

IMPLEMENTASI BACKPROPAGATION UNTUK PENGENALAN WARNA GARIS LINTASAN ROBOT MAZE SOLVING BERBASIS ARDUINO

*Jaka Prayudha^{#1}, Darjat Saripurna^{#2}, Nurcahyo Budi Nugroho^{#3}

^{#1,2,3} Program Studi Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

E-Mail : ^{#1}jaka_prayudha@yahoo.com

Abstrak

Backpropagation merupakan metode di dalam Jaringan Syaraf Tiruan yang melakukan proses pembelajaran secara terbimbing di mana hasil output yang dikeluarkan Jaringan menjadi input untuk memperbaiki bobot-bobot pada neuron. Robot maze solving pada umumnya hanya dapat mendeteksi garis berwarna hitam dengan warna dasar lintasan putih atau sebaliknya. Backpropagation dapat membentuk kecerdasan buatan pada robot agar dapat mengenali garis lintasan maze dengan banyak variasi warna agar robot dapat melakukan penelusuran dengan optimal. Sensor photodiode digunakan dikarenakan tingkat pendeteksian sensor lebih optimal terhadap pengurangan intensitas cahaya pantulan dari variasi warna garis lintasan maze. Sehingga robot dapat melakukan manuver dengan optimal dari warna garis selain warna hitam.

Kata Kunci : *Backpropagation, Robot Maze Solving dan Photodiode.*

Abstract

Backpropagation is a method in the Neural Network who guided learning process in which the output results issued Networks becomes the input to improve the weights to the neurons. Robot maze solving in general can only detect a black line trajectory basic color is white or vice versa. Backpropagation can form artificial intelligence in robots that can recognize the trajectory line maze with lots of variety of colors so that the robot can perform searches with optimal. Photodiode sensors are used due to a more optimal level detection sensor to the reduction of the intensity of the reflected light from the track line color variations maze. So that the robot can be maneuvered to the optimum of the line color other than black.

Keywords: *Backpropagation, Robot Maze Solving and Photodiode.*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan akan sebuah teknologi di bidang robotika pada beberapa dekade tahun ini mengalami perkembangan yang sangat pesat terutama dalam pembentukan sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk robot. Pada perkembangannya robot diharapkan dapat membantu aktivitas pekerjaan yang dilakukan manusia atau dapat menggantikan pekerjaan yang sulit dilakukan manusia. Untuk itu dibutuhkan sebuah sistem kecerdasan buatan pada robot yang dapat membuat robot dapat berfikir layaknya manusia dalam beraktivitas dengan cara menirukan perilaku sistem kerja otak manusia dalam proses pembelajaran.

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan Jaringan Syaraf Biologi pada sistem pemrosesan otak manusia. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari Jaringan Syaraf Biologi. Implementasi JST terhadap bidang robotika menjadi hal yang penting agar robot dapat berperilaku layaknya manusia terutama dalam proses pembelajaran.

Robot *maze solving* merupakan robot *mobile* dengan aktuator motor serta memiliki proses kerja sama seperti robot *Line Follower* yaitu bekerja dengan mengikuti garis-garis yang telah disediakan yang menjadikan navigasi untuk robot dalam melakukan manuver. Pada umumnya robot *maze solving* hanya dapat mendeteksi garis lintasan berwarna

hitam dengan warna dasar lintasan putih atau sebaliknya. Sangat kurang optimal ketika robot hanya dapat mendeteksi garis berwarna hitam, untuk itu dibutuhkan sebuah sistem kecerdasan buatan untuk robot agar robot dapat melakukan pendeteksian garis warna bervariasi selain hitam dengan implementasi JST *backpropagation*.

Untuk mendukung proses kerja *Backpropagation* dibutuhkan sebuah sistem input yang dibentuk dari hasil kombinasi 2 (dua) unit komponen elektronik digital yaitu *Light Emitting Diode* (LED) yang digunakan sebagai penghasil cahaya atau dengan kata lain digunakan sebagai pemancar cahaya. Dan *photodiode* yang digunakan sebagai penerima cahaya yang diberikan LED dengan konsep pemantulan cahaya. Sistem kerja sensor ini ketika LED memancarkan cahaya terhadap lintasan, maka hasil pemantulan tersebut diserap oleh *photodiode*. Setelah didapat data input kemudian dilakukan proses *backpropagation* didalam sistem mikrokontroler Arduino untuk kemudian menghasilkan arah putaran motor sesuai dengan kondisi lintasan *maze solving* yang ada.

Dengan melakukan implementasi metode *Backpropagation* ini nantinya robot *maze solving* ini dapat mengidentifikasi banyak warna garis sehingga robot dapat bermanuver dengan media garis lintasan yang memiliki warna bervariasi.

