

**RANCANG BANGUN *NON-CONTACT THERMOMETER*
MENGUNAKAN SENSOR SUHU MLX90614 DAN
MIKROKONTROLLER UNTUK MENGUKUR SUHU TUBUH MANUSIA**

(Skripsi)

Oleh

Agapetalia Indriyawati



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *NON-CONTACT THERMOMETER* MENGUNAKAN SENSOR SUHU MLX90614 DAN MIKROKONTROLLER UNTUK MENGUKUR SUHU TUBUH MANUSIA

Oleh :
AGAPETALIA INDRIYAWATI

Pemeriksaan suhu tubuh manusia dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya kelainan sistem pada tubuh. Proses pengecekan suhu cenderung memerlukan jarak yang sangat dekat antara objek dan termometernya. Metode pada penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) tipe *backpropagation* dan persamaan linear untuk mengkalibrasi alat *non-contact thermometer*. Proses kalibrasi dilakukan sebanyak 2 kali agar faktor koreksi dari kalibrasi pertama dapat diuji kembali sebelum dilakukannya validasi. Jaringan syaraf tiruan (JST) digunakan untuk menghasilkan prediksi nilai suhu objek. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat prototipe alat *non-contact thermometer* untuk mengukur suhu tubuh manusia, membuat dan menguji model jaringan syaraf tiruan, dan mendapatkan nilai uji kinerja alat berupa koefisien determinasi, RMSE, dan RRMSE. Prototipe alat *non-contact thermometer* telah berhasil dibuat dengan komponen utama yaitu mikrokontroller, sensor ultrasonik, sensor MLX90614, dan LCD dengan I2C. Komponen dimasukkan ke dalam kotak plastik dengan ukuran 9,5 cm × 5 cm × 14,5 cm. Proses pengembangan Jaringan syaraf tiruan

menggunakan 2 *input layer*, 3 *hidden layer 1*, 2 *hidden layer 2*, dan 1 *output layer*, tipe pelatihan yang digunakan yaitu *tranlm*, dan *learning rate* 0,001, menghasilkan prediksi terbaik dengan fungsi aktivasi *tansig-logsig-tansig* untuk model JST objek kulit sapi dan fungsi aktivasi *logsig-logsig-logsig* untuk model JST objek telapak tangan. Hasil uji kinerja alat pada objek kulit sapi menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9909 atau 99,09 %, nilai RMSE sebesar 0,6361, dan nilai RRMSE sebesar 0,13 %. Sedangkan pada objek telapak tangan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9743 atau 97,43 %, nilai RMSE sebesar 1,1464, dan nilai RRMSE sebesar 0,20 %.

Kata Kunci : Termometer, JST, suhu tubuh, sensor MLX90614

ABSTRAK

DESIGN OF NON-CONTACT THERMOMETER USING MLX90614 TEMPERATURE SENSOR AND MICROCONTROLLER TO MEASURE HUMAN BODY TEMPERATURE

Oleh :
AGAPETALIA INDRIYAWATI

The examination of human body temperature is carried out to determine whether there are system abnormalities in the body. The process of checking temperature tends to require a very close distance between the object and the thermometer. The method in this research is to uses backpropagation type Artificial Neural Network (ANN) and linear equation to calibrate the non-contact thermometer. The calibration process is carried out twice so that the correction factor from the first calibration can be tested again before validation. Artificial neural network (ANN) is used to generate predictions of object temperature values. This research aimed to make a prototype of non contact thermometer to measure human body temperature, made and artificial neural network models test, and get a performance test values in the form of coefficient of determination, RMSE and RRMSE. The Prototype of non contact thermometer successfully made by the main components, they are microcontroller, ultrasonic sensor, MLX90614 sensor, and LCD with I2C. The components are put into a plastic box with a size of 9.5 cm × 5 cm × 14.5 cm. The development process of Artificial Neural Networks

uses 2 input layers, 3 hidden layers 1, 2 hidden layers 2, and 1 output layer, the type of training used is tranlm, and a learning rate of 0.001, resulting in the best predictions with the tansig-logsig-tansig activation function for the model Cowhide ANN object and logsig-logsig-logsig activation function for ANN model Palm object. The results of the tool performance test on the cowhide object resulted in a coefficient of determination (R^2) of 0.9909 or 99.09 %, an RMSE value of 0.6361, and an RRMSE value of 0.13 %. While the palm object produces a coefficient of determination (R^2) of 0.9743 or 97.43 %, an RMSE value of 1.1464 and an RRMSE value o 0.20 %.

Keyword : *Thermometer, ANN, human body temperature, MLX90614 sensor*

**RANCANG BANGUN *NON-CONTACT THERMOMETER*
MENGUNAKAN SENSOR SUHU MLX90614 DAN
MIKROKONTROLLER UNTUK MENGUKUR SUHU TUBUH MANUSIA**

Oleh

AGAPETALIA INDRIYAWATI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN *NON-CONTACT*
THERMOMETER MENGGUNAKAN SENSOR
SUHU MLX90614 DAN
MIKROKONTROLLER UNTUK MENGUKUR
SUHU TUBUH MANUSIA**

Nama Mahasiswa : Agapetalia Indriyawati

Nomor Pokok Mahasiwa : 1714071038

Jurusan/PS : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian



Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.
NIP.198803252015041001

Ir. Budianto Lanya, M.T.
NIP. 195805231986031002

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

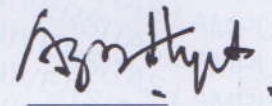
Ketua : **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**



Sekretaris : **Ir. Budianto Lanya, M.T.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Juni 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Agapetalia Indriyawati** NPM **1714071038**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. dan 2) Ir. Budiarto Lanya, M.T. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 23 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan

A 1000 Rupiah Meterai Tempel stamp is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text 'SEKUTUP RIBU RUPIAH', '1000', and 'METERAI TEMPEL'. The serial number 'AF2EAJX338121232' is visible at the bottom of the stamp.

Agapetalia Indriyawati
NPM. 1714071038

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro pada tanggal 10 September 1999, sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Gidion Nursihanto dan Ibu Yuliana Setyowati. Penulis memiliki adik laki-laki bernama Agapetalia Ragil Saputra.

Penulis menempuh pendidikan di TK Xaverius Seputih Banyak pada tahun 2003 dan diselesaikan tahun 2005. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Xaverius Metro pada tahun 2005 dan diselesaikan tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Fransiskus pada tahun 2011 dan diselesaikan tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Fisika Dasar Pertanian selama 3 semester, anggota bidang keprofesian Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) periode 2018/2019, sekretaris umum Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) periode 2020, dan anggota Program Holistik Pembinaan dan Pemberdayaan Desa (PHP2D) yang didanai oleh KEMENDIKBUD tahun 2020.

Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT Sinar Jaya Inti Mulya, Metro Barat, Lampung dengan judul “Mempelajari Ekstraksi Limbah Kernel Sawit (*Palm Kernel Expeller*) Menggunakan Alat Solvent di PT Sinar Jaya Inti Mulya Banjarsari, Metro, Lampung” selama 30 hari mulai tanggal 29 Juni 2020 sampai 7 Agustus 2020. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) tematik pada periode 1 tahun 2020 di Desa Muara Dua Kecamatan Abung Tinggi Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung selama 40 hari.

Sebuah karya sulit ini berhasil diselesaikan dengan usaha dan kerja keras kupersembahkan untuk kedua orangtuaku Gidion Nursihanto dan Yuliana Setyowati serta adikku Agapetalia Ragil Saputra.

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat keselamatan dan cinta kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Rancang Bangun non-contact Thermometer Menggunakan Sensor MLX90614 dan Mikrokontroler” ini dengan baik Besar penyertaan Tuhan sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik tanpa halangan yang berarti.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing 1;
4. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2;
5. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto. M.P. selaku Pembahas,
6. Mama ku tercinta Yuliana Setyowati S.Pd.,MM., papa ku tersayang Gidion Nursihanto, serta adik ku yang terkasih Agapetalia Ragil Saputra, serta semua keluarga yang telah memberi doa dan semangat kepada saya,
7. Presidium PERMATEP Periode 2020 Agung Wahyudi, Armadhito Abilawa, dan Mega Laskarwati serta Kepengurusan PERMATEP Periode 2020,

8. Yollanda, Lena, Christina, Pande, Elyzabeth, Berlian, Guntur selaku saudara yang selalu memberi doa dan semangat,
9. Kelompok belajar BB, A3, Feri, dan Ina selaku pemberi motivasi dan dukungan,
10. Pak Wahyu, kak Wawan, kak Rey, dan kak Nugra selaku pengajar JST,
11. Keluarga Besar Teknik Pertanian 2017 atas dukungan dan segala bantuannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun demikian penulis berharap bahwa skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 2021

Penulis,

Agapetalia Indriyawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR SIMBOL	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Suhu.....	5
2.2. Termometer	6
2.3. Mikrokontroller	7
2.4. Sensor MLX90614	9
2.5. Sensor Ultrasonik	10
2.6. Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.7. Model Jaringan Syaraf Tiruan	14
2.8. Penelitian Pendukung.....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat	21

3.2. Alat dan Bahan	21
3.3. Kriteria Desain	21
3.4. Prosedur Penelitian.....	22
3.5. Perancangan Struktural.....	26
3.6. Perancangan Fungsional.....	27
3.6.1. Sensor MLX90614	27
3.6.2. Sensor Ultrasonik	28
3.6.3. Mikrokontroler	28
3.6.4. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) dengan I2C	29
3.7. Perancangan <i>Software</i>	30
3.7.1. Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan	30
3.7.2. Pembentukan Persamaan Matematika dari hasil Model JST	34
3.8. Analisis Data	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Hasil Perancangan Alat Deteksi Suhu Tubuh Manusia.....	36
4.2. Kalibrasi dan Validasi Sensor Ultrasonik	37
4.3. Kalibrasi Rancangan Alat Sensor dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan.....	38
4.3.1. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan	39
4.3.2. Persamaan Matematika dari Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan	48
4.4. Integrasi Model JST dengan Mikrokontroler	54
4.5. Kalibrasi Rancangan Alat Sensor dengan Metode Persamaan Linear ..	57
4.6. Validasi Rancangan Alat Sensor	60
4.6.1. Validasi Alat pada Kulit Sapi	60
4.6.2. Validasi Alat pada Telapak Tangan.....	62
4.6.3. Jarak Terbaik Rancangan Alat Sensor	63
V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67

