

**RANCANG BANGUN ROBOT PELAYAN RESTORAN OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16
DENGAN NAVIGASI *LINE FOLLOWER***

^[1]Vina Eriyani, ^[2]Dedy Triyanto ^[3]Irma Nirmala

^[1]^[2]^[3]Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail : ^[1] vinaeriyani92@gmail.com, ^[2]dedi.triyanto@siskom.untan.ac.id,
^[3]irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Pelayanan restoran merupakan salah satu bagian terpenting dalam dunia usaha restoran. Teknologi yang dapat diterapkan untuk membantu dan meringankan pekerjaan pelayanan restoran dengan menerapkan robot line follower (robot pengikut garis). Robot ini akan bertindak sebagai pramusaji yang melayani pelanggan. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ATMEGA16 sebagai otak pada sistem robot dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa basic BASCOM AVR. Untuk mengikuti garis lintasan, robot line follower ini menggunakan sensor fotodiode. Robot ini juga menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jika ada suatu penghalang pada jalur robot. Driver motor untuk mengendalikan 2 buah motor DC, dan modul bluetooth sebagai komunikasi antara robot dan meja serta penerapan kontrol PD (Proportional-Derivative) yang membuat robot bergerak secara halus dan teratur mengikuti garis lintasan. Penelitian ini menghasilkan robot yang dapat mengantarkan makanan menuju 4 meja tujuan dengan mengikuti lintasan berupa garis berwarna hitam. Waktu yang ditempuh untuk menuju ke setiap meja berbeda karena perbedaan panjang garis lintasan. Pada robot pelayan restoran ini menerapkan sistem antrian agar tidak terjadi tumpang-tindih pemesanan.

Kata kunci : *line follower*, Pelayan restoran, mikrokontroler, kontrol PD.

1. PENDAHULUAN

Pelayanan merupakan bagian penting dalam dunia usaha restoran. Teknologi yang dapat diterapkan untuk membantu dan meringankan pekerjaan pelayanan restoran adalah dengan menerapkan robot *line follower* (robot pengikut garis). Robot *line follower* merupakan suatu jenis robot bergerak (*mobile robot*) yang bergerak dengan mengikuti suatu garis. Robot ini akan bertindak sebagai pramusaji yang melayani pelanggan dan berperan dalam pengantaran menu pesanan ke meja pelanggan restoran.

Penelitian pada robot *line follower* telah pernah dilakukan oleh Mega Nurmalasari (2015) dari Universitas Tanjungpura dengan judul penelitian “Implementasi Algoritma *Maze Solving* Pada Robot *Line Follower*“. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler AVR Atmega32 sebagai pengendali utama dari robot *line follower*. Bahasa Pemrograman yang digunakan adalah *basic* dengan *software* BASCOM AVR. Pada robot *line follower* ini diterapkan Algoritma *Maze Solving*. Hasil akhir

dari penelitian ini adalah perbedaan jalur yang lebih singkat setelah penyederhanaan, dibandingkan pada awal penelusuran dalam menemukan kotak finish [1].

Pada penelitian ini, telah dibuat rancang bangun robot pelayan restoran otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 16 dengan navigasi *line follower* yang diterapkan pada sebuah miniatur restoran. Robot *line follower* ini menggunakan sensor fotodiode dalam membaca garis lintasan, serta penerapan kontrol sistem dengan menggunakan *PD* (*Proportional – Derivative*) agar membuat gerakan robot yang halus. Robot ini juga menggunakan sensor ultrasonik agar dapat mendeteksi ada atau tidaknya halangan. Dengan adanya robot ini diharapkan dapat membantu pelayanan dalam sebuah restoran.

2. LANDASAN TEORI

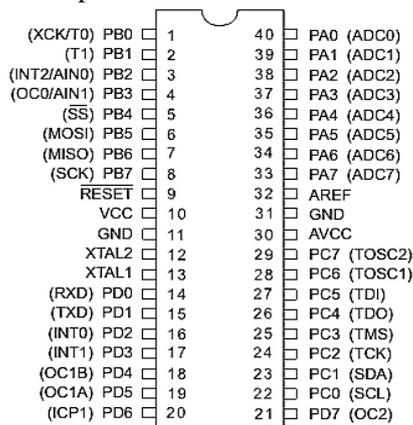
2.1 Robot Line Follower

Robot *line follower* adalah robot otomatis yang bergerak mengikuti garis lintasan pandu tanpa memerlukan bantuan

manusia. Prinsip dasar robot ini adalah dengan membedakan warna gelap pada lantai atau dasar lapangan. Perbedaan warna pada permukaan lantai atau dasar lapangan menjadi acuan bagi sebuah robot *line follower* untuk bergerak mengikuti garis yang ditentukan [2].