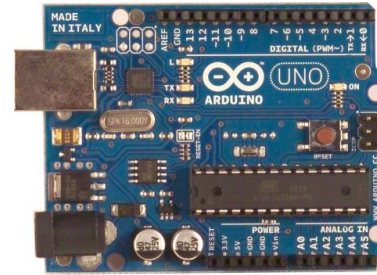
2. Tinjauan Pustaka

1. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang didalamnya terdapat mikroprosesor yang telah dikombinasikan I/O dan memori RAM/ROM. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor. Hal ini dikarenakan dengan mikrokontroler tidak perlu lagi penambahan memori dan I/O eksternal selama memori dan I/O internal masih bisa mencukupi. Selain itu proses produksi secara masal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor dan sebagai sistem kendali tertanam (*system embeded*).

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat open source. Kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam *memory* mikrokontroler¹.

Arduino uno adalah sebuah mikrokontroler dengan *basic* Atmega 328. Arduino uno menyediakan 14 pin digital input/output di mana terdapat 6 pin yang memiliki fasilitas PWM, 6 analog input, 16 MHz *clock speed*, sebuah USB *connection*, sebuah *jack power*, ICSP *header* dan *reset button* serta memiliki *Flash Memory* 32 KB, SRAM 2 KB dan EEPROM 1 KB².



Gambar 1. Arduino Uno

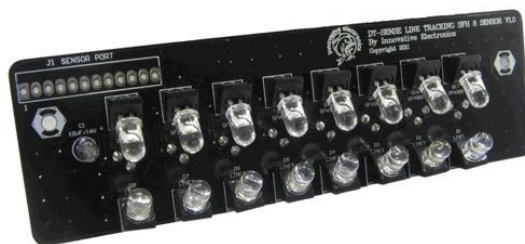
2. Sensor Photodioda

Photodioda digunakan untuk membentuk sebuah alat ukur yang akurat di mana dapat mendeteksi intensitas cahaya di bawah 1 (satu) pW/cm^2 sampai intensitas di atas 10 pW/cm^2 . Photodioda mempunyai resistansi yang tinggi pada kondisi gelap. Pemanfaatan photodioda ini biasanya pada kondisi terang di mana hasil resistansi dari photodioda akan turun seiring berkurangnya intensitas cahaya yang masuk.

Menurut Andrianto (2008) dalam kutipan jurnal (Wahyu Kresno et al, 2013) photodioda peka terhadap cahaya yang merupakan suatu jenis dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya yang berbeda dengan *photodioda* biasanya. Komponen elektronika ini akan mengubah cahaya yang diterima menjadi arus listrik. Nilai resistansinya akan berkurang apabila terkena cahaya dan bekerja pada kondisi reverse bias. Untuk pemberi pantulan cahayanya digunakan infra merah, komponen ini mempunyai intensitas yang sangat besar sehingga cukup untuk mensuplai pantulan cahaya ke *photodioda*.

Intensitas cahaya yang diserap kembali oleh photodiode berupa tegangan, semakin besar intensitas cahaya yang diserap, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Tegangan ini berupa sinyal analog. Agar masukkan sinyal analog ini dapat diolah mikrokontroler, sinyal analog ini terlebih dahulu harus diubah ke dalam bentuk sinyal digital dengan bantuan dari ADC (Analog Digital Converter).

DT-Sensor Line-Tracking SFH 8 Sensor merupakan sebuah modul sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi jalur berwarna terang dengan latar belakang gelap atau jalur berwarna gelap dengan latar belakang terang. Modul ini terdiri dari 8 buah LED dan 8 buah NPN-Silizium-Fototransistor (SFH 300). Output modul sensor ini berupa tegangan analog yang berkisar dari 0 VDC untuk jalur terang dan 4,9 VDC untuk jalur gelap (Datasheet DT-Sense, 2015).



Gambar 2. Sensor Photodiode

3. Motor DC

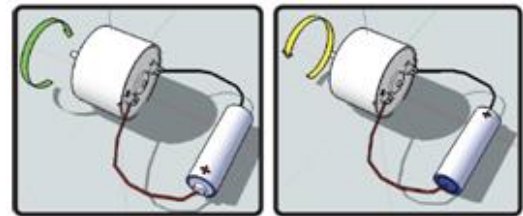
Menurut Bishop (2010) dalam kutipan jurnal (Mega et al, 2015) Motor DC merupakan motor arus searah, perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik menjadi tenaga gerak, sehingga tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada motor. Semakin besar

tegangan yang diberikan maka putaran poros pada motor DC semakin cepat.