LAMPIRAN.....	70
Tabel 10 – 18	71
Gambar 34 –50	81

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Spesifikasi arduino uno	8
2. Deskripsi pin MLX90614	10
3. Tabel Penelitian.....	17
4. Fungsi aktivasi	33
5. Hasil pelatihan dan prediksi hasil pelatihan model JST pada kulit sapi	43
6. Hasil pelatihan dan prediksi hasil pelatihan model JST pada telapak tangan manusia	46
7. Persamaan nilai prediksi JST dan persamaan matematika pada hasil.....	56
8. Persamaan nilai prediksi JST dan persamaan matematika pada hasil.....	56
9. Nilai rata-rata error pada jarak tertentu	64
Lampiran	
10. Hasil Kalibrasi Sensor Ultrasonik.....	71
11. Hasil Validasi pada Sensor Ultrasonik.....	71
12. Hasil Kalibrasi Pengembangan Model JST Kulit Sapi	72
13. Hasil Kalibrasi Pengembangan Model JST Telapak Tangan.....	75
14. Hasil Kalibrasi dengan Persamaan Linear pada Kulit Sapi	78
15. Hasil Kalibrasi dengan Persamaan Linear pada Telapak Tangan	78
16. Hasil Validasi pada Objek Kulit Sapi	79
17. Hasil Validasi pada Objek Kulit Sapi Hidup	79
18. Hasil Validasi pada Objek Telapak Tangan.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Deskripsi pin MLX90614	10
2. Prinsip pantulan ultrasonik.....	11
3. Elemen dari JST	14
4. Diagram alir prosedur penelitian.....	24
5. Diagram alir pemograman.....	25
6. Desain alat <i>non-contact thermometer</i>	26
7. Sensor MLX90614	27
8. Sensor ultrasonik HC-SR04	28
9. Mikrokontroler jenis arduino uno R3.....	29
10. <i>Liquid crystal display</i> (LCD).	29
11. <i>Chip module</i> I2C	30
12. Diagram arsitektur jaringan.....	31
13. Proses pembelajaran JST.....	31
14. Proses pengembangan model JST.....	32
15. Alat pendeteksi suhu tanpa kontak fisik.....	36
16. Kalibrasi pada sensor ultrasonik	37
17. Validasi pada sensor ultrasonik.....	38
18. Contoh tampilan <i>software</i> MATLAB R2015b.....	40

19. Hasil JST <i>plot perform</i>	41
20. Hasil JST <i>plot regression</i>	41
21. Pelatihan model JST.....	44
22. Prediksi hasil pelatihan model JST	44
23. Pelatihan Model JST	47
24. Prediksi hasil pelatihan model JST	47
25. Tampilan folder bobot dan bias yang tersimpan dalam bentuk .txt	48
26. Integrasi model JST pada kulit sapi	55
27. Integrasi model JST pada telapak tangan manusia	55
28. Grafik kalibrasi pada kulit sapi	57
29. Integrasi persamaan matematika hasil kalibrasi pada kulit sapi	58
30. Grafik kalibrasi pada telapak tangan manusia	59
31. Integrasi persamaan matematika hasil kalibrasi pada telapak tangan.....	59
32. Grafik validasi objek kulit sapi	61
33. Validasi alat terhadap kulit sapi hidup	62
34. Grafik validasi pada objek telapak tangan	63

Lampiran

35. Penginputan data latih.....	81
36. Penginputan data uji.....	81
37. Penginputan data uji pada <i>notepad</i>	82
38. Penginputan nilai output pada nilai observasi pada hasil latih dan hasil uji..	82
39. Tampilan awal aplikasi MATLAB R2015b.....	83
40. Membuka file pelatihan dan prediksi hasil pelatihan pada MATLAB	83
41. Tampilan pelatihan pada aplikasi MATLAB	84

42. <i>Running</i> pelatihan pada aplikasi MATLAB	84
43. Tampilan <i>plot perform</i> dan <i>plot regression</i>	85
44. Tampilan prediksi hasil pelatihan pada aplikasi MATLAB	85
45. Hasil prediksi pada proses pelatihan	86
46. Hasil prediksi pada proses prediksi hasil pelatihan.....	86
47. Tampilan file bobot dan bias	87
48. Komponen-komponen <i>non-contact thermometer</i>	88
49. Skematik rangkaian <i>non-contact thermometer</i>	89
50. Pengambilan data pada kulit sapi	90
51. Pengambilan data pada telapak tangan manusia	90
52. Pengambilan data pada kulit sapi hidup.....	91
53. Kalibrator yang digunakan dalam pengambilan data	91

DAFTAR SIMBOL

- H_1H_2 : bobot pada *hidden layer* 1 yang diolah sehingga menghasilkan bobot pada *hidden layer* 2
- $H_2 O$: bobot pada *hidden layer* 1 yang diolah sehingga menghasilkan bobot pada *output*
- $I H_1$: nilai normalisasi pada input yang diolah sehingga menghasilkan bobot pada *hidden layer* 1
- n : jumlah data
- R : koefisien korelasi
- R^2 : koefisien determinasi
- $RMSE$: *root mean square error*
- $RRMSE$: *relative root mean square error*
- x_i : nilai observasi ke- i
- X_i : nilai X pada *input*
- X_b : nilai X paling besar
- y_i : nilai prediksi ke- i
- Y_a : persamaan matematika dari Y paling akhir
- Y_b : nilai *output* paling besar
- Y_i : persamaan matematika ke- i

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suhu tubuh adalah salah satu penanda bahwa terjadi metabolisme dalam tubuh manusia. Pemeriksaan suhu tubuh manusia dilakukan untuk mengetahui kelainan sistem pada tubuh. Pemeriksaan dilakukan sebagai salah satu upaya terhadap perubahan atau gangguan sistem tubuh. Alat pengukur suhu yaitu termometer.

Termometer kimia (analog) adalah termometer kontak dengan beberapa titik sensitif terhadap temperatur (As'ady, 2017). Penggunaan termometer analog dalam pengukuran suhu tubuh manusia cenderung menghabiskan waktu karena respon dan kecepatan pengukuran pada termometer ini lebih lambat. Pada termometer analog dalam menentukan besarnya suhu objek kurang presisi karena terdapatnya jarak antar strip pada termometer yang tidak menunjukkan hasil spesifik. Salah satu jenis termometer analog adalah termometer air raksa, pada termometer ini menggunakan cairan raksa sebagai indikator pengukurannya.

Termometer digital merupakan termometer yang hasil pengukurannya ditampilkan pada layar monitor (As'ady, 2017). Salah satu kelebihan dari termometer digital yang tidak dimiliki oleh termometer analog adalah dalam menentukan besar suhu objek dapat dilihat jelas di LCD kecil pada termometer digital. Hasil pada proses pengukuran suhu menggunakan termometer digital tidak memerlukan waktu lama

seperti saat melakukan pengukuran suhu menggunakan termometer analog. Salah satu jenis dari termometer digital adalah termometer inframerah. Termometer inframerah merupakan alat pengukur suhu yang memanfaatkan pancaran balik energi dari objek sehingga dapat digunakan pada seluruh bagian permukaan tubuh (As'ady, 2017). Penggunaan termometer inframerah yang dapat diaplikasikan pada seluruh bagian permukaan tubuh sangat diperlukan untuk mendeteksi suhu tubuh manusia di era pandemi COVID-19.

Era pandemi COVID-19 mengharuskan beberapa tempat umum menyediakan alat deteksi suhu tanpa kontak dan *sinitizier* pada bagian pintu masuk. Hal ini dilakukan sebagai salah satu upaya pencegahan dari virus COVID-19. Alat deteksi suhu yang digunakan adalah termometer inframerah yang dapat digunakan pada seluruh bagian permukaan tubuh manusia. Namun pada beberapa tempat umum termometer inframerah yang digunakan masih memerlukan bantuan manusia untuk pengecekannya dan cenderung dipakai pada jarak yang sangat dekat untuk mendeteksi suhu objek. Hal tersebut membuat peneliti tertarik untuk mengembangkan rancang bangun termometer tanpa kontak yang dapat dipakai tanpa memerlukan bantuan orang lain dalam pengecekan suhu objek, lebih akurat dibandingkan dengan kalibrator yang digunakan pada penelitian, dan dapat digunakan pada objek yang jaraknya tidak terlalu dekat dengan alat.

Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian ini menggunakan sensor suhu MLX90614 untuk mendeteksi suhu dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak serta menggunakan metode kalibrasi jaringan syaraf tiruan (JST) dan metode kalibrasi persamaan linear. Jaringan

syaraf tiruan (JST) digunakan untuk menghasilkan prediksi nilai suhu objek. JST menghasilkan nilai bobot dan bias yang kemudian digunakan untuk membentuk persamaan matematika yang akan diinput ke mikrokontroler. Persamaan matematika yang sudah diinput ke mikrokontroler inilah yang digunakan untuk memprediksi nilai suhu dari objek. Peneliti mengharapkan penelitiannya ini dapat membantu mengurangi kontak fisik di era pandemi COVID-19 dengan menciptakan alat deteksi suhu tanpa kontak yang akurat dan dapat dipakai di rentang jarak tidak terlalu dekat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan, yaitu :

1. Bagaimana cara membuat prototipe alat *non-contact thermometer* untuk mengukur suhu tubuh manusia ?
2. Bagaimana cara membuat dan menguji model jaringan syaraf tiruan ?
3. Bagaimana cara mendapatkan nilai uji alat ukur berupa koefisien determinasi, RMSE, dan RRMSE ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat prototipe alat *non-contact thermometer* untuk mengukur suhu tubuh manusia.
2. Membuat dan menguji model jaringan syaraf tiruan

3. Mendapatkan nilai uji kinerja berupa koefisien determinasi, RMSE, dan RRMSE.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mampu memberikan hasil penelitian yang nyata berupa alat pendeteksi suhu tubuh manusia tanpa kontak fisik dengan kebaruan menggunakan Jaringan syaraf tiruan dan persamaan linear sebagai metode kalibrasi.
2. Bagi masyarakat akademik dapat digunakan sebagai bahan referensi, dan pengembangan ilmu pengetahuan bagi penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Suhu

Suhu merupakan penilaian proporsi antara produksi panas dan pengeluaran panas dalam tubuh. Satuan dari suhu disebut derajat (Kozier et al., 2011). Perubahan suhu tubuh terjadi pada siang hari, biasanya pada sore hari suhu tubuh lebih tinggi dibandingkan pada dini hari. Suhu yang meningkat di atas normal dapat diakibatkan oleh infeksi dalam tubuh (Wong and Whaly, 2004).

