

repository.ub.ac.id

**RANCANG BANGUN POT CERDAS DENGAN MENGATUR
SUHU RUANGAN, KELEMBAPAN TANAH, DAN INTENSITAS
CAHAYA BERBASIS ARDUINO DENGAN METODE JARINGAN
SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION**

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Indera Ulung Mahendra
NIM: 135150301111074



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019



PENGESAHAN

RANCANG BANGUN POT CERDAS DENGAN MENGATUR SUHU RUANGAN,
KELEMBAPAN TANAH, DAN INTENSITAS CAHAYA BERBASIS ARDUINO DENGAN
METODE JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Indera Ulung Mahendra
NIM: 135150301111074

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
1 Agustus 2019
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

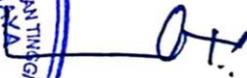

a.n.

Hurriyatul Fitriyah, S.T., M.Sc
NIP: 198510012015042003



Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, S.ST., M.T
NIP: 19881229 201903 1010

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 1 Agustus 2019



Indera Ulung Mahendra

NIM: 135150301111074

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan skripsi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dengan judul **Rancang Bangun Pot Cerdas dengan mengatur Suhu Ruangan, Kelembapan Tanah, dan Intensitas Cahaya dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation***.

Dalam melakukan penelitian ini tidak sedikit hambatan yang penulis temui. Namun penulis menyadari bahwa kelancaran dari penulisan laporan penelitian ini tidak lain karena do'a dan juga dukungan dari berbagai pihak. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan penelitian ini. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Hurriyatul Fitriyah, S.T., M.Sc, selaku pembimbing I yang telah banyak memberi saran, arahan, dan bimbingan selama pengerjaan skripsi.
2. Bapak Mochammad Hannats Hanafi Ichsan, S.ST., M.T, selaku pembimbing II yang telah banyak memberi arahan dan bimbingan selama pengerjaan skripsi.
3. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika periode 2016-saat ini.
5. Bapak Dahnil Syauqy, S.T., M.T., M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer periode 2016-saat ini.
6. Alm, Bapak Achmad Basuni, Ibu Heny Nugrohowati, dan Binar Indira Mahendra selaku kedua orang tua dan saudara kandung penulis yang tidak berhenti memberikan semangat dan dorongan baik berupa do'a maupun materi selama melakukan penelitian.
7. Teman-teman "ex-BKK45" Cholil, Rudy, Kresna, Fajar, Delta, Noor, Adi, Hendra, Willy, Adnan, Aji, Zamroni, Alfian, Rizqy.
8. Teman-teman "Grandma Café" Andes, Sony, Yoga, Slamet, Aan, dan Rynal.
9. Dan juga seluruh teman-teman angkatan 2013 yang selalu memotivasi penulis agar segera menyelesaikan penulisan skripsi ini.
10. Firstnadya Ananda Ayu Aldila atas do'a dan semangatnya kepada penulis agar segera menyelesaikan penulisan skripsi ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berperan dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan yang masih perlu disempurnakan. Oleh karena itu, kritik dan

saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, 1 Agustus 2019

Penulis

Indera.mahendra99@gmail.com



ABSTRAK

Indera Ulung Mahendra, Rancang Bangun Pot Cerdas Dengan Mengatur Suhu, Kelembapan Tanah, dan Intensitas Cahaya Berbasis Arduino dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Pembimbing: Hurriyatul Fitriyah S.T, M.Sc dan Mochammad Hannats Hanafi Ichsan S.ST, M.T

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya memiliki profesi petani. Salah satu komoditas yang sering ditanam adalah cabai. Cabai merupakan sebuah tanaman yang membutuhkan perlakuan khusus agar dapat tumbuh secara maksimal. Seiring dengan kemajuan zaman, lahan yang dapat digunakan untuk bercocok tanam semakin berkurang terutama lahan di tengah perkotaan. Oleh sebab itu penduduk di kota-kota besar melakukan kegiatan bercocok tanam di dalam ruangan yang sering disebut dengan *urban farming*. Untuk itu perlu dibuat sebuah pot cerdas yang dapat membantu dalam bercocok tanam di dalam rumah. Pot cerdas digunakan sebagai sarana untuk membantu pertumbuhan tanaman secara maksimal dengan mengatur suhu di dalam pot, kelembapan tanah di dalam media tanam, dan juga intensitas cahaya didalam kerangka pot cerdas. Seluruh sistem tersebut dibantu dengan menggunakan metode klasifikasi jaringan saraf tiruan *backpropagation feed-forward*. Metode tersebut digunakan untuk membantu sistem dalam melakukan analisis dari data yang diperoleh sensor agar sistem dapat mengambil tindakan yang diperlukan berdasarkan pembacaan data sensor. Guna mengetahui suhu yang ada didalam pot cerdas menggunakan sensor suhu DHT11 yang memiliki tingkat akurasi pembacaan yang cukup baik dengan jumlah rata-rata *error* 2.57% bila dibandingkan dengan pembacaan dari *thermometer digital*. guna mengetahui tingkat kelembapan tanah pada media tanam menggunakan sensor kelembapan tanah YL69 yang memiliki tingkat akurasi pembacaan yang cukup baik setelah dibandingkan dengan hasil pembacaan dari *hygrometer*. guna mengetahui tingkat intensitas cahaya pada pot cerdas menggunakan sensor LDR yang memiliki tingkat akurasi pembacaan dengan nilai *error* rata-rata sebesar 17.62% bila dibandingkan dengan hasil pembacaan dari *luxmeter digital*. Seluruh hasil pembacaan sensor tersebut diproses menggunakan metode jaringan saraf tiruan dimana pada sistem ini proses klasifikasi tersebut memerlukan rata-rata waktu selama 548 milidetik atau 0,548 detik. Hasil tersebut didapatkan setelah melakukan 20 kali percobaan.

Kata kunci: *urban farming* , Jaringan saraf tiruan, *Backpropagation*, sensor suhu, sensor LDR, sensor kelembapan tanah.

ABSTRACT

Indera Ulung Mahendra, Rancang Bangun Pot Cerdas Dengan Mengatur Suhu, Kelembapan Tanah, dan Intensitas Cahaya Berbasis Arduino dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Supervisors: Hurriyatul Fitriyah S.T, M.Sc and Mochammad Hannats Hanafi Ichsan S.ST, M.T

Indonesia is an agrarian country where most of the population has a agricultural worker profession. One commodity that is often grown is chili. Chili is a plant that requires special treatment in order to grow optimally. Along with the progress of the times, land that can be used for farming is decreasing, especially land in the middle of urban areas. Therefore, residents in big cities do farming activities in the room which is often called urban farming. For that we need to make a smart pot that can help in farming in the house. Smart pots are used as a means to help plant growth to the maximum by regulating the temperature in the pot, soil moisture in the growing media, and also the intensity of light in the framework of the intelligent pot. The whole system is assisted by using a feed-forward backpropagation neural network classification method. The method is used to assist the system in analyzing the data obtained by the sensor so that the system can take the necessary actions based on the sensor data reading. In order to know the temperature in a smart pot using the DHT11 temperature sensor which has a fairly good level of reading accuracy with an average error of 2.57% when compared to the reading from a digital thermometer. in order to determine the level of soil moisture in the planting media using a soil moisture sensor YL69 which has a fairly good level of accuracy reading compared to the results of the reading from the hygrometer. in order to determine the level of light intensity in an intelligent pot using an LDR sensor which has an accuracy reading level with an average error value of 17.62% when compared to the reading results from a digital luxmeter. All sensor readings are processed using the neural network method, which in this system the classification process requires an average time of 548 milliseconds or 0.548 seconds. These results were obtained after conducting 20 trials.

Keywords: urban farming , neural network, Backpropagation, temperature sensor, LDR sensor, soil humidity sensor.



DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Urban Farming	8
2.2.2 Arduino IDE	8
2.2.3 Smart Device	9
2.2.4 Jaringan Saraf Tiruan.....	9
2.2.5 Tanaman Cabai.....	12
2.2.6 Arduino UNO	12
2.2.7 Sensor Kelembapan Tanah.....	13
2.2.8 Sensor Suhu Ruangan.....	14
2.2.9 Sensor LDR	14
2.2.10 Driver Motor L298N	15
2.2.11 Kipas DC 12 Volt	16
2.2.12 Pompa Air DC 6 Volt.....	16
2.2.13 <i>Thermometer</i> Digital	17



2.2.14 Luxmeter Digital	17
2.2.15 Hygrometer Tanah	18
2.2.16 Matlab	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metodologi Penelitian	21
3.2 Studi Literatur	21
3.3 Rekayasa Kebutuhan.....	22
3.4 Perancangan dan Implementasi	22
3.5 Pengujian dan Analisis	23
3.6 Kesimpulan.....	23
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN.....	24
4.1 Gambaran Umum Sistem.....	24
4.2 Kebutuhan Sistem.....	24
4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	24
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	26
4.3 Kebutuhan Fungsional	26
4.4 Kebutuhan Non-Fungsional	27
4.4.1 Asumsi Kebutuhan	27
4.4.2 Batasan Desain Sistem	27
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	28
5.1 Perancangan Sistem.....	28
5.1.1 Perancangan Prototype Alat	28
5.1.2 Perancangan Perangkat Keras	29
5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	31
5.2 Implementasi Sistem	43
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras	43
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	44
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	58
6.1 Pengujian Sensor Suhu DHT11.....	58
6.1.1 Tujuan Pengujian	58
6.1.2 Prosedur Pengujian.....	58
6.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian.....	59

6.2	Pengujian Sensor Kelembapan Tanah YL-69.....	59
6.2.1	Tujuan Pengujian	59
6.2.2	Prosedur Pengujian.....	59
6.2.3	Hasil dan Analisis Pengujian.....	60
6.3	Pengujian Sensor LDR.....	60
6.3.1	Tujuan Pengujian	61
6.3.2	Prosedur Pengujian.....	61
6.3.3	Hasil dan Analisis Pengujian.....	61
6.4	Pengujian Waktu Komputasi Pemrosesan Sistem	62
6.4.1	Durasi Pelatihan Data	62
6.4.2	Durasi Prediksi pada Arduino	64
BAB 7	PENUTUP	67
7.1	Kesimpulan.....	67
7.2	Saran	67
DAFTAR	PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	DATA LATIH.....	72
DOKUMENTASI	ALAT.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dasar penelitian yang digunakan	6
Tabel 2. 2 Spesifikasi dari driver motor.....	15
Tabel 5. 1 Koneksi Pin DHT11 dengan Arduino UNO	29
Tabel 5. 2 Koneksi pin Sensor Kelembapan Tanah dengan Arduino UNO.....	30
Tabel 5. 3 Koneksi Pin pada Sensor LDR dengan Arduino UNO.....	30
Tabel 5. 4 Koneksi Pin pada Relay dengan Arduino UNO	30
Tabel 5. 5 Koneksi Pin pada Driver Motor dengan Arduino UNO.....	31
Tabel 5. 6 Inisialisasi Nilai Bobot pada Layer 1	37
Tabel 5. 7 Inisialisasi Nilai Bobot pada Layer 2	37
Tabel 5. 8 Kode Program Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan	44
Tabel 5. 9 Kode program inisialisasi dari <i>library</i>	49
Tabel 5. 10 Kode program untuk inisialisasi pin dan sensor.....	49
Tabel 5. 11 Kode program untuk mengaktifkan sensor dan aktuator.....	50
Tabel 5. 12 Kode program untuk sensor kelembapan tanah.....	51
Tabel 5. 13 Bagian program yang akan berjalan terus	51
Tabel 5. 14 Inisialisasi bobot jaringan saraf tiruan	52
Tabel 5. 15 Kode program untuk fungsi log-sigmoid	53
Tabel 5. 16 Baris program perhitungan pada <i>layer</i> 1	54
Tabel 5. 17 Baris program perhitungan fungsi logsigmoid pada <i>layer</i> 1	54
Tabel 5. 18 Baris program perhitungan pada <i>layer</i> 2	54
Tabel 5. 19 Baris program fungsi hardlimit.....	54
Tabel 5. 20 Kode program fungsi hardlimit dan kondisi aktuator	55
Tabel 5. 21 Baris program untuk menyalakan lampu dengan terang.....	56
Tabel 5. 22 Baris program untuk menyalakan lampu dengan redup	56
Tabel 5. 23 Kode program pada relay	56
Tabel 6. 1 Hasil pengujian sensor DHT11.....	59
Tabel 6. 2 Hasil pengujian sensor kelembapan tanah	60
Tabel 6. 3 Hasil pengujian sensor LDR	62
Tabel 6. 4 Hasil pengujian pada matlab	63
Tabel 6. 5 Hasil pengujian durasi komputasi	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Indoor Garden	8
Gambar 2. 2 Contoh Arsitektur Backpropagation.....	11
Gambar 2. 3 Cabai	12
Gambar 2. 4 Arduino UNO	13
Gambar 2. 5 Sensor Kelembapan Tanah.....	14
Gambar 2. 6 Sensor Suhu Ruangan.....	14
Gambar 2. 7 Sensor LDR.....	15
Gambar 2. 8 Driver Motor L298N	16
Gambar 2. 9 Kipas DC 12 Volt	16
Gambar 2. 10 Pompa Mini DC 6 Volt	17
Gambar 2. 11 <i>Thermometer</i> digital.....	17
Gambar 2. 12 Luxmeter digital.....	18
Gambar 2. 13 <i>Hygrometer</i> Tanah.....	18
Gambar 5. 1 Gambaran desain prototype	28
Gambar 5. 2 <i>Skema Perancangan perangkat keras</i>	29
Gambar 5. 3 Diagram alir proses pengambilan data sensor.....	32
Gambar 5. 4 Bentuk Rancangan Jaringan Saraf Tiruan.....	33
Gambar 5. 5 Nilai Performa dengan 4 <i>Neuron</i>	34
Gambar 5. 6 Nilai Performa dengan 5 <i>Neuron</i>	35
Gambar 5. 7 Diagram Alir proses pelatihan data Jaringan Saraf Tiruan.....	36
Gambar 5. 8 Implementasi Rangkaian dan sensor pada alat	44
Gambar 5. 9 Nilai Regresi dari <i>epoch</i> 1000 dan <i>learning Rate</i> 0.1	46
Gambar 5. 10 Nilai Performa dari <i>epoch</i> 1000 dan <i>learning rate</i> 0.1.....	46
Gambar 5. 11 Nilai Regresi dari <i>epoch</i> 10000 dan <i>learning rate</i> 0.01	47
Gambar 5. 12 Nilai Performa dari <i>epoch</i> 10000 dan <i>learning rate</i> 0.01.....	47
Gambar 5. 13 Nilai Regresi dari <i>epoch</i> 100000 dan <i>learning rate</i> 0.001	48
Gambar 5. 14 Nilai Performa dari <i>epoch</i> 100000 dan <i>learning rate</i> 0.001.....	48
Gambar 6. 1 Grafik Pengujian Learning Rate	63
Gambar 6. 2 Grafik Pengujian Epoch	64
Gambar 6. 3 Tampilan dari serial monitor	66

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia, sebuah negara yang terkenal sebagai negara agraris yang sebagian besar masyarakatnya mendapatkan penghasilan dari lahan pertanian dan perkebunan. Pertanian tidak hanya dapat dilakukan di daerah pedesaan namun, banyak masyarakat di kota-kota besar mulai melakukan kegiatan bertani. Disisi lain, luas lahan yang digunakan masyarakat semakin berkurang dikarenakan pesatnya pembangunan infrastruktur dan industri di kota. Sempitnya lahan di wilayah perkotaan mendorong masyarakat untuk menjadikan halaman atau ruangan di dalam rumahnya sebagai lahan untuk bertani. Kegiatan ini dikenal sebagai *urban farming*. Konsep pertanian perkotaan sendiri merupakan program yang dilakukan sebagai upaya agar kualitas hidup tetap terjaga, salah satunya dengan tetap dapat mengkonsumsi makanan-makanan sehat yang berbahan dasar ikan dan sayur yang berkualitas meskipun berada di tengah perkotaan (Atika Krisnawati, 2016).

Dalam implementasinya terdapat beberapa macam jenis *urban farming* seperti, vertikultur, rumah kaca, hidroponik dan *kitchen garden*. Pada *urban farming* dengan sistem vertikultur, rumah kaca, dan hidroponik umumnya dilakukan di luar ruangan. Sedangkan, pada sistem *kitchen garden* dilakukan di dalam ruangan yaitu di dapur. *kitchen garden* merupakan sistem penanaman tumbuhan seperti sayuran, buah-buahan, dan bunga atau tanaman hias. tumbuhnya suatu tanaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti iklim, tanah, hama/penyakit, jenis tanaman yang tepat, dan lain sebagainya (Kanisius, 1992).

Pada sistem *kitchen garden*, iklim merupakan hal yang paling penting untuk di perhatikan. Faktor iklim meliputi, suhu, pencahayaan, dan kelembapan. Karena sistem ini dilakukan di dalam ruangan sehingga faktor-faktor seperti suhu, pencahayaan, dan kelembapan dalam ruangan dapat sangat berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman. Salah satu komoditas yang sering ditanam oleh petani adalah tanaman cabai. Cabai, merupakan salah satu komoditas yang selalu hadir dalam setiap masakan terutama pada masakan khas Indonesia. namun, untuk proses penanamannya sendiri memerlukan beberapa kondisi yang harus di perhatikan. Seperti tanah yang mengandung banyak zat hara sebagai media tanam lalu suhu di sekitar lahan tanaman cabai yang berkisar antara 24-31 derajat celsius dan tingkat kelembapan tanah yang ditanami cabai tersebut perlu diperhatikan agar tidak terlalu basah atau kering. Selain itu, faktor penyinaran matahari juga perlu diperhatikan karena tanaman cabai memerlukan cahaya matahari untuk tumbuh optimal selama 10 jam sampai 12 jam dalam sehari (Suryana, 2013).

Berdasarkan latar belakang di atas perlu di buat sebuah sistem untuk mengatur suhu dan kelembapan dan dapat melakukan penyiraman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan dalam tanah. Serta dapat menyesuaikan tingkat pencahayaan berdasarkan tingkat cahaya di dalam ruangan

repository.ub.ac.id

berbasis mikrokontroler yang menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* sebagai sistem pendukung keputusannya.

Jaringan saraf tiruan adalah sebuah metode yang alur kerjanya layaknya sebuah jaringan saraf pada manusia. Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) sendiri mempunyai berbagai macam jenis. Salah satunya adalah metode jaringan saraf tiruan *Backpropagation*. *Backpropagation* merupakan salah satu jenis klasifikasi data pada jaringan saraf tiruan yang menggunakan *supervised learning* sebagai metode pelatihan datanya dimana algoritma ini akan digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang bersifat kompleks (Siang, 2009).

Pada penelitian ini, penulis akan membuat sebuah alat berbentuk kerangka rumah kaca kecil yang digunakan sebagai wadah untuk menanam cabai di dalam ruangan dengan konsep *Kitchen Garden*. Pada kerangka tersebut terdapat sensor cahaya sebagai pengukur intensitas cahaya di dalam alat tersebut. lalu terdapat sensor suhu dan sensor kelembapan tanah yang di pasang pada pot tanaman cabai. sebagai aktuatornya, peneliti menggunakan lampu *High Power LED* sebagai pengganti cahaya matahari karena pada tanaman cabai membutuhkan asupan cahaya matahari selama 10 hingga 12 jam agar dapat tumbuh optimal. Lalu kipas DC sebagai pengatur suhu ruangan di dalam kerangka pot, suhu di dalam kerangka pot harus terjaga antara 24 hingga 31 derajat celcius untuk mencegah agar tanaman cabai tetap tumbuh. Lalu terdapat pompa air DC untuk penyiraman tanaman sebagai output dari sensor kelembapan tanah. Hal ini dikarenakan tanaman cabai tidak dapat tumbuh maksimal apabila mengalami kekurangan atau kelebihan asupan air dalam tanah, karena tingkat kelembapan tanah akan berpengaruh pada jumlah zat hara di dalam tanah. Data dari sensor-sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroler Arduino dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan dengan algoritma *Backpropagation feed-forwarding* yang berfungsi sebagai sistem yang mengatur kinerja dari sensor dan aktuator pada alat tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dan yang ada pada latar belakang, dapat disimpulkan menjadi beberapa rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana perancangan pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan ?
2. Bagaimana implementasi perancangan pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan ?
3. Bagaimana hasil pengujian pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation Feed Forward* ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Melakukan perancangan pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan.
2. Menerapkan Implementasi pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan.
3. Mengetahui hasil pengujian pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan intensitas cahaya berbasis Arduino menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation Feed Forward*.

1.4 Manfaat

Manfaat dlakukannya penelitian ini adalah untuk membuat suatu sistem yang mampu mengoptimalkan hasil panen sayuran utamanya cabai di dalam ruangan dengan melakukan kontrol suhu ruangan, kelembapan tanah, dan pencahayaan pada tanaman yang di atur menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *backpropagation feed-forward*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diperlukan oleh penulis agar dapat memfokuskan tujuan dari penelitian ini. Berikut adalah beberapa Batasan masalahnya:

1. Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan yang mempunyai intensitas cahaya rendah hingga sedang
2. Alat yang dibangun bekerja dalam bentuk prototype
3. Suhu normal dalam sistem bergantung pada jenis tanaman di pilih yaitu cabai
4. Pada prototype alat ini tidak termasuk pendeteksi kapasitas air untuk penyiraman.
5. Suhu pada alat bergantung pada suhu di dalam ruangan tempat alat tersebut di gunakan

1.6 Sistematika Pembahasan

Pada penelitian, penulis menggunakan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari dilakukannya penelitian ini. Lalu menentukan rumusan-rumusan masalah yang di alami penulis dan tujuan dari dilakukannya penelitian ini, dan juga manfaat yang di dapat dari penelitian ini. selain itu terdapat Batasan-batasan masalah yang diperlukan pada saat melakukan penelitian ini dan terdapat sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini berisi mengenai teori-teori dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai dasar dari dilakukannya penelitian ini seperti tentang urban farming, Arduino, smart device, jaringan saraf tiruan, dan sensor-sensor yang digunakan pada penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang metodologi penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini. bab ini meliputi tentang metodologi penelitian, studi literatur yang dilakukan oleh peneliti, rekayasa kebutuhan dari perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan saat melakukan penelitian ini, lalu perancangan alat dan implementasi alat yang dihasilkan dari penelitian ini. serta dilakukan pengujian dan analisis sistem tentang alat ini, dan terakhir kesimpulan dari seluruh penelitian ini.

BAB IV REKAYASA KEBUTUHAN

Bab ini menjelaskan mengenai gambaran dari sistem yang akan dibuat secara umum. Gambaran tersebut meliputi kebutuhan dari perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan pada sistem ini. Serta kebutuhan yang bersifat fungsional dan non-fungsional dari sistem yang akan dibuat. Didalam bab ini juga dijelaskan mengenai asumsi kebutuhan dari sistem dan juga dijelaskan tentang Batasan-batasan bentuk desain dari sistem yang akan dibuat.

BAB V PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam membuat sistem ini. didalamnya dijelaskan mengenai perancangan perangkat keras dan perangkat lunak serta bagaimana implementasinya pada sistem yang akan dibuat oleh penulis agar sistem yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan oleh penulis.