2.2 Mikrokontroler AVR Atmega16

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan mikrokontroler dengan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) [3]. Salah satu jenis dari mikrokontroler AVR adalah ATmega16. Pada penelitian ini Mikrokontroler AVR Atmega16 berfungsi sebagai otak dari sistem. ATmega16 memiliki 40 pin DP (*dual inline package*). Posisi pin pada mikrokontroler ATmega 16 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pin pada ATmega16 (Atmega Corporation)

2.3 Sensor Fotodioda

Fotodiode adalah diode yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya. Fotodiode digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. [2]. Sensor fotodiode berfungsi sebagai pendeteksi garis lintasan dengan menerima pancaran cahaya dari LED.

2.4 Driver Motor L298n

IC L298 adalah sebuah IC H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. IC L298n mempunyai 2 buah H-bridge di dalamnya sehingga bisa mengendalikan kecepatan dan arah 2 buah motor DC dengan arus 2 Amps setiap H-bridge nya[4]. Driver Motor l298n berfungsi untuk mengendalikan gerakan putaran motor DC.

2.5 Motor DC

Motor DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini menghasilkan sejumlah putaran per menit dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalikkan [5]. Motor DC berfungsi untuk menggerakkan roda robot dengan putaran motor.

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang bekerja dengan prinsip dari pantulan suatu gelombang suara (ultrasonik) sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu [6]. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai pendeteksi adanya suatu penghalang.

2.7 Liquid Cristal Display

Liquid Cristal Display (LCD) atau penampil elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik [7]. LCD berfungsi sebagai penampil informasi pada layar.

2.8 Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci) [8]. Push button berfungsi untuk mengirim sinyal ke mikrokontroler.

2.9 Bluetooth HC-05

Bluetooth HC-05 adalah sebuah modul bluetooth SPP (*Serial Port Protocol*) yang mudah digunakan untuk komunikasi serial wireless (nirkabel) yang mengkonversi port serial ke bluetooth. Modul ini dapat digunakan sebagai slave maupun master. Jarak sinyal dari HC-05 adalah 30 meter, dengan kondisi tanpa halangan [9]. Bluetooth berfungsi modul yang menghubungkan komunikasi antara meja operator dan robot.

2.10 WP3A Wav Player

WP3A Wav Player dilengkapi microSD WP3A adalah kit pemutar file musik wav yang tersimpan didalam memori microSD. WP3A

tidak dapat memutar *file mp3* secara langsung. *File mp3* perlu dikonversi menjadi *file wav* lalu disimpan ke dalam microSD [10]. WP3A *Wav Player* akan memberikan keluaran suara pada robot.

2.11 BASCOM AVR

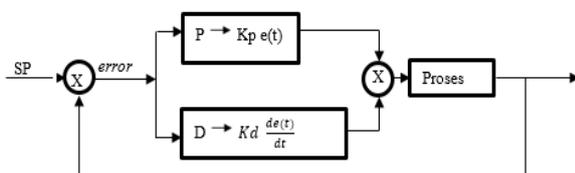
Basic Compiler AVR (BASCOM AVR) adalah suatu piranti lunak yang berfungsi mengubah instruksi dari bahasa *basic* ke *file* yang berbentuk *hexa* dengan agar dimengerti oleh mesin atau mikrokontroler, sehingga mikrokontroler mampu menerjemahkan instruksi-instruksi yang dibuat dengan benar dan tepat. Selain berfungsi sebagai *compiler*, *BASCOM AVR* juga memiliki kemampuan (fitur) lain yang sangat berguna yaitu terminal yang berfungsi sebagai monitoring komunikasi serial [11].

2.12 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah proses pengendalian atau pengaturan terhadap satu atau beberapa variabel ataupun parameter sehingga menghasilkan suatu nilai tertentu agar dapat menghasilkan tujuan yang diinginkan.

Sistem kontrol *PD* diterapkan pada robot *line follower* untuk meningkatkan kinerja dan optimasi dari robot *line follower*. Penggunaan Sistem kontrol ini dengan cara melakukan *trial and error* yaitu dengan cara memasukan satu persatu nilai konstanta kontrol *P* dan *D* hingga mendapatkan hasil sesuai pergerakan robot *line follower* yang diinginkan. Penggunaan kontrol *PD* pada robot *line follower* bertujuan untuk mengontrol gerak robot agar berada tetap di garis [12].

PD merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol *PD* adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Komponen kontrol *PD* ini terdiri dari dua jenis yaitu Proposional dan Derivatif. Gambar 2 merupakan Diagram Blok *PD*.