Terdapat 2 macam suhu dalam tubuh, yaitu suhu inti dan suhu permukaan. Suhu inti merupakan suhu yang berasal dari jaringan tubuh bagian dalam seperti rongga abdomen dan rongga pelvis (Kozier et al., 2011). Suhu inti besarnya selalu relatif konstan, kecuali bila tubuh mengalami demam. Besar suhu inti sekitar $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($0,6^{\circ}\text{C}$) dari hari ke hari. Suhu permukaan merupakan suhu yang berasal dari kulit, jaringan sub kutan, dan lemak. Perubahan suhu permukaan terjadi sesuai dengan suhu lingkungan (Guyton and Hall, 2012).

Suhu tubuh normal manusia sekitar $35,8^{\circ}\text{C}$ - $37,5^{\circ}\text{C}$. Pada pagi hari suhu akan mendekati $35,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada malam hari suhu akan meningkat hingga mendekati $37,7^{\circ}\text{C}$ (Sherwood, 2014). Pembentukan panas sebagian besar dihasilkan oleh organ dalam. Organ dalam dan jaringan yang lebih dalam

menghantarkan panas ke kulit, kemudian panas dibuang ke udara dan lingkungan sekitarnya (Guyton and Hall, 2012). Alat yang digunakan untuk mengukur besar suhu adalah thermometer.

2.2. Termometer

Termometer merupakan alat yang digunakan untuk menyatakan suhu dalam keadaan panas atau dingin. Termometer memanfaatkan sifat termometrik dari suatu zat. Termometrik adalah perubahan suhu zat yang menyebabkan perubahan sifat pada zat tersebut (Kanginan, 2002). Perubahan sifat termometrik harus bersifat tetap atau linear agar peneraan skala dapat dibuat lebih mudah. Jenis-jenis termometer antara lain termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, dan termometer bimetal. Berdasarkan hasil tampilan pengukuran, termometer dibagi menjadi 2 yaitu termometer analog dan digital (Kreith, 1991).

Termometer kimia (analog) adalah termometer kontak dengan beberapa titik sensitif terhadap temperatur. Salah satu jenis termometer analog adalah termometer air raksa. Risiko paling banyak di jumpai dalam pemakaiannya adalah pecahnya termometer yang dapat melepaskan merkuri. Kontak dengan uap merkuri dapat menyebabkan rusaknya ginjal, jantung, paru-paru, dan otak. Seiring dengan perkembangan teknologi, standar penggunaan termometer air raksa mulai tergantikan dengan termometer digital (As'ady, 2017).

Termometer kontak elektronik (digital) merupakan termometer yang hasil pengukurannya di tampilkan pada layar monitor. Termometer digital yang sering

dijumpai masih menggunakan kontak fisik untuk mengukur temperature. Teknologi saat ini mengembangkan termometer digital tanpa memerlukan kontak fisik. Terobosan terbaru dari termometer digital adalah termometer inframerah. Termometer inframerah memanfaatkan pancaran balik energi dari objek sehingga dapat digunakan untuk seluruh permukaan tubuh. Penggunaan termometer inframerah memerlukan baterai atau lisktik sebagai daya dan waktu yang digunakan untuk mengukur temperature relatif singkat kira-kira 1 detik untuk memunculkan hasil pengukuran di monitor (As'ady, 2017).

Menurut Wartono et al. (2018) menyatakan derajat kesesuaian termometer inframerah dan termometer air raksa terhadap pengukuran suhu tubuh melalui aksila tergolong “kurang dari sedang” lokasi pengukuran suhu tubuh yang paling akurat menggunakan termometer inframerah adalah frontalis karena dapat mewakili suhu tubuh keseluruhan.

2.3. Mikrokontroller

Sebuah chip yang di dalamnya terdapat sistem mikroprosesor di sebut mikrokontroller. Mikrokontroller akan menjalankan instruksi sesuai dengan program yang dibuat (Syahwil, 2013). Program dibuat dalam mikrokontroller berfungsi untuk mengolah masukan (input) menjadi keluaran (output) yang diinginkan. Keluaran (output) yang diinginkan, seperti besaran tegangan, sinyal, lampu, suara, gerakan, getaran, dan sebagainya (Saftari, 2015). Terdapat 3 jenis mikrokontroller yaitu MCS51, AVR, dan PIC. Jenis mikrokontroller yang paling banyak digunakan adalah AVR (Susnea & Mitescu, 2005).

Advanset Versatile Rich (AVR) merupakan salah satu jenis mikrikontroller yang sebagian instruksi di ekskusi dalam satu *clock* dan memiliki mikroprosesor 16-bit. Hal ini menyebabkan mikrokontroller AVR memiliki kecepatan eksekusi program lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroller MCS51 (Susnea & Mitescu, 2005). ATmega328 merupakan salah satu seri dari mikrokontroller AVR. Mikrokontroller AVR yang sering dijumpai dipasaran adalah jenis Arduino uno. Arduino uno merupakan arduino *board* yang mengandung mikrokontroller ATmega328 (Kadir, 2013). Spesifikasi arduino uno dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi arduino uno

Mikrokontroller	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5 volt
Tegangan input yang disarankan	7-12 volt
Batas tegangan input	6-20 volt
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 volt	50 mA
Memori flash	32 kB (ATmega328), sekitar 0,5 kB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 kB (ATmega328)
EEPROM	1 kB (ATmega328)
Clock speed	16 MHz

Sumber: (Arduino, 2015).

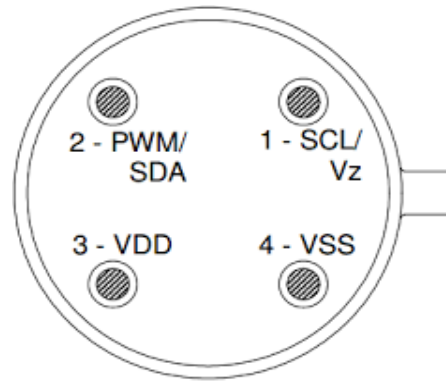
Menurut Safitri dan Dinata (2019) melakukan penelitian menggunakan mikrokontroller dalam proses perancangan *non-contact* termometer berbasis inframerah. Hasilnya telah mampu mengukur suhu tubuh manusia tanpa

menyentuh objek. Alat yang telah dirancang menunjukkan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Akurasi dan presisi yang tinggi, dengan jarak pengukuran 1-2 cm.

2.4. Sensor MLX90614

Sensor MLX90614 adalah sensor yang memanfaatkan gelombang infra merah untuk mengukur suhu tubuh. Sensor MLX90614 secara otomatis didesain agar dapat mengkalibrasi energi radiasi inframerah mendasi skala temperatur suhu. Sensor MLX90614 terdiri dari detektor thermopile inframerah MLX81101 dan signal conditioning ASSP MLX90302. Thermopile inframerah terdiri dari membran yang mengandung banyak termokopel sehingga radiasi inframerah dari objek akan ditangkap membran tersebut. Keluaran dari sensor inframerah akan di proses pada *signal conditioning* ASSP MLX90302 (Yuni et al., 2015).

Sensor MLX90614 merupakan sensor yang digunakan untu pengukuran suhu non-kontak. MLX90614 diproduksi oleh Melexis (*Microelectronic Integrated System*). MLX90614 dikalibrasi oleh pabrik dengan kisaran -40 sampai 125 °C untuk suhu lingkungan dan kisaran -70 hingga 382,2 °C untuk suhu objek (Melexis, 2015).



Gambar 1. Deskripsi pin MLX90614
(Sumber : Melexis, 2015)

Tabel 2. Deskripsi pin MLX90614

Nama pin	Fungsi
SCL/ Vz	<i>Input clock serial</i> untuk protokol komunikasi dua kabel
PWM/ SDA	<i>Digital input /output</i>
VDD	Sumber tegangan eksternal
VSS	<i>Ground</i>

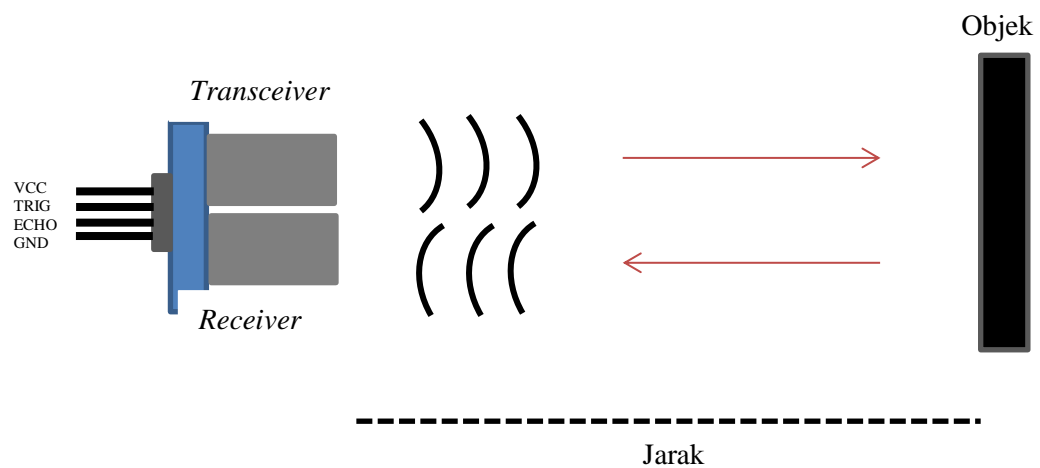
Sumber : Melexis (2015).

Menurut (Dinata, 2017) menyatakan dari hasil penelitiannya menggunakan sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh manusia pada jarak 1 sampai 4 cm. Nilai akurasi paling tinggi pada jarak 2 cm yakni 98,24 % dan akurasi paling rendah pada jarak 4 cm yakni 95,67 %. Sedangkan nilai error paling tinggi pada jarak 4 cm yakni 2,81 % dan error yang rendah pada jarak 1 cm yakni 0,17 %.

