

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELENGASAN TANAH DENGAN
MULTIMETER DAN ARDUINO UNO BERBASIS JARINGAN SYARAF
TIRUAN PADA BEBERAPA JENIS TANAH**

(Skripsi)

Oleh

SRI PUJI ASTUTI



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELENGASAN TANAH DENGAN MULTIMETER DAN ARDUINO UNO BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN PADA BEBERAPA JENIS TANAH

Oleh

Sri Puji Astuti

Pengolahan lahan pada pertanian salah satunya dapat dilakukan dengan teknik olah tanah secara maksimum. Dalam teknik olah tanah ini menyebabkan tanah menjadi padat. Akibat dari terjadinya pemadatan tanah yaitu berkurangnya ketersediaan air bagi tanaman. Lengas tanah merupakan keberadaan air di dalam pori tanah. Kelengasan tanah mempunyai peran yang sangat penting yaitu menjaga kelembaban di dalam tanah. Berbagai macam jenis tanah dengan struktur dan tekstur yang berbeda memiliki kadar lengas yang berbeda. Pengukuran kadar lengas tanah salah satunya dapat dilakukan dengan metode tidak langsung, yaitu menggunakan teknologi di bidang pertanian seperti alat ukur kelengasan tanah. Akan tetapi, alat ukur kelengasan tanah yang saat ini biasa digunakan oleh petani memiliki kekurangan, yaitu perlu dilakukan proses kalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Oleh sebab itu, dirancang alat ukur kelengasan tanah dengan berbasis Jaringan Syaraf Tiruan yang telah terintegrasi ke dalam mikrokontroler, sehingga mempermudah petani dalam proses penggunaan alat tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model pengembangan terbaik persamaan matematika dari nilai kelengasan tanah pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning, Latosol, dan Kambisol dengan variasi *bulk density*. Selain itu juga untuk mendapatkan uji kinerja alat ukur kelengasan tanah berupa nilai RMSE dan analisis determinasi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Desember 2021 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pengembangan yang baik untuk memprediksi nilai kelengasan tanah yaitu pada jenis tanah Kambisol variasi *bulk density* sedang dengan diperoleh nilai R^2 sebesar 0,98, RMSE sebesar 0,53, dan RRMSE sebesar 1,79%. Sedangkan hasil uji kinerja alat ukur kelengasan

tanah yang telah dilakukan pengujian diperoleh nilai error atau RMSE sebesar 0,97, RRMSE sebesar 1,83%, dan koefisien determinasi sebesar 0,99. Dari hasil penelitian ini berarti menunjukkan bahwa pengembangan model dari nilai resistensi, *bulk density* (gembur, sedang, padat), suhu tanah, dan jenis tanah (podsolik merah kuning, latosol, kambisol) layak dalam memprediksi nilai lengas tanah.

Kata kunci : Kepadatan tanah, lengas tanah, jenis tanah, jaringan syaraf tiruan

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SOIL MOISTURE MEASURING WITH MULTIMETER AND ARDUINO UNO ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN SEVERAL TYPES OF SOIL

By

SRI PUJI ASTUTI

Land processing in agriculture can be done with maximum tillage techniques. In this tillage technique causes the soil to become compact. One of the consequences of soil compaction is reduced water availability for plants. Soil moisture is the presence of water in the soil pores. Soil moisture has a very important role, namely maintaining moisture in the soil. Various types of soil with different structures and textures have different moisture levels. One way to measure soil moisture content is the indirect method, namely using technology in agriculture, such as a soil moisture meter. However, the soil moisture meter currently commonly used by farmers has a drawback, which requires a calibration process before being used. Therefore, a soil moisture measuring instrument based on an Artificial Neural Network has been designed which has been integrated into the microcontroller, making it easier for farmers in the process of using the tool.

This study aims to obtain the best model for the development of mathematical equations from soil moisture values in Podsollic Red Yellow, Latosol, and Cambisol soil types with variations bulk density. In addition, it is also used to obtain a performance test for measuring soil moisture in the form of RMSE values and analysis of determination. This research was carried out from May to December 2021 at the Water Resources and Land Resources Engineering Laboratory, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Lampung.

The results showed that the development model was good for predicting soil moisture values, namely the variation of the Kambisol soil type bulk density while with an R^2 value of 0.98, an RMSE of 0.53, and an RRMSE of 1.79%. While the results of the performance test of the moisture measuring instrument the soil that has been tested has an error value or RMSE of 0.97, RRMSE of 1.83%,

and a coefficient of determination of 0.99. The results of this study indicate that the development of a model of resistance value, *bulk density* (loose, medium, dense), soil temperature, and soil type (podsollic red yellow, latosol, cambisol) are appropriate in predicting soil moisture value.

Keywords: Soil density, soil moisture, soil type, artificial neural network

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELENGASAN TANAH DENGAN
MULTIMETER DAN ARDUINO UNO BERBASIS JARINGAN SYARAF
TIRUAN PADA BEBERAPA JENIS TANAH**

Oleh

Sri Puji Astuti

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

**: RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELENGASAN
TANAH DENGAN MULTIMETER DAN ARDUINO
UNO BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN
PADA BEBERAPA JENIS TANAH**

Nama Mahasiswa

: Sri Puji Astuti

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1614071004

Jurusan

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.
NIP 19880325 201504 1 001

Ir. Oktafri, M.Si.
NIP 19641022 198903 1 004

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.



Sekretaris

: Ir. Oktafri, M.Si.



Penguji

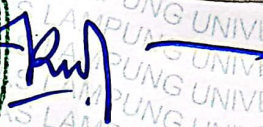
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si
NP 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Januari 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Sri Puji Astuti NPM 1614071004**. 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.TP., M.Sc. dan 2) Ir. Oktafri, M.Si. 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, 16 Februari 2023
Yang membuat pernyataan



(Sri Puji Astuti)

NPM. 1614071004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Wonokarto, Pringsewu pada tanggal 30 Maret 1998. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sofyan dan Ibu Juhaini. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar Negeri 6 Wonodadi pada tahun 2004-2010, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2010-2013, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2013-2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2016.

Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi asisten dosen pada Mata Kuliah Listrik dan Elektronika. Pada tahun 2019 bulan Januari-Februari penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Batu Tegi, Kecamatan Air Nanningan, Tanggamus. Penulis melaksanakan Praktik Umum pada tahun 2019 di PT Great Giant Pineapple (GGP) Packing House 1, Lampung Timur, Lampung selama 30 hari kerja mulai tanggal 01 Juli sampai 11 Agustus 2019 dengan judul laporan “Mempelajari Aspek Teknik pada Mesin Packing dan Uji Coba Pengaruh Waktu Jeda Supply Megabin Terhadap Penumpukan Buah Nanas pada Kolam Klorin di Packing House 1 PT. Great Giant Pineapple Lampung Timur”

Pantang dalam menyerah, pantang dalam berpatah arang. Tidak ada kata gagal untuk orang yang enggan berhasil.

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur”.

(Q.S. Yusuf: 87)

Jangan pergi mengikuti kemana jalan akan berujung. Tetapi, buat jalanmu sendiri dan tinggalkanlah jejak.

(Ralph Wardo Emerson)

Karya ini ku persembahkan untuk

Ayahku Sofyan

Ibuku Juhaini

Kakaku Muhammad Imron

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Rancang Bangun Alat Ukur Kelengasan Tanah Dengan Multimeter dan Arduino Uno Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan pada Beberapa Jenis Tanah”** Sholawat dan salam tak lupa penulis selalu haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya senantiasa kita harapkan di hari akhir kelak.

Selama proses penyusunan skripsi ini banyak pihak yang telah memberikan bimbingan, motivasi, bantuan, dan dukungan baik berupa moril dan materil.

Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc., selaku pembimbing Akademik pertama sekaligus Pembimbing pertama yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, bimbingan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Okatfri, M.Si. selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan saran sehingga dapat diselesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku pembahas yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan saran sehingga dapat diselesaikan skripsi ini.
6. Bapak Sofyan, Ibu Juhaini, Kakaku Muhammad Imron dan Ulfa Mardiniah yang selalu memberikan doa dan dukungan.
7. Teman-teman seperjuangan Agus Triyono, Diska Ayu Lestari, Witaningsih, Ahmad Fitni, Mutia Irene Situmorang atas segala dukungan, motivasi,

bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Keluarga Teknik Pertanian 2016 Adhirajasa Gajahsora dan seluruh Civitas Akademika Jurusan Teknik Pertanian.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sekalian. Penulis ucapkan terima kasih, dan penulis juga berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 16 Februari 2023

Penulis

Sri Puji Astuti

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanah.....	6
2.1.1 Klasifikasi Tanah	6
2.1.2 Tanah Podsolik Merah Kuning	7
2.1.3 Tanah Latosol	8
2.1.4 Tanah Kambisol.....	9
2.2. Kelengasan Tanah	9
2.3. Kerapatan Massa Tanah	11
2.4. Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.5. Penelitian Pendukung.....	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	20
3.2. Alat dan Bahan	20
3.3. Kriteria Desain	20
3.4. Prosedur Penelitian.....	21
3.4.1 Perlakuan Tanah	23
3.4.2 Pembuatan Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	30
3.4.3 Pembuatan Model Matematika	34
3.5. Rancangan Fungsional	35
3.6. Rancangan Struktural	38

3.7. Analisis Data	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Nilai Kelengasan Tanah	43
4.2. Hubungan Antara Nilai Kelengasan Tanah Dengan Nilai Resistensi, Variasi <i>Bulk Density</i> dan Suhu Tanah pada Beberapa Jenis Tanah	44
4.3. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	50
4.3.1 Pelatihan Model Jaringan Syaraf Tiruan	50
4.3.2 Validasi Menggunakan Matlab Pada Berbagai Fungsi Aktivasi Jaringan Syaraf Tiruan.....	54
4.3.3 Persamaan Matematika dari Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan	56
4.4. Validasi Tanpa Alat dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Beberapa Jenis Tanah, <i>Bulk Density</i> , dan Suhu Tanah	61
4.5. Integrasi Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	85
4.6. Hasil Rancangan Alat Ukur Lengas Tanah	86
4.7. Validasi Rancangan Alat Ukur Lengas Tanah	87
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	92
5.2. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Penelitian pendukung	15
2.	Data Pengukuran Tanah PMK	26
3.	Data Pengukuran Tanah Latosol	28
4.	Data Pengukuran Tanah Kambisol.....	29
5.	Fungsi Aktivasi	33
6.	Nilai persen kadar air tanah pada beberapa jenis tanah	43
7.	Hasil pelatihan model JST dengan variasi fungsi aktivasi terbaik.....	53
8.	Hasil validasi menggunakan Matlab dengan variasi fungsi aktivasi	55
9.	Padanan nama Tanah menurut berbagai Sistem Klasifikasi (disederhanakan)	107
10.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 20°C jenis tanah PMK.....	108
11.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 24°C jenis PMK	109
12.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 28°C jenis tanah PMK.....	110
13.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 20°C jenis tanah PMK.....	111
14.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 24°C jenis tanah PMK.....	112
15.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 28°C jenis tanah PMK.....	113
16.	Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 20°C jenis tanah PMK	114

17. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 24°C jenis tanah PMK	115
18. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 28°C jenis tanah PMK	116
19. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 20°C jenis tanah Latosol	117
20. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 24°C jenis tanah Latosol	118
21. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 28°C jenis tanah Latosol	119
22. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 20°C jenis tanah Latosol	120
23. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 24°C jenis tanah Latosol	121
24. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 28°C jenis tanah Latosol	122
25. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 20°C jenis tanah Latosol	123
26. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 24°C jenis tanah Latosol	124
27. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 28°C jenis tanah Latosol	125
28. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 20°C jenis tanah Kambisol	126
29. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 24°C jenis tanah Kambisol	127
30. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> gembur dan suhu 28°C jenis tanah Kambisol	128
31. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 20°C jenis tanah Kambisol	129
32. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 24°C jenis tanah Kambisol	130

33. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> sedang dan suhu 28°C jenis tanah Kambisol.....	131
34. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 20°C jenis tanah Kambisol	132
35. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 24°C jenis tanah Kambisol	133
36. Data kadar lengas, resistensi pada <i>bulk density</i> padat dan suhu 28°C jenis tanah Kambisol	134
37. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah PMK <i>bulk density</i> gembur..	135
38. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah PMK <i>bulk density</i> sedang ...	136
39. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah PMK <i>bulk density</i> padat.....	137
40. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Latosol <i>bulk density</i> gembur	138
41. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Latosol <i>bulk density</i> sedang	139
42. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Latosol <i>bulk density</i> padat ..	140
43. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Kambisol <i>bulk density</i> gembur	141
44. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Kambisol <i>bulk density</i> sedang	142
45. Nilai pengujian alat dengan nilai aktual tanah Kambisol <i>bulk density</i> padat.....	143
46. Penurunan bobot tanah PMK <i>bulk density</i> gembur.....	144
47. Penurunan bobot tanah PMK <i>bulk density</i> sedang.....	145
48. Tabel penurunan bobot tanah PMK <i>bulk density</i> padat	146
49. Penurunan bobot tanah latosol <i>bulk density</i> gembur.....	147
50. Penurunan bobot tanah latosol <i>bulk density</i> sedang.....	148
51. Penurunan bobot tanah latosol <i>bulk density</i> padat	149
52. Penurunan bobot tanah kambisol <i>bulk density</i> gembur.....	150
53. Penurunan bobot tanah kambisol <i>bulk density</i> sedang.....	151
54. Penurunan bobot tanah kambisol <i>bulk density</i> padat	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Skema dasar jaringan syaraf tiruan	14
2.	Diagram prosedur penelitian	22
3.	Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	31
4.	Proses Pengembangan Model pada JST.....	32
5.	Model matematis JST.....	34
6.	Resistor.....	36
7.	Potensiometer.....	37
8.	Mikrokontroler Jenis Arduino Uno.....	37
9.	Liquid Crystal Display	38
10.	Multimeter Analog	39
11.	Probe kelengasan tanah	40
12.	Termometer digital.....	40
13.	Desain alat sensor kelengasan tanah	41
14.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> gembur pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah PMK	44
15.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> sedang pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah PMK	45
16.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> padat pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah PMK.....	45
17.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> gembur pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Latosol	46
18.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> sedang pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Latosol	46
19.	Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> padat pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Latosol.....	47

20. Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> gembur pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Kambisol.....	48
21. Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> sedang pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Kambisol.....	48
22. Hubungan antara nilai kelengasan tanah dengan nilai resistensi, variasi <i>bulk density</i> padat pada suhu 20°C, 24°C, 28°C jenis tanah Kambisol	49
23. Tampilan layar <i>running</i> pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan pada MATLAB..	51
24. Grafik nilai performa dari pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan	51
25. Grafik perbandingan nilai observasi dan nilai prediksi pada pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan	52
26. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan	54
27. Grafik validasi menggunakan Matlab	56
28. Validasi tanpa alat dengan JST pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning	61
29. Validasi tanpa alat dengan JST pada jenis tanah Latosol	62
30. Validasi tanpa alat dengan JST pada jenis tanah Kambisol	62
31. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> gembur pada jenis tanah PMK	63
32. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> sedang pada jenis tanah PMK	64
33. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> padat pada jenis tanah PMK.....	64
34. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> gembur pada jenis tanah Latosol	65
35. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> sedang pada jenis tanah Latosol	65
36. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> padat pada jenis tanah Latosol.....	66
37. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> gembur pada jenis tanah Kambisol	66
38. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> sedang pada jenis tanah Kambisol	67

39. Validasi tanpa alat dengan JST variasi <i>bulk density</i> padat pada jenis tanah Kambisol	67
40. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah PMK	69
41. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah PMK	69
42. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah PMK	70
43. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah PMK.....	70
44. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah PMK.....	71
45. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah PMK.....	71
46. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah PMK	72
47. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah PMK	72
48. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah PMK	73
49. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Latosol	74
50. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Latosol	75
51. Validasi tanpa alat JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Latosol	75
52. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Latosol	76
53. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Latosol	76
54. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Latosol	77

55. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Latosol.....	77
56. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Latosol.....	78
57. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Latosol.....	78
58. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Kambisol.....	80
59. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Kambisol.....	80
60. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> gembur jenis tanah Kambisol.....	81
61. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Kambisol.....	81
62. Validasi tanpa alat dengan i JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Kambisol	82
63. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> sedang jenis tanah Kambisol.....	82
64. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 20°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Kambisol	83
65. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 24°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Kambisol	83
66. Validasi tanpa alat dengan JST pada suhu tanah 28°C variasi <i>bulk density</i> padat jenis tanah Kambisol	84
67. Tampilan bahasa pemrograman arduino yang telah di <i>upload</i>	85
68. Alat ukur kelengasan tanah	86
69. Rancangan alat ukur kelengasan tanah	86
70. Komponen alat ukur kelengasan tanah	87
71. Proses validasi pada alat.....	88
72. Grafik validasi nilai aktual pengujian alat dengan nilai lengas tanah gravimetrik (%).....	89

73. Grafik validasi nilai aktual pengujian alat dengan nilai gravimetrik (%) tanah PMK	90
74. Grafik validasi nilai aktual pengujian alat dengan nilai gravimetrik (%) tanah Latosol	91
75. Grafik validasi nilai aktual pengujian alat dengan nilai gravimetrik (%) tanah Kambisol	91
76. Rata-rata validasi tanpa alat dengan JST jenis tanah PMK.....	153
77. Rata-rata validasi tanpa alat dengan JST jenis tanah Latosol	153
78. Rata-rata validasi tanpa alat dengan JST jenis tanah Kambisol.....	154
79. Penginputan data latih	155
80. Penginputan data uji	155
81. Penginputan data uji pada notepad.....	156
82. Penginputan nilai output pada kolom nilai observasi di hasil latih dan hasil uji.....	156
83. Tampilan awal pada aplikasi MATLAB	157
84. Membuka file pelatihan dan pengujian pada MATLAB.....	157
85. Tampilan pelatihan pada MATLAB	158
86. Tampilan proses <i>running</i> pada pelatihan	158
87. Grafik hasil pelatihan	159
88. Tampilan proses <i>running</i> pada pengujian	159
89. Hasil prediksi pada proses pelatihan	160
90. Hasil prediksi pada proses pengujian.....	160
91. Tampilan file pada bobot dan bias	161
92. Proses pengayakan tanah kambisol.....	161
93. Proses pengayakan tanah latosol.....	162
94. Proses pengayakan tanah podsolik merah kuning.....	162
95. Penimbangan bobot isi pada tanah.....	163
96. Pengambilan nilai resistensi.....	163
97. Mesin <i>shop press</i>	164
98. Proses pengovenan tanah	164
99. Skematik rangkaian alat ukur lengas tanah.....	165

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah dalam bidang pertanian diartikan sebagai media pertumbuhan suatu tanaman. Menurut Hardjowigeno (2010), tanah merupakan kumpulan dari benda-benda alam yang terdapat di permukaan bumi dan terdiri dari berbagai macam bahan organik, bahan mineral, udara, dan air. Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan yang bercampur dengan sisa bahan organik dan organisme yang hidup di dalamnya. Kemampuan tanah dikatakan sebagai habitat tanaman dan menghasilkan bahan yang baik ditentukan dari kesuburan tanah tersebut (Sutanto, 2005). Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan tanaman agar dapat bertahan hidup dan berproduksi dengan baik. Kesuburan tanah ditentukan dengan ketersediaan air dan unsur hara didalam tanah.

Jenis tanah yang ada di Indonesia memiliki sebaran luas yang berbeda. Seperti pada tanah ultisol podsolik merah kuning memiliki sebaran luas tanah mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas dataran Indonesia (Subagyo at al. 2004). Tanah latosol memiliki sebaran luas tanah 84.360.000 ha, dan sebaran tanah kambisol mencapai 70.540.000 ha.

Adapun sebaran jenis tanah yang terdapat disetiap kabupaten yang ada di Provinsi Lampung antara lain pada wilayah Bandar Lampung menurut Kuswadi (2014) jenis tanah yang ada yaitu tanah Andosols, Mollisols, Vertisols, Ultisols, Inceptisols, Oxisols, Entisols. Jenis tanah di Kabupaten Pringsewu yaitu Aluvial Hidrik, Gleisol Distrik, Kambisol, dan Podsolik (Lubis, 2021). Kabupaten Tanggamus memiliki sebaran jenis tanah yaitu Aluvial, Andosol, dan Latosol (Darmawan, 2021). Wilayah Kabupaten Lampung Timur memiliki jenis tanah yaitu Podsolik Merah Kuning, Podsolik kekuning-kuningan, Kambisol, Latosol

coklat kemerahan, Latosol merah, hidromorf kelabu, alluvial hidromorf, regosol coklat kekuningan, alluvial coklat kelabu, dan latosol merah. Wilayah Kabupaten Lampung Selatan memiliki jenis tanah dengan kelas ordo tanah Ultisol, Inceptisol, Alfisol, dan Entisol (Fauzi, 2018). Berdasarkan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Lampung (2016) Kabupaten Pesisir Barat memiliki jenis tanah yaitu Andisol, Inceptisol, Oxisol, Ultisol, dan Entisol. Menurut Hasil Rekapitulasi Data Peta Jenis Tanah Tahun 2017 di Lampung Barat memiliki sebaran tanah yaitu Andosol, Latosol Kekuningan, Podsolik Merah Kuning, Regosol, dan Aluvial.

Pemadatan tanah adalah penyusunan partikel-partikel di dalam tanah karena adanya gaya tekan di atas permukaan tanah, sehingga menyebabkan ruang pori tanah menjadi sempit (Pamungkas, 2004). Pengolahan lahan secara terus-menerus merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produksi pertanian. Akan tetapi dalam proses ini mengakibatkan tanah mengalami pemadatan tanah atau kerapatan isi tanah. Selain itu, penggunaan alat berat pertanian menjadi penyebab meningkatnya kerapatan massa tanah (*bulk density*) (Diazjunior, 2003). Pemadatan pada tanah merupakan hal yang tidak diinginkan dalam pertanian karena dapat mengurangi penyebab aerasi tanah, menghambat pertumbuhan akar dan perkecambahan tanaman, serta mengurangi ketersediaan air tanah.

Air tanah merupakan salah satu sifat fisik yang mempunyai peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Air tanah juga merupakan salah satu masukan penting dalam kegiatan pertanian khususnya pada produksi pertanian. Seperti pemberian air yang tepat akan membuat pertumbuhan tanaman menjadi optimal. Sedangkan, pemberian air pada tanaman yang sedikit atau berlebihan akan menyebabkan tanaman tersebut menjadi kering atau busuk. Keberadaan air di dalam pori tanah disebut juga dengan lengas tanah. Lengas tanah mempunyai peran penting dalam proses pertumbuhan tanaman yaitu menjaga kelembaban tanah. Kelembaban tanah berhubungan langsung dengan volume ruang pori, luas permukaan ruang partikel tanah, tekstur dan struktur tanah (Foth and Truck, 1972). Tekstur, struktur dan kadar bahan organik tanah berpengaruh terhadap jumlah air yang tersedia bagi tanaman (Buckman dan Brady, 1971).

Jenis tanah dengan tekstur dan struktur yang berbeda memiliki ukuran pori yang berbeda, ini dapat berpengaruh langsung terhadap kadar lengas tanah yang terkandung dari tanah tersebut. Pengelompokan jenis tanah bertekstur kasar akan memiliki kemampuan menahan air lebih sedikit dibandingkan dengan tanah yang bertekstur halus. Seperti halnya pada penelitian ini menggunakan jenis tanah dengan tesktur yang berbeda yaitu tanah podsolik merah kuning bertekstur lempung, tanah latosol bertekstur liat, dan tanah kambisol bertesktur debu. Maka dari perbedaan ketiga tekstur yang berbeda, kadar lengas yang terkandung di dalam tanah akan berbeda.

Teknik pengukuran kadar lengas tanah dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dapat dilakukan dengan cara pemisahan air dari matriks tanah dan dilakukan pengukuran langsung dari jumlah air yang dipisahkan. Pemisahan air dengan cara pemanasan disebut dengan metode gravimetrik dan termasuk ke dalam metode pengukuran secara langsung (Topp and Ferre, 2002). Jumlah air yang dipisahkan ditentukan dengan mengukur perubahan massa atau berat setelah proses pemanasan dan dilakukan pengukuran kuantitatif dari hasil reaksi. Sementara metode tidak langsung merupakan metode yang dilakukan dengan cara mengukur beberapa sifat fisik atau kimia tanah yang berhubungan dengan kadar air tanah, atau bisa juga dilakukan dengan teknologi yang ada di bidang pertanian

Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam melakukan pengukuran kadar air secara tidak langsung yaitu alat ukur kelengasan tanah. Perancangan alat ukur kelengasan tanah berdasarkan kerapatan isi tanah (*bulk density*) dan suhu tanah yang terdapat dari setiap jenis tanah. Alat ukur kelengasan tanah yang saat ini digunakan oleh petani masih terdapat kekurangan, yaitu harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu sebelum penggunaannya di lapangan. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini merancang alat ukur dengan menggunakan multimeter dan arduino uno dengan berbasis jaringan syaraf tiruan yang proses penggunaannya dapat langsung digunakan di lapangan tanpa dilakukan pengkalibrasian. Jaringan syaraf tiruan digunakan agar nilai yang dihasilkan lebih presisi dan juga mudah penggunaannya. Model matematika yang telah diperoleh

dari proses persamaan matematika, kemudian diinput ke dalam mikrokontroler. Sehingga, pada proses penggunaan di lahan, petani hanya memerlukan probe dan rangkaian mikrokontroler yang telah berisi model matematika dan dapat langsung melakukan pengukuran kelengasan tanah.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian yaitu :

1. Bagaimana mendapatkan nilai kadar lengas tanah pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning, Latosol, dan Kambisol berdasarkan variasi *bulk density*?
2. Bagaimana mengetahui model pengembangan matematika yang terbaik dari nilai lengas tanah pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning, Latosol, dan Kambisol?
3. Bagaimana kinerja alat ukur kelengasan tanah?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan, yaitu :

1. Mendapatkan nilai kelengasan tanah pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning, Latosol, dan Kambisol berdasarkan variasi *bulk density*.
2. Mendapatkan model pengembangan yang lebih baik dari nilai kelengasan tanah pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning, Latosol, dan Kambisol dengan variasi *bulk density*.
3. Mendapatkan uji kinerja alat ukur kelengasan tanah berupa RMSE dan RRMSE.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu mempermudah dalam mengoperasikan alat ukur lengas tanah untuk mendeteksi nilai lengas tanah dengan mudah. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai referensi ilmiah dan teknik bagi Jurusan Teknik Pertanian dan masyarakat.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Tanah yang digunakan adalah tanah ultisol podsolik merah kuning, latosol, dan kambisol.
2. Percobaan yang dilakukan pada skala laboratorium.