Gambar 2 Diagram Blok *PD*

Dari blok diagram dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *SP = Set point* adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang kita inginkan.
2. *Error = Deviasi* atau simpangan antar variabel terukur.
3. *Kp* adalah konstanta proposional.
4. *Kd* adalah konstanta derivatif.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan. Penelitian dimulai dari studi pustaka, yaitu mengumpulkan teori-teori pendukung penelitian yang berkaitan dengan sistem mikrokontroler dan robot *line follower*. Kemudian melakukan studi pustaka mempelajari teori yang terkait dengan penelitian ini. Selanjutnya melakukan analisis kebutuhan meliputi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan perancangan yang diperlukan. Setelah itu melakukan proses perancangan sistem dan kemudian mengimplementasikannya. Proses implementasi yang dilakukan yaitu penggabungan sistem perangkat lunak dan perangkat keras menjadi satu sistem yang saling berhubungan. Selanjutnya akan dilakukan proses pengujian pada sistem dan terakhir melakukan analisis terhadap hasil penelitian untuk ditarik kesimpulan.

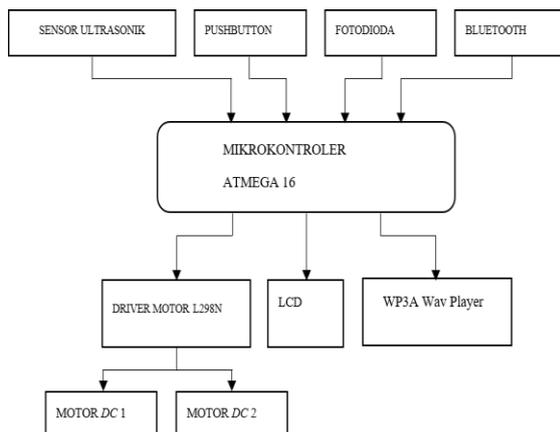
4. PERANCANGAN

4.1 Perancangan Sistem

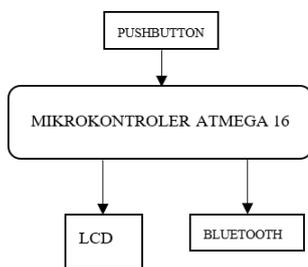
Sistem ini menggunakan 2 buah mikrokontroler yaitu mikrokontroler pada robot dan mikrokontroler pada meja operator. Diagram blok robot menunjukkan alur kerja robot secara umum. Seluruh perangkat masukan dan keluaran terhubung ke minimum sistem mikrokontroler ATmega16. Sistem menggunakan satu buah mikrokontroler, satu buah sensor ultrasonik, delapan buah sensor fotodiode, satu buah *bluetooth*, satu buah *push button*, satu buah *driver* motor, dua buah motor *DC*, dan satu buah WP3A *Wav Player*, serta satu buah *LCD*. Gambar 3 merupakan diagram blok sistem pada robot.

Selain mikrokontroler pada robot, mikrokontroler juga terdapat pada meja operator. Diagram blok meja operator menunjukkan alur kerja meja operator secara umum. Sistem menggunakan satu buah mikrokontroler, satu buah *bluetooth*, delapan buah *push button*, dan satu buah *LCD*. Gambar

4 merupakan diagram blok sistem pada meja operator.



Gambar 3 Diagram Blok Sistem Robot

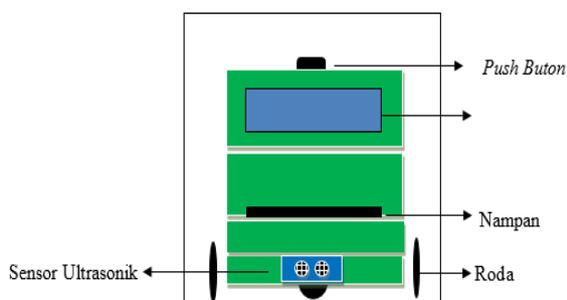


Gambar 4 Diagram Blok Sistem Meja Operator

4.2 Perancangan Perangkat Keras

4.2.1 Perancangan Mekanika Robot

Pembuatan mekanika robot *line follower* menggunakan bahan *acrylic* yang diatur panjang, lebar dan tingginya. Perancangan mekanika robot *line follower* dapat dilihat pada Gambar 5.

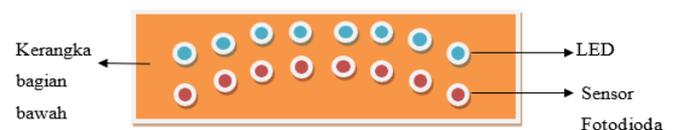


Gambar 5 Perancangan Mekanika Robot *Line Follower*

Panjang badan robot yaitu 16 cm, lebar badan robot 12 cm dan tinggi badan robot 18 cm. Lebar nampan robot yaitu 10 cm dan panjangnya 5,5 cm. Roda yang digunakan berdiameter 6,5 cm, jarak antar roda 14 cm.

