

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Pada tahun 2018 “Rancang Bangun Dispenser Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Atmega2560”. Pada penelitian ini menggunakan sensor jarak SF-04 sebagai *input* pendeteksi wadah atau gelas. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Atmega2560 sebagai otak pengendalian dan pengolahan data dari sensor jarak HC-SR04. Alat yang dibuat bekerja dengan baik dalam mempermudah dalam pengambilan air [10].

Pada tahun Tahun 2020 Penerapan *Artificial Intelligence* (AI) Terhadap Seorang Penyandang Disabilitas Tunanetra. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa *Artificial Intelligence* dapat membantu pekerjaan manusia dalam kegiatan sehari-hari khususnya tunanetra, disini dijelaskan bahwa penerapan AI yang bisa diterapkan pada penyandang tunanetra yaitu *voice recognition*. *Voice recognition* dapat membantu tunanetra khususnya pada alat elektronik. Prinsip kerja *voice recognition* yaitu menerima *inputan* dalam bentuk suara yang dijadikan *output* perintah yang diinginkan [11].

Pada tahun 2021 “Rancang Bangun Dispenser Otomatis Untuk Tunanetra Berbasis Microcontroller”. Pada penelitian ini dibuat sebuah dispenser otomatis untuk tunanetra, tetapi pada rancang bangun ini belum menggunakan perintah suara. Sensor yang digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai deteksi gelas. Ketika gelas didekatkan pada dispenser dalam jarak yang telah ditentukan, air keluar sesuai dengan program yang diinginkan [12].

2.2 Tunanetra

Tunanetra adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi dimana seseorang mengalami kelainan atau gangguan pada indra penglihatannya. Berdasarkan tingkat keparahan kelainannya, tunanetra dibagi menjadi dua kelompok, yaitu individu yang mengalami kebutaan total (*blind*) dan individu yang masih mempunyai sisa kemampuan penglihatan (*low vision*). Selain itu,

tunanetra juga dapat diklasifikasikan berdasarkan waktu terjadinya, seperti tunanetra sejak lahir dan tunanetra setelah lahir, serta berdasarkan kondisi kemampuan daya penglihatan, seperti tunanetra ringan, tunanetra agak berat, dan tunanetra berat.

Ketunanetraan yang terjadi sejak lahir biasanya disebabkan oleh faktor keturunan atau gangguan pertumbuhan dalam kandungan. Sementara itu, ketunanetraan yang terjadi setelah kelahiran bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kerusakan pada mata atau saraf mata pada waktu hamil dan kelahiran, penyakit ibu saat hamil, seperti *gonore* atau penyakit mata lain seperti *trakoma*, dan akibat kecelakaan.

Tunanetra juga dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kelainan pada mata, seperti *miopia* (rabun jauh), *hipermetropi* (rabun dekat), dan *astigmatisme* (kelainan bentuk kornea). Oleh karena itu, penting bagi seseorang untuk menjaga kesehatan mata mereka dan melakukan pemeriksaan secara berkala, terutama jika memiliki riwayat keluarga yang mengalami ketunanetraan atau jika mengalami gejala-gejala yang merujuk pada kelainan mata [13].

2.3 Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC)

MFCC adalah metode ekstraksi ciri yang mengubah sinyal suara menjadi serangkaian koefisien cepstrum yang merepresentasikan karakteristik suara. Proses MFCC dimulai dengan mengambil sinyal suara dan membaginya menjadi beberapa frame kecil yang masing-masing dihitung spektrum dayanya. Selanjutnya, dilakukan transformasi mel-frekuensi untuk mengubah spektrum daya menjadi skala logaritmik yang lebih mendekati cara pendengaran manusia dalam memproses suara. Setelah itu, dilakukan transformasi cepstrum pada setiap frame untuk menghilangkan informasi spektrum yang tidak relevan, seperti faktor lipatan dan resonansi dalam suara. Akhirnya, dilakukan pemilihan koefisien cepstrum tertentu sebagai fitur utama dari sinyal suara yang dihasilkan. Fitur-fitur tersebut dapat digunakan sebagai masukan dalam model pengenalan suara seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) [14].