Bulk density pada tanah digunakan dengan menggunakan tiga variasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah merupakan bahan padat dari hasil interaksi pelapukan dan aktivitas biologis oleh suatu bahan induk atau batuan keras yang mendasarinya (Arsyad, 1989). Menurut (Sarief 1986), tanah adalah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik atau pelapukan sisa tumbuhan dan hewan yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan.

Tanah sangat mendukung terhadap kehidupan tanaman yang menyediakan hara dan air di bumi. Dalam mengetahui kualitas tanah di suatu wilayah, maka harus memahami karakteristik tanah itu sendiri. Cara yang paling mudah untuk dilakukan adalah dengan mengamati warna dan tekstur dari tanah tersebut, karena warna dan tekstur tanah di setiap wilayah dan kedalaman itu berbeda. Sifat dan ciri tanah yang dapat dipelajari dan diamati di lapangan dinamakan morfologi tanah. Pengamatan morfologi tanah dilakukan pada profil tanah. Beberapa sifat morfologi tanah yaitu warna, struktur, tekstur, tebal horison, batas horison, pH tanah, konsistensi dan lain-lain.

2.1.1. Klasifikasi Tanah

Menurut Hardjowigeno (2010) klasifikasi tanah adalah usaha untuk membedakan tanah berdasarkan atas sifat – sifat yang dimilikinya. Dengan cara ini maka tanah-tanah dengan sifat yang sama dimasukkan ke dalam satu kelas yang

sama. Hal ini penting karena tanah-tanah dengan sifat yang berbeda memerlukan perlakuan atau pengelolaan yang berbeda pula. Klasifikasi tanah sangat penting untuk mengorganisasi pengetahuan kita tentang tanah sehingga sifat-sifat tanah dan produktivitasnya dapat diketahui. Pemborosan pemanfaatan lahan yang dapat mengancam kelestarian sumber daya lahan dapat dihindari jika penggunaan suatu jenis tanah didasarkan atas sifat-sifat yang dimilikinya, sehingga pemanfaatan atas tanah dapat lebih produktif (Hardjowigeno, 1993).

2.1.2 Tanah Podsolik Merah Kuning

Di Indonesia ada bermacam-macam jenis tanah, dimana tanah tersebut memiliki sifat dan cirinya masing-masing yang merupakan pembeda antara satu tanah dengan yang lainnya. Salah satunya adalah tanah Podsolik Merah Kuning (PMK). Menurut Hardjowigeno (1995) tanah podsolik merah kuning setara dengan tanah ultisol berdasarkan sistem USDA *Soil Taxonomy* tahun 1975. Ultisol merupakan tanah mineral yang berkembang dan mengalami pelapukan lanjut dan pencucian yang intensif. Adanya pencucian yang intensif menyebabkan tanah ini bersifat masam dan kejenuhan basa rendah sampai ke lapisan bawah. Tanah ini sering disebut sebagai tanah bermasalah atau tanah marginal, ini dikarenakan relatif kurang subur, kandungan unsur haranya rendah dan bereaksi masam. Kendala Ultisol (PMK) baik ditinjau dari segi fisika, kimia dan biologi tanah, seperti bahan organik rendah sampai sedang, kemasaman tinggi, kandungan unsur hara, N, P, K rendah, nilai KTK dan KB rendah, sangat peka erosi. Walaupun tanah ultisol ini mempunyai sifat kimia yang kurang baik, tetapi jika dilakukan pengelolaan tanah yang sesuai bisa berproduksi secara optimal (Buckman, 1982).

Menurut Darmawijaya (1990), jenis tanah ini berupa tanah mineral yang telah berkembang, solum (kedalaman) dalam, tekstur lempung hingga berpasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, bersifat agak asam (pH kurang dari 5,5), kesuburan rendah hingga sedang, warna merah hingga kuning, kejenuhan basa rendah, dan peka erosi. Tanah ini berasal dari batuan pasir kuarsa, tuff vulkanik, dan bersifat asam. Tanah ini tersebar di daerah beriklim basah tanpa bulan kering, dengan

curah hujan lebih dari 2500 mm/tahun. Di Indonesia, tanah ini umumnya berkembang dari bahan induk tua dan banyak ditemukan di daerah dengan bahan induk batuan liat (Hardjowigeno, 1993). Tanah PMK mempunyai sifat peka terhadap erosi, perkolasi dan infiltrasi yang rendah, pH tanah yang rendah, kandungan Al yang tinggi, kandungan bahan organik yang rendah, serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman rendah (Harjoso, 2002).

2.1.3. Tanah Latosol

Tanah latosol merupakan tanah marginal dengan tingkat kesuburan rendah. Tanah latosol terbentuk pada daerah yang bercurah hujan sekitar 2000 sampai 4000 mm tiap tahun. Menurut Buringh (1970) Latosol terbentuk oleh proses feralisasi dan latosolisasi. Proses ini meliputi seperti pelapukan yang intensif secara kontinu dan proses hidrolisis silika, pencucian basa-basa dan silika yang mengakibatkan tertimbunnya seskuioksida secara relatif pada horison B, dan pembentukan mineral liat kaolinit. Tanah latosol memiliki solum tanah tebal sampai sangat tebal (130-150 cm), warna tanah merah, coklat sampai kekuning-kuningan reaksi tanah (pH) antara 4,5 sampai 6,5 (asam sampai agak asam), dan produktivitas rendah sampai sedang (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Sifat-sifat tanah yang dijumpai mulai dari sifat fisik tanah yaitu berwarna merah hingga coklat. Berhorizon A (horizon di permukaan dan merupakan campuran bahan organik dan bahan mineral serta merupakan horison eluviasi (pencucian), B2 (horizon penimbunan (iluviasi) maksimum liat, Fe dan Al oksida), C (horizon Bahan induk dan sedikit terlapuk). Sifat kimia yang dijumpai adalah memiliki kemasaman tinggi (pH 4,5-6,5), kandungan hara rendah, berkadar bahan organik rendah hingga sedang (3-10 %) di lapisan atas dan semakin kebawah semakin rendah, kapasitas tukar kation rendah, kejenuhan basa rendah sampai sedang (20-65 %), kandungan Al dan Fe yang dapat dipertukarkan relatif tinggi, kandungan silika dan seskuioksida tinggi, strukturnya baik, permaabilitas dan stabilitas agregat tinggi, dan kepekaan terhadap erosi rendah (Soepraptohardjo, 1961). Tanah latosol lebih cocok untuk tanaman seperti tebu, cokelat, kopi dan karet. Tanah ini tersebar di Jawa, Sumatera, Bali dan Sulawesi.

2.1.4. Tanah Kambisol

Tanah kambisol merupakan tanah yang memperlihatkan sifat hidromorfik di dalam kedalaman 50 cm dari permukaan, tidak mempunyai horison penciri (kecuali jika tertimbun 50 cm bahan baru) selain horison A, horison H, horison B kambik, klasik atau gipsik. Ciri-ciri tanah yaitu permukaan tanah tertutup seresah dan pohon-pohon hutan yang terletak di atas suatu lapisan daun berwarna hampir hitam sangat tipis. Horizon mineral A yang paling atas berwarna cokelat-kekelabuan-kelam atau kuning-kekelabuan dengan tekstur debu atau geluh-debuan, struktur berbutir tunggal sampai kersai lemah dengan retakan horizontal yang kasar dan reaksi umumnya asam makin dalam makin asam, tebalnya tergantung susunan bahan induk. Horizon B berwarna coklat atau coklat kuning dengan kadar lempung yang lebih besar, struktur lebih nyata bergumpal membulat, reaksi umum asam, tebal berkisar antara 1-2 *feet*.

Tanah kambisol atau inceptisol memiliki ciri-ciri yaitu KTK rendah, pH masam, ketersediaan Ca, Mg, Na, N, P dan K rendah. Kambisol juga memiliki solum tanah dalam sampe sangat dalam, pori mikro banyak, tekstur lempung liat berdebu, struktur remah dan konsistensi lekat.

2.2. Kelengasan Tanah

Lengas tanah yaitu air yang mengisi sebagian atau seluruh pori tanah atau terserap pada permukaan lempung dan bahan organik (Baver *et al*, 1972). Air merupakan kebutuhan pokok bagi tanaman dan bahan penyusun utama dari protoplasma sel. Besarnya kebutuhan air bagi tanaman dipenharuhi oleh beberapa faktor antara lain jenis tanaman, kadar air tanah, dan kondisi cuaca (Fitter dan Hay, 1994). Lengas tanah adalah air yang terdapat dalam tanah yang terikat oleh berbagai gaya (matrik, osmosis, dan kapiler). Gaya ini meningkat sejalan dengan peningkatan permukaan jenis zarah (bobot) dan kerapatan muatan elektrostatik zarah tanah. Tegangan lengas tanah juga menentukan beberapa banyak air yang dapat diserap tumbuhan. Bagian lengas tanah yang tumbuhan mampu menyerap dinamakan air ketersediaan (Notohadiprabowo, 2006).

Kandungan air tanah merupakan hal penting dalam hubungan antara tanah, atmosfer, dan tanaman. Air yang diserap tanaman adalah air yang berada pada pori-pori tanah. Setiap jenis tanah memiliki distribusi dan ukuran pori yang berbeda-beda, ini mempengaruhi ketersediaan air di dalam tanah. Secara umum, air tersedia adalah selisih kandungan air pada kapasitas lapang dan titik layu permanen yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan penjadwalan waktu irigasi pada proses budidaya. Kadar air kapasitas lapang adalah kadar air tanah di lapang pada saat air drainase sudah berhenti atau hampir berhenti mengalir karena adanya gaya gravitasi setelah sebelumnya tanah tersebut mengalami kondisi jenuh sempurna. Kandungan air kapasitas lapang merupakan persentase kandungan air yang ditahan oleh tanah pada retensi 0,1 hingga 0,5 atm.

Gaya yang mengikat lengas tanah ada tiga yakni 1) Gaya ikat matrik berasal dari tarikan antar partikel tanah kemudian meningkat sesuai dengan peningkatan permukaan jenis dan kerapatan muatan elektrostatis partikel tanah. 2) Gaya osmosis dipengaruhi oleh zat terlarut dalam air. 3) Gaya kapiler dibangkitkan oleh pori-pori tanah berkaitan dengan tegangan. Menurut penelitian Manohara (2008), formulasi starter yang diinfestasikan ke dalam tanah dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada kelengasan tanah 70% kapasitas lapang. Lengas berperan sangat penting dalam proses genesa tanah, kelangsungan hidup tanaman dan jasad renik tanah serta siklus hara. Setiap reaksi kimia dan fisika yang terjadi di dalam tanah hampir selalu melibatkan air sebagai media pelarut garam-garam mineral, senyawa asam dan basa serta ion-ion dan gugus-gugus organik maupun anorganik. Faktor faktor yang dapat mempengaruhi kelengasan tanah yaitu tekstur tanah, struktur tanah, dan porositas tanah. Tekstur tanah menentukan bentuk dari tanah tersebut apakah berpasir, berlempung atau berdebu. Struktur tanah yaitu susunan dari tanah itu sendiri dan porositas tanah yaitu ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam tanah. Tanah yang porous berarti tanah yang mempunyai pori tanah yang cukup untuk pergerakan udara dan air di dalam tanah (Hanafiah, 2012).