Gambar 3. Motor DC

Driver motor merupakan salah satu perangkat yang digunakan untuk kendali motor DC. Driver motor bertugas mengendalikan arah putaran maupun kecepatan motor DC yang akan dikendalikan (Mega et al, 2015).



Gambar 4. Putaran Motor DC

4. Backpropagation

BackPropagation merupakan metode pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang berhubungan dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Metode Back Propagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (backward). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu³.

Menurut Jong Jek (2009) dalam kutipan jurnal (Zekson Arizona, 2013) Back Propagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih lapis tersembunyi. Arsitektur

BackPropagation dengan n buah masukan ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) ditambah sebuah bias, sebuah lapis tersembunyi yang terdiri dari J unit ditambah dengan sebuah bias, serta k buat unit keluaran.

Metode pelatihan Back Propagation adalah sebagai berikut :

1. Langkah 0 : Inisialisasi bobot.
2. Langkah 1 : Ketika kondisi berhenti salah, lakukan langkah 2-9.
3. Langkah 2 : Untuk masing-masing pasangan training, lakukan langkah 3-8. Feedforward :
4. Langkah 3 : masing-masing neuron masukan ($X_i, i = 1, \dots, n$) menerima sinyal masukan x_i dan menghantarkan sinyal ini ke semua unit dalam layer di atasnya (unit-unit tersembunyi).
5. Langkah 4 : masing-masing neuron tersembunyi ($Z_j, j = 1, 2, \dots, n$) menjumlahkan sinyal masukan terboboti

$$z_{netj} = v_{jo} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

hitung fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluaran

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{netj}}}$$

lalu mengirim sinyal ini ke semua unit pada layer di atasnya (unit keluaran).

6. Langkah 5 : masing-masing unit keluaran ($Y_k, k = 1, 2, \dots, m$) menjumlahkan sinyal masukan terboboti

$$y_{netk} = w_{ko} + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk}$$

serta menghitung fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal keluaran

$$y_k = f(y_{netk}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{netk}}}$$

Back Propagation of Error :

7. Langkah 6 : masing-masing unit keluaran ($Y_k, k = 1, 2, \dots, m$) menerima pola target terhadap pola masukan, kemudian menghitung informasi error

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - y_k) f'(y_{netk}) \\ &= (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned}$$

menghitung koreksi bobot

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j$$

menghitung koreksi bias, $\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k$, dan mengirim δ_k ke unit di layer dibawahnya.

8. Langkah 7 : masing-masing unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, 2, \dots, p$) menjumlahkan masukan delta (dari unit pada layer di atasnya)

$$\delta_{netj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

kalikan dengan turunan fungsi aktivasi untuk menghitung informasi error

$$\begin{aligned} \delta_j &= \delta_{netj} f'(z_{netj}) \\ &= \delta_{netj} z_j (1 - z_j) \end{aligned}$$

menghitung koreksi bobot, $\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i$, kemudian menghitung koreksi bias, $\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i$

Update bobot dan bias :

9. Langkah 8 : masing-masing unit keluaran ($Y_k, k = 1, \dots, m$) update bias dan bobotnya ($j = 0, \dots, p$):

$W_{kj}(\text{baru}) = W_{kj}(\text{lama}) + \Delta W_{kj}$
 masing-masing unit tersembunyi
 $(Z_j, j = 1, \dots, p)$ melakukan
 update bias dan bobotnya

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji}$$

10. Langkah 9 : uji syarat henti. Tes kondisi berhenti apabila error ditemukan jika kondisi berhenti terpenuhi, maka pelatihan jaringan dapat dihentikan. Untuk memeriksa kondisi berhenti, biasanya digunakan criteria MSE (Mean Square Error).

$$MSE = 0.5 \sum \{(t_{k1} - y_{k1})^2 + (t_{k2} - y_{k2})^2 + \dots + (t_{km} - y_{km})^2\}$$

4. Fungsi Aktivasi

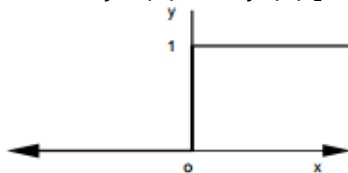
Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam Jaringan Syaraf Tiruan antara lain⁴:

1. Fungsi sigmoid biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih menggunakan metode Back Propagation. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai antara 0 sampai 1. Karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai keluaran yang terletak pada interval 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner dirumuskan dengan :