4.2.2 Perancangan Fotodiode

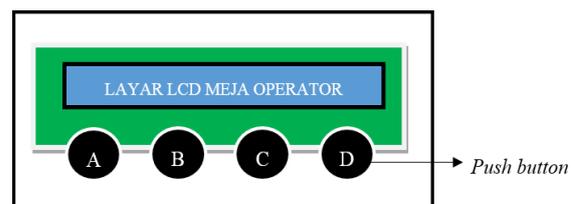
Perancangan letak sensor fotodiode berada pada kerangka bagian bawah robot *line follower*. Apabila pengaturan letak posisi sensor fotodiode dilakukan secara sembarangan, maka akan memungkinkan terjadi *error* dalam jumlah besar pada proses berjalan melewati garis lintasan. Pada perancangan bagian bawah robot terdapat delapan buah sensor fotodiode dan delapan buah LED. Gambar 6 merupakan perancangan sensor fotodiode.



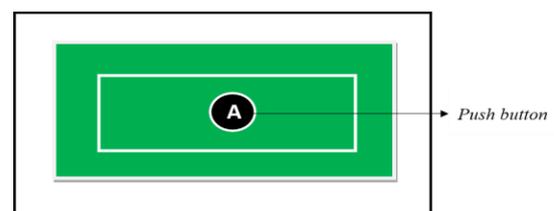
Gambar 6 Perancangan sensor fotodiode

4.2.3 Perancangan Mekanika Meja

Pada perancangan mekanika meja terdapat dua meja yang saling terhubung yaitu meja operator dan meja pelanggan, proses komunikasi kedua meja ini terhubung via kabel. Meja operator terdapat empat buah *push button* yang masing-masing memiliki nomor meja yang akan menjadi tujuan robot. Gambar 7 merupakan perancangan meja operator.



Gambar 7 Perancangan Mekanika Meja Operator

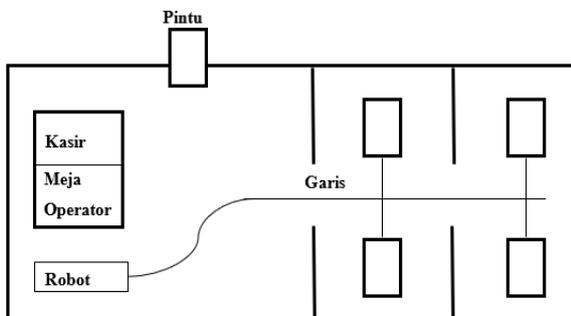


Gambar 8 Perancangan Mekanika Meja Pelanggan

Gambar 8 merupakan perancangan meja pelanggan. Pada meja pelanggan terdapat satu buah *push button* yang berfungsi untuk memanggil robot ke meja pelanggan.

4.2.4 Perancangan Miniatur Restoran

Pembuatan miniatur restoran ini menggunakan papan triplek berwarna dasar putih yang telah diukur panjang dan lebarnya. Panjang papan yaitu 120 cm dan lebar papan 100 cm. Untuk garis lintasan menggunakan lakban berwarna hitam. Terdapat empat buah meja pelanggan, satu buah meja kasir dan satu buah meja operator. Perancangan miniatur restoran dapat dilihat pada Gambar 9.

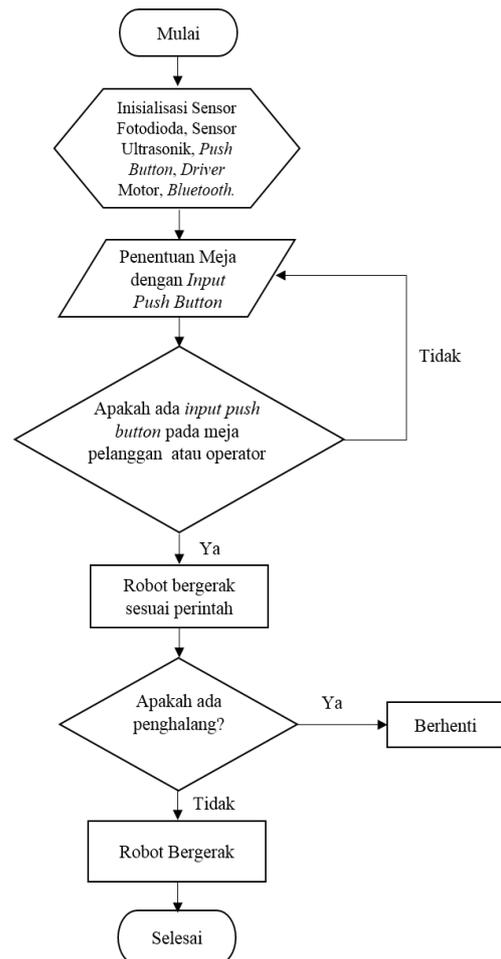


Gambar 9 Perancangan Miniatur Restoran

4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan komponen penting dalam pembuatan sistem ini, sehingga dilakukan perancangan perangkat lunak untuk dapat memaksimalkan kinerja perangkat keras. Perancangan terhadap perangkat lunak dilakukan dengan memastikan perancangan alur kerja dari alat telah sesuai, lalu dilanjutkan dengan merancang algoritma pemrograman.