2.5. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang memanfaatkan pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mengetahui keberadaan suatu objek di depan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 kHz hingga 2 MHz. Bagian dari sensor ultrasonik adalah unit pemancar dan unit penerima struktur dari unit

pemancar dan penerima (Arief, 2011). Pemantulan gelombang ultrasonik terjadi bila terdapat objek dan pantulan gelombang yang akan diterima kembali oleh unit penerima. Unit penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan tegangan bolak-balik dengan frekuensi sama. Jauh dekatnya sebuah objek serta kualitas dari sensor pemancar dan penerima yang terdeteksi akan mempengaruhi besar amplitudo sebuah sinyal elektrik (Arasada & Suprianto, 2017). Prinsip pemantulan sensor ultrasonik dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip pantulan ultrasonik

Jenis sensor ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor ultrasonik jenis HCSRFB-04. Prinsip kerja sensor ultrasonik HCSRFB-04 adalah *transmitter* mengirim gelombang ultrasonik lalu diukur dengan waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Pin *trigger* dan pin *echo* dihubungkan ke mikrokontroler. Saat memulai pengukuran jarak mikro mengeluarkan *output high* pin *trigger* selama minimal 10 μ s. Sinyal high yang masuk menyebabkan sensor mengeluarkan gelombang suara ultrasonik. Bunyi yang dipantulkan kembali ke sensor, lalu bunyi akan diterima dan membuat

keluaran sinyal *high* pada pin *echo* yang kemudian menjadi input pada mikrokontroller. Lamanya sinyal high dari echo ini digunakan untuk menghitung jarak antar sensor dengan benda yang memantulkan bunyi didepan sensor. Ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin echo maka *timer* pada mikrokontroller akan aktif sedangkan ketika ada perubahan dari *high* ke *low* maka *timer* pada mikrokontroller akan mati. Hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah mengkonversi nilai *timer* yang mulanya satuan dalam detik menjadi satuan jarak (*inchi/cm*), dengan menggunakan rumus :

- a. Jarak (*inchi*) = waktu hasil pengukuran (μ s)/148
- b. Jarak (cm) = waktu hasil pengukuran (μ s)/58 (Arasada & Suprianto, 2017).

Menurut Arasada dan Suprianto (2017) menyatakan bahwa dari hasil penelitiannya menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk deteksi jarak pada ruang dengan cara mengembangkan *Graphical User Interface*. *Graphical User Interface* digunakan untuk melihat data jarak dan pembacaan ruangan. Hasil dari penelitian ini yaitu sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak dengan hasil akurasi jarak 3 cm sampai 60 cm sebesar nilai error 0 %, dan hasil akurasi jarak 60 cm sampai 200 cm sebesar 1,78 %.

2.6. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah sistem pemrosesan informasi yang memiliki ide dari cara kerja menyerupai jaringan syaraf biologis (JSB). Jaringan syaraf tiruan tercipta sebagai penalaran secara umum suatu model matematis pemahaman manusia (*human cognition*). Jaringan syaraf tiruan memiliki 3 lapisan (*layer*) yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan

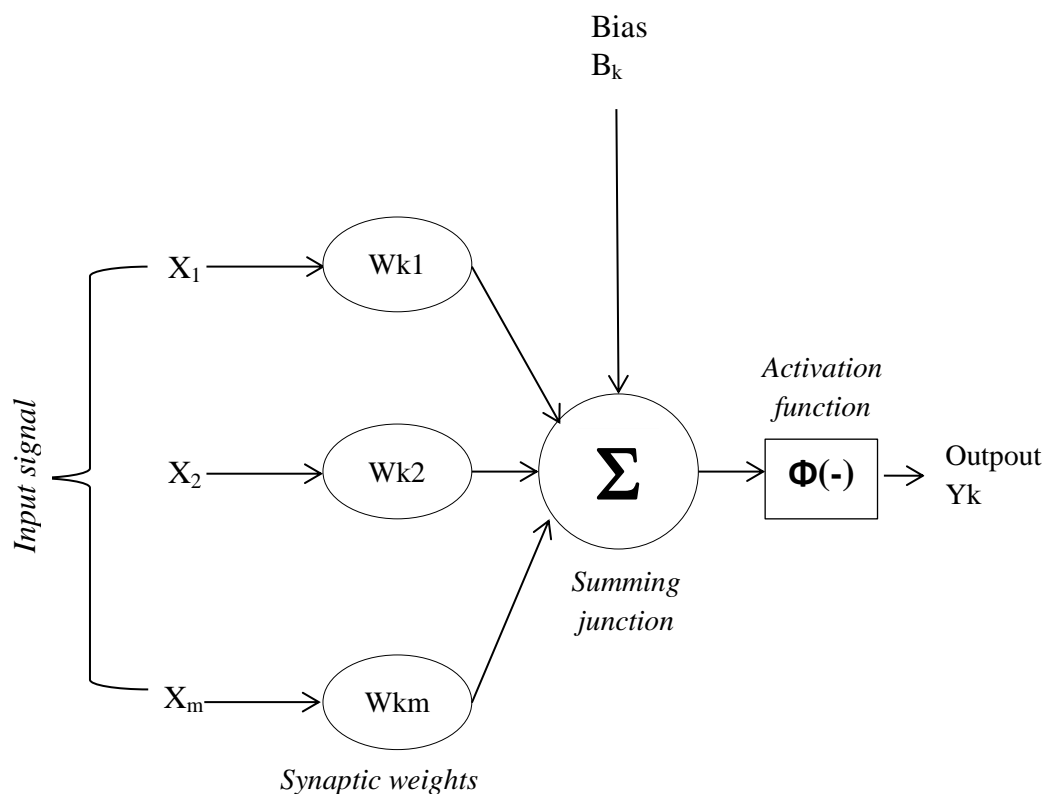
lapisan keluaran (*output layer*) dengan banyak node sebagai unit pemrosesan informasi (Seo, 2013). Jaringan syaraf tiruan tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis yang didasarkan atas asumsi sebagai berikut :

1. Neuron merupakan elemen sederhana yang digunakan sebagai tempat pemrosesan informasi terjadi.
2. Sambungan penghubung merupakan tempat isyarat mengalir di antara sel syaraf atau neuron.
3. Sambungan pnghubung memiliki bobot yang bersesuaian.
4. Fungsi aktivasi terhadap isyarat hasil penjumlahan berbobot yang masuk kepadanya untuk menentukan isyarat keluaran disebut sel syaraf (Wuryandari & Afriyanto, 2012).

Menurut (Wahyu, 2021) menyatakan salah satu tipe jaringan syaraf tiruan adalah *backpropogation*. *JST backpropogation* merupakan algoritma yang digunakan untuk melatih jaringan. Pembentukan algoritma digunakan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan, serta membuat jaringan mampu memberikan respon yang benar terhadap pola masukan (*input*) yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan. *JST backpropogation* digunakan untuk meniru ide dan cara kerja dari otak manusia, yang memiliki kemampuan untuk belajar memahami hal baru dan beradaptasi.

2.7. Model Jaringan Syaraf Tiruan

Model jaringan syaraf tiruan merupakan model matematis yang terstimulasikan struktur dan fungsi dari jaringan syaraf biologis (Krenker et al., 2011). Menurut Manurung (2018), Model JST tipe *backpropagation* dikembangkan dengan metode pelatihan terawasi (*supervised learning*). Pengembangan model JST dilakukan dengan mensimulasikan berbagai variasi arsitektur jaringan dan mengujinya sehingga diperoleh nilai RMSE terkecil dan nilai R^2 terbesar. Secara umum prinsip kerja JST yaitu merambatkan sinyal informasi dari node satu ke node lainnya melalui jalur penghubung yang berada di lapisan yang saling berdekatan. Elemen JST terdiri dari sinyal input, bobot, bias, fungsi aktivasi, dan output seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Elemen dari JST

1. Input : X_1, X_2, \dots, X_m merupakan sinyal yang masuk ke sel saraf
2. Bobot (*weight*) : W_1, W_2, \dots, W_m merupakan faktor bobot yang saling berhubungan di masing-masing node. Setiap bobot dikalikan dengan masing-masing node, $xT.w$. nilai dari $xT.w$ dapat membangkitkan (*excite*) node atau menghalangi (*inhibit*) node.
3. Threshold (nilai ambang internal) dari node merupakan besarnya offset yang mempengaruhi aktivasi dari output node y .
4. Fungsi aktivasi merupakan sinyal *output* y yang dihasilkan dari operasi matematik. Terdapat 27 aktivasi yang dipakai dalam JST ini (Nursaniansyah, 2021).

Arsitektur jaringan merupakan sebuah arsitektur yang digunakan untuk menentukan pola dari neuron. Dalam hal ini, arsitektur yang digunakan dalam JST *backpropagation* yaitu :

1. Lapisan masukan (*input layer*) merupakan unit *input* yang bertugas menerima pola inputan dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) merupakan unit tersembunyi yang mana *output*-nya tidak dapat diamati secara langsung.
3. Lapisan keluaran (*output layer*) merupakan unit solusi JST terhadap suatu permasalahan (Manurung, 2018).

Menurut Manurung (2018), dalam arsitektur jaringan juga terdapat bobot, bias, dan fungsi aktivasi yaitu :

1. Bobot merupakan nilai yang mendefinisikan tingkat atau kepentingan hubungan diantara node satu dengan node lainnya.

2. Bias merupakan salah satu node input yang sifatnya khusus, karena selalu bernilai 1. Bias digunakan sebagai koreksi dari variable-variabel input yang telah ditetapkan.
3. Fungsi aktivasi merupakan operasi matematik yang menghasilkan sinyal *output*. Contoh fungsi aktivasi yaitu :
 - a. *Purelin* merupakan fungsi linear yang akan membawa input ke output yang sebanding.
 - b. *Tansig* merupakan fungsi *sigmoid tangen* yang akan membawa *input* pada *output* menggunakan rumus *hyperbolic sigmoid tangen*. Nilai maksimal dari output ini adalah -1 hingga 1.
 - c. *Logsig* merupakan fungsi transfer yang membawa input ke output dengan penghitungan *log sigmoid*. Nilai maksimal output ini adalah -1 hingga 1.