BAB VI PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang apakah sensor-sensor pada alat dapat bekerja dengan baik dan juga mempunyai tingkat akurasi yang baik. Selain itu juga menjelaskan tentang durasi dari proses klasifikasi metode jaringan saraf tiruan yang terpasang pada alat.

BAB VII PENUTUP

Bab ini berisi tentang rangkuman hasil yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan. Pada bab ini hasil penelitian sudah berupa kesimpulan dari Analisa proses pengujiannya dan juga saran untuk pengembangan dari sistem.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini berisi mengenai landasan kepustakaan yang menjadi dasar dari dilakukannya penelitian ini. Didalamnya berisi tentang kajian pustaka yang didalamnya berisi hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan ini. Lalu terdapat dasar teori-teori yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian pertama yang dijadikan sebagai kajian pustaka dilakukan oleh (Prasetyo Diyan Rebiyanto, 2018). Penelitian tersebut tentang sistem monitoring kelembapan dan temperatur ruangan berbasis *Internet of Things* yang di aplikasikan pada ruangan budidaya jamur tiram. Penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pengatur sensor, DHT11 sebagai sensor suhu sekaligus kelembapan ruangan, ESP8266-01 yang merupakan modul wifi pada Arduino. Pada alat tersebut menggunakan aktuator sebagai pengatur suhu ruangnya yaitu, *Peltier* sebagai pengatur suhu ruangan dan humidifier sebagai alat pendukung untuk menstabilkan suhu ruangan.

Pada proses pengujiannya terdapat beberapa kali pengujian yaitu pengujian suhu ruangan tanpa aktuator dan dengan aktuator. Pada pengujian sensor DHT11 tanpa menggunakan aktuator menghasilkan bahwa suhu di ruangan pada saat pengujian rata-rata 31,02°C dan dengan nilai kelembapan rata-rata 66,10%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut peneliti sebelumnya dapat melanjutkan ke pengujian selanjutnya dengan menggunakan aktuator *humidifier* sebagai pengatur suhu ruangan. *humidifier* bekerja ketika nilai kelembapan berada pada kisaran 70% sampai dengan 90%. Dan aktuator *peltier* bekerja ketika suhu ruangan berada pada 29° hingga turun ke 27°. Berdasarkan pengujian tersebut peneliti sebelumnya berkesimpulan bahwa sensor suhu DHT11 bekerja dengan baik pada alat tersebut.

Pada penelitian kedua sebagai kajian pustaka dilakukan oleh (Sudjadi, 2005). Penelitian tersebut tentang sistem pencahayaan otomatis sebagai pendukung proses foto sintesis pada phytoplankton menggunakan mikrokontroler AT89S52. Penelitian tersebut bertujuan untuk melihat apakah phytoplankton tetap dapat berfotosintesis secara maksimal dengan menggunakan bantuan sistem pencahayaan otomatis di dalam ruangan. Sistem pencahayaan otomatis tersebut berjalan berdasarkan pola intensitas cahaya matahari di lapangan.

Hasil dari penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem pencahayaan otomatis, phytoplankton tetap dapat melakukan fotosintesis layaknya pada saat di habitatnya dengan bantuan sinar matahari. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan bahwa kadar oksigen yang di produksi oleh phytoplankton ini bergantung pada intensitas cahaya yang diberikan ke phytoplankton.

Pada penelitian ketiga sebagai kajian pustaka adalah penelitian mengenai sistem peramalan dosis pupuk yang dibutuhkan tanaman jeruk siam berdasarkan

dari karakteristik dan lingkungan penanamannya dengan menggunakan metode klasifikasi *backpropagation*. Pada penelitian ini penulis mengkaji tentang penggunaan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* yang digunakan. Pada penelitian ini metode *Backpropagation* digunakan sebagai metode klasifikasi dalam menentukan dosis pupuk yang dibutuhkan oleh tanaman jeruk siam dengan menggunakan parameter karakteristik dan juga lingkungan dimana tanaman jeruk ini dibudidayakan (M. Najmi Ridhani, 2017).

Pada penelitian tersebut penulis menggunakan beberapa proses untuk mengolah data. Seperti penggunaan metode *supervised learning* untuk mengolah data latih. Lalu penggunaan algoritma *Nguyen-Widrow* yang berfungsi untuk mempersingkat waktu pelatihan data pada Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*. Setelah semua data terkumpul dilakukan evaluasi dengan penggunaan metode *Mean Absolute Percentage Error* atau MAPE. Metode pengambilan rata-rata nilai *error* ini digunakan pada saat melakukan pengujian. MAPE menggunakan nilai persentase yang didapatkan untuk mengetahui jumlah persentase *error* yang didapat dari perbandingan nilai antara peramalan dan data aktual. Untuk mengetahui keberhasilan program, digunakan metode validasi hasil *K-fold Cross Validation*. Cara kerja dari metode ini adalah dengan membagi antara data latih dan data uji secara berulang-ulang dan acak. Pada penelitian tersebut didapat beberapa kesimpulan mengenai hasil dari analisa menggunakan metode-metode di atas. Hasil yang didapat berdasarkan penelitian tersebut adalah bentuk dari jaringan saraf tiruan dengan menggunakan 3 *neuron input*, 5 *neuron hidden*, dan 3 *neuron output*. Berdasarkan hasil pengujian sistem, akurasi tertinggi atau nilai MAPE yang didapat adalah sebesar 9.178%. angka tersebut diperoleh berdasarkan jumlah nilai rata-rata eror dari nilai dosis pupuk nitrogen, fosfor dan kalium. Selain itu Proses pembentukan model *backpropagation* terdiri atas beberapa tahap, yaitu melakukan pembagian data *training* dan data *testing*, menormalisasi data, membangun model dengan algoritma *backpropagation* yakni melakukan inisialisasi dari bobot awal dengan metode *Nguyen-Widrow*, menentukan banyaknya *neuron* di *hidden layer*, denormalisasi dan uji kesesuaian jaringan atau model terbaik yang digunakan untuk peramalan.

Tabel 2. 1 Dasar penelitian yang digunakan

No	Judul	Nama Peneliti	Metode	Hasil Penelitian
1.	Rancang Bangun Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> Kelembapan dan Temperatur	Prasetyo Diyan Rebiyanto, Ahmad Rofii	Tanpa metode	Penelitian ini menggunakan sensor suhu dan sensor kelembapan yang digunakan

	Ruangan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis <i>Internet Of Things</i>			untuk mengatur suhu dalam ruangan budidaya jamur timar
2.	Pengaturan Cahaya Lampu Sebagai Fotosintesis Phytoplankton Buatan dengan menggunakan Mikrokontroler At89s5	Sudjadi, Emak Pancar Sakti	Tanpa metode	Penelitian ini mengatur intensitas cahaya lampu untuk membantu proses fotosintesis. Dengan intensitas cahaya yang berbeda dapat menghasilkan kadar oksigen yang berbeda juga.
3.	Peramalan Dosis Pupuk Berdasarkan Karakteristik dan Lingkungan Tanaman Jeruk Siam Menggunakan Metode <i>Backpropagation</i>	M. Najmi Ridhani	Jaringan Saraf Tiruan, <i>Backpropagation</i>	Penelitian ini merupakan pengaplikasian metode Jaringan saraf tiruan <i>Backpropagation</i> untuk menganalisa dosis pupuk berdasarkan karakteristik dan lingkungan tanaman jeruk siam. Hasil analisa penelitian ini didapat dengan

				beberapa metode untuk meningkatkan persentase dari hasil keberhasilan dan error berdasarkan data latih.
--	--	--	--	---

2.2 Dasar Teori

Pada subbab ini menjelaskan mengenai dasar-dasar teori pada saat melakukan penelitian ini.

2.2.1 Urban Farming

Urban farming atau pertanian kota merupakan teknik bercocok tanam yang menggunakan lahan sekitar atau bahkan di dalam rumah. Beberapa jenis *urban farming* yang umumnya diterapkan adalah rumah kaca, hidroponik, vertikultur, dan kitchen garden atau indoor garden.



Gambar 2. 1 Indoor Garden

Sumber : (Bullard, 2017)

2.2.2 Arduino IDE

Perangkat lunak Arduino IDE merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk membuat program yang akan digunakan dan dipasang pada perangkat Arduino. Bahasa pemrograman dari perangkat lunak Arduino IDE ini adalah menggunakan Bahasa pemrograman C/C++ dimana bahasa pemrograman ini adalah bahasa pemrograman yang termasuk dalam kategori Bahasa pemrograman tingkat rendah, yang artinya semua kode program yang dibuat akan langsung menuju ke perangkat keras. Sebagian besar dari pemrograman dengan Bahasa C dan juga C++ yang dibuat harus sesuai dengan standar pemrograman avr++g+. Hal ini agar program dapat bekerja dengan baik pada perangkat Arduino UNO (Pallas, 2018).

2.2.3 Smart Device

Smart device atau perangkat cerdas adalah sebuah perangkat yang dapat memudahkan pengguna untuk melakukan suatu pekerjaan. Misal seperti penyiraman tanaman secara otomatis, menyalakan lampu dengan menggunakan perintah suara atau gerakan tangan. Perangkat ini membantu pengguna dengan cara menjalankan pekerjaan tersebut secara otomatis dengan bantuan sensor dan aktuator. Perangkat pintar dicirikan oleh kemampuan untuk menjalankan beberapa aplikasi, mungkin bersamaan, mendukung tingkat mobilitas dan kustomisasi yang berbeda (Poslad, 2011).

2.2.4 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan adalah sebuah algoritma atau metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang rumit. Dimana sejumlah data dari masalah tersebut sudah diketahui. Jaringan saraf tiruan bekerja dengan cara mencari pola berdasarkan data yang sangat besar dan sulit untuk dianalisis oleh manusia. Metode jaringan saraf tiruan adalah sebuah metode yang deprogram untuk tidak menghasilkan nilai keluaran selain dari nilai keluaran yang telah diterima pada saat melakukan proses pembelajaran data. Pada saat proses pembelajaran data, metode jaringan saraf tiruan akan menerima masukan dan keluaran sesuai dengan data latih yang di jadikan acuan. Hal ini dilakukan agar metode jaringan saraf tiruan dapat memberi nilai keluaran dari program sesuai dengan data yang telah dipelajari dari data latih (Puspitaningrum, 2006).

2.2.4.1 Backpropagation

Pada tahun 1970-an, perkembangan dari metode jaringan saraf tiruan sempat berhenti. Hal ini dikarenakan terdapat kelemahan pada jaringan saraf tiruan yang memiliki jumlah *layer* tunggal. Penemuan dari metode jaringan saraf tiruan dengan menggunakan algoritma *backpropagation* telah membuka kembali kesempatan para peneliti untuk melakukan pengembangan. Hal ini karena jumlah *layer* yang ada pada jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation* memiliki lebih dari 1 *layer*. Dengan ditemukannya berbagai aplikasi, membuat jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation* ini semakin diminati banyak orang. Jaringan saraf tiruan yang hanya memiliki jumlah *layer* tunggal, memiliki kelemahan pada saat melakukan pengenalan pola dari permasalahan. Kelemahan ini dapat diatasi dengan cara menambah jumlah dari *layer* tersembunyi yang berada di antara *layer* masukan dan *layer* keluaran (Miswar, 2017).

Jaringan saraf tiruan *backpropagation* ini memiliki beberapa jumlah *neuron* yang terdapat pada bagian lapisan tersembunyi. Menurut (Heaton, 2008) terdapat beberapa aturan yang digunakan pada saat menentukan jumlah dari *hidden neuron* pada sebuah arsitektur jaringan saraf tiruan yaitu :

- a. *Hidden neuron* harus memiliki jumlah dengan besaran diantara jumlah dari *input layer* dan *output layer*.

- b. Jumlah dari *hidden neuron* harus $\frac{2}{3}$ dari keseluruhan jumlah *input layer* ditambah dengan jumlah *output layer*.
- c. Jumlah dari *hidden neuron* harus kurang dari dua kali jumlah *input layer*.

Beberapa aturan tersebut dapat dipertimbangkan untuk menentukan jumlah dari *hidden neuron* pada lapis tersembunyi. Namun, jumlah dari *hidden neuron* sendiri dapat berubah sesuai dengan hasil yang diperoleh selama melakukan percobaan.

Pengembangan dari model jaringan saraf tiruan dilakukan untuk mencari sebuah metode yang digunakan untuk klasifikasi berdasarkan nilai dari bobot dan bias, sehingga dapat mewakili perilaku dari permasalahan yang sebenarnya secara optimal. Untuk melakukan hal tersebut dilakukan sebuah proses pelatihan data atau disebut data *training*. Agar metode jaringan saraf tiruan dengan algoritma *backpropagation* dapat bekerja secara maksimal, maka diperlukan beberapa data *training* sebagai acuan pada saat melakukan pelatihan data (Simamora, 2017).

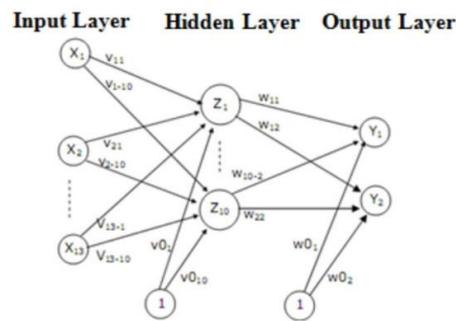
Data *training* merupakan sebuah baris data yang berpasangan dari $\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_Q, t_Q\}$ dimana p_Q merupakan data masukan dari struktur Jaringan Saraf Tiruan dan t_Q adalah data target atau kondisi keluaran yang diharapkan dari Jaringan Saraf Tiruan. Pada saat melakukan proses pelatihan data, kinerja dari struktur jaringan saraf tiruan akan selalu di Analisa dan di evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan menghitung selisih dari nilai keluaran yang dihasilkan dan nilai keluaran yang diharapkan berdasarkan data *training*. Selisih nilai tersebut merupakan jumlah nilai *error* pada sistem yang didapat berdasarkan **Persamaan (2.1)** berikut:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^i (t_j - (t_j - \alpha_j)) \quad (2.1)$$

Atau biasa disebut dengan Mean Squared Error (MSE).

Arsitektur dari algoritma *backpropagation* pada umumnya terdiri dari tiga *layer*, ketiga *layer* tersebut adalah *input layer*, *hidden layer* dan juga *output layer*. Pada bagian *input layer* didalamnya tidak terjadi proses perhitungan, tetapi pada *layer* ini terjadi proses pengiriman sinyal *input* dari X ke *hidden layer*. Pada bagian *hidden layer* dan *output layer* terjadi proses perhitungan terhadap nilai bobot dan nilai bias, dan juga dihitung pula nilai *output* dari *hidden layer* dan *output layer* tersebut dengan menggunakan fungsi aktivasi tertentu. Dalam algoritma *backpropagation* ini digunakan fungsi aktivasi model *sigmoid biner*, hal ini dikarenakan keluaran yang diharapkan akan mempunyai nilai antara 0 sampai 1. Tiga *layer backpropagation* adalah *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Pada *input layer*, data masukan disimbolkan dengan X_n . Pada *hidden layer*, terdapat nilai bobot (V_{ij}) dan nilai bias (V_{0j}), serta Z sebagai symbol dari *hidden layer*. Pada

output layer juga demikian, terdapat pula nilai bobot (W_{ij}) dan nilai bias (W_{0j}) dengan data *output* yang disimbolkan dengan huruf Y .



Gambar 2. 2 Contoh Arsitektur Backpropagation

Algoritma *backpropagation* merupakan sebuah algoritma klasifikasi yang berfungsi untuk memperkecil tingkat kesalahan pada saat melakukan klasifikasi dengan cara penyesuaian bobot dan bias berdasarkan nilai selisih dari keluaran dan target keluaran yang diharapkan .

Terdapat beberapa tahapan dalam proses algoritma *backpropagation* yaitu sebagai berikut :

Tahapan pertama adalah propagasi maju. Dimana data yang ada di bagian masukan akan diteruskan menuju ke lapisan keluaran diawali dengan inisialisasi nilai bobot dan juga nilai bias yang ada pada setiap *neuron*.

Pada saat inisialisasi nilai bobot dan bias ini dilakukan, pada umumnya menggunakan nilai acak dari -1 sampai 1. Pada tahapan ini, proses yang terjadi di masing-masing *neuron* dapat dilihat sebagai persamaan (2.2) berikut:

$$n_i = \sum_{j=1}^k w_{ij}p_j + b_j \tag{2.2}$$

Lalu nilai n yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya akan masuk pada tahap *transfer function*. Dimana hasil dari proses *transfer function* ini akan menghasilkan nilai keluaran dari *neuron*. Proses *transfer function* tersebut dapat dilihat pada persamaan (2.3) berikut:

$$a = \frac{1}{1 + e^{-ni}} \tag{2.3}$$

Setelah semua proses dari propagasi maju telah selesai, akan didapat nilai keluaran dari jaringan saraf tiruan. Tahap selanjutnya yang dilakukan pada proses ini adalah menghitung nilai *local gradient* yang ada pada masing-masing *neuron*.

Nilai *output* tadi kemudian diproses menggunakan fungsi *Log-sigmoid* yang mempunyai Persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$f(n) = \frac{f(n)}{1 + f(n)} \quad (2.4)$$

Lalu nilai *local gradient* yang ada pada masing-masing *neuron* tersebut dihitung menggunakan Persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$\delta_j = \delta_{inj} * f(n) \quad (2.5)$$

Pada tahap terakhir dari proses perhitungan *backpropagation* ini adalah dengan melakukan pembaruan nilai bobot dan nilai bias yang ada pada setiap *neuron* yang ditunjukkan dengan Persamaan (2.6) dan Persamaan (2.7) berikut:

$$w(n + 1) = w(n) + \varphi * \delta(n) * y \quad (2.6)$$

$$b(n + 1) = b(n) + \varphi * \delta(n) * 1 \quad (2.7)$$

2.2.5 Tanaman Cabai

Cabai (*Capsicum sp*) merupakan tanaman perdu dari family solanaceae (suku terong-terongan) yang dikenal sejak dulu sebagai bumbu masakan (Alif, 2017). Sayuran ini banyak ditemui di daerah-daerah di Indonesia karena fungsinya yang selalu ada di setiap masakan khas Indonesia. Tanaman cabai dapat tumbuh dengan baik di kondisi suhu antara 24°C hingga 28°C dengan kondisi media tanamnya yang tidak terlalu basah dan terlalu kering. Karena tanaman cabai rentan layu jika kondisi media tanamnya terlalu basah. Selain itu, faktor cahaya matahari juga berpengaruh besar untuk pertumbuhan tanaman cabai. tanaman cabai membutuhkan pencahayaan matahari paling tidak selama 10-12 jam.



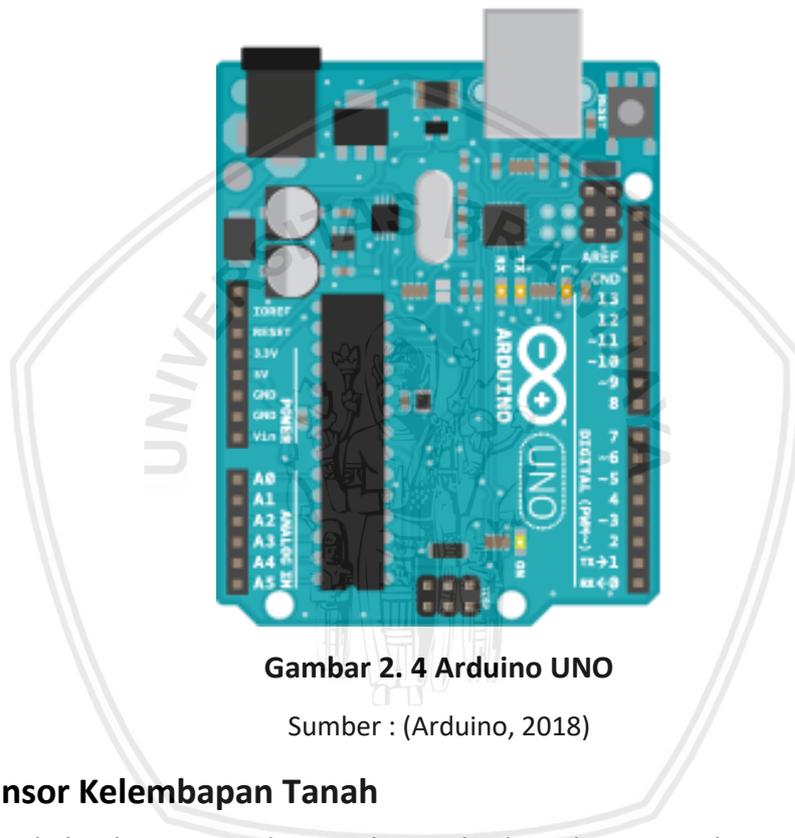
Gambar 2. 3 Cabai

Sumber : (Yonida, 2017)

2.2.6 Arduino UNO

Perangkat Arduino UNO adalah sebuah perangkat yang terpasang mikrokontroler dengan jenis AVR ATmega328P. pada perangkat ini terdapat 20 pin

yang digunakan sebagai pin masukan dan keluaran. 14 pin di antaranya merupakan pin masukan dan keluaran dalam bentuk sinyal digital dan 6 pin diantaranya merupakan pin dengan fungsi keluaran PWM (*pulse width modulation*). Lalu terdapat 6 pin dengan masukan dan keluaran dalam bentuk sinyal analog. Perangkat Arduino UNO ini menggunakan *port* USB sebagai *port* untuk melakukan komunikasi dengan perangkat laptop atau komputer. Selain sebagai *port* untuk komunikasi, *port* USB pada perangkat Arduino UNO juga dapat digunakan sebagai sumber daya untuk menyalakan perangkat Arduino UNO. Dengan daya sebesar 6 volt sampai dengan 20 volt. Selain menggunakan *port* USB juga dapat menggunakan adaptor AC-DC atau baterai sebagai sumber dayanya.

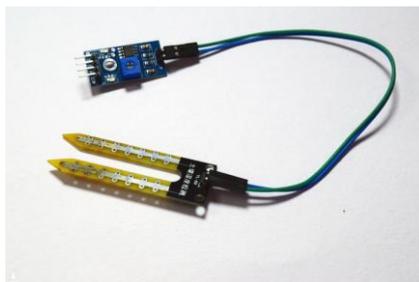


Gambar 2. 4 Arduino UNO

Sumber : (Arduino, 2018)

2.2.7 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah atau biasa disebut dengan *soil moisture* sensor adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur kelembapan tanah dengan cara menancapkan ujung *probe* ke dalam tanah. Pada sensor ini terdapat 4 pin yang tersambung ke perangkat Arduino. Yaitu pin Ground, VCC atau sumber daya dari sensor ini, A0 sebagai pin untuk keluaran berupa analog pada sensor ini, dan D0 sebagai pin untuk keluaran berupa digital pada sensor ini. Cara kerja dari sensor kelembapan tanah ini secara spesifik adalah ketika probe yang ditancapkan ke dalam media tanam mendeteksi adanya perubahan kadar air, maka nilai kapasitansi dari sensor akan berubah. Hal ini disebabkan oleh nilai permitivitas dielektriknya yang berubah. Perubahan dari nilai kapasitansi ini berpengaruh pada hasil keluaran dari generator sinyal yang akan menghasilkan nilai frekuensi yang lebih besar. Dengan begitu, nilai frekuensi keluaran dari generator sinyal akan ikut berubah berdasarkan kelembapan tanah yang dideteksi oleh sensor (Stevanus, 2013).