Robot *line follower* pelayan restoran dirancang untuk mengikuti garis lintasan berwarna hitam dari titik awal sampai ke meja tujuan. Pada tahap awal sistem dijalankan, mikrokontroler mendapat tegangan sebagai sumber daya, menginisialisasi sensor fotodioda, sensor ultrasonik, *push button*, *driver* motor dan *bluetooth*. Setelah itu penentuan meja dengan menggunakan masukan dari *push button*. Mikrokontroler akan membaca sensor, dimana terdapat banyak kemungkinan sensor dalam membaca garis lintasan dan robot akan berjalan sesuai kondisi sensor dengan meja yang ditentukan. Robot akan berhenti apabila ada penghalang dan bergerak kembali apabila sudah tidak ada penghalang. Ketika robot telah sampai ke meja maka robot akan menunggu pelanggan memesan atau mengambil makanan, setelah itu robot kembali dan sistem selesai. Gambar 10 merupakan diagram alir kerja robot.



Gambar 10 Perancangan Kerja Robot

4.3.1 Kontrol Sistem PD

Perancangan kerja kontrol *PD* pada robot *line follower* ini dengan menggunakan sensor yang berupa rangkaian *LED* dan fotodioda. Pada penggunaan kontrol *PD* ini dengan melakukan *tunning* kontrol *PD* yaitu memberikan parameter konstanta kontrol *P* dan *D* pada formula *PD* hingga di peroleh hasil yang diinginkan dengan mengacu pada karakteristik masing-masing kontrol *P* dan *D*. *Tunning* kontrol *PD* bertujuan untuk menentukan parameter aksi kontrol proporsional dan derivatif pada robot *line follower*. Penggunaan kendali *PD* bertujuan mengolah suatu sinyal kesalahan atau *error*, nilai *error* tersebut diolah dengan formula *PD* untuk dijadikan suatu sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan diteruskan ke *driver* motor. Proses ini dilakukan dengan cara *trial and error* hingga robot *line follower* bergerak secara halus mengikuti garis.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras sudah berfungsi dengan baik. Pengujian perangkat keras dalam penelitian ini meliputi pengujian pada sensor fotodiode, *driver* motor, sensor ultrasonik, dan *bluetooth*.

5.1.1 Pengujian Fotodiode

Pengujian sensor fotodiode dilakukan dengan meletakkan robot pada lantai dasar berwarna terang (putih) dan berwarna gelap (hitam). Pada saat mengenai lantai dasar berwarna hitam, masing-masing fotodiode menghasilkan nilai *ADC*. Nilai *ADC* dipengaruhi oleh banyaknya intensitas cahaya yang diterima dari sinar *LED*. Pengujian sensor fotodiode dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pembacaan nilai *ADC* sensor fotodiode

Sensor Fotodiode	Keadaan fotodiode tidak membaca garis lintasan		Keadaan fotodiode saat membaca garis lintasan	
	Tegangan (v)	Nilai <i>ADC</i>	Tegangan (v)	Nilai <i>ADC</i>
1	4,79	982	1,08	221
2	4,80	983	1,34	274
3	4,78	979	1,06	217
4	4,81	985	1,30	267
5	4,81	986	1,30	267
6	4,79	980	1,09	223
7	4,80	983	1,34	274
8	4,80	984	1,18	242

Tabel 1 menunjukkan hasil pembacaan nilai *ADC* pada saat sensor fotodiode membaca lantai dasar berwarna terang (putih) dan berwarna gelap (hitam). Apabila robot membaca garis lintasan hitam artinya fotodiode mendeteksi keadaan gelap maka nilai *ADC* akan menjadi rendah karena sensor fotodiode mendapatkan sedikit cahaya dari pancaran *LED* sehingga robot bergerak mengikuti garis lintasan hitam (gelap).

5.1.2 Pengujian *Driver* Motor

Pengujian ini dilakukan pada *driver* motor yang mengendalikan 2 buah motor *DC* yaitu motor *DC* kanan dan motor *DC* kiri. Pengujian dilakukan untuk menguji apakah *driver* motor sudah bekerja dengan baik.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *driver* motor dimana nilai *PWM* pada masing-masing motor *DC* kiri dan motor *DC* kanan mempengaruhi penyesuaian arah gerak dan

cepat-lambatnya robot. Dari pengujian yang dilakukan apabila nilai *PWM* pada motor *DC* kanan dan motor *DC* kiri bernilai masing-masing 120 maka keadaan motor *DC* akan berputar sedang dan robot akan bergerak maju. Kemudian apabila nilai *PWM* pada motor *DC* kanan bernilai 95 dan Motor *DC* kiri bernilai 145 maka robot akan bergerak maju belok kanan begitu pula sebaliknya jika motor *DC* kanan bernilai 145 dan motor *DC* kiri bernilai 95 maka robot akan bergerak maju belok kiri, hal ini karena besar kecepatan *PWM* pada salah satu motor *DC* akan mempengaruhi gerak robot. Semakin tinggi nilai *PWM* maka keadaan motor *DC* robot akan berputar lebih cepat.

