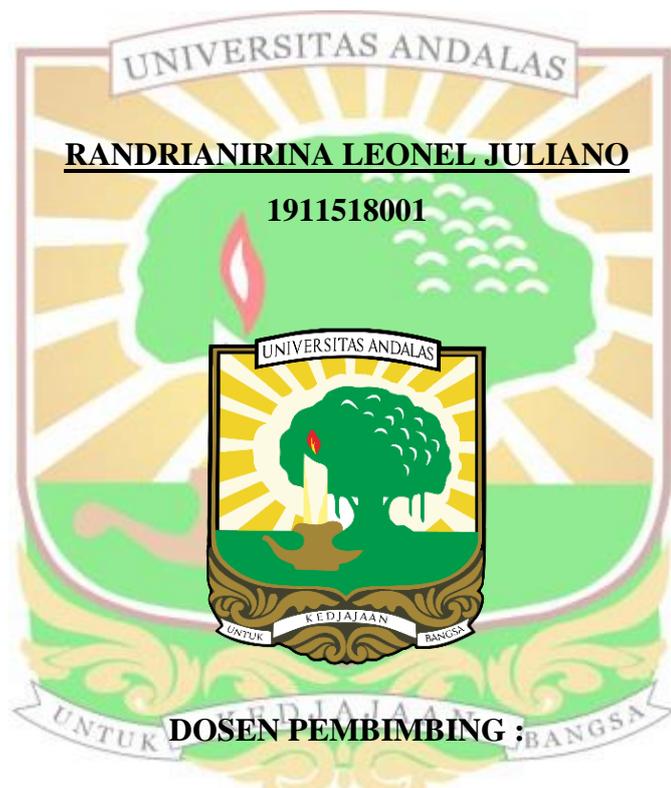


**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI LOGAM  
MENGUNAKAN METODE *DEEP NEURAL NETWORK* (DNN)  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK KOMPUTER**



**RANDRIANIRINA LEONEL JULIANO**

**1911518001**

**DOSEN PEMBIMBING :**

**DR. ENG. BUDI RAHMADYA  
DESTA YOLANDA, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG**

**2023**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI LOGAM  
MENGUNAKAN METODE *DEEP NEURAL NETWORK* (DNN)  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK KOMPUTER**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Sarjana  
Pada Jurusan Teknik Komputer Universitas Andalas*



**DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

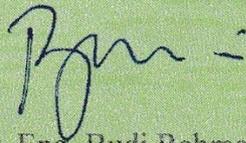
Nama : Randrianirina Leonel Juliano  
No.BP : 1911518001  
Judul Tugas Akhir : **Rancang bangun Sistem Pendeteksi Logam menggunakan Metode Deep Neural Network (DNN) berbasis Mikrokontroler.**

Tugas Akhir ini disetujui oleh Dosen Pembimbing dan disahkan oleh Ketua Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas.

Demikianlah lembaran pengesahan ini dibuat untuk diketahui bersama.

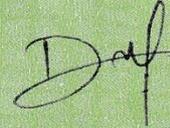
Padang, 03 October 2023

Pembimbing 1



Dr. Eng. Budi Rahmadya  
NIP. 198112222008121004

Pembimbing 2



Desta Yolanda, MT  
NIP.

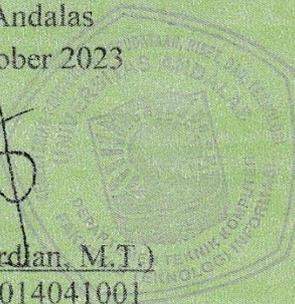
Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Andalas

Padang, 03 Oktober 2023



(Dr. Eng Rian Ferdian, M.T.)  
NIP. 198609162014041001



**LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini dinyatakan bahwa:

Nama : Randrianirina Leonel Juliano

No.BP : 1911518001

Judul Tugas Akhir : **Rancang bangun Sistem Pendeteksi Logam menggunakan Metode Deep Neural Network (DNN) berbasis Mikrokontroler.**

Telah diujikan dan telah disetujui Seminar Hasil Tugas Akhirnya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) melalui ujian komprehensif yang diadakan pada tanggal 26 September 2023 berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Padang, 03 October 2023

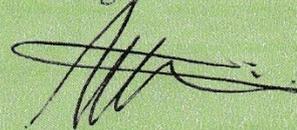
Penguji 1



(Dr. Eng Rian Ferdian, M.T.)

NIP. 198609162014041001

Penguji 2



(Arrya Anandika, MT)

NIP: 199506232022031014

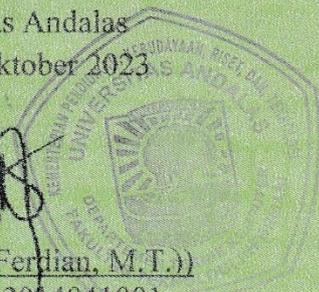
Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Andalas  
Padang, 03 Oktober 2023



(Dr. Eng Rian Ferdian, M.T.)

NIP. 198609162014041001



**LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

Tim Penguji Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Komputer, menyatakan bahwa :

Nama : Randrianirina Leonel Juliano

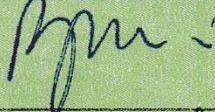
No.BP : 1911518001

Judul Tugas Akhir : Rancang bangun Sistem Pendeteksi Logam menggunakan Metode Deep Neural Network (DNN) berbasis Mikrokontroler.

Telah diujikan dan telah disetujui Seminar Hasil Tugas Akhirnya pada seminar hasil untuk dilanjutkan pada tahap berikutnya.

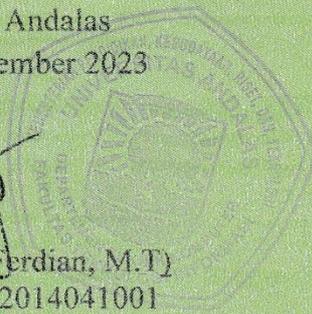
Demikianlah lembaran pengesahan ini dibuat untuk diketahui bersama.

Padang, 03 October 2023

	Nama	Tanda Tangan
Penguji I	: Dr. Eng Rian Ferdian, M.T.	
Penguji II	: Arrya Anandika, MT	
Pembimbing I	: Dr. Eng. Budi Rahmadya	
Pembimbing II	: Desta Yolanda, MT	

Mengetahui :  
Ketua Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Andalas  
Padang, September 2023

  
(Dr. Eng. Rian Ferdian, M.T.)  
NIP. 198609162014041001



## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir dengan judul “Rancang bangun sistem pendeteksi logam menggunakan metode Deep Neural Network (DNN) berbasis mikrokontroler.” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana, Magister, dan Doktor), baik di Universitas Andalas maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Tugas Akhir ini murni gagasan dan rancangan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali bantuan dan arahan dari tim pembimbing.
3. Tugas Akhir ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan dalam tulisan saya dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan lain yang berlaku.

Demikianlah surat ini dibuat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Padang, 3 October 2023

Yang membuat pernyataan,



Randrianirina Leonet Juliano

No.BP 1911518001

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**Philipians 4:13, John 14:15, John 14:6**

Karyai ni saya persembahkan untuk...

**Randrianirina Leonel Juliano, S.T**

Teruntuk Leonel terimakasih telah berjuang sampai titik ini ya, terimakasih sudah berjuang sangat keras dari awal pembuatan proposal sampai akhirnya tugas akhir ini selesai. Kamu sudah membuktikan kalau kamu tu pasti bisa melewatinya semua tantangan dalam perkuliahnya. Perjalanan kamu bukan sampai sini aja, masih Panjang perjalanan yang harus kamu tempuh, akan banyak hambatan rintangan yang akan kamu hadapin dimana semuanya itu tentu akan berjalan dengan lancar dengan rezeki mengalir, kelancaran masa depan, dan mendapatkan keberuntungan selalu. Kedepannya mari bekerja sama lagi ya untuk meraih kesuksesan yang kamu inginkan. Perjuangan kamu selalu disertai oleh Tuhan dimanapun kamu berada karena kamu udah berjuang di negara orang lain itu karena Tuhan yang mendahului membuka semuanya untukmu jadi tetap semangat dan sukses selalu dan nikmati proses yang dilewati dan jangan khawatir esok hari.

### **Keluarga Tercinta**

Teruntuk **Mama dan Ayah**, terimakasih ma yah sudah selalu berdoa yang terbaik untuk Leonel. Terimakasih juga kepada abang, kakak, dan adek saya yang selalu mendukung dalam aktivitas saya selama ini. Saya akan berjuang sebisa saya dimana Tuhan memberi jalan yang akan saya jalani dalam perang apapun akan saya laksanakan. Semoga kita masih bisa ketemu lagi di waktu yang akan mendatang setelah saya mencapai tujuan yang saya inginkan. Selalu berdoa dan saling mendoakan dan saling memaafkan dalam kehidupan kita, dan yakinlah bahwa Tuhan Yesus selalu ada dalam perjalanan kit aini dimana Dia sudah mengatakan kepada kita “Akulah jalan dan kebenaran dan hidup. Tidak ada seorangpun yang datang kepada Bapa kalau tidak melalui Aku”. Sehat selalu ya

keluargaku yang aku cintai dan pasti kita bersama sama meraih kemenangan bersama.

### **Dosen Teknik Komputer**

Terimakasih kepada **Bapak Dr. Eng. Budi Rahmadya** dan **Ibu Desta Yolanda, M.T** sebagai dosen pembimbing akademik Leonel yang sudah membimbing perkuliahan dari awal menjadi mahasiswa baru hingga menjadi mahasiswa akhir sekaligus menjadi dosen pembimbing tugas akhir Leonel yang telah membimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih juga kepada **ibu Rizka Hadelina, M.T** yang telah membimbing dari awal dalam pemilihan metode dan bimbingan penelitian saya. Terima kasih juga kepada **Bapak Dr. Eng. Rian Ferdian, M.T** dan **Bapak Arrya Anandika, M.T** sebagai dosen penguji saya yang telah menguji dan membantu dalam penjelasan penelitian saya tersebut. Dan saya juga mengucapkan terimakasih kepada semua dosen yang ada di departmen Teknik Komputer yang telah membimbing, memberi arahan, instruksi, saran, komunikasi dan semuanya dari seluruh matakuliah pembelajarn. Semoga Tuhan memberkati dan memberikan kelancaran rezeki kepada seluruh dosen dan staff dan semua administrasi juga di departmen Teknik Komputer.

### **Senior, Teman, Intel Corei9, Reslab Teknik Komputer**

Saya mengucapkan terimakasih juga kepada semua di department Teknik komputer baik itu mereka semua senior yang di PKM, dan mereka seangkatan juga dan teman lainnya juga atas bantuan pendapatan dan saran dan semangat dari mereka semuanya kepada saya. Saya mengucapkan terimakasih kepada abang Luthfi, Halim, Tommy, Lukman, dan semuanya yang belum saya sebut nama telah membantu saya dalam penyelesaian penelitan say tersebut. Tuhan memberkati dan memberi kelancaran masa depan mereka semua. Semoga FTI selalu berlimpah dan bertumbuh dan berkembang selalu dan menghasilkan orang yang luar biasa.

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan dan puji syukur atas kehadiran Tuhan yang telah memberikan begitu banyak rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Terimakasih Tuhan atas segala kemudahan yang Engkau berikan dalam perjuangan ini dan yang akan Engkau siapkan dalam masa depan saya setelah selesai kuliah saya di Indonesia. Semoga semua orang yang menyelesaikan tugas mereka diberikan kelancaran juga dan semua perjuangan dalam bidang apapun dapat dijalangkan dengan lancar juga.

Dengan selesainya penulisan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada segenap pihak yang telah memberikan begitu banyak dukungan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terkhusus, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Ayah dan Ibu selaku orang tua penulis serta abang dan kakak saya dan adek saya yang telah mendukung dan mengsemangatkan dalam perjuangan saya namun saya berada di negara Indonesia selalu mendoakan dan mengsemangatkan saya.
2. Bapak Dr. Eng. Budi Rahmadya selaku dosen pembimbing I dan Prof., Tuyen Ngoc Le selaku dosen yang telah membimbing selama mengikuti proyek dengan MCUT. Kemudian Ibu Desta Yolanda, MT dan Rizka Hadelina, M.T selaku dosen pembimbing saya juga waktu dalam menyelesaikan skripsi awal awal. Saya mengucapkan terima kasih banyak atas bimbingan, arahan, saran, pendapatan, dan waktu yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Juga atas segala ilmu dan pengajaran yang telah diberikan selama masa kuliah penulis.
3. Bapak Dr. Eng Rian Ferdian, M.T. dan Bapak Rifki Suwandi, MT selaku penguji I dan penguji II dalam penelitian tugas akhir ini. Terima kasih atas segala bimbingan, arahan dan pendapatan dari Bapak yang telah memperluas dan memperanalisa lebih dalam dalam penelitian tugas akhir ini.

4. Bapak Dodon Yendri, M.Kom selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan begitu banyak dukungan selama perjalanan kuliah.
5. Bapak dan Ibuk Dosen Fakultas Teknologi Informasi khususnya Dosen Jurusan Teknik Komputer yang telah memberikan dukungan. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan atas segala ilmu dan pengetahuan yang diberikan serta saran dan komunikasi yang telah ada selama perjalanan kuliah.
6. Seluruh staff atau Karyawan/i di jurusan Teknik Komputer Fakultas Informasi Teknology. Saya ucapkan terimakasih atas saran dan komunikasi yang telah ada selama masa kuliah.
7. Saya mengucapkan terima kasih khusus juga kepada Senior saya yaitu Abang Luthfi, abang Tommy, dan Lukman yang telah membantu saya dalam perancangan tugas akhir ini. Kemudian saya mengucapkan terima kasih juga kepada semua senior senior yang di basecamp PKM FTI da di ruangn TA dimana memberi saran, pendapatan dan berkomunikasi dengan lancar dengan saya. Makasih banyak dan semoga selalu lancer juga segala urusan mereka.
8. Teman-teman, kakak tingkat, dan adik-adik dari jurusan Teknik Komputer.
9. Teman-teman sekelas yang telah memberikan saran dan membantu saya juga yaitu Halim, Irfan, Noveri, Ihsan, Iqbal, Een, dan seluruh teman sekelas saya yang telah membantu saya yang belum saya sebut Namanya semuanya disini.
10. Saya mengucapkan terima kasih juga kepada teman senegara saya yaitu Eddie, Alto, James yang telah memberikan saran dan mendukung dalam perjalanan tugas akhir say aini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis memohon maaf apabila ada kekurangan maupun kesalahan dalam penyajiannya serta dari segi Bahasa Indonesia, serta mengharapkan kritikan dan saran yang bermanfaat untuk dapat mengembangkan dan meningkatkan mutu tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan atas perjalanan yang telah disiapkanNya dalam hidup saya dan semoga seluruh yang telah membantu saya dalam segi apapun semoga mendapatkan balasan yang berlimpah limpah. Semoga Fakultas Informasi Teknologi ini selalu berkembang dan maju terus.

Padang, 03 October 2023



Randrianirina Leonel Juliano



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI LOGAM  
MENGUNAKAN METODE DEEP NEURAL NETWORK (DNN)  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**Randrianirina Leonel Juliano<sup>1</sup>, Dr. Eng Budi Rahmadya<sup>2</sup>, Desta Yolanda, MT<sup>3</sup>,  
Prof., Tuyen Ngoc Le<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas*

*<sup>2</sup>Dosen Teknik Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas*

**ABSTRAK**

Seringnya kesulitan yang dihadapi oleh masyarakat dalam kebutuhan sehari-hari dalam pencarian logam dimana belum banyak masyarakat yang memiliki alat yang efektif untuk mengurangi kerugian waktu, kelelahan dan hasil yang tidak sesuai yang diinginkan dalam pencarian logam tersebut. Dari situ penelitian ini bertujuan sebagai indikasi yang mana memudahkan masyarakat dalam pencarian logam dengan menggunakan sistem pendeteksi logam menggunakan metode *Deep Neural Network* (DNN) berbasis mikrokontroler. Sistem bekerja dengan mendeteksi keberadaan logam pada suatu tempat dan dilakukan pengolahan data dari logam yang terdeteksi. Kemudian pengguna dapat menggunakan alat ini dengan mudah karena sistem dapat memberikan alarm yang berbunyi dari buzzer setelah sensor logam mendeteksi logam dan dapat menyalakan LED sebagai tanda terdeteksi logam serta menampilkan data pendeteksi logam di LCD bahwa terdeteksi logam. Data dapat dikelola lebih lanjut untuk mengetahui setiap keakurasian persentase logam yang terdeteksi menggunakan DNN. Dari hasil penelitian tingkat keakurasian sensor logam dapat dengan sebesar 84.21% dan dengan pencapaian lebih dari 10 cm dalam jarak pendeteksian serta sensitivitas sensor logam didapatkan dengan 0.5mm. Proses pengolahan data dari logam yang terdeteksi melalui metode DNN didapkatann dengan akurasi sebesar 82.16 % pada model training dan 77% pada model testing yang mengimpulkan bahwa keakuraian model yang didapatkan memberikan target yang diinginkan dan mendapatkan hasil persentase yaitu aluminium 73%, copper 75%, besi 75%, nickel 67%, no\_metal 90%, platinum 79%, dan silver 77%.

Kata kunci: Mikrokontroler, sensor logam, Pendeteksi logam, LED, Buzzer, LCD, DNN

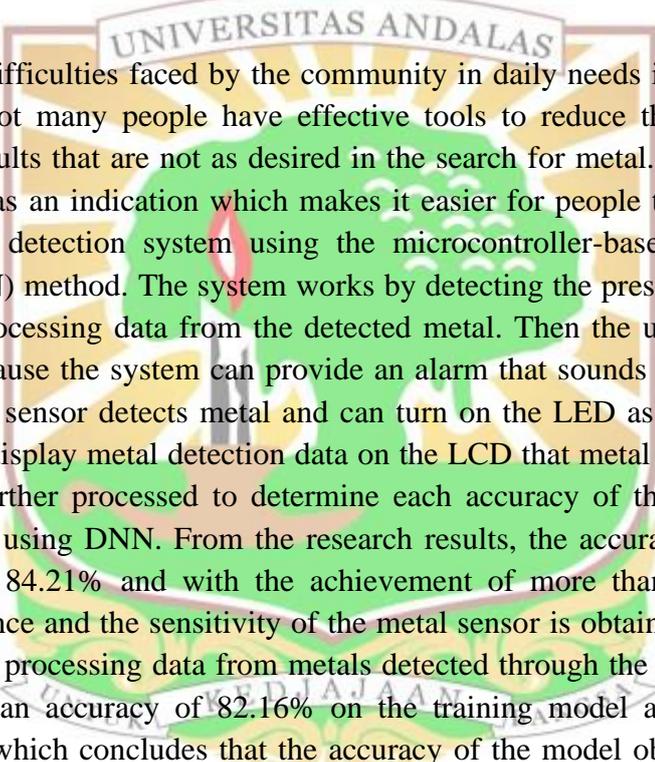
# DEEP NEURAL NETWORK BASED-METAL DETECTION SYSTEM USING MICROCONTROLLER

Randrianirina Leonel Juliano<sup>1</sup>, Dr. Eng Budi Rahmadya<sup>2</sup>, Desta Yolanda, MT<sup>3</sup>,  
Prof., Tuyen Ngoc Le<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Undergraduate Student, Computer Engineering Major, Information Technology  
Faculty, Andalas University*

<sup>2</sup> *Lecturer, Computer Engineering, Information Technology Faculty, Andalas  
University*

## ABSTRACT



The frequent difficulties faced by the community in daily needs in the search for metal where not many people have effective tools to reduce the loss of time, fatigue and results that are not as desired in the search for metal. From there this research aims as an indication which makes it easier for people to find metal by using a metal detection system using the microcontroller-based Deep Neural Network (DNN) method. The system works by detecting the presence of metal in a place and processing data from the detected metal. Then the user can use this tool easily because the system can provide an alarm that sounds from the buzzer after the metal sensor detects metal and can turn on the LED as a sign of metal detection and display metal detection data on the LCD that metal is detected. The data can be further processed to determine each accuracy of the percentage of metal detected using DNN. From the research results, the accuracy of the metal sensor can be 84.21% and with the achievement of more than 10 cm in the detection distance and the sensitivity of the metal sensor is obtained with 0.5mm. The process of processing data from metals detected through the DNN method is obtained with an accuracy of 82.16% on the training model and 77% on the testing model which concludes that the accuracy of the model obtained provides the desired target and gets the percentage results of aluminum 73%, copper 75%, iron 75%, nickel 67%, no\_metal 90%, platinum 79%, and silver 77%.

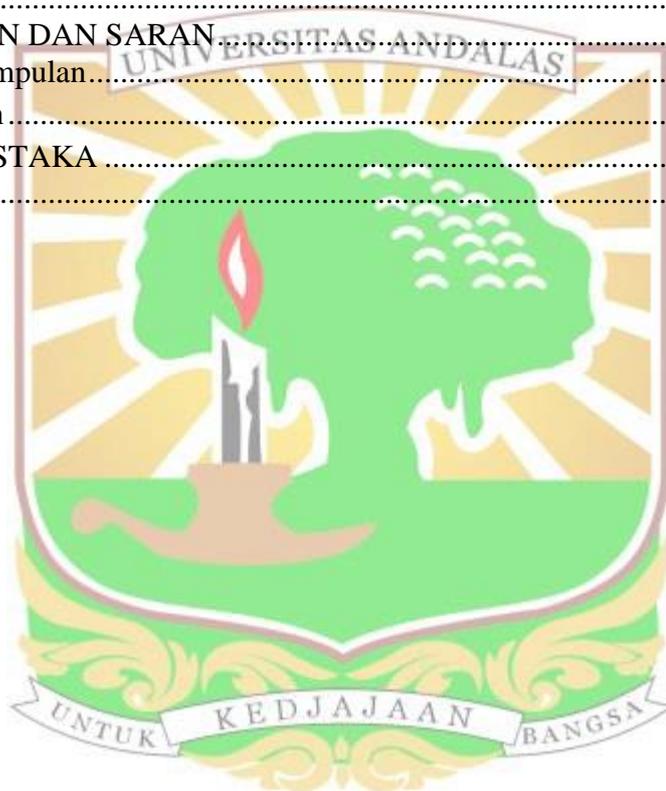
Keywords: *Microcontroller, metal sensor, metal detector, LED, Buzzer, LCD, DNN*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II .....	7
LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Sistem detektor Logam (metal detektor) .....	7
a. Very Low Frequency (VLF) .....	7
b. Eddy Current .....	9
2.2 Prinsip kerja sistem detektor logam (metal detektor) .....	10
2.3 Induktor (koil) .....	12
2.3.1 Pengertian Induktor .....	12
2.3.2 Fungsi induktor .....	12
2.3.3 Jenis simbol Induktor .....	13
2.3.4 Induktansi Bersama ( <i>Mutual Inductance</i> ) .....	14
2.3.5 Interaksi Fluks Magnet .....	15
2.3.6 Teori Induktansi .....	16
2.4 Perangkat keras .....	17
2.4.1 Pengertian Mikrokontroler .....	17
2.4.2 Arduino UNO Atmega328 .....	17
2.4.3 Komponen Rangkaian Sensor Logam .....	19
2.4.4 Prinsip ilmu dasar sensor logam .....	22
2.4.5 Kumparan kawat Koil pencarian ( <i>Search Coil</i> ) .....	23
2.4.6 Jenis konfigurasi koil .....	24
2.4.7 Trailing edge .....	24

2.4.8	Pemilihan Koil pencarian ( <i>Search Coil</i> ) .....	25
2.4.9	Buzzer .....	26
2.4.10	LED (Light Emitting Diode).....	27
2.4.11	Baterai 3.7 Volt Lithium .....	27
2.4.12	LCD (Liquid Crystal Display) .....	28
2.5	Perangkat lunak .....	29
2.5.1	Software Arduino IDE .....	29
2.5.2	Software Excel (plx-daq) .....	31
2.5.3	Deep learning model .....	32
A.	Algoritma Deep Learning .....	32
B.	Neural Network.....	33
C.	Deep Neural Network (DNN) .....	34
BAB III	.....	48
METODOLOGI PENELITIAN	.....	48
3.1	Jenis dan Metodologi Penelitian.....	48
3.2	Analisis Kebutuhan Sistem .....	52
3.2.1	Kebutuhan Fungsional Sistem .....	53
3.2.2	Kebutuhan Non-Fungsional Sistem .....	53
3.2.3	Kebutuhan Perangkat Keras .....	54
3.2.4	Kebutuhan Perangkat Lunak .....	55
3.2.5	Kebutuhan Data.....	56
3.3	Rancangan Umum Sistem .....	61
3.4	Rancangan Proses.....	64
3.4.1	Perancangan Perangkat Keras .....	64
3.4.2	Perancangan Perangkat Lunak .....	65
3.5	Rencana Pengujian .....	71
3.5.1	Pengujian Perangkat Keras .....	71
3.5.2	Pengujian Perangkat Lunak.....	73
3.5.3	Rencana Pengujian Fungsional Sistem .....	76
3.6	Analisis Kebutuhan Penelitian .....	77
BAB IV	.....	78
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	.....	78
4.1	Implementasi .....	78
4.1.1	Implementasi Sistem .....	78

4.1.2	Implementasi Perangkat Keras.....	79
4.1.3	Implementasi Perangkat Lunak.....	86
4.2	Pengujian dan Analisis .....	88
4.2.1	Pengujian dan Analisis Perangkat Keras.....	89
4.2.2	Pengujian dan Analisis Perangkat Lunak.....	94
A.	Arduino .....	94
B.	Deep Neural Network .....	95
4.2.3	Pengujian dan Analisis Sistem Secara Keseluruhan .....	103
BAB V.....		108
KESIMPULAN DAN SARAN.....		108
5.1	Kesimpulan.....	108
5.2	Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA .....		110
LAMPIRAN.....		113



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem dengan jenis VLF [10].....	8
Gambar 2. 2 Cara kerja metode VLF [10] .....	9
Gambar 2. 3 Alur pendeteksian logam dari konsep VLF [11].....	9
Gambar 2. 4 Prinsip dari Eddy Current [11] .....	10
Gambar 2. 5 Prinsip kerja sistem detektor logam [33].....	11
Gambar 2. 6 Simbol induktor serta jenisnya [35] .....	13
Gambar 2. 7 Induktansi Bersama [15] .....	15
Gambar 2. 8 Medan magnet pada kumparan [15].....	16
Gambar 2. 9 Arduino UNO Atmega328 [18] .....	18
Gambar 2. 10 Kumparan kawat (koil induktor) [32] .....	20
Gambar 2. 11 Jenis bentuk resistor [16].....	21
Gambar 2. 12 Jenis kapasitor [16].....	22
Gambar 2. 13 Tampilan dioda [16].....	22
Gambar 2. 14 Kumparan koil [20] .....	23
Gambar 2. 15 kumparan konsentris [20].....	24
Gambar 2. 16 Tampilan Buzzer [19].....	26
Gambar 2. 17 Light Emitting Diode LED [19] .....	27
Gambar 2. 18 Tampilan Baterai 3.7V [23] .....	28
Gambar 2. 19 LCD 16x2 [5] .....	29
Gambar 2. 20 Tampilan Transfo step down modul [40].....	29
Gambar 2. 21 Tampilan Software Arduino IDE [16] .....	30
Gambar 2. 22 Tampilan data pada Excel [22].....	31
Gambar 2. 23 Deep Learning Model [24].....	32
Gambar 2. 24 Tampilan proses Neural Network [25].....	34
Gambar 2. 25 Tampilan pembagian layer dalam proses DNN [25].....	76
Gambar 2. 26 Proses perhitungan konvolusi [28].....	35
Gambar 2. 27 Proses Activation Function (ReLU) [28] .....	36
Gambar 2. 28 Proses Pooling layer [29] .....	37
Gambar 2. 29 Contoh Fully Connected Layer [28].....	38
Gambar 2. 30 Fully Connected Layer [31] .....	39
Gambar 2. 31 Tampilan proses DNN [26] .....	40
Gambar 2. 32 Scikit-Learn [38] .....	43
Gambar 2. 33 Contoh tampilan proses DNN dengan Scikit-Learn [27] .....	43
Gambar 2. 34 Confusion matrix [36] .....	44
Gambar 2. 35 Pengujian Test dan Score [36] .....	47
Gambar 3. 1 Diagram Rancangan Penelitian .....	49
Gambar 3. 2 Tampilan sketsa sistem.....	54
Gambar 3. 3 Rancangan Umum Sistem .....	62
Gambar 3. 4 Rancangan Perangkat Keras.....	64
Gambar 3. 5 Flowchart Rancangan Keseluruhan Sistem.....	66
Gambar 3. 6 Proses pengolahan data dari logam dengan DNN.....	67
Gambar 3. 7 Proses Training data pada DNN.....	68
Gambar 3. 8 Proses Testing data pada DNN.....	70
Gambar 3. 9 Flowchart Rancangan DNN dengan Scikit-learn .....	72
Gambar 4. 1 Proses tahap pembuatan sensor pendeteksi logam .....	80

Gambar 4. 2 Tampilan jenis logam sebagai sampel untuk sistem .....	80
Gambar 4. 3 Bentuk koil kawat setelah dibuat .....	81
Gambar 4. 4 Implementasi Perangkat Keras.....	83
Gambar 4. 5 Tampilan pegangan posisi alat .....	84
Gambar 4. 6 Tampilan hasil data eksekusi dari program Arduino pada serial port .....	87
Gambar 4. 7 Tampilan hasil program data pada excel.....	87
Gambar 4. 8 Tampilan spesifikasi program arduino.....	94
Gambar 4. 9 Tampilan respon time program arduino.....	94
Gambar 4. 10 Tampilan penggunaan memori pada program arduino .....	95
Gambar 4. 11 Training model DNN pada Google Collabs.....	96



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Deskripsi Arduino UNO Atmega328 [28].....	18
Tabel 3. 1 Contoh tampilan data hasil sampel sistem pada data streamer Excel..	56
Tabel 3. 2 Contoh tampilan pembagian data.....	61
Tabel 3. 3 Contoh tampilan sampel percobaan koil pada sistem .....	63
Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Perangkat Keras.....	71
Tabel 3. 5 Contoh sampel perhitungan akurasi sensor.....	72
Tabel 3. 6 Contoh sampel perhitungan jarak logam .....	72
Tabel 3. 7 Contoh sampel perhitungan sensitivitas sensor .....	73
Tabel 3. 8 Rancangan Penguji Perangkat Lunak .....	73
Tabel 3. 9 Pengujian performa deteksi dengan metode confusion matrix .....	74
Tabel 3. 10 Skenario pengujian tingkat performa dan akurasi model DNN .....	75
Tabel 3. 11 Pengambilan data untuk mengukur akurasi pada DNN .....	75
Tabel 3. 12 Pengujian secara keseluruhan .....	76
Tabel 3. 13 Kebutuhan Penelitian .....	77
Tabel 4. 1 Representasi detail <i>spesifikasi</i> koil sensor sistem.....	81
Tabel 4. 2 Representasi data dari hasil program arduino .....	87
Tabel 4. 3 Tabel pengujian catu daya rangkaian sistem.....	89
Tabel 4. 4 Sampel pengecekan sensitivitas sensor.....	90
Tabel 4. 5 Sampel perhitungan jarak logam.....	90
Tabel 4. 6 Sampel perhitungan akurasi sensor.....	91
Tabel 4. 7 Tampilan hasil perbandingan alat dengan alat lain [2,7,8] .....	92
Tabel 4. 8 Confusion matrix hasil pengujian training model DNN .....	96
Tabel 4. 9 Hasil pengujian komputasi tingkat presisi dan recall training model ..	97
Tabel 4. 10 Hasil perhitungan f1-score secara manual pada training model .....	98
Tabel 4. 11 Proses pengujian training Model 1 DNN.....	98
Tabel 4. 12 Proses pengujian Model 2 DNN .....	99
Tabel 4. 13 Proses pengujian Model 3 DNN .....	99
Tabel 4. 14 Proses pengujian Model 5 DNN .....	99
Tabel 4. 15 Proses pengujian Model 6 DNN .....	99
Tabel 4. 16 Proses pengujian Model 7 DNN .....	100
Tabel 4. 17 Proses pengujian Model 8 DNN .....	100
Tabel 4. 18 Proses pengujian Model 9 DNN .....	100
Tabel 4. 19 Proses pengujian Model 10 DNN .....	100
Tabel 4. 20 Confusion matrix testing model DNN .....	101
Tabel 4. 21 Hasil pengujian tingkat presisi dan recall testing model .....	101
Tabel 4. 22 Hasil perhitungan f1-score secara manual pada testing model .....	102
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian secara keseluruhan rancangan model DNN .....	103
Tabel 4. 24 Tampilan gambar cara menguji sampel logam .....	104
Tabel 4. 25 Pengujian secara keseluruhan sistem .....	106
Tabel 4. 26 Pengujian Fungsional.....	107

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam adalah zat keras yang biasanya paling digunakan oleh masyarakat untuk membuat suatu produk atau untuk menjadikan alat yang dipakai sehari-hari termasuk logam emas, nickel, platinum, aluminum, besi, silver, copper dan logam lainnya yang dibutuhkan. Sejak zaman kuno, manusia telah mengeksplorasi dan menggali logam sebagai bahan untuk membuat koin, perhiasan, dan objek seni lainnya. Logam ini memiliki variasi warna yang unik masing-masing sehingga sangat menarik [1]. Penggunaan logam telah menjadi sangat umum di kalangan manusia, terutama dalam kehidupan sehari-hari [2]. Salah satu tempat dimana masyarakat dari Kecamatan Bonjol, Kabupaten Pasaman, Provinsi Sumatera Barat sampai saat ini masih melakukan penambangan logam sebagai mata pencaharian utamanya untuk kebutuhan keluarga karena tempat tersebut mengandung butiran logam [3]. Salah satu logam yang memiliki harga tinggi adalah logam emas. Emas berukuran terkecil 0.5gram dijual seharga 523.500. Sedangkan, harga emas dengan ukuran terbesar 1000gram mencapai Rp 887.600.000 pada bulan September 2022 [5].

Logam telah menjadi pilihan investasi yang populer di kalangan masyarakat dan dikenal sebagai komoditas yang efektif dalam melindungi nilai uang dari inflasi [4]. Ada dampak ekonomi yang signifikan yang dirasakan, termasuk peningkatan pendapatan ekonomi dibandingkan dengan pekerjaan sebelumnya, peningkatan kesempatan kerja, kemampuan bagi pekerja untuk membangun dan memperbaiki rumah, membuka usaha warung, serta membeli kendaraan. Dengan adanya kemampuan menabung, individu mampu merencanakan untuk masa depan, termasuk menyediakan dana untuk membiayai pendidikan anak-anak mereka dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi, serta memberikan dukungan finansial kepada keluarga dan kerabat mereka [6].

Pertambangan melibatkan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mencari, menggali, mengolah, memanfaatkan, dan menjual bahan galian. (emas,

nickel, platinum, aluminum, besi, *silver*, copper). Dalam pencarian logam tersebut masyarakat mengalami masalah yang sering dihadapi seperti kerugian waktu, tenaga, serta hasil target sangat tidak memuaskan dikarenakan masih menggunakan alat tradisional dan tidak dapat menemukan titik keberadaan logam yang lebih tepat sehingga menghabiskan waktu lebih lama, bahkan seharian tidak mendapatkan hasil. Kemudian dengan alat tradisional menyebabkan penyakit karena terjadinya faktor kelelahan sehingga tidak dapat mencapai hasil yang diinginkan. Maka masyarakat tidak dapat memaksimalkan penghasilan mereka karena belum memiliki alat yang efektif yang dapat membantu dan memudahkan pekerjaan tersebut, juga masyarakat belum mampu membeli alat yang canggih secara online dengan keterbatasan finansial dan teknologi yang ada. Jadi dari sini Masyarakat membutuhkan sistem yang mudah digunakan, sistem yang dapat mendeteksi titik keberadaan logam serta sistem yang mampu memberikan hasil logam yang ingin dicapai.