Sensor kelembaban atau kadar lengas tanah sangat penting dalam menentukan waktu irigasi suatu tanaman, kedalaman pembahasan tanah, kedalaman

pertumbuhan akar tanaman dan kecukupan pembahasan tanah. Kadar lengas tanah itu sendiri merupakan air yang terdapat dalam tanah yang terikat oleh berbagai kakas, yaitu kakas ikat matrik, osmosis dan kapiler. Kadar lengas tanah juga sering disebut juga sebagai kandungan air yang terdapat dalam pori tanah. Untuk menyatakan satuan kadar lengas ini yaitu dapat berupa persen atau bisa juga persen pervolume. Menurut Harjadi (1993), kadar lengas tanah pada saat kondisi jenuh gerakan dari titik kesatu ketitik yang lainnya dipengaruhi oleh potensial dan jarak antar titik. Kadar lengas tanah yang potensial terdiri atas potensial gravitasi, potensial tekanan, dan potenaial osmotik. Potensial gravitasi merupakan gaya gravitasi, sehingga besarnya tergantung posisi benda terhadap pusat bumi. Potensial tekanan dalam kondisi tak jenuh lebih rendah dari tekanan atmosfer sehingga berharga negatif. Potensial osmotik dapat mempengaruhi aliran lengas jika terdapat membran difusi yang dapat meloloskan air tetapi tidak garam-garam yang terlarut. Kadar lengas tanah yang semakin rendah dapat menyebabkan penurunan berat kering tanaman saat panen (Permanasari dan Silistyaningsih, 2013). Persentase kadar lengas tanah atau kadar air tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar air tanah} : \frac{W-W_1}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

W = Berat basah tanah (gram)

W1 = Berat kering tanah (gram)

2.3. Kerapatan Massa Tanah

Berat jenis tanah (*bulk density*) adalah massa tanah kering yang mengisi ruangan di dalam lapisan tanah. Berat jenis tanah dengan demikian merupakan massa per satuan tanah kering. Volume tersebut mewakili ruangan dalam tanah yang terisi butir-butir tanah. Dalam sistem matrik, massa dan berat tanah di permukaan bumi secara numerik dapat dianggap sebanding. Dalam hal ini, massa dari berat tanah ditunjukkan dengan unit satuan gram, sementara volume air yang terkandung dalam tanah ditunjukkan dengan unit

satuan cm^3 . Besarnya angka berat jenis tanah bervariasi mulai dari 0,5 pada lapisan tanah remah sampai 1,8 pada tanah pasir padat. Tanah di bawah tegakan hutan umumnya mempunyai nilai berat jenis tanah antara 0,9 dan 1,3 (Asdak, 2007).

Kerapatan massa tanah (*bulk density*) menyatakan berat volume tanah, dengan seluruh ruang tanah diduduki butir padat dan pori yang masuk dalam perhitungan. Berat volume dinyatakan dalam massa suatu kesatuan volume tanah kering. Volume yang dimaksud adalah mengenai benda padat dan pori yang terkandung di dalam tanah. *Bulk density* dipengaruhi oleh padatan tanah, pori-pori tanah, struktur, tekstur, ketersediaan bahan organik, serta pengolahan tanah sehingga dapat dengan cepat berubah akibat pengolahan tanah dan praktek budidaya (Hardjowigeno, 2003). Tanah lebih padat mempunyai *bulk density* yang lebih besar daripada tanah mineral yang bagian atasnya mempunyai kandungan *bulk density* yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah dibawahnya. *Bulk density* di lapangan tersusun atas tanah-tanah mineral yang umumnya berkisar $1,0 - 1,6 \text{ gr/cm}^3$. Tanah organik memiliki nilai *bulk density* yang lebih ringan, yaitu berkisar antara $0,1-0,9 \text{ gr/cm}^3$ pada bahan organik. *Bulk density* atau kerapatan massa tanah banyak mempengaruhi sifat fisik tanah, seperti porositas, kekuatan, daya dukung, kemampuan tanah menyimpan air drainase dan lain-lain. Sifat fisik tanah ini banyak bersangkutan dengan penggunaan tanah dalam berbagai keadaan (Hardjowigeno, 2003).

2.4. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) salah satu cabang ilmu kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. Menurut Hermawan (2006), jaringan syaraf didefinisikan sebagai suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia.

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel syaraf biologi. JST dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa:

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (*neuron*).
2. Sinyal dikirimkan diantara *neuron-neuron* melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antar *neuron* memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
4. Untuk menentukan *output*, setiap *neuron* menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan *input* yang diterima. Besarnya *output* ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Jaringan syaraf tiruan menyerupai otak manusia dalam dua hal, yaitu pengetahuan diperoleh jaringan melalui proses belajar dan kekuatan hubungan antar sel syaraf (*neuron*) yang dikenal sebagai bobot-bobot sinaptik yang digunakan untuk menyimpan pengetahuan. Salah satu struktur yang akan ditiru yaitu bentuk *neuron*. *Neuron* adalah satuan unit pemroses terkecil pada otak. *Neuron* secara garis besar dibagi menjadi empat yaitu *dendrites*, *cell body*, *synapse*, dan *axon*. *Dendrites* yaitu unit *input* sebagai tempat masuknya sinyal, *Cell body* berfungsi untuk memproses sinyal yang masuk dan *axon* merupakan unit *output* dari sinyal hasil proses *cell body*. Dengan prinsip kerja dari suatu syaraf biologis yaitu dendrit menerima sinyal dari *neuron* lain. Sinyal tersebut berupa impuls elektrik yang dikirim melalui celah sinaptik melalui proses kimiawi. Sebagai keluaran, setiap *neuron* memiliki *axon*, sedangkan bagian penerima sinyal ialah *synapse* (Kusumadewi, 2004).

Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh tiga hal (Siang, 2004) antara lain :

1. Pola hubungan antar *neuron* (disebut arsitektur jaringan).
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/learning*).
3. Fungsi aktivasi, yaitu fungsi yang digunakan untuk menentukan *output* atau keluaran suatu *neuron*.

Salah satu ciri jaringan syaraf tiruan adalah fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi merupakan operasi matematik yang dikenakan pada sinyal output y . Beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan sebagai berikut:

1. Fungsi identitas (linear) yaitu didalamnya memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya. Fungsi ini disebut juga dengan *purelin*, yang memiliki persamaan:

$$y = F(x) = x \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana: y = nilai output

x = nilai input

2. Fungsi biner sigmoid yaitu fungsi yang memiliki unit output angka biner (0 sampai 1). Fungsi ini biasa disebut *logsig*, yang memiliki persamaan:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma x)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana: y = nilai output

x = nilai input

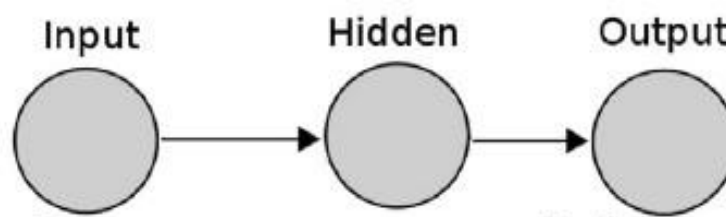
σ = *threshold*

e = bilangan natural (2,7182818285)

3. Fungsi bipolar sigmoid yaitu fungsi yang memiliki jangkauan paling umum antara -1 sampai 1. Rumus fungsi tangen hiperbolik (Fauset, 1986) yaitu :

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Jaringan syaraf tiruan terdiri dari 3 lapisan, yaitu *Input Layer*, *Hidden Layer* dan *Output Layer*. Setiap lapisan bertanggung jawab untuk melakukan fungsi yang sama melengkapi sistem. Struktur ini didasarkan pada modifikasi dari model tiga lapisan arsitektur perangkat lunak, yaitu data lapisan, lapisan layanan (*Web*, *sensor*) dan lapisan presentasi (*Web*, *Windows* dan *Agen*)



Gambar 1. Skema dasar jaringan syaraf tiruan

2.5. Penelitian Pendukung

Tabel 1. Penelitian pendukung

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
1.	Sari, dkk (2008)	Pengklasifikasian Jenis Tanah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma Backpropagation	Perangkat lunak Weka yang terdiri dari tiga preprocessing yaitu <i>load</i> , <i>analyze</i> , filter. Proses jaringan syaraf dengan Multilayer Perceptron	Semakin banyak jumlah neuron hidden layer dan literasi yang dilakukan, maka semakin besar waktu yang dibutuhkan untuk membangun jaringan.
2.	Triyono, dkk (2018)	Desain Sensor Suhu dan Kelengasan Tanah untuk Sistem Kendali Budidaya Tanaman Cabai (<i>Capsicum annum</i> <i>L.</i>)	Rancangan skematik sensor suhu dan sensor kelengasan tanah	Kecepatan respon sistem kendali untuk menyalakan pompa irigasi adalah 0,01 detik dengan waktu penyaluran air irigasi dari tangki penampungan ke tanaman adalah 10 detik. Hasil dari kedua jenis sensor dan aktuator pompa air, pompa irigasi, telah terintegrasi dan berfungsi dengan baik. Sistem ini telah siap untuk diuji pada budidaya tanaman cabai.

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
3.	Fuad, dkk (2017)	Karakteristik Sifat Fisik Tanah dan pada Sistem Pengolahan Tanah Konservasi (Studi kasus : Kebun Percobaan Cikabayan)	Pengambilan contoh tanah, kemnatapan agregat tanah, makrofauna tanah, penetapan kadar air lapang, pengukuran makro porositas tanah.	Pengolahan tanah konservasi menciptakan kualitas fisik tanah yang lebih baik dibandingkan dengan pengolahan tanah intensif yang diolah secara terus menerus selama ± 15 tahun.
4.	Rivan, dkk (2020)	Klasifikasi jenis kacang-kacangan berdasarkan tekstur menggunakan jaringan syaraf tiruan	Metode yang dilakukan yaitu pada pengumpulan data dilakukan dengan cara jenis kacang-kacangan difoto menggunakan smartphone dengan resolusi kamera 13 MP, kemudian dilakukan pemilihan citra, pemotongan citra, klasifikasi jenis kacang-kacangan berdasarkan tesktur, pelatihan JST	Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur yang memberikan hasil rata-rata terbaik yaitu dengan menggunakan 20 neuron di <i>hidden layer</i> . Hasil terbaik yaitu akurasi 99,84%, presisi 99,58%, dan recall 99,76%.

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
5.	Mualifah (2009)	Perancangan dan pembuatan alat ukur resistivitas tanah	Menggunakan konfigurasi wenner yaitu dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda. Beda potensial yang terjadi diukur dengan dua elektroda potensial yang berbeda di dalam konfigurasi	Hasil penelitian ini bahwa nilai resistivitas (hambatan jenis) tiap tanah berbeda, semakin panjang jarak elektrodanya maka semakin dalam target pengukuran dan resistivitasnya semakin besar.
6.	Yudistira, dkk (2015)	Analisa kepadatan tanah pada timbunan di saluran irigasi dengan metode pengujian <i>proctor</i> dan <i>sand cone</i>	Berdasarkan ketentuan pada pengujian <i>sand cone</i> sesuai dengan SNI 03-2828-1992 (Metoda Pengujian Kepadatan Lapangan Dengan Alat Konus Pasir) dan pada <i>proctor lest</i> AASHTO T 99 /SNI-R-03-1742-1989 (Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah) dan ASTM D698 / SNI-03-1743-1989 (Metode Pengujian Kepadatan berat untuk tanah).	Massa tanah yang membebani tanah timbunan pada saluran irigasi yang dipadatkan yaitu $m = 2.059$ kg/detik, pada tanah timbunan dengan angka kepadatan tanah lebih dari 95% dan dapat menahan massa air lebih dari 2 ton/detik maka bangunan saluran irigasi tersebut berada dalam batas aman.

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
7.	Ramadhana, dkk (2018)	Prediksi produktivitas padi menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i>	Pengolahan data (data time series) yang didapatkan dengan pendekatan sekunder yang diperoleh dari <i>website bps.co.id</i>	Nilai kestabilan data latih dan data uji terhadap nilai parameter yang telah di uji pada studi kasus prediksi produktivitas padi menggunakan jaringan syaraf tiruan <i>backpropagation</i> berada pada nilai 8.2126.
8.	Monika, dkk (2019)	Model jaringan syaraf tiruan dalam memprediksi ketersediaan cabai berdasarkan provinsi	Pengolahan data	Setelah dilakukan pengujian sistem menggunakan software aplikasi Matlab 2011 model jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah 4-2-1, model 4-3-1, model 4-4-1 dan model 4-5-1, dapat diperoleh hasil yang baik dengan melihat MSE pengujian yang terkecil yaitu 4-5-1.

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
9.	Gunawan, dkk (2018)	Rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah	Metode penelitian dan pengembangan (<i>Research and Development</i>)	Penentuan batas atas untuk proses penyiraman dilakukan dengan cara uji coba terhadap kondisi tanah yang berbeda-beda, penggunaan valve selenoid untuk mengurangi penggunaan energi listrik dibanding dengan pompa yang membutuhkan energi listrik lebih besar.
10.	Jupri, dkk (2017)	Rancang bangun alat ukur suhu, kelembaban, dan pH pada tanah berbasis mikrokontroler ATMega328P	Perancangan, pengujian, dan kalibrasi	Alat ukur suhu, kelembaban dan pH yang terintegrasi dalam satu alat dapat dibuat menggunakan sensor suhu DS18B20, sensor <i>soil mouisture</i> YL-69, elektroda dan arduino uno. Alat ini memiliki error sebesar 0,22%, 1,58%, dan 2,68%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai Desember 2021 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah probe kelengasan tanah, laptop dengan *software* MATLAB dan arduino, multimeter analog, termometer tanah, oven, timbangan digital, *stopwatch*, penggaris, ayakan tanah, cawan, tempat tanah.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah podsolik merah kuning, tanah latosol, tanah kambisol, air, *Liquid Crystal Display* (LCD), mikrokontroler, potensiometer, dan kabel *port*.

