

**LAPORAN MACHINE LEARNING**  
**ROBOT MAZE SOLVING MENGGUNAKAN ALGORITMA**  
**FLOOD FILL**



Disusun Oleh

Putu Asri Sri Sutanti	1608561030
I Made Tangkas Wahyu Kencana Yuda	1608561031
I Putu Harta Yoga	1608561038
Muhammad Arief Budiman	1608561042
Putu Rikky Mahendra Prasetya	1608561058

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS UDAYANA**  
**2019**

## DAFTAR ISI

Daftar Isi .....	ii
Daftar Gambar .....	iii
Daftar Tabel .....	iv
BAB I Pendahuluan .....	1
BAB II Tinjauan Pustaka .....	2
2.1 Robot.....	2
2.2 Motor Stepper .....	2
2.3 Raspberry .....	3
2.4 Flood Fill.....	6
2.5 Sensor Ultrasonik.....	8
BAB III Pembahasan .....	10
3.1 Konfigurasi Pin .....	10
3.2 Flowchart .....	11
BAB V Kesimpulan .....	13
4.1 Simpulan .....	13
4.2 Saran .....	13
Daftar Isi .....	14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Arsitektur Raspberry Model B .....	5
Gambar 2 Konfigurasi Pin GPIO Raspberry Pi 3 Model B .....	5
Gambar 3 Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-SR04.....	8
Gambar 4 Rangkaian Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	9
Gambar 5 Flowchart Flood Fill pada Robot Maze Solving.....	11

## DAFTAR TABEL

Table 1 Spesifikasi Raspberry Model B .....	3
Table 2 Konfigurasi Pin pada DC Motor .....	10
Table 3 Konfigurasi Pin pada Sensor Ultrasonik.....	10

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Di zaman yang semakin modern ini, kegiatan manusia akan kebutuhan hidup semakin padat, khususnya pada bidang teknologi. Dan untuk menunjang kebutuhan hidup yang semakin tinggi, tentunya manusia akan bekerja sangat keras. Untuk mengatasi masalah itu, manusia menciptakan robot untuk membantu dan menggantikan kinerja manusia yang membutuhkan ketelitian yang tinggi dan mengurangi bahkan menghilangkan risiko kecelakaan yang cukup tinggi jika manusia melakukan suatu pekerjaan.

Perkembangan yang dipaparkan menunjukkan betapa besar peran bidang robotika dan otomatisasi dalam kehidupan manusia seiring dengan meningkatnya dunia teknologi dan persaingan global yang melanda seluruh dunia. Pada akhir abad ke-18 dan awal abad ke-19 sendiri, telah muncul gagasan untuk menggantikan tenaga kerja manusia dengan mesin, yaitu robot yang berasal dari kata “robota”, yang dalam bahasa Czech yang berarti pekerja. Karena tenaga robot dinilai lebih ekonomis, lebih cepat dalam mengerjakan suatu pekerjaan (tugas fisik), dan hasil kerja juga lebih stabil dibandingkan dengan tenaga manusia, maka lama kelamaan robot semakin dibuat untuk meniru manusia sehingga dapat mempermudah atau menggantikan aktivitas manusia

Robot sendiri dalam pengertiannya adalah peralatan mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu pada sebuah chip atau memori.

Banyak model robot yang telah dikembangkan oleh para peneliti. Salah satunya adalah robot yang dapat bergerak atau berpidah, di mana konstruksi robot ini ciri khasnya adalah mempunyai aktuator sehingga bisa melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik lainnya, baik menggunakan lintasan tertentu, bergerak secara otomatis dengan artificial intelligence, ataupun dikontrol manual oleh penggunanya. Dari segi manfaat, robot ini diharapkan dapat melakukan eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi manfaat lainnya yang bisa dirasakan.

Salah satu contoh robot yang dapat bergerak adalah robot exploration, di mana merupakan sebuah robot yang ditugaskan secara khusus untuk melakukan eksplorasi terhadap tempat-tempat tertentu yang bertujuan untuk mengambil data lingkungan sekitar dan juga kondisi tertentu yang tengah terjadi di lingkungan tersebut. Salah satu fitur yang sangat dibutuhkan pada robot exploration adalah sistem tracking, sehingga manusia tidak perlu turun langsung pada saat robot diterjunkan untuk melakukan eksplorasi pada lingkungan tertentu. Robot jenis ini juga mampu memecahkan maze, di mana robot biasanya akan menggunakan sensor untuk mendapatkan data perpindahan atau perubahan posisi robot. Setelahnya akan digunakan machine learning yang dipasangkan pada sistem yang menjalankan robot itu sendiri.