Dalam rangka pencarian solusi dari masalah yang dihadapi oleh masyarakat tersebut, sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang **“alat berbentuk ular pendeteksi logam berbasis mikrokontroler”** Sebuah robot yang telah dibuat mampu bergerak dengan mengikuti dan membaca garis sebagai jalur yang dilaluinya [7]. Pembatasan terjadi pada pergerakan robot karena tergantung pada pembacaan garis sebagai jalur. Selain itu, robot ini tidak memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi logam yang terdeteksi dan hasil logam yang dapat dideteksi pada alat ini adalah kurang dari jarak 3cm. Penelitian berikutnya adalah **“alat pendeteksi logam berbasis android dengan menggunakan komunikasi Bluetooth”** [8]. Alat ini sudah memiliki fitur-fitur baru akan tetapi tidak dapat mendeteksi logam dalam kondisi tanah yang tidak datar dan tidak dapat dipakai di tempat yang susah contohnya dalam mendaki gunung, hutan, dan juga dari segi jarak pendeteksian yaitu tidak dapat mendeteksi logam dengan jarak yang jauh karena sensor yang dipakai dengan diameter putaran berukuran kecil dan tidak memberikan hasil maksimal. Kemudian penelitian sebelumnya juga telah dilakukan **“alat sebagai pendeteksi logam dengan mikrokontroler”** [9] dimana pada penelitian ini memiliki kekurangan juga karena sensor yang digunakan

adalah *Sensor proximity* dimana sensor ini mendeteksi logam dengan jarak  $\pm 2$  cm saja sehingga untuk mendeteksi logam secara jarak jauh terbatas. Dan alat ini tidak dapat digunakan pada tempat yang susah dijalaninya seperti gunung, tempat batu-batu dan hutan.

Berdasarkan masalah tersebut, penulis membuat sebuah sistem pendeteksi logam atau (metal detektor) dimana sistem ini menggunakan metode *Deep Neural Network* (DNN) berbasis mikrokontroler. Dalam sistem ini dipakai dasar konsep dari VLF yaitu *Very Low Frequency* dimana menggunakan koil kawat sebagai sensor pendeteksi logam dimana koil ini memiliki *transmitter* dan *receiver* elektromagnetik untuk memancarkan dan menerima konduktivitas dari sebuah logam agar terdeteksi keberadaannya. Sistem ini diharapkan dapat mendeteksi logam pada berbagai tempat melalui sensor logam yang didasari oleh resistor, kapasitor, dioda dan koil kawat dan pengontrolan oleh mikrokontroler yang digunakan serta dapat dibawah dengan mudah di tempat yang susah dijalaninya, dan juga dapat mampu mendeteksi logam dengan jarak yang jauh. Sensor yang terancang dari sistem ini mendeteksi keberadaan logam, setelah terdeteksi logam maka sinyal dikirim ke mikrokontroler dan LED serta buzzer memberikan notifikasi yaitu buzzer akan berbunyi suara alarm dan LED akan menyala lebih terang. Kemudian, data yang terdeteksi tersebut ditampilkan dan tersimpan pada PC dan LCD memberikan notifikasi dengan tulisan “**terdeteksi logam**” pada saat terdeteksi logam dan tidak ada tulisan pada saat tidak mendapatkan pendeteksi logam dari sistem. Kemudian, hasil data yang didapat dari PC melalui software data streamer Excel (Plx-daq) dianalisis untuk mengoperasikan data logam yang terdeteksi oleh sistem termasuk logam nikel, platinum, aluminium, besi, silver, copper, melalui metode *Deep Neural Network* (DNN) yang diprogramkan pada Scikit-learn.

Berdasarkan konteks yang telah dijelaskan, muncul suatu ide yang akan dijelaskan dalam tugas akhir ini dengan judul sebagai berikut “**Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Logam Menggunakan Metode *Deep Neural Network* (DNN) Berbasis Mikrokontroler.**”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan informasi yang telah disajikan sebelumnya, berikut adalah rumusan masalah yang diteliti dan dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana tingkat sensitivitas sensor logam yang akurat dalam mendeteksi logam
2. Bagaimana sistem dapat mendeteksi titik keberadaan logam.
3. Bagaimana pengguna dapat menggunakan sistem dengan mudah
4. Bagaimana hasil pengolahan data terhadap data dari logam yang terdeteksi

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memastikan fokus dan kelancaran dalam pembahasan, perancangan, dan pembuatan alat, penulis melakukan pembatasan masalah. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, permasalahan yang dibatasi adalah sebagai berikut:

1. Sensor logam dapat mendeteksi logam dengan jarak tertentu tidak melebihi dari pada 3m.
2. Tingkat sensitivitas dari sistem terbatas pada parameter yang ada pada sensor logam dan komponen-komponen pendukung lainnya (resistor, kapasitor, dioda)
3. Responsivitas dari sensor logam hanya dapat mendeteksi benda ringan atau kecil atau besar dengan sensitivitas yang tinggi.

## 1.4 Tujuan

Berikut adalah tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini:

1. Menentukan tingkat sensitivitas sensor logam yang akurat dalam pendeteksian logam.
2. Mendapatkan sistem yang dapat mendeteksi titik keberadaan logam.
3. Merancang sistem yang dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna.
4. Menentukan cara proses pengolahan data dari logam yang terdeteksi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dengan tujuan untuk menciptakan sistem pendeteksi logam (metal detektor) untuk memudahkan aktivitas pencarian logam bagi masyarakat termasuk logam nickel, platinum, aluminum, besi, silver, dan copper, dimana dibutuhkan bagi masyarakat yang masih menggunakan alat

tradisional. Dikarenakan sistem ini dirancang untuk mendeteksi keberadaan logam pada suatu tempat baik itu di permukaan tanah dan juga dalam daratan, gunung, hutan dan tanah datar serta tempat yang memiliki potensi mengandung logam tersebut sehingga memudahkan dan membantu terutamanya masyarakat yang bekerja di tambang. Maka dari sistem ini memungkinkan para penambang logam menjadi lebih berkembang dan maju pada pekerjaan yang dilakukannya sehari-hari.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan urutan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian pendahuluan terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian yang semuanya berhubungan dengan sistem pendeteksi logam (metal detektor). Selain itu, juga dijelaskan sistematisasi penulisan yang diikuti dalam tugas akhir ini.

#### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bagian ini mengulas teori-teori yang relevan dan mendukung penelitian, yang diperoleh dari sumber-sumber terkait dengan topik penelitian yang sedang dilakukan pada sistem pendeteksi logam (metal detektor) serta pembahasan secara rinci semua komponen yang dibutuhkan dalam perancangan sistem tersebut.

#### **BAB III METODOLOGI**

Bagian ini mencakup langkah-langkah yang diambil selama pelaksanaan penelitian serta penerangan tentang langkah-langka tersebut. Disini juga membahas tentang Analisis kebutuhan sistem pendeteksi logam, rancangan umum sistem, rancangan proses serta rancangan pengujian dari sistem pendeteksi logam tersebut.

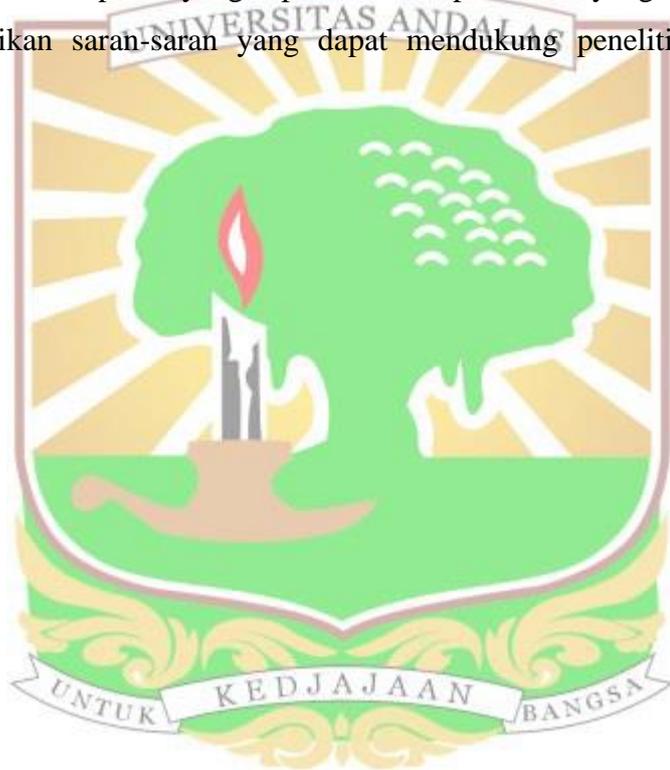
#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini akan mengulas dan menganalisis sistem yang telah dibangun, proses pengujian, serta pengukuran tingkat keakuratan data yang diperoleh dari sistem tersebut serta berisi tentang hasil sistem, kemudian diuji untuk menentukan tingkat keberhasilannya, serta membandingkan sistem yang sudah ada sebelumnya

dan sudah dilakukan pengembangan dan peningkatan. Kemudian disini juga dibahas implementasi dari sistem pendeteksi logam, didukung dengan pengujian dan Analisis.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menyajikan uraian tentang hasil yang diperoleh dari sistem yang telah dikembangkan dimana sudah dirancang dengan memperoleh berupa data-data dari penelitian yang sudah diselesaikan dengan cara membandingkan sistem yang sudah ada sebelumnya dengan melakukan peningkatan, Selain itu, bab ini akan menyampaikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran-saran yang dapat mendukung penelitian selanjutnya.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sistem detektor Logam (metal detektor)

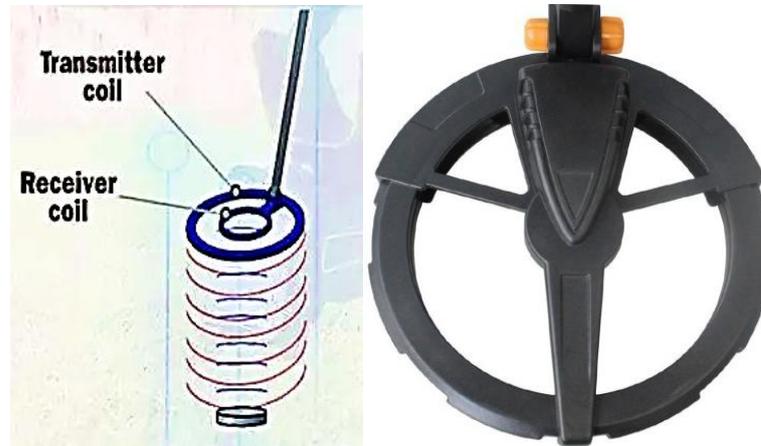
Metal detektor, yang juga dikenal sebagai detektor logam, adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan logam di atas atau di bawah permukaan tanah, serta di berbagai lingkungan seperti daratan, gunung, hutan, atau dalam air dalam jarak tertentu. Rangkaian detektor logam ini mampu mendeteksi logam yang mengandung unsur-unsur dari berbagai logam, serta dapat berinteraksi dengan medan magnet. Detektor logam dapat berfungsi berkat medan magnet yang dihasilkan melalui arus listrik yang mengalir melalui satu atau beberapa kumparan. Terdapat beberapa kumparan yang digunakan sebagai pemancar dan penerima gelombang dalam detektor logam [13]. Ada berbagai jenis teknologi pendeteksi logam (metal detektor) diantaranya adalah sebagai berikut yaitu *Beat Frequency Oscillator* (BFO) beroperasi dalam kisaran 100s kHz [16], *Pulse Induction* (PI) beroperasi dalam kisaran 100s Hz [12] dan *Very Low Frequency* beroperasi di kisaran 3-30 kHz [10].

##### a. Very Low Frequency (VLF)

*Very Low Frequency* (VLF) adalah jenis teknologi pendeteksian logam yang paling populer digunakan. Di dalam sistem, teknologi *Very Low Frequency* (VLF) juga digunakan karena memiliki kemampuan untuk membedakan logam yang berbeda sesuai dengan fase pergeserannya.

Pada penelitian ini digunakan jenis *Very Low Frequency* (VLF) konsep untuk mendeteksi logam karena jenis metode VLF ini menggabungkan kumparan sebagai pemancar dan penerima elektromagnetik pada logam yang dicari. Kemudian, dengan jenis metode VLF ini juga dapat memberikan efisiensi dalam pencarian logam yang lebih akurat. Kumparan pemancar merupakan kumparan berbentuk lingkaran yang berfungsi sebagai sumber pemancar elektromagnetik atau arus listrik, yang terdiri dari kawat yang membentuk kumparan. Arus bolak-balik dikirim melalui kawat ini untuk menghasilkan medan magnet. Sementara itu, kumparan penerima adalah kumparan yang berfungsi sebagai penerima

elektromagnetik dari logam yang sedang dicari. Konsep dari Very Low Frequency (VLF) ini diilustrasikan dalam Gambar 2.1 berikut.

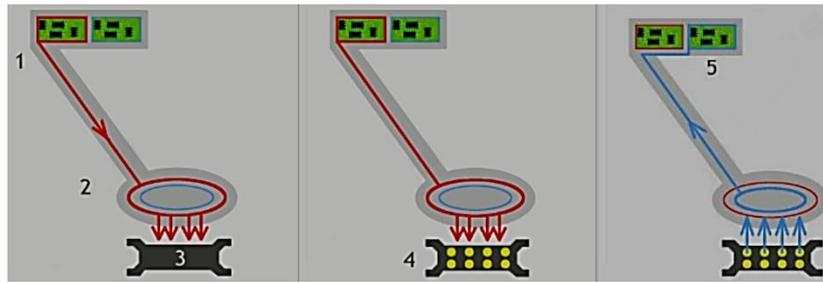


Gambar 2. 1 Sistem dengan jenis VLF [10]

Berikut adalah penjelasan mengenai cara kerja detektor logam VLF berdasarkan urutan langkah-langkah yang terjadi:

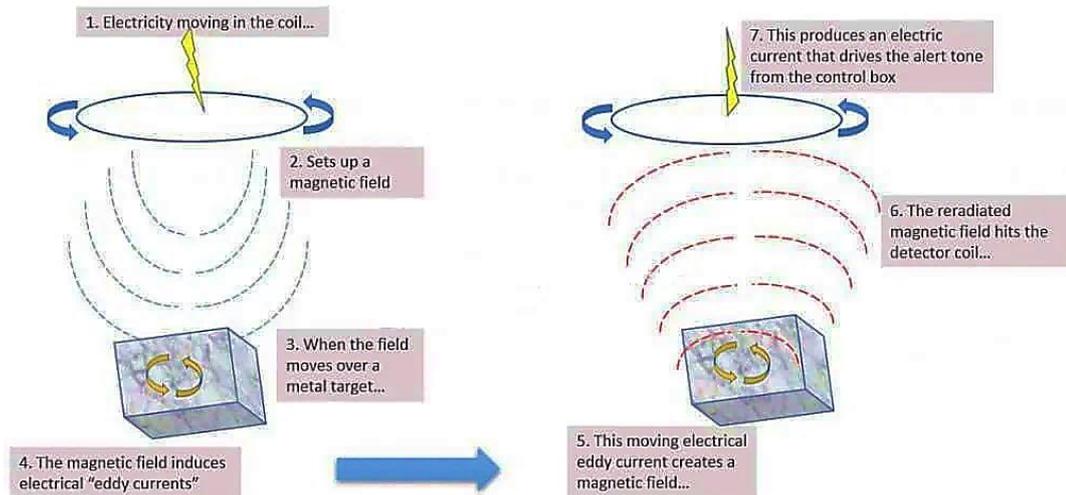
1. Pada rangkaian pemancar, terdapat sebuah oscillator yang menghasilkan arus listrik yang mengalir melalui kumparan pemancar (warna merah).
2. Arus listrik yang mengalir melalui kumparan pemancar menciptakan medan magnet.
3. Medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan pemancar menembus benda logam yang ada di sekitarnya.
4. Ketika medan magnet menembus benda logam, hal ini menginduksi aliran arus listrik di dalam benda logam.
5. Arus listrik yang mengalir di dalam benda logam ini menciptakan medan magnet tambahan di sekitar objek tersebut.
6. Medan magnet tambahan ini kemudian diterima oleh kumparan penerima (warna biru) yang bergerak ke atas.
7. Medan magnet yang diterima oleh kumparan penerima menginduksi aliran listrik di sekitar kumparan tersebut, dan aliran listrik ini naik ke rangkaian penerima (warna biru).

Cara kerja dari konsep VLF ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. 2 Cara kerja metode VLF [10]

Dengan pendeteksi logam menggunakan metode tersebut dilanjutkan dengan langkah berikut ini: listrik bergerak dalam kumparan, kemudian membentuk medan magnet, setelah itu ketika medan bergerak diatas target logam, lalu magnet menginduksi "arus eddy" listrik sehingga arus eddy listrik yang bergerak ini menciptakan medan magnet. Yang terakhir adalah medan magnet yang diradiasikan kembali mengenai kumparan detektor ini menghasilkan arus listrik yang menggerakkan nada peringatan dari kotak control. Garis besar langkah-langkah dalam konsep VLF dapat terlihat dalam Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Alur pendeteksin logam dari konsep VLF [11]

### b. Eddy Current

Perubahan medan magnet yang dikirimkan menyebabkan terjadinya arus listrik di dalam logam target yang dikenal sebagai arus eddy. Arus eddy ini menghasilkan medan magnet yang lemah, namun berbeda dalam bentuk dan kekuatan dengan medan magnet yang awalnya ditransmisikan. Detektor logam

menggunakan perubahan bentuk medan magnet yang dihasilkan kembali ini untuk mendeteksi keberadaan logam [11]. Jadi Arus Eddy ini sebagai arus listrik kecil yang diinduksi ke target ketika medan elektromagnetik detektor logam hadir, kemudian menghasilkan medan elektromagnetik di sekitar target yang dapat dideteksi oleh detektor logam. Seperti pada gambar 2.4 arus listrik yang dikeluarkannya dengan tahap sebagai berikut:

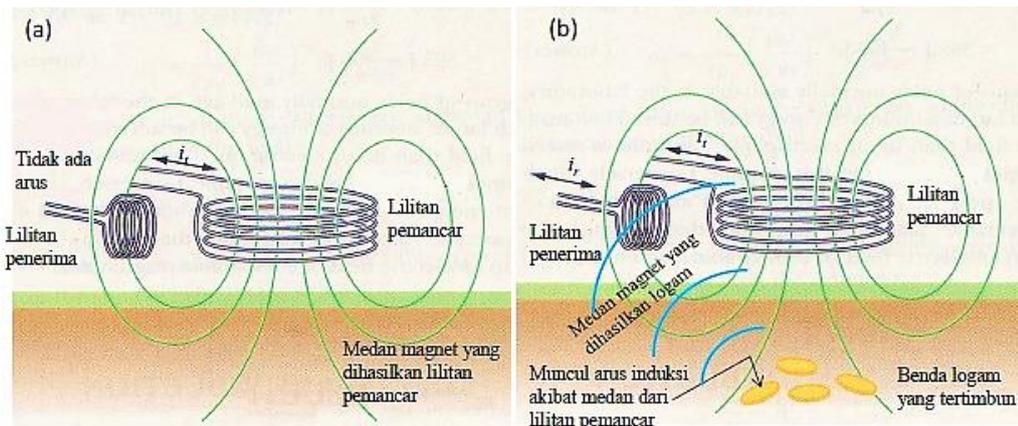
- a. Detektor mentransmisikan medan elektromagnetik
- b. Arus Eddy diinduksi ke target
- c. Arus Eddy menghasilkan medan elektromagnetik



Gambar 2. 4 Prinsip dari Eddy Current [11]

## 2.2 Prinsip kerja sistem detektor logam (metal detektor)

Detektor logam pada dasarnya terdiri dari dua kumparan yang saling tegak lurus dan berdekatan, seperti yang terlihat dalam Gambar 2.5 di bawah ini. Arus bolak-balik mengalir melalui kumparan yang lebih besar, menciptakan medan magnet yang berubah-ubah sepanjang waktu di sekitar kumparan tersebut. Namun, karena arah medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan besar sejajar dengan bidang kumparan kecil, tidak ada fluks magnetik yang memasuki kumparan kecil. Dengan demikian, tidak ada arus yang terinduksi di kumparan kecil [33].



Gambar 2. 5 Prinsip kerja sistem detektor logam [33]

Dalam detektor logam, terdapat dua kumparan yang ditempatkan tegak lurus. Kumparan pemancar dialiri arus bolak-balik, yang menghasilkan medan magnet di sekitarnya. Karena kedua kumparan tersebut tegak lurus, medan magnet yang masuk ke kumparan penerima memiliki arah yang tegak lurus terhadap permukaan kumparan tersebut. Akibatnya, fluks magnetik yang diinduksi pada kumparan penerima selalu nol, meskipun medan magnet tersebut berubah-ubah karena arus bolak-balik.

- a. Jika benda di sekitar kedua kumparan tidak mengganggu medan magnet, maka fluks magnetik pada kumparan penerima akan tetap nol dan tidak mengalami perubahan. Hal ini mengakibatkan tidak adanya gaya gerak listrik (GGL) yang muncul dan tidak ada arus yang terinduksi di kumparan penerima.
- b. Jika sensor tersebut berada di sekitar logam, medan magnet yang berubah-ubah yang dihasilkan oleh kumparan pemancar akan menginduksi timbulnya arus listrik pada logam. Arus listrik yang dihasilkan juga berubah-ubah seiring dengan perubahan medan magnet tersebut seiring berjalannya waktu.

Arus listrik yang dihasilkan kemudian menghasilkan medan magnet yang tidak lagi tegak lurus terhadap penampang kumparan penerima. Kumparan penerima akhirnya memiliki fluks magnetik yang berubah-ubah seiring dengan waktu, yang menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi. Akibatnya, arus terinduksi muncul di kumparan penerima sebagai respons terhadap perubahan medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik pada logam tersebut.

Jika terdapat logam di sekitar area tersebut, perubahan medan magnet pada kumparan besar akan menghasilkan arus pada logam yang berada di dekatnya. Arus yang terjadi dalam logam tersebut menghasilkan medan magnet yang berubah-ubah di sekitarnya. Sebagian dari medan magnet ini akan menembus kumparan kecil dalam arah yang tidak sejajar dengan kumparan kecil. Akibatnya, fluks magnetik terbentuk dalam kumparan kecil dan menyebabkan timbulnya arus di kumparan kecil. Pada akhirnya, arus yang dihasilkan oleh kumparan kecil diperkuat dan digunakan untuk mengaktifkan alarm [34].

### **2.3 Induktor (koil)**

#### **2.3.1 Pengertian Induktor**

Selain resistor, kapasitor serta diode yang biasanya umum digunakan sebagai komponen untuk membuat sebuah sensor pendeteksi logam, Induktor juga merupakan salah satu elemen pasif dalam pembuatan sensor logam elektronik. Induktor, atau dikenal juga sebagai koil, adalah salah satu komponen pasif dalam elektronika yang terdiri dari lilitan kawat yang membentuk sebuah kumparan. Secara prinsip, induktor dapat menghasilkan medan magnet saat dialiri arus listrik. Medan magnet yang dihasilkan tersebut mampu menyimpan energi dalam waktu yang singkat. Dasar dari fungsi induktor ini didasarkan pada Hukum Induksi Faraday.

#### **2.3.2 Fungsi induktor**

Beberapa fungsi dari induktor atau koil meliputi kemampuannya untuk menyimpan arus listrik dalam medan magnet, melakukan penyaringan frekuensi tertentu, menahan arus bolak-balik (AC), meneruskan arus searah (DC), serta berperan dalam pembangkit getaran dan penggandaan tegangan. Kemampuan induktor atau koil dalam menyimpan energi magnet disebut induktansi, yang diukur dalam satuan Henry (H).

Pada umumnya, satuan Henry terlalu besar untuk mengukur induktansi komponen induktor yang digunakan dalam rangkaian elektronika. Oleh karena itu, turunan satuan Henry seperti milihenry (mH) dan microhenry ( $\mu$ H) digunakan untuk mengungkapkan kemampuan induktansi sebuah induktor atau koil. Simbol

yang biasa digunakan untuk mewakili induktor dalam rangkaian elektronika adalah huruf "L". Induktor juga sering disebut sebagai koil, choke, atau reactor [35].

Berdasarkan fungsi-fungsi yang telah disebutkan sebelumnya, induktor atau koil umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi:

- a. Digunakan sebagai filter dalam rangkaian yang terkait dengan frekuensi, seperti filter sinyal radio.
- b. Digunakan sebagai transformator untuk menahan arus bolak-balik (AC).
- c. Digunakan untuk meningkatkan tegangan arus listrik dan sebagai alat untuk membangkitkan getaran.
- d. Digunakan dalam aplikasi seperti motor listrik, solenoid, relay, speaker, dan microphone.

### 2.3.3 Jenis simbol Induktor

Di bawah ini terdapat simbol-simbol induktor dan berbagai jenisnya, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Simbol induktor serta jenisnya [35]

Nilai induktansi sebuah Induktor (Coil) tergantung pada 4 faktor, diantaranya adalah:

Induktansi sebuah induktor (koil) dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu:

1. Jumlah lilitan: Semakin banyak lilitan yang terdapat pada induktor, maka induktansinya semakin tinggi.
2. Diameter induktor (kawat): Semakin besar atau lebar diameter kawat pada induktor, maka induktansinya semakin tinggi.
3. Permeabilitas inti: Permeabilitas inti induktor sangat bergantung pada jenis bahan inti yang digunakan, seperti besi, udara, atau ferrit.

4. Panjang lilitan: Semakin pendek panjang lilitan pada induktor, maka induktansinya semakin tinggi. [35].

Induktor dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan bentuk dan bahan inti yang digunakan. Berikut adalah beberapa jenis induktor yang dapat dibedakan:

- Induktor inti udara (Air Core Induktor) - Menggunakan udara sebagai inti induktornya.
- Induktor inti besi (Iron Core Induktor) - Menggunakan bahan besi sebagai inti induktornya.
- Induktor inti ferrit (Ferrite Core Induktor) - Menggunakan bahan ferit sebagai inti induktornya.
- Induktor variabel - Induktor ini memiliki nilai induktansi yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Inti induktornya umumnya terbuat dari bahan ferit yang dapat diputar-putar.

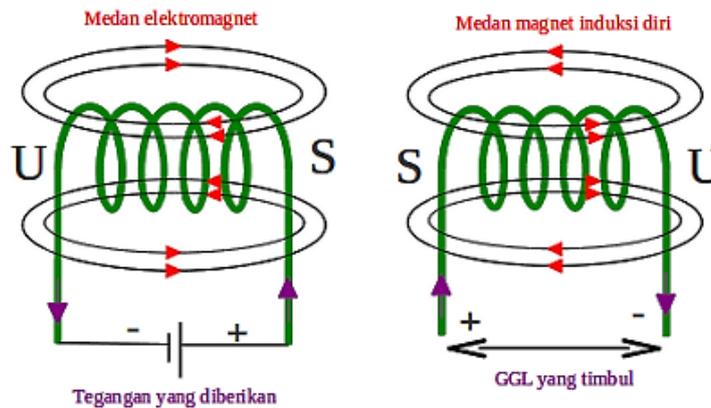
#### 2.3.4 Induktansi Bersama (*Mutual Inductance*)

Apabila dua atau lebih kumparan ditempatkan secara dekat dan posisinya cukup baik, perubahan arus listrik dalam salah satu kumparan dapat mempengaruhi kumparan lainnya. Pengaruh ini terjadi karena adanya perubahan fluks magnet yang timbul akibat perubahan arus listrik. Jika arus I mengalir melalui kumparan pertama, maka muncul fluks magnet di sekitar kumparan kedua. Sesuai dengan Hukum Maxwell II, perubahan fluks magnet (akibat perubahan arus listrik) menghasilkan arus induksi dalam kumparan kedua [14]. Kerapatan fluks magnet, yaitu fluks magnet per satuan luas pada bidang tegak lurus terhadap fluks magnet tersebut, sering disebut juga sebagai induksi magnet. Induksi magnet dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Simbol B digunakan untuk mewakili kerapatan fluks magnet, yang diukur dalam Weber per meter persegi ( $\text{Wb/m}^2$ ) atau Tesla (T). Simbol  $\Phi$  digunakan untuk fluks magnet, yang diukur dalam Weber (Wb). A adalah simbol yang melambangkan

luas penampang, yang diukur dalam meter persegi ( $m^2$ ). Konsep mutual inductance dapat dilihat dalam gambar 2.7 yang terlampir di bawah ini.



Gambar 2. 7 Induktansi Bersama [15]

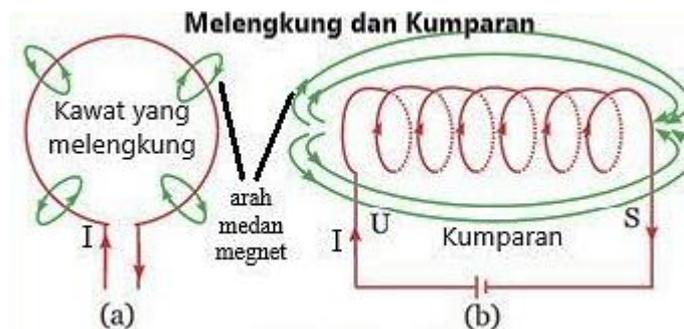
Pergerakan kumparan atau magnet menyebabkan perubahan jumlah garis gaya magnet dalam kumparan. Perubahan ini menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi pada kumparan. Dengan demikian, GGL induksi atau gaya gerak listrik dapat terjadi pada kedua ujung kumparan jika terjadi perubahan jumlah garis gaya magnet (fluks magnetik) di dalam kumparan. GGL induksi yang muncul karena perubahan jumlah garis gaya magnet dalam kumparan disebut GGL induksi. Arus listrik yang dihasilkan oleh GGL induksi disebut arus induksi. Fenomena timbulnya GGL induksi dan arus induksi sebagai akibat dari perubahan jumlah garis gaya magnet disebut induksi elektromagnetik [15].

### 2.3.5 Interaksi Fluks Magnet

Benda feromagnetik adalah jenis bahan yang menarik magnet dengan gaya yang kuat. Benda feromagnetik memiliki permeabilitas yang jauh lebih besar dari nilai 1. Permeabilitas (permeability) adalah kemampuan suatu benda untuk membiarkan garis gaya magnet melewatinya. Permeabilitas biasanya dilambangkan dengan simbol  $\mu$ . Permeabilitas udara dan ruang hampa dianggap memiliki nilai yang sama, yaitu 1. Kuat medan magnet berbanding lurus dengan jumlah lilitan dan besar arus pada kawat kumparan, namun berbanding terbalik dengan panjang kumparan [15].

### 2.3.6 Teori Induktansi

Ketika arus mengalir melalui sebuah kumparan, medan magnet akan terbentuk di sekitar kumparan sesuai dengan prinsip dasar elektromagnetik. Medan magnet sering digambarkan dengan garis-garis fluks magnetik. Kumparan yang digunakan dalam konteks ini memiliki bentuk silinder dan menggunakan inti udara. Jenis kumparan seperti ini umumnya digunakan dalam transformator instrumen dan perangkat elektronik lainnya. Teori tentang induktansi dapat dilihat dalam gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2. 8 Medan magnet pada kumparan [15]

#### Rumus perhitungan lilitan induktor:

Induktor memiliki kemampuan untuk menyimpan energi magnet yang kemudian dapat diubah menjadi energi atau tegangan listrik. Kemampuan ini dikenal sebagai induktansi. Untuk menghitung nilai induktansi ( $L$ ), dapat menggunakan rumus induktor. Rumus ini juga dapat dinyatakan secara matematis

$$L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

Tentunya ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya nilai induktansi, yaitu:

- Jumlah lilitan: Semakin banyak lilitan pada induktor, maka nilai induktansinya lebih besar.
- Bentuk dan ukuran induktor: Bentuk dan ukuran fisik induktor juga dapat mempengaruhi nilai induktansi. Misalnya, induktor dengan inti ferit memiliki induktansi yang berbeda dengan induktor berinti udara.

- Bahan inti: Jenis bahan inti yang digunakan dalam induktor juga mempengaruhi nilai induktansi. Beberapa bahan inti umum yang digunakan adalah besi, ferit, atau udara.
- Geometri lilitan: Cara lilitan kawat pada induktor juga dapat mempengaruhi nilai induktansi. Misalnya, lilitan kawat yang lebih rapat atau lebih longgar akan memiliki nilai induktansi yang berbeda.
  - $N$  = Jumlah Lilitan ( $N$ )
  - $A$  = Diameter kawat untuk menghitung luas simpangan inti ( $A$ )
  - $\mu$  = Permeabilitas material Inti ( $\mu$ ) ( $4\pi \times 10^{-7}$  Wb/Am)
  - $l$  = Panjang Lilitan ( $l$ )

## 2.4 Perangkat keras

### 2.4.1 Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler dapat diklasifikasikan sebagai sebuah sistem komputer yang komponen-komponennya, sebagian besar atau bahkan seluruhnya, terintegrasi dalam satu chip tunggal, sehingga sering disebut sebagai mikrokomputer dalam satu chip. itu, Pada mikrokontroler, perbandingan antara RAM dan ROM-nya umumnya lebih kecil dibandingkan dengan sistem komputer yang memiliki kapasitas yang lebih besar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer di mana sebagian besar komponennya terdapat dalam satu chip IC [18].

### 2.4.2 Arduino UNO Atmega328

Arduino UNO adalah sebuah papan pengembangan yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Papan ini merupakan salah satu papan mikrokontroler standar yang digunakan untuk memproses input. Arduino UNO memiliki 14 pin digital input/output (dengan 6 pin yang mendukung PWM), 6 pin input analog, osilator kristal dengan kecepatan 16 MHz, koneksi USB, dan tombol reset. Pin-pin ini menyediakan semua fitur yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler dan dapat dihubungkan ke komputer pribadi menggunakan kabel USB atau mendapatkan daya dari adaptor AC-DC atau baterai [18].

Jadi pada penelitian ini digunakan Arduino UNO Atmega328 karena pada mikrokontroler ini mudah dipahami dan mencukupi fitur-fitur yang digunakan untuk mengoperasikan semua komponen yang ada pada sistem sehingga dapat memberikan output yang diinginkan. Board Arduino ini memiliki fitur-fitur berikut: penambahan pin SDA dan SCL dekat dengan pin AREF, serta penambahan dua pin baru dekat dengan pin RESET. Terdapat juga pin IO REF yang berfungsi sebagai buffer untuk menyesuaikan tegangan dari board sistem. Sistem ini lebih kompatibel dengan penggunaan Prosesor AVR yang beroperasi pada 5V, sedangkan Arduino UNO beroperasi pada 3.3V. Gambar 2.9 menunjukkan Arduino UNO dengan mikrokontroler Atmega328.



Gambar 2. 9 Arduino UNO Atmega328 [18]

Deskripsi Arduino UNO Atmega328:

Tabel 2. 1 Deskripsi Arduino UNO Atmega328 [28]

<b>Mikrokontroler</b>	<b>Atmega328</b>
<b>Operasi Voltage</b>	5V
<b>Input Voltage</b>	7-12 V(Rekomendasi)
<b>Input Voltage</b>	6-20 V (limits)
<b>I/O</b>	14 Pin (6 pin untuk PWM)
<b>Arus</b>	50 Ma
<b>Flash Memory</b>	32KB
<b>Bootloader</b>	SRAM 2 KB

<b>EEPROM</b>	1 KB
<b>Kecepatan</b>	16 Mhz

### 2.4.3 Komponen Rangkaian Sensor Logam

Elektronika memiliki berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang radio, televisi, komputer, alat kontrol, detektor logam, dan peralatan komunikasi lainnya [17]. Berdasarkan penelitian yang pernah ada pada waktu sebelumnya semua sistem atau alat yang terbangun untuk mendeteksi logam adalah menggunakan sensor logam yang sama dengan cara yang berbeda-beda merencanakannya. Pembangunan sensor logam adalah terdiri atas beberapa komponen dasar dimana komponen dasar ini sudah diteliti pada penelitian sebelumnya bahwa mampu memberikan hasil yang akurat, maka berikut adalah komponen utama dasar dalam pembuatan sensor logam tersebut yaitu: koil kumparan kawat, resistor, kapasitor, dan diode [33].

#### a. Kumparan kawat (koil tembaga)

Kumparan kawat umumnya mengacu pada lilitan kawat yang membawa aliran arus listrik. Penggunaan kumparan ini sangat umum dalam komponen elektronika. Banyak perangkat elektronik seperti transformator, pompa air, bel listrik, generator, dynamo, dan metal detektor menggunakan kumparan sebagai bagian integral komponennya. Pada metal detektor, terdapat sebuah kumparan besar yang berfungsi untuk menghasilkan arus listrik. Ketika metal detektor berinteraksi dengan benda berbahan besi atau non-besi, gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh kumparan tersebut meningkat, sehingga memungkinkan deteksi berbagai logam [32].