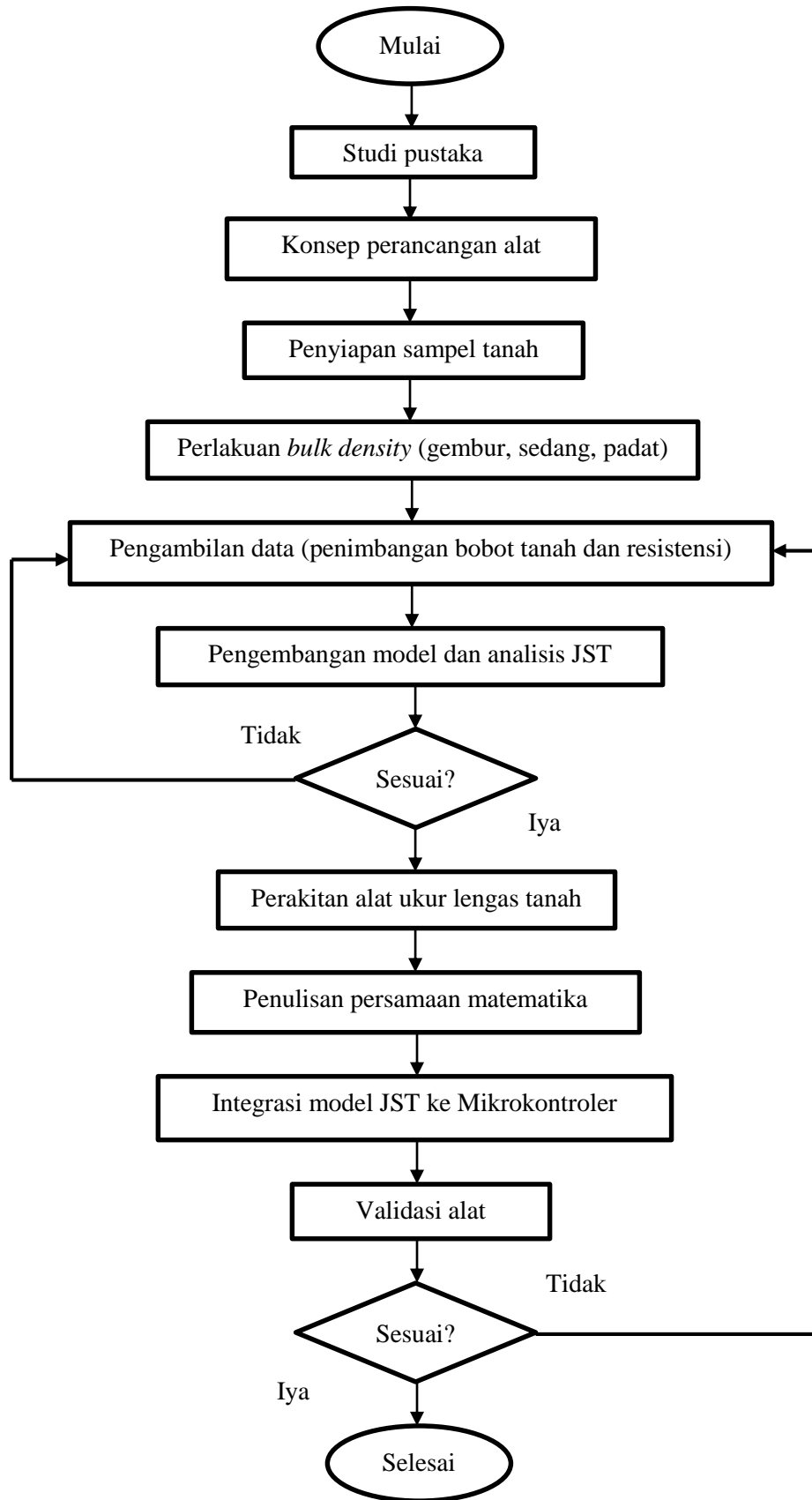
3.3. Kriteria Desain

Alat ini dirancang untuk mengukur kelengasan tanah melalui pada beberapa jenis tanah dan variasi *bulk density* yang berbeda. Kadar kelengasan tanah didapatkan dengan cara menginput nilai jenis tanah, suhu tanah, *bulk density*, dan nilai resistensi yang diperoleh dengan menggunakan multimeter analog. Jaringan syaraf tiruan digunakan untuk menemukan model matematika yang telah dihitung dan kemudian diinput ke dalam mikrokontroler. Selanjutnya nilai yang sudah diinput ke dalam mikrokontroler diputar menggunakan potensiometer yang sudah dirancang. Proses perhitungan dilakukan oleh mikrokontroler, dan hasil nilai

kelengasan tanah akan muncul di layar monitor *Liquid Crystal Display* (LCD) pada alat yang telah dirancang.

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan studi pustaka yaitu mencari literatur jurnal, skripsi dan buku yang berhubungan dengan lengas tanah, *bulk density*, dan beberapa jenis tanah yang mencakup dalam penelitian ini. Selanjutnya mempersiapkan tanah (podsolik merah kuning, latosol, dan kambisol) yang akan digunakan, kemudian dilakukan proses pengayakan pada masing-masing tanah tersebut. Setelah itu, dilakukan pengambilan nilai resistensi dengan menggunakan multimeter. Nilai resistensi yang telah diperoleh digunakan untuk pengembangan model jaringan. Pembuatan rancangan software merupakan langkah untuk mengetahui hasil pengembangan model matematika dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Model matematika yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam mikrokontroler melalui *syntax*. Setelah alat yang dirancang telah sesuai maka dilakukan pengujian pada alat. Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram prosedur penelitian

3.4.1 Perlakuan Tanah

Perlakuan tanah diawali dengan menyiapkan masing-masing jenis tanah (podsolik merah kuning, latosol, kambisol) yang sebelumnya telah dikering anginkan selama 5-7 hari. Kondisi tanah yang telah kering, kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 5 mm. Selanjutnya, tanah yang telah diayak dikelompokkan ke dalam masing-masing toples berdasarkan jenis tanah dan variasi *bulk density*. Bobot tanah dari masing-masing toples yaitu 2000 gram. Toples yang digunakan memiliki ketentuan yaitu ukuran toples harus sama dengan yang lain, selain itu bentuk toples dibuat tidak tertutup rapat pada bagian bawah. Bentuk toples ini bertujuan agar air yang dimasukkan ke dalam tanah dapat mengalir keluar melalui lubang di bawah toples tersebut.

Proses selanjutnya, dilakukan perlakuan penambahan air pada setiap toples. Penambahan air bertujuan untuk membuat kondisi tanah di dalam toples menjadi kondisi jenuh (*saturated*). Kondisi jenuh atau *saturated* merupakan kemampuan tanah untuk menampung air pada pori makro dan mikro sampai terisi penuh. Jumlah air yang dapat diserap atau dihisap pada kondisi tanah jenuh yaitu sebesar 100 atm. Tanah yang sudah pada posisi jenuh, kemudian dilakukan pengukuran kadar air secara langsung atau dengan metode gravimetrik. Metode ini bertujuan untuk menentukan berapa persen kandungan air yang tersedia di dalam tanah. Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel pada tanah sebanyak 5 gram, kemudian sampel tersebut dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 100-110°C selama 1x24 jam.

Perlakuan selanjutnya yaitu penetapan variasi *bulk density* dengan menggunakan mesin *shop press*. Proses ini dilakukan pada setiap toples dari masing-masing jenis tanah. *Bulk density* gembur, tanah diberi perlakuan yaitu perubahan struktur tanah menjadi gembur sampai dengan semaksimal mungkin. Perlakuan *bulk density* sedang dan padat menggunakan mesin *shop press*. Penggunaan mesin *shop press* pada toples dengan penambahan komponen pembantu berupa cetakan yang ukurannya disesuaikan dengan diameter dari toples tersebut. Prosesnya pada *bulk density* sedang, tanah diberi tekanan pada mesin *shop press*

sebanyak 6 tekanan atau setara dengan 285,72 kg, sedangkan *bulk density* padat diberi tekanan sebanyak 12 tekanan atau setara dengan 571,44 kg.

Proses yang dilakukan dalam membuat perlakuan tanah mulai dari kondisi jenuh (*saturated*) sampai dengan kondisi kering (*permanent wilting point*) yaitu :

1. Kondisi jenuh (*saturated*)

Pada kondisi ini, dilakukan penambahan air pada tanah. Kapasitas penambahan air yaitu pori makro dan mikro pada tanah sampai terisi penuh (Ghulamahdi,2006). Pori makro dan mikro yang telah terisi penuh dapat dilihat dari air yang mengisi seluruh ruang pori tanah di dalam toples. Selanjutnya, setiap toples dilakukan penempatan dengan cara digantung. Proses ini bertujuan agar air yang berada di dalam toples dapat mengalir sempurna melalui lubang yang terdapat di bawah toples tersebut. Selain itu, tempat penyimpanan yang digunakan pada toples yang digantung harus tertutup dan terhindar dari sinar matahari. Ini bertujuan agar proses evaporasi atau penguapan pada tanah dapat bekerja dengan maksimal. Setiap hari, toples dilakukan penimbangan guna menentukan laju penurunan bobot tanah.

2. Kondisi lembab (*field capacity*)

Kadar air kapasitas lapang (*field capacity*) adalah kadar air tanah di lapang pada saat air drainase sudah berhenti atau hampir berhenti mengalir, karena adanya gaya gravitasi setelah sebelumnya tanah tersebut mengalami kondisi jenuh sempurna. Kondisi ini dapat ditentukan dengan cara mengamati tanah pada kondisi sebelumnya (jenuh), yaitu saat air yang terdapat di dalam tanah berhenti mengalir atau menetes dari dalam toples selama 1x24 jam, maka tanah tersebut telah berada pada kondisi lembab (*field capacity*). Proses penimbangan terus dilakukan setiap hari sampai kondisi tanah berubah menjadi kering.

3. Kondisi kering (*permanent wilting point*)

Bobot tanah yang semakin berkurang setiap harinya akan menunjukkan ketersediaan air yang terdapat di dalam tanah semakin berkurang. Kadar air yang semakin berkurang menunjukkan bahwa kondisi tanah tersebut menjadi semakin kering. Tanah yang telah kering dinyatakan mencapai kondisi (*permanent wilting point*). Kondisi tanah yang sudah pada posisi kering

(*permanent wilting point*) dilakukan kembali pengukuran kadar air untuk mengetahui kandungan air yang tersedia di dalam tanah dengan metode gravimetrik.

4. Kondisi sedang (*critical*)

Kondisi tanah *critical* dapat ditentukan setelah kondisi tanah lembab (*field capacity*) dan kondisi kering (*permanent wilting point*) telah diketahui.

Penentuan kondisi tanah sedang (*critical*) dilakukan melalui perhitungan dengan rumus :

$$\theta_c = 0,5 (\theta_{fc} + \theta_{pwp}) \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

θ_c : titik critical

θ_{pwp} : titik layu permanen

θ_{fc} : kapasitas lapang

Kandungan air tanah merupakan hal penting dalam hubungan antara tanah, atmosfer, dan tanaman. (Menurut Siregar dkk, 2017) kapasitas lapang (*field capacity*) merupakan keadaan tanah cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya gravitasi. Air yang dapat ditahan oleh tanah tersebut terus menerus diserap oleh akar tanaman atau menguap sehingga tanah semakin lama akan menjadi semakin kering. Kandungan air kapasitas lapang yaitu pada retensi 0,1 hingga 0,5 atm.

Titik layu pada tanaman merupakan suatu kondisi tanaman mengalami kelayuan sementara akibat kandungan air rendah dikarenakan akar tanaman untuk saat tertentu tidak dapat menyerap air. Keadaan layu sementara (*critical*) ditandai dengan tanaman akan pulih kembali setelah memperoleh tambahan air, atau tanaman dapat pulih kembali pada pagi hari dan malam hari dikarenakan pemenuhan kadar air dari akar tanaman (Widnyana, 2017). Sedangkan titik layu permanen (*permanent wilting point*) merupakan laju aliran air di dalam tanah menuju ke akar menjadi begitu lambat, sehingga tidak mampu untuk mengimbangi laju transpirasi normal, ini menyebabkan tanaman mengalami kelayuan. Menurut Mulyadi (2014), terjadinya titik layu permanen diakibatkan oleh kandungan lengas tanah mengalami layu tetap (dikarenakan tanaman yang

tumbuh di atasnya mengalami layu tetap tidak dapat kembali segar, walaupun di dalam tanah kadar lengas menjadi naik atau tanaman ditempatkan ke dalam ruangan yang jenuh uap air). Daya hisap air tanah pada kondisi tanah kering layu permanen (permanent wilting point) yaitu 15 atm atau 4,2 pF. (Menurut de Boodt, 1972), air dari dalam pori-pori tanah berukuran kurang dari 0,2 mikron hanya dapat dikeluarkan dengan kekuatan atau tekanan hisap lebih dari 15 atm atau 4,2 pF.