Gambar 2. 5 Sensor Kelembapan Tanah

Sumber: (CodeChamp, 2018)

2.2.8 Sensor Suhu Ruangan

Sensor DHT11 merupakan salah satu sensor yang berfungsi untuk membaca nilai dari suhu dan kelembapan ruangan dengan rentang pengukuran kelembapan: 20% – 95% dan rentang nilai pengukuran suhu yang dapat dibaca adalah 0-50 derajat celcius. Sinyal *output* dari sensor ini berbentuk digital. Sensor DHT11 merupakan sensor dengan tingkat stabilitas dan kalibrasi dengan akurasi yang tinggi. Selain itu untuk menggunakan sensor ini dibutuhkan *DHT library* pada saat melakukan pemrograman di Arduino UNO. Sensor DHT 11 ini banyak dipilih untuk melakukan pembacaan suhu dan kelembapan udara karena nilai keluaran yang dihasilkan sudah dalam bentuk digital sehingga tidak perlu dilakukan konversi nilai keluaran dari analog ke digital terlebih dahulu (Saptadi, 2014).



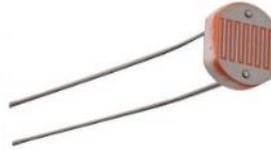
Gambar 2. 6 Sensor Suhu Ruangan

Sumber: (TechPonder, 2017)

2.2.9 Sensor LDR

Sensor LDR yang merupakan singkatan dari *Light Dependent Resistor* atau dikenal juga sebagai *fotoresistor* adalah sebuah modul yang berfungsi untuk mengukur tingkat intensitas cahaya yang diterima penampangannya. Seperti namanya, modul ini merupakan sebuah resistor dimana nilai resistansinya akan bertambah ketika menerima berada di tempat yang mempunyai tingkat intensitas cahaya yang tinggi. *Fotoresistor* adalah resistor yang dibuat menggunakan bahan semikonduktor yang memiliki tingkat resistansi yang tinggi yang tidak dilindungi dari cahaya. Jika *fotoresistor* ini terkena cahaya yang memiliki frekuensi yang cukup tinggi, maka akan menyebabkan elektron pada *fotoresistor* ini memiliki jumlah energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Sedangkan jumlah dari

elektron bebas yang dihasilkan akan mengalirkan listrik, hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan tingkat resistansi pada *fotoresistor*. (Supatmi, 2010)



Gambar 2. 7 Sensor LDR

Sumber: (Innovative, 2018)

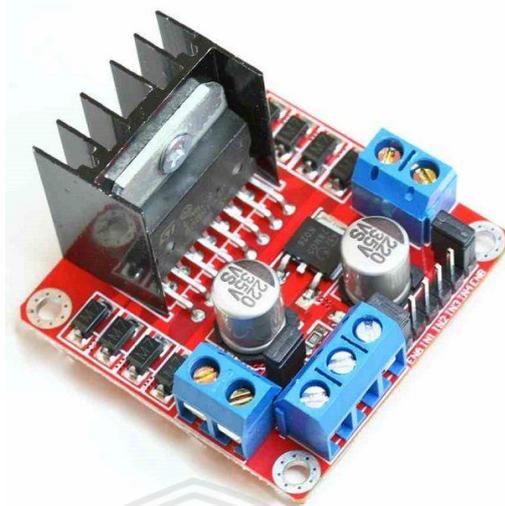
2.2.10 Driver Motor L298N

Driver motor L298N adalah sebuah modul yang digunakan untuk mengatur jumlah voltase yang dialirkan ke sensor. Pada penelitian ini modul Driver Motor L298N digunakan pada lampu. Driver Motor pada lampu berfungsi sebagai pengatur tingkat intensitas cahaya yang di hasilkan oleh lampu. Driver Motor L298N mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Spesifikasi dari driver motor

Tipe:	Dual H-Bridge
Chip kontrol:	ST L298N
Logic voltage:	5V DC
Drive voltage:	5-35V DC
Logical current:	0mA-36mA
Driving current:	2A (MAX single bridge)
Temperatur:	-20 C – 135 C
Power maksimum:	25W
Berat:	30g
Ukuran:	43 x 43 x 27mm

L298 adalah jenis IC driver motor yang berfungsi untuk mengendalikan arah dari putaran dan kecepatan motor DC ataupun Motor *stepper*. Selain itu, L298 ini juga mampu mengeluarkan *output* tegangan untuk Motor DC dan motor *stepper* sebesar 50 volt. Pada IC L298 dapat menentukan arah suatu motor DC dan motor *stepper* dengan mudah, hal ini dikarenakan pada IC ini terdapat *transistor-transistor logic*(TTL) yang digabungkan dengan gerbang NAND. IC ini dapat mengendalikan hingga 2 DC motor tetapi hanya dapat mengendalikan 1 buah motor *stepper*.



Gambar 2. 8 Driver Motor L298N

Sumber: (tronixlabs, 2014)

2.2.11 Kipas DC 12 Volt

Kipas DC 12 Volt digunakan sebagai pengatur suhu ruangan di dalam frame perangkat ini. Terdapat 3 kipas DC 12 Volt yang digunakan. Satu sebagai penyalur udara yang masuk dan satu lagi sebagai keluaran.



Gambar 2. 9 Kipas DC 12 Volt

Sumber: (OKgrowin, 2014)

2.2.12 Pompa Air DC 6 Volt

Pompa air mini dengan tegangan DC 6 Volt digunakan sebagai aktuator ketika sensor tanah mendeteksi bahwa tingkat kelembapan pada tanah didalam pot mengalami penurunan. Lalu pompa air akan menyala dan mengalirkan air di dalam wadah penyimpanan ke pot melalui selang.



Gambar 2. 10 Pompa Mini DC 6 Volt

Sumber: (Anon., 2017)

2.2.13 Thermometer Digital

Thermometer digital merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui suhu pada sebuah ruangan atau tempat. *Thermometer* digital ini dapat melakukan pembacaan suhu dari -50 derajat celcius hingga 110 derajat celcius. alat ini memiliki tingkat akurasi pembacaan suhu kurang lebih 1 derajat celcius lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu yang sebenarnya.



Gambar 2. 11 Thermometer digital

Sumber : (Anon., 2015)

2.2.14 Luxmeter Digital

Luxmeter digital adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat intensitas cahaya. Nilai pembacaan dari alat ini dalam bentuk satuan lumens atau Lux. Luxmeter digital ini mampu membaca intensitas cahaya sebesar 0 sampai dengan 200.000 lumens pada mode pembacaan auto. Alat ini juga dapat menyimpan hasil pembacaan sementara yang berguna agar nilai pembacaan tidak berubah pada saat dilakukan pengukuran intensitas cahaya pada satu ruangan ke ruangan lain.



Gambar 2. 12 Luxmeter digital

Sumber : (Anon., 2015)

2.2.15 Hygrometer Tanah

Hygrometer tanah adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah pada sebuah media tanam. Umumnya alat ini digunakan pada tanaman yang ditanam didalam pot. Hasil pembacaan kelembapan tanah pada alat ini berbentuk skala 1 sampai dengan 10 yang dibagi menjadi 3 tingkatan. Skala 1 sampai 3 alat akan mengindikasikan bahwa media tanam berada pada kondisi kering. Skala 4 sampai dengan 6 alat akan mengindikasikan bahwa media tanam berada pada kondisi lembab. Lalu pada skala 7 sampai dengan 10 alat akan mengindikasikan bahwa media tanam berada pada kondisi basah hingga sangat basah.



Gambar 2. 13 Hygrometer Tanah

Sumber : (Anon., 2015)

2.2.16 Matlab

Matlab merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan analisis secara iteratif dan membuat desain dengan menggunakan

Bahasa pemrograman yang mempunyai bentuk matematika matriks dan *array*. Pada perangkat lunak Matlab mempunyai standar variabel dari elemen yang digunakan pada saat melakukan pemrograman. Standar variabel yang digunakan adalah berbentuk matriks dan array tanpa perlu melakukan deklarasi variabel terlebih dahulu. Selain itu, perangkat lunak Matlab juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak lainnya meskipun memiliki Bahasa pemrograman yang berbeda dengan Matlab. Beberapa perangkat lunak dan Bahasa pemrograman yang dapat diintegrasikan antara lain C, Java, .NET, dan juga Microsoft Excel. Matlab mempunyai cara kerja dan penggunaan yang berbeda-beda khususnya dalam kasus yang butuh perhitungan matematis untuk penyelesaiannya. Untuk melakukan proses perhitungan secara matematis pada perangkat lunak Matlab, perangkat lunak Matlab menggunakan operasi perhitungan dengan bentuk matriks. Selain itu, pada perangkat lunak Matlab dapat menampilkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan ke bentuk grafik dan juga dapat membuat tampilan dari keluaran yang kita rancang sendiri. Bagian Utama dari perangkat lunak Matlab terdiri dari:

1. *Development Environment*. Adalah sebuah kumpulan fitur dari perangkat lunak Matlab yang berfungsi untuk mempermudah pengguna dalam menggunakan fungsi perhitungan dan juga pada saat akan membuka file yang ada pada perangkat lunak Matlab. Beberapa fitur tersebut sudah berbentuk program yang mempunyai tampilan agar mempermudah pengguna dalam menggunakannya.
2. Matlab *Mathematical Function Library*. Adalah kumpulan dari beberapa fungsi matematis dasar hingga yang cukup kompleks yang sering digunakan pada saat melakukan sebuah perhitungan atau melakukan pengolahan data secara lebih detail.
3. Matlab *Language*. Adalah Bahasa pemrograman matematika tingkat tinggi yang berbentuk matriks dan *array*. Bahasa pemrograman ini adalah Bahasa pemrograman yang berorientasi pada objek. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dapat melakukan kedua hal baik pemrograman perhitungan sederhana agar dapat menentukan hasil dengan cepat dan juga pemrograman perhitungan yang kompleks dan lebih besar agar menghasilkan keluaran yang lebih akurat. Perangkat lunak Matlab merupakan *computational engine* dengan bentuk file yang dapat dibaca dan dihasilkan berbentuk *MAT-files*.

Simulink adalah salah satu fitur dari perangkat lunak Matlab yang berfungsi untuk melakukan simulasi dari desain yang memiliki sifat dinamis dan juga tertanam. Simulasi dilakukan untuk menguji kinerja dari desain yang telah dirancang. Selain untuk mensimulasikan desain perhitungan, Simulink juga digunakan untuk mensimulasikan bentuk rangkaian elektronik seperti *signal processing*, pemodelan persamaan *differensial*, dan lain-lain. Simulink juga digunakan untuk melakukan *plotting* dari hasil perhitungan yang telah dibuat. selain itu terdapat fungsi eksplorasi yang berguna untuk membuka file dan

menyimpan file yang akan digunakan atau telah diolah dengan menggunakan fungsi *plotting* tersebut (Hutagalung, 2018).

2.2.16.1 Neural Network Toolbox

Neural Network Toolbox adalah sebuah fitur dari perangkat lunak Matlab yang menyediakan fungsi untuk membuat struktur jaringan saraf tiruan. Beberapa fungsi didalamnya seperti terdapat beberapa jenis algoritma, *model pretrained*, dan aplikasi yang berguna untuk membuat, melatih, melakukan visualisasi, dan melakukan simulasi dari model jaringan saraf tiruan dalam bentuk dangkal dan mendalam. Selain itu *Neural Network Toolbox* juga mampu melakukan fungsi klasifikasi, menghitung nilai dari regresi, melakukan fungsi pengelompokan, pengurangan dimensi, peramalan berdasarkan rangkaian waktu dari data yang digunakan, dan juga membuat permodelan jaringan saraf tiruan secara dinamis. Didalam *Neural Network Toolbox*, juga terdapat fungsi jaringan pembelajaran seperti jaringan saraf dengan bentuk *convolutional* (ConvNets, CNNs), *Direct Acyclic Graph* (DAG), dan fungsi *autoencoders* yang secara otomatis digunakan untuk melakukan klasifikasi data yang berupa gambar, grafik dari nilai regresi, dan pembelajaran data latih. Untuk melakukan fungsi klasifikasi dan mengetahui nilai dari regresi berdasarkan rangkaian waktu dapat menggunakan *toolbox Long Short-Term Memory* (LSTM). Selain itu, *toolbox Long Short-Term Memory* (LSTM) juga dapat melakukan visualisasi lapisan dan aktivasi pada tingkat menengah, serta dapat melakukan modifikasi desain arsitektur jaringan dan melakukan *monitoring* perkembangan dari pelatihan jaringan.

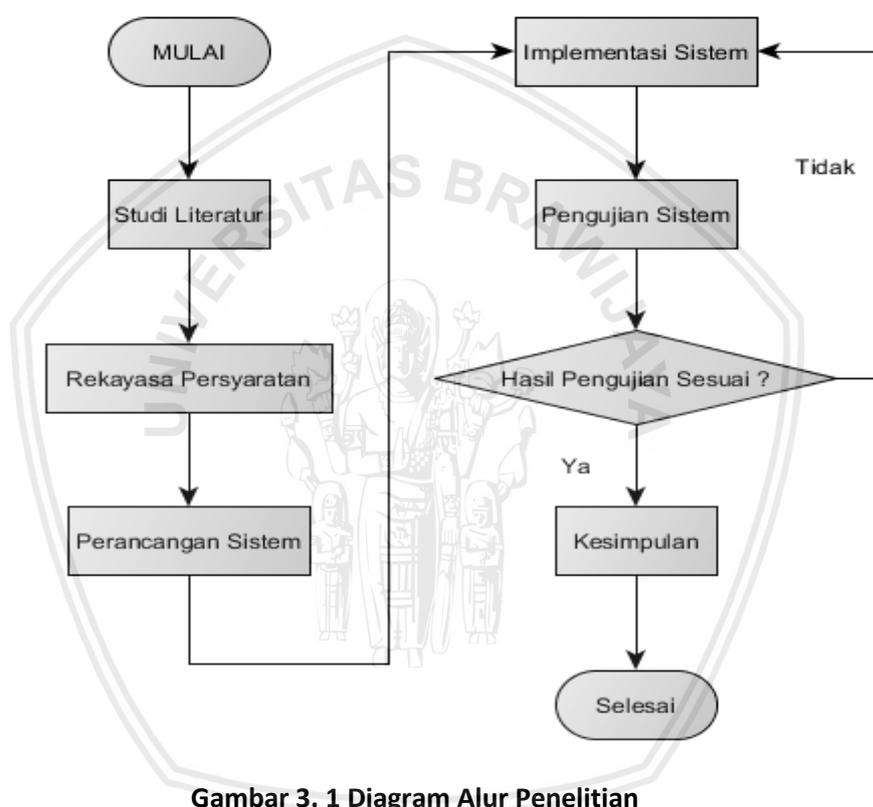
Untuk melakukan perhitungan dengan set data pelatihan kecil, pengguna dapat menerapkan model pembelajaran dari jaringan saraf tiruan secara mendalam. Model pembelajaran ini dapat melakukan pembelajaran *transfer* dengan cepat.

Untuk mempercepat data set yang berukuran besar dalam melakukan pelatihan, maka perangkat lunak Matlab melakukan distribusi dari proses perhitungan pada prosesor dan juga GPU dari perangkat yang digunakan. (dengan menggunakan *Parallel Computing Toolbox*), atau hingga melakukan komputasi dengan skala *cluster* dan juga *cloud computing*.(dengan *MATLAB Distributed Computing Server*) (Matlab, 2019).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Bab ini akan menjabarkan secara detail mengenai langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian. Langkah-langkah tersebut meliputi, studi kasus, studi mengenai literatur dan landasan kepustakaan dari penelitian ini, melakukan rekayasa dari kebutuhan pada penelitian ini, melakukan perancangan dan implementasi dari sistem yang akan dibuat, melakukan pengujian sistem yang akan dibuat pada penelitian ini, dan juga mengambil kesimpulan berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Studi Literatur

Pada bagian ini dibahas mengenai teori-teori dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mendukung penulis melakukan penelitian tentang rancang bangun pot cerdas yang digunakan sebagai sarana urban farming dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya yang menggunakan Arduino dengan menggunakan metode klasifikasi jaringan saraf tiruan *backpropagation* sebagai pengolah data keluaran dari sensor. Dalam studi literatur yang dilakukan menggunakan teori-teori yang diambil dari jurnal, buku, *website* resmi, dan juga dari artikel yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Berikut merupakan beberapa dasar teori yang digunakan dan memiliki keterkaitan penelitian ini:

1. Urban Farming
Menjelaskan mengenai bagaimana pengaplikasian *urban farming* di perkotaan dan di dalam ruangan. utamanya adalah dapur.
2. Smart Devices
Mempelajari tentang bagaimana cara kerja dari sebuah perangkat cerdas dan pengaplikasiannya.
3. Tanaman Cabai
Mempelajari apa saja yang dibutuhkan tanaman cabai agar bisa tumbuh secara maksimal. Meliputi parameter suhu, kelembapan tanah dan intensitas cahaya yang diperlukan.
4. Arduino UNO
Mempelajari konfigurasi dan spesifikasi dari Arduino UNO yang digunakan sebagai pengolah data masukan dari sistem ini.
5. Sensor YL-69
Mempelajari tentang konfigurasi, spesifikasi dan cara kerja dari sensor YL-69 atau sensor kelembapan tanah.
6. Sensor DHT11
Mempelajari tentang konfigurasi, spesifikasi dan cara kerja dari sensor DHT11 atau sensor kelembapan dan suhu udara sebagai pengukur suhu ruangan.
7. Sensor LDR
Mempelajari tentang konfigurasi, spesifikasi dan cara kerja dari sensor LDR atau sensor cahaya sebagai pengukur intensitas cahaya.

3.3 Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa dari kebutuhan ini dilakukan untuk menganalisa kebutuhan apa saja yang akan dibutuhkan dan digunakan dalam membuat sistem ini. Bab ini berisi mengenai apa saja kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, kebutuhan fungsional, dan juga kebutuhan non-fungsional. Kebutuhan perangkat keras berisi tentang apa saja perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini. lalu pada kebutuhan perangkat lunak akan dijelaskan apa saja perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan penelitian ini. Kebutuhan fungsional berisi mengenai apa saja kebutuhan fungsional dari keseluruhan sistem yang akan dibuat. lalu pada kebutuhan non-fungsional akan menjelaskan mengenai asumsi kebutuhan dari sistem yang akan dibuat dan juga menjelaskan tentang batasan desain dari sistem yang akan dibuat.

3.4 Perancangan dan Implementasi

Pada tahap Perancangan dan implementasi akan dijelaskan mengenai proses perancangan yang dilakukan untuk membuat sistem ini dan juga bagaimana implementasi dari berdasarkan dari perancangan yang telah dilakukan untuk membuat sistem ini. Didalam perancangan sistem terdapat dua bagian yang akan dijelaskan yaitu perancangan dari perangkat keras dan perancangan dari perangkat lunak pada sistem. Pada bagian implementasi juga dijelaskan mengenai bagaimana implementasi dari perangkat keras dan implementasi dari perangkat lunak.

3.5 Pengujian dan Analisis

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pengujian dan analisis dari hasil pengujian yang dilakukan oleh penulis. Hasil pengujian didapatkan dari kinerja sistem yang disesuaikan dengan parameter yang digunakan oleh penulis.

3.6 Kesimpulan

Pada tahapan ini adalah tahapan akhir setelah semua tahapan yang telah dilakukan oleh penulis sebelumnya dalam penelitian ini. Pada bagian ini yang akan dibahas adalah penarikan kesimpulan berdasarkan data yang didapat dan di analisis. Dan pada tahapan ini peneliti juga akan memberikan beberapa saran dalam penulisan, metode, dan juga perangkat yang digunakan dalam melakukan pengembangan dari penelitian ini



BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Gambaran Umum Sistem

Berikut adalah gambaran secara umum dari sistem yang akan dibuat oleh penulis. Arduino mampu bekerja sesuai parameter yang sudah ditentukan pada program di Arduino IDE. Terdapat beberapa komponen seperti sensor dan aktuator dalam sistem yang akan dibuat ini. Untuk parameter pencahayaan, sensor LDR akan mendeteksi nilai *lux* dari lampu pada perangkat ini lalu membandingkannya dengan nilai *lux* yang telah didapat pada data latih, untuk aktuatornya menggunakan driver motor yang berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya pada lampu. Untuk parameter suhu ruangan, sensor DHT11 akan mendeteksi suhu ruangan pada saat itu lalu membandingkannya dengan data latih. Untuk aktuatornya terdapat 3 kipas DC yang berfungsi sebagai pengatur aliran udara yang masuk dan keluar. Untuk parameter kelembapan tanah, sensor kelembapan tanah akan mendeteksi tingkat kelembapan dalam tanah lalu membandingkannya dengan parameter berdasarkan data latih. Untuk aktuatornya adalah penyiram air otomatis yang akan menyiram apabila tanah terdeteksi kering atau kekurangan air.

4.2 Kebutuhan Sistem

Pada subbab ini, berisi mengenai penjelasan tentang kebutuhan penelitian dari segi fungsional dan segi non-fungsional, kebutuhan untuk melakukan komunikasi antar perangkat dan mikrokontroler, kebutuhan dari perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan pada sistem yang akan dibuat ini. Kebutuhan-kebutuhan tersebut kemudian akan dianalisa dan dikelompokkan sesuai dengan kebutuhan dari sistem yang akan dibuat sehingga mempermudah penulis dalam membuat desain dan mengimplementasikannya pada sistem.

4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Berikut ini adalah beberapa perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini, seperti :

1. Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah perangkat dengan menggunakan mikrokontroler berjenis AVR ATmega328P. Pada perangkat Arduino UNO ini terdapat 20 pin yang digunakan sebagai *input* dan *output*. 14 pin diantaranya adalah pin dengan masukan dan keluaran berupa sinyal digital, dimana 6 diantaranya juga mempunyai fungsi sebagai pin PWM (*pulse width modulation*). Lalu terdapat 6 pin dengan masukan dan keluaran berupa sinyal analog. Perangkat Arduin UNO ini menggunakan koneksi USB sebagai jalur komunikasi datanya. Selaian sebagai jalur komunikasi data, *port* USB ini juga dapat digunakan sebagai sumber daya dari perangkat Arduino UNO.

Pada sistem ini Arduino UNO akan digunakan sebagai perangkat pengolah data yang didapat dari pembacaan sensor DHT11, YL69, dan sensor LDR. Data yang di dapat kemudian di analisa apakah sesuai dengan parameter yang dibuat sebelum di lanjutkan ke aktuator dari masing-masing sensor.

2. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah pada sistem ini digunakan untuk mengukur kadar air didalam media tanam cabai. sensor ini menghitung tingkat kelembapan tanah berdasarkan besar nilai resistansinya. Nilai resistansi akan bertambah ketika *probe* yang menancap pada tanah mendeteksi adanya kadar air pada media tanam. Semakin kecil nilai yang dihasilkan sensor maka semakin kering media tanam.