Pre-emphasis

Setelah proses sampling pada pengolahan sinyal wicara, diperlukan *pre-emphasis* filter. Tujuannya adalah untuk memperhalus bentuk spektral frekuensi sinyal wicara. Bentuk spektral yang relatif tinggi di daerah rendah cenderung menurun secara drastis untuk daerah frekuensi di atas 2000 Hz. Pre-emphasis filter bergantung pada hubungan *input/output* dalam domain waktu yang dinyatakan dalam persamaan (2.1).

$$y(n) = x(n) - ax(n-1) \quad (2.1)$$

Di mana a merupakan konstanta filter *pre-emphasis*, biasanya bernilai $0.9 < a < 1.0$.

Frame Blocking

Dalam proses ini, sinyal audio dipotong menjadi beberapa *frame* yang tumpang tindih. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak ada bagian sinyal yang hilang. Proses ini dilanjutkan hingga seluruh sinyal dimasukkan ke dalam satu atau lebih *frame*, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. 1 Ilustrasi *frame blocking* pada sinyal suara

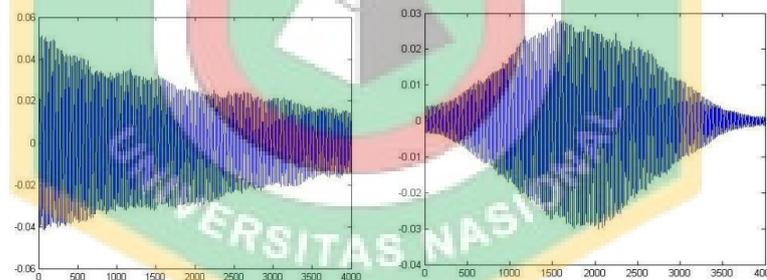
Windowing

Sinyal analog yang sudah diubah menjadi sinyal digital dibaca *frame* demi *frame* dan pada setiap *frame*-nya dilakukan *windowing* dengan fungsi *window* tertentu. Proses *windowing* bertujuan untuk meminimalisasi ketidakberlanjutan sinyal pada awal dan akhir setiap *frame*. Jika kita definisikan *window* sebagai $w(n)$, $0 \leq n \leq N - 1$, di mana N adalah jumlah sampel pada setiap *frame*-nya, maka hasil dari *windowing* adalah sinyal.

$$y_1(n) = x_1(n)w(n), 0 \leq n \leq N - 1 \quad (2.2)$$

Di mana $w(n)$ biasanya menggunakan *window Hamming* yang memiliki bentuk pada persamaan (2.3).

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2\pi n}{N-1}, 0 \leq n \leq N - 1 \quad (2.3)$$



(a) Sebelum *windowing* (b) Setelah *windowing*

Gambar 2. 2 Ilustrasi proses *windowing* [15]

Fast Fourier Transform (FFT)

FFT merupakan fast algorithm dari *Discrete Fourier Transform* (DFT) yang berguna untuk mengonversi setiap *frame* dengan N sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi, sebagaimana didefinisikan pada persamaan (2.4).

$$X_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_k e^{-2\delta jkn/N} \quad (2.4)$$

Di mana $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ dan $j = \sqrt{-1}$

Mel-Frequency Wrapping

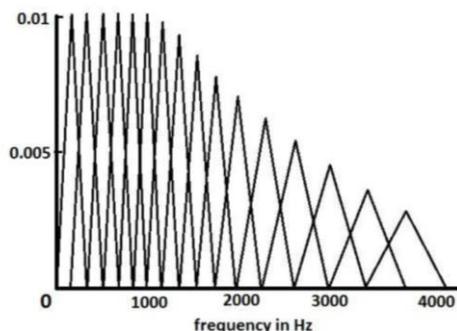
Persepsi sistem pendengaran manusia terhadap frekuensi sinyal suara tidak dapat diukur dalam skala *linear*. Untuk setiap nada dengan frekuensi aktual, f , diukur dalam Hz, sebuah *subjective pitch* diukur dalam sebuah skala yang disebut “*mel*”. Skala *mel-frequency* ialah sebuah frekuensi rendah yang bersifat *linear* di bawah 1000 Hz dan sebuah frekuensi tinggi yang bersifat logaritmik di atas 1000 Hz. Persamaan (2.5) menunjukkan hubungan skala *mel* dengan frekuensi dalam Hz.