Pada penelitian ini menggunakan koil kawat karena dengan kumparan kawat ini dapat dijadikan sensor mendeteksi logam dan memiliki potensi yang tinggi untuk mendeteksi berbagai logam tersebut dengan dukungan komponen dasar utama lainnya yang membentuk sebuah sensor. Dikarenakan sensor dibuat dari tembaga ini tidak bisa mengukur jarak maka dari situ membutuhkan untuk dilakukan pengukuran jarak secara manual agar dapat mengukur jarak logam yang

terdeteksi pada sistem. Seperti pada gambar 2.10 dibawah bentuk koil induktor atau kumparan kawat tersebut



Gambar 2.10 Kumparan kawat (koil induktor) [32]

#### **b. Resistor**

Resistor, juga dikenal sebagai tahanan, adalah salah satu komponen elektronika yang memiliki peran dalam mengatur dan menghambat arus listrik. Resistor merupakan komponen dasar dalam rangkaian elektronika yang digunakan untuk membatasi aliran arus yang melewati suatu sirkuit. Sesuai dengan namanya, resistor memiliki sifat resistif dan biasanya terbuat dari bahan karbon. Menurut hukum Ohm, resistansi resistor berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Satuan resistansi dari resistor dinyatakan dalam Ohm ( $\Omega$ ) dan dilambangkan dengan simbol  $\Omega$ .

Dalam penelitian ini, dipilih penggunaan resistor karena merupakan komponen elektronik yang berperan dalam membatasi atau mengatur aliran arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Penggunaan resistor tersebut mendukung dan memfasilitasi fungsi sensor logam pada detektor logam. Resistor yang digunakan dalam penelitian memiliki spesifikasi sebagai berikut: resistor 220 Ohm, resistor 47k Ohm, dan resistor 1k Ohm. Bentuk fisik resistor dapat dilihat pada gambar 2.11 yang disertakan.

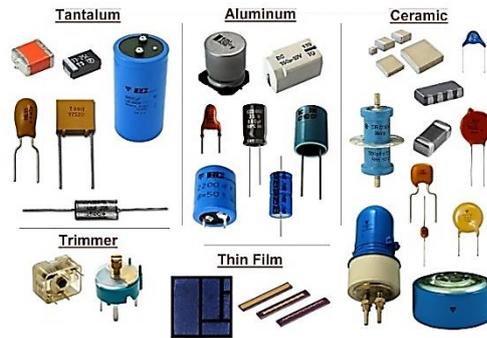


Gambar 2. 11 Jenis bentuk resistor [16]

### c. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur kapasitor terdiri dari dua plat logam yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Bahan dielektrik yang umum digunakan meliputi udara vakum, keramik, gelas, elektrolit, dan sebagainya. Ketika kedua ujung plat logam diberikan tegangan listrik, muatan positif terkumpul pada salah satu elektroda logam, sementara muatan negatif akan terkumpul pada elektroda logam yang lainnya.

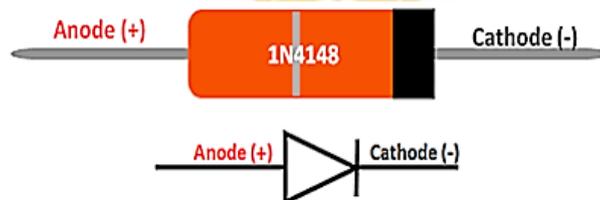
Muatan positif tidak dapat mengalir melintasi bahan dielektrik menuju ujung negatif, begitu pula muatan negatif tidak dapat mengalir ke ujung positif. Hal ini disebabkan karena bahan dielektrik tersebut bersifat non-konduktif. Muatan listrik ini tersimpan dalam kapasitor selama tidak ada konduksi yang terjadi pada kedua ujungnya. Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik ini dikenal sebagai kapasitansi atau kapasitor. Maka sesuai dengan fungsi pada kapasitor, pada penelitian ini menggunakan kapasitor agar arus listrik yang mengalir pada sistem dapat dijalankan tanpa ada kesalahan karena dari kapasitor ini muatan positif dan muatan negatif terpisah sehingga dapat melancarkan semua arus listrik yang ada pada fungsionalitas sistem tersebut. Kemudian menggunakan kapasitor dengan spesifikasi sebagai berikut ini yaitu 100uF. Gambar 2.12 mengilustrasikan bentuk fisik dari sebuah kapasitor.



Gambar 2. 12 Jenis kapasitor [16]

#### d. Dioda

Dioda memiliki fungsi khusus yaitu memungkinkan aliran arus hanya dalam satu arah. Dioda terdiri dari sambungan dua jenis semikonduktor, yaitu tipe P dan tipe N. Salah satu sisi dioda adalah semikonduktor tipe P, sementara sisi lainnya adalah tipe N. Dengan struktur ini, arus hanya dapat mengalir dari sisi P ke sisi N. Pada penelitian ini menggunakan diode karena diode ini dapat menstabilisasi gelombang pemancaran elektromagnetik yang dilakukan oleh kumparan kawat atau disebut sebagai koil sensor pada sistem sehingga resistor, Kerjasama antara kapasitor dan koil ini bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas dalam mendeteksi logam. Kapasitor dan koil bekerja secara sinergis untuk mencapai hasil yang lebih sensitif dalam proses deteksi logam. Spesifikasi diode yang digunakan adalah sebagai berikut ini yaitu IN4007. Bentuk dari dioda dapat ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut ini.



Gambar 2. 13 Tampilan dioda [16]

#### 2.4.4 Prinsip ilmu dasar sensor logam

Sistem ini didasarkan pada prinsip sensor logam yang memungkinkan deteksi berbagai jenis benda logam. Prinsip dasarnya melibatkan pembentukan medan

magnet menggunakan arus listrik, yang pertama kali ditemukan oleh fisikawan James Clerk Maxwell pada tahun 1860-an. Pada metal detektor, terdapat kumparan kawat yang berfungsi sebagai pemancar. Arus listrik mengalir melalui kumparan tersebut, menciptakan medan magnet. Ketika metal detektor digerakkan di sekitar area target, medan magnet tersebut mempengaruhi logam yang terdeteksi [33].

#### 2.4.5 Kumparan kawat Koil pencarian (*Search Coil*)

Fungsi dasar koil pencarian (*copper wire*) adalah untuk mentransmisikan medan elektromagnetik ke dalam tanah dan kemudian menerima sinyal kembali, dengan informasi yang kemudian diproses oleh detektor. Sensor pendeteksi logam adalah komponen terpenting dalam detektor logam. Pada sistem ini digunakan sensor kumparan induksi. Kemampuan pendeteksian logam bervariasi sesuai dengan bentuk, ukuran, dan konfigurasi kumparan sensor. Gambar 2.14 menunjukkan bentuk dari kumparan koil.



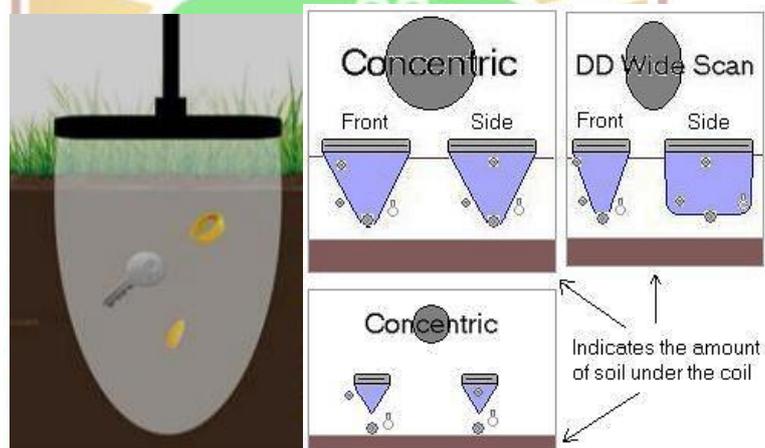
Gambar 2. 14 Kumparan koil [20]

Disini menggunakan koil dengan konfigurasi konsentris dan membentuk seperti bulat dimana receiver dan transmitter elektromagnetik pada sensor ditelitikan agar dapat mendeteksi logam secara akurat. Juga menggunakan beberapa sampel spesifikasi koil yang diimplementasikan agar mendapatkan mana yang dapat memberikan hasil yang memuaskan karena untuk mendapatkan sensitivitas tinggi dan jarak yang jauh pada pendeteksian logam berdasarkan pada

ketebalan koil, putaran koil, serta diameter putaran yang digunakan pada koil tersebut.

#### 2.4.6 Jenis konfigurasi koil

Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi kumparan konsentris dimana kumparan konsentris ini memiliki lingkaran dalam dan lilitan kawat lingkaran luar. Pola pencariannya berbentuk kerucut dan dapat berguna untuk menentukan target secara akurat. Dua koil yang berbeda tempat putaranya ini sebagai receiver dan transmitter dengan fungsi untuk memberikan keuntungan besar dalam pendeteksian ke dalam dan berpotensi paling sensitif untuk mendeteksi logam oleh karena itu menggunakan kumparan konsentris pada penelitian ini. Tampilan dari kumparan konsentris dapat ditunjukkan pada gambar 2.15 berikut ini.



Gambar 2. 15 kumparan konsentris [20]

#### 2.4.7 Trailing edge

Pengambilan energi oleh koil penerima selama pulsa koil dengan penerima dan pengirim arus demikian diminimalkan dan durasi osilasi dibatasi. Karena pemulihan yang cepat dari perubahan fluks yang digunakan untuk mengisi target, gerbang pengambilan sampel sinyal dapat diposisikan sangat dekat dengan *trailing edge* dari pulsa arus koil, di mana deteksi bidang pencarian logam dapat diketahui dengan target dengan konstanta waktu yang sangat singkat dimungkinkan saat mendekati koil sensor dan terdeteksi pada *trailing edge* tersebut.

Jadi dari rangkaian yang terjadi pada sistem, membantu setelah pulsa koil, di mana penyerapan energi koil penerima, selama pulsa koil diminimalkan, memungkinkan pemosisian pulsa pengambilan sampel sinyal dekat dengan trailing edge pulsa koil, sehingga memungkinkan deteksi target dengan konstanta waktu yang singkat [37]. Maka dari situ trailing edge ini adalah sebagai pengukur getaran vibrasi konduktivitas pada sensor logam. Trailing edge juga dapat dikatakan sebagai proses yang ditetapkan untuk logam lewati agar sensor dapat mendeteksi konduktivitas pada logam tersebut mendekati sensor.

Pada konsep dengan trailing edge ini hal terjadi karena waktu dan jarak dari sinyal dari logam pada sensor saat pendeteksian. Maka trailing edge berfungsi untuk memberitahu sinyal dari pendeteksian keberadaan logam tersebut dalam rangka metal detektor sebagai identifikasi target.

#### **2.4.8 Pemilihan Koil pencarian (*Search Coil*)**

##### **1. Bentuk gulungan koil pencarian**

Pada penelitian ini menggunakan bentuk gulungan koil dengan bentuk bulat karena dengan lebar dan luas yang digunakan dengan diameter tertentu pada bentuk gulungan koil pencarian ini membantu untuk mendapatkan tingkat akurasi yang lebih efektif dan lebih sensitif. Ada tiga jenis bentuk kumparan koil pencarian dengan sebagai berikut ini: Kumparan berbentuk bulat, kumparan berbentuk elips, dan kumparan web terbuka. Bentuk kumparan yang paling umum adalah kumparan Bulat padat konvensional, kumparan berbentuk Elliptical, dan kumparan Open-web. Kumparan elips dapat didorong di sekitar semak-semak atau antar tempat berbatu. Kumparan web terbuka membantu memotong air saat mendeteksi di dalam air dan lebih ringan untuk ukurannya [20].

##### **2. Ukuran gulungan koil pencarian**

Ukuran kumparan dapat mempengaruhi ke dalaman deteksi dan sensitivitas detektor. Semakin besar koil, semakin dalam dia cenderung mendeteksi, tetapi memiliki sensitivitas yang lebih rendah terhadap target kecil. Semakin kecil diameternya, semakin sensitif, tetapi dengan ke dalaman deteksi yang berkurang. Gulungan yang lebih kecil juga lebih ringan, lebih mudah dikendalikan dan dapat dipilih karena kemampuannya untuk melewati medan yang sulit atau semak

belukar. Kumparan yang lebih kecil juga memiliki keuntungan di area dengan luas yang tinggi, karena jejak deteksinya yang lebih kecil [20].

Pada dasarnya Sensitivitas menunjukkan sinyal output yang dihasilkan ketika transducer dimuat 100 persen, dalam hal ini diberikan dalam N/mV. Ruang sensitivitas tergantung pada tegangan input (eksitasi) juga. Secara umum sensitivitas bisa diketahui melalui ketebalan koil tembaga yang digunakan yang mana biasanya diukur dengan mm, selain itu jika mau lebih mendalam dapat melanjutkan dengan rumus sebagai berikut: tegangan eksitasi (Volt), Rentang skala penuh (Newton N), output skala penuh diberikan unit (mV/V), output transducer (mV)

Maka keluaran transducer menjadi:

$$V_0 = \text{Output skala penuh (mV/V)} \times \text{tegangan eksitasi (V)}$$

Sehingga mendapatkan sensitivitasnya (N/mV) dengan rumus sebagai berikut ini:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\text{Rentang skala penuh (N)}}{\text{Output transducer (mV)}}$$

#### 2.4.9 Buzzer

Buzzer elektronika umumnya membutuhkan input berupa tegangan listrik untuk menghasilkan getaran suara atau gelombang bunyi dengan frekuensi antara 1 hingga 5 KHz. Salah satu jenis buzzer yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika adalah buzzer Piezoelectric (Piezoelectric Buzzer). Buzzer ini memiliki beberapa keunggulan, seperti lebih terjangkau harganya, relatif ringan, dan mudah digunakan dalam rangkaian elektronika. Pada penelitian ini, buzzer yang digunakan adalah buzzer Piezoelectric dengan spesifikasi DC: 3-24V. Bentuk buzzer ini dapat dilihat pada gambar 2.16.

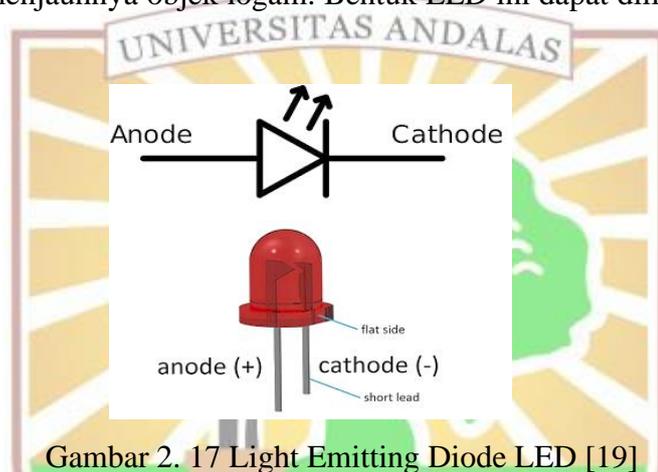


Gambar 2. 16 Tampilan Buzzer [19]

#### 2.4.10 LED (Light Emitting Diode)

LED (Light Emitting Diode) adalah sebuah komponen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik ketika diberi tegangan maju. LED sering digunakan sebagai media output dalam sensor pendeteksi. Dalam penelitian ini, digunakan dua buah LED:

- a. Pada pin digital 11 terdapat LED yang digunakan sebagai indikator kenaikan induktansi, menunjukkan adanya objek logam di sekitar.
- b. LED kedua digunakan sebagai indikator penurunan induktansi, menandakan menjauhnya objek logam. Bentuk LED ini dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Light Emitting Diode LED [19]

#### 2.4.11 Baterai 3.7 Volt Lithium

Baterai Lithium-Ion 18650 adalah salah satu jenis baterai yang sangat populer saat ini karena dapat diisi ulang. Baterai ini banyak digunakan pada perangkat elektronik portabel yang membutuhkan daya yang besar dan tahan lama. Fungsi baterai ini adalah sebagai penghasil listrik yang mengalir ke suatu objek, sehingga objek tersebut dapat bekerja dengan optimal. Baterai Lithium-Ion 18650 memiliki tegangan kerja sebesar 3.7 Volt, dengan tegangan maksimum saat pengisian sebesar 4.2 Volt, dan memiliki kapasitas 3600mAH.

Pada umumnya, terdapat dua jenis baterai utama, yaitu baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali (single-use battery) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (rechargeable battery). Dalam proposal ini, fokusnya adalah pada penggunaan baterai untuk kendaraan listrik, yang umumnya menggunakan baterai jenis Lithium-ion dan Lithium Polymer. Dsini penelitian ini menggunakan 3x3.7

Volt baterai yang digunakan agar dapat mendukung tegangan yang mengalir pada sistem agar berjalan dengan lancar. Gambar 2.18 menunjukkan ilustrasi dari baterai tersebut. Berikut adalah bentuk baterai 3.7 Volt sesuai dengan gambar dibawah ini.



Gambar 2. 18 Tampilan Baterai 3.7V [23]

#### 2.4.12 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah sebuah jenis perangkat tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai media utamanya dimana disini fungsi dari LCD ini adalah untuk menampilkan hasil output berupa angka, atau huruf yang dapat mengindikasikan hasil dari suatu program dalam satu sistem [5]. Integrated Circuit (IC) atau sering disebut juga I2C adalah sebuah standar komunikasi serial yang menggunakan dua saluran khusus, yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock), untuk mengirim dan menerima data. Sistem I2C digunakan untuk mentransfer informasi antara IC dan pengendalinya, seperti mikrokontroler.

Dalam tugas akhir ini, LCD dihubungkan dengan I2C. LCD digunakan sebagai monitor atau display dari data-data yang ditampilkan. Tujuan penggunaan LCD ini untuk memudahkan dalam pemantauan nilai secara langsung dan melihat perubahan-perubahan nilai yang terjadi sepanjang waktu, dan juga untuk menampilkan data secara tulisan dimana LCD akan memberikan notifikasi dengan tulisan “**terdeteksi logam**” pada saat terdeteksi logam dan tidak ada tulisan pada saat tidak mendapatkan pendeteksi logam dari sistem. Gambar 2.19 menunjukkan tampilan fisik LCD dengan I2C.



Gambar 2. 19 LCD 16x2 [5]

### Transformator Step down modul

Transformator step down adalah sebuah jenis transformator yang memiliki fungsi untuk mengurangi tegangan output. Pada transformator ini, jumlah lilitan pada sekunder lebih sedikit daripada pada primer, sehingga berperan sebagai penurun tegangan. Transformator step down ini dapat ditemui dengan mudah, terutama pada adaptor AC-DC. Fungsinya adalah mengubah tegangan tinggi dengan arus rendah menjadi tegangan rendah dengan arus tinggi. Tujuan utamanya adalah menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya dengan kebutuhan perangkat elektronik [40]. Berikut adalah gambar dari step down modul.



Gambar 2. 20 Tampilan Transfo step down modul [40]

## 2.5 Perangkat lunak

### 2.5.1 Software Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk melakukan pemrograman pada Arduino Mega 2560. Dalam menggunakan Arduino IDE, tidak diperlukan penambahan kode program tambahan. Untuk mengakses Arduino Mega 2560, tersedia opsi pemilihan jenis prosesor yang dapat dipilih melalui menu tools, sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikannya. Tampilan aplikasi Arduino IDE dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2. 21 Tampilan Software Arduino IDE [16]

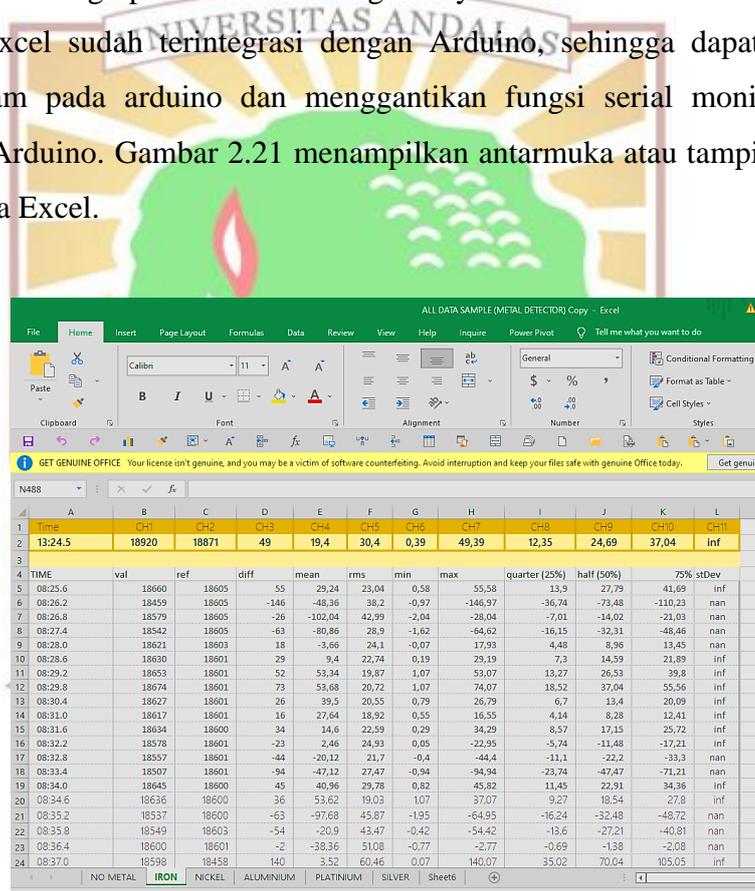
Dari Arduino IDE ini memiliki fungsi fungsi masing masing tampilan menunya:

1. Bagian editor program digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrograman Processing. Dalam konteks Arduino, program yang ditulis disebut sebagai "sketch".
2. Modul kompilator berfungsi mengubah kode program dalam bahasa Processing menjadi kode biner, yang merupakan satu-satunya bahasa yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.
3. Modul uploader bertugas untuk memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler. Tugasnya adalah mengunggah program yang telah dikompilasi ke dalam mikrokontroler [16].

Penggunaan Arduino IDE ini biasanya mempengaruhi dalam tingkat kinerja pada sistem dimana pada Pengelolaan yang cermat terhadap program yang dijalankan dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi hasil yang diberikan karena dari setiap tugas yang dijalankan mempengaruhi pada kapasitas memory yang digunakan pada program arduino, kecepatan waktu eksekusi program dan respon time dari program serta profile time pada program tersebut. Kapasitor memory untuk mengukur seberapa banyak memory yang digunakan pada sistem disaat menjalankan program, kecepatan waktu untuk mengetahui tingkat koefisien kinerja pada program, respon time untuk mendapatkan hasil eksekusi yang cepat dan tepat, profile time untuk melihat kisaran kronologi kinerja sistem dimana biasanya dapat dari serial monitor Arduino ide dengan berupa grafik atau persentase hasil disaat berjalanya program.

## 2.5.2 Software Excel (plx-daq)

Berfungsi sebagai platform untuk menampilkan dan merekam data. Data dikirim secara langsung setelah terdeteksi oleh sensor dalam sistem. Dalam Tugas Akhir ini, akuisisi data yang dilakukan adalah dengan cara otomatis sehingga data yang telah terukur per setiap waktunya dapat melakukan input sendiri oleh program yang telah diatur pada source code. Untuk mengambil data secara otomatis tersebut diperlukan program pendukung yaitu excel melalui data streamer merupakan program makro yang dipasang pada Microsoft Excel yang fungsinya dapat menginput data dan mengolahnya dalam bentuk huruf, angka, atau grafik. Excel sudah terintegrasi dengan Arduino, sehingga dapat bekerja dengan program pada arduino dan menggantikan fungsi serial monitor pada program IDE Arduino. Gambar 2.21 menampilkan antarmuka atau tampilan yang digunakan pada Excel.



The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "ALL DATA SAMPLE (METAL DETECTOR) Copy - Excel". The spreadsheet contains a table with the following data:

TIME	val	ref	diff	mean	rms	min	max	quarter (25%)	half (50%)	75% stDev
08:25.6	18660	18605	55	29.24	23.04	0.58	55.58	13.9	27.79	41.69
08:26.2	18459	18605	-146	-48.36	38.2	-0.97	-146.97	-36.74	-73.48	-110.23
08:26.8	18579	18605	-26	-102.04	42.99	-2.04	-24.04	-7.01	-14.02	-21.03
08:27.4	18542	18605	-63	-80.86	28.9	-1.62	-64.62	-16.15	-32.31	-48.46
08:28.0	18621	18603	18	-3.66	24.1	-0.07	17.93	4.48	8.96	13.45
08:28.6	18630	18601	29	9.4	22.74	0.19	29.19	7.3	14.59	21.89
08:29.2	18653	18601	52	53.34	19.87	1.07	53.07	13.27	26.53	39.8
08:29.8	18674	18601	73	53.68	20.72	1.07	74.07	18.52	37.04	55.56
08:30.4	18627	18601	26	39.5	20.55	0.79	26.79	6.7	13.4	20.09
08:31.0	18617	18601	16	27.84	18.92	0.55	16.55	4.14	8.28	12.41
08:31.6	18634	18600	34	14.6	22.59	0.29	34.29	8.57	17.15	25.72
08:32.2	18578	18601	-23	-2.46	24.93	0.05	-22.95	-5.74	-11.48	-17.21
08:32.8	18557	18601	-44	-20.12	21.7	-0.4	-44.4	-11.1	-22.2	-33.3
08:33.4	18507	18601	-94	-47.12	27.47	-0.94	-94.94	-23.74	-47.47	-71.21
08:34.0	18645	18600	45	40.96	29.78	0.82	45.82	11.45	22.91	34.36
08:34.6	18636	18600	36	53.62	19.03	1.07	37.07	9.27	18.54	27.8
08:35.2	18537	18600	-63	-97.68	45.87	-1.95	-64.95	-16.24	-32.48	-48.72
08:35.8	18549	18603	-54	-20.9	43.47	-0.42	-54.42	-13.6	-27.21	-40.81
08:36.4	18600	18601	-2	-38.36	51.08	-0.77	-2.77	-0.69	-1.38	-2.08
08:37.0	18598	18458	140	3.52	60.46	0.07	140.07	35.02	70.04	105.05

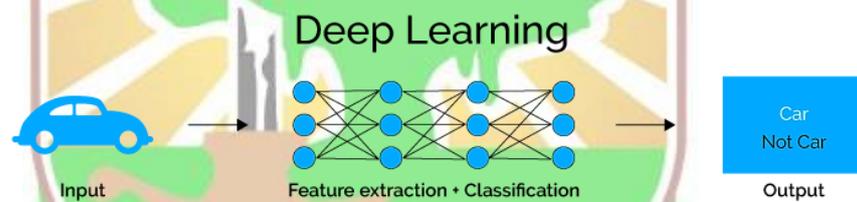
Gambar 2. 22 Tampilan data pada Excel [22]

Pada gambar 2.18 dapat dilihat, bahwa ketika spreadsheet excel dibuka maka muncul tampilan seperti diatas. Untuk mesinkronkan dengan Arduino maka terlebih dahulu sesuaikan angka port pada excel data streamer dengan port pada arduino. Kemudian tombol konek digunakan untuk menghubungkan excel dengan

program di Arduino sehingga excel data streamer dapat memonitor data yang telah terukur [22].

### 2.5.3 Deep learning model

Deep learning adalah salah satu cabang atau bagian dari machine learning yang terinspirasi oleh struktur otak manusia. Deep learning menggunakan jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang kompleks dan terdiri dari banyak lapisan neuron. Oleh karena itu, model deep learning menjadi komponen krusial dalam ilmu data yang melibatkan statistik dan pemodelan prediktif. Model ini memiliki manfaat yang signifikan dalam pengumpulan, pengolahan, pengoperasian, analisis, dan interpretasi data dalam skala besar. Model pembelajaran mendalam dilatih menggunakan arsitektur jaringan saraf atau satu set data berlabel yang berisi banyak lapisan. Arsitektur ini mempelajari fitur langsung dari data tanpa halangan untuk ekstraksi fitur manual. Model deep learning dapat dilihat pada gambar 2.22 berikut ini.



Gambar 2. 23 Deep Learning Model [24]

Pada jaringan saraf tiruan (*neural network*), informasi diteruskan dari satu layer ke layer berikutnya melalui koneksi antar *neuron* yang disebut *weight*. *Weight* memiliki nilai yang diubah ubah seiring banyaknya data dan pelatihan yang dilakukan pada jaringan saraf tersebut. Dalam rangka melatih model *neural network* tersebut, diperlukan data latih dalam jumlah yang besar karena pada *deep learning* ada banyak parameter yang mendapatkan solusi yang akurat. Beberapa aplikasi dari *deep learning* yaitu *speech recognition*, *natural language processing*, deteksi objek, dan banyak lainnya [24].

#### A. Algoritma Deep Learning

Algoritma deep learning menampilkan representasi pembelajaran yang mandiri. Selama proses pelatihan, algoritma ini menggunakan elemen yang tidak

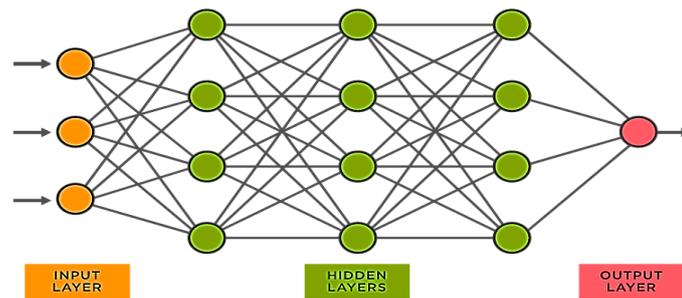
diketahui dalam distribusi input untuk mengekstrak fitur, mengelompokkan objek, dan menemukan pola data yang berguna. Model pembelajaran mendalam menggunakan berbagai algoritma. Meskipun tidak ada satu algoritma yang dianggap sempurna, beberapa algoritma lebih cocok untuk menyelesaikan tugas tertentu. Disini menggunakan *Deep Neural Network* (DNN) untuk mengolah data dari logam yang terdeteksi oleh sistem [25].

## B. Neural Network

*Neural Network* adalah sistem kerja di jantung algoritma *Deep Learning* yang membantunya memproses data *raw*. *Neural network* ini dapat dikatakan juga hampir mirip dengan otak manusia. Ketika data input diterapkan ke lapisan input, data output di lapisan output diperoleh kemudian lapisan tersembunyi yang bertanggung jawab untuk melakukan semua perhitungan. Jaringan saraf terstruktur seperti otak manusia dan terdiri dari *neuron* buatan, juga dikenal sebagai node. Node ini ditumpuk di samping satu sama lain dalam tiga lapisan:

1. Lapisan input (input layer)
2. Lapisan tersembunyi (hidden layer)
3. Lapisan output (output layer)

Data menyediakan setiap node dengan informasi dalam bentuk input. Node mengalikan input dengan bobot acak, menghitungnya, dan menambahkan bias. Maka dari situ, fungsi non linier, juga dikenal sebagai fungsi aktivasi, diterapkan untuk menentukan *neuron* mana yang diaktifkan. Dalam implementasi ini, neuron-neuron pada lapisan input tidak memiliki fungsi aktivasi, sementara neuron-neuron pada lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran memiliki fungsi aktivasi yang mungkin berbeda tergantung pada data atau masalah yang sedang dihadapi. Gambar 2.23 menunjukkan tampilan proses *neural network* secara umum sebagai berikut ini.



Gambar 2. 24 Tampilan proses Neural Network [25]

### C. Deep Neural Network (DNN)

DNN (Deep Neural Network) adalah jaringan saraf yang terdiri dari banyak lapisan dan biasanya digunakan untuk memproses gambar dan mendeteksi objek atau benda, termasuk logam. DNN sering digunakan untuk mengidentifikasi citra satelit, memproses citra medis, meramalkan deret waktu, mengoperasikan objek, dan mendeteksi anomali. Kemudian DNN ini dapat diuji dengan cara membandingkan hasil yang telah didapatkan untuk diteliti jika sesuai dengan logam dan nilai yang diambil pada logam tersebut. Kemudian dengan cara melihat persentase keberhasilan dan persentase kegagalan pada hasil yang dikeluarkan pada metode DNN tersebut sehingga dapat dianalisis dan diprediksi bahwa tingkat akurasi dari metode DNN dapat menyimpulkan hasil persentase dari logam yang terdeteksi.

#### 1. Cara kerja DNN

DNN adalah kombinasi dari *Deep Layers* dan *Neural Network*. Pada dasarnya setiap *Neural Network* yang digunakan untuk pemrosesan gambar, pemrosesan identifikasi sebuah benda atau sebuah data terdiri dari beberapa lapisan [26]. Pada metode Deep Neural Network, terdapat dua lapisan utama yang terlibat dalam proses perhitungan, yaitu lapisan Feature Learning dan lapisan Classification. Berikut ini adalah gambaran simulasi dari alur perhitungan metode Deep Neural Network.

- *Feature Learning Layer*

- a. Lapisan masukan

Penginputan data awal atau inisialisasi pada model DNN.

b. Lapisan Konvolusi

DNN memiliki lapisan konvolusi yang menempatkan data input melalui serangkaian dari beberapa filter konvolusi untuk melakukan operasi konvolusi dimana filter ini yang diterapkan pada gambar untuk mengekstrak fitur dari data tersebut atau masing-masing mengaktifkan fitur tertentu dari data hasil yang dieksekusikan. Biasanya pada tahap konvolusi ini menggunakan metode yang disebut *kernel* untuk melaksanakan ekstraksi pada data yang telah dimasukan pada awal tersebut dimana metode ini yang memproses setiap feature *attribute* dari data tersebut untuk dikelola agar dapat mengirim data baru ke tahap berikutnya.

Proses konvolusi dalam penelitian ini melibatkan penggabungan dua baris angka, yaitu input dan kernel, yang menghasilkan baris angka ketiga yang disebut output. Input, kernel, dan output ini direpresentasikan sebagai vektor berbentuk matriks. Input merupakan data awal dari logam, sedangkan kernel digunakan sebagai filter untuk data input sehingga menghasilkan feature-map. Proses konvolusi dapat diilustrasikan seperti yang terlihat pada gambar 2.25, yang menunjukkan langkah-langkah dalam melakukan perhitungan konvolusi [28].

$$\begin{bmatrix} 0,5 & 0,2 & -0,3 & -0,1 & -0,2 \\ -0,1 & -0,3 & 0,2 & 0,4 & 0,1 \\ 0,3 & -0,3 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 0,2 & -0,3 & 0,4 & 0,2 & -0,1 \\ 0,1 & 0,2 & -0,1 & -0,1 & -0,3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,7 & 0,8 & 0,1 \\ 0,3 & 1,6 & -0,5 \\ -0,2 & 0,6 & -0,6 \end{bmatrix}$$

Gambar 2. 25 Proses perhitungan konvolusi [28]

Gambar 2.25 menggambarkan proses perhitungan konvolusi dengan menggunakan metode penggeseran matriks pada input yang dikalikan dengan filter. Dalam contoh ini, perhitungan dilakukan dengan memposisikan filter pada setiap posisi pada input dan mengalikan elemen-elemen matriks tersebut. Kemudian, hasil perkalian tersebut dijumlahkan untuk menghasilkan output. Dalam perhitungan yang diberikan, elemen-elemen matriks yang terlibat adalah

$$(0,5 \times (-1)) + (0,2 \times 0) + ((-0,3) \times 1) + ((-1) \times (-1)) + ((-0,3) \times 0) + (0,2 \times 1) + (0,3 \times (-1)) + ((-0,3) \times 0) + (0,1 \times 1) = -0,7.$$

c. *Rectified Linear Unit (ReLU/Activation Function)*

Pada tahap perhitungan selanjutnya, dilakukan penggunaan activation function untuk mendapatkan nilai non-linear dari hasil konvolusi. Pada penelitian ini, digunakan fungsi ReLU (Rectified Linear Unit) sebagai activation function untuk menghindari nilai negatif. Rumus ReLU yang digunakan adalah sebagai berikut:  $f(x) = \text{ReLU}(x) = \max(x, 0)$  dengan  $x$  merupakan *input*.

Dimana  $x$  merupakan nilai yang diperoleh dari feature-maps setelah proses konvolusi. Fungsi ReLU menghasilkan nilai 0 untuk semua nilai  $x$  yang negatif, dan mempertahankan nilai  $x$  tersebut jika nilainya positif atau nol. Dengan demikian, fungsi ReLU membantu dalam memperoleh nilai non-linear dari hasil konvolusi dengan mengabaikan nilai negatif. Gambar 2.26 dibawah menunjukkan proses dari ReLU dengan sebagai berikut ini [28].