2.8. Penelitian Pendukung

Penelitian pendukung diperlukan untuk menambah informasi dan ilmu yang berkaitan dengan penelitian. Penelitian yang pernah dilakukan yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Penelitian

Nama	Topik Penelitian	Metode dan Hasil
Yuni et al. (2015)	Studi penerapan sensor MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tinggi Secara Non-Kontak Berbasis Arduino dan <i>Labview</i>	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan sensor MLX90614 sebagai pengukur suhu tinggi <i>non</i>-kontak untuk mengetahui kebergantungan pengukuran suhu terhadap jarak serta mengetahui pengaruh lingkungan terhadap pengukuran suhu. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah solder yang dipanaskan. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur suhu solder pada rentang jarak yang berbeda-beda.</p> <p>Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh jarak dan lingkungan terhadap pembacaan hasil pengukuran. Daerah pengukuran lebih terlindungi dari lingkungan luar dengan memakai <i>shielding</i> lebih mendekati nilai sebenarnya dan semakin jauh jarak kontak benda yang diukur dengan sensor maka temperature yang terukur menjadi semakin berkurang dari temperatur benda sebenarnya.</p>
As'ady (2017)	Kesesuaian Termometer Inframerah dengan Termometer Digital Terhadap Pengukuran Suhu Aksila pada Usia Dewasa Muda	<p>Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan desain <i>cross-sectional</i>. Subjek penelitian sebanyak 32 mahasiswa berusia sekitar 18-22 tahun. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali pada setiap termometer, diambil nilai rata-rata hasil pengukuran kemudian diolah dengan menggunakan uji <i>Interclass Correlation Coeficient (ICC) for Absolute Agreement</i>.</p> <p>Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu aksila pada termometer inframerah 37,09°C, sedangkan suhu rata-rata dengan termometer digital sebesar 36,02°C. Uji ICC meunjukkan nilai kesesuaian kurang dari sedang yaitu 0,296 (0,21-0,40). Kedua alat tersebut tidak dapat saling menggantikan dalam melakukan pengukuran suhu aksila karena tidak memiliki kesesuaian dalam melakukan pengukuran suhu aksila.</p>

Nama	Topik Penelitian	Metode dan Hasil
Dinata (2017)	Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh Manusia dengan <i>Non-Contact Thermometer</i>	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan antara termometer tanpa kontak dengan alat pembandingnya. Alat pembanding ini menjadi acuan untuk mendapatkan nilai presisi dan akurasi yang tinggi. Kedua perangkat tersebut melakukan pengukuran suhu dalam kondisi yang sama.</p> <p>Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa untuk mengukur suhu tubuh manusia pada jarak 1 sampai 4 cm. Nilai akurasi paling tinggi pada jarak 2 cm yakni 98,24 % dan akurasi paling rendah pada jarak 4 cm yakni 95.67 %. sedangkan nilai error paling tinggi pada jarak 4 cm yakni 2,81 % dan error yang rendah pada jarak 1 cm yakni 0,17 %.</p>
Manurung (2018)	Identifikasi Karakteristik Fisik Kedelai Unggul Lokal Selama Perendaman 12 Jam Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i> untuk memprediksi fisik biji kedelai (Anjasmoro, Dering, Argomulyo, dan kedelai impor).</p> <p>Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi kadar air, bulk density, sphericity, volume, dan angle of repose selama perendaman menggunakan Jaringan syaraf tiruan (JST) menunjukkan bahwa model cukup akurat untuk memprediksi parameter, kecuali untuk <i>true density</i> dan porositas.</p>
Wartono et al. (2018)	Kesesuaian Termometer Inframerah Dengan Termometer Air Raksa Terhadap Pengukuran Suhu Aksila pada Usia Dewasa Muda	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengukuran suhu sebanyak 3 kali untuk termometer inframerah dan termometer air raksa pada masing-masing sampel. Uji korelasi yang digunakan adalah uji <i>Interclass Correlation Coeficient (ICC) for Absolute Agreement</i> yang dianggap sangat baik apabila nilai ICC $\geq 0,8$.</p> <p>Hasil yang didapat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa konsistensi kesesuaian dari termometer inframerah dan termometer air raksa adalah kurang dari sedang. Dikarenakan hasil analisis ICC menunjukkan <i>single measure</i> sebesar 0,25.</p>

Nama	Topik Penelitian	Metode dan Hasil
Safitri dan Dinata (2019)	<i>Non-contact Thermometer</i> Berbasis Infra Merah	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan antara termometer tanpa kontak dengan alat pembandingnya. Alat pembanding ini menjadi acuan untuk mendapatkan nilai presisi dan akurasi yang tinggi. Kedua perangkat tersebut melakukan pengukuran suhu dalam kondisi yang sama. Prediksi Hasil Pelatihan dilakukan dengan 3 objek yaitu Prediksi Hasil Pelatihan suhu tubuh manusia dengan jarak yang berbeda, Prediksi Hasil Pelatihan suhu pada lengan manusia, dan Prediksi Hasil Pelatihan terhadap suhu air yang berbeda.</p> <p>Hasil yang didapat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pada Prediksi Hasil Pelatihan suhu tubuh manusia presentase <i>error</i> terkecil terdapat pada jarak 2 cm dengan besar presentase <i>error</i> sebesar 0,24 %. Prediksi Hasil Pelatihan suhu pada bagian lengan manusia memiliki <i>range</i> kesalahan berkisar antara 1,4 %-2,4 %. Sedangkan Prediksi Hasil Pelatihan suhu air memiliki range kesalahan berkisar antara 0,04°C-0,26°C. Hal ini menunjukkan bahwa selain memiliki akurasi yang tinggi <i>non-contact thermometer</i> juga memiliki tingkat presisi tinggi.</p>
Safitri (2019)	Rancang Bangun Sensor Kelengasan Dan Suhu Tanah Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i> dengan tiga parameter yaitu nilai suhu tanah, nilai resistensi, dan kedalaman <i>probe</i> (dua elektroda) pada sensor pendeteksi nilai sensor lengas tanah.</p> <p>Hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu alat ini dapat bekerja dengan baik dan setelah diuji dengan JST menghasilkan error yang sangat kecil dengan nilai RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>) sebesar 3,99605434 dan nilai RRMSE (<i>Relative Root Mean Square Error</i>) sebesar 0,0955 (9,55 %).</p>
Wahyu (2021)	Rancang Bangun Sensor Kelengasan	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk memperoleh model pengembangan</p>

Nama	Topik Penelitian	Metode dan Hasil
Sesunan (2021)	<p>Tanah Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Pada Beberapa Jenis Tanah</p> <p>Rancang Bangun Indentifikasi Jenis Kopi Menggunakan Sensor <i>E Nose</i> Dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i></p>	<p>persamaan matematika nilai kelengasan tanah pada jenis tanah podsolik merah kuning, latosol, dan kambisol serta mendapatkan uji kinerja alat ukur kelengasan tanah berupa RMSE dan analisis determinasi.</p> <p>Hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu pada alat ukur lengas tanah yang telah di uji menghasilkan nilai error berupa RMSE sebesar 5,19768, RRMSE sebesar 11,75 % dan koefisien determinasi sebesar 0,8774 dan menunjukkan bahwa pengembangan model dari resistensi, suhu tanah, dan jenis tanah (podsolik merah kuning, latosol, kambisol) layak dalam memproduksi nilai lengas tanah.</p> <p>Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i> untuk mengidentifikasi jenis kopi menggunakan sensor <i>E Nose</i>.</p> <p>Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu alat ini mampu mengidentifikasi jenis kopi dengan tingkat keberhasilan mencapai 80% dan setelah diuji dengan JST menghasilkan R^2 sebesar 0,991 dengan nilai RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>) sebesar 0,003602368.</p>
Nursaniansyah (2021)	<p>Rancang Bangun Perangkat Identifikasi Kemurnian Aroma Campuran <i>Blending</i> Biji Kopi Sangrai Natural Luwak Dan Natural Arabika Menggunakan <i>Electronic Nose</i> Dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i></p>	<p>Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i> unuk mengidenifikasi kemurnian biji kopi menggunakan sensor <i>E Nose</i>.</p> <p>Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu sensor mampu mendeteksi kemurnian biji kopi dengan nilai RMSE sebesar 6,9414 dan nilai koefisien determinasi sebesar 0,96. Persentase ketepatan sensor <i>e-nose</i> dalam memprediksi kemurnian biji kopi sampel pertama sebesar 93,3 %, sampel kedua 86,66 %, serta sampel ketiga sebesar 66,66 %.</p>

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November sampai April 2021 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (DAMP) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu laptop dengan kelengkapan *software Arduino, Firitzing, eagle*, dan MATLAB R2015b, solder, *hairdrayer*, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Arduino Uno*, sensor MLX90614, sensor ultrasonik, kabel jumper, LCD 16x2 dengan I2C, baterai 9 volt, kotak plastik, es batu, telapak tangan, kulit sapi, dan termometer inframerah.

3.3. Kriteria Desain

Penelitian ini disusun untuk membuat suatu desain rancangan *non-contact thermometer* yang dapat digunakan untuk dapat mendeteksi suhu tubuh manusia dalam tanpa kontak fisik. Sensor ini dikalibrasi dengan metode jaringan syaraf tiruan (JST) menggunakan MATLAB R2015b dan persamaan linear dengan menggunakan objek kalibrasi kulit sapi dan telapak tangan manusia. Persamaan

matematika yang diinput ke dalam mikrokontroler didapat menggunakan hasil kalibrasi JST dan hasil kalibrasi persamaan linear. Proses selanjutnya menggunakan rumus JST untuk menghasilkan nilai suhu yang akurat pada sensor. Hasil yang didapat mikrokontroler diuji kembali untuk dapat dilakukannya proses validasi. Parameter dari penelitian ini yaitu mendapatkan nilai RMSE maksimal sebesar 10, nilai R^2 sebesar 0,9, dan alat dapat mengukur suhu kurang dari 2 detik.