$$F_{mel} = \begin{cases} 2595 * \log_{10} \left(1 + \frac{F_{HZ}}{700} \right), & F_{HZ} > 1000 \\ F_{HZ}, & F_{HZ} < 1000 \end{cases} \quad (2.5)$$

Proses *wrapping* terhadap sinyal dalam domain frekuensi dilakukan menggunakan persamaan (2.6).

$$X_i = \log_{10} \left(\sum_{k=0}^{N-1} X(k) | H_i(k) \right) \quad (2.6)$$

dimana $i = 1, 2, 3, \dots, M$ (M adalah jumlah filter segitiga) dan $H_i(k)$ adalah nilai filter segitiga ke- i untuk frekuensi akustik sebesar k .



Gambar 2. 3 Filter frekuensi “*mel*” [16]

Cepstrum

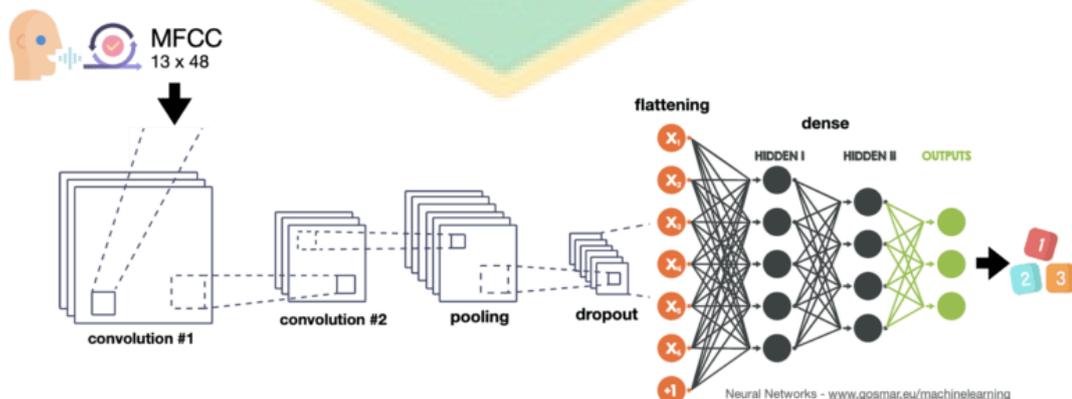
Pada tahap ini akan dikonversi *mel-spectrum* ke dalam domain waktu dengan menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT). Hasilnya disebut dengan *mel-frequency cepstrum coefficient* (MFCC). Persamaan (2.7) adalah persamaan yang digunakan dalam transformasi cosinus.

$$C_j = \sum_{i=1}^M X_i \cos \left(j(i-1) / 2 \frac{\pi}{M} \right) \quad (2.7)$$

dimana $j = 1, 2, 3, \dots, K$ (K adalah jumlah koefisien yang diinginkan) dan M adalah jumlah filter.

2.4 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan sebuah jenis arsitektur jaringan syaraf tiruan (neural network) yang terutama digunakan dalam pengolahan citra dan pengenalan pola. CNN umumnya terdiri dari beberapa lapisan konvolusi (*convolutional layers*), lapisan *pooling* (*pooling layers*), dan lapisan fully connected. CNN bekerja dengan melakukan konvolusi pada gambar masukan dengan filter atau kernel untuk menghasilkan fitur-fitur yang lebih abstrak. Setiap lapisan konvolusi akan mengekstrak fitur-fitur yang semakin kompleks, sehingga pada akhirnya dapat dilakukan pengenalan objek pada gambar.