3. Sensor DHT11

Sensor DHT11 atau sensor suhu pada sistem ini digunakan sebagai parameter pengukur suhu ruangan didalam kerangka pot cerdas. Sensor ini dapat mendeteksi suhu mulai dari 0-50 derajat celcius. Agar sensor ini dapat membaca masukan dan menghasilkan data langsung berupa suhu dengan satuan derajat celcius, sensor ini membutuhkan *library* DHT yang di masukan pada program di Arduino IDE

4. Sensor LDR

Sensor LDR atau singkatan dari *Light Dependent Resistor* adalah sebuah sensor yang dapat mengukur tingkat intensitas cahaya. Semakin tinggi intensitas cahaya yang di ukur maka semakin besar nilai resistansi yang di dihasilkan. Pada sistem ini hasil pengukuran dari sensor LDR yang masih berupa nilai resistansi dikonversi oleh Arduino UNO sehingga dapat menghasilkan keluaran dengan satuan LUX.

5. Driver Motor L298N

Driver motor L298N adalah sebuah modul yang berfungsi sebagai PWM (*pulse with modulation*) yang memberi masukan berupa sinyal yang bernilai dari 0-255. Ketika nilai sinyal yang diberikan bernilai 0 maka pada pin tersebut tidak akan dialiri tegangan, sedangkan ketika diberi nilai 255 maka pada pin tersebut akan diberi tegangan 5 volt secara konstan. Driver motor L298N ini memiliki 2 pin yang dapat digunakan PWM pada sensor yang terhubung pada pin tersebut. Pada sistem yang akan dibuat ini driver motor digunakan untuk mengatur tingkat intensitas cahaya pada lampu HPL. Intensitas lampu HPL pada sistem ini bernilai 125 dan juga 255 atau redup dan terang.

6. Kipas DC 12 Volt

Kipas DC 12 Volt digunakan sebagai pengatur suhu ruangan. terdapat 3 buah kipas DC 12 Volt yang digunakan pada sistem ini. Kipas bekerja sebagai masukan dan keluaran udara dari dalam kerangka pot cerdas ini. Cara kerjanya adalah ketika DHT11 mendeteksi bahwa terjadi peningkatan suhu di dalam kerangka maka kedua kipas akan menyala bersamaan selama beberapa waktu hingga suhu kembali ke titik normal.

7. Pompa Air DC 6 Volt

Pompa air DC 6 volt pada sistem ini digunakan sebagai rangkaian dari penyiraman otomatis. Pompa ini akan aktif ketika sensor kelembapan tanah mendeteksi bahwa tanah pada tanaman cabai pada kondisi kering atau kurang dari batas yang ditentukan. Ketika tanah terdeteksi kering, maka pompa akan mengalirkan air dari wadah ke sekitar media tanam selama beberapa waktu. Hal ini dilakukan hingga sensor kelembapan tanah mendeteksi tanah pada kondisi normal atau sudah tidak kering lagi.

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Berikut ini adalah perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membuat program pengolahan data yang akan digunakan pada sistem ini:

1. Arduino IDE versi 1.8.8

Arduino IDE versi 1.8.8 adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat kode program pada perangkat Arduino UNO. Pada perangkat lunak ini mempunyai Bahasa pemrograman tersendiri yang mirip dengan Bahasa pemrograman C. Didalam perangkat lunak ini, terdapat beberapa fungsi dan *library* yang dapat digunakan untuk membuat program dan mengaktifkan fungsi tertentu pada perangkat Arduino UNO. Perangkat lunak Arduino IDE versi 1.8.8 ini dapat dijalankan di beberapa sistem operasi seperti Windows 7, Windows 8, Windows 10, dan juga Linux.

2. Matlab R2016a

Matlab sebuah perangkat lunak yang akan digunakan sebagai aplikasi penghitungan guna mencari nilai bobot berdasarkan data latih yang kemudian digunakan dalam metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* yang akan dijalankan pada sistem sebagai metode klasifikasi.

4.3 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional yang harus terpenuhi untuk alat ini adalah :

1. Sistem yang dibuat dapat berjalan dengan baik sesuai parameter yang telah ditentukan oleh program.
2. Besaran keluaran cahaya yang di hasilkan oleh cahaya lampu dalam kerangka pot diatur oleh driver motor.
3. Besaran cahaya lampu didalam pot berubah berdasarkan tingkat intensitas cahaya didalam ruangan pada saat itu.
4. Sensor suhu pada sistem ini dapat mendeteksi suhu antara 24-30 derajat celcius.

5. Kipas DC mulai aktif ketika suhu di dalam ruangan dirasa melebihi dari parameter suhu yang sudah ditentukan oleh program
6. Sensor kelembapan tanah dapat mendeteksi persentase tingkat kelembapan tanah pada media tanam yang akan dikategorikan menjadi kering, lembab, dan basah.
7. Penyiram tanaman akan aktif ketika tingkat kelembapan dalam tanah mulai turun dan akan melakukan penyiraman selama 3 detik.

4.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Pada kebutuhan non-fungsional ini akan menjelaskan mengenai asumsi kebutuhan dari sistem dan juga Batasan-batasan pada desain dari sistem yang akan dibuat ini.

4.4.1 Asumsi Kebutuhan

1. Alat yang dibuat akan bekerja ketika sensor mendeteksi bahwa kondisi melebihi atau kurang dari parameter yang ditentukan
2. Sensor suhu yang digunakan mampu mendeteksi suhu hingga 50 derajat celsius
3. Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini adalah Arduino UNO
4. Batasan minimal yang dapat dibaca sensor LDR adalah 1 *lux* hingga 30.000 *lux*.

4.4.2 Batasan Desain Sistem

Dalam tahap pembuatan dari sistem ini, terdapat beberapa batasan desain di antaranya adalah:

1. Intensitas cahaya pada sistem ini hanya mendeteksi intensitas cahaya disekitar kerangka pot lalu membandingkan dengan data sampel dan akan menyalakan lampu sesuai dengan hasil dari metode jaringan saraf tiruan.
2. Pada alat ini belum termasuk sistem untuk mengisi air yang ada dalam mekanisme penyiraman otomatis.
3. Untuk mengatur suhu didalam ruangan, salah satu kipas DC akan selalu aktif. Apabila suhu ruangan naik maka kedua kipas DC akan aktif.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

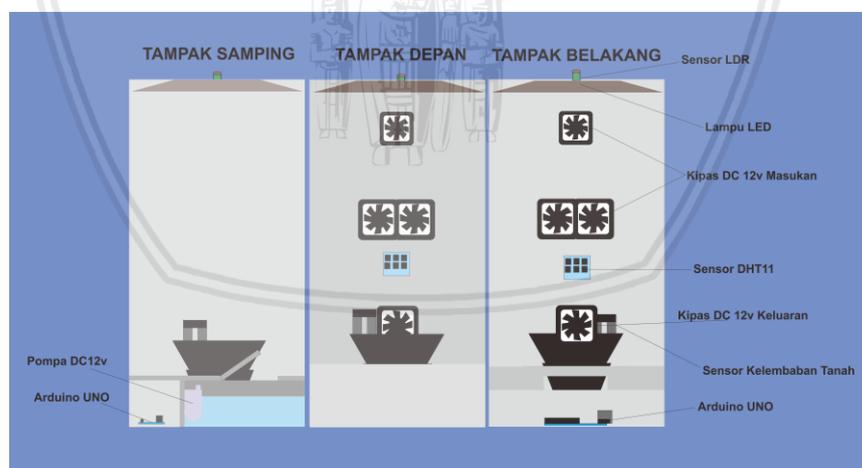
Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai proses dalam melakukan perancangan serta implementasi dari sistem. Pada bagian perancangan sistem ini, akan menjelaskan mengenai persiapan yang dilakukan dan bagaimana inisialisasi dari sistem hingga pada tahap sistem siap di implementasikan. Lalu, pada bagian implementasi dari sistem ini, akan menjelaskan bagaimana penerapan dari sistem yang telah selesai sesuai dengan yang dijelaskan pada tahap perancangan sebelumnya.

5.1 Perancangan Sistem

Pada subbab ini akan menjelaskan mengenai perancangan dari “Pot Cerdas dengan Mengatur Suhu Ruangan, Kelembapan Tanah, dan Intensitas Cahaya berbasis Arduino”. Didalam subbab ini terdapat 3 bagian penjelasan secara lebih mendalam mengenai perancangan Prototype dari alat yang akan dibuat, perancangan perangkat keras yang akan digunakan, dan juga perancangan dari perangkat lunak pada sistem ini.

5.1.1 Perancangan Prototype Alat

Desain *prototype* dari Pot Cerdas ini berupa sebuah kerangka pot yang terbuat dari bahan akrilik bening dengan tebal 1mm dengan ukuran dari masing-masing sisinya adalah tinggi 60cm dan lebar 30cm. Pembuatan desain *prototype* ini menggunakan perangkat lunak CorelDraw X7.



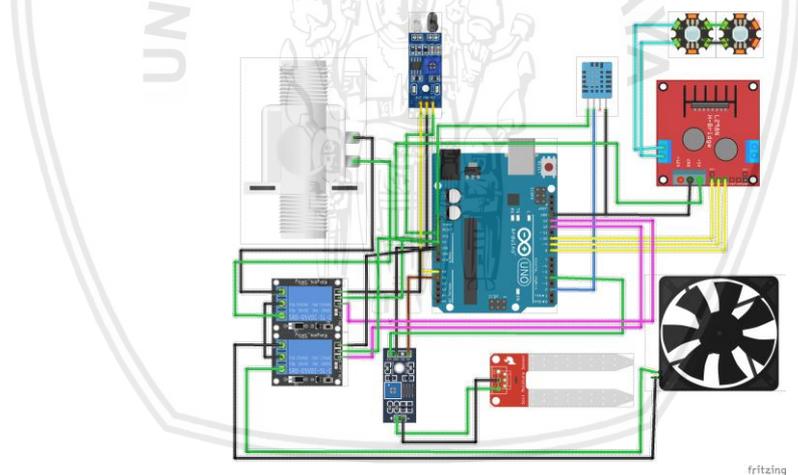
Gambar 5. 1 Gambaran desain prototype

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.1, sensor suhu DHT11 diletakkan di sisi belakang bagian dalam pada kerangka yang bertujuan untuk mengukur suhu didalam kerangka pot. Sensor LDR diletakkan di atas lampu led dan berada pada sisi luar dari kerangka yang bertujuan untuk mengukur tingkat intensitas cahaya yang ada di dalam ruangan. Lalu sensor kelembapan tanah diletakkan di media tanam di dalam pot yang bertujuan untuk mengukur tingkat kelembapan pada media tanam. Untuk aktuatornya terdapat 3 aktuator yaitu pompa air yang

diletakkan di dalam wadah air di dalam kerangka. Pompa air akan bekerja ketika media tanam di dalam pot berada pada kondisi kering. Lampu LED yang berada pada bagian atas dari kerangka akan bekerja ketika tingkat intensitas cahaya di dalam ruangan berada pada kondisi gelap. Lalu terdapat 4 kipas DC 12v yang terpasang pada bagian belakang kerangka. Terdapat 2 fungsi dari kipas DC yaitu untuk masukan dan keluaran. Kipas tersebut akan aktif ketika suhu terdeteksi oleh sensor berada pada kondisi panas atau melebihi parameter.

5.1.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada sistem yang akan dibuat ini, peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Pada sistem ini menggunakan sensor suhu DHT11, sensor kelembapan tanah, dan juga sensor LDR sebagai masukan, selain itu juga terdapat relay 2 channel dan juga driver motor yang digunakan sebagai pengatur aktuator dari sistem ini. Sensor LDR akan digunakan sebagai sensor intensitas cahaya dalam ruangan. Lalu kelembapan tanah akan memeriksa kondisi tanah yang di tanami tanaman cabai. Sedangkan untuk sensor suhu dan kelembapan udara DHT11 akan digunakan untuk mengukur suhu di dalam kerangka pot tersebut. Hasil keluaran dari 3 sensor tersebut lalu akan di olah oleh mikrokontroler Arduino yang hasil keluarannya digunakan untuk mengaktifkan Relay dan juga Driver Motor. Gambar rangkaian dari sistem ini dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 2 Skema Perancangan perangkat keras

Untuk skema rangkaian dari masing-masing unit sensor yang digunakan akan dijelaskan secara detail pada beberapa tabel dibawah ini.

Tabel 5. 1 Koneksi Pin DHT11 dengan Arduino UNO

Pin Sensor DHT11	Pin Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
Output	Pin Digital 2

Berdasarkan Tabel 5.1 diatas, sensor suhu udara DHT11 terhubung ke 3 pin Arduino UNO. VCC dari sensor DHT11 terhubung ke VCC dari Arduino UNO. GND dari sensor DHT11 terhubung ke GND dari Arduino UNO. Untuk *output* dari sensor DHT11 terhubung ke pin digital 2 pada Arduino. Selanjutnya skema rangkaian dari sensor kelembapan tanah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 2 Koneksi pin Sensor Kelembapan Tanah dengan Arduino UNO

Pin Sensor Kelembapan Tanah	Pin Arduino UNO
VCC	Pin Digital 4
GND	GND
Output	Pin Analog 1

Berdasarkan Tabel 5.2 diatas, sensor kelembapan tanah terhubung ke 3 pin Arduino UNO. VCC dari sensor kelembapan tanah terhubung ke pin digital 4 dari Arduino UNO. GND dari sensor kelembapan tanah terhubung ke GND dari Arduino UNO. Untuk *output* dari sensor kelembapan tanah terhubung ke pin analog 1 pada Arduino. Selanjutnya skema rangkaian dari sensor LDR dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 3 Koneksi Pin pada Sensor LDR dengan Arduino UNO

Pin Sensor LDR	Pin Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
Output	Pin Analog 0

Berdasarkan tabel diatas, sensor LDR terhubung ke 3 pin Arduino UNO. VCC dari sensor LDR terhubung ke VCC dari Arduino UNO. GND dari sensor LDR terhubung ke GND dari Arduino UNO. Untuk *output* dari sensor LDR terhubung ke pin analog 1 pada Arduino. Selanjutnya skema untuk rangkaian dari Relay 2 channel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 4 Koneksi Pin pada Relay dengan Arduino UNO

Pin Relay	Pin Arduino UNO
VCC	VCC
GND	GND
IN1	Pin Digital 12
IN2	Pin Digital 13

Berdasarkan tabel diatas, Relay terhubung ke 4 pin Arduino UNO. VCC dari Relay terhubung ke VCC dari Arduino UNO. GND dari Relay terhubung ke GND dari Arduino UNO. Untuk IN1 dan IN2 yang berfungsi sebagai pin masukan relay dari Arduino UNO terhubung dengan pin digital 12 dan 13 pada Arduino. Selanjutnya skema untuk rangkaian dari driver motor dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 5 Koneksi Pin pada Driver Motor dengan Arduino UNO

Pin Driver Motor	Pin Arduino UNO
EnA	Pin Digital 10
IN1	Pin Digital 9
IN2	Pin Digital 8

5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak

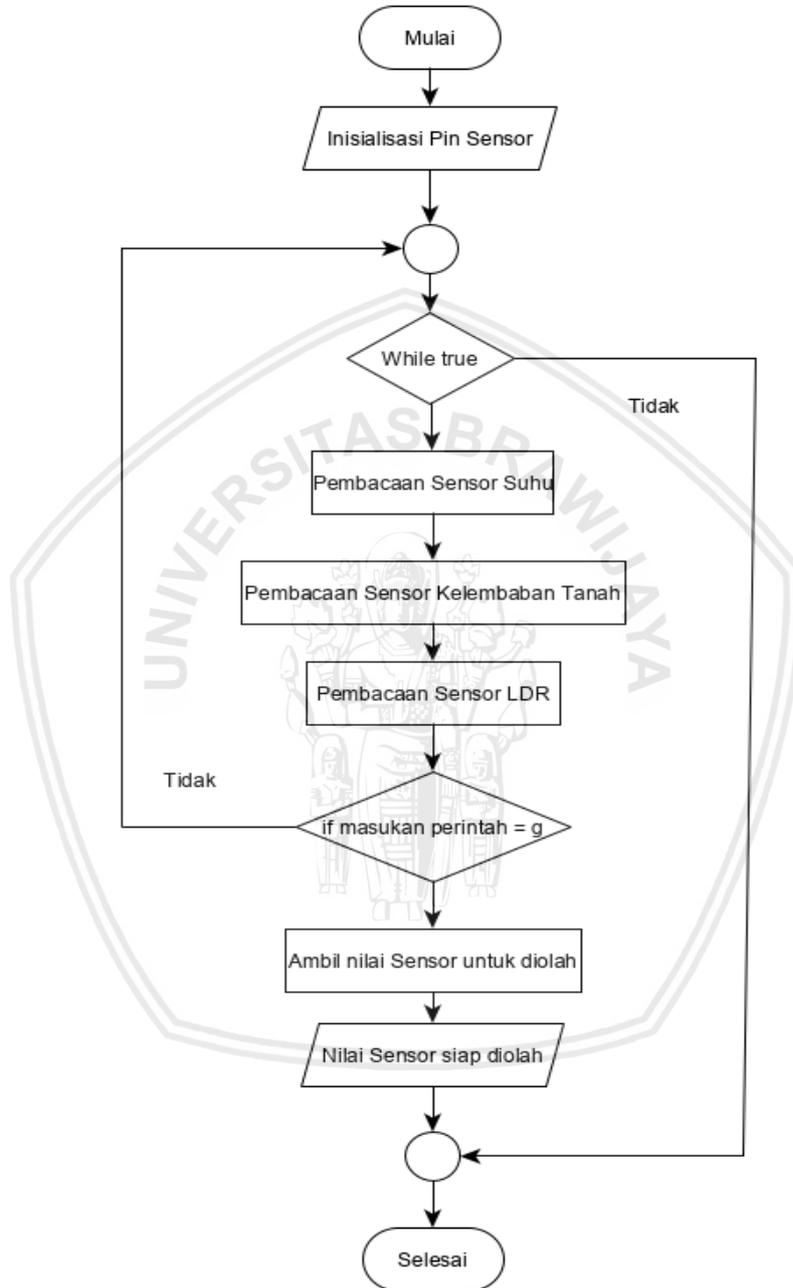
Untuk perancangan dari perangkat lunak yang digunakan pada sistem ini menggunakan perangkat lunak Arduino IDE sebagai pengatur keluaran dan masukan dari sensor. Pada perangkat lunak Arduino IDE dibuat program yang dapat melakukan pembacaan data yang dihasilkan oleh pembacaan masing-masing sensor. Untuk melakukan pengolahan data yang didapat oleh sensor, dan dapat mengatur keluaran dari masing-masing pembacaan sensor. Untuk pembacaan sensor dibuat agar data yang di dapat dari sensor dapat di olah menjadi masukan yang sesuai dengan sistem. Pada modul LDR data yang dapat dibaca oleh sensor menghasilkan keluaran berupa nilai resistansi. Nilai resistansi dari LDR ini kemudian di konversi hingga mendapat nilai dengan satuan Lux. Sedangkan pada modul Kelembapan tanah data yang dihasilkan oleh sensor berupa nilai resistansi. Kemudian nilai resistansi ini di akan klasifikasikan menjadi beberapa hasil keluaran. Lalu untuk modul DHT11 dapat menghasilkan data berupa nilai kelembapan udara dan suhu ruangan. Dalam sistem ini yang dibutuhkan hanya data dari suhu ruangan. Data yang dihasilkan dari modul DHT11 tersebut berupa nilai dengan satuan derajat celcius.

5.1.3.1 Perancangan Pengambilan data sensor

Proses berjalannya program yang dibuat untuk dapat melakukan pengambilan nilai hasil pembacaan dari masing-masing sensor dapat dilihat pada gambar (5.2) dibawah ini.

1. Program dimulai dengan melakukan inisialisasi pin dari setiap sensor yang digunakan pada sistem.
2. Ketika seluruh pin dan sensor telah terhubung dan sesuai, maka sensor akan mulai melakukan pembacaan data.
3. Sensor suhu mulai melakukan pembacaan nilai suhu.
4. Sensor kelembapan tanah mulai melakukan pembacaan nilai kelembapan tanah.
5. Sensor LDR mulai melakukan pembacaan nilai intensitas cahaya.
6. Ketika program mendapat masukan berupa huruf "g" pada serial monitor, maka program jaringan saraf tiruan pada arduino akan dijalankan.
7. Pada saat program dijalankan, program akan mengambil nilai pembacaan dari masing-masing sensor yang akan dimasukkan ke dalam bentuk *array*.

8. Nilai yang didapat dari pembacaan sensor tersebut kemudian akan di proses dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan.
9. Setelah melakukan pengolahan data, program akan ke tahap pembacaan nilai sensor dan menunggu masukan dari serial monitor.



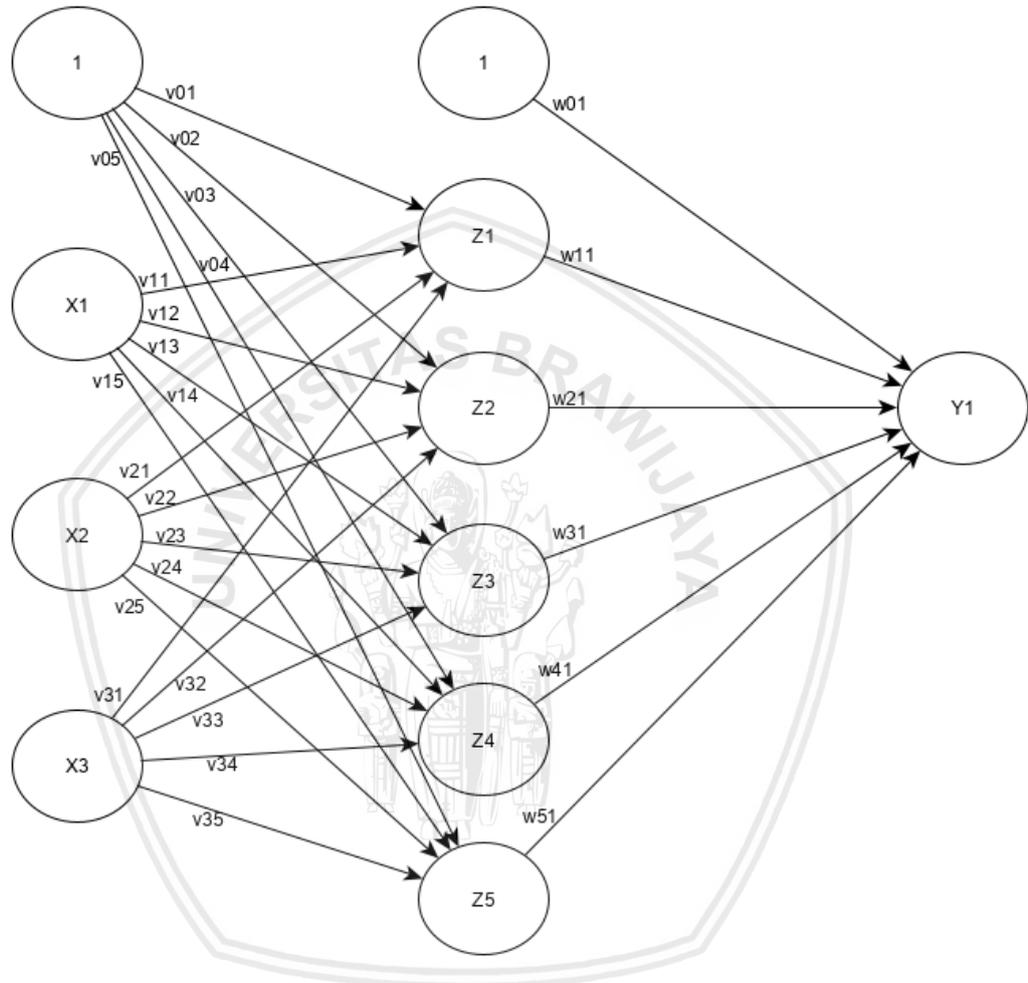
Gambar 5. 3 Diagram alir proses pengambilan data sensor

Program diatas perlu menyimpan nilai pembacaan sensor terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan jaringan saraf tiruan. Hal ini dikarenakan perangkat mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini akan melakukan pembacaan nilai dari sensor secara terus menerus selama program tersebut dijalankan.