Selain itu, jenis robot lain yang mampu memecahkan maze, dalam hal ini maze virtual yang dibuat oleh pengguna pada program komputer, akan dipaparkan proses pembuatannya pada laporan ini. Di mana teknik kerjanya adalah dengan menggunakan algoritma flood fill. Pengguna akan membentuk maze virtual dan robot akan menyelesaikannya dengan algoritma flood fill tersebut. Sehingga tidak diperlukan untuk membentuk maze asli dan penggunaan sensor. Robot di lapangan hanya akan bergerak mengikuti maze virtual yang telah dibuat.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Robot**

Robot adalah suatu mesin yang dirancang untuk membantu atau menggantikan peranan manusia dalam mengerjakan beberapa tugas secara otomatis dengan seminimal mungkin mendapat intervensi dari luar. Robot dapat diaplikasikan pada berbagai bidang dan tempat, mulai dari perumahan, industri, perkantoran, rumah sakit, militer, bisnis, dan perdagangan.

Definisi Robot berasal dari kata “robota” yang dalam bahasa Ceko yang berarti budak, pekerja atau kuli. Pertama kali kata “robota” diperkenalkan oleh Karel Capek dalam sebuah pentas sandiwara pada tahun 1921 yang berjudul RUR (Rossum’s Universal Robot). Robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat diprogram yang dapat bekerja secara otomatis (Kasoep, 2017)

Robot pencari rute terpendek merupakan sebuah robot yang dapat digunakan untuk mencari jalan keluar dalam sebuah labirin atau maze yang disebut robot micromouse. Dimana labirin atau maze merupakan suatu daerah yang memiliki jalan yang berliku-liku (Kasoep, 2017).

Khususnya dalam bidang pembuatan dan tidak mustahil satu hari nanti penggunaan robot juga akan digunakan di kalangan individu khususnya di dalam rumah (Jaya, 2016).

- a. Menurut ramalan saintis, menjelang 2050, selain manusia, dunia juga akan dipenuhi dengan berbagai robot pintar.
- b. Dalam masa 30 tahun saintis percaya kita mampu memahami bagaimana otak kita berfungsi dan ini memberi peluang kepada kita untuk membangunkan teknologi AI dengan lebih hebat.
- c. Antara film-film terkenal yang sarat dengan teknologi AI ialah The Matrix, Terminator, dan I-Robot.
- d. Dee Blue adalah program komputer pertama dengan elemen AI yang berjaya mengalahkan juara catur dunia, Gary Kasparov

#### **2.2 Motor Stepper**

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit (Samsul, 2019). Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan

magnet. Motor stepper tidak dapat bergerak sendirinya, tetapi bergerak secara per-step sesuai dengan spesifikasinya, dan bergerak dari satu step ke step berikutnya memerlukan waktu, serta menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Motor stepper juga memiliki karakteristik yang lain yaitu torsi penahan, yang memungkinkan menahan posisinya. Hal ini sangat berguna untuk aplikasi dimana suatu sistem memerlukan keadaan start dan stop.

Motor stepper tidak merespon sinyal clock dan mempunyai beberapa lilitan dimana lilitan-lilitan tersebut harus dicatu (tegangan) dahulu dengan suatu urutan tertentu agar dapat berotasi. Membalik urutan pemberian tegangan tersebut akan menyebabkan putaran motor stepper yang berbalik arah. Jika sinyal kontrol tidak terkirim sesuai dengan perintah maka motor stepper tidak akan berputar secara tepat, mungkin hanya akan bergetar dan tidak bergerak. Untuk mengontrol motor stepper digunakan suatu rangkaian driver yang menangani kebutuhan arus dan tegangan.

## 2.3 Raspberry

Raspberry Pi (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (Single Board Computer) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar disekolah-sekolah. Raspberry Pi menggunakan sytem on a chip (SoC) dari Broadcom BCM2835 hingga BCM 2837 (Raspberry Pi 3), juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S MHz bahkan 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU untuk Raspberry Pi 3, GPU VideoCore IV dan kapasitas RAM hingga 1 GB (Astri,2016). Tidak menggunakan hard disk, namun menggunakan SD Card untuk proses booting dan penyimpanan data jangka-panjang.