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

$$f^1(x) = \alpha f(x)[1 - f(x)]$$



Gambar 5. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

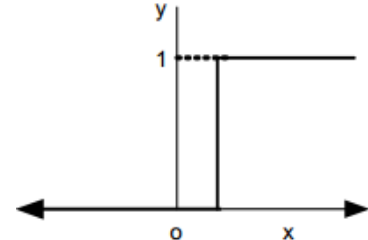
2. Fungsi sigmoid bipolar

Fungsi ini hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja

keluaran dari fungsi ini antara 1 sampai -1. Dengan rumus :

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-\alpha x}}$$

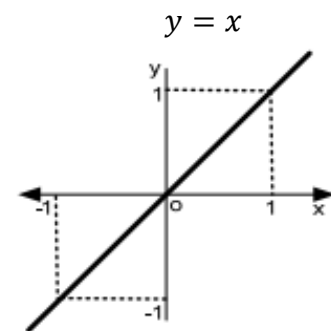
$$f^1(x) = \frac{\alpha}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)]$$



Gambar 6. Fungsi Aktivasi Sigmoid Bipolar

3. Fungsi linear (identitas)

Fungsi linear memiliki nilai keluaran yang sama dengan nilai masukannya. Fungsi linear dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 7. Fungsi Aktivasi Linear

4. Fungsi Treshold (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

Untuk beberapa kasus, fungsi threshold yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1 (sering disebut threshold bipolar) (Jong Jek Siang, 2005).

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases}$$

2. Masalah dan Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini yang masalah yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana robot dapat mengidentifikasi banyak variasi warna dalam lintasan maze untuk robot maze solving
2. Bagaimana membuat robot dapat melakukan proses dan penyimpanan data dari variasi warna lintasan secara permanent ke dalam perangkat keras Arduino.
3. Bagaimana menghasilkan kecerdasan buatan untuk robot pada kasus-kasus warna yang belum pernah dikenali sehingga robot dapat bermanuver dengan baik dan optimal.

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat robot maze solving yang dapat mendeteksi dan bermanuver di banyak warna garis lintasan serta dapat mengimplementasikan metode soft computing backpropagation yang selama ini digunakan untuk pembangunan dan pengembangan aplikasi perangkat lunak tetapi didalam penelitian ini digunakan untuk dapat diimplementasikan ke dalam hardware mikrokontroler yaitu arduino sehingga membuat sistem menjadi cerdas dengan pembentukan kecerdasan buatan pada sistem hardware mikrokontroler.

II. METODE PENELITIAN

Didalam penelitian ini terdapat beberapa metode yang digunakan

dalam penyelesaian penelitian ini diantaranya :

1. Studi literatur

Pada studi literatur dicari bahan-bahan untuk referensi yang sejalan dengan penelitian diantaranya menggunakan buku, jurnal ilmiah nasional maupun internasional serta beberapa sumber referensi dari internet untuk memperkuat teori dasar serta hasil yang optimal dalam penelitian untuk untuk kasus implementasi backpropagation untuk robot maze solving berbasis arduino.

2. Observasi

Pada metode observasi ini dilakukan tahapan menganalisa robot yang ada pada STMIK Triguna Dharma dengan cara mempelajari struktur (model) rangkaian dan rancang bangun serta mempelajari algoritma pemrograman yang ada, hal ini digunakan untuk bahan perbandingan ketika kecerdasan buatan telah disematkan ke dalam sistem mikrokontroler yang akan dirancang nantinya. Observasi ini dilakukan juga untuk mencari kelebihan dan kekurangan dari robot yang diamati pada Laboratorium Robotik STMIK Triguna Dharma.

3. Testing & Implementation

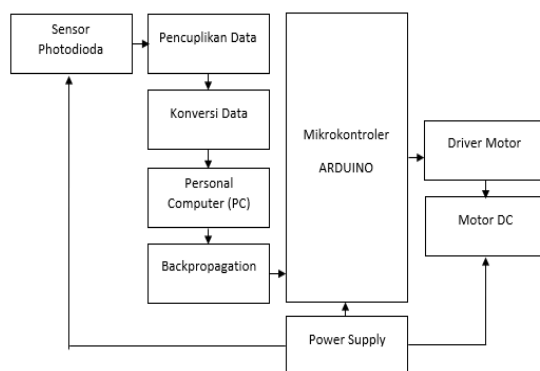
Pada tahap testing (pengujian) dan implementasi ini dilakukan tahapan pengujian struktur (model) rancangan robot dari rangkaian dan dari bentuk robot sudah optimal tidaknya dalam bermanuver. Tahap implementasi dilakukan proses

pelatihan untuk robot (pembentukan kecerdasan buatan) untuk robot dari beberapa variasi warna lintasan yang baru dan mode mod lintasan yang baru berikutnya kembali lagi ke tahap pengujian kecerdasan buatan robot apakah telah memiliki kecerdasan yang dapat mengenali banyak variasi warna lintasan dan variasi model dan bentuk lintasan yang akan ditelusurinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Permasalahan

Implementasi metode backpropagation ini akan digunakan untuk robot maze solving dalam mengenali garis lintasan serta output yang dihasilkan akan mengatur arah putaran motor yang digunakan sebagai aktuator penggerak pada robot maze solving. Berikut ini blok diagram sistem kendali cerdas robot maze solving.