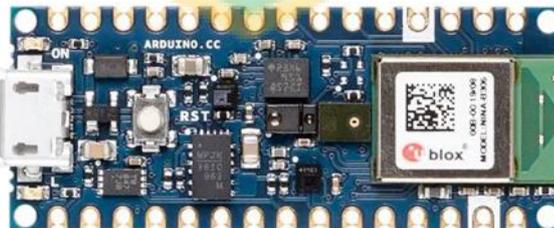
Gambar 2. 4 Convolutional Neural Network [17]

Aplikasi CNN sangat luas, mulai dari pengenalan objek pada citra medis, deteksi wajah pada pengenalan identitas, hingga pengenalan bahasa alami pada asisten virtual. Salah satu contoh aplikasi CNN yang sedang populer saat ini adalah pengenalan citra pada kendaraan otonom (*self-driving car*). Dalam hal ini, CNN digunakan untuk mendeteksi jalan, pejalan kaki, kendaraan, dan objek-objek lainnya di sekitar mobil otonom.

Selain itu, CNN juga dapat digunakan dalam pengenalan suara. Dalam kasus *smart* dispenser yang telah dibuat, CNN digunakan untuk mengklasifikasikan suara perintah yang diberikan oleh pengguna, sehingga dispenser dapat mengisi air sesuai dengan perintah yang diberikan. Dalam hal ini, CNN akan melatih model untuk mengenali berbagai jenis suara manusia yang berbeda, termasuk suara pengguna dengan kondisi suara yang berbeda-beda, seperti suara serak atau suara yang tidak jelas.

2.5 Arduino Nano BLE 33 Sense

Arduino Nano adalah sebuah perangkat mikrokontroler yang dapat menjalankan *Artificial Intelligence* (AI) dengan menggunakan *TinyML* and *Tensorflow Lite*. Ini dibangun di atas mikrokontroler nRF52840 dan berjalan di Arm® Mbed™ OS. Nano 33 BLE Sense tidak hanya menampilkan kemungkinan untuk terhubung melalui Bluetooth® *Low Energy* tetapi juga dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi warna, kedekatan, gerakan, suhu, kelembapan, audio, dan lainnya.



Gambar 2. 5 Arduino Nano 33 BLE Sense [18]

Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Nano 33 BLE *Sense* yang tertuang dalam Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Nano 33 BLE *Sense*

Microcontroller	nRF52840
Operating Voltage	3.3V
<i>Input Voltage</i> (limit)	21V
DC Current per I/O Pin	15 mA
Clock Speed	64MHz
CPU Flash Memory	1MB (nRF52840)
SRAM	256KB (nRF52840)
EEPROM	none
Digital <i>Input / Output</i> Pins	14
PWM Pins	all digital pins
UART	1
SPI	1
I2C	1
Analog <i>Input</i> Pins	8 (ADC 12 bit 200 ksamples)
Analog <i>Output</i> Pins	Only through PWM (no DAC)
External Interrupts	all digital pins
LED_BUILTIN	13
USB	Native in the nRF52840 Processor
IMU	LSM9DS1
<i>Microphone</i>	MP34DT05
Gesture, light, proximity	APDS9960
Barometric pressure	LPS22HB
Temperature, humidity	HTS221
Length	45 mm
Width	18 mm
Weight	5 gr (with headers)

2.6 Microphone MP34DT05

MP34DT05 adalah mikrofon *digital omnidirectional* MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*) yang dirancang untuk digunakan dalam aplikasi di mana dibutuhkan mikrofon yang ringkas dan memiliki profil rendah. Mikrofon ini memiliki preamplifier bawaan yang menyediakan sinyal *output digital pulse density modulated* (PDM), sehingga mudah dihubungkan dengan prosesor sinyal *digital* (DSP) atau mikrokontroler.