Dalam menggerakkan motor *DC* digunakan fitur *PWM* untuk mendapatkan putaran motor yang halus, maka dari itu perlu dilakukan penyesuaian nilai *PWM*-nya. Data pembacaan nilai *ADC* dari sensor fotodiode akan diproses oleh mikrokontroler untuk ditentukan kondisinya guna menggerakkan motor *DC* untuk bergerak maju, mundur, samping kanan atau samping kiri. Dalam hal ini gerak robot diatur oleh kontrol digital. Kontrol digital ini terintegrasi antara kondisi data nilai pembacaan sensor fotodiode dengan *PWM* dan direksi motor *DC*. Kontrol digital yang digunakan berupa kontrol *PD*. Kontrol *PD* agar mendapat gerakan robot yang halus dan mengikuti garis lintasan. Nilai pembacaan *error* yang masuk kemudian akan dikoreksi dan diolah oleh kontrol *PD* kemudian hasilnya akan diumpam balikkan untuk menentukan nilai *PWM* motor *DC*. Hal ini membuat robot akan tetap berada pada garis lintasan.

Tabel 2 Pengujian *driver* motor

No	<i>PWM</i> Kiri	<i>PWM</i> kanan	Keadaan Motor <i>DC</i>				Keadaan robot
			Kiri	Kanan	D-Kanan	D-kiri	
1	120	120	Maju	Maju	01	01	Maju
2	145	95	Maju Agak Cepat	Maju Sedang	01	01	Belok Kanan
3	95	145	Maju Sedang	Maju Agak Cepat	01	01	Belok Kiri
4	20	220	Maju Lambat	Maju Cepat	01	01	Berputar Kiri
5	220	20	Maju Cepat	Maju Lambat	01	01	Berputar Kanan
6	320	-80	Maju Cepat	Mundur Sedang	01	10	Berputar Kanan cepat
7	370	-130	Maju Cepat	Mundur Cepat	01	10	Belok Kanan Sedang
8	-80	320	Mundur Sedang	Maju Cepat	10	01	Berputar Kiri Cepat
9	-130	370	Mundur Cepat	Maju Cepat	10	01	Belok Kiri Sedang

5.1.3 Pengujian Ultrasonik

Hasil pengujian yang diperoleh dari pembacaan jarak sensor dengan jarak sebenarnya dalam beberapa kali pengambilan data. Percobaan dilakukan sebanyak enam kali dengan masing-masing percobaan terdapat 2 halangan. Dari hasil pengujian terdapat nilai jarak batas minimum dengan jarak yang dibaca sensor berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh proses pengereman yang dilakukan oleh motor DC.

Pada saat pengereman membutuh waktu dan jarak hingga robot berhenti. Data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Sensor Ultrasonik

Perobaan	Batas Minimal (cm)	Halangan ke-1		Halangan ke-2		Keadaan robot
		Jarak Sensor	Jarak menggunakan penggaris	Jarak Sensor	Jarak menggunakan penggaris	
1	5	0	0	2	2	Berhenti
2	5	0	0	3	3	Berhenti
3	10	2	2	5	5	Berhenti
4	10	3	3	5	5	Berhenti
5	20	9	9	10	10	Berhenti
6	20	7	7	9	9	Berhenti

5.1.4 Pengujian Komunikasi Bluetooth

Pengujian komunikasi bluetooth dilakukan untuk mengetahui keberhasilan apakah robot bergerak sesuai perintah. Pada pengujian ini dilakukan delapan percobaan dengan menekan tombol *push button* pada meja pelanggan dan meja operator. Dari hasil pengujian komunikasi bluetooth di dapat keberhasilan karena robot bergerak sesuai perintah. Pengujian komunikasi bluetooth dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Komunikasi Bluetooth

Percobaan Ke	Tombol yang ditekan		Perintah yang diterima
	Meja Pelanggan	Meja Operator	
1	1	-	Meja Pelanggan 1
2	2	-	Meja Pelanggan 2
3	3	-	Meja Pelanggan 3
4	4	-	Meja Pelanggan 4
5	-	1	Antar ke Meja Pelanggan 1
6	-	2	Antar ke Meja Pelanggan 2
7	-	3	Antar ke Meja Pelanggan 3
8	-	4	Antar ke Meja Pelanggan 4