Raspberry Pi 3 adalah generasi ketiga dari Raspberry Pi, menggantikan Raspberry Pi 2 Model B pada Februari 2016. Raspberry Pi3 memiliki bentuk yang identik dengan Raspberry Pi 2 sebelumnya (dan Pi 1 Model B +) dan memiliki kompatibilitas lengkap dengan Raspberry Pi 1 dan 2.

*Table 1 Spesifikasi Raspberry Model B*

<b>SPESIFIKASI</b>	<b>KETERANGAN</b>
Soc	BCM2837
Procesor	1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
Memory /RAM	1 GB SDRAM 400MHz

GPU	VideoCore IV 3D graphics core
Wireless Adapter/LAN	802.11n Wireless LAN
Bluetooth	Bluetooth 4.1 (built in), Bluetooth Low Energy(BLE)
GPIO	40 Pin
Port USB	4 USB Ports
Card Storage	Micro SD card slot (now push-pull rather than pushpush)
Jaringan	Ethernet Port
External Audio and Video	Full HDMI port, Camera interface (CSI), Display interface (DSI), Combined 3.5mm audio jack and composite video
Sistem Operasi	Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux ARM, RISC OS

Selain penjelasan spesifikasi diatas Raspberry Pi ini juga memiliki kelebihan dan kelemahan yaitu sebagai berikut :

a. Kelebihan Raspberyy Pi :

- Raspberyy Pi ini menggunakan Micro SD Card untuk menyimpan data, baik itu data Operating System ataupun untuk media penyimpanan data jangka panjang.
- Memiliki keunggulan pada grafis 3D dan tampilan Blu-ray pada video.
- Mendukung overclock dan overvolting dengan cara mengedit file config.txt
- Dapat menjalankan program - program perkantoran

b. Kelemahan Raspberyy Pi :

- Raspberry Pi ini cukup sensitive dengan listrik statis sehingga jika ingin menggunakan perangkat ini harus berhati – hati dalam memegangnya.
- Jika mengedit file config.txt untuk membuat Raspberry Pi agar bisa overclock dan overvolting maka dapat memperpendek usia perangkat SoC (System On Chip)



Arsitektur Raspberry Pi didasarkan seputar SoC (System-on-a-chip) Broadcom BCM2837, yang telah menanamkan prosesor 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8, VideoCore IV 3D Graphics Core GPU, dan 1 Gigabyte RAM.



*Gambar 1 Arsitektur Raspberry Model B*

Keterangan dari gambar di atas yaitu (1) Pin GPIO (40 Pin), (2) On Board Bluetooth 4.1 and BCM 43143 Wi , (3) DSI Display Port , (4) BCM2837 1.2GHz -64-bit quad-core ARMv8 CPU dan 1GB RAM, (5) Micro USB Power Input Up to 2.5A, (6) HDMI Video Output, (7) CSI Camera Port, (8) 3.5 mm 4-pole Composite Video and Audio Output Jack , (9) Ethernet Port, (10) 4 Usb Port. Jumlah pin GPIO berbeda untuk Raspberry Pi dengan Raspberry Pi 2 dan 3. Raspberry Pi 1 memiliki 26 pin, sedangkan Raspberry Pi 2 dan 3 memiliki 40 pin.



*Gambar 2 Konfigurasi Pin GPIO Raspberry Pi 3 Model B*

Beberapa istilah yang harus diperhatikan antara lain:

- Pin 3.3V dan 5V : Pin ini merupakan pin yang berfungsi untuk memberikan tegangan ke komponen seperti sensor, led, motor dan relay. Pin ini dihubungkan ke pin vcc pada komponen.
- Pin GND atau Ground, pin ini dihubungkan ke pin ground atau negatif (-) pada led, sensor, motor maupun relay.
- Pin GPIO : Pin ini yang akan kita control melalui bahasa pemrograman Python. Dengan Python kita dapat mengatur apakah pin ini aktif atau mati maupun nyala berdasarkan kondisi tertentu dengan program yang dibuat.