Gambar 2.6 Microphone MP34DT05 [19]

MP34DT05 memiliki rentang respons frekuensi 20 Hz hingga 20 kHz, dan sensitivitas $-26 \text{ dBFS} \pm 3 \text{ dBFS}$. Mikrofon ini memiliki rasio sinyal-ke-bising (SNR) sebesar 61 dB, dan level tekanan suara maksimum (SPL) sebesar 120 dB. Mikrofon ini kecil, dengan ukuran hanya 3,04 mm x 4,72 mm x 1,25 mm, dan memiliki konsumsi daya rendah sebesar 150 μA .

Mikrofon ini umumnya digunakan dalam *smartphone*, tablet, laptop, speaker pintar, dan perangkat portabel lainnya di mana diperlukan mikrofon berkualitas tinggi dalam faktor bentuk yang kecil. Mikrofon ini juga cocok untuk digunakan dalam aplikasi industri, seperti sistem otomatisasi rumah yang berbasis suara, sistem keamanan, dan perangkat pintar lainnya.

2.7 Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar 2. 6 Ultrasonik HC-SR04 [20]

Sensor ultrasonik adalah perangkat elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gelombang suara ultrasonik. Sensor ini terdiri dari pemancar ultrasonik yang berfungsi untuk mengirimkan gelombang ultrasonik dan penerima ultrasonik yang berfungsi untuk menerima gelombang yang dipantulkan. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur gelombang ultrasonik yang merupakan gelombang mekanik dengan panjang gelombang yang biasanya lebih dari 20 kHz [21]. Gelombang ultrasonik dapat ditimbulkan melalui padatan, cairan, atau gas. Suara ultrasonik merupakan gelombang suara yang memiliki frekuensi yang sangat tinggi yaitu sekitar 20.000 Hz, sehingga tidak dapat didengar oleh telinga manusia namun dapat didengar oleh hewan seperti anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Gelombang suara ultrasonik dapat merambat melalui padatan, cairan, dan gas dengan reflektivitas yang setara pada lapisan luar padatan dan cairan.

2.8 Relay

Relay yaitu sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus listrik. Pada sebuah inti *relay* terdapat kumparan tegangan rendah yang dililitkan. Apabila arus listrik mengalir melewati kumparan maka armatur besi akan tertarik menuju ke inti *relay*. Armatur besi tersebut terpasang pada sebuah tuas berpegas. Pada saat armatur besi tertarik menuju ke inti *relay*, kontak jalur bersama akan merubah posisinya dari kontak *normally closed* menjadi kontak *normally open*. Dalam rangkaian elektronika, diperlukannya *relay* yaitu sebagai eksekutor dan juga *interface* antara sistem kendali elektronik yang berbeda sistem catu dayanya

dengan beban. Saklar dengan electromagnet *relay* secara fisik terpisah, sehingga antara sistem control dengan beban terpisah.



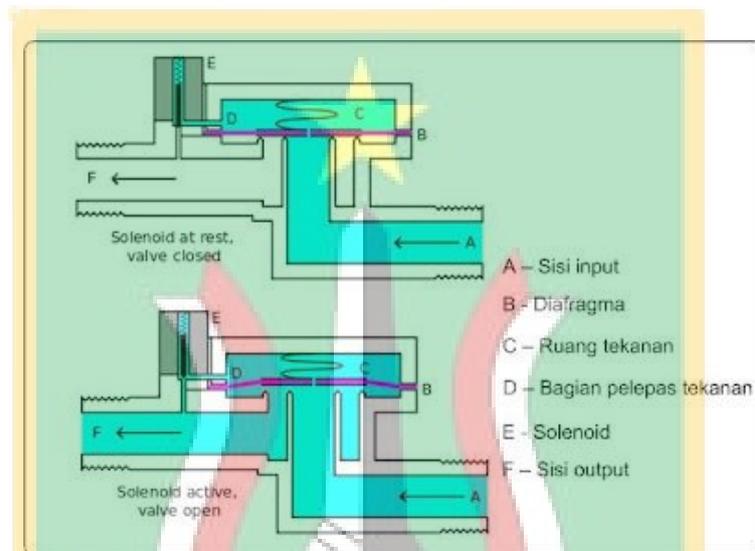
Gambar 2. 7 Modul *Relay* 4 Channel [22]