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Terdapat beberapa mode lintasan yang menyebabkan robot mengalami manuver yang kurang sempurna dalam menyelesaikan tugas yang diberikannya,

berikut ini merupakan ilustrasi dari mode-mode lintasan yang akan dilalui dan dideteksi oleh robot maze solving berdasarkan hasil diskusi.



Gambar 9. Analisa Mode Lintasan

Proses pemetaan manuver robot selama mengeksekusi mode-mode lintasan serta dilakukan inialisasi kondisi lintasan agar dapat diimplementasikan ke dalam algoritma pemrograman sistem.


Tabel 1. Ilustrasi Penelusuran Robot Berdasarkan Mode Lintasan

Kode Lintasan	Variabel	Manuver	Inialisasi	Output Aktual
A	Persimpangan 3 Kiri	S-L-R ¹ -S-L	PL	000
B	Persimpangan 3 Kanan	S-R-R ¹ -S-R	PR	001
C	Persimpangan	S-L-R ¹ -S-R ¹ -S-R-S	P	010
D	Lurus	S-R ¹ -S	S	011
E	Simpang Kiri	S-L-R ¹	SL	100
F	Simpang Kanan	S-R-R ¹	SR	101
G	Simpang Perpotongan	S-L-R ¹ -S-R ¹ -S-L-S	SX	110

Analisa pendeteksian sensor dan perubahan data sensor telah didapatkan, selanjutnya melakukan analisa terhadap warna garis lintasan dan memberikan nilai warna garis lintasan yang akan dideteksi berdasarkan input sensor yang akan mendeteksi warna garis lintasan. Dengan menggunakan aplikasi berbasis komputer nilai warna didapatkan dan dilakukan konversi dengan menggunakan formula.

$$DS = \frac{\text{Nilai Max R} + \text{Nilai Max G} + \text{Nilai Max B}}{3}$$

Tabel 2. Nilai Input Sistem Berdasarkan Warna Lintasan

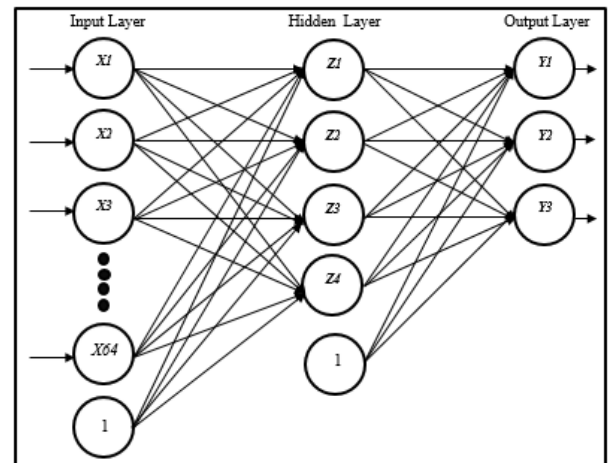
Warna	Nama Warna	R	G	B	8 Bit	10 Bit
	Putih	255	255	255	255	1023
	Hitam	0	0	0	0	3
	Merah	255	0	0	85	343
	Hijau	0	128	0	42,66	173,66
	Biru	0	0	255	85	343
	Orange	255	128	0	127,66	513,66
	Kuning	255	255	0	170	683

PWM digunakan agar kecepatan robot dapat dibatasi agar proses pengendali robot berjalan optimal. Jika robot memiliki kecepatan yang terlalu tinggi maka dapat mengakibatkan robot kehilangan kendali dan proses pendeteksian tidak optimal. Tahapan konversi Duty Cycle berdasarkan PWM digunakan untuk mengetahui secara presisi pengaturan kecepatan motor DC dengan representasi persen(%). Setelah didapatkan konversi Duty Cycle berikutnya konversi PWM menuju proses pelatihan JST. Proses JST dengan Back Propagation dilakukan dengan memberikan nilai output range 0 s/d 1, sedangkan nilai PWM berada antara 0 (minimum kecepatan) sampai dengan 255 (maksimum kecepatan). Untuk mempermudah konversi dapat dilakukan dengan fungsi :

Tabel 3 Konversi PWM Untuk Pelatihan JST

No	PWM	Perhitungan	Konversi
1	0	$0/255=0$	0.0
2	50	$50/255=0,1960$	0.2
3	128	$128/255=0,5019$	0.5
4	255	$255/255=1$	1.0