Tahap selanjutnya pada proses pengambilan data adalah pengambilan nilai resistensi pada setiap tanah di dalam toples, dimulai dari kondisi tanah jenuh sampai kering. Proses ini dilakukan setiap hari setelah tanah dilakukan penimbangan bobot tanah. Pengambilan nilai resistensi menggunakan multimeter analog. Nilai resistensi yang diperoleh berdasarkan jenis tanah (podsolik merah kuning, latosol, kambisol), variasi *bulk density* (gembur, sedang, padat), dan suhu pada tanah (20°C, 24°C, 28°C) dengan pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali. Sehingga jumlah data yang diperoleh yaitu 2.430 data. Ulangan 1 (satu) dan 2 (dua) digunakan untuk proses pembuatan model jaringan syaraf tiruan dengan jumlah data sebanyak 1.620, sedangkan ulangan 3 (tiga) digunakan untuk proses validasi tanpa alat dengan jumlah data sebanyak 810. Setelah diperoleh hasil data dari validasi tanpa alat, kemudian dilakukan perancangan alat ukur kelengasan tanah. Selanjutnya, dilakukan kembali pengambilan data untuk proses validasi menggunakan alat. Data yang dihasilkan dari proses validasi menggunakan alat sebanyak 810 data.

Tabel pengukuran dari data yang telah diperoleh disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengukuran Tanah PMK

No.	Jenis tanah	Kondisi tanah	Suhu tanah (°C)	Variasi kepadatan	Resistensi	Kadar lengas
1.	PMK	Jenuh	(20,24,28)	G, S, P		
2.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
3.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
4.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
5.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
6.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
7.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
8.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
9.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
10.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
11.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
12.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
13.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
14.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
15.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
16.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
17.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
18.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
19.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
20.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
21.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
22.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
23.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
24.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
25.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
26.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
27.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
28.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
29.	PMK		(20,24,28)	G, S, P		
30.	PMK	Kering	(20,24,28)	G, S, P		

Tabel 3. Data Pengukuran Tanah Latosol

No.	Jenis tanah	Kondisi tanah	Suhu tanah (°C)	Variasi kepadatan	Resistensi	Kadar lengas
1.	Latosol	Jenuh	(20,24,28)	G, S, P		
2.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
3.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
4.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
5.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
6.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
7.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
8.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
9.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
10.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
11.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
12.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
13.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
14.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
15.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
16.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
17.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
18.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
19.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
20.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
21.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
22.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
23.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
24.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
25.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
26.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
27.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
28.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
29.	Latosol		(20,24,28)	G, S, P		
30.	Latosol	Kering	(20,24,28)	G, S, P		

Tabel 4. Data Pengukuran Tanah Kambisol

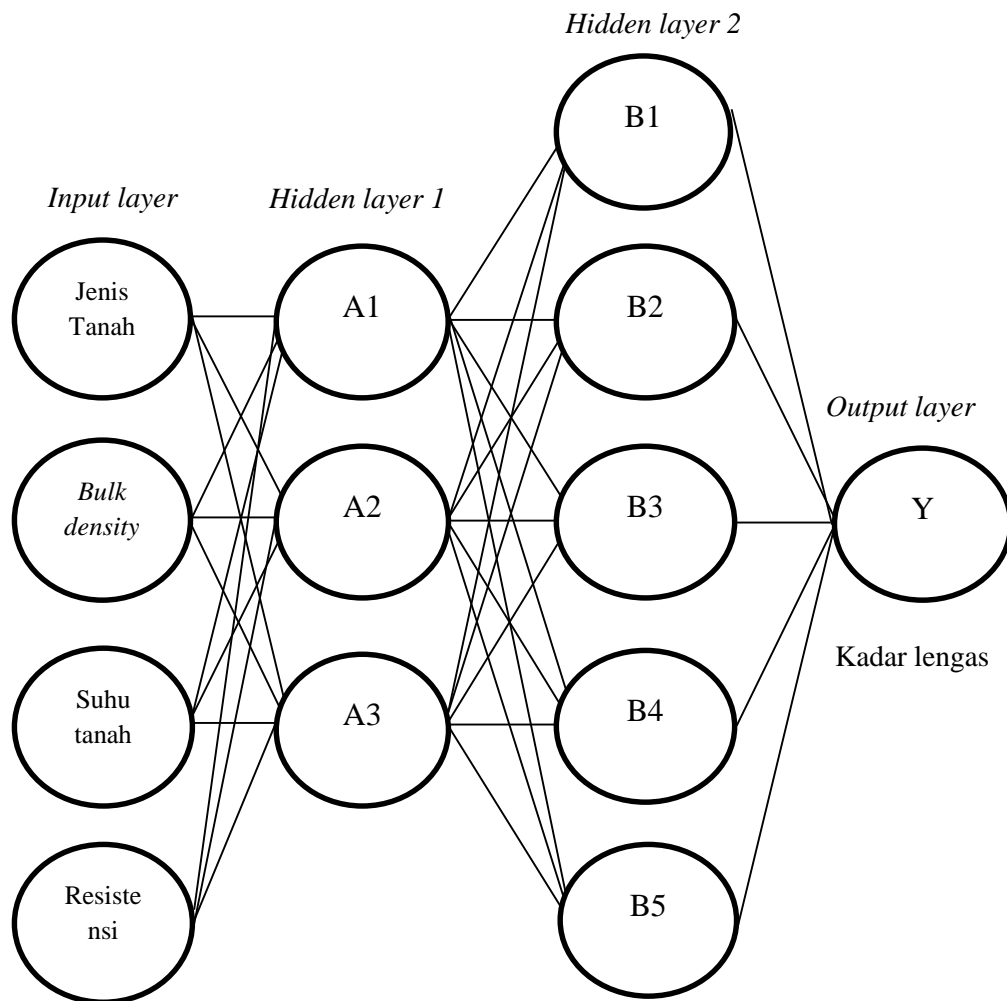
No.	Jenis tanah	Kondisi tanah	Suhu tanah (°C)	Variasi kepadatan	Resistensi	Kadar lengas
1.	Kambisol	Jenuh	(20,24,28)	G, S, P		
2.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
3.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
4.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
5.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
6.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
7.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
8.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
9.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
10.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
11.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
12.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
13.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
14.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
15.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
16.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
17.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
18.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
19.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
20.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
21.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
22.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
23.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
24.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
25.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
26.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
27.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
28.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
29.	Kambisol		(20,24,28)	G, S, P		
30.	Kambisol	Kering	(20,24,28)	G, S, P		

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya Amelia (2020), hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak air yang terkandung di dalam tanah maka semakin kecil nilai resistensi yang dimiliki. Semakin banyak air yang berada di dalam tanah maka larutan elektrolit yang bersifat menghantarkan listrik menjadikan hambatan (resistensi) pada tanah, semakin sedikit karena banyaknya air yang dapat menghantarkan listrik dengan melalui dua elektroda (probe). Menurut Hermawan (2004), penelitian yang sudah dilakukannya mengenai

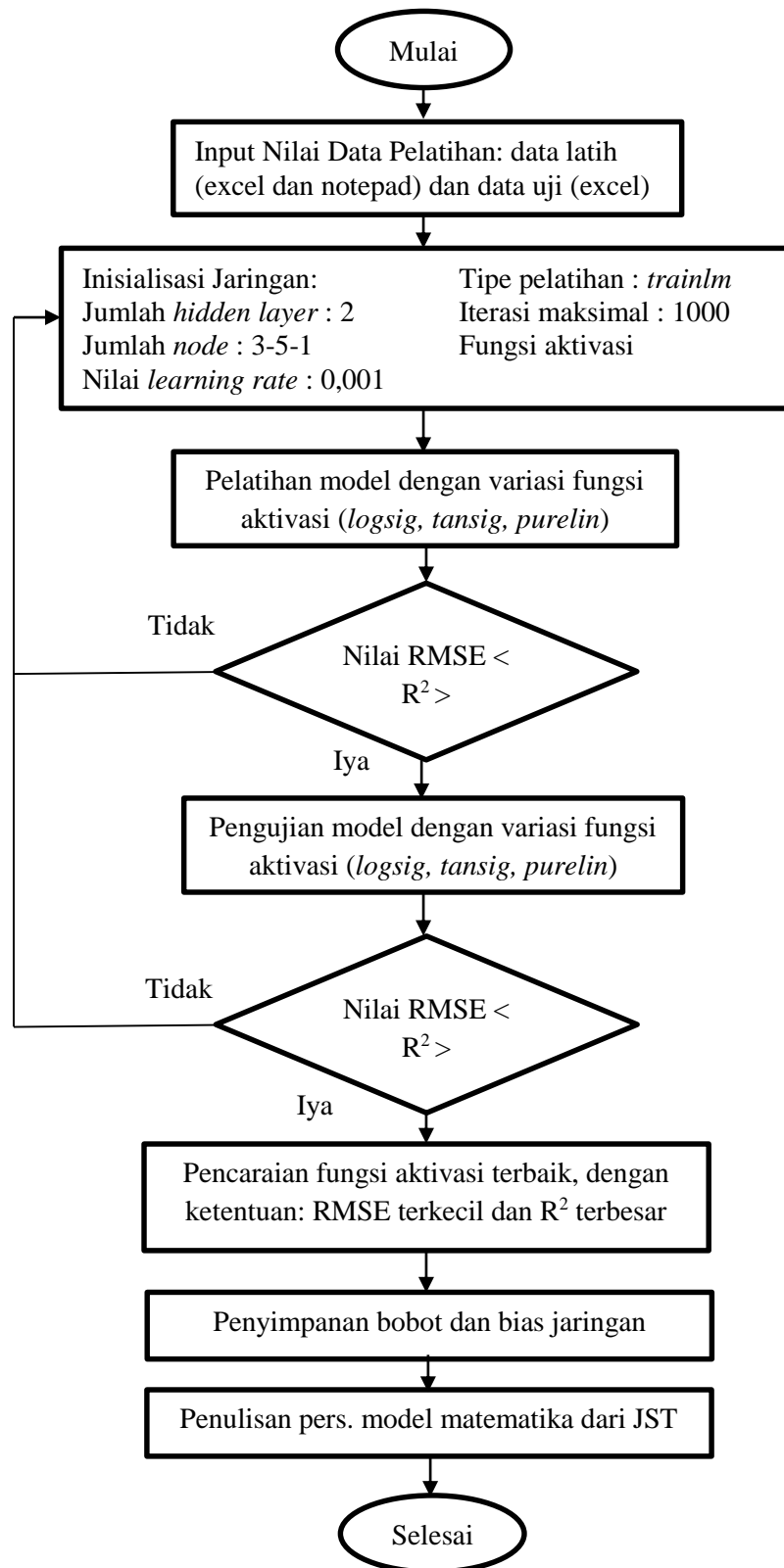
pengukuran sifat-sifat dielektrik menunjukkan bahwa kepadatan tanah berpengaruh terhadap air tanah yang cenderung meningkat, sebaliknya udara di dalam pori cenderung menghambat laju konduktivitas listrik di dalam tanah. Kepadatan tanah yang berbeda memiliki kapasitas simpanan tanah yang berbeda pula.

3.4.2 Pembuatan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Pembuatan model jaringan syaraf tiruan dimulai dengan membuat arsitektur jaringan syaraf tiruan sesuai dengan data yang dihasilkan. Aturan yang harus digunakan yaitu jumlah node pada setiap *hidden layer* tidak boleh melebihi dua kali jumlah *input layer*. Berdasarkan aturan tersebut, pada penelitian ini menggunakan 4 variabel *input*, 1 *hidden layer* dengan 3 node dan 5 node, serta 1 variabel *output*. *Input layer* berfungsi menerima data yang akan dipelajari atau diproses jaringan. *Hidden layer* yaitu lapisan yang menjembatani antara lapisan *input* dan *output*. *Output layer* merupakan lapisan terakhir yang menghasilkan nilai *output system*. Proses pelatihan dan pengujian jaringan menggunakan variasi fungsi aktivasi, supaya mendapatkan R^2 dan RMSE terbaik. Ketentuan fungsi aktivasi terbaik yaitu R^2 terbesar dan RMSE terkecil. Nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai yang diperoleh mendekati 1, maka dapat dikatakan bahwa variabel bebas terhadap variabel terikat berpengaruh besar. Artinya, model yang digunakan berarti baik untuk menjelaskan pengaruh variabel tersebut (Ndruu et al, 2014). Arsitektur jaringan dapat dilihat pada Gambar 3 dan proses pengembangan model pada JST dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 4. Proses Pengembangan Model pada JST

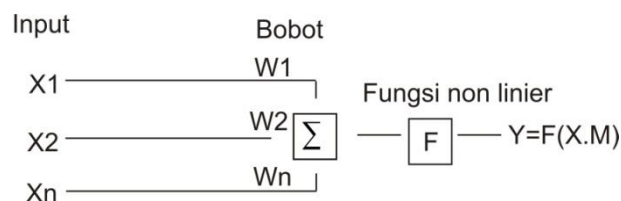
Fungsi aktivasi yang akan digunakan yaitu :

Tabel 5. Fungsi Aktivasi

No.	Fungsi Aktivasi	R^2	RMSE
1.	<i>logsig-logsig-logsig</i>		
2.	<i>logsig-tansig-logsig</i>		
3.	<i>logsig-purelin-purelin</i>		
4.	<i>logsig-tansig-purelin</i>		
5.	<i>logsig-purelin-logsig</i>		
6.	<i>logsig-logsig-tansig</i>		
7.	<i>logsig-tansig-tansig</i>		
8.	<i>logsig-purelin-tansig</i>		
9.	<i>logsig-logsig-purelin</i>		
10.	<i>tansig-tansig-tansig</i>		
11.	<i>tansig-purelin-purelin</i>		
12..	<i>tansig-logsig-tansig</i>		
13.	<i>logsig-logsig-logsig</i>		
14.	<i>tansig-logsig-purelin</i>		
15.	<i>tansig-purelin-logsig</i>		
16.	<i>tansig-tansig-logsig</i>		
17.	<i>tansig-purelin-tansig</i>		
18.	<i>tansig-tansig-purelin</i>		
19.	<i>purelin-purelin-purelin</i>		
20.	<i>purelin-logsig-logsig</i>		
21.	<i>purelin-tansig-tansig</i>		
22.	<i>purelin-logsig-purelin</i>		
23.	<i>purelin-purelin-logsig</i>		
24.	<i>purelin-tansig-purelin</i>		
25.	<i>purelin-tansig-logsig</i>		
26.	<i>purelin-purelin-tansig</i>		
27.	<i>purelin-logsig-tansig</i>		

3.4.3 Pembuatan Model Matematika

Model merupakan suatu usaha untuk menciptakan suatu replika atau tiruan dari suatu fenomena atau peristiwa alam. Model matematika mendiskripsikan fenomena atau peristiwa alam dengan satu set persamaan. Pemodelan matematika yaitu proses untuk mempresentasikan dan menjelaskan permasalahan pada dunia nyata ke dalam pernyataan matematis (Widowati dkk, 2007). Model matematis dari sebuah sel syaraf (neuron) diperlihatkan pada Gambar 5..