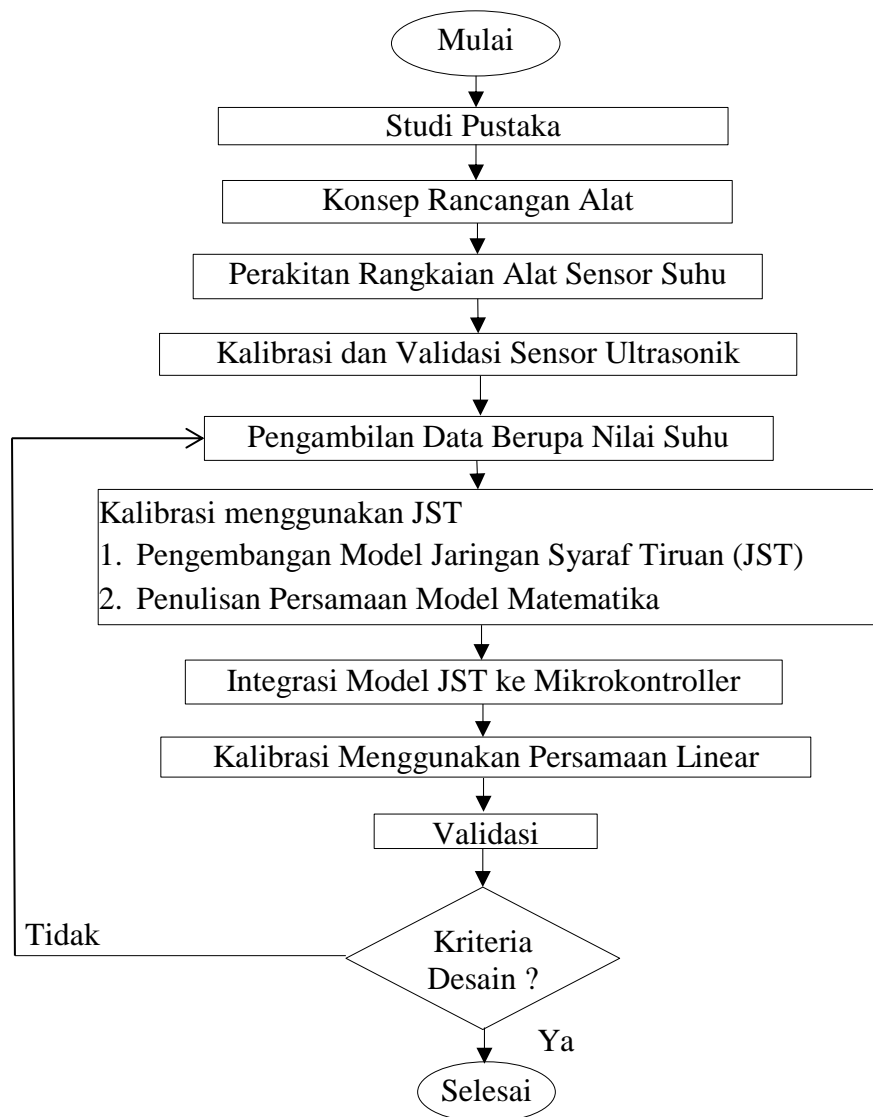
3.4. Prosedur Penelitian

Perancangan alat *non-contact thermometer* ini memanfaatkan energi radiasi inframerah yang dipantulkan dari objek, kemudian akan diproses menjadi keluaran suhu. Proses pengambilan data suhu yaitu dengan menggunakan 2 variasi objek yaitu kulit sapi dan telapak tangan. Objek terdeteksi keberadaannya oleh sensor ultrasonik sedangkan suhu yang telah diperoleh akan ditangkap menggunakan sensor MLX90614 kemudian diteruskan ke mikrokontroler menjadi sinyal analog yang dikonversi menjadi sinyal digital.

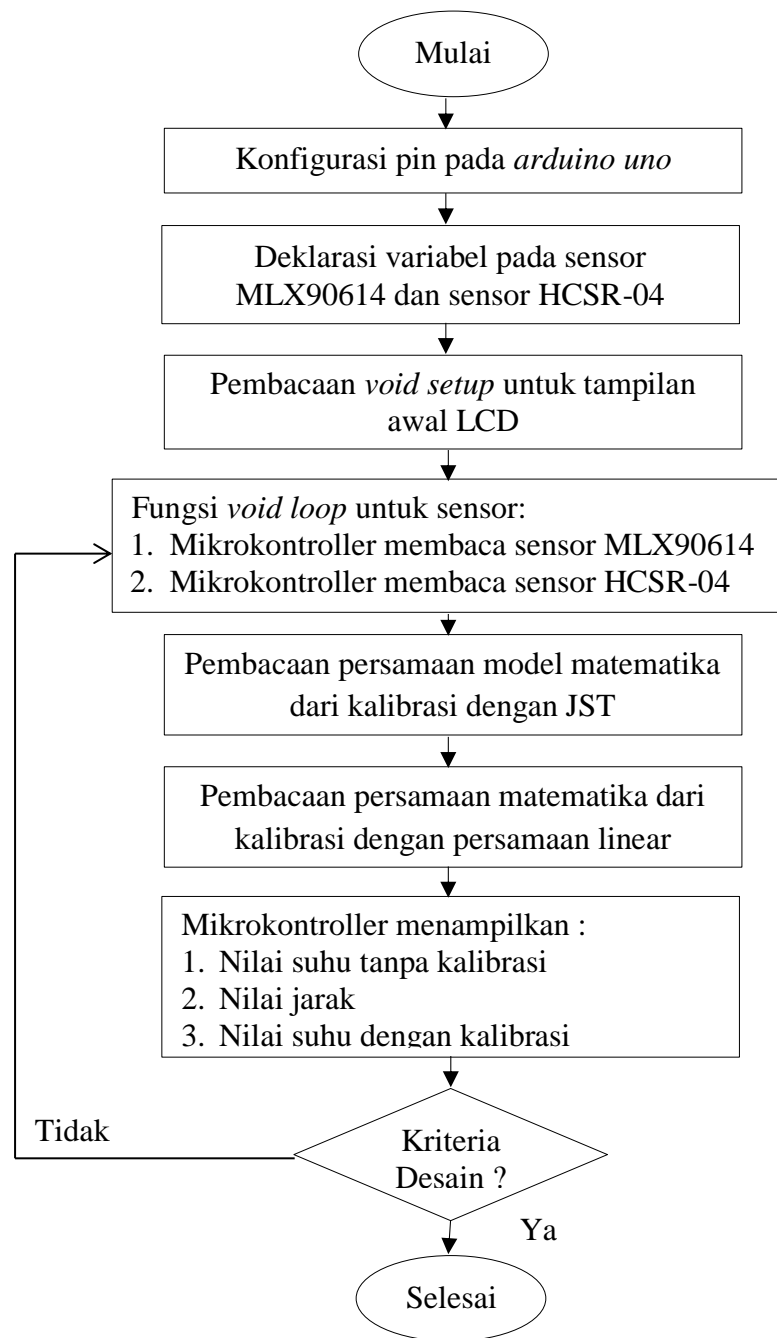
Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit sapi dan telapak tangan. Kulit sapi yang digunakan yaitu kulit sapi yang sudah ada dipasaran. Telapak tangan yang digunakan yaitu telapak tangan penulis. Objek dipanaskan dengan *hairdryer* atau air panas untuk menaikkan suhu sedangkan untuk menurunkan suhu dengan menggunakan es batu. Kalibrator yang digunakan dalam penelitian ini adalah termometer inframerah merek ROSH.

Termometer inframerah merek ROSH memiliki rentang pengukuran suhu permukaan 0°C sampai 100°C. Termometer memiliki rentang pengukuran jarak 5 cm sampai 15 cm. Termometer memiliki respon waktu setiap satu kali pengukuran sebesar 2 detik.

JST dirancang dengan mengganti nilai node dan fungsi aktivasi untuk mendapatkan komposisi terbaik dengan melihat nilai R^2 terbesar dan nilai RMSE terkecil. Selanjutnya bobot dan bias akan didapatkan setelah mendapatkan nilai R^2 dan nilai RMSE. Bobot dan bias digunakan sebagai perhitungan untuk membuat model matematika yang akan diintegrasikan ke dalam program arduino untuk melakukan proses kalibrasi kedua dengan menggunakan persamaan linear. Kalibrasi dengan persamaan linear dilakukan untuk menyempurnakan dari hasil faktor koreksi kalibrasi sebelumnya. Proses validasi merupakan tahap terakhir dari penelitian ini yaitu dengan melakukan pengambilan data kembali menggunakan program yang telah dibuat dari hasil kalibrasi dengan metode JST dan metode persamaan linear. Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu diagram prosedur penelitian dan diagram pemrograman dapat dilihat pada Gambar 5.



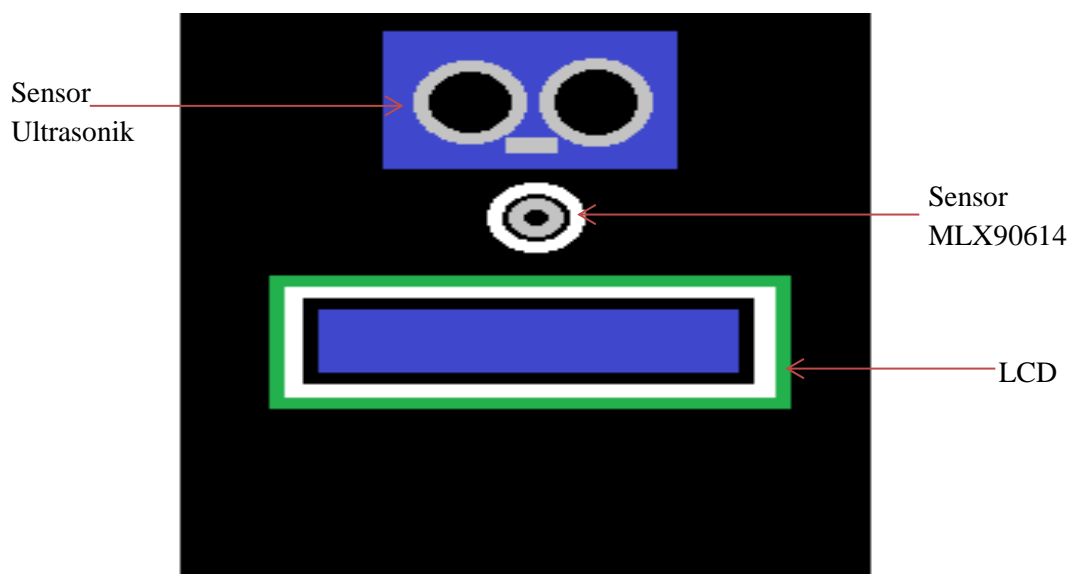
Gambar 4. Diagram alir prosedur penelitian



Gambar 5. Diagram alir pemograman

3.5. Perancangan Struktural

Pada penelitian ini, *non-contact thermometer* dirancang untuk mendeteksi temperature objek sesuai dengan kriteria desain yang diharapkan. Perancangan struktural terdiri dari perakitan perangkat keras, pengolahan data, dan hasil keluaran. Desain alat *non-contact thermometer* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain alat *non-contact thermometer*

Semua komponen yang sudah terakit dimasukkan kedalam sebuah kotak plastik agar terhindar dari debu maupun air yang dapat merusak atau menurunkan kinerja dari komponen-komponen tersebut. Komponen yang terlihat dari tampilan depan alat adalah sensor ultrasonik, sensor MLX90614, dan mikrokontroler. Komponen-komponen tersebut dirakit sesuai dengan skematik rangkaian.

3.6. Perancangan Fungsional

Pada perancangan fungsional ini dibuat sebuah *non-contact thermometer* yang berfungsi untuk mengukur temperature objek tanpa kontak fisik. Dengan jarak tertentu sensor ultrasonik mendeteksi jarak dari objek, sensor MLX90614 menangkap energi radiasi inframerah dari objek, kemudian mikrokontroller akan memberikan perintah kepada LCD untuk menampilkan hasil pengukuran suhu dari objek. Beberapa komponen yang ada pada alat ini terdiri dari sensor MLX90614, sensor ultrasonik, mikrokontroller, dan LCD dengan I2C. Komponen tersebut memiliki fungsi dan kelebihan masing-masing.