5.1.3.2 Perancangan Jaringan Saraf Tiruan

Pada tahap ini akan dijelaskan secara detail mengenai struktur dari jaringan saraf tiruan *backpropagation* yang akan digunakan pada sistem ini sebagai metode klasifikasi data.

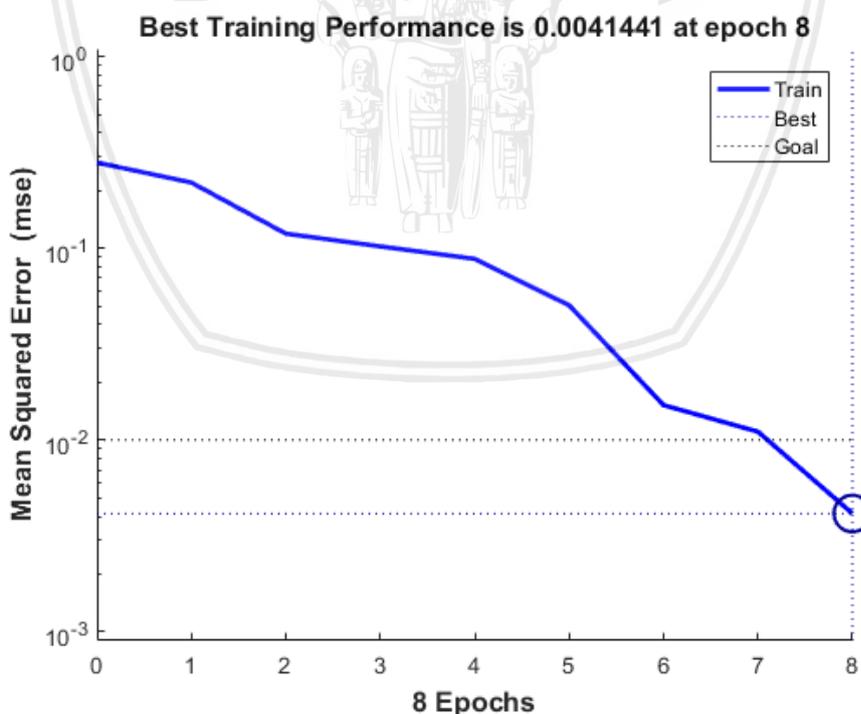
5.1.2.4.1 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan



Gambar 5. 4 Bentuk Rancangan Jaringan Saraf Tiruan

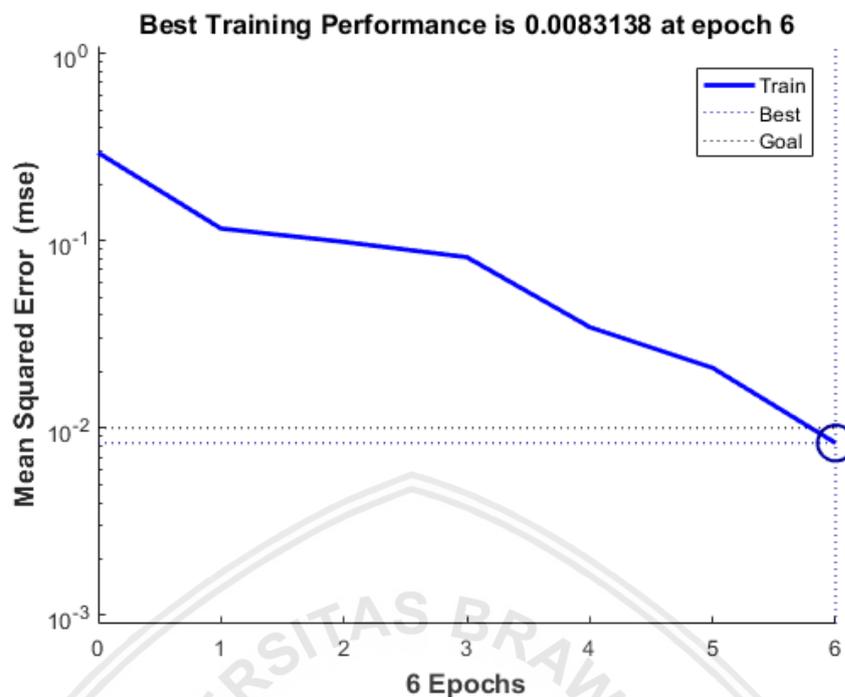
Pada sistem ini terdapat 3 parameter untuk menentukan tindakan yang akan dilakukan oleh sistem dengan kondisi yang terdapat pada ruangan atau tempat dimana pot cerdas ini digunakan. 3 parameter tersebut adalah sensor suhu ruangan, sensor kelembapan tanah, dan sensor intensitas cahaya. Masing-masing dari sensor tersebut akan menentukan keluaran berdasarkan nilai yang diambil. Terdapat 2 keluaran kondisi yang akan dihasilkan oleh sistem ini yaitu kondisi basah dan kering. Kondisi tersebut dapat ditentukan melalui pembacaan ketiga sensor yang digunakan. Sensor suhu akan membaca suhu didalam kerangka pot ,lalu sensor kelembapan tanah akan membaca nilai kelembapan tanah yang ada di dalam pot tanaman, sedangkan sensor intensitas cahaya akan membaca tingkat intensitas cahaya pada ruangan dimana pot cerdas digunakan. Berdasarkan

penjelasan tersebut maka sistem ini menggunakan 3 buah masukan pada arsitektur jaringan saraf tiruannya yang menggunakan simbol huruf X. sedangkan untuk keluaran dari sistem ini menggunakan simbol huruf Y. Lalu, untuk bagian lapisan tersembunyi dilambangkan dengan huruf Z. Pada sistem ini digunakan 5 buah *neuron* pada lapisan tersembunyi dikarenakan hasil dari performa arsitektur jaringan saraf tiruan dengan 5 buah *neuron* memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan arsitektur jaringan saraf tiruan dengan 4 buah *neuron* pada lapisan tersembunyi perbandingan hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.5 dan juga pada gambar 5.6. berdasarkan gambar tersebut nilai performa dari arsitektur jaringan saraf tiruan dengan menggunakan 4 buah *neuron* adalah sebesar 0,00414 yang didapat pada *epoch* ke-8 sedangkan dengan 5 buah *neuron* didapat nilai performa sebesar 0,00831 pada *epoch* ke-6. Disamping itu jumlah memori yang digunakan pada perangkat mikrokontroler Arduino UNO cukup terbatas karena semakin bertambahnya jumlah *neuron* yang digunakan, maka akan membutuhkan jumlah memori yang semakin besar. Selain itu semakin banyak *neuron* yang digunakan juga mempengaruhi kecepatan Arduino dalam melakukan prediksi berdasarkan data yang masuk. Oleh karena itu, guna memperoleh tingkat akurasi secara maksimal maka dilakukan perubahan beberapa nilai pada saat melakukan proses pelatihan data. Beberapa nilai yang diubah adalah jumlah dari *epoch*, tingkat *learning rate*, dan jumlah dari *neuron* yang digunakan pada lapisan tersembunyi agar sistem dapat berjalan dengan tingkat kesalahan yang lebih sedikit.



Gambar 5. 5 Nilai Performa dengan 4 *Neuron*





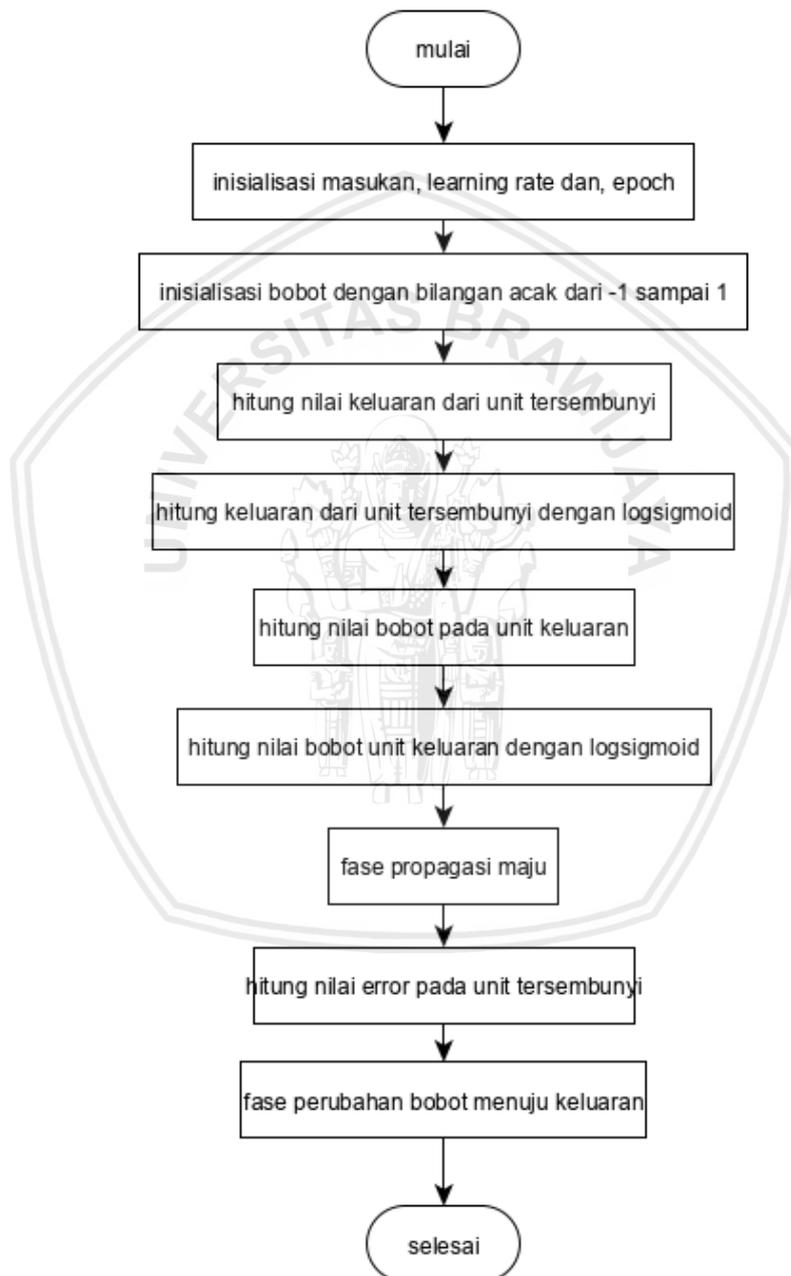
Gambar 5. 6 Nilai Performa dengan 5 Neuron

5.1.2.4.2 Pelatihan Sistem Jaringan Saraf Tiruan

Tingkat akurasi dari struktur jaringan saraf tiruan dalam melakukan proses prediksi tidak hanya dipengaruhi oleh bentuk struktur dari jaringan saraf tiruan dan data latih yang digunakan sebagai dasar prediksi dari jaringan saraf tiruan. tetapi tingkat akurasinya juga dipengaruhi oleh jumlah dari *epoch* dan tingkat *learning rate* pada saat melakukan proses pelatihan data menggunakan data latih. Nilai *epoch* dan *learning rate* ini didapatkan dari jumlah kesalahan terkecil pada sistem berdasarkan nilai bobot yang dicari setelah dilakukan beberapa percobaan.

Sebelum diterapkan pada alat, model jaringan saraf tiruan ini akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak Matlab. Hal ini perlu dilakukan pada saat proses pelatihan data dan juga untuk mendapatkan nilai bobot pada masing-masing *neuron* berdasarkan dari hasil setelah dilakukan proses pelatihan. Pada tahap pertama yang dilakukan untuk menentukan kondisi berdasarkan masukan dengan menggunakan metode pengolahan data jaringan saraf tiruan *backpropagation* adalah melakukan inialisasi nilai pada unit masukan, menentukan jumlah *epoch*, dan juga tingkat *learning rate* yang akan digunakan pada struktur jaringan saraf tiruan ini. Kemudian perangkat lunak Matlab akan melakukan proses inialisasi nilai dari bobot untuk masing-masing *neuron* secara acak dengan *range* nilai antara -1 sampai dengan 1. Setelah semua nilai acak tersebut dimasukkan ke masing-masing nilai bobot pada *neuron* tahap selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan untuk mendapatkan nilai keluaran dari unit tersembunyi lalu dilanjutkan dengan melakukan perhitungan nilai keluaran yang berasal dari unit tersembunyi tersebut dengan menggunakan fungsi aktivasi *log-sigmoid*. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai bobot dari unit keluaran yang

dilanjutkan dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai keluaran yang berasal dari unit keluaran dengan menggunakan fungsi aktivasi *log-sigmoid*. Setelah semua proses perhitungan tersebut telah selesai dilakukan dan semua nilai dari masing-masing layer didapat, lalu dilanjutkan ke fase propagasi maju yang selanjutnya akan dilanjutkan dengan menghitung jumlah nilai *error* yang didapat pada unit tersembunyi. Terakhir, dilakukan fase perubahan nilai bobot pada masing-masing *neuron* yang akan menuju ke unit keluaran.



Gambar 5. 7 Diagram Alir proses pelatihan data Jaringan Saraf Tiruan

Berikut adalah contoh dari proses perhitungan jaringan saraf tiruan *Backpropagation* secara manual yang digunakan untuk mendapatkan nilai bobot

yang akan digunakan pada semua lapisan jaringan saraf tiruan dengan menggunakan data dari data latih yang terdapat pada LAMPIRAN A sebagai berikut:

$$X1 = 28, X2 = 220, X3 = 36$$

$$t = 0$$

$$\alpha = 0.01$$

Langkah 1

Pada tahap ini dilakukan proses inialisasi dari nilai bobot menggunakan bilangan secara acak antara -1 sampai dengan 1. Berikut adalah nilai inialisasi dari semua bobot dengan menggunakan nilai acak seperti terlihat pada tabel (5.6) dan tabel (5.7).

Tabel 5. 6 Inialisasi Nilai Bobot pada Layer 1

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
X1	0.3	0.2	0.1	0.4	-0.2
X2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.4
X3	-0.4	-0.2	-0.1	-0.3	0.2
1	-0.1	-0.3	0.2	-0.4	0.3

Tabel 5. 7 Inialisasi Nilai Bobot pada Layer 2

	Y1
Z1	0.5
Z2	-0.1
Z3	0.3
Z4	-0.4
Z5	0.2
1	0.1

Langkah 2

Langkah selanjutnya adalah menghitung semua nilai keluaran yang ada di unit lapisan tersembunyi (Zj)

$$z_{netj} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \tag{5.1}$$



$$z_{net1} = v_{10} + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji} = v_{10} + x_1 v_{11} + x_2 v_{21} + x_3 v_{31}$$

$$= -0.1 + 28 \cdot 0.3 + 220 \cdot 0.2 + 36 \cdot -0.4$$

$$= 37.9$$

$$z_{net2} = v_{20} + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji} = v_{20} + x_1 v_{12} + x_2 v_{22} + x_3 v_{32}$$

$$= -0.3 + 28 \cdot 0.2 + 220 \cdot 0.1 + 36 \cdot -0.2$$

$$= 20.1$$

$$z_{net3} = v_{30} + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji} = v_{30} + x_1 v_{13} + x_2 v_{23} + x_3 v_{33}$$

$$= 0.2 + 28 \cdot 0.1 + 220 \cdot 0.3 + 36 \cdot -0.1$$

$$= 65.4$$

$$z_{net4} = v_{40} + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji} = v_{14} + x_1 v_{14} + x_2 v_{24} + x_3 v_{34}$$

$$= -0.4 + 28 \cdot 0.4 + 220 \cdot 0.3 + 36 \cdot -0.3$$

$$= 66$$

$$z_{net5} = v_{50} + \sum_{i=1}^3 x_i v_{ji} = v_{50} + x_1 v_{15} + x_2 v_{25} + x_3 v_{35}$$

$$= 0.3 + 28 \cdot -0.2 + 220 \cdot 0.4 + 36 \cdot 0.2$$

$$= 89.9$$

Langkah 3

Langkah selanjutnya adalah menghitung semua nilai keluaran dari unit tersebut menggunakan fungsi aktivasi *Log-sigmoid*(Z_j)

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1+e^{-z_{netj}}} \tag{5.2}$$

$$z_1 = f(z_{net1}) = \frac{1}{1+e^{-z_{net1}}} = \frac{1}{1+e^{-37.9}} = 1$$

$$z_2 = f(z_{net2}) = \frac{1}{1+e^{-z_{net2}}} = \frac{1}{1+e^{-20.1}} = 1$$

$$z_3 = f(z_{net3}) = \frac{1}{1+e^{-z_{net3}}} = \frac{1}{1+e^{-65.4}} = 1$$

$$z_4 = f(z_{net4}) = \frac{1}{1+e^{-z_{net4}}} = \frac{1}{1+e^{-66}} = 1$$

$$z_5 = f(z_{net5}) = \frac{1}{1+e^{-z_{net5}}} = \frac{1}{1+e^{-89.9}} = 1$$



Langkah 4

Selanjutnya menghitung semua nilai dari jaringan pada unit keluaran (Y_k)

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} y_{net1} &= w_{10} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \\ &= w_{10} + z_1 w_{11} + z_2 w_{12} + z_3 w_{13} + z_4 w_{14} + z_5 w_{15} \\ &= 0.1 + 1 \cdot 0.5 + 1 \cdot (-0.1) + 1 \cdot 0.3 + 1 \cdot (-0.4) + 1 \cdot 0.2 \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

Langkah 5

Lalu melakukan penghitungan dari semua nilai keluaran yang ada di unit keluaran menggunakan fungsi aktivasi *log-sigmoid* (Y_j)

$$y_k = f(y_{netk}) = \frac{1}{1+e^{-y_{netk}}} \quad (5.4)$$

$$y_1 = f(y_{net1}) = \frac{1}{1+e^{-0.6}} = 1.548$$

Langkah 6

Setelah nilai keluaran didapat, lalu dilanjutkan dengan fase propagasi maju

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{netk}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= (t_1 - y_1) f'(y_{net1}) = (t_1 - y_1) y_1 (1 - y_1) \\ &= (0 - 1.548) 1.548 (1 - 1.548) = 1.313 \end{aligned}$$

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

$$\Delta w_{01} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

$$\Delta w_{11} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

$$\Delta w_{21} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

$$\Delta w_{31} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

$$\Delta w_{41} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

$$\Delta w_{51} = a \delta_k (1) = 0.2 \cdot 1.313 \cdot (1) = 2.626$$

Langkah 7

Melakukan perhitungan jumlah nilai error dari unit pada lapisan tersembunyi berdasarkan dari nilai *error* di setiap unit tersembunyi (Z_j)

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (5.6)$$

$$\delta_{net_{01}} = \delta_1 . w_{01} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

$$\delta_{net_{11}} = \delta_1 . w_{11} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

$$\delta_{net_{21}} = \delta_1 . w_{21} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

$$\delta_{net_{31}} = \delta_1 . w_{31} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

$$\delta_{net_{41}} = \delta_1 . w_{41} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

$$\delta_{net_{51}} = \delta_1 . w_{51} = 1.313 . 2.626 = 3.447$$

Faktor kesalahan dari unit tersembunyi

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j} z_j (1 - z_j) \quad (5.7)$$

$$\delta_{01} = \delta_{net_{01}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\delta_{11} = \delta_{net_{11}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\delta_{21} = \delta_{net_{21}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\delta_{31} = \delta_{net_{31}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\delta_{41} = \delta_{net_{41}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\delta_{51} = \delta_{net_{51}} 1(1 - 1) = (3.447) . 1 . (1 - (1)) = 0$$

$$\Delta v_{ji} = a \delta_{jxi} \quad (5.8)$$

$$\Delta v_{01} = a \delta_{11} 1 = 0,2 . (0) . 1 = 0$$

$$\Delta v_{02} = a \delta_{21} 1 = 0,2 . (0) . 1 = 0$$

$$\Delta v_{03} = a \delta_{31} 1 = 0,2 . (0) . 1 = 0$$

$$\Delta v_{04} = a \delta_{41} 1 = 0,2 . (0) . 1 = 0$$

$$\Delta v_{05} = a \delta_{51} 1 = 0,2 . (0) . 1 = 0$$

$$\Delta v_{11} = a \delta_{11} x_1 = 0,2 . (0) . 28 = 0$$

$$\Delta v_{12} = a \delta_{21} x_1 = 0,2 . (0) . 28 = 0$$

$$\Delta v_{13} = a \delta_{31} x_1 = 0,2 . (0) . 28 = 0$$

$$\Delta v_{14} = a \delta_{41} x_1 = 0,2 . (0) . 28 = 0$$

$$\Delta v_{15} = a \delta_{51} x_1 = 0,2 . (0) . 28 = 0$$

$$\Delta v_{21} = a \delta_{11} x_2 = 0,2 . (0) . 220 = 0$$

$$\Delta v_{22} = a \delta_{21} x_2 = 0,2 \cdot (0) \cdot 220 = 0$$

$$\Delta v_{23} = a \delta_{31} x_2 = 0,2 \cdot (0) \cdot 220 = 0$$

$$\Delta v_{24} = a \delta_{41} x_2 = 0,2 \cdot (0) \cdot 220 = 0$$

$$\Delta v_{25} = a \delta_{51} x_2 = 0,2 \cdot (0) \cdot 220 = 0$$

$$\Delta v_{31} = a \delta_{11} x_3 = 0,2 \cdot (0) \cdot 36 = 0$$

$$\Delta v_{32} = a \delta_{21} x_3 = 0,2 \cdot (0) \cdot 36 = 0$$

$$\Delta v_{33} = a \delta_{31} x_3 = 0,2 \cdot (0) \cdot 36 = 0$$

$$\Delta v_{34} = a \delta_{41} x_3 = 0,2 \cdot (0) \cdot 36 = 0$$

$$\Delta v_{35} = a \delta_{51} x_3 = 0,2 \cdot (0) \cdot 36 = 0$$

Langkah 8

Fase perubahan bobot menuju keluaran

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta_{w_{kj}} \quad (5.9)$$

$$w_1(\text{baru}) = w_1(\text{lama}) + \Delta_{w_1} = 0.1 + 2.626 = 2,726$$

$$w_{11}(\text{baru}) = w_{11}(\text{lama}) + \Delta_{w_{11}} = 0.5 + 2.626 = 3,126$$

$$w_{21}(\text{baru}) = w_{21}(\text{lama}) + \Delta_{w_{21}} = -0.1 + 2.626 = 2,625$$

$$w_{31}(\text{baru}) = w_{31}(\text{lama}) + \Delta_{w_{31}} = 0.3 + 2.626 = 2,926$$

$$w_{41}(\text{baru}) = w_{41}(\text{lama}) + \Delta_{w_{41}} = -0.4 + 2.626 = 2,226$$

$$w_{51}(\text{baru}) = w_{51}(\text{lama}) + \Delta_{w_{51}} = 0.2 + 2.626 = 2,826$$