Gambar 5. Model matematis JST

Jika dinyatakan dalam notasi matematika sebagai berikut:

$$y = f(x_1w_1+x_2w_2+\dots+x_mw_m) \text{ atau } y = f(x.w) \dots \dots \dots (3.2)$$

f = fungsi non linear atau fungsi aktivasi

Model matematika diperleh dari fungsi aktivasi terbaik, dimana fungsi aktivasi tersebut memiliki bobot dan bias. Bobot adalah suatu nilai yang mendefinisikan tingkat atau kepentingan hubungan antara suatu *node* dengan *node* yang lain. Bias adalah salah satu *node input* yang bersifat khusus karena selalu bernilai 1, penggunaan bias dapat mempercepat pelatihan, hal ini dapat terjadi karena keberadaan bias berguna sebagai faktor koreksi terhadap kecukupan variabel-variabel *input* yang telah kita tetapkan. Bobot dan bias yang didapat dari fungsi aktivasi terbaik kemudian akan diubah kedalam persamaan model matematika.

Pada fungsi aktivasi ini akan menghasilkan bobot I_H1 dan bias I_H1 , bobot $H1_H2$ dan bias $H1_H2$, bobot $H2_O$ dan bias $H2_O$. Untuk bobot dan bias tersebut akan menyesuaikan persamaan yang didapat dari fungsi aktivasi. Berikut contoh dari persamaan matematika apabila fungsi aktivasi *logsig-logsig-logsig*.

Bobot I_H1

2,1578524e+000 -1,5290972e+000 -3,3822891e+000 -3,1974623e+000
 -5,6073777e-001 -1,4215435e+000 2,2704934e+000 -4,1494145e+000
 -7,4048440e+000 8,9992974e+000 1,8701650e+001 -1,1080871e+001

Bias I_H1

-6,1283873e+000
 1,4672940e+000
 -3,0982030e+000

$$Y_1 = 2,1578524(X_1) - 1,5290972(X_2) - 3,3822891(X_3) - 3,1974623$$

$$Y_2 = -5,6073777(X_1) - 1,4215435(X_2) + 2,2704934(X_3) - 4,1494145$$

$$Y_3 = -7,4048440(X_1) + 9,999297(X_2) + 1,8701650(X_3) - 1,1080871$$

$$Y_4 = \frac{(1 - \exp(-2Y1))}{(1 + \exp(-2Y1))}$$

$$Y_5 = \frac{(1 - \exp(-2Y2))}{(1 + \exp(+2Y2))}$$

$$Y_6 = \frac{1}{(1 + \exp(-Y3))}$$

Nilai Bobot I_H1 dan Bias I_H1 dihasilkan dari persamaan *logsig*, nilai Bobot H1_H2 dan Bias H1_H2 dihasilkan dari persamaan *logsig*, dan Bobot H2_O dan Bias H2_O menggunakan persamaan *logsig*.

3.5. Rancangan Fungsional

Rancangan alat ukur kelengasan tanah didesain agar dapat menginput kode jenis tanah, suhu tanah, *bulk density*, dan nilai multimeter. Alat ini memiliki beberapa komponen yang memiliki fungsi masing-masing yaitu potensiometer, mikrokontroller Arduino Uno, resistor, *Liquid Crystal Display (LCD)*, *thermal soil*, dan *probe* (elektroda) sensor kelengasan tanah.

1. Resistor

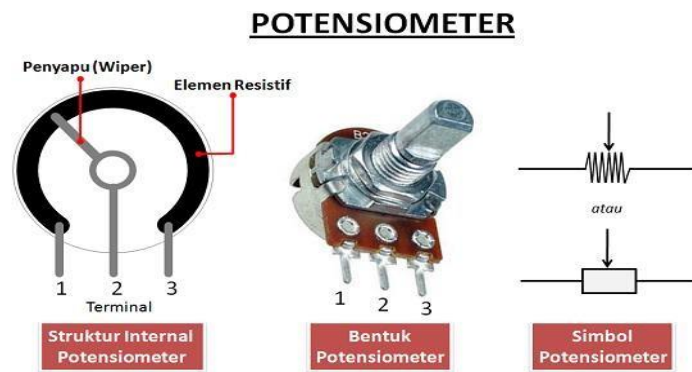
Resistor merupakan salah satu komponen pasif yang memiliki fungsi untuk mengatur arus listrik. Lambang dari resistor yaitu huruf R dengan satuannya yaitu *Ohm* (Ω). Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Karakteristik lain termasuk koefisien suhu, desah listrik, dan induktansi. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki bergantung pada desain sirkuit, kebutuhan daya resistor harus cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus rangkaian agar tidak terbakar.



Gambar 6. Resistor

2. Potensiometer

Potensiometer adalah perangkat komponen elektronika bagian dari sebuah resistor yang memiliki tiga terminal dengan sambungan yang membentuk pembagi tegangan yang dapat disetel. Potensiometer berfungsi diantaranya sebagai pengatur tegangan pada power supply, sebagai pembagi tegangan, dan sebagai pengatur volume pada berbagai peralatan elektronik. Bentuk fisik dari potensiometer sangat berbeda jauh dengan bentuk dari resistor. Bentuk resistor pada umumnya hanya memiliki gelang warna yang di gunakan untuk menentukan nilai tahanannya, sementara bentuk dari potensio untuk menentukan nilai tahanannya hanya dengan memutar atau mengeser pada bagian yang sudah di tentukan.



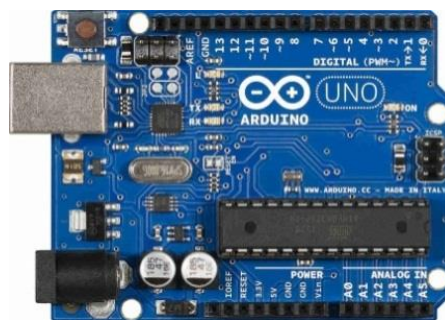
Gambar 7. Potensiometer

3. Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler adalah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip.

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor yang di dalamnya sudah terdapat CPU, RAM, ROM, I/O, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang saling terhubung dan terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu *chip* yang siap pakai.

Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sering digunakan dalam sistem kendali otomatis. Contoh penggunaannya diterapkan pada salah satu penelitian Wiratama (2019), tentang rancang bangun perangkat serangga hama tanaman kakao menggunakan sistem kendali mikrokontroler Arduino Uno.



Gambar 8. Mikrokontroler Jenis Arduino Uno

4. *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya.

Keunggulan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah ukuran LCD yang tepat yakni tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas.



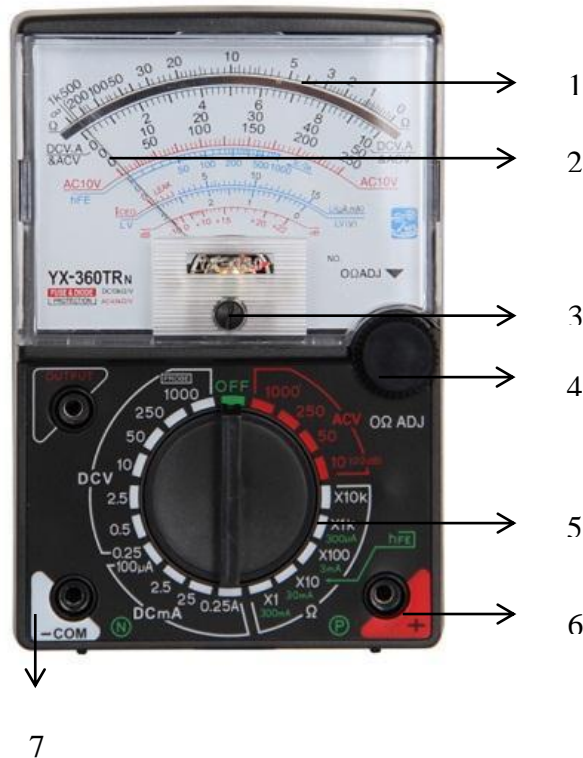
Gambar 9. Liquid Crystal Display

3.6. Rancangan Struktural

Rancangan struktural merupakan tahapan merancang alat untuk memberikan gambaran tentang pembuatan alat secara menyeluruh, dimulai dari bentuk alat yang dibuat hingga sistem kerja alat tersebut. Tujuan alat ukur kelengkapan tanah dirancang untuk mempermudah pemakainya yaitu ringan, mudah dibawa, dan memudahkan dalam pembacaan kadar lengas tanah yang dihasilkan. Kadar lengas tanah yang dihasilkan akan muncul di layar monitor dengan bantuan *tools* potensiometer yairu kode jenis tanah, nilai suhu tanah, nilai kepadatan tanah (*bulk density*), dan nilai resistensi. Dalam penginputan nilai yang dihasilkan pada tanah menggunakan beberapa alat sebagai berikut.

1. Multimeter Analog

Multimeter merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk mengukur arus listrik, tegangan listrik, hambatan, tahanan (resistensi). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua elektroda yang terdapat, kemudian hasilnya dapat dilihat dengan jarum penunjuk yang bergerak di dalam multimeter.



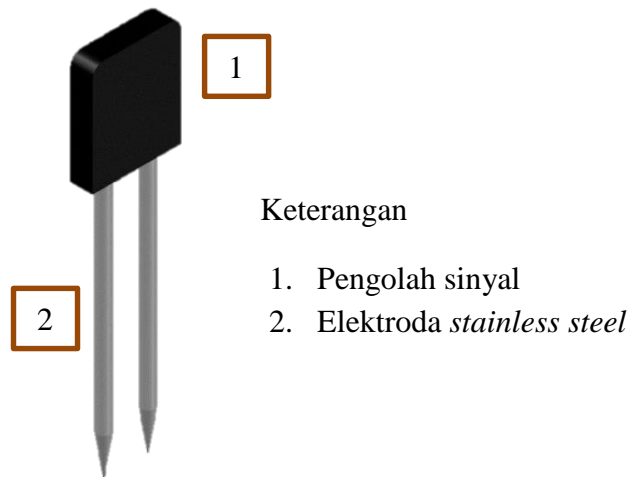
Gambar 10. Multimeter Analog

Keterangan :

1. Papan skala
2. Jarum penunjuk
3. Skrup pengatur jarum penunjuk
4. Pengatur jarum penunjuk ke 0Ω
5. Saklar pemutar jangkauan ukur
6. Pengukur terminal + (positif)
7. Pengukur terminal - (negatif)

2. Probe Kelengasan Tanah

Probe kelengasan tanah berfungsi untuk mengukur nilai konduktivitas elektrik tanah. Pengukuran dilakukan dengan cara menancapkan dua probe yang telah terhubung dengan multimeter analog.



Gambar 11. Probe kelengasan tanah

3. Termometer Digital

Termometer digital berfungsi sebagai pengukur suhu di dalam tanah. Cara kerja termometer ini yaitu dengan memasukkan ujung termometer ke dalam tanah yang akan diukur suhunya. Satuan dari termometer ini yaitu derajat celcius.