5.2 Pengujian Perangkat Lunak

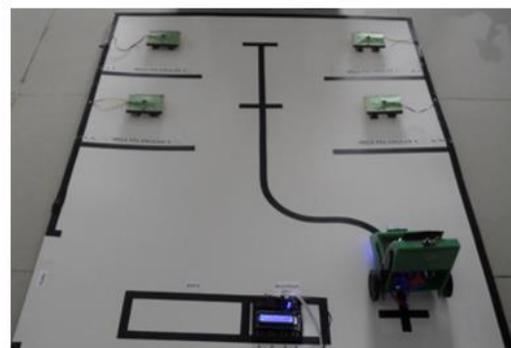
Pengujian perangkat lunak dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat lunak dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat dilakukan analisis kesalahan-kesalahan di dalam proses pembuatan program. Keberhasilan oleh perangkat lunak sangat penting karena perintah-perintah dari *software* yang menjadi otak sistem agar perangkat keras dapat melakukan tugasnya sesuai yang diharapkan. *Software* yang digunakan adalah *BASCOM AVR* dengan bahasa pemrograman *basic*.

5.3 Pengujian Seluruh Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui keberhasilan yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian sistem robot pelayan restoran otomatis ini untuk mengetahui kinerja semua komponen apakah alat mampu bekerja dan dapat menghasilkan keluaran yang diinginkan. Hasil perancangan robot *line follower* dapat dilihat pada Gambar 10 dan hasil perancangan miniatur restoran dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10 Hasil Perancangan Robot Line Follower



Gambar 11 Hasil Perancangan Miniatur Restoran

Pengujian pada seluruh sistem ini dilakukan terhadap 4 buah meja pelanggan. Untuk setiap meja dilakukan 2 kali percobaan.

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah robot bergerak sesuai perintah dan menghitung waktu tempuh yang didapat oleh robot untuk menuju ke meja tujuan dan kembali ke posisi semula. Pengujian seluruh sistem dilakukan pada 2 tahapan yaitu proses pemesanan dan proses antar pesanan. Hasil pengujian keseluruhan sistem didapat nilai waktu yang berbeda antara meja dan perbedaan waktu antara robot pergi dan kembali. Pada meja pelanggan 3 dan meja pelanggan 4 memiliki jarak yang lebih pendek daripada meja pelanggan 1 dan meja pelanggan 2 sehingga memiliki waktu yang lebih singkat. Selain itu, adanya perbedaan antara waktu pergi dan kembali disebabkan karena pada saat robot kembali ke posisi awal robot membutuhkan waktu untuk proses balik posisi sehingga robot dapat berada pada posisi semula. Pengujian seluruh sistem dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengujian Seluruh Sistem

Percobaan	Durasi waktu (s)		meja yang dituju	proses
	pergi	kembali		
1	3,40	4,39	Meja Pelanggan 1	Robot Mengambil order pesanan
2	3,35	4,37	Meja Pelanggan 1	Robot Mengantar pesanan
3	3,50	4,24	Meja Pelanggan 2	Robot mengambil order pesanan
4	3,36	4,38	Meja Pelanggan 2	Robot mengantar pesanan
5	2,61	3,83	Meja Pelanggan 3	Robot mengambil order pesanan
6	2,74	3,84	Meja Pelanggan 3	Robot mengantar pesanan
7	2,58	3,80	Meja Pelanggan 4	Robot mengambil order pesanan
8	2,55	3,90	Meja Pelanggan 4	Robot mengantar pesanan

5.4 Analisis Keseluruhan Pengujian

Hasil pengujian sensor fotodiode, sensor ultrasonik, *driver* motor dan komunikasi *bluetooth* berjalan dengan lancar yang artinya sistem bekerja dengan baik. Hanya pada pengujian sensor ultrasonik robot tidak berhenti pada batas jarak minimal sensor yaitu 10 cm, hal ini karena robot memerlukan waktu dan jarak pengereman hingga robot benar-benar berhenti.

Pada rancang bangun robot pelayan restoran otomatis ini dilakukan penerapan

implementasi pengendalian gerakan robot menggunakan mikrokontroler AVR ATmega16 dengan kontrol *PD*. Dengan menggunakan sistem *PWM* maka dapat dilakukan pengaturan kecepatan gerak robot secara otomatis pada motor *DC* sebagai penggerak. Besaran nilai keluaran pada kontrol *PD* ini yang menjadi acuan dalam besaran nilai *PWM*, sehingga terjadi pengaturan kecepatan motor *DC* yang dapat bergerak mengikuti garis lintasan. Diperlukan ketepatan nilai konstanta *PD* terhadap kemampuan pengendali agar robot berjalan dengan kecepatan yang tetap dan teratur.

Penerapan nilai parameter konstanta *PD* dilakukan proses *trial and error*. Proses ini dilakukan dengan mencoba-coba nilai konstantan yang berbeda beda pada *P* dan *D*. Dengan proses *trial and error* ditetapkan nilai konstanta kontrol proposional (K_p)=25 dan nilai konstanta kontrol Derivatif (K_d)=60. Penerapan Kontrol Proposional dan Derivatif telah membuat robot bergerak secara baik mengikuti garis lintasan.