## 2.4 Flood Fill

Algoritma flood-fill merupakan modifikasi dari algoritma bellman-ford yang memetakan setiap sel di labirin dengan nilai tertentu berdasarkan jaraknya terhadap tempat tujuan. Algoritma ini dapat dianalogikan seperti membanjiri suatu labirin dengan air yang banyak. Kemudian air akan terus mengalir ke segala arah yang tidak terhalang oleh dinding hingga mencapai lantai tempat tujuan. Jalur yang dilewati oleh tetesan air pertama di tempat tujuan merupakan jalur terpendek untuk mencapai tempat tujuan tersebut.

Algoritma flood-fill melibatkan suatu proses penomoran pada setiap sel dalam labirin dimana nomor – nomor ini merepresentasikan suatu jarak dari jumlah sel yang harus ditempuh oleh robot hingga mencapai tujuan. Sel tujuan akhir yang ingin dicapai diberi nomor 0 dan sel yang berjarak n sel dari tempat tujuan akhir akan diberi nomor n. Nomor – nomor tersebutlah yang nantinya dapat digunakan oleh robot dalam proses pencarian jalur terpendek.

Berikut adalah tahap –tahap dari algoritma flood-fill, yaitu :

- a. Pembangkitan nilai awal untuk masing –masing sel

Nilai awal ditentukan dengan asumsi bahwa terdapat jalur yang saling menghubungkan antara sel satu dengan sel tetangga lainnya dan masih belum ada dinding labirin yang menghalangi jalur tersebut. Di sini, hanya ada 4 arah yang menjadi patokan dalam menghubungkan jalur antar sel, yaitu utara, selatan, timur dan barat. Proses pembangkitan nilai sel ini dimulai dari sel tujuan akhir dimana akan bernilai 0, sedangkan sel –sel tetangga yang terhubung dengan sel tujuan akhir tersebut akan bernilai 1. Kemudian sel –sel tetangga selanjutnya akan bernilai 2, 3, 4 dan seterusnya hingga semua sel terisi. Apabila dilihat polanya,

setiap sel yang menjauhi sel tujuan akhir akan memiliki penambahan nilai sebesar satu dari nilai sel sebelumnya dan itu merepresentasikan jumlah sel yang harus ditempuh untuk dapat mencapai sel tujuan.

b. Pembaharuan pemetaan dinding

Pada tahap ini, akan dilakukan proses pemetaan dinding berdasarkan informasi tentang kondisi lapangan. Kondisi lapangan ini mengacu pada dinding – dinding penghalang dimana tiap – tiap sel memiliki 4 dinding penghalang di bagian utara, selatan, timur dan barat. Dalam hal ini, ketiga sensor robot akan bekerja sebagai pencari informasi terhadap dinding – dinding labirin disekitar robot di dalam suatu sel. Semua informasi mengenai dinding – dinding labirin tersebut untuk sementara akan disimpan di dalam suatu array. Kemudian setelah proses pemetaan dinding – dinding labirin berakhir, semua informasi mengenai dinding labirin di dalam array tersebut akan disimpan di dalam suatu memori sehingga dapat diakses kapan pun saat dibutuhkan. Proses pemetaan dinding ini nantinya akan mempengaruhi nilai – nilai awal pada tiap sel.

c. Pembaharuan nilai sel

Pada tahap ini, nilai – nilai awal pada tiap sel akan diperbaharui dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai sel terhadap kondisi lapangan yang ada. Nilai – nilai awal tersebut perlu diperbaharui apabila robot menemukan jalur pada sel terkecil yang dituju terhalang oleh dinding penghalang atau sel tujuan lain memiliki nilai yang lebih besar dari pada nilai sel robot berada. Untuk menyesuaikan nilai – nilai sel tersebut, maka nilai sel robot berada perlu diubah dengan melakukan proses pembangkitan ulang terhadap nilai – nilai sel tersebut.

d. Menentukan sel tujuan selanjutnya

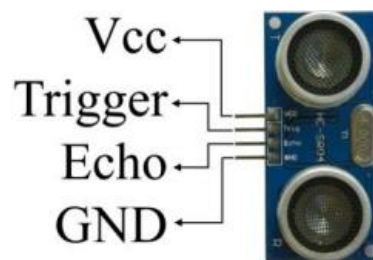
Setelah melakukan proses penomoran – penomoran terhadap nilai tiap – tiap sel, akan ditentukan sel tujuan selanjutnya yang akan menjadi jalur tujuan robot. Proses ini akan membandingkan antara nilai sel robot berada dengan nilai sel – sel tetangga yang ada disekitarnya. Sel – sel tetangga yang memiliki nilai terkecil dari yang lainnya akan menjadi sel tujuan selanjutnya. Apabila ditemukan lebih dari satu sel terkecil yang sama besar nilainya, maka akan dipilih sel tujuan yang memiliki jalur lurus / tidak berbelok sehingga mempercepat proses pencarian jalur terpendek.