-0,7	0,8	0,1	=	0	0,8	0,1
0,3	1,6	-0,5		0,3	1,6	0
-0,2	0,6	-0,6		0	0,6	0

Gambar 2. 26 Proses Activation Function (ReLU) [28]

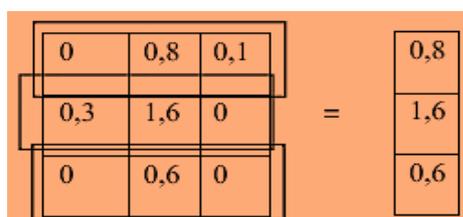
DNN memiliki lapisan ReLU untuk melakukan operasi pada elemen. Outputnya adalah peta fitur yang diperbaiki. Selanjutnya, penggunaan fungsi ReLU memungkinkan pelatihan yang lebih cepat dan efektif dengan memetakan nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif. Proses ini disebut sebagai aktivasi, karena hanya fitur yang diaktifkan yang akan diumpangkan ke lapisan berikutnya dalam jaringan. Setelah penerapan fungsi ReLU, peta aktivasi tersebut ditumpuk secara bersama-sama untuk membentuk volume input ke lapisan berikutnya dalam jaringan. Dengan demikian, fitur-fitur yang dihasilkan dari konvolusi dan aktivasi digunakan sebagai input untuk proses selanjutnya dalam jaringan neural. ReLU (Rectified Linear Unit) adalah salah satu metode yang digunakan sebagai fungsi aktivasi dalam jaringan saraf tiruan. Fungsi aktivasi bertugas untuk memperkenalkan non-linearitas ke dalam jaringan,

sehingga memungkinkan jaringan untuk mempelajari dan memodelkan hubungan yang kompleks antara fitur-fitur input. ReLU merupakan fungsi aktivasi yang sederhana namun efektif, di mana nilai input positif dipertahankan, sedangkan nilai input negatif akan diubah menjadi nol. Dengan demikian, ReLU memungkinkan jaringan untuk mengaktivasi dan menghantarkan informasi yang relevan, sementara mengabaikan informasi yang tidak relevan atau tidak signifikan. Juga gerbang matematis di antara input yang memberi data neuron pada saat dan outputnya menuju ke lapisan berikutnya[29].

d. Lapisan Pengumpulan (*Pooling Layer*)

Setelah proses aktivasi fungsi dilakukan, langkah selanjutnya adalah pooling layer. Pada pooling layer, data diambil dan dikumpulkan menggunakan jendela yang bergerak melintasi feature maps. Kemudian, diterapkan operasi non-linear pada data yang ada di dalam jendela tersebut. Tujuan dari pooling layer adalah untuk mengurangi dimensi dari feature maps, yang dikenal juga sebagai downsampling. Hal ini membantu mempercepat komputasi karena jumlah parameter yang harus diupdate menjadi lebih sedikit. Selain itu, pooling layer juga membantu jaringan fokus pada pola yang paling penting dalam data.

Ada dua metode umum yang digunakan dalam perhitungan pooling layer, yaitu max-pooling dan average pooling. Dalam max-pooling, nilai maksimum dari data di dalam jendela dipilih sebagai nilai yang mewakili jendela tersebut. Sementara itu, dalam average pooling, nilai rata-rata dari data di dalam jendela diambil sebagai nilai yang mewakili jendela tersebut. Dengan menggunakan metode ini, pooling layer membantu mengurangi dimensi data secara proporsional, sambil mempertahankan informasi penting yang terkandung dalam data tersebut. Gambar 2.27 dibawah ini menunjukkan proses pada tahap pooling layer dengan sebagai berikut ini [29].



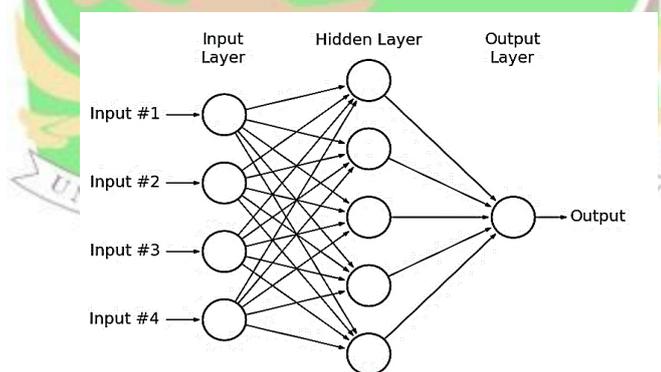
Gambar 2. 27 Proses Pooling layer [29]

- **Classification Layer**

- e. Lapisan Terhubung Sepenuhnya (*Fully Connected layer*)

Penggunaan fully connected layer dalam lapisan pengolahan mirip dengan arsitektur jaringan saraf tiruan (Artificial Neural Network/ANN). Hal ini disebabkan karena fully connected layer dalam lapisan pengolahan data menggunakan prinsip yang sama dengan ANN, di mana setiap neuron menggunakan prinsip yang sama dengan ANN, di mana setiap neuron dihubungkan dengan setiap neuron di lapisan berikutnya. Oleh karena itu, fully connected layer sering kali dianggap sebagai bentuk sederhana dari ANN.

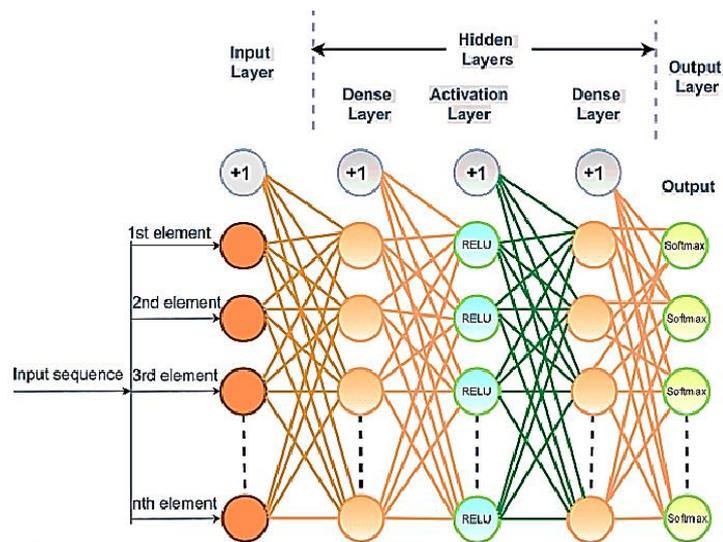
Dalam fully connected layer, setiap neuron menerima input dari semua neuron di lapisan sebelumnya dan menghasilkan output yang diteruskan ke lapisan berikutnya. Hal ini memungkinkan jaringan untuk belajar hubungan yang kompleks antara fitur-fitur yang ada dalam data dan menghasilkan prediksi yang akurat. Dengan menggunakan fully connected layer, jaringan dapat mempelajari pola-pola yang kompleks dalam data dan menghasilkan output yang sesuai dengan tugas yang diinginkan. Fully connected layer juga memungkinkan jaringan untuk melakukan pemetaan non-linear yang lebih kompleks, sehingga mampu mengatasi masalah yang tidak dapat dipecahkan dengan pemetaan linier sederhana. Gambar 2.28 ini menampilkan proses dari *Fully Connected layer* tersebut [28].



Gambar 2. 28 Contoh Fully Connected Layer [28]

Gambar 2.29 menunjukkan contoh fully connected layer yang terhubung ke semua neuron dan bekerja bersama-sama untuk memprediksi output dari beberapa kelas. Pada tahap ini, terdapat fungsi softmax yang diterapkan di lapisan keluaran dalam fully connected layer. Fungsi softmax digunakan untuk menghitung probabilitas masing-masing kelas yang mungkin sebagai output dari model.

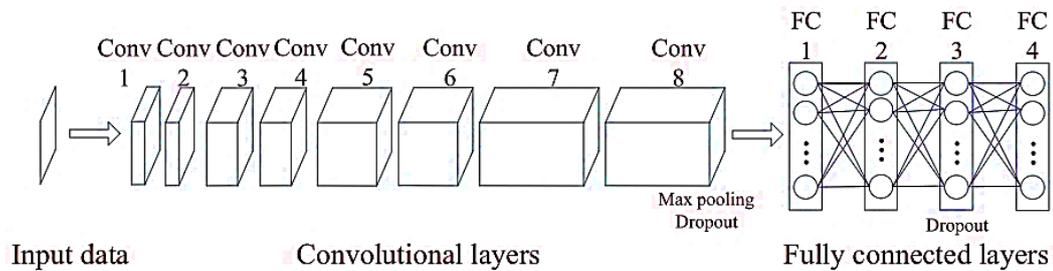
Dalam tahap fully connected layer, juga diterapkan teknik dropout. Dropout adalah teknik yang digunakan untuk mengurangi overfitting pada model. Pada saat pelatihan, beberapa neuron dipilih secara acak dan tidak digunakan dalam perhitungan, dengan kata lain, fitur-fitur yang terhubung dengan neuron tersebut dihapus atau dinonaktifkan. Hal ini mengurangi variabilitas atau kompleksitas model, sehingga membantu dalam mencegah overfitting. [30].



Gambar 2. 29 Fully Connected Layer [31]

Lapisan yang terhubung penuh terbentuk ketika matriks yang diratakan dari lapisan penyatuan diumpungkan sebagai input, yang mengolah dan mengidentifikasi data hasil dari tahap sebelumnya. Maka, lapisan yang terhubung penuh ditempatkan sebelum output pengolahan DNN dan digunakan untuk meratakan hasil sebelum pengolahan.

Menggunakan DNN untuk pembelajaran mendalam (*deep learning*) lebih efisien karena DNN (Deep Neural Network) memiliki kemampuan untuk menghilangkan kebutuhan ekstraksi fitur manual karena DNN dapat belajar dan mengambil fitur secara langsung dari data yang diberikan. Fitur-fitur tersebut diidentifikasi dan dipelajari oleh jaringan secara otomatis selama proses pelatihan. Gambar 2.30 langka yang didasari oleh DNN untuk memproses inputan.



Gambar 2. 30 Tampilan proses DNN [26]

Dengan cara lebih rinci maka dapat disimpulkan dengan tahapan berikut ini proses dalam pengolahan data dalam DNN tersebut:

### **Input data atau pengumpulan data**

Input data atau pengumpulan data merupakan tahap yang harus dilakukan sebelum dilanjutkan ke tahap pembelajaran atau training data. Disini dapat dipersiapkan data baru untuk diolah oleh sistem. Data yang dikumpulkan sejumlah total 17.000 data dari semua sampel. Data tersebut dapat dari hasil pendeteksian sistem. Tahap selanjutnya adalah membagi data yang telah dikumpulkan menjadi dua bagian, yaitu data latih (training data) dan data uji (testing data). Tujuan dari pembagian ini adalah untuk melatih model atau sistem menggunakan data latih dan menguji kinerja atau performanya menggunakan data uji yang tidak pernah dilihat sebelumnya.

### **Training data**

Proses training adalah tahap di mana Deep Neural Network (DNN) dilatih untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan pengolahan data. Pada tahap ini, DNN belajar untuk memahami dan memberikan hasil persentase logam berdasarkan indeks yang diberikan sesuai dengan kelasnya. Proses pembelajaran atau training bertujuan untuk mengoptimalkan parameter dan bobot dalam model DNN agar dapat menghasilkan prediksi yang akurat. Dalam konteks ini, DNN diberikan contoh-contoh data logam beserta label kelasnya. Selama pelatihan, DNN melakukan iterasi berulang kali untuk memperbaiki dan mengoptimalkan kemampuannya dalam mengolah logam dengan benar. Tahapan ini terdiri dari proses lapisan konvolusi, Rectified Linear Unit, proses lapisan pooling, dan lapisan terhubung sepenuhnya sebagai filter yang mengolah data tersebut. Jadi Setelah dilakukan pengumpulan atau input data, Dalam kesimpulannya, proses

training DNN bertujuan untuk melatih model agar dapat memahami dan memberikan hasil persentase logam berdasarkan indeks yang diberikan. Melalui iterasi dan penyesuaian parameter, DNN diharapkan dapat mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam melakukan operasi data. Data yang digunakan disini adalah 70% dari total data.

### **Model DNN**

Perancangan model DNN adalah tahap dalam membangun sebuah model yang digunakan untuk melatih data dalam mengenali logam yang diinginkan. Pada tahap ini, beberapa faktor penting harus dipertimbangkan, termasuk jumlah layer yang digunakan, penentuan filter, ukuran kernel, fungsi aktivasi, dan ukuran pooling. Jumlah layer dalam model DNN dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas tugas yang ingin diselesaikan. Biasanya, model DNN terdiri dari beberapa lapisan, termasuk lapisan masukan (input layer), lapisan tersembunyi (hidden layer), dan lapisan keluaran (output layer). Jumlah dan ukuran lapisan tersembunyi dapat disesuaikan berdasarkan kompleksitas masalah yang ingin dipecahkan.

### **Testing data**

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian model pada data uji. Tahap ini bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi dari model Deep Neural Network (DNN) yang telah dibangun. Tingkat akurasi ini menunjukkan seberapa baik model dapat mengoperasikan logam yang ada, seperti nickel, aluminum, platinum, besi, silver, dan copper. Tingkat akurasi yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu melakukan pengolahan data dengan tepat. Proses pengujian merupakan tahap akhir dari keseluruhan sistem penelitian. Pada tahap ini, model DNN yang telah dilatih diuji dengan menggunakan data uji yang belum pernah dilihat sebelumnya. Dalam pengujian ini, hasil pengolahan data yang dihasilkan oleh model dievaluasi dengan membandingkannya dengan indeks yang sebenarnya. Sebagai contoh, sekitar 30% dari data yang tersedia dapat digunakan sebagai data uji untuk pengujian model. Tujuan dari proses pengujian adalah untuk mengukur sejauh mana model DNN dapat mengolah data dari logam yang terdeteksi.

### **Hasil dan akurasi**

Proses penghitungan akurasi merupakan tahap akhir dalam penelitian ini. Akurasi merupakan suatu metrik yang digunakan untuk mengukur kinerja atau keberhasilan model DNN dalam pengoperasian data logam. Rumus yang digunakan untuk menghitung akurasi ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ benar}{Jumlah\ data\ uji} \times 100\%$$

Dalam persamaan tersebut, "Jumlah prediksi benar" mengacu pada jumlah data uji yang berhasil dikelolahkan dengan benar oleh model, sedangkan "Total data uji" merujuk pada jumlah keseluruhan data yang digunakan untuk pengujian. Penghitungan akurasi memberikan gambaran tentang seberapa baik model DNN dalam pengolahan data dari logam dengan benar. Semakin tinggi nilai akurasi, semakin baik kinerja model dalam melakukan pengolahan. Sebaliknya, jika nilai akurasi rendah, hal tersebut menunjukkan bahwa model belum berhasil secara efektif mengoperasikan data dari logam.

## 2. Scikit-Learn

Scikit-learn adalah pustaka Python bersumber terbuka dan mencakup berbagai teknik pembelajaran tanpa pengawasan dan pengawasan. Scikit-learn didasarkan pada teknologi dan library seperti Matplotlib, Pandas dan NumPy dan membantu menyederhanakan tugas pengkodean. Scikit-learn memungkinkan untuk mendefinisikan algoritma machine learning dan membandingkannya satu sama lain, serta menawarkan alat untuk melakukan preprocessing data. Algoritma-algoritma populer seperti K-means clustering, Random Forests, Support Vector Machines, dan berbagai model machine learning lainnya termasuk dalam Scikit-learn. Kekuatan sejati Scikit-learn terletak pada arsitektur penilaian dan pemilihan modelnya, yang memungkinkan untuk melakukan validasi silang dan melakukan beberapa pencarian hyperparameter pada model data. Scikit-learn juga membantu memilih model terbaik untuk pekerjaan tersebut.

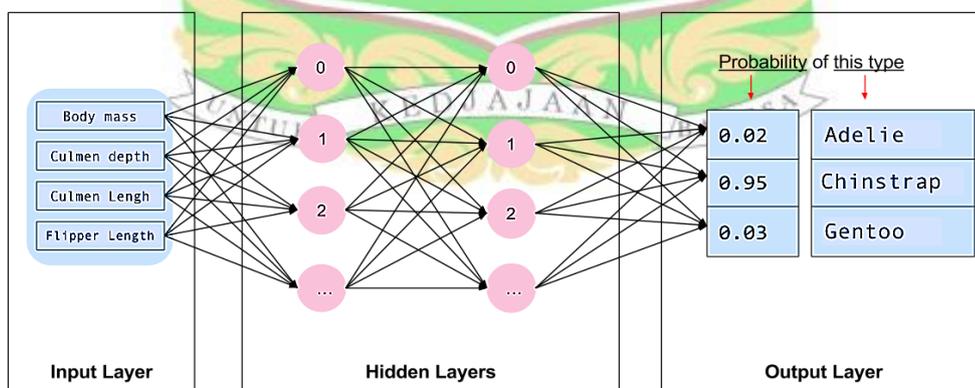
Dengan menggunakan Scikit-learn dapat memprogram dengan kode python menggunakan Jupyter atau google colaboratory untuk menganalisis data dimana ingin mendapatkan hasil dalam pengolahan data dalam analisis

data secara keseluruhan. Disini khususnya menggunakan google colaboratory untuk memprogramkan data yang dikelolahkan agar mendapatkan hasil yang mudah dipahami dan mudah dianalisiskan. Algoritma machine learning juga diimplementasikan menggunakan Scikit-learn, sebuah library tingkat tinggi. Scikit-learn banyak digunakan dalam aplikasi machine learning. Scikit-Learn, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.31, adalah sebuah library atau pustaka yang menggunakan bahasa pemrograman Python. Python digunakan sebagai bahasa utama dalam implementasi Scikit-Learn.



Gambar 2. 31 1 Scikit-Learn [38]

Jadi Scikit-Learn adalah library berbasis Python yang menyediakan berbagai jenis fungsionalitas untuk mengimplementasikan model pembelajaran mendalam (DNN). Gambar 2.32 menunjukkan proses kerja DNN menggunakan Scikit-Learn dengan sebagai berikut ini.

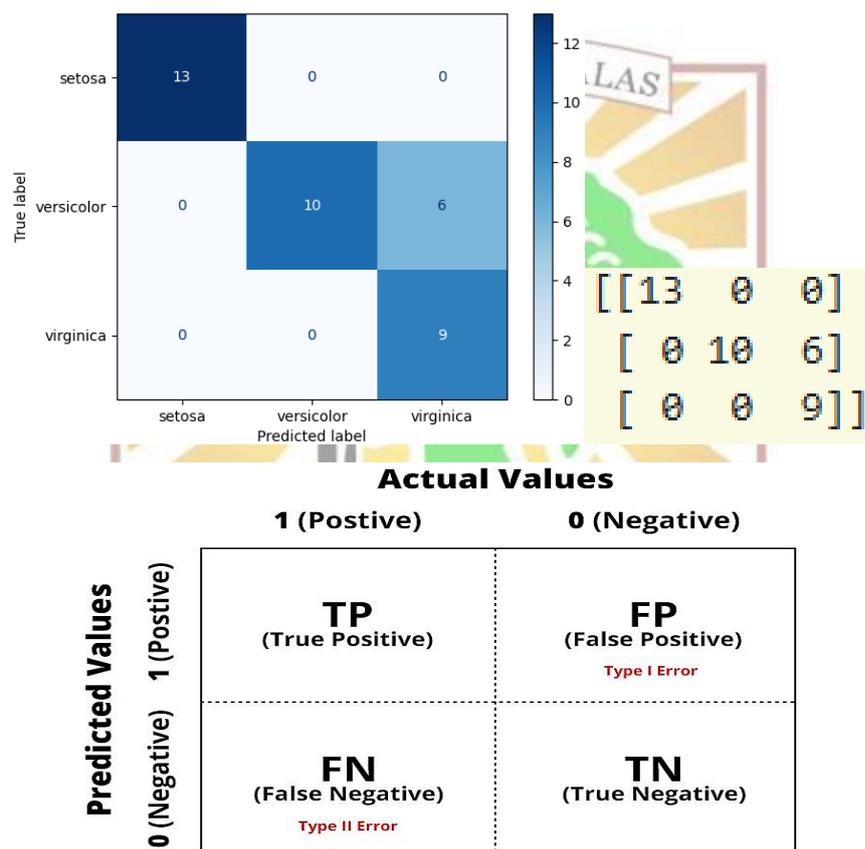


Gambar 2. 32 Contoh tampilan proses DNN dengan Scikit-Learn [27]

### 3. Cara Menghitung akurasi DNN

- *Confusion Matrix*

Confusion Matrix, juga dikenal sebagai error matrix, adalah sebuah tabel yang menyajikan informasi tentang perbandingan hasil pengoperasian yang dilakukan oleh suatu sistem atau model dengan hasil pengoperasian yang sebenarnya. Confusion matrix berbentuk tabel matriks yang menggambarkan performa model kelolah pada kumpulan data uji dengan nilai sebenarnya yang diketahui. Gambar 2.34, seperti yang ditunjukkan di bawah ini, merupakan contoh dari sebuah confusion matrix yang terdiri dari empat kombinasi yang berbeda antara nilai prediksi dan nilai aktual.



Gambar 2. 33 Confusion matrix [36]

Berdasarkan gambar Confusion Matrix yang dilihat pada table atas dimana ada 4 istilah memperlihatkan hasil proses pengolahan pada matriks konfusi. Keempat Langkah tersebut dinamai "True Positive" (TP), "True Negatif" (TN), "False Positive" (FP) dan "False Negatif" (FN).

- **True Positives (TP)** menunjukkan seluruh jumlah record data positif yang dikelolahkan sebagai nilai positif dimana data positif yang prediksinya benar. Misalnya logam Besi (class1), dan memprediksi logam Besi (class1) dari model.
- **True Negatifs (TN)** menunjukkan jumlah record data negatif yang dikelolahkan sebagai nilai negatif dimana data negatif dimana memberikan prediksi yang benar. Misalnya logam perak (klass 3), dan prediksi logam perak (klass 3) didasari oleh model.
- **False Positives (FP)** menunjukkan jumlah record data negatif sehingga terkelolah sebagai nilai positif dimana ada Type I Error dari data negatif, tetapi konsesusnya positif. Misalnya logam Besi (klass 3), tapi dari model yang memprediksi logam Besi (klass 1).
- **False Negatifs (FN)** menunjukkan jumlah record data positif yang terkelolah sebagai nilai positif dimana Type II Error yaitu data positif, tetapi konsesus negatif. Misalnya logam Perak (class 2), tetapi model yang diterapkan mendapatkan prediksi logam Perak (class 3).

Confusion Matrix memberikan evaluasi yang berguna tentang kinerja model pengolahan. Dari Confusion Matrix, kita dapat menghitung berbagai metrik evaluasi yang memberikan informasi lebih lanjut tentang keakuratan dan performa model. Beberapa metrik evaluasi yang umum digunakan dari Confusion Matrix adalah sebagai berikut:

➤ **Sensitivity atau Recall (True Positive Rate)**

Sensitivitas merupakan ukuran yang menggambarkan seberapa baik model mampu menemukan kembali informasi yang relevan. Sensitivitas dihitung dengan mengambil rasio antara jumlah prediksi True Positive dengan jumlah keseluruhan data yang sebenarnya True Positive. Untuk mendapatkan nilai sensitivitas, dapat menggunakan persamaan (1).

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (1)$$

➤ **Akurasi**

Akurasi adalah metrik yang menggambarkan sejauh mana model dapat mengolah data dengan benar. Akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar (baik positif maupun negatif) dengan jumlah keseluruhan data. Dengan kata lain, akurasi mengukur seberapa dekat nilai prediksi dengan nilai aktual, atau merupakan persentase dari jumlah rekaman data yang dikelola secara benar oleh algoritma. Nilai akurasi dapat diperoleh dengan persamaan (2).

$$Accuracy = \frac{TN + TP}{TN + TP + FN + FP} \times 100\% \quad (2)$$

➤ **Precision (Positive Predictive Value)**

*Precision* adalah metrik yang menggambarkan tingkat keakuratan antara data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh model. *Precision* dihitung dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar positif dengan jumlah keseluruhan hasil yang diprediksi positif. *Precision* memberikan informasi tentang seberapa banyak data yang benar-benar positif dari semua kelas positif yang telah diprediksi dengan benar. Untuk mendapatkan nilai *precision*, dapat menggunakan persamaan yang sesuai (3).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (3)$$

➤ **F1 Score**

Selain metrik presisi dan recall, terdapat fungsi yang mencari keseimbangan antara metrik recall dan presisi. Hal ini dicapai dengan rumus:

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \times 100\% \quad (4)$$

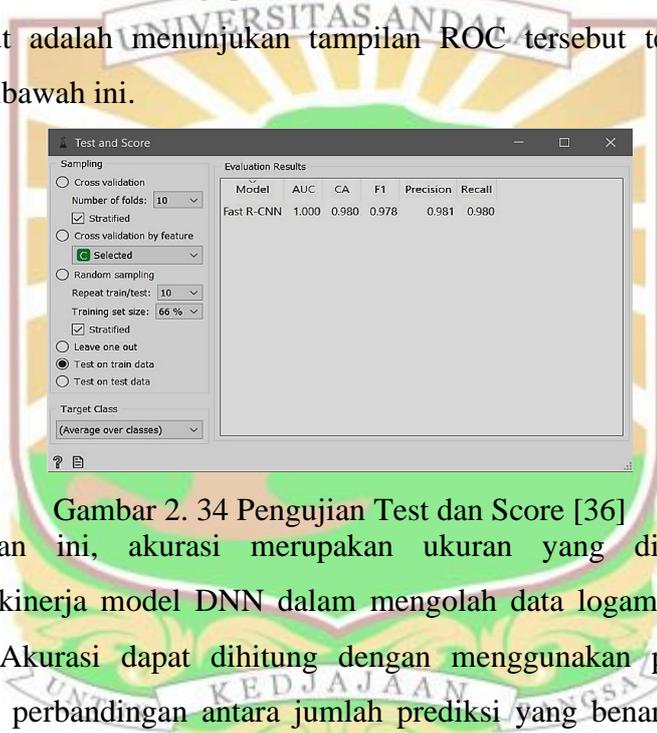
➤ **Misclassification rate (error)**

Persentase jumlah rekaman data terkelolah sebagai prediksi secara salah oleh algoritma. Nilai error dapat diperoleh dengan persamaan (4).

$$Error = \frac{FP + FN}{TN + TP + FN + FP} \times 100\% \quad (4)$$

Kemudian langka terakhir adalah untuk melaksanakan pengujian test dan score dimana dapat untuk menyimpulkan Setelah melakukan pengujian terhadap seluruh data, diperoleh hasil skor yang mencakup akurasi (*accuracy*), sensitivitas (*sensitivity*), dan presisi (*precision*). Akurasi merupakan ukuran seberapa akurat

model dalam mengolah seluruh data. Sensitivitas mengindikasikan sejauh mana model mampu mengidentifikasi data positif dengan benar. Sedangkan presisi menggambarkan sejauh mana model memberikan prediksi yang benar positif dibandingkan dengan keseluruhan hasil prediksi positif. Dengan demikian, hasil pengujian ini memberikan informasi penting mengenai kinerja dan performa model dalam melakukan pengolahan data. Data hasil tersebut didapatkan dari rumus persamaan yang sudah dijelaskan di atas. Disini Kurva *Receiver Operating Characteristics* (ROC) Analysis yang digunakan sebagai alat pengukuran kinerja yang digunakan untuk mengoperasikan masalah saat menentukan threshold model. Berikut adalah menunjukkan tampilan ROC tersebut tertampil dengan gambar 2.34 dibawah ini.



Gambar 2. 34 Pengujian Test dan Score [36]

Pada penelitian ini, akurasi merupakan ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model DNN dalam mengolah data logam yang terdeteksi pada sistem. Akurasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang mencerminkan perbandingan antara jumlah prediksi yang benar dengan jumlah total data yang ada. Dengan menggunakan persamaan tersebut, kita dapat memperoleh nilai akurasi yang mencerminkan seberapa baik model DNN dalam mengolah data logam dengan benar.

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ benar}{Jumlah\ data\ uji} \times 100\%$$

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Jenis dan Metodologi Penelitian

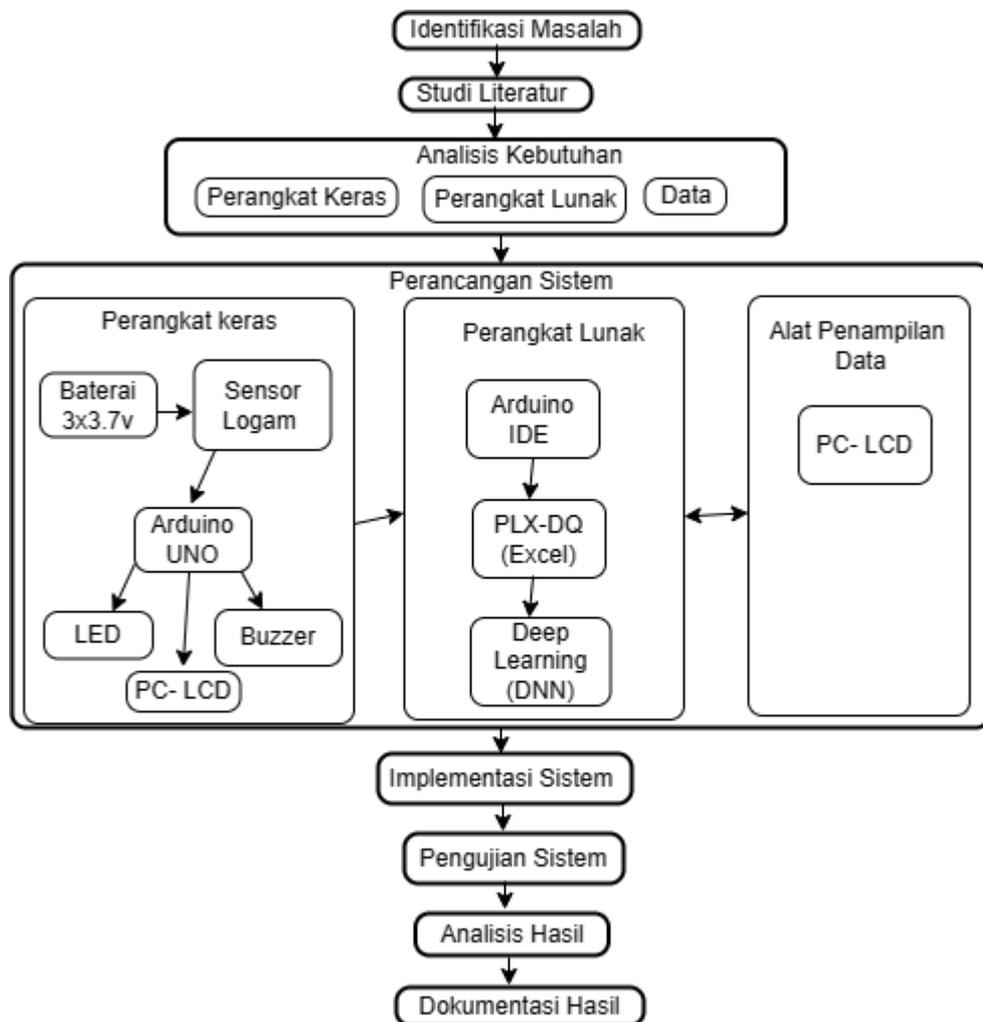
Metodologi penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode **penelitian tindakan** (action research). Metode penelitian tindakan efektif digunakan dalam ilmu terapan, seperti bidang ilmu teknik komputer, karena metode ini mengintegrasikan teori ke dalam praktik nyata atau tindakan yang dilakukan. Metode penelitian tindakan fokus pada interaksi antara teknologi informasi, manusia, dan konteks sosial budaya. Budaya.

Penelitian ini dilakukan dengan mengaitkan elemen-elemen yang memiliki ciri-ciri yang beragam. Komponen dari sistem tersebut antara lain adalah Arduino Uno Atmega328, Modul Step Down LM2596, Kumparan kawat (*coil*), *Buzzer*, PC, LED, dan LCD. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap sistem untuk memverifikasi apakah masukan yang diberikan sesuai dengan keluaran yang diharapkan.

Fokus dari penelitian ini adalah pada objek yang menjadi subjek penelitian pendeteksi logam yang diaplikasikan secara langsung tanpa pergi ke lokasi yang ada logam tersebut. Jadi mengambil beberapa logam logam yaitu nickel, aluminum, besi, silver, platinum, dan copper untuk dideteksi oleh sistem secara langsung dimana fungsinya sama dengan mencari logam pada suatu lokasi yang mengandung logam yang dicari tersebut. Kemudian, sistem didekatkan dengan logam dan kumparan kawat mendeteksi konduktivitas yang ada pada logam tersebut. Kemudian hasil dari pendeteksi tersebut dikirimkan ke mikrokontroler dan diproses untuk menganalisis dan mengolah logam yang dapat dideteksi oleh sistem menggunakan *deep learning model* dengan metode *Deep Neural Network* (DNN).

Sebagai contoh logam *non-ferrous* adalah nickel, silver, aluminum, emas, platinum, dan lain-lain dan untuk logam *ferrous* atau besi dimana logam ini hanya memiliki sifat besi. Setelah melakukan proses maka hasil proses tersebut tampil di PC pada Excel data streamer yang menunjukkan feature-future *atribut* dari logam

termasuk sebagai berikut ini: waktu (*time*), *Value* (val), *reference* (ref), *difference* (diff), nilai rata-rata (mean), *root mean square* (rms), nilai minimum (min), nilai maksimum (max), nilai dari 25%, nilai dari 50%, nilai dari 75%, standard deviasi (stDev), dimana dibutuhkan dalam pengolahan data oleh DNN untuk setiap logam. Diagram rancangan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini menampilkan tampilan visual dari rancangan penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Rancangan Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat diuraikan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

**a. Identifikasi Masalah**

Tahap awal dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah. Pada tahap ini, dilakukan analisis dan penemuan terhadap permasalahan yang menjadi latar

belakang dari penelitian ini. Masalah yang mengakibatkan judul ini di angkat karena kurangnya alat yang efisien dan canggih yang mampu mendeteksi logam secara langsung tanpa menghabiskan waktu dan tenaga banyak untuk mendapatkan hasil yang diinginkan oleh masyarakat dan juga dari segi harga biasanya alat yang dijual oleh perusahaan besar sangat mahal. Jadi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menerapkan sistem yang dapat mendeteksi logam menggunakan metode *Deep Neural Network* (DNN) berbasis mikrokontroler.

#### **b. Studi Literatur**

Pada tahap ini, dilakukan pencarian dan pengumpulan referensi atau artikel terkait, seperti jurnal penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian ini serta melakukan pencarian informasi data dari site yang sudah resmi secara internasional. Dalam studi literatur ini, juga dilakukan eksplorasi terhadap teori-teori yang mendukung dan memiliki relevansi dengan pembuatan tugas akhir, dimana teori tersebut didapat menjadi landasan dalam melakukan perancangan sistem. Teori-teori yang dikumpulkan dan dipelajari dalam penelitian ini meliputi berbagai konsep dan kerangka pemikiran yang relevan dengan topik penelitian meliputi cara kerja sensor Logam, mikrokontroler, koil, buzzer, kapasitor, resistor, dan perangkat lunak yang digunakan, Selain itu, penelitian ini juga mempelajari teori-teori yang ada dalam penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik yang dibahas.

#### **c. Analisis Kebutuhan**

Dalam rangka memenuhi kebutuhan tugas akhir ini, dilakukan penelitian dan eksplorasi sesuai dengan persyaratan dan tujuan yang ditetapkan maka sistem yang dirancang harus dapat mendeteksi logam disaat sistem tersebut mendekati atau mendeteksi keberadaan logam pada suatu tempat. Kemudian, sesuai dengan fungsionalitas yang ada pada sensor logam serta komponen-komponen pendukung lainnya yang memberikan sinyal notifikasi pada *Buzzer* dan LED dan mengirim data tersebut ke PC dan LCD dimana LCD yang memunculkan data berupa tulisan jika saat terdeteksi atau tidak terdeteksi logam, sedangkan pengiriman data ke PC melalui data streamer Excel yang menyimpan data secara keseluruhan.

#### **d. Perancangan Sistem**

Perancangan sistem ini terdiri dari dua bagian yang berbeda, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software).

#### 1. Perancangan Perangkat Keras

Tahap ini melibatkan pemilihan perangkat keras yang diperlukan untuk implementasi tugas akhir ini. Perancangan perangkat keras mencakup pemilihan perangkat yang sesuai dengan kebutuhan sistem, sehingga dapat mendukung implementasi sistem dengan baik. Perangkat keras yang digunakan merupakan mikrokontroler, Sensor logam, Modul Step Down LM2596, *buzzer*, kapasitor, *resistor*, dioda, LED, PC, LCD dan Baterai 3x3.7V.