3.6.1. Sensor MLX90614

Sensor MLX90614 berfungsi untuk menangkap pancaran energi radiasi inframerah objek yang berbanding lurus dengan suhunya. Pada detektor fotosensitif dalam MLX90614 mengubah energi radiasi inframerah menjadi sinyal listrik yang berbanding lurus dengan suhu objek yang memancarkannya. Bentuk sensor MLX90614 dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sensor MLX90614

3.6.2. Sensor Ultrasonik

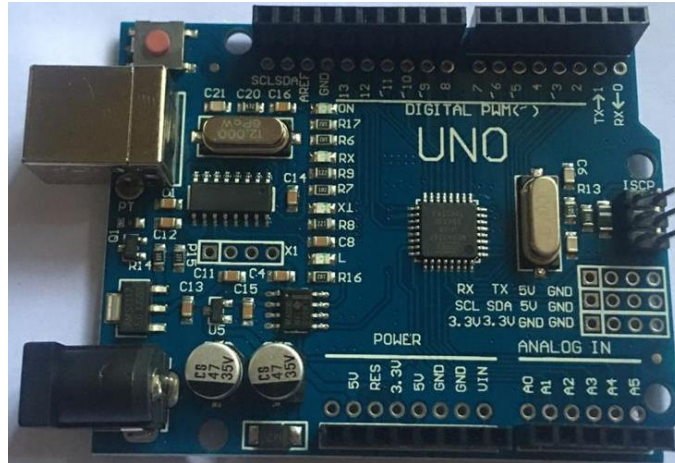
Sensor ultrasonik merupakan sensor yang memanfaatkan pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mengetahui keberadaan suatu objek. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis sensor ultrasonik HC-SR04. Bentuk sensor ultrasonik dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sensor ultrasonik HC-SR04

3.6.3. Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi untuk menerima sinyal data dari sensor. Sinyal yang ditangkap oleh mikrokontroler diolah datanya untuk memberikan output pada komponen lainnya. Bentuk mikrokontroler dan bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Mikrokontroler jenis arduino uno R3

3.6.4. *Liquid Crystal Display (LCD) dengan I2C*

Liquid crystal display (LCD) berfungsi untuk menampilkan informasi berupa besar suhu dan jarak. LCD memiliki kristal cair yang berfungsi sebagai penghasil gambar (Wahyu, 2020). LCD yang digunakan berukuran 16x2 dengan tambahan *chip module* I2C. I2C digunakan untuk menghemat penggunaan pin arduino yang digunakan, contohnya dengan menggunakan I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin Arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC, dan pin GND. Bentuk LCD dan *chip module* I2C serta bagian-bagiannya ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. *Liquid crystal display (LCD)*
Sumber : Wahyu (2020).



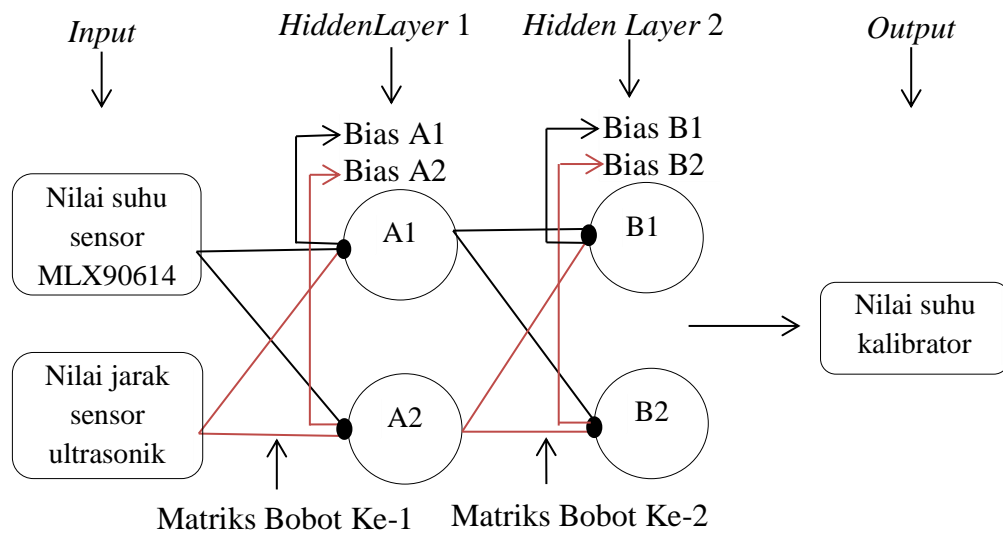
Gambar 11. *Chip module I2C*

3.7. Perancangan *Software*

Perancangan *software* merupakan gambaran desain aplikasi dan pemrograman sistem yang akan dilakukan. Desain aplikasi dan pemrograman sistem digunakan untuk melakukan perintah-perintah tertentu agar *output* sistem dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat. Perancangan *software* ini menggunakan *software* MATLAB R2015b. Perancangan *software* terdiri dari perancangan Jaringan syaraf tiruan (JST) dan pembentukan persamaan matematika dari model JST yang digunakan.

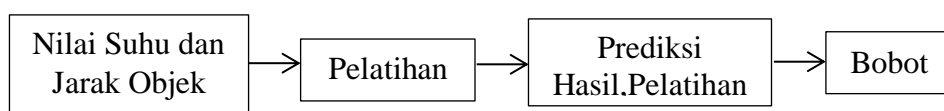
3.7.1. Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan arsitektur JST yang terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Pengambilan data dilakukan sebanyak 8 ulangan. Lapisan input terdiri nilai suhu pada sensor dan pada variasi jarak 3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm, dan 15 cm. Output yang dihasilkan adalah nilai suhu pada sensor diharapkan akan sama dengan nilai suhu pada kalibrator. Diagram arsitektur JST ditunjukkan pada Gambar 12.



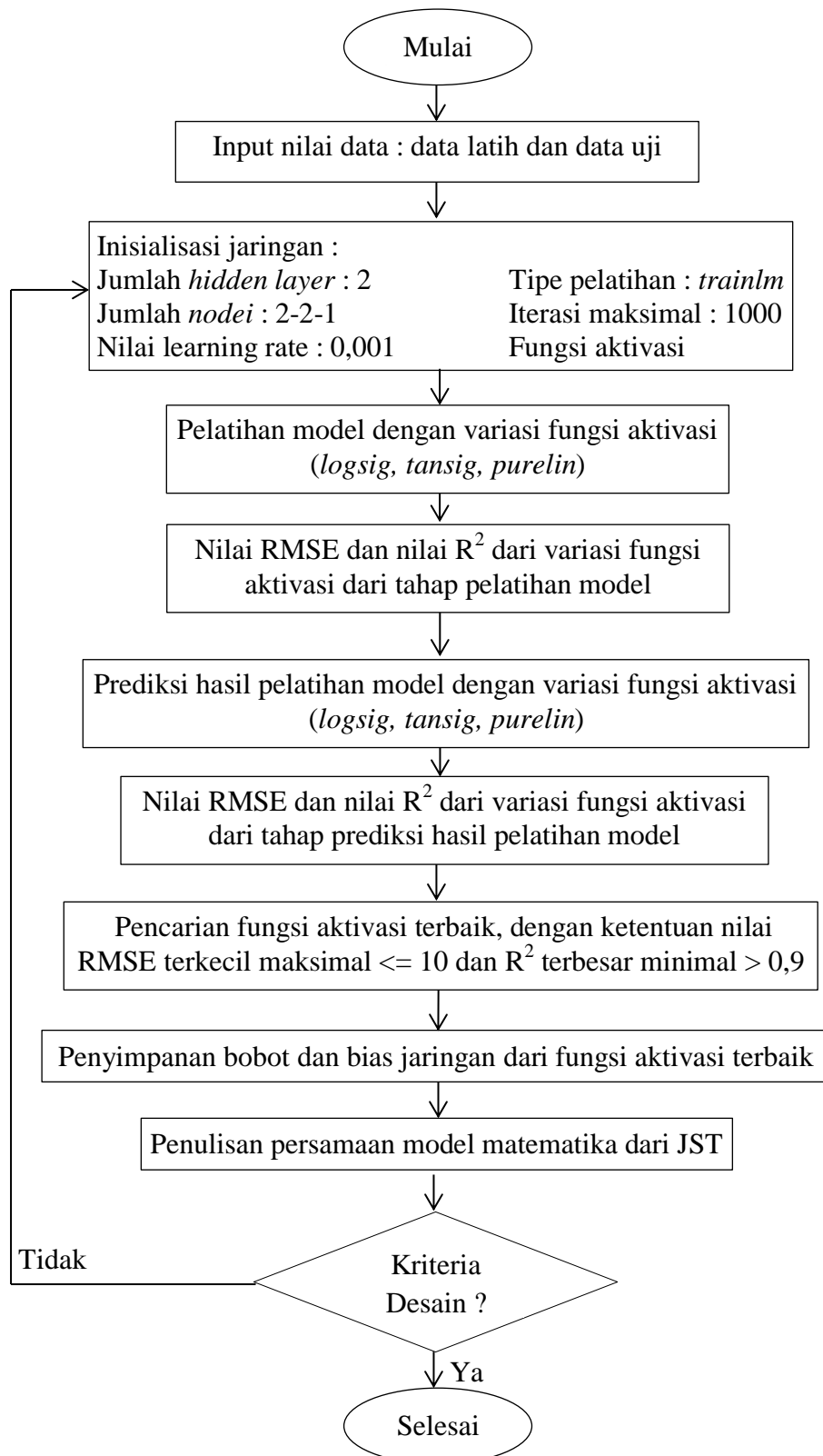
Gambar 12. Diagram arsitektur jaringan

Terdapat dua proses yang dilakukan dalam JST pada penelitian ini yaitu proses pelatihan dan proses prediksi hasil pelatihan. Untuk mengetahui komposisi aktivasi terbaik maka dilakukan proses pelatihan dan proses prediksi hasil pelatihan dengan 27 aktivasi yang kemudian dipilih satu aktivasi terbaik. Perancangan proses pembelajaran JST diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Proses pembelajaran JST

Setelah proses di atasterpenuhi maka akan didapatkan 3 jenis bobot yaitu bobot *input*, bobot *hidden*, dan bobot *output* (Nursaniansyah, 2021). Pada proses pelatihan daan prediksi hasil pelatihan jaringan, menggunakan 27 variasi fungsi aktivasi kemudian dipilih fungsi aktivasi terbaiknya. Proses pengembangan model JST dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Proses Pengembangan Model JST