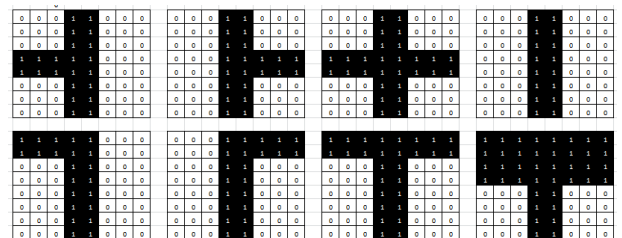
Arsitektur JST digunakan adalah aritektur yang mempunyai banyak lapisan (multilayer net) dengan algoritma Back Propagation yang terdiri dari



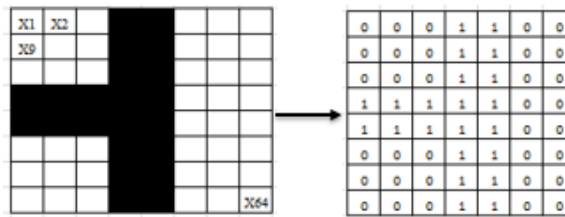
Gambar 10. Arsitektur JST Untuk Robot Maze Solving

Setelah dibentuk arsitektur JST berikutnya dilakukan beberapa tahapan berikut ini :

1. Pelatihan Mode Lintasan



2. Sample Perhitungan



3. Hasil Keluaran Proses Pelatihan Dengan Data Sample

$$\delta_1 = (t - y) y (1 - y) = (0 - 0,8409)(0,8409)(1 - 0,8409) = -0,1$$

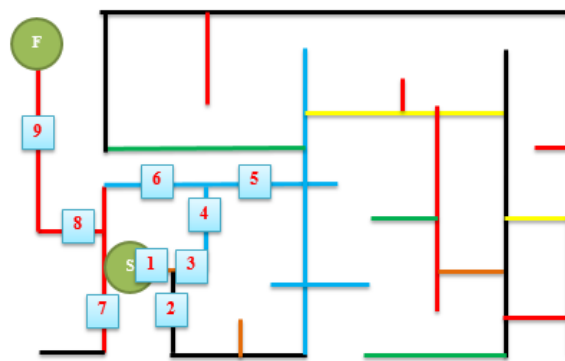
$$\delta_2 = (t - y) y (1 - y) = (0 - 0,8198)(0,8198)(1 - 0,8198) = -0,1$$

$$\delta_3 = (t - y) y (1 - y) = (0 - 0,8487)(0,8487)(1 - 0,8487) = -0,1$$

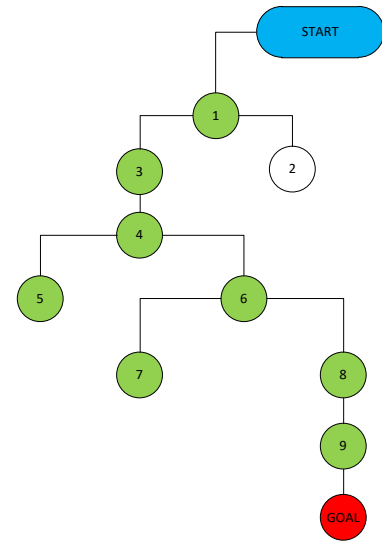
4. Kesimpulan : Pada langkah 6 telah didapatkan output aktual yang diharapkan dengan menggunakan fungsi sigmoid biner yakni $f(net) = \begin{cases} 1 & \text{jika } net > 0 \\ 0 & \text{jika } net \leq 0 \end{cases}$

Maka mode lintasan A telah dapat dikenali karena nilai δ_1 , δ_2 dan δ_3 menghasilkan nilai $\leq \theta$ yakni [000].

5. Sample Lintasan



6. Algoritma Pencarian Rute



2. Prosedur Perancangan

1. Melakukan analisa permasalahan dan analisa hasil yang akan dicapai dengan mempelajari robot maze solving dari pustaka STMIK Triguna Dharma yang hanya dapat bermanuver pada garis hitam dengan latar belakang putih.
2. Membuat gambaran permasalahan sistem agar dapat diimplementasikan untuk robot maze solving yang dapat bermanuver dibanyak warna garis serta dapat menentukan rute jalur tercepatnya.
3. Menentukan algoritma, metode serta teknik perancangan dan implementasi yang sesuai untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada analisa permasalahan.
4. Melakukan perancangan bentuk robot dan menentukan komponen yang akan digunakan untuk robot maze solving untuk

dapat mengenali jalur lintasan dengan berbagai warna.