#### 2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahapan ini, penulis memanfaatkan Arduino IDE untuk melakukan pemrograman pada Arduino UNO dan dilakukan juga Analisis hasil dari pendeteksian logam dengan menggunakan data streamer Excel dari PC untuk menampilkan dan menyimpan data hasil dari sistem dan data tersebut dikelola untuk memberikan hasil persentase logam yang terdeteksi oleh sistem termasuk logam nikel, platinum, aluminium, besi, silver, dan copper dimana menggunakan *Deep neural network* (DNN) metode sebagai pengolahan data logam dimana diprogramkan pada Scikit-learn untuk memudahkan cara mendapatkan hasil persentase dari logam yang terdeteksi.

##### e. Implementasi Sistem

Implementasi dari rancangan penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak. Dimana perangkat keras tersebut gabungan dari beberapa komponen menjadi satu sistem dapat mendeteksi logam dimana dengan langkah pertama mulai dari sensor logam mendeteksi logam dan pengukuran jarak pada sistem dan logam dilakukan secara manual. Kemudian mikrokontroler mengoperasikan sinyal data dari pendeteksian logam tersebut. Kemudian, Buzzer dan LED memberikan notifikasi sebagai alarm terdeteksinya logam dimana buzzer memberikan suara alarm berbunyi dan LED menyala dengan cahayanya lebih terang. Setelah logam terdeteksi maka LCD memberikan notifikasi dengan tulisan “**terdeteksi logam**” pada saat terdeteksi

logam dan tidak ada tulisan pada saat tidak mendapatkan pendeteksi logam dari sistem dan data dibaca dan disimpan pada PC melalui *plx-daq* atau *Excel data streamer*. Sedangkan perangkat lunak yang dilibatkan yaitu penggunaan Arduino IDE dan menyimpan data dalam *Excel data streamer* untuk menampilkan data dan sinyal terdeteksi dari sistem, dan data dianalisis melalui *Deep Neural Network* (DNN) dengan menggunakan *Scikit-learn*.

#### **f. Pengujian Sistem**

Pengujian sistem ini dirancang untuk menguji kinerja setiap komponen yang diimplementasikan dalam sistem. Fokus pengujian adalah memastikan apakah sistem yang dirancang mampu mendeteksi logam sesuai dengan tujuan dan manfaat yang dijelaskan dalam bab pendahuluan.

#### **g. Analisis Hasil**

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem, termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem. Selain itu, data yang dihasilkan selama pengujian juga dianalisis dalam tahap ini.

#### **h. Dokumentasi Tugas Akhir**

Tahap ini merupakan tahap akhir dari tugas akhir, di mana semua kebutuhan penelitian dirangkum dan data diambil dari hasil pengujian sistem, program, dan gambar yang terkait dengan pengujian. Selanjutnya, dilakukan dokumentasi sebagai laporan hasil penelitian tugas akhir.

### **3.2 Analisis Kebutuhan Sistem**

Dalam analisis sistem, terdapat beberapa aspek utama dari kebutuhan yang membentuk inti dari penelitian ini. Aspek-aspek tersebut meliputi kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, dan kebutuhan data. Kebutuhan fungsional berisi tentang fungsi-fungsi dan struktur yang secara langsung terlibat dalam berjalannya suatu sistem. Kebutuhan non-fungsional mencakup fungsi-fungsi yang mendukung sistem untuk beroperasi dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan yang ditetapkan. Kebutuhan perangkat keras mencakup komponen dan peralatan fisik yang diperlukan sebagai platform untuk menjalankan sistem. Kebutuhan perangkat

lunak mencakup perangkat lunak dan software yang diperlukan agar komponen perangkat keras dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Kebutuhan data berisi kumpulan data dari hasil pendeteksian logam tersebut sebagai berikut ini: waktu (*time*), *Value* (val), *reference* (ref), *difference* (diff), nilai rata-rata (mean), *root mean square* (rms), nilai minimum (min), nilai maksimum (max), nilai dari 25%, nilai dari 50%, nilai dari 75%, standard deviasi (stDev), dimana dibutuhkan dalam pengolahan data oleh DNN untuk setiap logam.

### 3.2.1 Kebutuhan Fungsional Sistem

Kebutuhan fungsional adalah elemen-elemen yang diperlukan untuk mencapai tujuan sistem. Dalam perancangan sistem ini kebutuhan fungsional yang diperlukan oleh sistem, adalah:

1. Sistem harus dapat mendeteksi keberadaan logam.
2. Sensor dari sistem harus mampu mendeteksi logam dengan jarak lebih dari 10 cm.
3. Sistem harus mampu mengoperasikan data dari logam menggunakan *Deep Neural Network* (DNN).
4. Sistem harus mampu memberikan output berupa indikator notifikasi pada LED dan Buzzer sebagai alarm terdeteksinya logam.
5. Sistem harus mampu menampilkan pada PC dan LCD data hasil dari pendeteksian logam.
6. Data streamer Excel harus mampu menerima data hasil dari pendeteksian logam pada sistem.

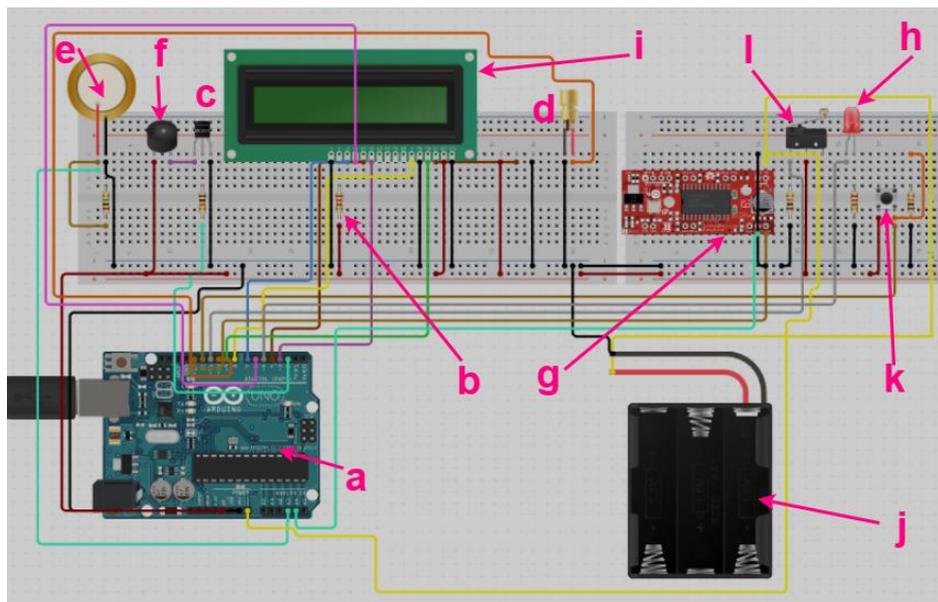
### 3.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional Sistem

Kebutuhan non-fungsional adalah persyaratan sistem yang berada di luar ruang lingkup kebutuhan fungsional, tetapi tetap memengaruhi cara kerja sistem tersebut. Jadi kebutuhan non-fungsional yang digunakan disini adalah yaitu Baterai 3x3.7V sebagai sumber daya pendukung sistem, akses internet, kapasitor memory yang digunakan untuk menyimpan data hasil di excel. Kemudian menggunakan pipa sebagai pegangan dari sensor sama control box dari sistem

serta digunakan hanya untuk menstabilisasi cara membawa sistem setelah dirancang.

### 3.2.3 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras meliputi peralatan yang dibutuhkan sistem untuk menjalankan fungsinya. Adapun sketsa yang menggambarkan komponen utama yang dibutuhkan dalam perancangan sistem ini. Berikut ini adalah daftar perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 3. 2 Tampilan sketsa sistem

- Arduino UNO Atmega328 sebagai mikrokontroler untuk mengoperasikan signal hasil.
- Resistor berfungsi untuk mengatur serta menghambat arus listrik dengan spesifikasi yaitu 220 Ohm,47k Ohm dan 1k ohm.
- Kapasitor sebagai menyimpan dan melepaskan muatan listrik dengan spesifikasi yaitu 100uF.
- Dioda dapat mengalirkan arus ke satu arah saja (IN4007).
- Koil sebagai sensor logam untuk mendeteksi logam secara langsung.
- Buzzer piezoelectric (DC 3-24V) menghasilkan suara berupa gelombang bunyi.
- Modul Step Down LM2596 adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai penurun tegangan dengan kemampuan untuk mengatur

tegangan output melalui potensiometer yang dapat diatur dalam beberapa putaran. Keunggulan utama dari modul step down LM2596 adalah kemampuannya untuk menjaga stabilitas tegangan output meskipun tegangan inputnya naik atau turun. Dengan demikian, fungsi dari modul step down ini adalah mengubah tegangan tinggi dengan arus rendah menjadi tegangan rendah dengan arus tinggi. Transformator step down memiliki fungsi utama menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya sesuai dengan kebutuhan elektronik dalam sistem.

- h. LED sebagai pemancaran cahayanya untuk notifikasi.
- i. LCD sebagai penampilan nilai hasil dari sistem (16x2).
- j. Baterai 3x3.7V sebagai sumber energi untuk sistem.
- k. Push button merupakan suatu jenis tombol yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik. Tombol ini digunakan pada berbagai perangkat elektronik, seperti buzzer, relay, LED, dan perangkat output lainnya. Fungsinya adalah untuk mengaktifkan rangkaian sistem ketika tombol ditekan.
- l. Toggle switch adalah jenis sakelar yang dapat dioperasikan dengan mengangkat atau menurunkan tuas toggle. Fungsi utama dari toggle switch adalah untuk mengaktifkan atau mematikan suatu perangkat listrik. Dengan sakelar ini, kita dapat melakukan pengaturan ON-OFF pada alat listrik.
- m. PC untuk menampilkan dan menyimpan kumpulan data hasil dari sistem.

#### **3.2.4 Kebutuhan Perangkat Lunak**

Perangkat keras memerlukan perangkat lunak agar dapat berfungsi dan membentuk sistem sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun perangkat lunak yang dibutuhkan adalah perangkat lunak tertanam di Mikrokontroler yaitu Arduino IDE digunakan untuk memprogramkan perancangan dari sistem dan memprogram modul Arduino uno atmega328, kemudian menggunakan plx-daq atau dapat disebut dengan *Excel data streamer* untuk menyimpan dan menampilkan data signal yang telah dideteksi oleh sistem. Setelah itu dilakukan pengolahan data signal dari excel tersebut melalui *Deep Learning model* dengan

metode *Deep Neural Network* (DNN) menggunakan library dari *Scikit-learn* untuk memprogramkan data dari DNN tersebut melalui *google colab*.

### 3.2.5 Kebutuhan Data

Data dibutuhkan dalam sistem ini data hasil dari pendeteksian oleh sistem. Data hasil dari sistem yang tertampil pada *Excel* ini dibutuhkan sebagai data yang dianalisis melalui *Deep Learning model* dengan metode *Deep Neural Network* (DNN) menggunakan library program pada *Scikit-learn* untuk mendapatkan pengolahan dari logam yang terdeteksi oleh sistem termasuk logam nikel, platinum, aluminium, besi, silver, dan copper. Berikut adalah sampel representasi data yang dikeluarkan dalam perancangan sistem ini dimana diperlihatkan pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Contoh tampilan data hasil sampel sistem pada data streamer Excel

Sampel logam: nikel, aluminium, platinum, besi, silver, dan copper.											
Time	val	ref	diff	mean	rms	min	max	25%	50%	75%	stDev

Sebelum melaksanakan sampel dari logam, membutuhkan beberapa nilai data yang ingin diaplikasikan pada sistem dan berikut adalah penjelasan data atribut pada tabel diatas:

- **Time:** waktu dalam setiap pendeteksian yang dilakukan oleh sistem (s).

Pengaturan waktu mengacu pada kecepatan pengalihan digital yang mengontrol elektronik internal detektor. Pada seri detektor pengaturan waktu menghasilkan rangkaian pulsa untuk menciptakan bentuk gelombang transmisi setiap perjalanannya sistem.

- **Value (val):** "value" (nilai) mengacu pada respons atau indikasi yang diberikan oleh detektor ketika terdeteksi adanya logam dalam jangkauan deteksi. Nilai ini biasanya ditampilkan dalam bentuk angka atau sinyal suara yang menggambarkan keberadaan logam. Kemudian, mengindikasikan nilai disaat pendeteksian yang dilakukan oleh sistem dengan bervariasi naik atau turun dari nilai yang didapatkan (18.000-18.800).

```
'long int val = meas(period, len, len + 1, 1, nloop);'
```

Variabel `val` sebagai variabel bertipe data `long int` dan menginisialisasinya dengan hasil dari pemanggilan fungsi `meas()`. Fungsi `meas()` dipanggil dengan lima argumen, yaitu `period`, `len`, `len + 1`, `1`, dan `nloop`. Tipe data `long int` digunakan untuk menyimpan bilangan bulat dengan rentang yang lebih besar daripada tipe data `int`. Argumen `period` mewakili periode atau interval waktu yang digunakan dalam pengukuran. Argumen `len` mengacu pada panjang atau ukuran tertentu yang terlibat dalam proses pengukuran. Dalam pernyataan ini, `len` digunakan dua kali, dengan nilai `len` dan `len + 1` sebagai argumen pengukuran data secara otomatis. Fungsi `meas()` melakukan pengukuran atau perhitungan sesuai dengan argumen yang diberikan. Nilai yang dikembalikan oleh fungsi `meas()` digunakan untuk menginisialisasi variabel `val`. Variabel `val` akan memiliki nilai yang sama dengan nilai yang dikembalikan oleh fungsi `meas()`.

- **Reference (ref):** "ref" merujuk pada jenis variabel yang digunakan untuk menyimpan referensi dari suatu objek atau nilai. Variabel `ref` digunakan untuk menghindari duplikasi data atau memanipulasi objek dan nilai secara efisien tanpa perlu membuat salinan. Disini dengan kisaran rentang nilai yang didapatkan (18.600-18.700).

`'long int ref = meas(period, minlen, maxlen, steplen, nloop);'`

Coding ini mendeklarasikan variabel `ref` sebagai referensi dari tipe data `long int` dan menginisialisasinya dengan hasil dari pemanggilan fungsi `meas()`. Fungsi `meas()` memiliki lima parameter yaitu `period`, `minlen`, `maxlen`, `steplen`, dan `nloop`. Nilai-nilai parameter ini digunakan dalam perhitungan di dalam fungsi `meas()`. Hasil yang dikembalikan oleh fungsi `meas()` digunakan untuk menginisialisasi variabel `ref`. Sebagai referensi, `ref` akan menunjuk ke alamat memori yang menyimpan nilai yang dikembalikan oleh fungsi `meas()`. Dengan menggunakan variabel `ref`, dapat mengakses nilai tersebut dan juga melakukan operasi lain pada nilai tersebut melalui referensi tersebut.

- **Difference (diff):** sebagai variabel nilai yang membedakan selisih setiap phase pergeseran data yang terdeteksi oleh sistem berdasarkan value dan reference yang didapat pada sebelumnya.

**int diff = val - ref;**

Variabel **diff** sebagai variabel bertipe data **int** dan menginisialisasinya dengan hasil pengurangan nilai **val** dengan nilai **ref** yang mana sudah dapat pada waktu sebelumnya hasilnya. Disini Operasi **val - ref** mengurangi nilai **ref** dari nilai **val**, dan hasilnya akan disimpan dalam variabel **diff**. Jadi, **diff** akan memiliki nilai yang mewakili selisih antara **val** dan **ref**.

- **Mean:** berfungsi sebagai nomor detektor logam, Indikator Identifikasi Target (TID), atau Indikator Tampilan Visual (VID) mengukur konduktivitas di detektor logam. Angka-angka ini berkisar yang didapatkan dari -300 hingga 100. Karena berbagai logam mewakili konduktivitas pribadi tertentu, angka tersebut memudahkan untuk mengidentifikasinya.

**float mean = float(sum) / printfrac;**

Variabel **mean** sebagai variabel bertipe data **float** (desimal) dan menginisialisasinya dengan hasil pembagian nilai **sum** dengan **printfrac**. Sebelum pembagian dilakukan, nilai **sum** dikonversi ke tipe data **float** menggunakan konstruktor **float()**. **printfrac** disini sebagai fraksi pengukuran yang dicetak saat dalam mode debug.

Operasi **float(sum)** digunakan untuk mengubah nilai **sum** menjadi tipe data **float** sebelum dilakukan pembagian. Kemudian, hasil pembagian antara nilai **sum** dalam tipe data **float** dengan **printfrac** dilakukan, dan hasilnya akan disimpan dalam variabel **mean**.

- **Rms:** RMS (Root Mean Square) adalah nilai efektif dari sebuah sinyal atau arus listrik. Merupakan juga nilai arus yang jika diterapkan pada beban resistif akan menghasilkan disipasi daya yang sama dengan sinyal atau arus tersebut. Dengan kata lain, RMS adalah nilai arus efektif yang akan menghasilkan daya yang setara dengan daya yang dihasilkan oleh arus searah konstan pada beban resistif. Nilai RMS (root mean square) berhubungan langsung dengan energi dari konduktivitas getaran dari sensor. RMS juga memperhitungkan riwayat waktu dari bentuk gelombang pada pendeteksian logam (V).

**float rms = sqrt((float(sumsq) / printfrac) - pow(mean, 2.0));**

Variabel **rms** sebagai variabel bertipe data **float** (desimal) dan menginisialisasinya dengan hasil perhitungan akar kuadrat dari ekspresi yang diberikan dimana pada ekspresi tersebut, terdapat beberapa operasi yang dilakukan:

- **float(sumsq)**: Nilai **sumsq** dikonversi ke tipe data **float** menggunakan konstruktor **float()**. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa pembagian selanjutnya dilakukan dalam tipe data **float**.

- **(float(sumsq) / printfrac)**: Nilai **sumsq** yang telah dikonversi ke tipe data **float** dibagi dengan **printfrac**. Ini akan menghasilkan nilai rata-rata kuadrat.

- **pow(mean, 2.0)**: Nilai **mean** dikuadratkan menggunakan fungsi **pow()**. Ini menghasilkan nilai kuadrat dari rata-rata.

- **(float(sumsq) / printfrac) - pow(mean, 2.0)**: Hasil pembagian rata-rata kuadrat dikurangi dengan nilai kuadrat rata-rata. Ini menghasilkan varian (variance) dari data.

- **sqrt((float(sumsq) / printfrac) - pow(mean, 2.0))**: Akar kuadrat dari varian dihitung menggunakan fungsi **sqrt()**. Ini menghasilkan nilai **root mean square** (RMS) dari data.

Maka dari semua itu variabel **rms** akan menyimpan nilai RMS yang dihasilkan dari perhitungan tersebut.

• **Minimum (min)-Maximum (max)**: nilai lebar pendeteksin logam secara maksimal dan minimal berdasarkan besar atau kecil konduktivitas yang dipancarkan oleh logam yang didapat (mm).

**float min = float(mean) / printfrac;**

Variabel **min** sebagai variabel bertipe data **float** (desimal) dan menginisialisasinya dengan hasil pembagian nilai **mean** dengan **printfrac**. Sebelum pembagian dilakukan, nilai **mean** dikonversi ke tipe data **float** menggunakan konstruktor **float()**. Operasi **float(mean)** digunakan untuk mengubah nilai **mean** menjadi tipe data **float** sebelum dilakukan pembagian. Kemudian, hasil pembagian antara nilai **mean** dalam tipe data **float** dengan **printfrac** dilakukan, dan hasilnya akan disimpan dalam variabel **min**.

Maka variabel **min** akan menyimpan hasil pembagian tersebut, dengan hasilnya dalam bentuk desimal (floating-point). Tipe data float digunakan untuk menyimpan bilangan desimal dengan presisi terbatas.

**float max = float(diff) + min;**

Variabel **max** sebagai variabel bertipe data **float** (desimal) dan menginisialisasinya dengan hasil penjumlahan nilai **diff** dengan **min**. Sebelum penjumlahan dilakukan, nilai diff dikonversi ke tipe data float menggunakan konstruktor **float()**. Operasi **float(diff)** digunakan untuk mengubah nilai diff menjadi tipe data float sebelum dilakukan penjumlahan. Kemudian, hasil penjumlahan antara nilai diff dalam tipe data float dengan min dilakukan, dan hasilnya akan disimpan dalam variabel **max**. Variabel **max** akan menyimpan hasil penjumlahan tersebut, dengan hasilnya dalam bentuk desimal (floating-point).

- **25%, 50% ,75%:** kisaran data nilai yang didapatkan pada pendeteksian logam dari pengoperasian nilai maximum yang didapat sebelumnya dimana mengambil 25%, 50% dan 75% dari nilai hasil gabungan pengoperasian dari max tersebut untuk memberikan data yang efektif dalam merencanakan pengolahan data yang terdeteksi pada logam pada saat masuk dalam proses berikutnya.

**float quarter = (max / 4);**

**float setengah = (max / 2);**

**float tigaperempat = ((max \* 3) / 4);**

Disini operasi **max / 4** dilakukan, dan hasilnya akan disimpan dalam variabel quarter. Variabel quarter akan menyimpan hasil pembagian tersebut, dengan hasilnya dalam bentuk desimal (floating-point). Kemudian untuk variable lainnya teruis menurus sesuai dengan rumus yang ditepatkan pada operasi tersebut.

- **Standard Deviasi (stDev):** merepresentasikan data pendeteksian logam disaat terdeteksi logam dengan NAN (Not-a-Number) (0) dan INF (Infinity) (1) disaat tidak ada terdeteksinya logam dalam sistem.

**float stDev = sqrt(mean / float(SAMPLES));**

Variabel **stDev** sebagai variabel bertipe data float (desimal) dan menginisialisasinya dengan hasil perhitungan akar kuadrat dari hasil pembagian **mean** dengan **SAMPLES**. **SAMPLES** adalah sebuah konstanta yang sudah

didefinisikan sebelumnya. Kemudian, nilai **mean** dibagi dengan **SAMPLES**, kemudian hasilnya dikonversi ke tipe data **float** menggunakan konstruktor float(). Setelah itu, fungsi **sqrt()** digunakan untuk menghitung akar kuadrat dari hasil pembagian tersebut. Variabel **stDev** akan menyimpan nilai standar deviasi yang dihasilkan dari perhitungan tersebut.

- **Jarak:** nilai yang didapatkan dalam pengukuran jarak yang dilakukan secara manual dengan mengukur jarak setiap sampel logam dijauhi dari sistem (cm).

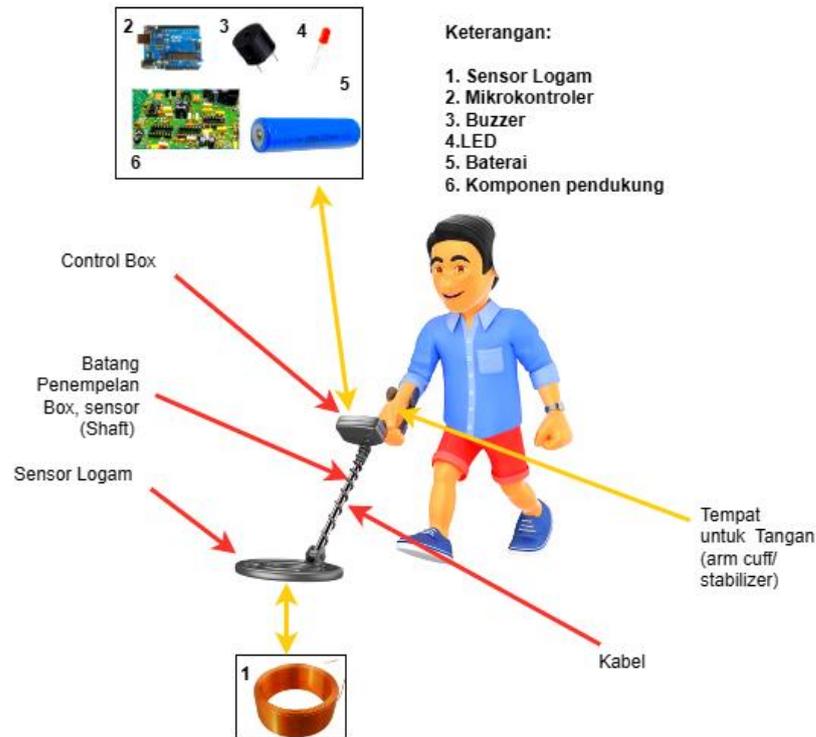
Dalam sampel ini berikut adalah pembagian data yang dikelolakan pada petunjuk gambar 3.2 dibawah ini:

Tabel 3. 2 Contoh tampilan pembagian data

Sampel	Total data	Training DNN	Testing DNN
Logam	100%	70%	30%
	17.000 data	11.900 data	5.100 data

### 3.3 Rancangan Umum Sistem

Untuk memenuhi tujuan penelitian, perancangan sistem harus sesuai dengan kebutuhan fungsional maupun non-fungsional. Sistem digambarkan dari beberapa komponen yang saling terhubung dengan menggunakan pipa dan control box untuk memudahkan perancanganya seperti ditunjukan dalam gambar 3.2 yang terlampir, terdapat ilustrasi sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Rancangan Umum Sistem

Dari ilustrasi pada Gambar 3.2, dapat dilihat bahwa rancangan umum sistem mencakup semua komponen yang digunakan dalam merancang sistem pendeteksi logam (metal detektor). Pada bagian bawah pertama memiliki sensor logam dimana sensor tersebut yang mendeteksi keberadaan logam berdasarkan elektromagnetik yang dipancarkan oleh sensor tersebut terhadap konduktivitas dari elektromagnetik pada logam yang dicari. Kemudian disini menggunakan alat pengukur jarak secara manual pada logam yang terdeteksi pada sistem dikarenakan sensor tembaga tidak bisa mengukur jarak tersebut sehingga membutuhkan pengukur tersebut karena sensor ultrasonic telah dirancang pada sistem ini tetapi tidak berfungsi dengan baik karena sistem sudah memiliki timer sendiri sehingga jika dipasang sama sensor ultrasonic maka sistem tidak dapat berjalan dengan baik. Berikut adalah sampel contoh dalam pengaplikasian perancangan sensor yang dilaksanakan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang ingin dicapai berikut adalah informasi yang dapat ditemukan dalam Tabel 3.3 yang terlampir:

Tabel 3. 3 Contoh tampilan sampel percobaan koil pada sistem

Jumlah sampel	Ketebalan koil (mm)	Diameter Pada putaran (cm)	Resistance (Ohm)	Jumlah total Putaran ( <i>turns</i> )	Capacitance (nF)	Panjang total koil (m)	Inductance (mH)
1-4	-	-	-	-	-	-	-

Pada tabel 3.3 diatas dimana sebagai sampel yang digunakan untuk melihat dan mengetahui bagaimana hasil kemampuan yang didapat oleh sistem setelah mencoba sampel tersebut dimana dari sampel tersebut memberikan hasil keakurasian mana yang lebih bagus dipakai. Kemudian seperti pada tabel diatas dimana ketebalan koil disini ada 2 jenis yang digunakan yaitu 0.5 mm dan 1.5 mm dimana masing-masing putaran dan diameter serta panjang sesuai dengan spesifikasinya, memilih spesifikasi tersebut karena sebelumnya saya sudah melaksanakan simulasi pembuatan alat sehingga dapat menyimpulkan untuk mencoba beberapa jenis koil dengan diameter dan panjang serta jumlah putaran tersebut untuk mengetahui mana yang lebih efisien.

Kemudian, pada bagian tengah kedua memiliki kabel, batang pemelempelan control Box (*shaft*) dan control box. Untuk kabel yaitu berfungsi untuk menghubungkan sensor logam dengan control box. Untuk batang pemelempelan control box atau disebut juga dengan *shaft* sebagai tongkat yang digunakan untuk memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam penggunaan sistem setelah dirancang. Dalam penelitian ini, digunakan pipa dengan spesifikasi AW berukuran 3/4" warna putih dengan panjangnya sekitar antara 130 cm dan 140cm. Pipa yang digunakan karena pipa ini tidak berat dan mudah digunakan serta tidak menghasilkan hambatan yang dapat mengganggu sensor dan lebih murah harganya. Selanjutnya, dengan control box dimana dalamnya terisi semua komponen yang mendasari sistem termasuk mikrokontroler, Modul Step Down LM2596, buzzer, led, LCD, dan komponen lainnya. Yang terakhir adalah tempat untuk tangan atau disebut juga *stabilizer* dimana ini tetap pakai pipa untuk tempat untuk tangan agar lebih mudah membawahnya dan tidak berat dan dapat distabilisasi disaat memutar posisi tangan untuk membelok alat tersebut.

Jadi dari cara kerja sistem menggeser sistem sesuai dengan posisi tangan Jika pipa tersebut dibelokkan ke arah kiri atau kanan, sesuai dengan lokasi yang

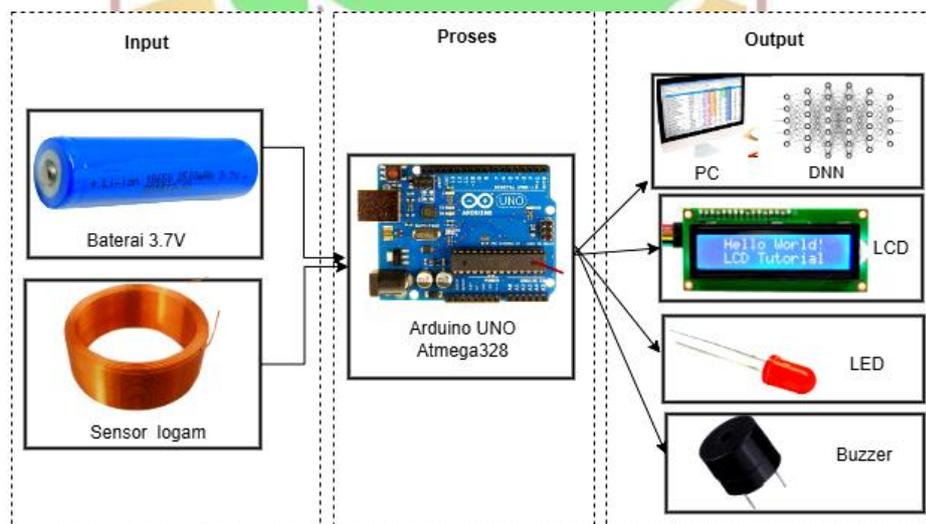
diinginkan maka sensor pada bagian bawah mendeteksi keberadaan logam dan dari control box melakukan fungsinya masing masing komponen dalamnya sehingga pengguna dapat mengetahui keberadaan emas tersebut tergantung pada notifikasi alarm atau hasil yang telah dideteksi oleh sistem tersebut.

### 3.4 Rancangan Proses

Perancangan sistem ini melibatkan dua aspek utama, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak dan dilakukan dengan menspesifikasikan fungsionalitas sistem. Rancangan proses ini bertujuan untuk memahami alur jalannya sistem mulai dari pembacaan data, input data, sampai output tampilan pada PC dan LCD.

#### 3.4.1 Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan perangkat keras, terdapat penjelasan mengenai rancangan fisik sistem dan komponen utama yang digunakan pada sistem beserta dengan fungsinya. Berikut pada gambar 3.3 adalah rancangan perangkat keras sistem:



Gambar 3. 4 Rancangan Perangkat Keras

Pada Pada Gambar 3.3 diatas perlu diketahui fungsi dari perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Arduino UNO Atmega328 berfungsi untuk mengoperasikan data dari sensor logam.
- 2) Baterai 3x3.7V berfungsi sebagai sumber daya untuk sistem.

- 3) Sensor logam atau koil berfungsi sebagai trasmitter dan receiver elektromagnetik untuk mendeteksi logam melalui konduktivitas dari logam tersebut.
- 4) LED berfungsi untuk memberikan cahanya notifikasi disaat terdeteksi logam.
- 5) Buzzer berfungsi sebagai alarm disaat terdeteksi logam.
- 6) LCD untuk menampilkan data hasil secara sederhana disaat terdeteksi logam atau tidak.
- 7) PC menampilkan dan menyimpan semua kumpulan data yang didapat dari logam yang terdeteksi dan data hasil tersebut dikelola melalui metode *Deep Neural Network* (DNN).

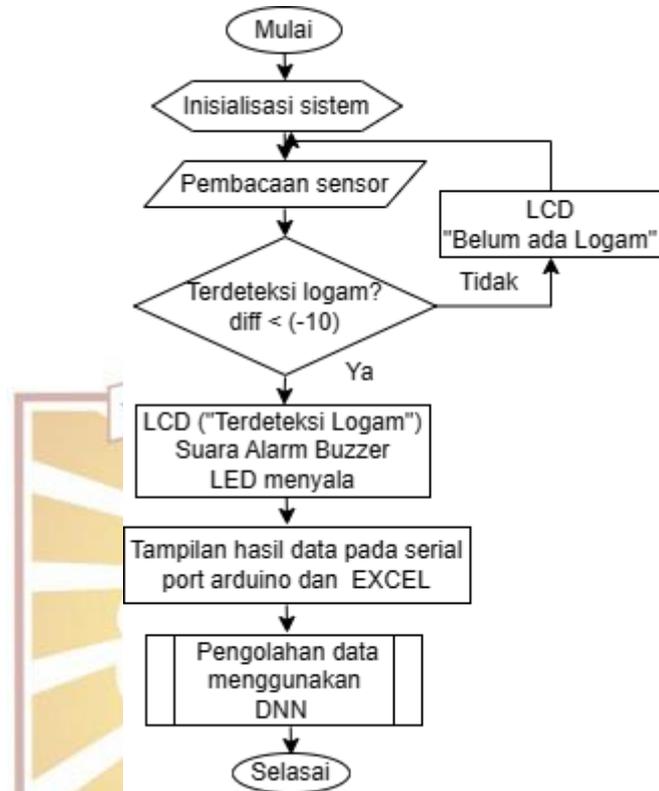
Dalam perancangan sistem ini, pertama dilakukan sampel dari berbagai logam yang digunakan sebagai logam yang dicari dan dideteksi dengan kumparan kawat atau koil. Kemudian koil memancarkan elektromagnetik ke logam yang dicari, jika koil tersebut mendeteksi adanya logam pada suatu tempat maka dia menerima konduktivitas dari logam tersebut dan mengirim signal datanya ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler menerima signal data dari koil tersebut dan mengoperasikannya sehingga LED dapat menyala dan buzzer memberikan suara sebagai alarm bahwasanya terdeteksi adanya logam. Tidak hanya itu, mikrokontroler juga mengirim data signal tersebut ke PC dan LCD. Setelah itu LCD menampilkan hasil pendeteksian jika terdeteksi logam atau tidak dan PC menampilkan serta juga menyimpan seluruh data yang didapat dari sistem. Yang terakhir adalah data yang didapat pada PC dengan menggunakan *software* plx-daq atau *Excel data streamer* dikelola dengan menggunakan *deep learning model* dengan metode *Deep Neural Network* (DNN).

### **3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak**

#### **a. Perancangan pada sistem**

Perancangan sistem ini menjelaskan proses yang ada dalam sistem dimana sistem tersebut mulai dari pendeteksian logam, kemudian pengumpulan data pada *Excel* dan data dari *excel* ini yang dikelola melalui DNN dengan menggunakan

*Scikit-learn*. Flowchart pada rancangan ini diperlihatkan pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3. 5 Flowchart Rancangan Keseluruhan Sistem

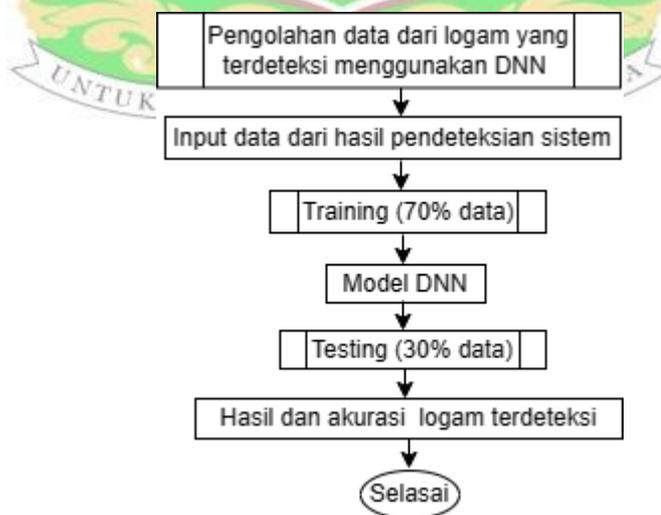
Dalam perancangan perangkat lunak (*Software*) ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan yang pertama yaitu pada awal program dilakukan inisialisasi terhadap sistem. Selanjutnya sensor melaksanakan pembacaan logam. Kemudian, jika differential lebih besar dari -10 ( $\text{diff} > -10$ ) maka tidak mendapatkan onde atau vibrasi atau konduktivitas dari logam yang mendekati pada sensor sehingga tidak terdeteksi adanya logam (**belum ada logam**) dan kondisi pemrosesan kembali dalam pembacaan awal sehingga proses pendeteksi logam harus diulang dari awal lagi. Selanjutnya, jika sensor mendeteksi adanya logam dengan ketentuan dari  $\text{diff} < (-10)$  maka sensor mendeteksi keberadaan suatu konduktivitas dari logam tersebut sehingga LCD memberikan notifikasi berupa tulisan “**terdeteksi logam**”, buzzer memberikan suara alarm berbunyi, dan LED menyala lebih terang.