- e. Bergerak menuju ke arah sel tujuan selanjutnya

Setelah sel yang akan dituju ditentukan, maka robot akan berjalan sejauh satu sel menuju arah sel tujuan tersebut. Pada proses ini robot akan melakukan manuver terlebih dahulu ke arah sel yang dituju, kemudian dilanjutkan dengan robot berjalan menuju sel tersebut. Ini adalah tahap akhir proses dari algoritma flood-fill dan keseluruhan proses ini akan diulang secara berulang – ulang sampai ditemukannya nilai yang mengindikasikan sel tujuan akhir.

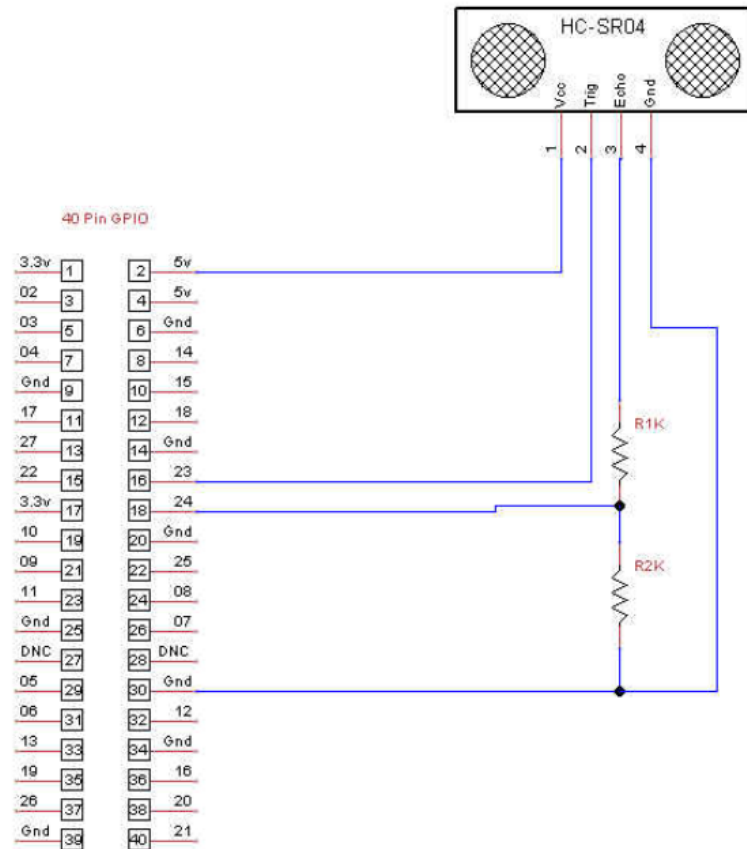
## 2.5 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor jarak ultrasonic HC-SR04 adalah sensor 40 KHz. HC-SR04 merupakan sensor ultrasonic yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-SR04 diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



*Gambar 3 Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-SR04*

HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu ultrasonic transmitter dan ultrasonic receiver. Fungsi dari ultrasonic transmitter adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian ultrasonic receiver menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul. Susunan rangkaian sensor ultrasonic HC-SR04 dengan Raspberry 3 model B pada robot maze solving dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



*Gambar 4 Rangkaian Sensor Ultrasonik HC-SR04*

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah, ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun.

## **BAB III PEMBAHASAN**

### **3.1 Konfigurasi Pin**

Konfigurasi GPIO yang digunakan pada proyek ini meliputi penggunaan untuk dc motor dan sensor ultrasonic. Untuk GPIO 2 digunakan untuk power sensor ultrasonic dan GPIO 6 digunakan untuk ground.