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta_{v_{ji}} \quad (5.10)$$

$$v_{01}(\text{baru}) = v_{01}(\text{lama}) + \Delta_{v_{01}} = -0.1 + 0 = -0.1$$

$$v_{02}(\text{baru}) = v_{02}(\text{lama}) + \Delta_{v_{02}} = -0.3 + 0 = -0.3$$

$$v_{03}(\text{baru}) = v_{03}(\text{lama}) + \Delta_{v_{03}} = 0.2 + 0 = 0.2$$

$$v_{04}(\text{baru}) = v_{04}(\text{lama}) + \Delta_{v_{04}} = -0.4 + 0 = -0.4$$

$$v_{05}(\text{baru}) = v_{05}(\text{lama}) + \Delta_{v_{05}} = 0.3 + 0 = 0.3$$

$$v_{11}(\text{baru}) = v_{11}(\text{lama}) + \Delta_{v_{11}} = 0.3 + 0 = 0.3$$

$$v_{12}(\text{baru}) = v_{12}(\text{lama}) + \Delta_{v_{12}} = 0.2 + 0 = -0.2$$

$$v_{13}(\text{baru}) = v_{13}(\text{lama}) + \Delta_{v_{13}} = 0.1 + 0 = -0.1$$

$$v_{14}(\text{baru}) = v_{14}(\text{lama}) + \Delta_{v_{14}} = 0.4 + 0 = 0.4$$

$$v_{15}(\text{baru}) = v_{15}(\text{lama}) + \Delta_{v_{15}} = -0.2 + 0 = -0.2$$

$$v_{21}(\text{baru}) = v_{21}(\text{lama}) + \Delta_{v_{21}} = 0.2 + 0 = 0.2$$

$$v_{22}(\text{baru}) = v_{22}(\text{lama}) + \Delta_{v_{22}} = 0.1 + 0 = 0.1$$

$$v_{23}(\text{baru}) = v_{23}(\text{lama}) + \Delta_{v_{23}} = 0.3 + 0 = 0.3$$

$$v_{24}(\text{baru}) = v_{24}(\text{lama}) + \Delta_{v_{24}} = 0.3 + 0 = 0.3$$

$$v_{25}(\text{baru}) = v_{25}(\text{lama}) + \Delta_{v_{25}} = 0.4 + 0 = 0.4$$

$$v_{31}(\text{baru}) = v_{31}(\text{lama}) + \Delta_{v_{31}} = -0.4 + 0 = -0.4$$

$$v_{32}(\text{baru}) = v_{32}(\text{lama}) + \Delta_{v_{32}} = -0.2 + 0 = -0.2$$

$$v_{33}(\text{baru}) = v_{33}(\text{lama}) + \Delta_{v_{33}} = -0.1 + 0 = -0.1$$

$$v_{34}(\text{baru}) = v_{34}(\text{lama}) + \Delta_{v_{34}} = -0.3 + 0 = -0.3$$

$$v_{35}(\text{baru}) = v_{35}(\text{lama}) + \Delta_{v_{35}} = 0.2 + 0 = 0.2$$

Langkah 9

Pada saat melakukan proses pengujian data, data yang akan digunakan merupakan salah satu data yang ada pada LAMPIRAN A sebagai berikut:

$$X1 = 25 \quad X2 = 543 \quad X3 = 1278$$

Penjumlahan masing-masing Neuron pada lapisan pertama

$$\begin{aligned} N1_{\text{layer1}} &= (X1 \times v_{11}) + (X2 \times v_{21}) + (X3 \times v_{31}) + v_{01} \\ &= (25 \times 0,3) + (543 \times 0,2) + (1278 \times (-0,4)) + -0,1 \\ &= -395,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N2_{\text{layer1}} &= (X1 \times v_{12}) + (X2 \times v_{22}) + (X3 \times v_{32}) + v_{02} \\ &= (25 \times (-0,2)) + (543 \times 0,1) + (1278 \times -0,2) + -0,3 \\ &= -206,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N3_{\text{layer1}} &= (X1 \times v_{13}) + (X2 \times v_{23}) + (X3 \times v_{33}) + v_{03} \\ &= (25 \times -0,1) + (543 \times 0,3) + (1278 \times -0,1) + 0,2 \\ &= 32,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N4_{\text{layer1}} &= (X1 \times v_{14}) + (X2 \times v_{24}) + (X3 \times v_{34}) + v_{04} \\ &= (25 \times 0,4) + (543 \times 0,3) + (1278 \times -0,3) + -0,4 \\ &= -210,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N5_{\text{layer1}} &= (X1 \times v_{15}) + (X2 \times v_{25}) + (X3 \times v_{35}) + v_{05} \\ &= (25 \times -0,2) + (543 \times 0,4) + (1278 \times 0,2) + 0,3 \\ &= 468,1 \end{aligned}$$

Menghitung nilai aktivasi dari masing-masing *Neuron* pada lapisan pertama

$$N1_{layer1} = \frac{1}{1+e^{395,2}} = 4,297$$

$$N2_{layer1} = \frac{1}{1+e^{206,6}} = 5,311$$

$$N3_{layer1} = \frac{1}{1+e^{-32,8}} = 1$$

$$N4_{layer1} = \frac{1}{1+e^{210,9}} = 3,914$$

$$N5_{layer1} = \frac{1}{1+e^{-468,1}} = 1$$

Penghitungan seluruh *Neuron* pada pada lapisan kedua

$$\begin{aligned} N1_{layer2} &= (N1_{layer1} \times w_{11}) + (N2_{layer1} \times w_{21}) + (N3_{layer1} \times w_{31}) + \\ &\quad (N4_{layer1} \times w_{41}) + (N5_{layer1} \times w_{51}) + w_{10} \\ &= (4,297 \times 3,126) + (5,311 \times 2,625) + (1 \times 2,926) + (3,914 \times 2,226) + (1 \times \\ &\quad 2.826) + 2,726 \\ &= 44.564 \end{aligned}$$

Nilai aktivasi *neuron* pada lapisan kedua

$$a = \begin{cases} 0, & n < 0 \\ 1, & n \geq 0 \end{cases}$$

$N1_{Layer2} = 1 =$ Basah dan Terang

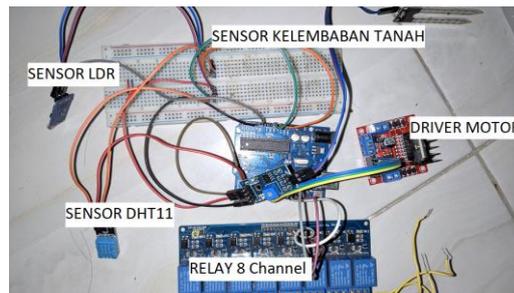
Dari hasil contoh perhitungan tersebut menunjukkan hasil nilai yang sesuai dengan klasifikasi “Basah dan Terang”. Hasil dari perhitungan manual tersebut sesuai dengan hasil dari data yang sebenarnya.

5.2 Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi sistem ini akan menjelaskan mengenai bagaimana proses implementasi dari sistem ini berdasarkan perancangan-perancangan yang dilakukan sebelumnya. Pada tahap implementasi sistem ini akan menjelaskan secara detail terkait dengan proses bagaimana implementasi dari perangkat keras dan juga implementasi perangkat lunak pada sistem ini.

5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

Dalam penerapan perangkat keras dari pot cerdas ini menggunakan kerangka dari bahan akrilik bening dengan ketebalan bahan 1mm. proses penerapan perangkat keras di dalamnya mencakup beberapa komponen elektronik seperti Arduino UNO, sensor LDR, sensor suhu ruangan, dan sensor kelembapan tanah yang ditancapkan pada media tanam di dalam pot. Selain beberapa sensor tersebut, terdapat juga lampu LED, kipas DC, dan juga pompa air. Seluruh alat elektronik tersebut disambungkan ke 2 adaptor DC 12v sebagai sumber tenaganya. Beberapa komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi 1 bagian dengan menggunakan *bread board* yang di hubungkan sesuai dengan gambar 5.5.



Gambar 5. 8 Implementasi Rangkaian dan sensor pada alat

5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada tahap ini akan menjelaskan mengenai bagaimana implementasi dari perangkat lunak yang telah diprogram sesuai dengan tujuan dari sistem ini. dalam melakukan proses implementasi perangkat lunak ini dibutuhkan 2 perangkat lunak yaitu Matlab yang mempunyai fungsi untuk melakukan simulasi data latih dan juga Arduino IDE yang digunakan untuk membuat kode program yang akan digunakan pada Arduino UNO.

5.2.2.1 Implementasi Perangkat Lunak untuk Pelatihan Data

Tabel 5. 8 Kode Program Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan

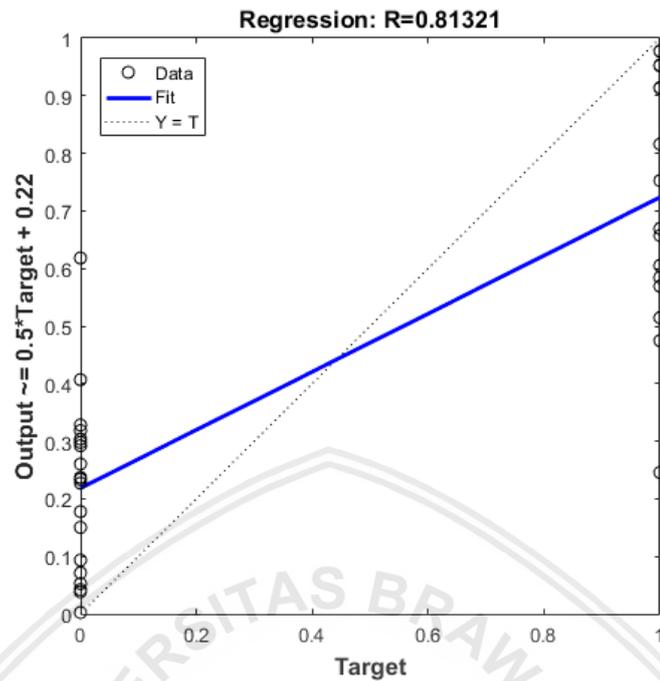
Kode Program	
1	<code>net=newff(minmax(data_latih),[5,1],{'logsig','logsig'},'trainlm');</code>
2	<code>net.performFcn = 'mse';</code>
3	<code>net.trainParam.goal = 0.01;</code>
4	<code>net.trainParam.show = 25;</code>
5	<code>net.trainParam.epochs = 10000;</code>
6	<code>tic;</code>
7	<code>[net_keluaran,tr,Y,E] = train(net,data_latih,target_latih);</code>
8	<code>waktu_training = toc;</code>
9	<code>bobot_hidden = net_keluaran.IW{1,1};</code>
10	<code>bobot_keluaran = net_keluaran.LW{2,1};</code>
11	<code>bias_hidden = net_keluaran.b{1,1};</code>
12	<code>bias_keluaran = net_keluaran.b{2,1};</code>
13	<code>jumlah_iterasi = tr.num_epochs;</code>
14	<code>nilai_keluaran = Y;</code>
15	<code>nilai_error = E;</code>
16	<code>error_MSE = (1/40)*sum(nilai_error.^2);</code>
17	<code>hasil_latih = sim(net_keluaran,data_latih);</code>
18	<code>figure,plotregression(target_latih,hasil_latih,'Regression')</code>
19	<code>figure, plotperform(tr)</code>

Tabel 5.8 diatas adalah sebuah kode program jaringan saraf tiruan yang dijalankan pada perangkat laptop dengan bantuan perangkat lunak Matlab. Program tersebut berfungsi sebagai pelatihan data latih untuk program jaringan

saraf tiruan. Hal ini diperlukan agar nilai dari masing-masing bobot dapat diketahui berdasarkan dari data latih yang telah dikumpulkan.

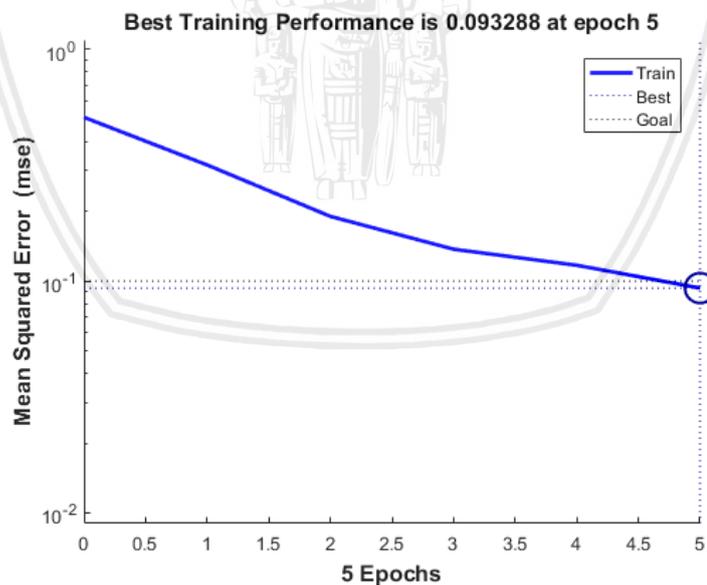
Pada baris ke-1 dari program tersebut berfungsi untuk membuat struktur Jaringan Saraf Tiruan *feed-forward Backpropagation* dengan nilai minimal dan maximal yang digunakan sebagai nilai input dari elemen matriks pada pembacaan data latih dan data target yang telah dimasukkan ke dalam *form* program matlab, berdasarkan kode program tersebut struktur jaringan saraf tiruan memiliki 5 buah unit pada lapisan tersembunyi dan 1 buah unit pada lapisan keluaran. Selanjutnya fungsi pengolahan nilai keluaran yang digunakan yaitu fungsi aktivasi *log-sigmoid* pada *hidden layer* dan *output layer*, lalu untuk algoritma dari pelatihan datanya menggunakan model *trainlm*. Pada baris ke-2 kode program berfungsi untuk membuat wadah yang fungsinya digunakan sebagai penyimpan nilai dari MSE(*mean square error*). Pada baris ke-3 sampai dengan baris ke-5 pada kode program berfungsi untuk memberi masukan pada nilai *learning rate* serta mengatur dan menampilkan nilai dari *epoch*. Pada baris ke-6 sampai dengan baris ke-8 pada kode program adalah kode yang berfungsi untuk memulai perhitungan waktu dari proses *training* dari data latih. Proses *training* jaringan saraf tiruan ini menggunakan data latih dan data target yang nantinya hasil yang diperoleh dari proses tersebut akan disimpan pada *form* Y dan *form* E. sedangkan untuk fungsi *toc* adalah kode yang digunakan untuk menghentikan proses perhitungan waktu pelatihan saat proses *training*. Pada kode program baris ke-9 sampai dengan ke-16 berfungsi untuk menampilkan hasil dari proses *training* seperti nilai bobot *hidden*, nilai bobot keluaran, nilai bias *hidden*, nilai bias keluaran, jumlah iterasi yang sudah dilakukan, nilai hasil keluaran, nilai *error*, dan nilai *error* rata-rata atau MSE(*mean square error*). Pada kode program baris ke-17 berfungsi untuk melakukan proses simulasi berdasarkan hasil dari nilai yang dihasilkan pada saat proses pelatihan data dan juga dari data asli. Pada kode program baris ke-18 berfungsi untuk menampilkan plot grafik nilai regresi dari target dan pelatihan data. Pada kode program baris ke-19 digunakan untuk menampilkan plot grafik *performance* dari pelatihan data yang telah dijalankan pada perangkat lunak Matlab.

Setelah algoritma dari *backpropagation* diterapkan pada perangkat lunak Matlab, program masih memerlukan penyesuaian dari nilai *epoch* dan *learning rate* agar dapat mencapai tingkat akurasi yang maksimal. Dalam hal ini, penulis melakukan percobaan dari data latih menggunakan 5 buah unit pada lapisan tersembunyi dengan nilai *epoch* mulai dari 1000 sampai dengan 100000 dan juga nilai *learning rate* dari 0.1 sampai dengan 0.001. setelah percobaan dengan beberapa perubahan nilai *epoch* dan tingkat *learning rate* tersebut dilakukan, akan menghasilkan kombinasi dari nilai *epoch* dan tingkat *learning rate* yang mempunyai jumlah kesalahan terkecil yang didapat selama proses pelatihan data dilakukan. Hasil dari percobaan yang dijalankan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab tersebut dapat dilihat pada gambar (5.7) berikut.



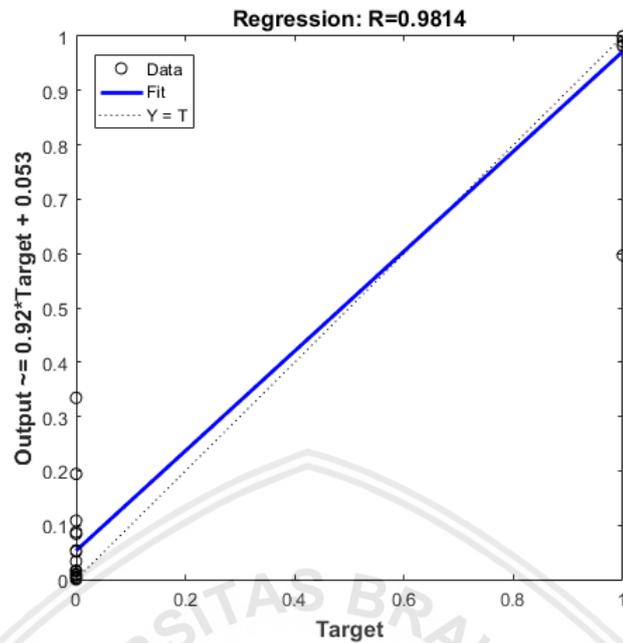
Gambar 5. 9 Nilai Regresi dari *epoch* 1000 dan *learning Rate* 0.1

Pada gambar 5.7 menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi dari Plot Regresi yang diperoleh setelah melakukan pelatihan data adalah sebesar 0,81321.



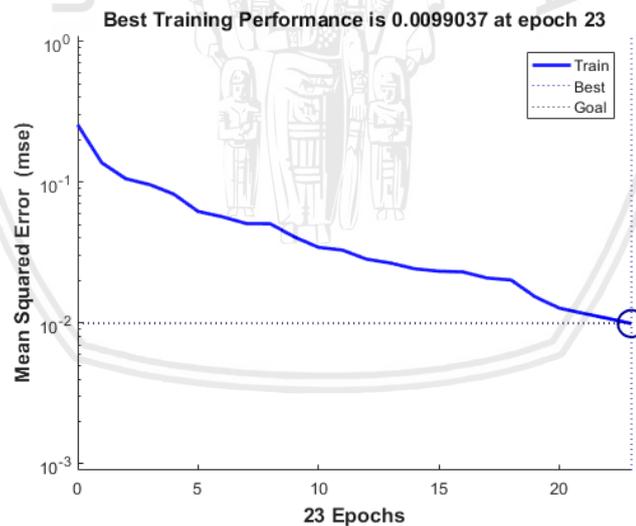
Gambar 5. 10 Nilai Performa dari *epoch* 1000 dan *learning rate* 0.1

Pada gambar 5.8 menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari *error goal* (MSE) yang didapat berdasarkan hasil dari proses pelatihan data adalah sebesar 0,093288 yang diperoleh pada *epoch* ke-5.



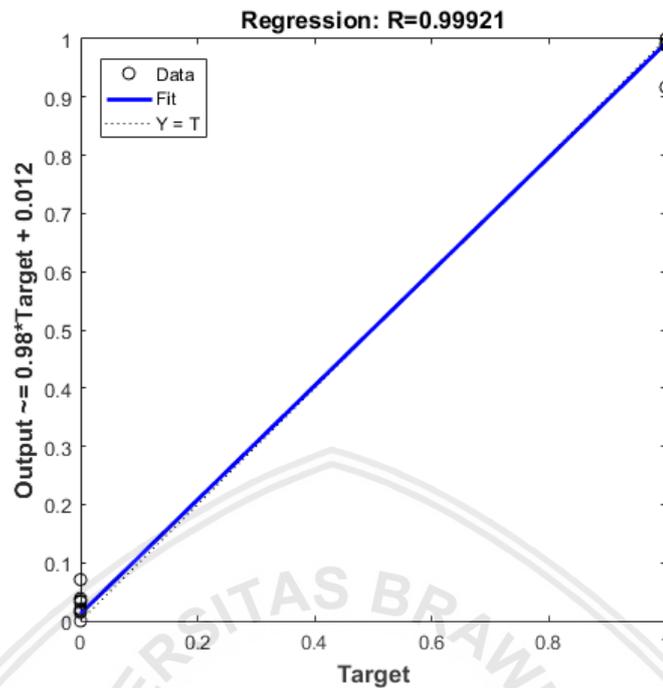
Gambar 5. 11 Nilai Regresi dari *epoch* 10000 dan *learning rate* 0.01

Pada gambar 5.9 menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi dari Plot Regresi yang diperoleh setelah melakukan pelatihan data adalah sebesar 0,9814.



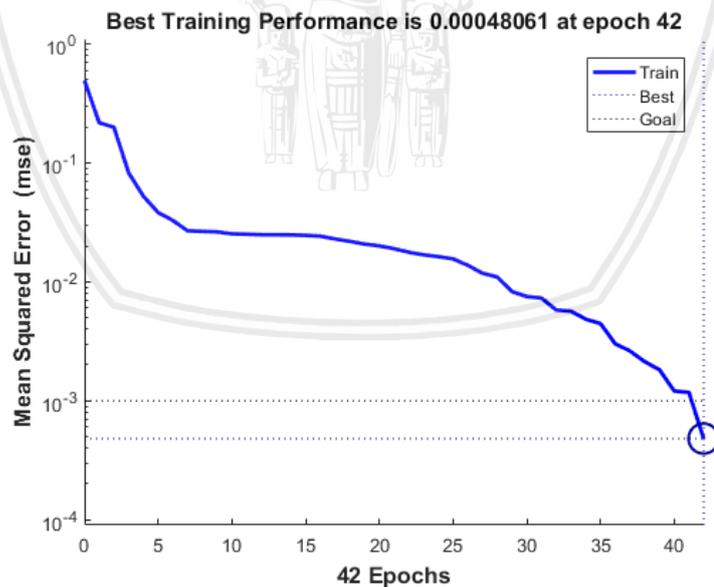
Gambar 5. 12 Nilai Performa dari *epoch* 10000 dan *learning rate* 0.01

Pada gambar 5.10 menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari *error goal* (MSE) yang didapat berdasarkan hasil dari proses pelatihan data adalah sebesar 0,0099037 yang diperoleh pada *epoch* ke-23.