Kemudian, hasil dari pendeteksian logam tersebut tertampil pada PC yaitu dalam *plx-daq* atau juga disebut *Excel data streamer* dimana data yang dimunculkan adalah termasuk berikut ini: waktu (*time*), *Value* (*val*), *reference* (*ref*), *difference* (*diff*), nilai rata-rata (*mean*), *root mean square* (*rms*), nilai minimum (*min*), nilai maksimum (*max*), nilai dari 25%, nilai dari 50%, nilai dari 75%, *standard deviasi* (*stDev*), dimana dibutuhkan dalam pengolahan data oleh DNN untuk setiap logam.

Pada perancangan data hasil dari logam dimana data signal hasil yang telah didapatkan pada software tersebut dikelola menggunakan *deep learning model* dengan metode *Deep Neural Network* (DNN) dimana DNN diprogramkan melalui *google colab* dengan library *Scikit-learn* untuk mengolah data dari logam yang terdeteksi oleh sistem termasuk logam *nickel*, *platinum*, *aluminum*, *besi*, *silver* dan *copper* dimana *Scikit-learn* disini menggunakan bahasa pemrograman *python*, baru tugas pemrosesan dari input sampai output tersebut selesai.

#### b. Proses pengolahan data dari logam dengan DNN

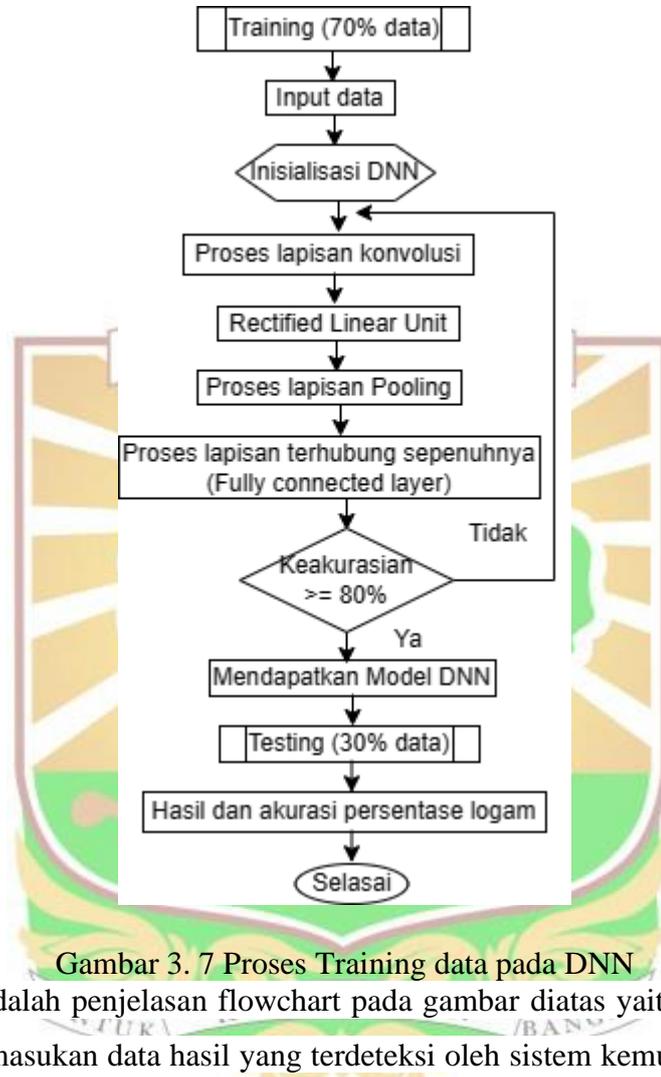
Pada proses tahapan kedua ini, dari pengenalan data logam yang telah terdeteksi oleh sistem sehingga didapatkan pengoperasian data dari logam tersebut dengan menggunakan proses pada DNN. Gambar 3.5 menunjukkan proses tersebut.



Gambar 3. 6 Proses pengolahan data dari logam dengan DNN

### Tahapan Training

Tahapan pada proses pengolahan data logam dapat dilanjutkan melalui gambar 3.6:



Gambar 3. 7 Proses Training data pada DNN

Berikut adalah penjelasan flowchart pada gambar diatas yaitu, pada awalnya mulai dari pemasukan data hasil yang terdeteksi oleh sistem kemudian melakukan inisialisasi parameter untuk DNN untuk melakukan pemulaian pemrosesan pada data yang telah diinputkan. Selanjutnya masuk dalam feature *extraction* atau dapat disebut dengan *proses training* dengan 70% data hasil dari sistem dimana data tersebut diproses sebagai berikut ini mulai dari proses lapisan konvolusi dimana disini yang menempatkan data input dari awal melalui serangkaian dari beberapa filter konvolusi untuk melakukan operasi konvolusi dan ekstraksi data dari hasil data logam yang terdeteksi. Kemudian, proses berikutnya adalah *rectified linear unit* dimana disini untuk melakukan operasi pada elemen data yang dapati dari

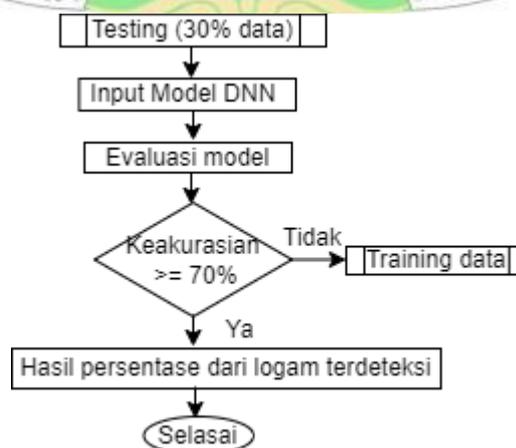
proses sebelumnya. Pada tahap ini, aktivasi dilakukan karena hanya fitur-fitur yang diaktifkan yang diteruskan ke lapisan berikutnya.

Selanjutnya masuk dalam proses lapisan *pooling* dimana disini data fitur yang diperbaiki selanjutnya dimasukkan ke dalam lapisan penyatuan dan dilakukan operasi *down-sampling* yang mengurangi dimensi pada data fitur dan dalam rangka menyederhanakan output, dilakukan proses downsampling non-linear untuk mengurangi jumlah parameter yang perlu diproses dalam data tersebut. Kemudian, dilakukan lapisan terhubung sepenuhnya untuk mengolah data yang didapat pada proses sebelumnya. Kemudian masuk dalam tahapan keakurasian dimana yang diambil adalah akurasi lebih besar atau sama dengan 80% ( $\geq 80\%$ ) jika belum mencukupi maka dilakukan pemrosesan awal untuk mencari model yang memiliki keakurasian sesuai target. Setelah pemrosesan training selesai mendapatkan model DNN. Kemudian, masuk dalam proses *testing* dengan menggunakan 30% data untuk diuji dari model.

Yang terakhir adalah output hasil dari pemisahan data dan pengolahan data yang keluar pada output dengan memberikan hasil persentase logam yang bergantung pada data yang telah diinputkan pada awal pemrosesan pada DNN tersebut dimana hasil persentase logam yang terdapat adalah logam termasuk logam nikel, platinum, besi, aluminum, silver, dan copper.

### **Tahapan Testing**

Kemudian masuk dalam tahapan proses testing dimana berikut adalah ilustrasi yang dapat ditemukan pada Gambar 3.7 yang terlampir:

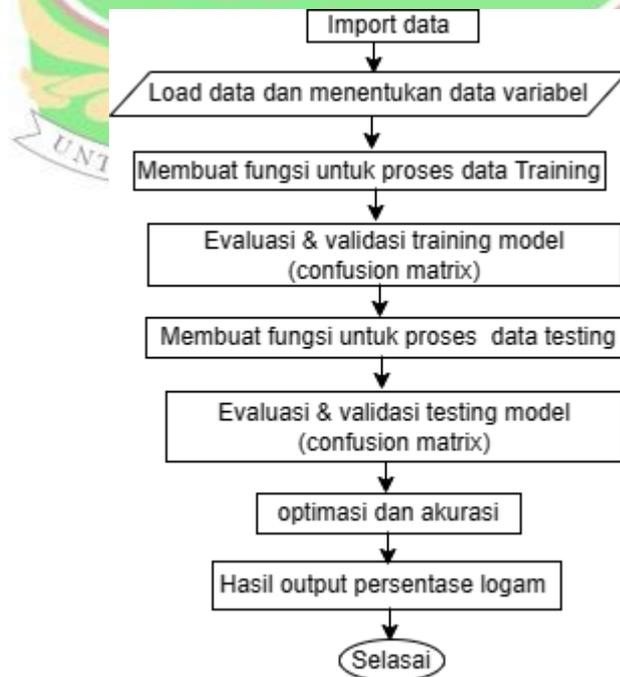


Gambar 3. 8 Proses Testing data pada DNN

Pada tahapan *testing* atau uji ini, setelah mendapatkan model DNN maka model tersebut dievaluasi dan setelah dievaluasi didapatkan keakurasianya dimana jika akurasi kurang dari 70% maka melaksanakan proses training data dari awal, jika akurasi lebih dari 70% maka ambil data tersebut sebagai referensi keakurasian data hasil terakhir karena penetapan model ini sudah diakurasi pada model training baru masuk dalam tahapan testing sehingga persentase yang diambil adalah tidak tinggi lagi dimana didapatkan dengan hasil persentase logam yang terdeteksi.

### c. Perancangan DNN pada Scikit-learn

Pada pemrosesan data ini, disini menggunakan Scikit-learn sebagai library untuk mengimplementasikan data DNN pada google colaboratory dimana pengimplementasian arsitektur *Deep Neural Network* sederhana Penerapan sistem ini menggunakan bahasa pemrograman Python dan menggunakan library Scikit-learn untuk pembelajaran mendalam. Kemudian disini menggunakan google colaboratory untuk melaksanakan pemrograman dari data yang ingin dikelolah. Gambar 3.8 dibawah ini menunjukkan flowchart pengimplementasian DNN dengan menggunakan Scikit-learn untuk mendapatkan hasil persentase logam yang dicapai.



### Gambar 3. 9 Flowchart Rancangan DNN dengan Scikit-learn

Disini seperti pada gambar diatas, tahap yang dilakukan awal adalah mengimportkan data dan memanggil data dan melaksanakan loading data untuk pemanggilan awal dari training, testing dan validasi yang diproseskan dalam tahap pemrograman data tersebut. Dilakukan juga penetapan variabel untuk menetapkan variabel data yang digunakan.

Kemudian setiap tahap proses DNN diberikan fungsi yaitu membuat proses fungsi untuk training data, membuat fungsi untuk model DNN dengan evaluasi, validasi untuk model training agar dapat matrik kelolahan logam serta confusion matrix pada proses training. Kemudian membuat fungsi untuk proses data testing dan setelah itu dilakukan juga evaluasi, dan validasi tesing model tersebut untuk mendapatkan matrik kelolahan logam dari testing serta confusion matrix sehingga mendapatkan optimisasi serta akurasi dari logam. Kemudian mendapatkan hasil persentase logam yang terdeteksi.

### 3.5 Rencana Pengujian

Rencana pengujian ini merinci langkah-langkah tindakan yang perlu dilakukan serta data yang perlu dikumpulkan dari perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem secara keseluruhan setelah sistem selesai diimplementasikan. Kemudian disini juga berisi tindakan dan proses yang dilakukan untuk mendapatkan pembuktian dari tujuan sistem yang dibangun. Selain itu juga untuk melakukan pengujian tingkat kesuksesan dan keakuratan sistem secara keseluruhan.

#### 3.5.1 Pengujian Perangkat Keras

Sistem pendeteksi logam (metal detektor) ini terdiri dari beberapa komponen perangkat keras, seperti sensor logam atau disebut juga koil kumparan kawat, Arduino UNO, LED, *Buzzer*, Modul Step Down LM2596, Kapasitor, Resistor, Dioda, LCD, Push Button, Baterai 3x3.7V, dan PC/Laptop. Pada tabel dibawah ini dijelaskan rencana pengujian untuk bagian komponen yang paling mendasari fungsionalitas dari perangkat keras tersebut. Rencana pengujian komponen perangkat keras dapat diperlihatkan pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Perangkat Keras

No	Komponen	Rencana pengujian	Target
1.	Koil (Kumparan kawat/sensor logam)	Menguji: - Catu daya rangkaian sistem - tingkat sensitivitas ( $70\% \leq x$ ) - tingkat akurasi (Keberhasilan, $70\% \leq x$ ), - jarak logam terhadap sensor - Perbandingan hasil kemampuan sistem dengan sistem lain yang sudah ada.	Dapat mencapai mendeteksi logam dengan akurat dan dengan jarak yang jauh dengan kisaran lebih dari 10 cm.

Berikut adalah penjelasan dalam rencana pengujian diatas dengan sebagai berikut:

**a. Proses perhitungan akurasi (keberhasilan)**

Tabel 3. 5 Contoh sampel perhitungan akurasi sensor

Percobaan ke -	Logam Sampel	Jarak terdeteksi sensor (cm)	Berat logam (ringan/kecil/besar) (g-kg)	Hasil pendeteksian (Ya/tidak)
(1 – 10)	Masing-masing logam	(0cm-20cm)	-	-

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{\text{Percobaan yang berhasil}}{\text{Banyak percobaan}} \times 100\%$$

Pada pengujian akurasi sensor ini mengambil beberapa sampel sampai percobaan ke-10 pada setiap logam dengan mengukur jarak logam terhadap sensor dimana logam tersebut mempengaruhi konduktivitasnya yang dideteksi oleh sistem tergantung pada bentuk atau berat logam tersebut sehingga dapat disimpulkan hasil dari keberhasilan sensor tersebut berdasarkan percobaan yang berhasil dan banyak percobaan yang dilakukan.

**b. Proses perhitungan jarak logam terhadap sensor**

Tabel 3. 6 Contoh sampel perhitungan jarak logam

Percobaan ke-	Sampel Logam	Jarak sebenarnya (cm)	Jarak terdeteksi (cm)	selisih	Error %
(1 – 10)	Masing-masing Logam	(0 – 20)	-	-	-
Rata-rata error					-

$$\text{Persentase rata – rata error} = \frac{\sum (\text{error})}{\text{Jumlah data}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah percobaan}} \times 100\%$$

Pada perhitungan jarak logam ini melakukan sampel percobaan 10 kali pada masing-masing logam dengan memberikan kisaran jarak pendeteksi sebenarnya dengan kisaran 0 cm sampai 20 cm. Kemudian cara pelatihannya dengan melihat jarak terdeteksi logam oleh sistem dengan menggunakan alat pengukur jarak seperti ruler atau alat yang biasanya dipakai untuk mengukur jarak, setelah itu mencatat secara manual jarak yang terdeteksi tersebut. Kemudian, melihat juga selisih dari kisaran jarak yang sebenarnya dengan jarak yang terdeteksi dan melihat jika error terjadi pada pengukur jarak tersebut, baru mendapatkan hasil keakuratan jaraknya dengan rumus yang diatas.

**c. Proses perhitungan sensitivitas (kepekaan)**

Tabel 3. 7 Contoh sampel perhitungan sensitivitas sensor

Sampel	Spesifikasi tingkat sensitivitas (mm)	Tegangan sistem (Volt)	Diameter Putaran (cm)	Jumlah total putaran (turns)	Yang dapat dideteksi dalam orientasi terdekat pada semua logam		
					0.5 cm	1 cm	+3cm
1-4							

Sensitivitas adalah ukuran kemampuan detektor logam untuk mendeteksi dan ukuran kontaminan logam tertentu dimana sensitivitas sebagai perubahan terkecil dari sinyal input yang dapat dideteksi berdasarkan diameter putaran dan biasanya diukur dalam mm. Disini pencarian sensitivitas yang tinggi adalah dengan meletakkan data yang telah diuji pada tabel diatas.

**3.5.2 Pengujian Perangkat Lunak**

Dalam pengujian ini menggunakan *software* Arduino IDE sebagai pemrograman data dari Arduino dan data streamer Excel sebagai media pengiriman dan menyimpan data hasil dari pendeteksi logam, kemudian menggunakan *deep learning* dengan metode DNN juga dimana menggunakan library scikit learn untuk diprogramkan pada google colaboratory. Pada tabel 3.8 dibawah ini dijelaskan rencana pengujian dari *software* yang digunakan:

Tabel 3. 8 Rancangan Penguji Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Rencana Pengujian	Tujuan
1.	Program		Mendapatkan hasil yang

	Arduino IDE	-Spesifikasi umum program arduino -Respon time dari program -Penggunaan memory pada program Arduino	diinginkan untuk program Arduino, dan dapat mengetahui kecepatan, respon time serta memory yang digunakan pada program tersebut untuk menghasilkan sistem yang efisien.
2.	Deep learning (DNN)	Tingkat keakurasian ( $80 \leq x$ training data)	menghasilkan hasil persentase logam terdeteksi menggunakan metode DNN termasuk logam nickel, platinum, aluminum, besi, silver, copper dan no_metal

**a. Rencana Pengujian Model DNN**

Pengujian model DNN dilakukan untuk menguji tingkat kinerja atau performa dari pelatihan model dan menguji tingkat akurasi. Metode pengujian model dilakukan dengan menjalankan model weights DNN pada dataset uji sebagai parameter jaringan yang dipelajari selama proses pelatihan. Weights secara iteratif berdasarkan data pelatihan dan fungsi kerugian yang terkait. Fungsi kerugian mengukur seberapa jauh prediksi model dari nilai target aktual. Proses optimasi berusaha meminimalkan kerugian ini dengan menemukan nilai optimal untuk bobot yang paling sesuai dengan data pelatihan. Pengujian. Disini tingkat akurasi dilakukan melalui perhitungan mAP (mean Average Precisions). Untuk pengujian performa model, digunakan metode ground truth melalui observasi hasil deteksi model pada gambar uji untuk mengukur tingkat kesalahan deteksi. Dalam menghitung akurasi, terdapat tiga rumus yang umum digunakan, yaitu Akurasi, Presisi, dan Recall.

Tabel 3. 9 Pengujian performa deteksi dengan metode confusion matrix

		Actual class						
		Aluminum	Copper	Iron	Nickel	No_metal	Platinum	Silver
PR ED DI CT IO N Class	Aluminum	TP	FP	FP	FP	FP	FP	FP
	Copper	FN	TN	FP	FP	FP	FP	FP
	Iron	FN	FN	TP	FP	FP	FP	FP
	Nickel	FN	FN	FN	TN	FP	FP	FP
	No_metal	FN	FN	FN	FN	TN	FP	FP
	Platinum	FN	FN	FN	FN	FN	TP	FP
	Silver	FN	FN	FN	FN	FN	FN	TN

TP: True Positive  
 TN: True Negative  
 FP: False Positif  
 FN: False Negative

**b. Skenario Pengujian DNN**

Skenario pengujian model meliputi pengujian untuk mengukur tingkat kinerja dan akurasi model. Tabel 3.10 Menjelaskan tentang skenario pengujian untuk mengukur tingkat performa dan akurasi model.

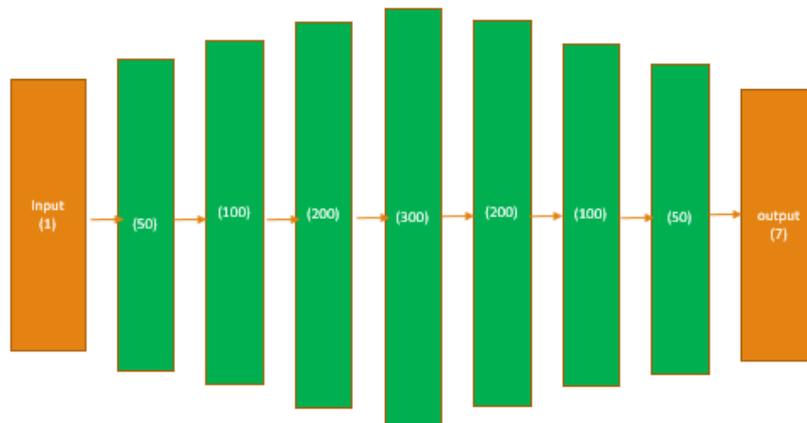
Tabel 3. 10 Skenario pengujian tingkat performa dan akurasi model DNN

No	Fungsi Sistem	Rencana Pengujian	Indikator Keberhasilan
1.	Performa pengolahan data logam	Melakukan pengukuran tingkat performa deteksi menggunakan confusion matrix. Tingkat performa model dinilai dari persentase kebenaran hasil prediksi (tingkat presisi).	Persentase kebenaran hasil prediksi
2.	Akurasi	Akurasi Melakukan perhitungan rata-rata mAP (mean Average Precisions).	Persentase hasil mAP DNN

Tabel 3. 11 Pengambilan data untuk mengukur akurasi pada DNN

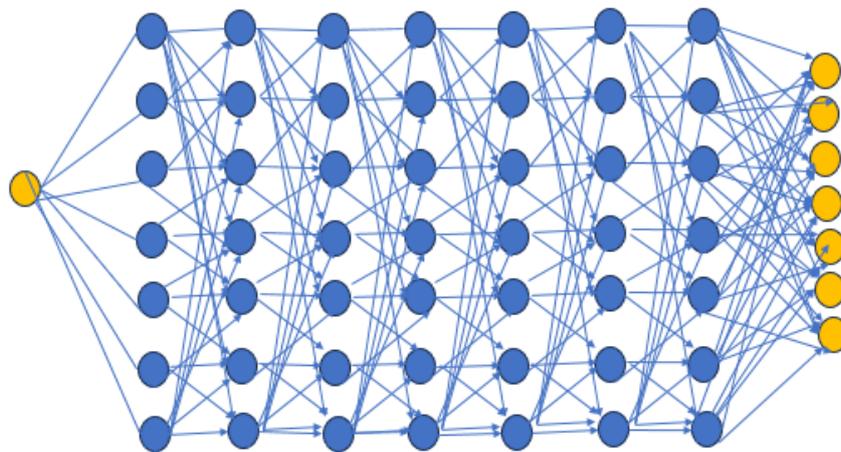
No.	Logam	Jumlah data uji
(1 – 7)	Masing-masing logam	17000
	Total	2.500x7

Data yang direpresentasikan pada tabel ini menunjukkan pembagian data dan pengujian yang didapat pada hasil model nanti dimana disini masing-masing logam memiliki jumlah 2.500 data dan diteliti untuk melihat data hasil yang benar dan data hasil yang salah sesuai dengan rumus yang diatas dapat menghasilkan keakurasian yang ingin dicapai nanti.



Gambar 3. 10 Tampilan pembagian layer dalam proses DNN [25]

Pada penelitian ini berikut adalah perhitungan layer yang akan digunakan yaitu menggunakan 1 input layer, 7 dan 9 hidden layer, dan 7 output hasil yaitu: nikel, besi, aluminum, platinum, silver, copper, dan no\_metal.



Gambar 3. 11 Tampilan Neural network pada DNN

### 3.5.3 Rencana Pengujian Fungsional Sistem

Setelah dilakukan pengujian perangkat keras dibutuhkan pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui kelancaran dan berjalanya system yang ditunjukkan dalam penelitian ini agar tercapai. Tabel 3.11 menjelaskan bentuk pengujian sistem secara keseluruhan.

Tabel 3. 12 Pengujian secara keseluruhan

No	Parameter Pengujian	Rencana Pengujian	Indikator Keberhasilan
----	---------------------	-------------------	------------------------

1	Kinerja sistem dalam mendeteksi logam	Sistem dapat mendeteksi logam berdasarkan diameter koil, putaran koil, ketebalan koil, dan sensitivitas yang dimiliki oleh sensor logam.	Berhasil mendeteksi keberadaan logam sesuai dengan kondisi yang ada pada sensor logam.
2	Performa sistem dalam pendeteksian logam secara real time	Mengukur tingkat sensitivitas dan jarak maksimal ketika melakukan pendeteksian logam.	Mendapatkan hasil pengukuran dengan sensitivitas dan jarak yang akurat dengan kisaran lebih dari 10 cm secara real time.
3	Pengolahan data logam berdasarkan data hasil dari sistem.	Menguji sistem untuk menentukan hasil persentase logam yang terdeteksi.	Sistem dapat menentukan hasil persentase logam berdasarkan data logam yang dikelola pada DNN termasuk logam nickel, platinum, aluminium, besi, silver, copper, dan no_metal
4	Pengujian sistem secara keseluruhan	Menjalankan seluruh fungsi komponen yang ada pada sistem (Sensor, LED, Buzzer, PC, LCD, data Excel dan DNN, sensor)	Mendapatkan hasil deteksi yang efisien dan akurat.

### 3.6 Analisis Kebutuhan Penelitian

Berikut adalah rincian kebutuhan yang diperlukan dalam sistem yang dirancang, yang mencakup kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, dan kebutuhan data. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan dalam Tabel 3.12 yang terlampir:

Tabel 3. 13 Kebutuhan Penelitian

Perangkat Keras	Perangkat Lunak
Personal Komputer (PC)	Excel, <i>Deep Learning</i> (data DNN)
Arduino UNO Atmega328	Arduino IDE
Buzzer	
LED	
Kapasitor, Resistor, Dioda, koil kawat, Modul Step Down LM2596	

## BAB IV

### IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

#### 4.1 Implementasi

Langkah pengimplementasian dari sistem pendeteksi logam berbasis mikrokontroler menggunakan metode *Deep Neural Network* (DNN) ini menjadi tiga bagian, yaitu tahapan pembuatan bentuk fisik dari sistem atau implementasi hardware, tahapan dalam membuat program sistem atau implementasi software dan tahapan pembuktian apakah sistem dapat bekerja dengan baik atau implementasi sistem secara keseluruhan.

##### 4.1.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dibuat dengan tujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat dijalankan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah diinginkan. Sistem pendeteksi logam dengan menggunakan metode *Deep Neural Network* (DNN) berbasis mikrokontroler ini memiliki fungsi utama untuk mendeteksi keberadaan logam termasuk logam nickel, silver, platinum, besi, aluminum, dan copper dimana pendeteksian tersebut dilakukan oleh sensor tembaga yang dibantu oleh komponen tambahan pendukung yaitu resistor, kapasitor dan diode serta komponen lainnya agar pencapaian pendeteksian lebih dalam dan lebih dapat mendeteksi dengan jarak yang panjang. Kemudian dari bagian dalam pendeteksian logam tersebut pengguna mendapatkan alarm berbunyi dari buzzer untuk memudahkan dalam pengetahuan terdeteksinya logam dalam sebuah tempat. Tidak hanya itu tapi LED juga membantu pengguna untuk menyala jika terdapat terdeteksi logam dalam tempat tersebut sehingga pengguna lebih mudah dan lebih efektif menggunakan sistem yang telah dibikin ini. Kemudian LCD juga memberikan pengetahuan bagi pengguna dalam pendeteksian logam tersebut. Jadi semua notifikasi tersebut dapat dilaksanakan agar memberikan kemudahan dan sistem yang tepat digunakan agar mencapai tujuan yang lebih tepat.

Implementasi perangkat keras terdiri atas pelataan komponen serta sensor yang dibuat khusus dari koil tembaga seperti yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Pengimplementasian perangkat keras terbagi dua yakni implementasi

perangkat keras sensor koil tembaga dan implementasi perangkat keras secara keseluruhan komponen gabungan dengan mikrokontroler.

Implementasi perangkat lunak diimplementasikan menggunakan program Arduino untuk memproses pendeteksian data yang telah dioperasikan dari mikrokontroler melalui Arduino tersebut. Kemudian menggunakan google colab dengan library dari scikit-learn untuk menganalisis data yang terdapat pada pendeteksian logam pada tahap sebelumnya tersebut dimana data ini nanti dikelola untuk mengukur keakuratan logam yang didapat melalui proses metode DNN, agar dapat memenuhi dan memberikan hasil persentase dari logam yang didapat pada tahapan DNN tersebut. Tujuan disini adalah agar mengetahui berapa keakuratan persentase logam yang terdeteksi.

#### **4.1.2 Implementasi Perangkat Keras**

Implementasi perangkat keras terdiri dari dua bagian utama, yaitu implementasi sensor koil tembaga dan implementasi keseluruhan sistem dengan menggunakan mikrokontroler. Sistem pendeteksi logam ini menggunakan beberapa komponen perangkat keras yaitu Arduino UNO Atmega328, Modul Step Down LM2596, Buzzer, LED, LCD, Koil kawat (kapasitor, resistor, dioda), Buzzer dan komponen pendukung lainnya. Jadi disini sensor dari koil kawat membaca konduktivitas yang dimiliki oleh logam yang dicari. Kemudian mikrokontroler mengontrol dan mengoperasikan data yang terdeteksi dan LED menyala, Buzzer memberikan notifikasi sebagai bunyi terdeteksinya logam. Setelah itu data data yang didapat dari pendeteksian dari logam digunakan dalam (*Deep Neural Network*) DNN. Pada gambar di bahwa ini merupakan Implementasi dari perangkat keras.

##### **a. Pembuatan Sensor Koil Tembaga**

Disini beberapa koil tembaga yang dipilih untuk merancang sensor pendeteksi logam dengan berbeda beda tebal pada koil tembaga tersebut. Koil tembaga tersebut dibentuk secara konsentris dan memiliki fungsi sebagai receiver dan transmitter medan magnet yang telah dipancarkan pada logam yang dicari sehingga dapat memudahkan dalam pendeteksian logam tersebut oleh sistem.

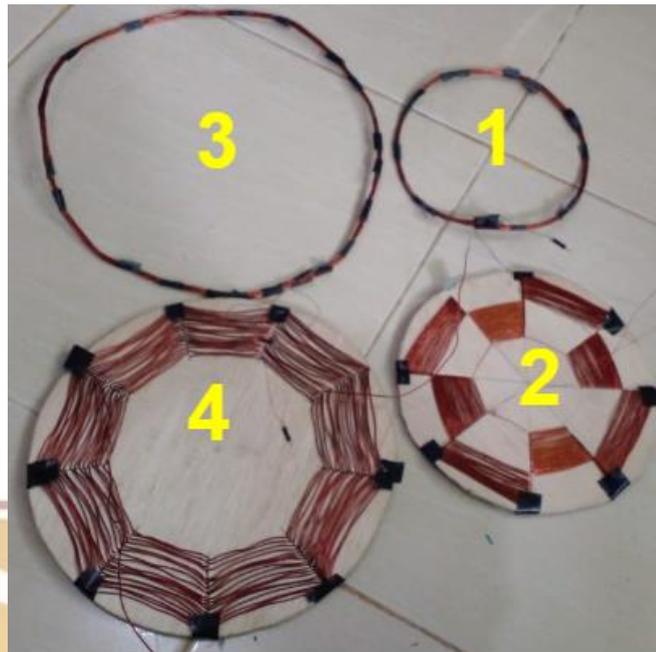
Berikut adalah tampilan sensor yang dibuat untuk dipilih mana yang lebih dapat mendeteksi dengan baik maka itu yang dipilih untuk keseluruhan sistem.



Gambar 4. 1 Proses tahap pembuatan sensor pendeteksi logam



Gambar 4. 2 Tampilan jenis logam sebagai sampel untuk sistem



Gambar 4. 3 Bentuk koil kawat setelah dibuat

Disini untuk menghitung induktansi dengan mengkuadratkan N dan D. Kemudian kalikan kuadrat dan bagi hasilnya dengan  $(18D + 40L)$ . Ini memberi induktansi dalam microhenrys. Ada satu juta microhenrys di henry. Rumusnya adalah:

Mikro henry induktansi dalam kumparan =  $(N^2) (D^2)/(18D + 40L)$  di mana "N" sama dengan jumlah putaran dalam kumparan, "D" sama dengan diameter kumparan dan "L" sama dengan panjang kumparan. Kemudian untuk mendapatkan Resistansi, dan Capacitance cukup menggunakan multimeter dan juga ada aplikasi dari playstore yaitu *coil calculator* dimana tujuan dari semuanya ini adalah agar mengetahui berapa kuat sensor tersebut dapat memberikan pendeteksian yang lebih bagus disaat digabungkan dengan komponen secara keseluruhan.

Tabel 4. 1 Representasi detail spesifikasi koil sensor sistem

Jumlah sampel	Ketebalan koil (mm)	Diameter Pada putaran (cm)	Resistansi (Ohm)	Jumlah total Putaran ( <i>turns</i> )	Capacitance (nF)	Panjang total koil (m)	Inductance (mH)
1	0.5	18	5.8	30	1.94	3	0.65675
2	0.5	20	11.3	170	4.26	11	14.45
3	0.5	30	7.8	50	2.63	4.5	3.125

4	1.5	25	1.3	18	6.07	3.5	0.34322
---	-----	----	-----	----	------	-----	---------

$$I = (N^2)(D^2)/(18D + 40L)$$

$$I = (30^2) (18^2)/ (18 \times 18 + 40 \times 3)$$

$$I = 656.75 \text{ H}$$

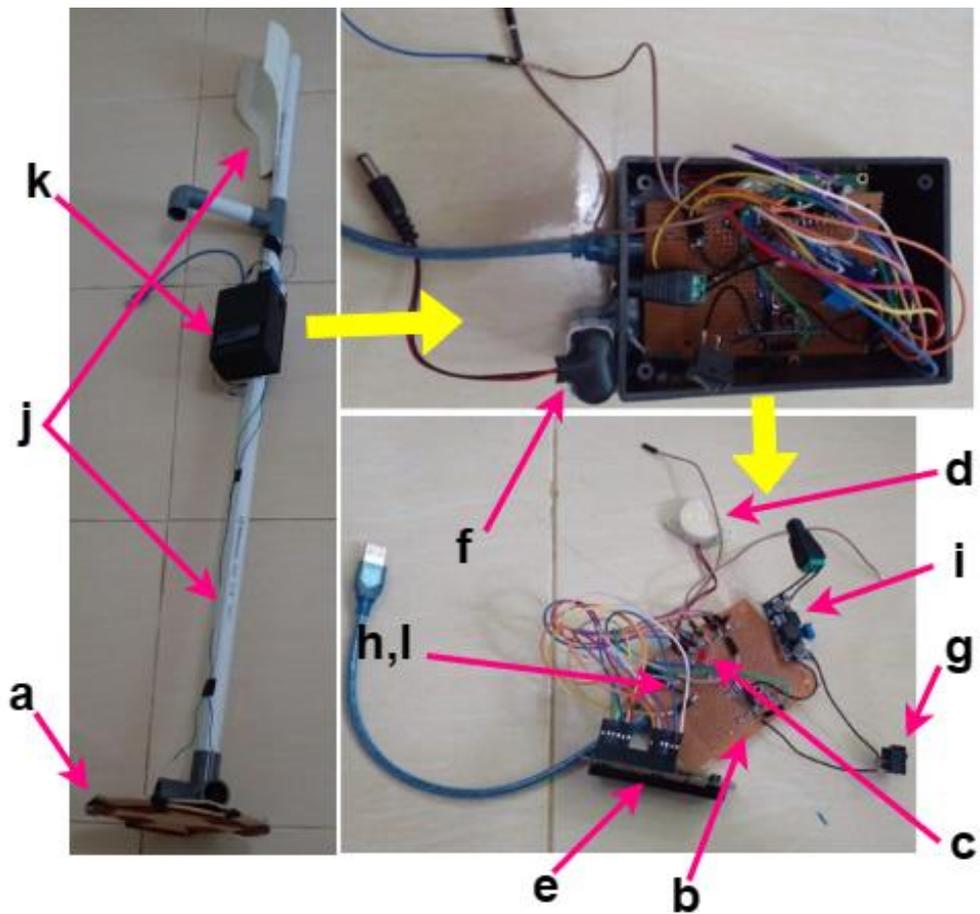
Pada perhitungan ini butuh beberapa alat yang digunakan yaitu multimeter digital dan coil calculator untuk mengukur beberapa parameter nilai yang dibutuhkan termasuk range voltage sensor yang inductance, resistance yang dihasilkan oleh sensor. Juga membutuhkan ketebalan sensor, jumlah putaran koil, serta diameter dimana koil diputarin secara lingkaran karena semuanya ini mempengaruhi pada sensitivitas oleh sensor.