5. Membuat sample jalur yang akan digunakan untuk tahap pelatihan robot maze solving didalam pengenalan warna dan bentuk persimpangan yang akan dilalui.
 6. Melakukan perancangan robot berdasarkan model perancangan yang telah dirancang pada tahap 4.
 7. Mengimplementasikan metode backpropagation dengan menggunakan bahasa pemrograman C ke dalam sistem mikrokontroler Arduino.
 8. Melakukan implementasi sistem untuk dapat mengetahui sistem bekerja sesuai konsep dan permasalahan.
 9. Menganalisa sistem apabila terjadi permasalahan serta melakukan pengujian terhadap sample warna garis yang bervariasi untuk robot maze solving.
3. Prosedur Pembuatan Perangkat Lunak
 1. Menentukan bahasa pemrograman yang akan dibuat untuk membentuk sebuah kecerdasan robot maze solving.
 2. Menentukan perangkat lunak pendukung yang digunakan sebagai editor dan compiler serta downloader program.
 3. Melakukan penulisan program untuk pembacaan data sensor serta melakukan konversi data

untuk input pada metode backpropagation.

4. Pengecekan kesalahan program
5. Memasukan (downloading) program ke dalam mikrokontroler
6. Menghubungkan robot yang berbasis mikrokontroler ke unit personal computer (PC)
7. Melakukan proses transfer data dari mikrokontroler ke dalam PC
8. Proses pelatihan data dengan metode backpropagation
9. Proses pengujian untuk data baru
10. Transfer hasil pelatihan dan pengujian dengan backpropagation ke dalam mikrokontroler.

IV. KESIMPULAN

Sebagai penutup sajian pembahasan dalam penulisan dapat diambil kesimpulan – kesimpulan sekaligus memberikan saran untuk memajukan sistem yang dibuat, dengan adanya kesimpulan dan saran ini dapatlah diambil suatu perbandingan yang akhirnya dapat memberikan perbaikan - perbaikan pada masa yang akan datang. Adapun kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Proses penelusuran robot maze solving menggunakan Back Propagation dilakukan dengan mengubah mode-mode lintasan menjadi sebuah matriks baris dan kolom. Matriks ini yang akan digunakan untuk input pada Jaringan Syaraf Tiruan yang dibentuk untuk robot, agar proses pembelajaran robot dapat dilakukan secara linear sehingga robot dapat mengenali mode-mode lintasan beserta eksekusinya. Robot juga telah dapat

- mengidentifikasi warna garis selain warna hitam dengan proses pemetaan terhadap nilai analog untuk kemudian dilakukan cluster berdasarkan nilai threshold.
2. Berdasarkan sample jalur lintasan maze yang telah diuji untuk robot maze solving. Robot dapat mengenali mode-mode lintasan dan dapat melakukan penelusuran berdasarkan output aktual yang telah diproses Back Propagation. Hasil proses dijadikan sumber input untuk membentuk node-node dalam algoritma Depth First Search selama robot melakukan penelusuran. Sehingga robot dapat menentukan lintasan terpendek dari jalur lintasan maze dengan beberapa kondisi goal dan variasi warna garis.
 3. Robot maze solving yang dibangun tanpa melakukan perpindahan barang, diharapkan pengembang robot berikutnya untuk dapat melakukan proses perindahan barang agar sistem kecerdasan robot maze solving dapat diimplementasikan ke dalam dunia industri.
 4. Pada proses penelusuran dalam menentukan lintasan terpendek untuk robot maze solving ini menggunakan Depth First Search, diharapkan pada pengembang selanjutnya dapat menggunakan algoritma Depth Limited Search agar robot memiliki kecerdasan buatan yang lebih baik.
 5. Robot yang dibangun hanya menggunakan 2 unit motor penggerak diharapkan untuk pengembang berikutnya dapat menggunakan 4 motor agar keseimbangan dan kestabilan robot dapat lebih optimal dan menggunakan phototransistor sebagai pengganti sensor photodiode agar dapat melakukan pendeteksian untuk keseluruhan warna RGB.
 6. Agar proses penelusuran lebih optimal disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk mengimplementasikan metode sistem kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) agar kecepatan motor lebih optimal selama melakukan manuver.
 7. Untuk mendapatkan nilai treshold dari komposisi warna garis lintasan dilakukan dengan melakukan cluster terhadap warna-warna yang hampir sama dan dilakukan dengan melakukan proses perhitungan secara matematis dan linear, agar hasil pendeteksian terhadap garis lintasan dapat mendeteksi keseluruhan warna selain warna putih.
 8. Diharapkan dapat memberikan informasi yang sempurna kepada pengguna sistem robot ketika robot kehilangan manuver ketika garis lintasan tidak ditemukan, serta robot diharapkan dapat berhenti ketika garis tidak ditemukan.
 9. Diharapkan sistem memory robot dalam menyimpan kecerdasan buatan memiliki kapasitas yang cukup agar robot dapat menyimpan keseluruhan proses pembelajaran dan pengujian agar robot lebih optimal dalam menemukan lintasan terpendek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anto Satriyo Nugroho, Dr.Eng (2007) "Menggairahkan Riset *SoftComputing* Di Indonesia". SNRTISTMIK AKAKOM. Hal : 9,10.