Gambar 5. 13 Nilai Regresi dari *epoch 100000* dan *learning rate 0.001*

Pada gambar 5.11 menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi dari Plot Regresi yang diperoleh setelah melakukan pelatihan data adalah sebesar 0,99921.



Gambar 5. 14 Nilai Performa dari *epoch 100000* dan *learning rate 0.001*

Pada gambar 5.12 menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari *error goal* (MSE) yang didapat berdasarkan hasil dari proses pelatihan data adalah sebesar 0,00048061 yang diperoleh pada *epoch* ke-42.



Dari data yang ditunjukkan pada gambar diatas, maka dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai dari *error goal* (MSE) dan jumlah dari nilai koefisien korelasi regresi yang mendekati nilai 1. Dapat dikatakan bahwa hasil pelatihan dari data tersebut memiliki tingkat kesalahan yang kecil.

5.2.2.2 Implementasi Kode Program Pada Mikrokontroler Sistem

Pada subbab ini menjelaskan tentang program yang sepenuhnya dibuat menggunakan perangkat lunak arduino IDE 1.8.8 . pada baris awal program dilakukan perintah inisialisasi dari fungsi *library* yang berfungsi untuk menjalankan sensor tertentu dan program tertentu. *Library* "DHT.h" digunakan untuk menjalankan sensor suhu pada sistem ini sedangkan *library* "math.h" yang berfungsi untuk membantu mikrokontroler dalam melakukan program yang berupa perhitungan matematika dengan tingkatan yang lebih kompleks dibanding perhitungan pada umumnya.

Tabel 5. 9 Kode program inisialisasi dari *library*

Kode program	
1	#include <math.h>
2	#include "DHT.h"

5.2.2.2.1 Implementasi kode program pengambilan data sensor

Untuk mengimplementasikan program pada masing-masing sensor, perlu dilakukan inisialisasi dari variabel-variabel yang nantinya akan digunakan di dalam program. Selain itu, perlu dilakukan konfigurasi dari masing-masing pin sensor yang akan digunakan berdasarkan dari penjelasan pada subbab sebelumnya. Tabel berikut ini menunjukkan pada kode program baris ke 1 sampai dengan ke 2 merupakan inisialisasi *variable array* yang berfungsi sebagai wadah guna menyimpan hasil pembacaan dari sensor yang berupa nilai dan dimasukkan kedalam bentuk *array*. Sedangkan baris kode program ke 4 hingga ke 12 berfungsi untuk inisialisasi dari pin sensor, relay dan, driver motor. Selanjutnya baris ke 14 hingga 21 merupakan *variable* yang digunakan pada sensor LDR dan sensor kelembapan tanah. Sedangkan pada baris ke 23 berfungsi untuk mengaktifkan sensor suhu DHT11 berdasarkan tipe dan pin yang digunakan pada perangkat Arduino UNO.

Tabel 5. 10 Kode program untuk inisialisasi pin dan sensor

Kode Program	
1	float baca[3];
2	float masuk[3];
3	
4	#define DHTPIN 2
5	#define DHTTYPE DHT11
6	#define EnA 10
7	#define In1 9

```

8 #define In2 8
9 #define RELAY_ON 0
10 #define RELAY_OFF 1
11 #define RELAY_1 12
12 #define RELAY_2 13
13
14 int photocellPin0 = A0;
15 int photocellReading0;
16 float Res0 = 10;
17 float Vout0;
18 int lux0;
19
20 int sensorPin = A1; // pin sensor
21 int powerPin = 4; //sensor tanah
22
23 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

```

Program selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan pin masing-masing sensor yang digunakan dan juga aktuator yang berupa relay dan driver motor.

Tabel 5. 11 Kode program untuk mengaktifkan sensor dan aktuator

Kode Program	
1	void setup() {
2	//sensor tanah
3	pinMode(powerPin, OUTPUT);
4	digitalWrite(powerPin, LOW);
5	
6	//sensor suhu
7	dht.begin();
8	Serial.begin(9600);
9	
10	//fungsi relay
11	pinMode(RELAY_1, OUTPUT); // set pin sebagai output
12	pinMode(RELAY_2, OUTPUT);
13	digitalWrite(RELAY_1, RELAY_OFF); //inisialisasi awal sebagai
14	off agar saat reset kembali ke kondisi off
15	digitalWrite(RELAY_2, RELAY_OFF);
16	
17	//fungsi pwm
18	pinMode(EnA, OUTPUT);
19	pinMode(In1, OUTPUT);
20	pinMode(In2, OUTPUT);
	}

Untuk menjalankan sensor kelembapan tanah di aktifkan dengan menggunakan baris program `sensor_tanah`. Ketika program `sensor_tanah` berjalan, pin dari mikrokontroler akan memberi masukan HIGH yang akan mengirim sinyal ke sensor. Lalu sensor akan melakukan pembacaan melalui pin analog dan dikirimkan ke mikrokontroler. Selanjutnya pin digital dari mikrokontroler akan mengirimkan masukan LOW yang berfungsi untuk menghentikan sensor untuk melakukan pembacaan.

Tabel 5. 12 Kode program untuk sensor kelembapan tanah

Kode Program	
1	<code>int sensor_tanah(){</code>
2	<code> // sensor tanah</code>
3	<code> digitalWrite(powerPin, HIGH);</code>
4	<code> delay(500);</code>
5	<code> // baca nilai analog dari sensor</code>
6	<code> float nilaiSensor = analogRead(sensorPin);</code>
7	<code> digitalWrite(powerPin, LOW);</code>
8	<code> // makin lembab maka makin tinggi nilai outputnya</code>
9	<code> return 1023 - nilaiSensor;</code>
10	<code>}</code>

Selanjutnya adalah baris program yang akan berjalan terus menerus. Pada baris ke 3 sampai dengan ke 9 adalah program yang berfungsi untuk mengaktifkan fungsi dari sensor LDR yang hasil dari pembacaan sensornya telah dikonversi dari berupa nilai resistansi menjadi nilai dengan satuan lux. Lalu pada baris ke 12 berfungsi untuk menyimpan nilai dari sensor suhu DHT11 ke *variable* "t". pada baris ke 14 hingga 41 merupakan program untuk menentukan apakah terdapat masukan dari *serial monitor* atau tidak. Ketika program mendeteksi terdapat masukan dari serial monitor maka program akan menyimpan nilai dari masing masing sensor pada *array* masuk.

Tabel 5. 13 Bagian program yang akan berjalan terus

Kode Program	
1	<code>void loop() {</code>
2	<code> //sensor cahaya</code>
3	<code> photocellReading0 = (1023 - analogRead(photocellPin0));</code>
4	<code> Vout0 = photocellReading0 * 0.0048828125;</code>
5	<code> lux0 = (500 / (Res0 * ((5 - Vout0) / Vout0)) - 35);</code>
6	<code> if (lux0<0){</code>
7	<code> lux0 = 1;</code>
8	<code> }</code>
9	<code> float lux = lux0;</code>
10	
11	<code> //sensor suhu</code>

```

12 float t = dht.readTemperature();
13
14 //loop masukan dari serial monitor
15 if (Serial.available()>0)
16 {
17     mode = Serial.read();
18     Serial.println(mode);
19     if (mode == 'g') {
20         aktif = true;
21         kondisi = 0;
22     }
23
24 }
25 else if (mode =='s'){
26     aktif = false;
27     kondisi = 1;
28 }
29 if (aktif){
30     //memasukan nilai sensor ke dalam array
31     fungsi_jst(baca);
32     masuk [0] = baca [0];
33     masuk [1] = baca [1];
34     masuk [2] = baca [2];
35     aktif = false;
36 }
37 else {
38     Serial.println("masukan perintah.....");
39     delay(3000);
40 }
41 }

```

5.2.2.2.2 Implementasi Kode Program Jaringan Saraf Tiruan

Berikut ini adalah kode program dari jaringan saraf tiruan yang akan di implementasikan pada perangkat Arduino UNO. Kode program ini berfungsi sebagai pengolah data dan melakukan klasifikasi hasil keluaran dari keseluruhan data.

Tabel 5. 14 Inisialisasi bobot jaringan saraf tiruan

Kode Program	
1	//bobot untuk jst
2	//bobot hidden
3	float w11 = -2.99745087423410;

```

4 float w12 = -2.82261670402295;
5 float w13 = -6.85693327444766;
6 float w14 = -4.69185910172916;
7 float w15 = -7.90791386170455;
8 float w21 = 3.53641754258689;
9 float w22 = 11.1528763423730;
10 float w23 = 4.83646395108299;
11 float w24 = -0.859194435245079;
12 float w25 = -5.74225258748678;
13 float w31 = -11.4273015720844;
14 float w32 = -3.09366815273683;
15 float w33 = 20.0337422339383;
16 float w34 = -8.49975282398379;
17 float w35 = -0.715670230337097;
18 // bias hidden
19 float wb1 = 2.96861005332059;
20 float wb2 = 0.576044747557423;
21 float wb3 = -2.26678744779539;
22 float wb4 = 0.209835483318878;
23 float wb5 = 8.77199837800040;
24 // bobot keluaran
25 float wN1 = -7.79215456862332;
26 float wN2 = -2.94740141341887;
27 float wN3 = 16.1157208895182;
28 float wN4 = -1.38953979252101;
29 float wN5 = 1.21227314258372;
30 //bias keluaran
31 float wbn1 = -1.84535706720422;

```

Tabel diatas merupakan inisialisasi dari *variable* dan tipe data yang berisi nilai bobot. Nilai bobot tersebut didapat dari hasil pelatihan data yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab dengan program yang telah dijelaskan di subbab sebelumnya. Variable-variabel tersebut akan digunakan untuk membuat program jaringan saraf tiruan pada Arduino UNO.

Tabel 5. 15 Kode program untuk fungsi log-sigmoid

Kode Program	
1	//fungsi logsigmoid
2	float sigmoid (float x){
3	return 1/(1+exp(-x));
4	}

Tabel diatas merupakan baris program untuk melakukan perhitungan fungsi log-sigmoid.



Tabel 5. 16 Baris program perhitungan pada layer 1

Kode Program	
1	float N1layer1 = (arraybaca[0] * w11) + (arraybaca[1] * w21) + (arraybaca[2] * w31) + wb1 ;
2	
3	float N2layer1 = (arraybaca[0] * w12) + (arraybaca[1] * w22) + (arraybaca[2] * w32) + wb2 ;
4	
5	float N3layer1 = (arraybaca[0] * w13) + (arraybaca[1] * w23) + (arraybaca[2] * w33) + wb3 ;
6	
7	float N4layer1 = (arraybaca[0] * w14) + (arraybaca[1] * w24) + (arraybaca[2] * w34) + wb4 ;
8	
	float N5layer1 = (arraybaca[0] * w15) + (arraybaca[1] * w25) + (arraybaca[2] * w35) + wb5 ;

Baris dari kode program diatas merupakan proses pertama pada perhitungan jaringan saraf tiruan. Baris program tersebut berfungsi untuk menjumlahkan nilai dari sensor dan bobot pada neuron di layer 1.

Tabel 5. 17 Baris program perhitungan fungsi logsigmoid pada layer 1

Kode Program	
1	N1layer1 = sigmoid(N1layer1);
2	N2layer1 = sigmoid(N2layer1);
3	N3layer1 = sigmoid(N3layer1);
4	N4layer1 = sigmoid(N4layer1);
5	N5layer1 = sigmoid(N5layer1);

Selanjutnya adalah baris program yang berfungsi untuk menjalankan fungsi log-sigmoid dari nilai yang dihasilkan pada layer 1.

Tabel 5. 18 Baris program perhitungan pada layer 2

Kode Program	
1	float N1layer2 = (N1layer1 * wN1) + (N2layer1 * wN2) + (N3layer1 * wN3) + (N4layer1 * wN4) + (N5layer1 * wN5) + wbN1 ;
2	
3	Serial.print(N1layer2);
	Serial.print(" ");

Setelah proses perhitungan menggunakan fungsi log-sigmoid, Hasil dari perhitungan tersebut lalu di jumlah dengan nilai bobot yang ada pada layer 2.

Tabel 5. 19 Baris program fungsi hardlimit

Kode Program	
1	if (N1layer2 > 0) {
2	N1layer2 = 1;
3	Serial.print (N1layer2);
4	Serial.print (" ");
5	Serial.print ("Basah atau Cerah");
6	Serial.print (" ");
7	}



```

8   else if (N1layer2 < 0) {
9       N1layer2 = 0;
10      Serial.print (N1layer2);
11      Serial.print (" |");
12      Serial.print ("Kering atau Gelap");
13      Serial.print ("|");
14  }

```

Baris program terakhir adalah fungsi *hardlimit*. Fungsi *hardlimit* ini menentukan hasil akhir dari program Jaringan saraf tiruan. Ketika nilai akhir dari program jaringan saraf tiruan ini lebih dari 1 maka akan masuk kategori “Basah atau Cerah”, sedangkan jika nilainya kurang dari 1 maka akan masuk kategori “Kering atau Gelap”.

5.2.2.3 Implementasi Kode Program Aktuator

Pada sistem ini terdapat 3 aktuator yang di atur oleh relay 2 *channel* dan juga driver motor untuk menjalankannya. Ke 3 aktuator ini akan aktif ketika nilai dari *hardlimit* berada pada kategori “Kering atau Gelap”. Sedangkan ketika *hardlimit* berada pada kategori “Basah dan Terang”, maka ke 3 aktuator ini akan berada pada kondisi tidak aktif dan redup.

Tabel 5. 20 Kode program fungsi *hardlimit* dan kondisi aktuator

Kode Program	
1	//fungsi <i>hardlimit</i>
2	if (N1layer2 > 0) {
3	N1layer2 = 1;
4	Serial.print (N1layer2);
5	Serial.print (" ");
6	Serial.print ("Basah atau Cerah");
7	Serial.print (" ");
8	}
9	else if (N1layer2 < 0) {
10	N1layer2 = 0;
11	Serial.print (N1layer2);
12	Serial.print (" ");
13	Serial.print ("Kering atau Gelap");
14	Serial.print (" ");
15	}
16	
17	if (N1layer2 == 1){
18	LampuRedup();
19	RelayMati();
20	}

21	else if (N1layer2 == 0){
22	LampuTerang();
23	RelayAktif();
24	}
25	}

Berikut merupakan fungsi dari program driver motor yang berfungsi untuk menyalakan lampu dengan kondisi kecerahan penuh atau pada baris program bernilai 255.

Tabel 5. 21 Baris program untuk menyalakan lampu dengan terang

Kode Program	
1	void LampuTerang(){
2	digitalWrite(In1, HIGH);
3	digitalWrite(In2, LOW);
4	digitalWrite(EnA, 255);
5	}

Selanjutnya adalah fungsi dari program driver motor lainnya. Pada fungsi ini berguna untuk menyalakan lampu dengan kondisi kecerahan yang redup atau pada baris program bernilai 125.

Tabel 5. 22 Baris program untuk menyalakan lampu dengan redup

Kode Program	
1	void LampuRedup(){
2	digitalWrite(In1, HIGH);
3	digitalWrite(In2, LOW);
4	digitalWrite(EnA, 125);
5	}

Lalu selanjutnya adalah program untuk mengaktifkan relay 2 channel. Pada relay 2 channel ini memiliki 2 program dengan fungsi yang terpisah yaitu fungsi RelayAktif dan RelayMati.pada program RelayAktif relay akan menyalakan channel RELAY_1 dan RELAY_2 dimana pada RELAY_2 akan aktif selama 3 detik . sedangkan pada RelayMati hanya berfungsi untuk mematikan channel RELAY_1. Hal ini diperlukan karena fungsi program RelayMati hanya akan aktif saat kondisi dari nilai hardlimit “Kering atau Gelap”.

Tabel 5. 23 Kode program pada relay

Kode Program	
1	void RelayAktif(){
2	digitalWrite(RELAY_1,RELAY_ON);
3	digitalWrite(RELAY_2,RELAY_ON);
4	delay(3000);
5	digitalWrite(RELAY_2,RELAY_OFF);
6	}

```
7  
8 void RelayMati() {  
9     digitalWrite(RELAY_1,RELAY_OFF);  
10 }
```



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

6.1 Pengujian Sensor Suhu DHT11

Sensor suhu DHT11 adalah sebuah sensor fungsinya untuk membaca suhu dari lingkungan sekitar atau pada objek tertentu. Untuk pengujian sensor suhu DHT11 ini akan dilakukan perbandingan dengan hasil pembacaan suhu menggunakan thermometer digital.

6.1.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat pembacaan dari sensor suhu DHT11 saat melakukan pembacaan suhu di dalam ruangan. Hasil yang diperoleh dari pembacaan sensor tersebut lalu dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari pembacaan alat ukur. Dengan begitu akan diketahui selisih nilai pembacaan antara sensor suhu DHT11 dan alat ukur. Berdasarkan selisih nilai tersebut akan diketahui berapa besar nilai *error* dari sensor suhu DHT11 yang digunakan pada alat ini.

6.1.2 Prosedur Pengujian

Berikut merupakan langkah-langkah atau prosedur pengujian yang penulis lakukan dalam melakukan pengujian keakuratan pembacaan sensor suhu DHT11:

1. Menghubungkan mikrokontroler Arduino UNO dengan perangkat laptop.
2. Mengunggah kode program dari sensor suhu DHT11
3. Mengukur suhu ruangan menggunakan sensor suhu DHT11
4. Mengukur suhu ruangan menggunakan thermometer digital
5. Mengamati nilai hasil pembacaan oleh sensor suhu DHT11 dan thermometer digital
6. Melakukan perhitungan nilai selisih dari antara nilai hasil pembacaan sensor suhu DHT11 dan thermometer digital
7. Hasil selisih dari pembacaan sensor tersebut digunakan untuk menentukan persentase *error*.

Melakukan perhitungan dari persentase *error* pada saat pengujian menggunakan persamaan(6.1) berikut :

$$\text{Persentase error} = \left| \frac{HT-HS}{HT} \right| \times 100\% \quad (6.1)$$

Keterangan :

HT: Hasil pembacaan Thermometer digital

HS: Hasil Sensor

Menentukan rata-rata *error*(%) dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{jumlah hasil}}{\text{jumlah percobaan}} \quad (6.2)$$

6.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Pada tabel dibawah ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil dari pembacaan sensor DHT11 dan juga thermometer digital akan dibandingkan dan dihitung selisih nilainya guna mengetahui persentase error pembacaan sensor DHT11.

Tabel 6. 1 Hasil pengujian sensor DHT11

No	DHT11	Thermometer Digital	Error %
1	30	30	0
2	35	33	6,06
3	32	31	3,22
4	29	29	0
5	27	28	3,57
Rata-rata			2.57

Hasil dari rata-rata jumlah *error* setelah dilakukan pengujian berdasarkan dari Tabel 6.1 adalah sebesar 2.57%. Sehingga hasil pembacaan dari sensor DHT11 memiliki tingkat akurasi pembacaan yang cukup baik apabila dibandingkan dengan hasil pembacaan dari thermometer digital.

6.2 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah YL-69

Sensor kelembapan tanah YL-69 merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mengetahui tingkat kelembapan media tanam atau tanah pada pot. Pada proses pengujian alat ini, dilakukan dengan cara mengukur kelembapan media tanam didalam pot menggunakan Sensor kelembapan tanah YL-69 dan juga menggunakan alat ukur *hygrometer*.

6.2.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor kelembapan tanah YL-69 yang hasilnya berupa konversi dari nilai resistansi sensor dan hasil pembacaan *hygrometer* yang berupa skala. Untuk hasil dari pembacaan *hygrometer* yang berupa skala 1 sampai dengan 10 penulis akan melakukan pembagian kategori berdasarkan indicator pada *hygrometer*. Pada skala 1-3 pada *hygrometer* tertulis kering, lalu pada skala 4-7 pada *hygrometer* tertulis lembab dan, pada skala 8-10 pada *hygrometer* tertulis basah.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan penulis untuk menguji tingkat akurasi pembacaan nilai dari sensor kelembapan tanah YL-69:

1. Menghubungkan mikrokontroler Arduino UNO dengan perangkat laptop.
2. Mengunggah kode program dari sensor kelembapan tanah YL-69.

3. Mengukur nilai dari kelembapan tanah dengan sensor kelembapan tanah YL-69 pada media tanam di dalam pot
4. Mengukur nilai dari kelembapan tanah dengan *hygrometer* pada media tanam di dalam pot.
5. Mengamati hasil dari pembacaan sensor kelembapan tanah YL-69 dan juga *hygrometer*.
6. Melakukan penyesuaian pembacaan sensor kelembapan tanah YL-69 dan *hygrometer* yang berguna untuk mengetahui nilai error dari sensor kelembapan tanah dan *hygrometer*.
7. Hasil dari penyesuaian nilai pembacaan sensor kelembapan tanah YL-69 tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan *hygrometer* yang berupa skala dan kondisi.

6.2.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Tabel 6. 2 Hasil pengujian sensor kelembapan tanah

No	YL-69	Higrometer	Kondisi	Kondisi2
1	565	3	Lembab	Kering
2	388	4	Kering	Lembab
3	317	2	Kering	Kering
4	658	6	Lembab	Lembab
5	643	6	Lembab	Lembab
6	537	8	Lembab	Basah

Tabel diatas merupakan hasil yang didapat setelah pengujian yang dilakukan. Pengujian pembacaan sensor kelembapan tanah YL-69 dan *hygrometer* mengalami beberapa kesalahan. Namun perbedaan antara pembacaan sensor dan *hygrometer* tidak terlalu jauh. Hal ini dikarenakan pembacaan dari sensor yang berupa nilai sedangkan pembacaan dari *hygrometer* berupa skala dan indikator kondisi sehingga, hasil pembacaan dari *hygrometer* terkadang dirasa kurang akurat karena pergerakan indikator ketika dilakukan pengukuran kelembapan tanah.

6.3 Pengujian Sensor LDR

Sensor LDR adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur tingkat intensitas cahaya. Nilai yang dihasilkan sensor LDR berupa nilai resistansi, tetapi pada program ini nilai resistansi tersebut telah dikonversi sehingga menjadi satuan lumens. Pada pengujian sensor LDR ini dilakukan dengan cara mengukur tingkat intensitas cahaya pada beberapa tempat didalam ruangan dengan menggunakan sensor LDR dan juga luxmeter sebagai pembandingnya. Hal ini sesuai dengan fungsi dari pot cerdas sendiri yang akan digunakan didalam ruangan.

6.3.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat hasil pembacaan dari sensor LDR dalam melakukan pengukuran intensitas cahaya di dalam ruangan. Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai pembacaan yang dihasilkan oleh sensor LDR dan juga oleh luxmeter. Hal ini dilakukan untuk mengetahui selisih dari hasil pembacaan sensor LDR dan juga luxmeter. Selisih nilai tersebut akan digunakan untuk mencari nilai *error* dari sensor LDR.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian tingkat akurasi pembacaan sensor LDR:

1. Menghubungkan perangkat mikrokontroler Arduino UNO dengan perangkat laptop.
2. Mengunggah kode program dari sensor LDR.
3. Melakukan pengukuran intensitas cahaya menggunakan sensor LDR
4. Melakukan pengukuran intensitas cahaya menggunakan luxmeter.
5. Mengamati dan menganalisa hasil pembacaan intensitas cahaya dari sensor LDR dan juga dari luxmeter.
6. Melakukan perbandingan hasil yang diperoleh dari pembacaan intensitas cahaya dari sensor LDR dan juga dari luxmeter.
7. Menghitung selisih nilai dari hasil pembacaan oleh sensor dan luxmeter yang hasilnya akan digunakan untuk mengetahui persentase *error*.