Pada spesifikasi sensor koil tembaga yang digunakan disini adalah menggunakan koil tembaga dengan tebal 0.5mm dan 1.5mm dengan jenis putarannya masing masing pada lingkaran bulat yang telah dibuat. Disini perhitungan pada masing masing nilai unit tersebut menggunakan multimeter, mesin kalkulator, coil calculator online serta penggunaan rumus yang diatas sehingga dapat nilai masing-masing seperti pada tabel diatas.



### b. Pembuatan Secara Keseluruhan

Setelah dari pengimplementasian sensor koil tembaga maka dilanjutkan dengan pembuatan pengimplementasian secara keseluruhan dimana berikut adalah komponen yang mendasari dan merangkum semua komponen dalam sistem pendeteksi logam ini. Berikut adalah gambar menampilkan sistem dalam implementasi secara keseluruhan.



Gambar 4. 4 Implementasi Perangkat Keras



Gambar 4. 5 Tampilan pegangan posisi alat

Keterangan dari sistem pendeteksi logam tersebut adalah dengan sebagai berikut ini:

- a) Sensor logam koil kawat digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam pada suatu tempat dimana berfungsi sebagai trasmitter dan receiver elektromagnetik untuk mendeteksi logam melalui konduktivitas dari logam tersebut,
- b) Arduino UNO Atmega328 berfungsi untuk mengoperasikan data dari sensor logam dan mengoperasikan seluruh komponen dalam sistem agar dapat memberikan hasil output yang diinginkan.
- c) LED berfungsi untuk memberikan cahanya menyala sebagai notifikasi disaat terdeteksi logam sehingga memudahkan pemberitahuan notifikasi alarm bagi pengguna disaat terdeteksi logam yang dicari.

- d) Buzzer berfungsi sebagai alarm disaat terdeteksi logam sehingga dapat berbunyi dalam kondisi terdeteksi logam tersebut.
- e) LCD untuk menampilkan data hasil secara sederhana disaat terdeteksi logam dimana tulisan terdeteksi logam muncul pada saat tidak ada gangguan dari logam lainnya tetapi langsung dari logam sendiri yang terdeteksi.
- f) Baterai 3x3.7V berfungsi sebagai sumber daya untuk sistem dalam keadaan mencari logam pada tempat yang jauh.
- g) Toggle switch On-Off adalah jenis sakelar yang beroperasi dengan mengangkat atau menurunkan tuas toggle. Fungsinya adalah untuk mengaktifkan atau mematikan aliran listrik pada sistem pendeteksi logam. Dengan sakelar ini, pengguna dapat mengontrol status listrik sistem, yakni menyalakan atau mematikan perangkat pendeteksi logam.
- h) Komponen dasar yaitu resistor, dioda, kapasitor yang menempel di PCB dimana digunakan untuk menstabilisasikan arus listrik dan tegangan serta mensimulasikan aliran listrik yang berjalan dalam sistem.
- i) Modul Step Down LM2596 merupakan sebuah perangkat yang berfungsi sebagai penurun tegangan. Output tegangannya dapat diatur melalui penggunaan multiturn potensiometer. Salah satu keunggulan dari modul step down LM2596 adalah kemampuannya untuk menjaga tegangan output tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi tegangan input. Fungsi dari transformator step down pada modul ini adalah untuk mengubah tegangan tinggi dengan arus rendah menjadi tegangan rendah dengan arus tinggi. Fungsi utama transformator step down tersebut adalah menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya dengan kebutuhan perangkat elektronik pada sistem yang digunakan.
- j) Pipa digunakan sebagai alat untuk memudahkan dalam cara pegangan alat yang dibuat. pipa dengan spesifikasi AW 3/4" warna putih dengan panjangnya sekitar antara 130 cm yang digunakan disini.
- k) Box hitam digunakan untuk menyimpan seluruh komponen agar dapat dipakai dengan rapi dan tidak berantakan.

- l) Printed Circuit Board (PCB) adalah sebuah papan yang memiliki fungsi sebagai tempat untuk menyatukan dan menghubungkan komponen-komponen elektronika dalam sebuah sistem. PCB ini terbuat dari bahan isolasi seperti fiberglass yang dilapisi dengan lapisan tembaga.
- m) PC digunakan untuk menampilkan dan menyimpan semua kumpulan data yang didapat dari logam yang terdeteksi dan data hasil tersebut dikelola melalui metode Deep Neural Network (DNN).

#### **4.1.3 Implementasi Perangkat Lunak**

##### **a. Firmware program Arduino Uno**

Program yang mengatur sistem dirancang menggunakan Arduino IDE. Setelah program selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikannya pada mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler ini menjadi tempat program dijalankan dan mengendalikan berbagai komponen perangkat keras yang terhubung ke dalam sistem. Dengan menggunakan Arduino IDE dan mikrokontroler Arduino Uno, sistem dapat dikendalikan dan beroperasi sesuai dengan program yang telah dirancang sebelumnya dimana data dari pendeteksian logam didapat untuk dianalisis menggunakan DNN.

Setiap tahap dalam program Arduino ini adalah memiliki fungsinya masing-masing dimana data disimulasikan dan dioperasikan oleh mikrokontroler dengan setiap masing-masing coding yang telah diprogramkan baik itu pada LED, pada Buzzer, sensor dan juga seluruh komponen dasar pada sistem. Sehingga dapat memberikan hasil pendeteksian data. Jadi implementasi firmware program Arduino dibuat dengan baris program yang berisi fungsi-fungsi program di setiap komponen serta rumus yang digunakan untuk mendapatkan data dari pendeteksian logam. Pengiriman data dilakukan dan output dikeluarkan pada setiap komponen termasuk buzzer, LED, LCD dan sensor yang mendeteksi logam sebagai input. Berikut adalah data yang terbaca dan didapikannya dari program firmware Arduino terhadap logam yang dicari.



colaboratory. Kemudian mengupload file dan membagikan file data tersebut pada bagian X dan Y untuk menentukan nilai tertentu yang digunakan. Pada tahapan berikutnya diprint data dari pendeteksian logam, dan menentukan class data yang terdeteksi dari input yang dimasukkan pada tahapan DNN. Kemudian dilakukan pengolahan jumlah data yang didapat pada setiap masing masing logam sampel. Dilakukan korelasi pada setiap barisan data dari class variabel dan input yang digunakan.

Pengecekan data nilai dilakukan untuk mengetahui jika ada error dalamnya atau tidak. Setelah itu dieksekusikan agar mendapatkan berapa error yang telah didapat dari data yang telah diinputkan. Kemudian pemisahan dataset untuk melaksanakan data training dan data testing. Disini menggunakan multiple layer pada pengolahan model untuk model training dengan membagikan 7 hidden layer dengan aktivasi fungsi yang berbeda yang digunakan yaitu “tanh”, “adam” Fungsi aktivasi sendiri berfungsi sebagai mengaktifkan neural network dalam data yang telah diinputkan pada model training dan testing untuk melanjutkan pemrosesan berikutnya. Setelah itu didapat setiap iterasi pada tahapan model training. Kemudian setelah disimpan dilakukan juga evaluasi untuk mendapatkan keakurasian dari training data tersebut.

Kemudian dikelolahkan keakurasian data yang didapat untuk memberitahu berapa persentase hasil dari logam yang terdeteksi.

Kemudian dilakukan confusion matrix dimana untuk mengukur recall, presisi, akurasi, dan kurva AUC-ROC karena ini adalah cara sistematis untuk mengalokasikan prediksi ke kelas-kelas asli tempat data tersebut berasal. Setelah itu dilanjutkan dengan mengvalidasikan hasil dari keakurasian tersebut. Kemudian dilakukan juga prediksi dari model test dengan mencari keakurasiannya pada setiap sampel logam dan mengetahui juga confusion matrixnya sesuai dengan data yang telah didapat pada tahap sebelumnya. Pada tahapan terakhir ini adalah melihat loss kurva dan iterasi yang telah dihasilkan.

#### **4.2 Pengujian dan Analisis**

Pada tahap pengujian, terdapat tiga tahap yang harus dilakukan, yaitu pengujian terhadap perangkat keras (hardware), pengujian terhadap perangkat

lunak (software), dan pengujian terhadap keseluruhan sistem berdasarkan fungsionalitas dan non-fungsionalitasnya. Melalui tahap analisis sistem, evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem dan memastikan bahwa komponen-komponen bekerja dengan baik dan sistem mencapai tujuan yang diinginkan.

#### 4.2.1 Pengujian dan Analisis Perangkat Keras

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk setiap komponen hardware agar dapat tujuan yang dilakukan dalam penelitian dari rancangan sistem ini tercapai.

##### A. Pengujian koil kawat sensor

##### a. Pengujian catu daya rangkaian sistem

Untuk memastikan kinerja optimal detektor logam, catu daya yang memadai sangat penting. Sensitivitas detektor sangat dipengaruhi oleh catu daya yang digunakan. Pada detektor ini, catu daya terdiri dari dua sumber tegangan yaitu dua baterai 9 volt. Penurunan tegangan pada baterai dapat mengakibatkan penurunan sensitivitas detektor. Tabel berikut ini menunjukkan dampak penurunan tegangan baterai terhadap sensitivitas detektor.

Tabel 4. 3 Tabel pengujian catu daya rangkaian sistem

Pengukuran	Tegangan Baterai (Volt)	Daya Deteksi
1	9 volt	Tidak mencukupi
2	3x3.7 Volt	Baik
3	12 Volt (adaptor)	Baik

Pengukuran tegangan baterai dilakukan ketika detektor dalam keadaan aktif atau dihidupkan. Dari hasil pengujian yang diuji dengan beberapa pengujian yang dilakukan dengan tegangan yang berbeda beda dari baterai yang berbeda, kemudian digunakan saat sistem dalam keadaan hidup dan dapat kita lihat bahwa dengan tegangan 9volt ke bawah tidak bisa mencukupi tegangan dari sistem dan disaat diganti lebih dari nilai tegangan tersebut maka rangkaian dapat dijalani dengan lancar, Sensitivitas detektor ini optimal ketika tegangan baterai berada dalam rentang antara 11,1 Volt hingga 12 Volt.

##### b. Tingkat Sensitivitas Sensor Logam

Sensitivitas adalah ukuran kemampuan detektor logam untuk mendeteksi dan ukuran kontaminan logam tertentu dimana sensitivitas sebagai perubahan terkecil

dari sinyal input yang dapat dideteksi berdasarkan diameter putaran dan biasanya diukur dalam mm.

Tabel 4. 4 Sampel pengecekan sensitivitas sensor

Sampel	Spesifikasi tingkat sensitivitas (mm)	Tegangan Sistem (Volt)	Diameter Putaran (cm)	Jumlah total putaran (turns)	Yang dapat dideteksi dalam orientasi terdekat pada semua logam		
					0.5 cm	1cm	+3cm
1	0.5	11.1	18	30	✓	✓	✓
2	0.5		20	170	✓	✓	✓
3	0.5		30	50	✓	✓	X
4	1.5		25	18	✓	X	X
Total error tidak terdeteksi					3		

$$\text{Persentase error rata - rata} = \frac{\text{jumlah error}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error rata - rata} = \frac{3}{12} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error rata - rata} = 25\%$$

$$\text{Persentase hasil} = \frac{\text{hasil terdeteksi}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = \frac{9}{12} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = 75\%$$

Dapat dilampirkan pada table pengujian diatas dimana pendeteksian sensor logam yang paling akurat adalah dengan spesifikasi tingkat sensitivitas 0.5mm dimana dari sini error rata-rata pada sampel adalah 25% dan dengan keberhasilan pendeteksian dengan 75% sesuai dengan kondisi yang sudah ditetapkan pada sensor logam tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa tingkat sensitivitas sensor logam adalah dengan spesifikasi 0.5mm pada penelitian ini.

Jadi pada penelitian ini dari antara jenis koil pada tabel diatas, yang digunakan untuk sistem ini adalah dengan ketebalan koil 0.5mm dengan jumlah putaran 170 turns dan 30 turns yaitu pada Nomor sampel 1 dan sampel 2 yang digabungkan menjadi satu sensor yang digunakan dalam sistem ini.

### c. Jarak Logam terhadap sensor

Tabel 4. 5 Sampel perhitungan jarak logam

Percobaan ke-	Sampel Logam	Jarak maksimal	Hasil parameter			Error%
			LCD	LED	Buzzer	
1	Platinum	0.10	Terdeteksi	Menyala	Berbunyi	0

2	Silver	0.25	Kurang Terdeteksi	Kurang menyala	Kurang berbunyi	1
3	Aluminum	3.5	Terdeteksi	Menyala	Berbunyi	0
4	Copper	5	Terdeteksi	Menyala	Berbunyi	0
5	Nickel	10	Terdeteksi	Menyala	Berbunyi	0
6	Besi	11	Terdeteksi	Menyala	Berbunyi	0
Rata-rata error						1%

$$\text{Persentase error rata - rata} = \frac{\text{jumlah error}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error rata - rata} = \frac{1}{6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error rata - rata} = 16.66\%$$

Maka dapat disimpulkan bahwa jarak pendeteksian terhadap logam memberikan keakurasian 83.33% dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\text{Persentase hasil} = \frac{\text{hasil terdeteksi}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = \frac{5}{6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = 83.33\%$$

Disini hasil pengujian dari jarak yang terdeteksi oleh sistem adalah dengan ketentuan lebih dari 10 cm dimana disini yang terdeteksi dari jarak tersebut adalah besi. Kemudian dengan rata rata error 16.66% dan persentase keberhasilan adalah 83.33% dimana membuktikan pendeteksian logam dengan akurasi yang tinggi dari logam yang telah disampel kan pada sistem. Perlu diketahui bahwa sistem ini dapat mendeteksi logam dengan jarak tertentu tergantung pada data logam yang didapatkan karena selama percobaan dapat disimpulkan bahwa jika logam dengan ukuran kecil dan ringan maka sistem mendeteksi logam tersebut dengan jarak yang sangat minimum bahkan harus ditempelkan pada sensor logam baru terdeteksi logam tersebut. Sebaliknya jika logam besar, luas, atau berat maka sensor logam mudah dan cepat menangkap medan magnet dari logam tersebut sehingga terdeteksi dengan jarak yang jauh. Jadi ukuran logam sangat mempengaruhi dalam pendeteksian dari sistem.

#### d. Tingkat akurasi Sensor

Tabel 4. 6 Sampel perhitungan akurasi sensor

Percobaan ke -	Logam Sampel	Jarak terdeteksi sensor (cm)	Bentuk dan ukuran logam	Hasil pendeteksian sensor (Ya/tidak/K)
----------------	--------------	------------------------------	-------------------------	--

				urang)
1	Platinum	0	Ringan kecil-	Ya
2		0.05	Ringan kecil	Ya
3		0.10	Ringan kecil	Ya
4	Silver	0	Ringan kecil	Ya
5		0.10	Ringan kecil	Kurang
6		0.25	Ringan kecil	Kurang
7	Aluminum	1	Ringan pendek	Ya
8		3.5	Gabungan ringan	Ya
9		3	Ringan panjang	Ya
10	Copper	1	Ringan tipis	Ya
11		3	Ringan Tipis	Ya
12		5	Ringan tipis	Ya
13	Nickel	10	Ringan tipis luas	Ya
14		9	Ringan tipis luas	Ya
15		6.5	Ringan tipis luas	Ya
16	Besi	11	Ringan tipis luas	Ya
17		5	berat tebal kecil	Ya
18		4	Berat tebal kecil	Ya
19	No_metal	-	kosong	Netral

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{\text{Prcobaan yang berhasil}}{\text{Banyak percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{16}{19} \times 100\%$$

$$\text{Persentase keberhasilan} = 84.21\%$$

Akurasi hasil pendeteksian dari sensor dapat dengan keakurasian 84.21% dimana menandakan bahwa sensor logam dapat membuktikan pendeteksian logam dengan akurasi yang tinggi dari logam yang telah disampelkan pada sistem.

#### e. Perbandingan hasil dengan sistem lain

Tabel 4. 7 Tampilan hasil perbandingan alat dengan alat lain [2,7,8]

Jumlah alat	Alat	Jarak Maksimal (cm)	Keakurasian	Kisaran Harga	Frekuensi Hz, KHz
1	Robot ular pendeteksi logam	3	sedang	-	-
2	Robot pendeteksi logam	2	sedang	-	-
3	Alat pendeteksi logam dengan mikrokontroler	2	sedang	-	-
5	GK888 Modul Board Sensor Detektor Metal Elektronik Dc 3v-5v 60mm Tanpa	6	Mengenah	Rp88.000	-
4	Alat dari penelitian ini	11	Tinggi	Rp250.000	3.57 Hz
6	Tianxun Tx-850 Tx850 Metal Detektordetektor emas logam gold perak	22	Tinggi	Rp2.150.000	19.23 KHz
7	Detektor Logam Profesional MD6250	22	Tinggi	Rp 1.500.000	7.09 KHz
8	Pendeteksi Logam Underground Metal DetektorFinder TX-850 TIANXUN	150	Sangat tinggi	Rp1.975.000	19KHz
9	Metal DetektorSmart Sensor AR924M/ Detektor logam Emas/ Deteksi emas	150	Sangat tinggi	Rp980.000	7.0KHz
10	Detektor Emas Deteksi Ke dalam Pemburu Harta Karun Sensitivitas	300	Sangat tinggi	Rp2.326.400	6.6KHz

Disini dapat disimpulkan bahwa dengan jarak yang paling maksimal dibandingkan dengan alat yang sudah terbuat sebelumnya, sistem pada penelitian ini memiliki rentang yang tinggi dalam keakurasian dan pendeteksian jarak yaitu dengan jarak lebih dari 10 cm, keakurasian tinggi, frekuensi 3.57 Hz dengan kisaran harga 250.000. Sistem ini dapat menghasilkan hasil yang baik karena dari segi

pembuatan sensor dan komponen yang digunakan tentu beda dengan yang sudah dibuat pada penelitian sebelumnya dan jauh beda dengan alat yang sudah disediakan pada pasar global sehingga memiliki hasil yang beda.

## 4.2.2 Pengujian dan Analisis Perangkat Lunak

### A. Arduino

#### a. Spesifikasi umum program arduino

```

FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector

Done uploading.

          Block Poll
Memory Type Mode Delay Size  Indx Paged  Size  Size #Pages MinW  MaxW  ReadBack
-----
eeprom    65   20    4   0 no    1024   4    0 3600 3600 0xff 0xff
flash     65    6  128   0 yes   32768 128  256 4500 4500 0xff 0xff
lfuse      0    0    0   0 no     1    0    0 4500 4500 0x00 0x00
hfuse      0    0    0   0 no     1    0    0 4500 4500 0x00 0x00
efuse      0    0    0   0 no     1    0    0 4500 4500 0x00 0x00
lock       0    0    0   0 no     1    0    0 4500 4500 0x00 0x00
calibration 0    0    0   0 no     1    0    0    0 0x00 0x00
signature  0    0    0   0 no     3    0    0    0 0x00 0x00

Programmer Type : Arduino
Description      : Arduino
Hardware Version: 3
Firmware Version: 4.4
Vtarget         : 0.3 V
Varef           : 0.3 V
Oscillator      : 28.800 kHz
SCK period      : 3.3 us

avrdude: AVR device initialized and ready to accept instructions

Reading | ##### | 100% 0.00s

```

Gambar 4. 8 Tampilan spesifikasi program arduino

#### b. Respon time program Arduino

```

FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector

Done uploading.

SCK period      : 3.3 us

avrdude: AVR device initialized and ready to accept instructions

Reading | ##### | 100% 0.00s

avrdude: Device signature = 0x1e950f (probably m328p)
avrdude: reading input file "C:\Users\mluth\AppData\Local\Temp\arduino_build_791841\FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector.ino.hex"
avrdude: writing flash (8242 bytes):

Writing | ##### | 100% 1.28s

avrdude: 8242 bytes of flash written
avrdude: verifying flash memory against C:\Users\mluth\AppData\Local\Temp\arduino_build_791841\FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector.ino.hex:
avrdude: load data flash data from input file C:\Users\mluth\AppData\Local\Temp\arduino_build_791841\FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector.ino.hex
avrdude: input file C:\Users\mluth\AppData\Local\Temp\arduino_build_791841\FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector.ino.hex contains 8242 bytes
avrdude: reading on-chip flash data:

Reading | ##### | 100% 0.98s

avrdude: verifying ...
avrdude: 8242 bytes of flash verified

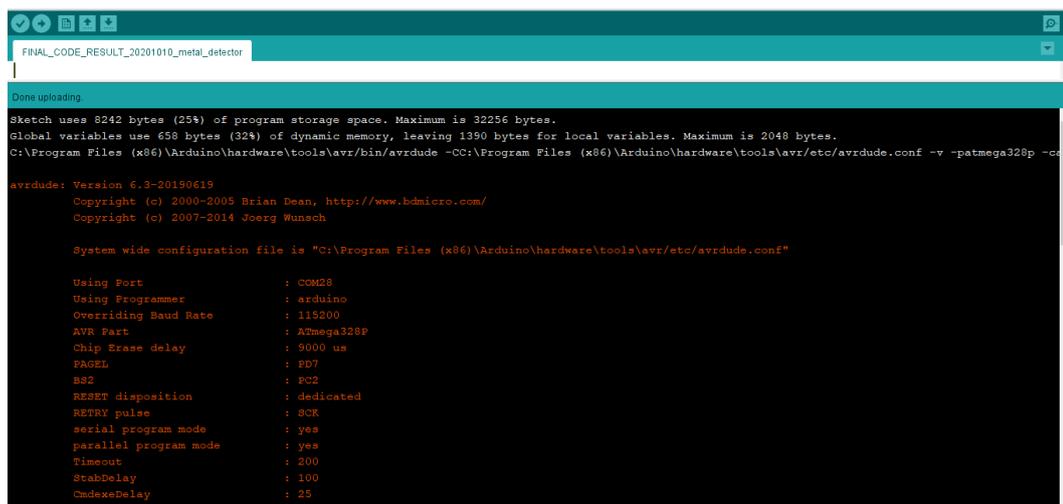
avrdude done. Thank you.

```

Gambar 4. 9 Tampilan respon time program arduino

Seperti yang dapat dilihat pada gambar diatas dari penginisialisasian program untuk menerima instruksi dalam pengekseskusion data diawali dengan respon time pembacaan dari awal yaitu dengan kecepatan waktu 0.00second, kemudian masuk dalam tahapan penulisan data dengan respon time yaitu kecepatan waktu 1.02 seconde, yang terakhir adalah pembacaan data dengan respon time kecepatan waktu 0.98seconde per baris data dari jumlah total storage yang dibaca yaitu 8242 bytes.

### c. Penggunaan memory pada program Arduino



```

FINAL_CODE_RESULT_20201010_metal_detector
Done uploading
Sketch uses 8242 bytes (25%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 658 bytes (32%) of dynamic memory, leaving 1390 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\bin\avrdude -CC:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\etc\avrdude.conf -v -patmega328p -c
avrdude: Version 6.3-20190619
Copyright (c) 2000-2005 Brian Dean, http://www.bdmicro.com/
Copyright (c) 2007-2014 Joerg Wunsch

System wide configuration file is "C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\etc\avrdude.conf"

Using Port                : COM28
Using Programmer          : arduino
Overriding Baud Rate     : 115200
AVR Part                  : ATmega328P
Chip Erase delay         : 9000 us
PAGE1                     : PD7
BS2                       : PC2
RESET disposition        : dedicated
RETRY pulse              : SCK
serial program mode      : yes
parallel program mode    : yes
Timeout                  : 200
StabDelay                 : 100
CmdexeDelay              : 25
  
```

Gambar 4. 10 Tampilan penggunaan memori pada program arduino

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa program menggunakan 8242 Bytes atau 25% dari jumlah total storage space maksimal 32256. Dan variabel global yang digunakan sebanyak 658bytes atau 32% dari dynamic memory dengan jumlah maksimum sebanyak 2048 bytes. Hal ini dapat diartikan bahwa sistem pendeteksi logam dimana program yang di jalankan pada Arduino Uno IDE dapat berjalan dengan baik karena program yang digunakan masih belum mencapai total memori maksimum.

## B. Deep Neural Network

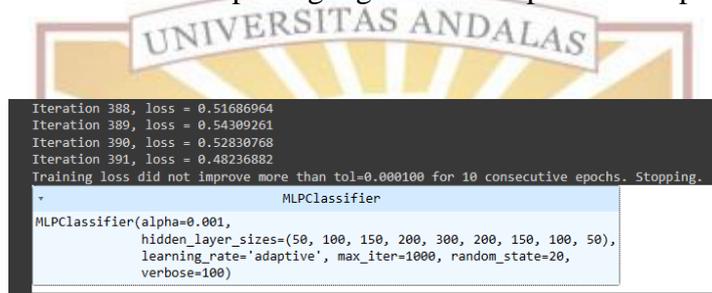
### a) Pengujian dan Analisa model DNN

#### Training model

Dalam melakukan pengujian terhadap kualitas model DNN, terdapat 2 parameter pengujian, yaitu menguji tingkat performa model dan tingkat akurasi atau keakuratan model. Untuk menguji tingkat performa model, digunakan data-data

dari lingkungan pengujian yang kemudian dilakukan prediksi dengan model DNN untuk melihat persentase kebenaran dari hasil prediksi model. Data data ini kemudian disajikan dalam metrik confusion matrix untuk melihat persentase kebenaran hasil prediksi.

Dalam melakukan pelatihan model DNN, digunakan produk penelitian Google Colab yang menyediakan virtual komputasi melalui cloud untuk pelatihan intensif model-model machine learning dan deep learning. Untuk itu, digunakan komputasi pada google colab untuk melatih model deteksi logam pada DNN. Hasil pelatihan model DNN pada google colab dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



```

Iteration 388, loss = 0.51686964
Iteration 389, loss = 0.54309261
Iteration 390, loss = 0.52830768
Iteration 391, loss = 0.48236882
Training loss did not improve more than tol=0.000100 for 10 consecutive epochs. Stopping.
+ MLPClassifier
MLPClassifier(alpha=0.001,
              hidden_layer_sizes=(50, 100, 150, 200, 300, 200, 150, 100, 50),
              learning_rate='adaptive', max_iter=1000, random_state=20,
              verbose=100)
  
```

Gambar 4. 11 Training model DNN pada Google Collabs

Untuk mendapatkan confusion matrix pada training model kita melaksanakan komputasi program data yang dari hasil dengan iterasi 391, batch size 150 dan total dataset 17.000 dan maximum loss 0.48 dengan:

$$\text{Epochs} = \text{Iterasi} / (\text{N} / \text{B}) \quad \text{Epochs} = 391 / (17000 / 150) = 3.44$$

N: total dataset  
B: Batch size

Tabel 4. 8 Confusion matrix hasil pengujian training model DNN

Logam	Aluminum	Copper	Iron	Nickel	No_metal	Platinum	Silver
Aluminum	1640	23	308	86	6	20	44
Copper	54	1314	60	61	11	120	80
Iron	67	4	1988	41	39	7	17
Nickel	151	75	382	1386	7	34	83
No_metal	3	33	38	9	1939	72	32
Platinum	47	35	31	12	21	1825	139
Silver	53	56	31	24	39	133	1780

Dari hasil confusion matrix diatas, selanjutnya diukur kualitas performa model. Untuk mengukur tingkat performa dari model, digunakan rumus komputasi secara otomatis dalam perhitungan metrik presisi dan recall dalam model DNN tersebut.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad recall (Sensitivity) = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Lalu dibandingkan hasil keduanya untuk menghasilkan F1 metrik. Ketiga metrik pengukuran ini memiliki karakteristik masing-masing yang menentukan tingkat penerimaan model dan performa model sebelum di deploy sepenuhnya.

Tabel 4. 9 Hasil pengujian komputasi tingkat presisi dan recall training model

Logam	Precision	Recall
Aluminum	0.82	0.77
Copper	0.85	0.77
Iron	0.70	0.92
Nickel	0.86	0.65
No_metal	0.94	0.91
Platinum	0.83	0.87
Silver	0.82	0.84

Presisi mengukur tingkat akurasi dari prediksi model, atau persentase tingkat prediksi yang benar. Dalam kasus ini, tingkat presisi model diukur dari persentase pengolahan yang benar dari semua hasil prediksi data logam dimana mendapatkan hasil keakurasian mAP atau presisi pada masing masing logam dimana presisi yang paling tinggi adalah 94%. Kemudian, Recall mengukur berapa banyak yang benar-benar positif dari hasil prediksi model dibandingkan dengan semua yang dilabeli positif. Dalam kasus ini, tingkat recall diukur dari tingkat hasil pengolahan data logam yang benar dari seluruh logam yang terdeteksi sehingga mendapatkan hasil dengan 92% yang paling tinggi.

Perhitungan metrik dan recall digunakan untuk mengukur tingkat performa dari model machine learning dan deep learning. Dalam penerapan model pada lingkungan nyata, tingkat pengujian akurasi atau presisi yang tinggi tidak menjamin model dapat berjalan baik di lingkungan nyata, karena perhitungan tingkat presisi dan akurasi sendiri belum cukup untuk dijadikan pedoman penerapan. Hal ini menjadikan metrik pengukuran performa model perlu keseimbangan antara tingkat presisi dan recall. Untuk itu terdapat metrik pengukuran tingkat performa model yang mencari titik seimbang antara kedua metrik diatas (presisi dan recall):

$$F1 = 2x \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \times 100\%$$

Logam Aluminium:

Logam copper:

$$F1 = 2x \frac{0.82 \times 0.77}{0.82 + 0.77} \times 100\% = 79\%$$

Logam Iron:

$$F1 = 2x \frac{0.85 \times 0.77}{0.85 + 0.77} \times 100\% = 81\%$$

Logam Nickel:

$$F1 = 2x \frac{0.70 \times 0.92}{0.70 + 0.92} \times 100\% = 80\%$$

No\_metal:

$$F1 = 2x \frac{0.86 \times 0.65}{0.86 + 0.65} \times 100\% = 74\%$$

Logam Platinum:

$$F1 = 2x \frac{0.94 \times 0.91}{0.94 + 0.91} \times 100\% = 93\%$$

Logam Silver:

$$F1 = 2x \frac{0.83 \times 0.87}{0.83 + 0.87} \times 100\% = 85\%$$

$$F1 = 2x \frac{0.82 \times 0.84}{0.82 + 0.84} \times 100\% = 83\%$$

Tabel 4. 10 Hasil perhitungan f1-score secara manual pada training model

Logam	F1-score
Aluminum	0.79
Copper	0.81
Iron	0.80
Nickel	0.74
No_metal	0.93
Platinum	0.85
Silver	0.83

Maka dari F1-score pengujian ini didapatkan hasil pengukuran yang paling besar adalah dengan 93%. Kemudian dilaksanakan pencarian akurasi pada model yang telah dioperasikan dari awal melalui confusion matrix dan mendapatkan model dengan akurasi 82.16% dari model pertama ini.

$$Accuracy = \frac{TN + TP}{TN + TP + FN + FP} \times 100\%$$

Kemudian untuk percobaan model berikutnya untuk mencari model training yang paling tinggi persentasenya mengikuti tata cara dari pemrosesan pada percobaan pengujian model training pertama ini dimana pada model pertama dapat dengan akurasi model training 82.16%. Maka dari situ percobaan pengujian pada beberapa model untuk training dapat dirangkumkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 11 Proses pengujian training Model 1 DNN

Logam	Training model			Parameter
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.73	0.80	0.76	Batch size: 28 Iterasi: 263 Dataset: 17.000 Loss: 0.62
Copper	0.73	0.69	0.71	
Iron	0.74	0.78	0.76	
Nickel	0.73	0.64	0.68	
No_metal	0.86	0.91	0.89	
Platinum	0.81	0.78	0.79	
Silver	0.76	0.76	0.76	
Akurasi	76.92 %			

Tabel 4. 12 Proses pengujian Model 2 DNN

Logam	Training model			Logam
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.77	0.74	0.75	Batch size: 33 Iterasi: 247 Dataset: 17.000 Loss: 0.59
Copper	0.75	0.78	0.76	
Iron	0.71	0.86	0.78	
Nickel	0.77	0.65	0.70	
No_metal	0.89	0.92	0.90	
Platinum	0.82	0.78	0.80	
Silver	0.80	0.77	0.78	
Akurasi	78.52 %			

Tabel 4. 13 Proses pengujian Model 3 DNN

Logam	Training model			Logam
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.50	0.53	0.52	Batch size: 200 Iterasi: 441 Dataset: 17.000 Loss: 1.10
Copper	0.56	0.47	0.51	
Iron	0.50	0.78	0.61	
Nickel	0.43	0.23	0.30	
No_metal	0.69	0.88	0.77	
Platinum	0.63	0.51	0.56	
Silver	0.60	0.53	0.56	
Akurasi	0.56 %			

Tabel 4. 14 Proses pengujian Model 5 DNN

Logam	Training model			Logam
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.00	0.00	0.00	Batch size: 12 Iterasi: 71 Dataset: 17.000 Loss: 1.94
Copper	0.00	0.00	0.00	
Iron	0.00	0.00	0.00	
Nickel	0.00	0.00	0.00	
No_metal	0.00	0.00	0.00	
Platinum	0.00	0.00	0.00	
Silver	0.15	1.00	0.26	
Akurasi	15.21 %			

Tabel 4. 15 Proses pengujian Model 6 DNN

Logam	Training model			Logam
	Precision	Recall	F1-score	
				Batch size: 25

Aluminum	0.74	0.68	0.71	Iterasi: 201 Dataset: 17.000 Loss: 0.67
Copper	0.72	0.66	0.69	
Iron	0.71	0.74	0.73	
Nickel	0.62	0.66	0.64	
No_metal	0.84	0.92	0.88	
Platinum	0.77	0.79	0.78	
Silver	0.76	0.73	0.74	
Akurasi	74.11 %			

Tabel 4. 16 Proses pengujian Model 7 DNN

Logam	Training model			Batch size: 500 Iterasi: 775 Dataset: 17.000 Loss: 0.98
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.58	0.59	0.59	
Copper	0.60	0.44	0.51	
Iron	0.54	0.79	0.64	
Nickel	0.54	0.34	0.42	
No_metal	0.72	0.90	0.80	
Platinum	0.66	0.62	0.64	
Silver	0.63	0.57	0.60	
Akurasi	61.2 %			

Tabel 4. 17 Proses pengujian Model 8 DNN

Logam	Training model			Logam Batch size: 30 Iterasi: 238 Dataset: 17.000 Loss: 0.95
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.58	0.56	0.57	
Copper	0.64	0.50	0.56	
Iron	0.54	0.75	0.63	
Nickel	0.53	0.35	0.42	
No_metal	0.77	0.88	0.82	
Platinum	0.65	0.69	0.67	
Silver	0.62	0.59	0.60	
Akurasi	62.15 %			

Tabel 4. 18 Proses pengujian Model 9 DNN

Logam	Training model			Logam Batch size: 2 Iterasi: 14 Dataset: 17.000 Loss: 1.94
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.15	1.00	0.25	
Copper	0.00	0.00	0.00	
Iron	0.00	0.00	0.00	
Nickel	0.00	0.00	0.00	
No_metal	0.00	0.00	0.00	
Platinum	0.00	0.00	0.00	
Silver	0.00	0.00	0.00	
Akurasi	14.53 %			

Tabel 4. 19 Proses pengujian Model 10 DNN

Logam	Training model			Logam Batch size: 150 Iterasi: 391 Dataset: 17.000
	Precision	Recall	F1-score	
Aluminum	0.82	0.77	0.79	
Copper	0.85	0.77	0.81	

Iron	0.70	0.92	0.80	Loss: 0.48
Nickel	0.86	0.65	0.74	
No_metal	0.94	0.91	0.93	
Platinum	0.83	0.87	0.85	
Silver	0.82	0.84	0.83	
Akurasi	82.16%			

Pada pengumpulan hasil dari tingkat performa model dan tingkat akurasi atau keakuratan model pada training kita mendapatkan hasil dengan batch size 150, dengan iterasi 391 dan loss function 0.48 dari dataset 17.000 dimana hasil tersebut mencapai akurasi sebesar 82.16%.

### Testing validasi Model dari training

#### b) Tingkat keakurasian validasi

Disini data yang digunakan pada validasi adalah model yang memiliki akurasi yang paling akurat dari training model dimana kita menggunakan dari keakurasian training model dengan pencapaian 82.16%. Kemudian dilaksanakan confusion matrix pada data tersebut.