Gambar 12. Termometer digital

Jenis tanah, nilai resistensi, *bulk density* dan suhu tanah merupakan data yang akan diinput ke dalam alat ukur kelengasan tanah. Desain alat ukur kelengasan tanah dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Desain alat sensor kelengasan tanah

Keterangan :

I. *Liquid Crystal Display* (LCD)

II. Potensiometer

- a) Potensiometer 1 = jenis tanah
- b) Potensiometer 2 = *bulk density*
- c) Potensiometer 3 = suhu tanah
- d) Potensiometer 4 = nilai resistensi

III. Kotak berisi komponen pendukung lainnya

3.7. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis determinasi dan RMSE (*Root Mean Square Error*), dengan penjelasan sebagai berikut :

3. Analisis Determinasi adalah analisis yang mempelajari bentuk hubungan antara satu atau lebih peubah atau variabel bebas (X) dengan satu peubah tak bebas (Y). Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur seberapa besar kemampuan variabel bebas dalam menerangkan variabel tak bebas (terikat).

$$R^2 = \frac{\{n\Sigma XY - (\Sigma X) \cdot (\Sigma Y)\}^2}{\sqrt{\{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \cdot \{n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

n = jumlah data

Σx = jumlah data x

Σy = Jumlah data y

4. RMSE (*Root Mean Square Error*) merupakan metode alternatif yang dapat mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE yaitu nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, dan dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh hasil prakiraan suatu model. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya.

$$\text{RMSE} = \left[n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

n = jumlah data

e = nilai eror

$$\text{RRMSE} = \frac{\left[n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2 \right]^{1/2}}{\frac{1}{n} \Sigma y} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Nilai kelengasan tanah yang dihasilkan dari setiap tanah pada kondisi jenuh, lembab, sedang, dan kering berdasarkan variasi *bulk density* pada tanah Podsolik Merah Kuning *bulk density* gembur yaitu 56,69%, 48,41%, 37,86%, 28,19%, *bulk density* sedang yaitu 56,69%, 48,86%, 39,14%, 28,22%, serta *bulk density* padat yaitu 56,69%, 49,12%, 39,34%, 28,51%, tanah Latosol pada *bulk density* gembur yaitu 45,13%, 39,24%, 31,13%, 23,24%, *bulk density* sedang yaitu 45,13%, 39,62%, 31,50%, 23,47%, dan *bulk density* padatyaitu 45,13%, 39,98%, 31,74%, 23,68%, sedangkan tanah Kambisol pada *bulk density* gembur yaitu 29,41%, 27,11%, 20,05%, 13,13%, *bulk density* sedang yaitu 29,41%, 27,32%, 20,24%, 13,35%, serta *bulk density* padat yaitu 29,41%, 27,58%, 20,52%, dan 13,54%.
2. Model pengembangan untuk memprediksi nilai kelengasan tanah terbaik yaitu jenis tanah Kambisol pada variasi *bulk density* sedang dengan nilai R^2 0,98, RMSE 0,53, dan RRMSE 1,79%.
3. Alat ukur kelengasan tanah yang telah dilakukan pengujian menghasilkan nilai error berupa RMSE sebesar 0,97, RRMSE sebesar 1,83%, yang menunjukkan bahwa alat ukur lengas tanah dapat mengukur lengas tanah berdasarkan nilai resistensi, suhu tanah, *bulk density* (gembur, sedang, padat), pada tanah (podsolik merah kuning, latosol, kambisol) dengan akurat.

5.2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan yaitu input data tambahan berupa tekstur tanah. Sehingga hasil dari pengukuran kadar lengas tanah menggunakan alat ukur lengas tanah dapat lebih optimal. Selain itu modifikasi pada alat ukur lengas tanah juga diperlukan agar dalam proses penginputan nilai-nilai lebih mudah dan efisiensi waktunya lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D, H., Latul, Y. 2019. Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Nilai Kepadatan Tanah. *Sigma Teknika*. 2(2): 202-206.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi ke-2. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliras Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Baver, L,D. 1972. *Soil Physics*. Fourth Edition. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Bintara, A, K, P., Tyasmoro, S, Y., Nugroho, A. 2017. Pengaruh Kadar Kelengasan Tanah dan Pemberian Polimer Acrylic pada Pertumbuhan Anakan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(5): 704-709.
- Buol, S. W, F. D. Hole, and R.J. Mc.Cracken. 1980. *Soil Genesis and Classification*. The IOWA State University Press. Ames.
- Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1971. *The Nature and Properties of Soil 7th ed.* The Mac Millan Co., Collier Mac Millan Ltd. London.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Bhartara Karya Aksara. Jakarta.
- Buringh, P. 1970. *Introduction to the Study oh Soil in Tropical and Subtropical. Departemen Ilmu-lmu Tanah*. Penuntun Praktikum Tanah Umum. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.
- Darmawijaya, M.I. 1980. *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Darmawan, R, Y., Miswar, D., Nugraheni, I, L. 2021. Analisis Daerah Rawan Longsir di Kecamatan Limau Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Penelitian Geografi*. 9(1): 34-42.

- Darmawijaya, I. 1990. *Klasifikasi Tanah: Dasar Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Darmawijaya, M. I., 1997. *Klasifikasi Tanah. Dasar dan Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- De Booth, M. 1972. Soil Physics. International Training Center for Post Graduate in Soil Sciences. State University of Ghent. Belgia.
- Diazjunior, M. 2003. *A Soil Mechanics Approach to Study Soil Compaction and Traffic Effect on the Pre consolidation Pressure of Tropical Forest*. Lavras Brazil : Soil Sci.Fed Univ. Eliasson, L. 2005. Effect of Forwarder Tyre Pressure on rut Formation and Soil Compaction. *Silva Fennica*, 39(4): 549-557.
- Fahmi, A., Syamsudin., Utami, S, N, U., Radjagukguk, B. 2010. Pengaruh Inetraksi Hara Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays L*) pada Tanah Regosol dan Latosol. *Journal Biologi*. 10(3): 297-304.
- Fauzi, R, A., A, Bintoro., A. Darmawan., Duryat. 2018. Analisis Kesesuaian Lahan Budidaya Kemiri Sunan (*Aleurites trisprema*) di Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Tropis*. 6(2): 98-107.
- Febrina, M., Arina, F., Ekawati, R. 2013. Peramalan Jumlah Permintaan Produksi Menggunakan Metode Jaringan syaraf Tiruan (JST) Bcakprpagation. *Jurnal Teknik Industri*. 1(2):174-179.
- Foth, D, H. And L, M, turk. 1972. *Fundamental of Soil Science 5th ed*. John Wiley & Son, Inc. New York. London. Sydney. Toronto.
- Fuad, K, M., Baskoro, D, P, T., Wahjunie, E, D. 2017. Karakteristik Sifat Fisik Tanah Pada sistem Pengolahan Tanah. Konservasi (Studi Kasus: Kebun Percobaan Cikabayan). *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 44-50.
- Ghulmahdi, M., Aziz, S, S., Melati, M., Dewi, N., Rais, S, A. 2006. Aktivitas Nitrogenase, Serapan Hara dan Pertumbuhan Dua Varietas Kedelai pada Kondisi Jenuh Air dan Kering. *Bul Agron*. 34(1): 32-38.
- Gunawan, Sari, M. 2018. Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah. *Journal of Electrical Technology*. 3(1): 13-17.
- Hanafiah, K. A. 2012. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Persada. Jakarta.

- Handayani, S. 2009. *Panduan Praktikum dan Bahan Asistensi Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Harahap, F.S., Oesman, R., Fadhillah, W., Nasution, A, P. 2021. Penentuan Bulk Density Ultisol Di Lahan Praktek Terbuka Universitas Labuhanbatu. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 6(2): 56-59.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, 1995. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2010. *Ilmu Tanah Jilid-7*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Harjadi. 1993. *Pengantar Agronomi*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Harjoso, T dan Purwantono, A.S.D. 2002. Pemanfaatan Tanah Podsolik Merah Kuning melalui Pemberian Pupuk Kanang dan EM4 bagi Program Pengembangan Baby Corn. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. 2(2): 27-33.
- Hermawan, A. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan: Teori dan Aplikasi*. ANDI. Yogyakarta.
- Hermawan, B. 2004. Penetapan Kadar Air Tanah Melalui Pengukuran Sifat Dielektrik pada Berbagai Tingkat Kepadatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 6(2): 66-74.
- Indriyanto, R, F., Kabib, M., Winarso, R. 2018. Rancang Bangun Sistem Pengepresan Dengan Penggerak Pneumatik Pada Mesin Press dan Potong Untuk Pembuatan Kantong Plastik Ukuran 400 x 500 mm. *Jurnal SIMETRIS*, 9(2): 1053-1060.
- Jayanti, K.D. 2017. Analisis Lemas Tanah Pada Tanah Regosol. *Jurnal AgroPet* 14(2): 13-18.
- Jupri, A., Muid, A., Muliadi. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur suhu, Kelembaban, dan pH pada Tanah Berbasis Mikrokontroler ATMega328P. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEIPN)*. 3(2): 76-81.
- Khusniyah, T, W., Sutikno. 2016. Prediksi Nilai Tukar Petani Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Scientific Journal of Informatics*. 3(1): 11-18.

- Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan EXCEL link*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kuswadi, D., Zulkarnain, I., Suprpto. 2014. Identifikasi Wilayah Rawan Banjir Kota Bandar Lampung Dengan Aplikasi Sistem Infromasi Geografis (GIS). *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*. 6(1):1-70.
- Lubis, A, D., Arismawati, N., Pratama, W, H. 2021. Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pringsewu (Studi Kasus: Kecamatan Pringsewu, Kecamatan Ambarawa, dan Kecamatan Pagelaran). *Jurnal Pertanahan*. 2(2): 165-173
- Lutfiyana, Hudallah, N., Suryanto, A. 2017. Rancang Bangun alat Ukur Suhu, Kelembaban Tanah, dan Resistensi. *Jurnal Teknik Elektro*. 9(2): 80-86.
- Muallifah, F. 2009. Perancangan dan Pembuatan alat Ukur Resistivitas Tanah. *Jurnal Neutrino*. 1(2): 179-197.
- Mulyadi, Printianto, H. 2014. Aplikasi Cropwat 8.0 Sebagai Upaya Menganalisa Kebutuhan Air Irigasi Dan Hasil Produksi Tanaman Jagung Di Kelurahan Matalamagi. *Jurnal Irigasi*. 3(2): 1-7
- Monika, D., Wardani, S., Ahmad, A., Solikhun. 2019. Model Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Memprediksi Ketersediaan Cabai Berdasarkan Provinsi. *TEKNIKA*. 8(1): 17-24.
- Nafisah, Sari., Puspitodjati, Sulistiyo., Wulandari, Sri. 2008. *Pengklasifian Jenis Tanah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma Backpropagation*. Proceeding Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen.
- Ndruru, R.E., Situmorang, M., Tarigan, G. 2014. Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di deli serdang. *Saintia Matematika*. 2(1): 71-83.
- Normakristagaluh, P. 2004. *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Peramalan Curah Hujan dalam Statistical Downscaling*. Jurusan ilmu komputer FMIPA IPB. Bogor.
- Notohadiprawiro, T., Soekodarmodjo, S., dan Sukana, E. 2006. *Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Pamungkas, M, Y. 2004. Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Karakteristik Umbi Lobak. (Skripsi). Departemen Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Permanasari, I dan E. Sulistyaningsih. 2013. Kajian Fisiologi Perbedaan Kadar Lengas Tanah Dan Konsentrasi Giberelin Pada Kedelai (*Glycine Max L*). *Kajian Fisiologi*. 4(1): 31-39.
- Prasetyo, A., Eka, F., Lilik, S. 2016. Perancangan Dan Pengujian Unjuk Kerja Sistem Monitoring Kadar Lengas Berbasis Gypsum BI Ock Untuk Memantau Dinamika Tanah Polietilen, Polistiren dan Other. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 8(2): 100-106.
- Priyanto, H., Mulyadi. 2014. Aplikasi Cropwat 8.0 Sebagai Upaya Menganalisa Kebutuhan Air Irigasi dan Hasil Produksi Tanaman Jagung Di Keluarahan Matalamagi Kota Sorong. *Jurnal Irigasi*. 1-7.
- Ramadhona, G., Setiawan, B, D., Bachtiar, F, A. 2018. Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasidan Ilmu Komputer*. 2(12): 6048-6057.
- Rivan, M.E., Rachmat, N., Ayustin, M.R. 2020. Klasifikasi Jenis Kacang-Kacangan Berdasarkan Tekstur Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Komputer Terapan*. 6(1): 89-98.
- Rukmana, R., Yuniarsih. 1996. *Kedelai, Budidaya dan Pasca Panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rusdiana, O., Fakuara, Y., Kusmana, C., Hidayat, Y. 2000. Respon Pertumbuhan Akar Tanaman Terhadap Kepadatan dan Kandungan air Tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 6(2): 43-53 (2000).
- Santoso, B. 2005. Pengaruh Bahan Organik Dan Pupuk NPK Terhadap Hasil Serat Rosela Di Lahan PMK Kalimantan Selatan. *JURNAL LITTRI*. 11 (3): 85-92.
- Sarief, E, S. (1986). *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung.
- Shrivastav, S., Kumbhar, B.K. 2009. Modeling and optimization for prediction of moisture content, drying rates, and moisture ratio. *International Journal Agricultural and Biological Engineering*. 2(1): 58-64.
- Siang, J.K. 2014. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Andi. Yogyakarta.