#### **3.1.1 DC Motor**

Dc motor yang digunakan dalam proyek ini adalah 2 roda dc motor dimana menggunakan driver motor L298n. Driver motor di jalankan dengan daya baterai 6 V. konfigurasi GPIO yang digunakan untuk pengaturan dc motor adalah GPIO 26 sebagai in1, GPIO 19 sebagai in2, GPIO 13 sebagai in3, GPIO 6 sebagai in4. Di bawah ini adalah table untuk pergerakan dc motor.

*Table 2 Konfigurasi Pin pada DC Motor*

Konfigurasi	Maju	Mundur	Kiri	Kanan
In1 = 26	1	0	1	0
In2 = 19	0	1	0	1
In3 = 13	0	1	1	0
In4 = 6	1	0	0	1

#### **3.1.2 Sensor Ultrasonik**

Sensor ultrasonik yang digunakan pada proyek ini berjumlah 4 buah. Rencana awal proyek ini untuk mendeteksi halangan tetapi karena keterbatasan waktu kami tidak bisa melakukan penggabungan komponen sampai proses pengecekan dengan dinding langsung. Konfigurasi yang digunakan untuk penggunaan sensor ke raspberry adalah seperti tabel dibawah :

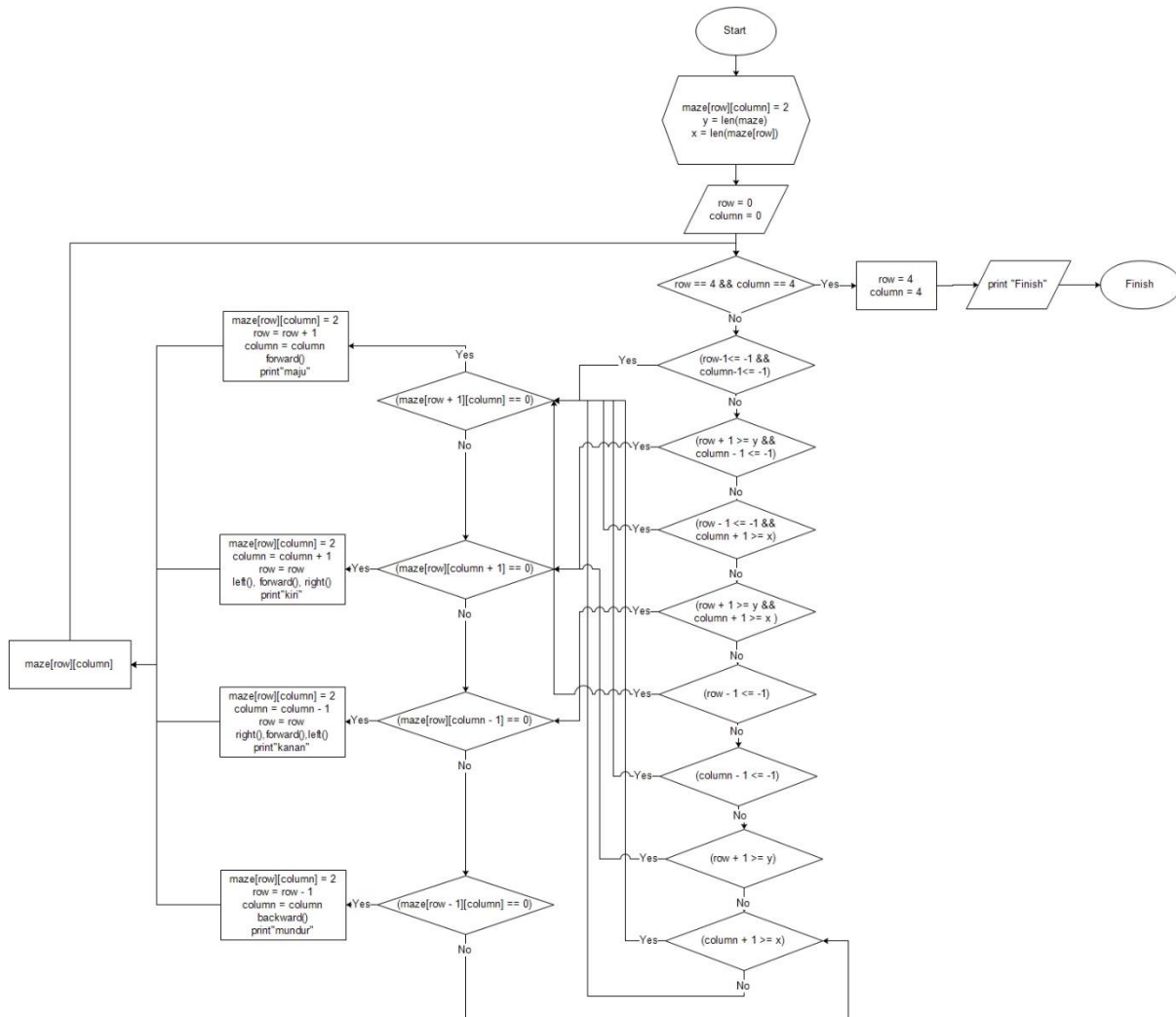
*Table 3 Konfigurasi Pin pada Sensor Ultrasonik*