Tabel 4. 20 Confusion matrix testing model DNN

Logam	Aluminum	Copper	Iron	Nickel	No_metal	Platinum	Silver
Aluminum	148	19	103	52	2	18	31
Copper	24	118	22	28	18	48	42
Iron	46	7	215	30	10	11	18
Nickel	78	41	112	81	11	26	33
No_metal	4	19	23	17	262	28	21
Platinum	34	33	18	13	28	203	71
Silver	33	35	13	30	25	72	176

Dari hasil confusion matrix diatas, digunakan rumus komputasi secara otomatis dalam perhitungan metrik presisi dan recall dalam testing model DNN tersebut.

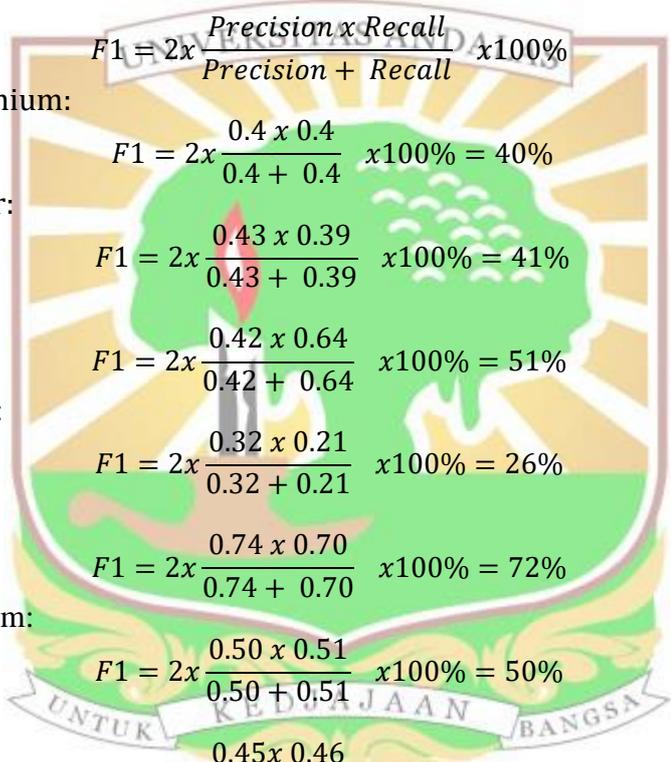
$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad recall (Sensitivity) = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Lalu dibandingkan hasil keduanya untuk menghasilkan F1 metrik. F1 score didapatkan setelah mendapatkan mAP presisi dan recall dari confusion matrikx di atas.

Tabel 4. 21 Hasil pengujian tingkat presisi dan recall testing model

Logam	Presisi	Reecall
Aluminum	0.4	0.4
Copper	0.43	0.39
Iron	0.42	0.64
Nickel	0.32	0.21
No_metal	0.74	0.7
Platinum	0.5	0.51
Silver	0.45	0.46

Kemudian dilaksanakan pengukuran tingkat performa model yang mencari titik seimbang antara kedua metrik diatas (presisi dan recall) yang dinamakn dengan F1 score:



$$F1 = 2x \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \times 100\%$$

Logam Aluminium:

$$F1 = 2x \frac{0.4 \times 0.4}{0.4 + 0.4} \times 100\% = 40\%$$

Logam copper:

$$F1 = 2x \frac{0.43 \times 0.39}{0.43 + 0.39} \times 100\% = 41\%$$

Logam Iron:

$$F1 = 2x \frac{0.42 \times 0.64}{0.42 + 0.64} \times 100\% = 51\%$$

Logam Nickel:

$$F1 = 2x \frac{0.32 \times 0.21}{0.32 + 0.21} \times 100\% = 26\%$$

No\_metal:

$$F1 = 2x \frac{0.74 \times 0.70}{0.74 + 0.70} \times 100\% = 72\%$$

Logam Platinum:

$$F1 = 2x \frac{0.50 \times 0.51}{0.50 + 0.51} \times 100\% = 50\%$$

Logam Silver:

$$F1 = 2x \frac{0.45 \times 0.46}{0.45 + 0.46} \times 100\% = 45\%$$

Tabel 4. 22 Hasil perhitungan f1-score secara manual pada testing model

Logam	F1-score
Aluminum	0.4
Copper	0.41
Iron	0.51
Nickel	0.26
No_metal	0.72
Platinum	0.5
Silver	0.45

Maka dari F1-score pengujian ini didapatkan hasil pengukuran yang paling besar adalah dengan 72%. Kemudian dilaksanakan pencarian akurasi pada model yang telah dioperasikan dari awal melalui confusion matrix dan mendapatkan model dengan akurasi 47.18% dari model pertama ini.

$$Accuracy = \frac{TN + TP}{TN + TP + FN + FP} \times 100\%$$

Gambar 4. 12 Hasil akurasi dari proses data testing DNN

Logam	Testing model			Logam
	Precision	Recall	F1-score	Batch size: 150
Aluminum	0.43	0.39	0.40	Iterasi: 391
Copper	0.42	0.64	0.41	Dataset: 17.000
Iron	0.32	0.21	0.51	Loss: 0.48
Nickel	0.74	0.70	0.26	Akurasi
No_metal	0.50	0.51	0.72	
Platinum	0.45	0.46	0.50	
Silver	0.40	0.40	0.45	
Akurasi	47.18%			

Maka dari situ validasi untuk training model adalah sebesar 47.18%. Jadi training model dari 82.16% yang digunakan untuk tahap pengujian data baru dari logam baru terdeteksi.

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian secara keseluruhan rnakungan model DNN

Model ke-	Jumlah data	Class data	Kolom data	Test_size, random_state	Hidden layer	Jenis fungsi aktivasi	Training model akurasi	Testing Model akurasi	Selisih akurasi
M1	17.000	7	A1-A9	0.20 - 42	7	Tanh, adam	76.92%	46.47%	30.45%
M2	17.000	7	A1-A9	0.30 - 50	7	Tanh, adam	78.52	46.24%	32%
M3	17.000	7	A1-A9	0.30 - 50	7	Relu-sgd	56.41%	51.67%	4.74
M4	17.000	7	A1-A9	0.30 - 50	7	Relu-adam	78.03%	47.53%	30.5%
M5	17.000	7	A1-A9	0.30 - 50	7	Logistic-sgd	15.21%	13.96%	1.25%
M5	17.000	7	A1-A9	0.40 - 42	7	Logistic-sgd	15.21%	13.96	1.25%
M6	17.000	7	A1-A9	0.20 - 42	7	Tanh, adam	74.11%	46.71%	27.4%
M7	17.000	7	A1-A9	0.10 - 42	7	Relu-sgd	61.2%	51.65%	9.55%
M8	17.000	7	A1-A9	0.20 - 42	7	Tanh, adam	62.15%	49.15%	13&
M9	17.000	7	A1-A9	0.20 - 42	7	Logistic,adam	14.53%	15.12%	-0.59%
M10	17.000	7	A1-A9	0.15 - 20	9	Relu-adam	82.16%	47.18%	35%

### c) Testing akurasi data logam baru menggunakan model training DNN

Pada tahap ini dilaksanakan beberapa percobaan pengujian dari logam data baru yang telah diambil dan dilaksanakan tahap langkah testing melalui rumus yang telah digunakan dan pengolahan yang telah dilakukan dengan data baru sehingga didapatkan akurasi dengan hasil sebagai berikut ini.

Tabel 4. 24 Hasil pengujian testing data baru menggunakan modal training dari awal

Logam	Testing model		
	Precision	Recall	F1-score
Aluminum	0.75	0.72	0.73
Copper	0.79	0.72	0.75
Iron	0.66	0.88	0.75
Nickel	0.78	0.59	0.67
No_metal	0.91	0.88	0.90
Platinum	0.77	0.81	0.79
Silver	0.76	0.78	0.77
Akurasi	77%		

Maka dapat dikatakan bahwa rangkuman hasil dari pengolahan data logam yang terdeteksi adalah dengan sebagai berikut ini yaitu: tercapai dengan hasil keakurasian 82.16% pada model training dan 77% pada model testing dimana persentase logam yang terdeteksi dikelolah adalah aluminium 73%, copper 75%, besi 75%, nickel 67%, no metal 90%, platinum 79%, dan silver 77%.

#### 4.2.3 Pengujian dan Analisis Sistem Secara Keseluruhan

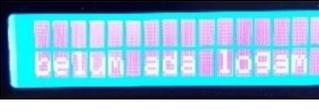
Menguji sistem dengan secara keseluruhan apakah sistem aktif dan dapat mendeteksi logam dalam jarak yang berbeda, memberikan suara sebagai notifikasi untuk Buzzer agar pengguna dapat menggunakannya dengan mudah, dan penyalan LED yang mengindikasikan keberadaan logam tersebut terdeteksi oleh sistem, LCD yang dapat memberikan karakter huruf hasil disaat terdeteksi logam, dan sensor koil tembaga dapat mendeteksi keberadaan logam yang dicari.

Jadi mekanisme dari pengujian keseluruhan ini kita mengambil beberapa sampel logam untuk diuji. Kita melaksanakan pendekatan logam ke sensor logam dan sistem berfungsi sesuai dengan rencana dari awal untuk mendeteksi setiap logam tersebut. Berikut adalah gambar tampilan percobaan yang telah dilakukan pada masing-masing logam dengan cara menguji logam tersebut dengan sebagai berikut ini.

Tabel 4. 25 Tampilan gambar cara menguji sampel logam

No	Logam	Posisi logam terhadap Sensor	LCD (Hasil pendeteksian)	LED	Buzzer

1	Platinum				✓
2	Silver		 		✓
3	Aluminium		 		✓
4	Copper		 		✓
5	Nickel		 		✓
6	Besi		 		✓

7	Besi				✓
8	No_metal				×
9	Aluminium				✓

Seperti pada tabel diatas setelah melakukan pengujian dengan beberapa cobaan maka dapat disimpulkan bahwa alat dari sistem secara keseluruhan tidak dapat berfungsi jika tidak logam yang dideteksikanya. Kemudian jika menggunakan logam yang paling kecil seperti yang di gambar yaitu logam silver ukurannya maka alat juga tidak dapat mendeteksinya jika tidak ditempelkan pada sensor logam baru terdeteksi logam tersebut. Setelah itu ada juga saatnya buzzer menyala namun belum terdeteksi logam tersebut. Kesimpulanya adalah secara keseluruhan sistem dapat mendeteksi logam dengan baik tetapi logam yang berukuran kecil sistem mengalami kesulitan dalam mendeteksinya.

Tabel 4.26 Pengujian secara keseluruhan sistem

Sampel Ke-	Logam	Sensor Koil	Excel	Jarak terdeteksi Maksimal (cm)	Buzzer	LED	LCD
1	Platinum	Terdeteksi	✓	0.05	Aktif	Menyala	✓
2		Terdeteksi	✓	0.10	Aktif	Menyala	✓
3	Silver	Terdeteksi	✓	0.10	Aktif	Menyala	✓
4		Terdeteksi	✓	0.25	Aktif	Menyala	Netral
5	Aluminium	Terdeteksi	✓	3	Aktif	Menyala	✓
6		Terdeteksi	✓	3.5	Aktif	Menyala	✓
7	Copper	Terdeteksi	✓	3	Aktif	Menyala	✓
8		Terdeteksi	✓	5	Aktif	Menyala	✓
9	Nickel	Terdeteksi	✓	9	Aktif	Menyala	✓

10		Terdeteksi	✓	10	Aktif	Menyala	✓
11	Besi	Terdeteksi	✓	5	Aktif	Menyala	✓
12		Terdeteksi	✓	11	Aktif	Menyala	✓
13	No_Metal	Netral	✓	-	Netral	Netral	✓
Total	7	12	13	11	12	12	12

$$\text{Persentase hasil} = \frac{\text{hasil terdeteksi}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = \frac{12}{13} \times 100\%$$

$$\text{Persentase hasil} = 92.30\%$$

Seperti yang dilihat pada tabel diatas dimana pengujian keseluruhan sistem telah dilakukan dimana mendapatkan hasil dengan 92.30% dalam jalanya semua fungsi komponen pada perangkat keras maupun perangkat lunak juga. Disini hasil pengujian adalah memuaskan karena kesalahan atau error dari 7.7% dimana error atau kesalahan ini adalah diakibatkan oleh logam sendiri yang memiliki konduktivitas yang rendah sehingga sistem susah menangkapnya untuk terdeteksi dan diberikan notifikasi pada LCD. Kemudian kesalahan berikutnya adalah dari segi sistem yang masih belum stabil dalam mendeteksi logam kadang berbunyi sendiri serta menyala LED sendiri namun belum ada logam terdeteksi dimana masalah ini sudah dimantenancekan tetapi tetap masih ada gangguan dalam sistem tersebut yang bisa jadi penelitian buat peneliti berikutnya dalam pengembangan.

Tabel 4. 27 Pengujian Fungsional

No	Parameter Pengujian	Indikator Keberhasilan	Status validasi
1	Kinerja sistem dalam mendeteksi logam	Berhasil mendeteksi keberadaan logam sesuai dengan kondisi yang ada pada sensor logam.	✓
2	Performa sistem dalam pendeteksian logam secara real time	Mendapatkan hasil pengukuran dengan sensitivitas dan jarak yang akurat dengan kisaran lebih dari 10 cm secara real time.	✓
3	Pengolahan data berdasarkan data hasil dari sistem.	Sistem dapat memberikan hasil persentase logam yang terdeteksi berdasarkan hasil data logam yang dikelola pada DNN termasuk logam nickel, platinum, aluminum, besi, silver, copper, dan no_metal	✓
4	Pengujian sistem secara keseluruhan	Mendapatkan hasil deteksi yang efisien dan akurat.	✓

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi sistem dan pengujian yang dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil:

1. Keakurasian sistem dipengaruhi oleh semua komponen dasar dalamnya dimana tingkat sensitivitas sensor logam yang paling akurat digunakan adalah 0.5mm.
2. Sistem berhasil mendeteksi titik keberadaan logam berdasarkan pendeteksian yang dilaksanakan oleh sensor logam dimana pendeteksian logam dapat dengan keakurasian sebesar 84.21% dan dalam jarak pendeteksian dengan pencapaian lebih dari 10 cm.
3. Sistem telah berhasil dirancang dan digunakan oleh pengguna dengan mudah dalam pencarian logam dimana Buzzer dapat memberikan suara berbunyi, LED menyala serta LCD dapat memberikan notifikasi bagi pengguna saat terdeteksi logam.
4. Proses pengolahan data dari logam yang terdeteksi melalui metode DNN didapikann dengan akurasi sebesar 82.16 % pada model training dan 77 % pada model testing yang mengimpulkan bahwa keakuraian model yang didapatkan memberikan target yang diinginkan dan mendapatkan hasil persentase yaitu aluminum 73%, copper 75%, besi 75%, nickel 67%, no\_metal 90%, platinum 79%, dan silver 77%.

#### 5.2 Saran

Agar dapat menghasilkan pengembangan pada penelitian ini ada beberapaa saran untuk penelitian selanjutnya sehingga mampu mengurangi kesalahan dan memperoleh data yang lebih akurat, yaitu:

1. Menggunakan Koil tembaga tebal kurang lebih 1 mm dan dengan diameter lingkaran lebih besar agar dapat memancarkan pendeteksian lebih dalam.

2. Menggunakan metode lain selain DNN untuk mengolah data dari logam yang terdeteksi untuk mendapatkan persentase lebih efektif.
3. Bagi yang ingin meneliti lebih lanjut, pengujian bisa dilakukan untuk logam-logam campuran untuk memahami sejauh mana pengaruh campuran logam terhadap sensitivitas detector.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dipraja, Sholeh. Buku “Golden Planner Pasti Kaya Dengan Investasi Emas !”. Jakarta: PT. Tangga Pustaka, 2011. ISBN 979-083-036-X.
- [2] Rike Fitriani.” Robot pendeteksi logam dengan mikrokontroler” Bina Darma Conference on Computer Sciencee-ISSN: 2685-2683p-ISSN: 2685-2675
- [3] Halaman website resmi “mediaandalas: Bukit Balimbing Tanjung Bungo Bonjol Ajang Pencaharian Emas Masyarakat Setempat” <https://www.mediaandalas.com/> diakses pada 22 September 2022 jam 12:25 wib.
- [4] Luthfa Arini, 2022. “Peningkatan Laba investasi Emas Dengan Cara Membeli Emas Tidak Bersertifikat Guna Menghadapi Masa Resesi” Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah Vol 5 No 2, Juni 2022, DOI: <https://doi.org/10.36778/jesya.v5i2.627>.
- [5] Ineke Citra kasih. 2022. "Daftar Harga Emas Antam (2 September 2022)." Artikel ditayang di <https://dataindonesia.id/>, diakses tanggal 20 September 2022, jam 10.30 wib.
- [6] Novendra, Muh Dwiky. “Dampak Pertambangan Emas Bagi Kehidupan Ekonomi Masyarakat Bolaang Mongondow Timur di Kotabunan Kecamatan Kotabunan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur.” Jurnal Volume 1 No. 1 Tahun 2021, ISSN : 2337 – 4004 (Jurnal Ilmiah Society).
- [7] Gani H Jefta.“ Robot Ular Pendeteksi Logam Berbasis Mikrokontroler “ : 2009. FTI Universitas Tarumanegara. Seminar Nasional Teknologi Informasi 2009.
- [8] Dede Desmana, 2015. “Perancangan Robot Pendeteksi Logam Berbasis Android Dengan Komunikasi Bluetooth” Jurnal Aplikasi Manajemen Informatika Komputer) JAMIK, Vol. 1 No. 2 (2021).
- [9] Fitriani, Rike, and Nina Paramytha. "Robot Pendeteksi Logam Dengan Mikrokontroler." In Bina Darma Conference on Computer Science (BDCCS), vol. 1, no. 6, pp. 2272-2280. 2019.
- [10] Eko Hadi Purwanto. 2015. “Aplikasi Metode Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) untuk Karakteristik Bawah Permukaan di Daerah Kapur Desa Melirang Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik.” Jurnal Fisika Indonesia No: 55, Vol XIX, Edisi November 2015, ISSN : 1410-2994.
- [11] Halaman website resmi “minelab : Metal DetektorEmas, Bagaimana Cara Kerjanya dan Rekomendasi Produk” <https://minelab.co.id/> diakses pada tanggal 08 Oktober 2022 jam 12:25 wib.
- [12] Jawad, Aqeel Mahmood, Haider Mahmood Jawad, dan Goh Chin Hock. 2014. “Design of a Beat Frequency Oscillator Metal Detektor”. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering. DOI: 10.9790/2834-09215662.
- [13] Kresna Tri Jayanto Siswadi.2017. “Design and Realization of Metal DetektorRobot”. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017.
- [14] Pujiono. 2011. Rangkaian Listrik: The First Step to Electrical World. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [15] Dwi Indah Pratiwi, M.2017.”Rancang Bangun Deteksi Jalur Pipa Terpendam Menggunakan Mobile Robot dengan Metal Detektor” JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 1, (2017) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [16] JauhariArifin.2016.“Perancangan murottal otomatis menggunakan Mikrokontroler arduino mega 2560”. Jurnal Media Infotama Vol. 12 No. 1, Februari 2016. ISSN 1858-2680.

- [17] Widodo. Budiharto. 2005. Panduan Lengkap Belajar Mikrokontroler Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta. PT Elek Media Komputindo.
- [18] Hamidin,I. (2018). “Saklar Otomatis Sistem Control Terpadu Menggunakan Arduino Uno”.Proyek akhir. Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- [19] Muhammad Ikrar Dharda muharrik.2020.”Rancang bangun detektor logam pada pengukuran diameter besi konstruksi bangunan berbasis arduino uno.” Universitas Nusa Putra.
- [20] Halaman website resmi “tambang: Detektor emas dapat mencapai ke dalam dalam tanah berapa meter?” <https://www.tambang.id/> , 2013, Metal Detection Center Indonesia, diakses pada tanggal 03 November 2022 jam 23:05 wib.
- [21] Christian Janiesch.2020.” Machine learning and deep learning” <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>. Published online: 8 April 2021.
- [22] Eddy Erham.2019.” Perancangan Sistem Kontrol Berbasis Arduino Uno pada Dispenser Penyedia Minuman Otoma.” Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIV Tahun 20. November 2019, pp. 182. ISSN: 1907-5.
- [23] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, “Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535,” Jurnal Teknik Elektro dan Komputer., vol. 7, no. 2, pp. 135–142, 2018.
- [24] Muhammad Abdul Hadi.2012.” Klasifikasi tingkat ancaman kriminalitas bersenjata menggunakan metode yolo”.Universitas Andalas. <https://doi.org/10.25077/chipset.2.01.33-40.2021>.
- [25] Halaman website resmi.2009. “simplilearn: Top 10 Deep Learning Algorithms You Should Know in 2023” <https://www.simplilearn.com/> diakses pada tanggal 14 november 2022 jam 4:25 wib.
- [26] Halaman website resmi.2020. “Towards Data Science: Introduction to Deep Neural Network (DNN) using TensorFlow” <https://towardsdatascience.com/> diakses pada tanggal 14 November 2022 jam 5:15 wib.
- [27] Halaman website resmi.2022. “TensorFlow Tutorial – Deep Learning Using TensorFlow” <https://www.edureka.co/> diakses pada tanggal 15 November 2022 jam 11:50 wib.
- [28] Mahendra, Y. E., Ilyas, R., & Kasyidi, F. (2020). Klasifikasi Kalimat Ilmiah Menggunakan 1D Deep Neural Networks.
- [29] Nadhifa Ayu Shafirra, & Irhamah. (2020). Klasifikasi Sentimen Ulasan Film Indonesia dengan Konversi Speech-to-Text (STT) Menggunakan Metode Deep Neural Network (DNN). Klasifikasi Sentimen Ulasan Film Indonesia Dengan Konversi Speech-to-Text (STT) Menggunakan Metode Deep Neural Network (DNN), 9.
- [30] Kristoffer, S., & Hagelbäck, J. (2017). Sentiment Analysis With Deep Neural Networks-Classifying sentiment in Swedish reviews. [www.reco.se](http://www.reco.se)
- [31] Mir Moynuddin Ahmed Shibly.2020“Transfer Learning in Classifying Prescriptions and Keyword-based Medical Notes” DOI: 10.1145/3428757.3429139. Conference Paper · December 2020
- [32] Halaman website resmi.2022. Muhamad Risky.A “Kumparan: Pengertian, Fungsi, Jenis, Contoh Penggunaan” <https://thecityfoundry.com/> diakses pada tanggal 03 Desember 2022 jam 10:05 wib.

- [33] Syahbana, Muhammad Arief. "Pengaruh kerja metal detektor terhadap arus dan tegangan." PHD diss., 2022.
- [34] De Lama, Aldino, Unang Sunarya, and Atik Novianti. "Deteksi Logam pada Penggilingan Batu Berbasis SMS Gateway dan Mikrokontroler." *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan (e-Journal)* 3, no. 2 (2016).
- [35] Halaman website resmi.2022. Thecityfoundry "Induktor: Pengertian, Gambar, Fungsi, Simbol, Jenis, Rumus" <https://thecityfoundry.com/> diakses pada tanggal 03 Desember 2022 jam 13:40 wib.
- [36] M. Sokolov and G. L. P. "Empirical analysis of performance measures for classification." *Information Processing and Management*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009.
- [37] Rubio Carpio, Alejandro, Francesco Avallone, and Daniele Ragni. "On the role of the flow permeability of metal foams on trailing edge noise reduction." In *2018 AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*, p. 2964. 2018.
- [38] Satyal, Umesh Raj. "A Study on Recommendation System with Library Data." (2019).
- [39] Official website page.2022.Domino Data Lab, Inc. Made in San Francisco. "What is Anaconda?" <https://www.dominodatalab.com/> Accessed on December 10, 2022 at 13:20 pm.
- [40] Ordila, Rian, and Yuda Irawan. "Penerapan Alat Kendali Kipas Angin Menggunakan Microcontroller Arduino Mega 2560 Dan Sensor Dht22 Berbasis Android." *RJOCS (Riau Journal of Computer Science)* 6, no. 2 (2020): 101-106.



## LAMPIRAN

### Firmware program Arduino uno

```

#define debug true
//This sketch prints "circuits4you.com" to the LCD
//and shows the time.

/* The circuit:
LCD RS pin to digital pin 12
LCD Enable pin to digital pin 11
LCD D4 pin to digital pin 5
LCD D5 pin to digital pin 4
LCD D6 pin to digital pin 3
LCD D7 pin to digital pin 2
LCD R/W pin to ground
1K resistor:
One end to ground
Another end to LCD VO pin (pin 3)

This example code is in the public domain.
*/

// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library with the numbers of the interface pins
#define D4 5
#define D5 4
#define D6 3
#define D7 2
#define En 7
#define Rs 6
LiquidCrystal lcd(Rs, En, D4, D5, D6, D7);

LiquidCrystal lcd(Rs, En, D4, D5, D6, D7);
//some parameters
#define sensitivity 5000 //threshold as a fraction of reference
#define avertime 160000 //aim for measurement every 160k cycles (=10ms)
#define LEDpulselen 16000 //length of the LED pulse in clock cycles
#define cycles 40 //number of clock cycles reserved for calculations
#define printfrac 50 //fraction of measurements printed when in debug mode

//pin definitions - cannot change freely!
#define pulsepin 10 //must be pin 10 - TIMER1B output
#define probepin 8 //must be pin 8 - input capture pin
#define LEDpin 13 //if changed also need to update the direct-port writing
#define soundpin 12 //if changed also need to update the direct-port writing
#define resetpin A0 //can be changed freely

#define meanSample
#define SAMPLES
#define pot
#define data

//global variables - shared between main loop and measurement function
long int imeas = 0; //counts the number of measurements performed
int absdiff; //absolute value of difference wrt reference
long int phase = 0; //tracks integral of absdiff
long int phasemax; //value at which the phase counter turns over
int LEDcycles = 0; //number of cycles that the LED pin stays high
int LEDcycle = 0; //cycle index of the LED pulse

void setup() {
  noInterrupts(); //disable all interrupts to avoid glitches
  //pinMode(trigPin, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output
  //pinMode(echoPin, INPUT); // Sets the echoPin as an Input
  if (debug) Serial.begin(9600);

  // if(!Serial) {while(1);}
  pinMode(pulsepin, OUTPUT);
  digitalWrite(pulsepin, LOW);
  pinMode(probepin, INPUT);
  pinMode(LEDpin, OUTPUT);
  digitalWrite(LEDpin, LOW);
  pinMode(soundpin, OUTPUT);
  digitalWrite(soundpin, LOW);
  pinMode(resetpin, INPUT_PULLUP);

  // LCD
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("Metal Detector");
  //setup timer1 to FASTPWM on pin 10
  TCCR1A = 0B00100011;
  TCCR1B = 0B00011001;
  delay(1000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  // Clears the trigPin
  //digitalWrite(trigPin, LOW);
  //delayMicroseconds(100);
  // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
  //digitalWrite(trigPin, HIGH);
  //delayMicroseconds(10);
  //digitalWrite(trigPin, LOW);
  // Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in microseconds
  //duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  // Calculating the distance
  //distance = duration * 0.034 / 2;

  //perform initial robust measurement of average delay time
  long int tau = meas(16000, 8000, 8001, 1, 16) / 16;
  if (debug) Serial.print("delay in clock cycles:");
  if (debug) Serial.println(tau);
  if (debug) Serial.print("estimated coil inductance in mH:");
  if (debug) Serial.println(1.44 * tau * 100.0 / (16.0));

  if (tau == 0) go_error(1); // no pulse
  if (tau < 5) go_error(2); // too short
  if (tau > 800) go_error(3); // too long

  //LCD
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  // lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  //lcd.print(millis()/1000);
  //

  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(min);
  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(max);
  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(quarter);
  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(setengah);
  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(tigaperempat);
  Serial.print(",");
  Serial.print("\t");
  Serial.print(stDev);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(" ");
  // Prints the distance on the Serial Monitor
  //Serial.print("Distance: ");
  //Serial.println(distance);
  // Serial.print(",");
  // Serial.println("\t");
  sum = 0;
  sumsq = 0;
  }
  imeas++;
}

int diff = val - ref;
absdiff = abs(diff);
if (absdiff < threshold) {
  phase = 0; //reset the phase
  if (diff > 0) ref += 1; //absorb slow drifts
  if (diff < 0) ref -= 1;
}

if (debug) {
  sum += diff;
  sumsq += long(diff) * long(diff);
  if (imeas % printfrac == 0) {
    float mean = float(sum) / printfrac;
    float rms = sqrt((float(sumsq) / printfrac) - pow(mean, 2.0));
    float min = float(mean) / printfrac;
    float max = float(diff) + min;

    float quarter = (max / 4);
    float setengah = (max / 2);
    float tigaperempat = ((max * 3) / 4);
    float stDev = sqrt(mean / float(SAMPLES));

    Serial.print(val);
    Serial.print(",");
    Serial.print("\t");
    Serial.print(absdiff);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(ref);
    Serial.print(",");
    Serial.print("\t");
    Serial.print(" ");
    if (diff < (-200)) {
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("terdeteksi logam");
    } else {
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("belum ada logam ");
    }
    Serial.print(diff);
    Serial.print(",");
    Serial.print("\t");
    Serial.print(mean);
    Serial.print(",");
    Serial.print("\t");
    Serial.print(rms);
  }
}

```

Gambar 5. 1 Pendefinisian pin pada program Arduino

Gambar 5. 2 Penampilan proses program pada Arduino Firmware DNN pada google Colaboratory

```

# Importing libraries
#define files
#define df
#define sns
#define heatmap
import pandas as pd
from google.colab import files
import io
import pylab as pl
import numpy as np
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn import preprocessing

upload = files.upload()

Choose Files No file chosen Upload widget
Saving databaru2023.csv to databaru2023.csv

# Read dataset
df = pd.read_csv( "databaru2023.csv" )
X = df.iloc[:, :-1].values #data
y = df.iloc[:, -1].values #class label

print(df.head(5))

# Splitting dataset into train and test set
from sklearn.model_selection import train_test_split
xtrain, xtest, ytrain, ytest = train_test_split(X, y, test_size = 0.40, random_state = 42 )

# Load Multi-layer Perceptron classifier model
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
model = MLPClassifier(
    hidden_layer_sizes=(50, 100, 200, 300, 200, 100, 50),
    activation = 'logistic', # 'identity', 'logistic', 'tanh', 'relu', 'softmax',
    solver='sgd', # 'lbfgs', 'sgd', 'adam', 'liblinear',
    alpha=0.001,
    learning_rate = 'adaptive',
    #learning_rate_init=0.005,
    verbose=100,
    random_state=42,
    max_iter=1000,
    early_stopping = False
)

print(model)

print("The confusion_matrix of training process...")
from sklearn.metrics import confusion_matrix
cm = confusion_matrix(ytrain, ypred)
print(cm)

The confusion_matrix of training process...
[[ 0  0  0  0  0  0 1488]
 [ 0  0  0  0  0  0 1211]
 [ 0  0  0  0  0  0 1492]
 [ 0  0  0  0  0  0 1449]
 [ 0  0  0  0  0  0 1503]
 [ 0  0  0  0  0  0 1506]
 [ 0  0  0  0  0  0 1551]]

# Validate process
print("[INFO] evaluating validate accuracy...")
acc_val = model.score(xtest, ytest)
print("The validate accuracy is: ", round(acc_val*100,2), "%")

[INFO] evaluating validate accuracy...
The validate accuracy is: 13.96 %

ypred_val = model.predict(xtest)

print("Text report with the main classification metrics for validate set....")
cr_val = classification_report(ytest, ypred_val)
print(cr_val)

Text report with the main classification metrics for validate set....
precision recall f1-score support

ALUMINIUM 0.00 0.00 0.00 1012
COPPER 0.00 0.00 0.00 789
IRON 0.00 0.00 0.00 1080
NICKEL 0.00 0.00 0.00 1051
NO_METAL 0.00 0.00 0.00 997
PLATINIUM 0.00 0.00 0.00 994
SILVER 0.14 1.00 0.24 949

print("Text report with the main classification metrics for train set...")
from sklearn.metrics import classification_report
cr = classification_report(ytrain, ypred)
print(cr)

Text report with the main classification metrics for train set...
/usr/local/lib/python3.8/dist-packages/sklearn/metrics/_classification.py:134
_warn_prf(average, modifier, msg_start, len(result))
/usr/local/lib/python3.8/dist-packages/sklearn/metrics/_classification.py:134
_warn_prf(average, modifier, msg_start, len(result))
precision recall f1-score support

ALUMINIUM 0.00 0.00 0.00 1488
COPPER 0.00 0.00 0.00 1211
IRON 0.00 0.00 0.00 1492
NICKEL 0.00 0.00 0.00 1449
NO_METAL 0.00 0.00 0.00 1503
PLATINIUM 0.00 0.00 0.00 1506
SILVER 0.15 1.00 0.26 1551

accuracy
macro avg 0.02 0.14 0.04 10200
weighted avg 0.02 0.15 0.04 10200

```

Gambar 5. 3 Tampilan secara keseluruhan pemrosesan data DNN

**LEMBARAN PERNYATAAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Randrianirina Leonel Juliano

No.BP : 1911518001

Jurusan : S1 Teknik Komputer

Menyatakan bahwa telah melakukan pemeriksaan similarity dengan Turnitin dengan similarity index < 25%. Hal ini dapat dilihat pada lampiran yang saya sertakan Bersama surat ini.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat digunakan sebaik-baiknya.

Padang, 03 October 2023

Yang bertanda tangan,



Randrianirina Leonel Juliano

NIM: 1911518001

## LAMPIRAN TURNITIN

RANDRIANIRINA Leonel Juliano

### ORIGINALITY REPORT

<b>16%</b> SIMILARITY INDEX	<b>15%</b> INTERNET SOURCES	<b>3%</b> PUBLICATIONS	<b>5%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="https://repository.umsu.ac.id">repository.umsu.ac.id</a> Internet Source	<b>2%</b>
<b>2</b>	<a href="https://scholar.unand.ac.id">scholar.unand.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>3</b>	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<a href="https://repo.unand.ac.id">repo.unand.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	<a href="https://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<a href="https://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<a href="https://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<a href="https://repository.nusaputra.ac.id">repository.nusaputra.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>9</b>	<a href="https://chipset.fti.unand.ac.id">chipset.fti.unand.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>

# DAFTAR RIWAYAT HIDUP (CURICULUM VITAE)



## DATA PRIBADI

NAMA : RANDRIANIRINA LEONEL JULIANO  
 NAMA PANGGILAN : LEONEL  
 ALAMAT : ASRAMA UNAND  
 KODE POST : 25163  
 NOMOR HANDPHONE : ( +6283802280528 )  
 EMAIL : randrianirinaleoneljuliano@gmail.com  
 JENIS KELAMIN : LAKILAKI  
 TEMPAT TANGGAL LAHIR : ANJANAHARY / 14 JULY 1998  
 WARGA NEGARA : MADAGASCAR  
 AGAMA : KRISTEN  
 GOLONGAN DARAH : -  
 JUDUL TUGAS AKHIR:

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI LOGAM MENGGUNAKAN  
METODE DEEP NEURAL NETWORK (DNN) BERBASIS  
MIKROKONTROLER**

## RIWAYAT PENDIDIKAN

Periode			Sekolah / Institusi / Universitas
2009	-	2010	Public Primary School (CEPE)/EPP Ambohipo Madagascar
2013	-	2014	Junior High School BEPC,/ CEG Ambohipo Madagascar
2016	-	2017	High School diploma (BACC), Section C/ Lycee St Pierre canisuis Ambohipo
2019	-	2023	JURUSAN SISTEM KOMPUTER, FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI, UNIVERSITAS ANDALAS

## PENGALAMAN BERORGANISASI DAN PEKERJAAN

2. Internship at the Ministry of Communication and Information in Indonesia (17th January-17th February)
3. Contributed the task provide by the international office of Andalas University
4. Participated in a different conference and webinar (MC)
5. Participated in a culture class Goes to Campus : "culture-based welfare development" organized by Leon Agusta Institute (15th November 2019)
6. Participated in a student management skills training organized by the Faculty of Information Technology at Unand (21st, 22nd, 28th September 2019)
7. Participated in International Darmasiswa Program (2018-2019)

8. Participated in a Leadership International event: "Leadership Strategy in a Millennial Era" (29th October 2019)
9. Participated in a general event program degree explained by a professor from National University of Singapore and An Giang University (04th October 2019)

## KEMAMPUAN BAHASA DAN KOMPUTER

Bahasa :

1. Bahasa Indonesia
2. Bahasa Inggris
3. Bahasa Perancis
4. Bahasa Jerman

Komputer

1. Microsoft Windows & Applications (Excel, Word, Power Point)
2. Market Analyst, Call center representative, Sales representative and distributor ,