- [2] Amanpreet Singh dan Singh Sekhon (2011) " *A New Shortest Path Finding Algorithm For A Maze Solving Robot With Simulator* ". IJCS : Volume 2. (2165-8285) : Volume : 3 .
- [3] Asep Saefullah, Dewi Immanira, dan Reze Amar Juliansah (2015) "Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno".ISSN : 19788282,
- [4] Asep Solahuddin dan Setiawan Hadi (2013) " Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Pengenalan Pola Robot *Line Follower* ". PTNBR : Prosiding, Bandung 2013.
- [5] Datasheet DT-Sense (2015) " *DT-Sense Line Tracking SFH 8 Sensor* ". Inovation Center. Page : 3.
- [6] Datasheet Arduino Uno (2015)"*Product Overview Arduino Uno*". Arduino.cc.
- [7] Edi Wijaya (2013), "Analisis Penggunaan Algoritma *Breadt First Search* Dalam Konsep *Artificial Intelligencia*". TIME, Vol.II, No.2,ISSN:18-26,2013.
- [8] Frederick, Fredy Shuwanto, Stefen, dan Wiedjaja (2010), "*Mobile Robot Navigation Using Depth First Search Algorithm*", Teknik Komputer : Vol.18, No.1
- [9] Hanafy O.S Tharawat (2014) " *Reecent Trends in Soft Computing Techniques For Solving Real Time Engineering Problems* "IJCAAS. ISSN
- [10] Ibrahim E dan Saman A.B.S (2012) "*Design and Implementation of a Robot for Maze Solving using Flood Fill Algorithm* ". IJCA (0975-8887) : Volume : 56
- [11] Jacobsen S.C, Oliver M, Smith F.M, Knutti D.F, Jhonson R.T, Colvin G.E and Scorggin W.B (2004). "*Research Robots for Application in Artificial Intelligence, Teleoperation and Entertainment* " IJRR Vol.23
- [12] Jhon Adler (2013) " Pengenalan Pola Warna *Image* Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Matlab". UNIKOM, ISBN (978-802-19837-29)
- [13] Jong Jek Siang, M.Sc, (2005) "Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB". Penerbit : Andi, Yogyakarta, ISBN : 979-731-636-X.
- [14] Kristian Adi N, Albert Joko S, dan Thomas S (2013) "Algoritma *Backpropagation* Pada JST Untuk Pengenalan Pola Wayang Kulit". SEMNASIF ISSN : 1979-2328.
- [15] Lalit Gehlod, Vaibhav Jain, Mala Dutta, dan Devesh Kumar Lai (2013) " *A Grid Based Robot Navigation by Using Priority Algorithm* ", IJARCC ISSN (2319-5940), Vol.2. Issue.8
- [16] Mega Nurmalasari, Dedi Triyanto, dan Yulrio Brianorman (2015) " Implementasi Algoritma *Maze*

Solving Pada Robot Line Follower".
Vol. 3, No.2 ISSN : 2338-493X

- [17] Nuryono Satya Widodo (2009) “ Penerapan Multi-Mikrokontroler Pada Model Robot Mobil Berbasis Logika Fuzi”. TELKOMNIKA Vol.7, No.3, ISSN 1693-6930..
- [18] Romi Wiryadinata dan Dwi Ana Ratnawati (2005) “Simulasi Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis *Backpropagation* Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC”. SNATI ISBN : 979-756-061-6.
- [19] Rusdhianto EAK, Imam A, M Rameli dan Riswandanu (2011) “Implementasi Pendekatan *Neural Network* pada robot *Soccer Field* untuk Deteksi Obyek”. JEEE Vol.9, No.1, ISSN : 1412-8305.
- [20] Yultrisna dan Andi Sofyan (2013) “Rancang Bangun Robot *Solving Maze* Dengan Algoritma *Depth First Search*”. MOMENTUM, Vol.15,No.2, ISSN : 1693-752X.
- [21] Wahyudi, Sorikhi, dan Iwan Setiawan (2008) “Pengendalian Motor DC Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*”. SEMNASIF., ISSN : 1979-2328.