GPIO	Keterangan
24	Trig untuk sensor 1
23	Echo untuk sensor 1

22	Trig untuk sensor 2
18	Echo untuk sensor 2
3	Trig untuk sensor 3
2	Echo untuk sensor 3
17	Trig untuk sensor 4
27	Echo untuk sensor 4

### 3.2 Flowchart

Menurut Indrajani (2011:22), Flowchart merupakan penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur suatu program. Biasanya mempengaruhi penyelesaian masalah yang khususnya perlu dipelajari dan dievaluasi lebih lanjut.



Gambar 5 Flowchart Flood Fill pada Robot Maze Solving

Dari gambar di atas terdapat beberapa kondisi yang menggambarkan kemungkinan yang dapat terjadi pada robot maze solving. Dimana, kami mengecek terlebih dahulu posisi dari robot apakah robot terletak di pojok kiri atas, pojok kanan atas , pojok kiri bawah, pojok kanan bawah , maupun berada di tengah – tengah maze yang telah disiapkan. Setelah mengetahui posisi dari robot barulah, robot akan menentukan akan maju, mundur , kanan atau kiri. Apabila robot telah melalui jalur yang telah dilewati akan diberi tanda 2, sehingga robot akan memprioritaskan jalur atau titik yang belum pernah dilalui untuk mencapai finish. Nilai dari row dan column akan terus bertambah sampai dengan jumlah row dan column memenuhi titik finish, dimana sebelumnya telah diinisialisasi bahwa titik finish berada pada row sama dengan 4 dan column sama dengan 4.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **4.1 Simpulan**

Pada robot maze solving sudah dapat menemukan titik finish yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, robot dapat mengikuti alur yang terdapat pada program. Namun, terdapat beberapa kekurangan pada robot maze solving, yaitu :

1. Dc Motor tidak bisa bergerak dengan baik, pada saat bergerak dua roda tidak bisa sama kecepatannya. Masalah ini belum bisa kami selesaikan
2. Belum menggabungkan penggunaan sensor ultrasonic.
3. Belum bisa automatic menjalankan robotnya.
4. Program masih ada yang error karena hanya mengandalkan array untuk menjalankan robot.

#### **4.2 Saran**

Adapun beberapa saran yang dapat kami berikan yaitu :

1. Kalau bisa ganti dc motor dengan stepper motor atau cari penyelesaian masalah dc motor tersebut.
2. Cari agar robot bisa menjalankan program dengan otomatis.
3. Desain projek lebih baik dari sebelumnya. Misal membuat rangkaian dengan pcb karena rangkaian masih menggunakan bread board.
4. Coba untuk mempelajari tentang robot lebih baik lagi. Missal tentang cara agar pin GPIO raspberry pi tidak ada yang rusak.

## DAFTAR ISI

- Jaya, H. (2016). Desain dan Implementasi Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroller. *Edukasi Mitra Grafika*.
- Kasoep, W. (2017). Rancang Bangun Mobile Robot Micromouse Untuk Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Flood Fill. *Journal of Information Technology and Computer Engineering*, 8--16.
- Samsul, E. (2019, 04 08). *Motor Stepper : Prinsip Kerja dan Pengendalian pada Otomasi Industri*. Retrieved from JagoOtomasi: <http://jagootomasi.com/motor-stepper-prinsip-kerja-dan-pengendalian-pada-otomasi-industri/>