Untuk mengetahui persentase *error* dari pengujian yang dilakukan menggunakan persamaan(6.1) berikut :

$$\text{Persentase error} = \left| \frac{HL-HS}{HL} \right| \times 100\% \quad (6.3)$$

Keterangan :

HL: Hasil pembacaan dari luxmeter

HS: Hasil pembacaan dari sensor

Untuk mendapatkan nilai selisih dari hasil pembacaan nilai sensor dan alat ukur dengan menggunakan persamaan(6.2) berikut :

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah hasil}}{\text{Banyak percobaan}} \quad (6.2)$$

6.3.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Berdasarkan hasil dari nilai rata-rata *error* pada tabel 6.3, maka dapat dikatakan bahwa tingkat akurasi dari pembacaan sensor LDR sebagai sensor intensitas cahaya cukup baik. Meskipun terdapat selisih yang cukup besar tetapi sensor tetap dapat membaca nilai intensitas cahaya dengan nilai yang tidak jauh dari pembacaan alat ukur.

Tabel 6. 3 Hasil pengujian sensor LDR

No	LDR	Luxmeter	Error %
1	64	53	20,75
2	52	59	11,86
3	115	124	7,25
4	1	3	66.6
5	597	673	11,29
6	169	208	18.75
7	1621	1676	3,28
8	5603	5670	1,18
Rata-rata			17.62

6.4 Pengujian Waktu Komputasi Pemrosesan Sistem

Pengujian waktu komputasi dari sistem ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana performa dari sistem yang telah dibuat. pengujian dari waktu komputasi sistem ini diperoleh dari seberapa cepat proses dari pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan struktur jaringan saraf tiruan yang telah dbuat oleh penulis dan telah diimplementasikan pada perangkat.

6.4.1 Durasi Pelatihan Data

Pada pengujian ini, penulis melakukan pengujian durasi komputasi yang dibutuhkan oleh sistem saat melakukan proses pelatihan menggunakan data latih yang telah dibuat. Pengujian dari proses pelatihan data ini dilakukan dengan melakukan simulasi pada perangkat lunak Matlab dengan menggunakan kode program matlab seperti pada tabel(5.8). Pada pengujian ini penulis melakukan perubahan nilai pada tingkat pembelajaran atau (*learning rate*) dan jumlah dari *epoch*. Tingkat pembelajaran yang akan digunakan pada saat pengujian yaitu 0,1, 0,01 dan, 0,001. Sedangkan jumlah *epoch* yang digunakan pada saat pengujian yaitu 1000, 10000 dan, 100000.

6.4.1.1 Tujuan Penelitian

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa lama proses pelatihan yang diperlukan oleh sistem yang telah dibuat. pada pelatihan ini penulis menggunakan perangkat lunak Matlab untuk melakukan simulasi dari jaringan saraf tiruan *backpropagation* yang pada sistem ini digunakan sebagai pengolah data.

6.4.1.2 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan pada saat pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menjalankan perangkat lunak Matlab pada perangkat laptop.
2. Menjalankan program pelatihan data yang telah dibuat

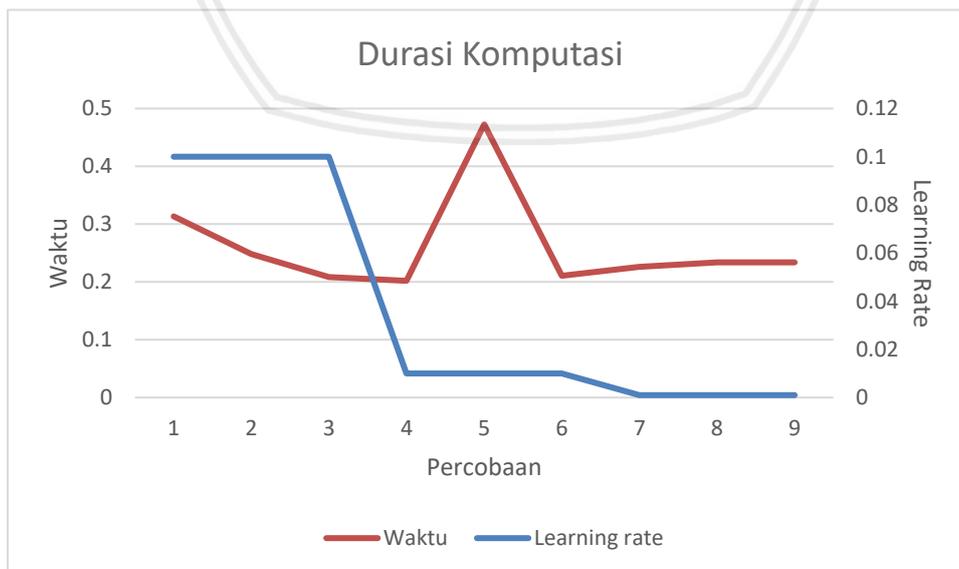
3. Mengubah jumlah nilai dari *learning rate* dan *epoch* sesuai dengan *learning rate* dan *epoch* yang diujikan.
4. Menyisipkan ke kode program awalan tic dan akhiran toc yang berfungsi untuk mendapatkan waktu yang digunakan dalam bentuk detik sebagai durasi komputasi dari program.
5. Menjalankan kode program pada tabel(5.8).
6. Mengamati selisih waktu yang didapat masing-masing nilai *learning rate* dan *epoch*.

6.4.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian

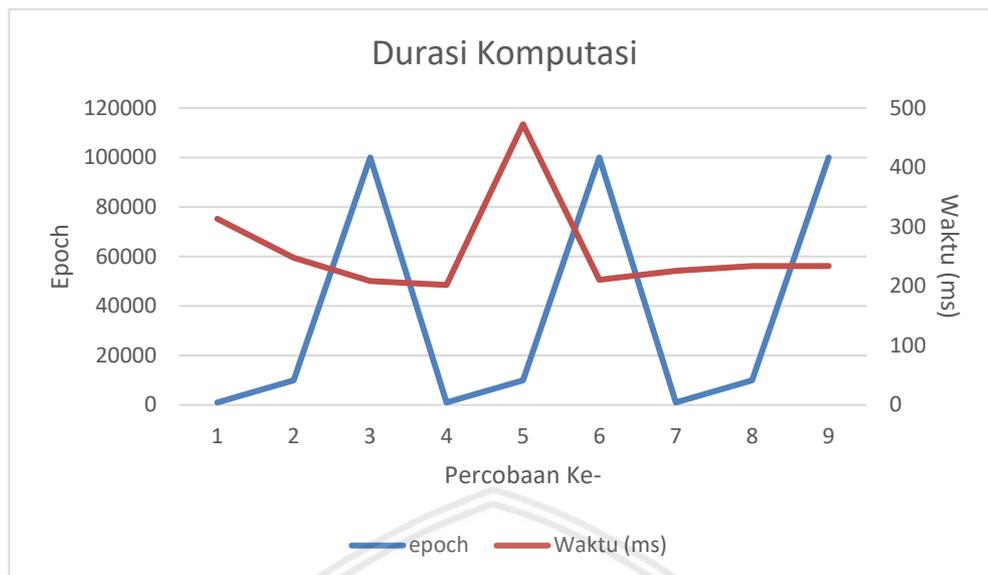
Pengujian lama waktu komputasi dari pelatihan data ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 6. 4 Hasil pengujian pada matlab

No	Learning rate	Epoch	Waktu(detik)
1	0,1	1000	0.3131809
2	0,1	10000	0.2479917
3	0,1	100000	0.2083824
4	0,01	1000	0.2019657
5	0,01	10000	0.4725556
6	0,01	100000	0.2105814
7	0,001	1000	0.2259415
8	0,001	10000	0.2339055
9	0,001	100000	0.2338448



Gambar 6. 1 Grafik Pengujian Learning Rate



Gambar 6. 2 Grafik Pengujian Epoch

Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 6.4 yang menghasilkan grafik pengujian *learning rate* terhadap waktu pada gambar 6.1 dan grafik pengujian *epoch* terhadap waktu pada gambar 6.2. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin kecil nilai *learning rate* tidak begitu berpengaruh besar terhadap durasi dari pelatihan data. Sedangkan untuk jumlah dari *epoch* yang digunakan pada saat pengujian ini tidak begitu berpengaruh banyak terhadap durasi dari pelatihan data.

6.4.2 Durasi Prediksi pada Arduino

Berikutnya adalah durasi prediksi dari program Jaringan Saraf Tiruan yang telah terpasang pada Arduino UNO.

6.4.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan pengolahan data pada sistem ini. pengolahan data pada sistem ini menggunakan metode klasifikasi jaringan saraf tiruan *backpropagation* yang pada saat melakukan pengujian ini telah terpasang pada perangkat Arduino UNO.

6.4.2.2 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian durasi pemrosesan data pada Arduino UNO ini adalah sebagai berikut :

1. Membuka perangkat lunak Arduino IDE.
2. Menggunakan kode program `millis()` pada awal dan akhir dari program jaringan saraf tiruan di Arduino yang berfungsi untuk menampilkan selisih waktu pada saat memulai program dengan menggunakan satuan waktu *millisecond*.

3. Menghubungkan perangkat mikrokontroler Arduino ke perangkat laptop.
4. Mengunggah kode program klasifikasi data ke mikrokontroler Arduino UNO.
5. Meletakkan sensor yang digunakan ke kerangka dan ke dalam media tanam di dalam pot.
6. Membuka menu serial monitor pada Arduino IDE
7. Menganalisa selisih waktu dari nilai yang ditampilkan pada *serial monitor*.

6.4.2.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Dari pengujian durasi komputasi yang telah dilakukan sebanyak 20 kali percobaan, maka dapat diperoleh hasil seperti pada tabel(6.5) berikut ini.

Tabel 6. 5 Hasil pengujian durasi komputasi

No	Pengujian	waktu komputasi(ms)
1	pengujian ke-1	546
2	pengujian ke-2	548
3	pengujian ke-3	548
4	pengujian ke-4	548
5	pengujian ke-5	547
6	pengujian ke-6	549
7	pengujian ke-7	547
8	pengujian ke-8	549
9	pengujian ke-9	549
10	pengujian ke-10	549
11	pengujian ke-11	549
12	pengujian ke-12	549
13	pengujian ke-13	548
14	pengujian ke-14	549
15	pengujian ke-15	547
16	pengujian ke-16	548
17	pengujian ke-17	549
18	pengujian ke-18	548
19	pengujian ke-19	549
20	pengujian ke-20	549
	rata-rata	548.25

Setelah melakukan 20 kali pengujian yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, waktu pemrosesan data dari sistem untuk melakukan komputasi dan melakukan klasifikasi adalah rata-rata sebesar 548,25 *millisecond* atau bila dijadikan satuan detik menjadi 0,548 detik. Berikut ini

merupakan tampilan *serial monitor* pada saat melakukan pengujian untuk durasi dari proses komputasi.

```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)
103
waktu aktif = 32988
Suhu = 32.00
Kelembaban Tanah = 18.00
Intensitas Cahaya =1.00
-4.79|0.00 |Kering atau Gelap|waktu : 33527
546
```

Gambar 6. 3 Tampilan dari serial monitor



BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, implementasi dan juga melakukan Analisa dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil pengujian Sensor suhu DHT11 memiliki tingkat kesalahan pada saat pembacaan suhu dengan rata-rata 2.57%.. Sehingga kinerja dari sensor suhu ini dapat dikatakan telah sesuai dengan fungsi dari sistem ini. Lalu hasil pengujian dari sensor kelembapan tanah YL-69 yang memiliki sejumlah kesalahan pada saat melakukan pembacaan kelembapan tanah yang hasilnya dibandingkan dengan pembacaan dari *hygrometer*. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan pada hasil pembacaan dari sensor dan dari *hygrometer*. Namun meski demikian, kinerja dari sensor kelembapan tanah ini telah sesuai dengan fungsi dari sistem ini. lalu hasil pengujian dari sensor LDR dalam melakukan pembacaan nilai intensitas cahaya didalam ruangan memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 17.62%. Sehingga dapat dikatakan hasil pembacaan sensor LDR memiliki tingkat akurasi yang mendekati atau hampir sama dengan hasil pembacaan yang dilakukan oleh Luxmeter.
2. Pada sistem pot cerdas untuk *urban farming* dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan, intensitas cahaya ini menggunakan algoritma Jaringan saraf tiruan *backpropagation feed-forward*. Dimana semua sensor dan aktuaternya dapat berfungsi sesuai dengan hasil dari proses klasifikasi yang dilakukan dengan menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation feed-forward* yang menghasilkan 2 klasifikasi kondisi yaitu basah atau cerah dan kering atau gelap.
3. Hasil kinerja dari sistem pot cerdas untuk *urban farming* dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah dan, intensitas cahaya dengan menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation feed-forward* ini memiliki rata-rata kecepatan pemrosesan data sebesar 0,548 detik yang didapat setelah melakukan pengujian sebanyak 20 kali.

7.2 Saran

Dari proses perancangan perangkat, implementasi dari alat, dan juga hasil yang diperoleh setelah melakukan pengujian. Masih ditemukan beberapa kekurangan yang ada pada sistem yang telah dibuat ini. Untuk itu, penulis memiliki beberapa saran yang dapat membantu untuk pengembangan sistem ini. beberapa saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Untuk proses pengolahan data dapat menggunakan metode klasifikasi jaringan saraf tiruan model lainnya seperti LVQ, SOM, *probabilistic* dan lain-lainnya. agar dapat dilakukan perbandingan dari hasil yang diperoleh,

menggunakan metode klasifikasi mana yang dapat menghasilkan hasil dengan tingkat akurasi yang paling tinggi.

2. Menambah jumlah data dari data latih dan juga jumlah lapisan tersembunyi dan *neuron* agar dapat menambah tingkat akurasi dari sistem.
3. Menggunakan beberapa kombinasi lain pada jumlah lapis tersembunyi yang digunakan dan juga jumlah unit tersembunyi yang ada pada lapis tersembunyi.
4. Menggunakan beberapa kombinasi dari sensor dan aktuator lain.
5. Menambahkan sistem pendeteksi jumlah air didalam wadah penyiraman.
6. Mengubah bentuk dari prototype menjadi lebih kecil.
7. Melakukan pengujian sistem dan melakukan perbandingan hasil tanaman yang berada di dalam pot cerdas dan tidak menggunakan pot cerdas.



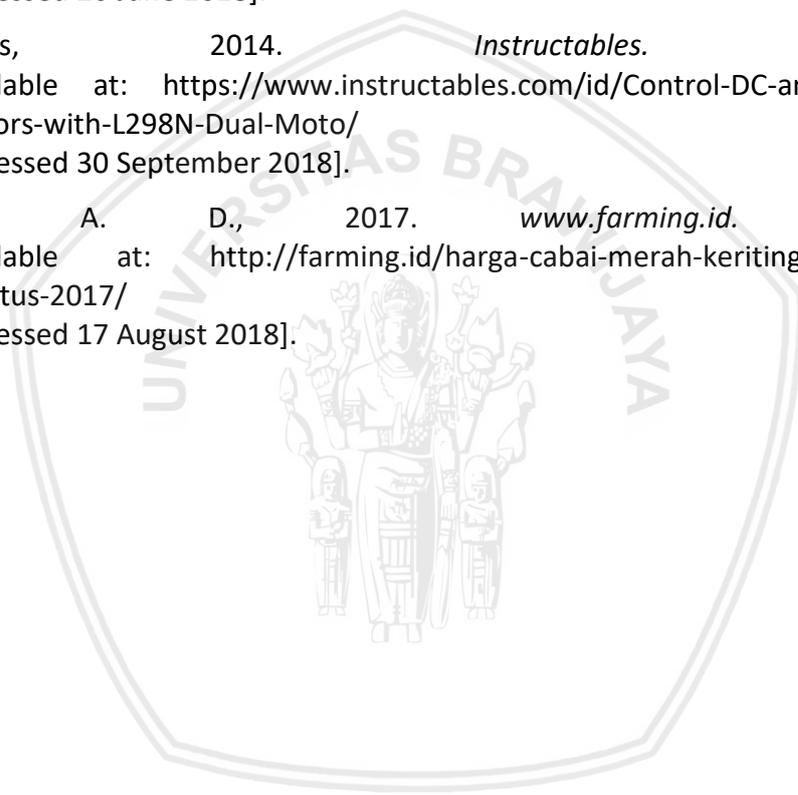
DAFTAR PUSTAKA

- Alif, S. M., 2017. *Kiat Sukses Budidaya Cabai Keriting*. Yogyakarta: Bio Genesis.
- Anon., 2015. *Amazon*. [Online]
Available at: <https://www.amazon.com/Digital-Temperature-Thermometer-Fridges-Freezers/dp/B00OLZ09YW>
[Accessed 4 December 2018].
- Anon., 2015. *Jakarta Notebook*. [Online]
Available at: <https://www.jakartanotebook.com/3in1-alat-pengukur-kelembaban-tanah-soil-moist-ph-detector-analyzer-green>
[Accessed 15 September 2018].
- Anon., 2015. *Sigma Instruments*. [Online]
Available at: <http://www.sigmainstruments.com/digital-lux-meter-sigma-autorange-p-14.html>
[Accessed 5 May 2019].
- Anon., 2017. *Potential Labs*. [Online]
Available at: <https://potentiallabs.com/cart/Buy-micro-dc-3-6v-submersible-pump-mini-water-pump-online-hyderabad-india>
[Accessed 25 December 2018].
- Arduino, 2018. *www.arduino.cc*. [Online]
Available at: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
[Accessed 25 June 2018].
- Atika Krisnawati, M. F. M. S. M., 2016. Model Pemberdayaan Masyarakat Melalui Konsep Pertanian Perkotaan (Urban Farming) Studi Pada Kelompok Tani Elok Mekar Sari Kelurahan Semolowaru Kota Surabaya. *MODEL PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI KONSEP PERTANIAN PERKOTAAN (URBAN FARMING)*.
- Bullard, L., 2017. *www.housemethod.com*. [Online]
Available at: <https://housemethod.com/rooms/5-plants-that-makean-indoor-vegetable-garden/>
[Accessed 25 February 2019].
- CodeChamp, 2018. *Instructables*. [Online]
Available at: <https://www.instructables.com/id/Interface-Moisture-Sensor-With-NodeMCU/>
[Accessed 3 May 2018].
- Heaton, J., 2008. *Introduction to Neural Networks for Java*. 2nd ed. s.l.:Heaton Research Inc..
- Hutagalung, S., 2018. Pembelajaran Fisika Dasar dan Elektronika Dasar Menggunakan Aplikasi Matlab Metode Simulink. *Jurnal of Science and Social Research*.



- Innovative, M., 2018. *Instructables*. [Online] Available at: <https://www.instructables.com/id/How-to-Make-LDR-Darkness-Sensor-Circuit-Simple-DIY/> [Accessed 29 November 2018].
- Kanisius, 1992. *Sayuran*. Yogyakarta: PENERBIT KANISIUS.
- M. Najmi Ridhani, R. R. M. P. S., 2017. Peramalan Dosis Pupuk Berdasarkan Karakteristik dan Lingkungan Tanaman Jeruk Siam Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol 1, No, 11, November 2017*, pp. 1214-1223.
- Matlab, 2019. *Create, train, and simulate shallow and deep learning neural network* (online). [Online] Available at: <https://www.mathworks.com/products/neuralnetwork.html>
- Miswar, T., 2017. Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Untuk Mendeteksi Aroma Hasil Blending Kopi.
- OKgrowin, 2014. *Instructables*. [Online] Available at: <https://www.instructables.com/id/Power-PC-Fan-using-LED-Driver/> [Accessed 19 January 2018].
- Pallas, F. A. S. G. E. P. B. H., 2018. Sistem Kendali Quadcopter menggunakan suara melalui Smartphone dan Arduino dengan metode Text Processing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Poslad, S., 2011. *Ubiquitous Computing: Smart devices, Environment and, Interactions*. s.l.:John Wiley & Sons.
- Prasetyo Diyan Rebiyanto, A. R., 2018. RANCANG BANGUN SISTEMKONTROL DAN MONITORING KELEMBABAN DAN TEMPERATURERUANGAN PADA BUDIDAYA JAMUR TIRAM BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Ejournal Kajian Teknik Elektro Vol. 2 No. 2*, p. 105.
- Puspitaningrum, D., 2006. *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Saptadi, A. H., 2014. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22. *Jurnal Infotel Vol. 6 No. 2 November 2014*, pp. 49-56.
- Siang, J., 2009. *Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. s.l.:s.n.
- Simamora, J., 2017. *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kesegaran Daging*. Surabaya: s.n.
- Stevanus, D. S., 2013. Indonesian Journal of Applied Physics Vol. 3. *Alat Pengukur Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroller PIC16F84*, p. 36.

- Sudjadi, E. P. S., 2005. Pengaturan Cahaya Lampu Sebagai Fotosintesis Phytoplankton Buatan Dengan Menggunakan Mikrokontroler At89s52. *Transmisi, Vol. 9, No. 1*, pp. 11-14.
- Supatmi, S., 2010. Pengaruh Sensor LDR Terhadap Pengontrolan Lampu. *Majalah Ilmiah UNIKOM Vol 8 No 2*, pp. 176-180.
- Suryana, D., 2013. *Menanam Cabe: Cara Menanam Cabe dan Budidaya Cabe*. s.l.:s.n.
- TechPonder, 2017. *Instructables*. [Online]
Available at: <https://www.instructables.com/id/How-to-interface-Humidity-and-Temperature-DTH11-Se/>
[Accessed 26 June 2018].
- tronixlabs, 2014. *Instructables*. [Online]
Available at: <https://www.instructables.com/id/Control-DC-and-stepper-motors-with-L298N-Dual-Moto/>
[Accessed 30 September 2018].
- Yonida, A. D., 2017. *www.farming.id*. [Online]
Available at: <http://farming.id/harga-cabai-merah-keriting-di-jakarta-agustus-2017/>
[Accessed 17 August 2018].



LAMPIRAN DATA LATIH

Nomor	Suhu	Kelembapan Tanah	Intensitas Cahaya	Data Target
1	28	220	36	0
2	29	220	227	0
3	29	642	27	0
4	29	642	23	0
5	29	578	34	0
6	29	578	43	0
7	29	705	49	0
8	27	705	52	0
9	26	583	53	0
10	26	583	939	1
11	26	541	1	0
12	26	541	17	0
13	26	576	690	1
14	26	576	16	0
15	26	588	23	0
16	25	588	168	1
17	25	288	243	0
18	25	288	384	1
19	24	278	740	1
20	24	278	1134	1
21	25	240	1298	1
22	25	240	1337	1
23	28	576	1621	1
24	27	588	2926	1
25	24	704	3115	1
26	25	645	876	1
27	24	543	1096	1
28	26	623	751	1
29	25	489	734	1
30	24	423	1553	1
31	26	540	1679	1
32	25	679	567	1
33	27	663	468	1
34	27	587	489	1
35	25	430	675	1

DOKUMENTASI ALAT