Fungsi aktivasi terbaik akan menghasilkan nilai R^2 terbesar dan nilai RMSE terkecil. Fungsi aktivasi terbaik digunakan untuk proses selanjutnya yaitu pembentukan persamaan model matematikanya. Fungsi aktivasi merupakan kombinasi antara *logsig*, *tansig*, dan *purelin* seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Fungsi aktivasi

Fungsi Aktivasi	R^2	RMSE
<i>logsig-logsig-logsig</i>		
<i>logsig-logsig-tansig</i>		
<i>logsig-logsig-purelin</i>		
<i>logsig-tansig-tansig</i>		
<i>logsig-purelin-purelin</i>		
<i>logsig-tansig-purelin</i>		
<i>logsig-purelin-tansig</i>		
<i>logsig-purelin-logsig</i>		
<i>logsig-tansig-logsig</i>		
<i>tansig-tansig-tansig</i>		
<i>tansig-tansig-logsig</i>		
<i>tansig-tansig-purelin</i>		
<i>tansig-logsig-logsig</i>		
<i>tansig-purelin-purelin</i>		
<i>tansig-logsig-purelin</i>		
<i>tansig-purelin-logsig</i>		
<i>tansig-purelin-tansig</i>		
<i>tansig-logsig-tansig</i>		
<i>purelin-purelin-purelin</i>		
<i>purelin-purelin-logsig</i>		
<i>purelin-purelin-tansig</i>		
<i>purelin-logsig-logsig</i>		
<i>purelin-tansig-tansig</i>		
<i>purelin-tansig-logsig</i>		
<i>purelin-logsig-tansig</i>		
<i>purelin-tansig-purelin</i>		
<i>purelin-logsig-purelin</i>		

3.7.2. Pembentukan Persamaan Matematika dari hasil Model JST

Pembentukan persamaan matematika dilakukan dengan cara menghitung ulang bobot dan bias yang telah didapatkan dari fungsi aktivasi terbaik dengan ketentuan perhitungan sebagai berikut :

1. Pembentukan persamaan matematis dari file-file bobot dan bias yang sudah terekam dalam *folder*
2. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e-01 berarti nilai dikali 0,1
3. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e+001 berarti nilai dikali 1 (tetap)
4. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e+01 berarti nilai dikali 10
5. Persamaan fungsi aktivasi *logsig* adalah : $y = 1/(1+\exp(-x))$
6. Persamaan fungsi aktivasi *tansig* adalah : $y = (2/(1+(\text{EXP}(-2*x))))-1$
7. Persamaan fungsi aktivasi *purelin* adalah : $y = x$

Model matematika yang telah dihitung akan dimasukkan dalam program arduino untuk melakukan validasi (Sesunan, 2021).

3.8. Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu koefisien determinasi (R^2), RMSE (*Root Mean Square Error*), dan RRMSE (*Relative Root Mean Square Error*) dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Koefisien Determinasi (R^2), merupakan bentuk hubungan antara satu atau lebih variabel bebas (X) dengan satu variabel tak bebas (Y). Nilai koefisien determinasi (R^2) mempunyai interval antara 0 sampai 1 ($0 \leq R^2 \leq 1$) (Sugiyono, 2007). Koefisien Determinasi (R^2) dicari dengan membuat grafik *scatter* nilai observasi dan nilai prediksi pada *Microsoft Excel* 2010. Pada

grafik ditambahkan *treadline* lalu dipilih tipe regresi linear dan menampilkan nilai koefisien determinasi (R^2).

2. Menurut Wahyu (2021) RMSE (*Root Mean Square Error*), merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakira suatu model. Jika nilai RMSE rendah maka variasi nilai yang dihasilkan mendekati variasi nilai observasinya. RRMSE (*Relatif Root Mean Square Error*) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan besarnya kesalahan praduga dari model matematika yang dikembangkan dan dinyatakan dalam persen. Rumus perhitungan RMSE dapat dilihat pada persamaan 2 (William & Norris, 1990) dan RRMSE ditunjukkan pada persamaan 3 (Exchange, 2017):

$$\text{RMSE} = [n^{-1} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{RRMSE} = \frac{[n^{-1} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2]^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

n = jumlah data

x_i = nilai observasi ke-i

y_i = nilai prediksi ke-i

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Prototipe alat *non-contact thermometer* telah berhasil dibuat dengan komponen utama yaitu mikrokontroler, sensor ultrasonik, sensor MLX90614, dan LCD dengan I2C. Komponen dimasukkan ke dalam kotak plastik dengan ukuran $9,5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 14,5 \text{ cm}$.
2. Proses pengembangan jaringan syaraf tiruan menggunakan 2 *input layer*, 2 *hidden layer 1*, 2 *hidden layer 2*, dan 1 *output layer*, tipe pelatihan yang digunakan yaitu *tranlm*, dan *learning rate* 0,001, menghasilkan prediksi terbaik dengan fungsi aktivasi *tansig-logsig-tansig* untuk model JSTobjek kulit sapi dan fungsi aktivasi *logsig-logsig-logsig* untuk model JSTobjek telapak tangan.
3. Alat pendeteksi suhu tanpa kontak sesuai dengan kriteria desain yaitu :
 - a. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9909 atau 99,09 %, nilai RMSE sebesar 0,6361 dan nilai RRMSE sebesar 0,13 % pada objek kulit sapi.
 - b. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9743 atau 97,43 %, nilai RMSE sebesar 1,1464, dan nilai RRMSE sebesar 0,20 % pada objek telapak tangan manusia.

5.2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan agar *non-contact thermometer* ini tidak hanya dapat digunakan untuk deteksi suhu tubuh manusia saja. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk menambahkan rumah berbentuk corong kecil dan LED di sekitar sensor suhu sehingga ketika pengguna memakai alat dapat menentukan tegak lurusnya suatu objek dan alat. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya menambahkan *input* yang diteliti agar lebih banyak variasi *input* yang akan diolah dengan menggunakan JST.

DAFTAR PUSTAKA

- Arasada, B. & Suprianto, B. 2017. Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*. 6: 137–145.
- Arduino. 2015. Arduino. [Http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno) 10 October 2020.
- Arief, M.R. 2011. *Pemrograman Web Dinamis Menggunakan PHP dan MYSQL*. Andi Publisher. Yogyakarta.
- As'ady, A.M.F. 2017. *Kesesuaian Termometer Inframerah dengan Termometer Digital Terhadap Pengukuran Suhu Aksila pada Usia Dewasa Muda*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Chandra, M., Rini, S. & Permana, R. 2015. Analisis Metode Backpropagation Untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Indofood Sukses Makmur TBL (INDF). *Jurnal KomTekInfo Fakultas Ilmu Komputer*, 02(1) : 47-61
- Dinata, A.G. 2017. *Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh Manusia dengan Non-Contact Thermomete*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Exchange, S. 2017. What is The Defference Between RRMSE and RRMse. [Http:stat.stackexchange.com/question/150626/what-is-the-defference-between-rrmse-andrmse](http://stat.stackexchange.com/question/150626/what-is-the-defference-between-rrmse-andrmse).
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2012. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, Edisi 11*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Kadir, A. 2013. *Buku Pintar Programmer Pemula PHP*. Mediakom. Yogyakarta.
- Kanginan, M. 2002. *Fisika I Untuk SMA Kelas X*. Erlangga. Jakarta.
- Kozier, Erb, Berman & Synder. 2011. *Buku Ajar Fundamental Keperawatan*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.

- Kreith, F. 1991. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta.
- Manurung, H.A. 2018. *Identifikasi Karakteristik Fisik Kedelai Unggul Lokal Selama Perendaman 12 Jam Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)*. Universitas Lampung. Lampung.
- Melexis, N.V. 2015. MLX90614 Family : Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39.
- Nursaniansyah, F.R. 2021. *Rancang Bangun Perangkat Identifikasi Kemurnian Aroma Campuran Blending Biji Kopi Sangrai Natural Luwak dan Natural Arabika Menggunakan Electronic Nose dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Universitas Lampung. Lampung.
- Safitri, M. & Dinata, A.G. 2019. Non-contact Thermometer Berbasis Infra Merah. *Jurnal Teknik Elektromedik*. 10(1) : 21–26.
- Safitri, R.N. 2019. *Rancang Bangun Sensor Kelengasan dan Suhu Tanah Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan*. Universitas Lampung. Lampung.
- Saftari, F. 2015. *Proyek Robotik Keren dengan Arduino*. Elex Media Komputido. Jakarta.
- Seo, K. 2013. A Simulation Study on an Artificial Neural Networks based Automatic Control System of a Plant Factory. *International Journal of Control and Automation*. 6(5) : 127–136.
- Sesunan, B.S. 2021. *Rancang Bangun Identifikasi Jenis Kopi Menggunakan Sensor E Nose dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Universitas Lampung. Lampung.
- Sherwood, L. 2014. *Fisiologi Manusia, Edisi 8*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Sugiyono. 2007. *Metode Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Susnea, I. & Mitescu, M. 2005. *Microcontrolles in Practice*. Springer. New York.
- Suzuki, K. 2011. *Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications*. InTech. USA
- Syahwil, M. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktik: Mikrokontroler Arduino*. Andi Publisher. Yogyakarta.

- Wahyu, D.A. 2021. *Rancang Bangun Alat Ukur Kelengasan Tanah Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan pada Beberapa Jenis Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- Wartono, M., Puruhito, B. & Adrianto, A. 2018. Kesesuaian Termometer Inframerah dengan Termometer Air Raksa Terhadap Pengukuran Suhu Aksila pada Usia Dewasa Muda (18-22 Tahun). *Jurnal Kedokteran Diponegoro*. 7(2) : 1520–1529.
- William, P. & Norris, K. 1990. *Near Infrared Technology in The Agricultural and Food Industries*. American Association of Cereal Chemists Inc. America: Minnnesota.
- Wong, D.L. & Whaly. 2004. *Buku Ajar Keperawatan Pediatrik*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Wuryandari, M.D. & Afriyanto, I. 2012. Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Learning Vector Quantization pada Pengenalan Wajah. *Jurnal Kompuer dan Informatika Universitas Komputer Indonesia*. 1(1) : 45–51.
- Yuni, P.N., Pebralia, J., Dewi, C.N. & Hendro. 2015. Studi penerapan sensor MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tinggi Secara Non-Kontak Berbasis Arduino dan Labview. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*. Bandung, 89–92.