Penelitian ini menghasilkan robot *line follower* yang dapat mengantarkan makanan menuju meja tujuan dengan mengikuti lintasan berupa garis berwarna hitam. Waktu yang ditempuh untuk menuju ke masing-masing meja memiliki perbedaan karena panjang lintasan yang berbeda antar meja. Adanya perbedaan waktu tempuh pergi dan kembali juga karena pada saat kembali robot memerlukan waktu untuk membalikan arah robot ke posisi semula.

6. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian didapat bahwa robot pelayan restoran otomatis dengan navigasi *line follower* menggunakan mikrokontroler AVR ATmega16 ini dapat bekerja sesuai program yang ditanamkan. Pengujian keseluruhan sistem pada 4 buah meja pelanggan yang dimana masing-masing meja dilakukan 2 kali percobaan penelitian diperoleh hasil pengujian yang menunjukkan masing-masing waktu tempuh yang berbeda. Perbedaan waktu tempuh didapat karena perbedaan panjang lintasan.
2. Pada penelitian ini sensor fotodiode menghasilkan nilai *ADC* (0-1023) dari pembacaan garis lintasan. Jika fotodiode

- mengenai garis lintasan maka nilai ADC akan bernilai rendah (<700), dan bila tidak mengenai garis nilai ADC akan bernilai tinggi (>700). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sensor fotodiode, dapat disimpulkan bahwa sensor fotodiode dapat membedakan warna bidang dengan baik.
3. Sensor ultrasonik dapat membuat robot *line follower* berhenti apabila ada penghalang didepannya. Batas minimum yang diatur adalah 10cm. Adanya perbedaan jarak syarat minimum sensor dan jarak sebenarnya terjadi karena ketika robot akan berhenti membutuhkan waktu dan jarak pengereman sampai robot benar-benar berhenti.
 4. Kontrol PD dapat digunakan untuk membuat gerakan robot *line follower* lebih halus mengikuti garis lintasan. Nilai kontrol P dan D di atur dengan proses *trial and error*. Nilai Konstanta P di set= 25 dan nilai konstanta D di set=60.

7. SARAN

Adapun saran-saran untuk menyempurnakan kerja sistem dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Fitur-fitur pada robot *line follower* dapat ditambah lagi, misalnya dengan menggunakan penambahan lengan cerdas robot agar dapat menaruh menu pesanan pada meja pelanggan.
2. Dapat ditambahkan program-program pintar pada robot seperti robot yang dapat berkomunikasi suara dengan pelanggan.
3. Dapat ditambahkan fitur layar sentuh pada robot agar pelanggan dapat memesan secara langsung menu pesannya pada layar robot sehingga tidak memesan secara manual dengan menulis menu pesanan pada kertas.
4. Robot *line follower* dapat menjalankan instruksi dari 2 meja secara dalam waktu bersamaan. Apabila meja pelanggan A menekan tombol 'pesan' kemudian meja pelanggan B menekan tombol, maka robot setelah dari meja pelanggan A dapat langsung ke meja pelanggan B tanpa harus kembali ke posisi awal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmalsari, Mega. 2015. *Implementasi Algoritma Maze Solving Pada Robot Line Follower*. Jurnal. Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [2] Winarno & Deni Arifianto. 2011. *Bikin Robot Itu Gampang*. Jakarta : Kawan Pustaka.
- [3] Susilo, D. 2010. *48 jam kupas tuntas mikrokontroler mcs51 & avr*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [4] Yusmansyah. 2014. Kontrol IC 1298 sebagai driver motor menggunakan atmega 8535. <http://cendolan.blogspot.co.id/2014/12/kontrol-ic-1298-sebagai-driver-motor.html>. (di akses april 2016)
- [5] Kho, Dickson. 2015. Motor DC. <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/> (diakses Juli 2018)
- [6] Santoso, Hari. 2015. Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya. <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>. (di akses april 2016)
- [7] Purnama, Agus. 2012. *LCD (Liquid Cristal Display)*. <http://elektronika-dasar.web.id/LCD-liquid-cristal-display/>. (di akses april 2016)
- [8] Dermanto, Trikueni. 2014. Push Button (tombol tekan). <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2014/04/Pengertian-Push-Button.html>. (di akses april 2016)
- [9] Splashtronic. 2012. HC-05 Bluetooth to Serial Module. <https://splashtronic.wordpress.com/2012/05/13/hc-05-bluetooth-to-serial-module/>. (di akses april 2016)
- [10] Bengkelelektro. 2014. WP3A - Wav Player Rev.A dilengkapi microSD. http://www.bengkelelektro.com/product.php?category=1&product_id=248. (diakses Juni 2016)
- [11] Pranata, Tulus. 2015. *Penerapan Logika Fuzzy Pada Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal. Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [12] Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri Jilid 2 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.