Relay dapat digunakan sebagai pengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau dengan beban lain yang sumber tegangannya berbeda antara tungan beban dan tegangan rangkaian kontrol. Contoh lain penggunaan *relay* yaitu sebagai kontrol ON / OFF beban dengan sumber tegangan berbeda. Kemudian sebagai selektor (pemilih hubungan), dapat juga dijadikan eksekutor pada rangkaian *delay* atau rangkaian tunda. Serta sebagai protektor atau pemutus arus untuk kondisi tertentu [23].

2.9 Solenoid Valve 12 V

Solenoid Electronic Valve 12 Volt DC merupakan katup yang digerakkan oleh energi listrik melalui *solenoid valve* yang memiliki kumparan sebagai penggerakannya. Fungsinya untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC. Katup *solenoid valve* memiliki lubang keluaran, lubang inlet dan lubang knalpot. Lubang masukan digunakan sebagai terminal atau posisi untuk masuk atau suplai udara tekan (*service unit*), sedangkan lubang keluaran digunakan untuk menghubungkan tekanan angin ke terminal atau *outlet* alat pneumatik dan lubang buang digunakan untuk mengeluarkan udara tekan yang terperangkap saat *plunger* bergerak pada saluran maupun mengubah posisi saat katup *solenoid* pneumatik bekerja. Katup *solenoid* adalah elemen kontrol yang paling umum digunakan di jet dan mobil balap (*drag race*). Fungsi dari *solenoid*

valve pada keran otomatis adalah untuk memutus, melepaskan, mengukur dan mendistribusikan air dari sensor infra merah menuju ke *electronic valve*. Prinsip kerja *solenoid valve* adalah katup elektrik yang digerakkan oleh sebuah kumparan. Ketika kumparan menerima daya maka kumparan tersebut akan berubah menjadi medan magnet, sehingga kumparan piston akan dipindahkan ke dalam. Ini memiliki tegangan kerja 100/200 VAC, tetapi beberapa memiliki tegangan kerja DC [24].



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja *Solenoid Electric Valve* [25]

Solenoid Electronic Valve pada dasar perancangannya untuk keran otomatis ialah berfungsi sebagai suatu katup otomatis yang bisa membuka dan menutup saluran air secara kompleks dan praktis dibanding dengan membuka dan menutup gagang keran manual, maka dengan kepraktisan dan kecanggihannya ada suatu mikrokontroler yang mengontrol melalui *relay* dimana kapan harus ON atau OFF. Pemasangan *solenoid electronic valve* sangatlah mudah sehingga tidak membutuhkan teknisi khusus untuk memasangnya bahkan semua orang bisa untuk memasang alat ini dan ditambah dengan menggunakan daya listrik yang sangat kecil sehingga bisa menghemat listrik juga akan pemakaiannya. 5 *solenoid* ini merupakan kombinasi dari dua unit yang memiliki fungsi masing - masing yaitu :

- *Solenoid Electronic* terdiri dari koil yang berkumparan.
- *Valve* merupakan suatu katup yang memiliki fungsi dimana pada saat *solenoid* teraliri listrik maka katup akan membuka atau menutup dengan sendirinya.[26]



Gambar 2. 9 Solenoid Electric Valve 12 V DC [27]

2.10 Buzzer



Gambar 2. 10 Buzzer [28]

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Cara kerjanya hampir sama dengan loudspeaker, yaitu terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar tergantung arah arus dan polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma, setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik, menghasilkan udara yang bergetar dan menghasilkan suara. *Buzzer* menghasilkan suara monofonik yang sederhana, berbeda dengan speaker yang dapat mengeluarkan suara yang lebih variatif dan polifonik. *Buzzer* yang digunakan biasanya adalah *buzzer* aktif yang diukur berdasarkan High dan Low-nya saja, sedangkan *buzzer* pasif diukur berdasarkan frekuensinya.

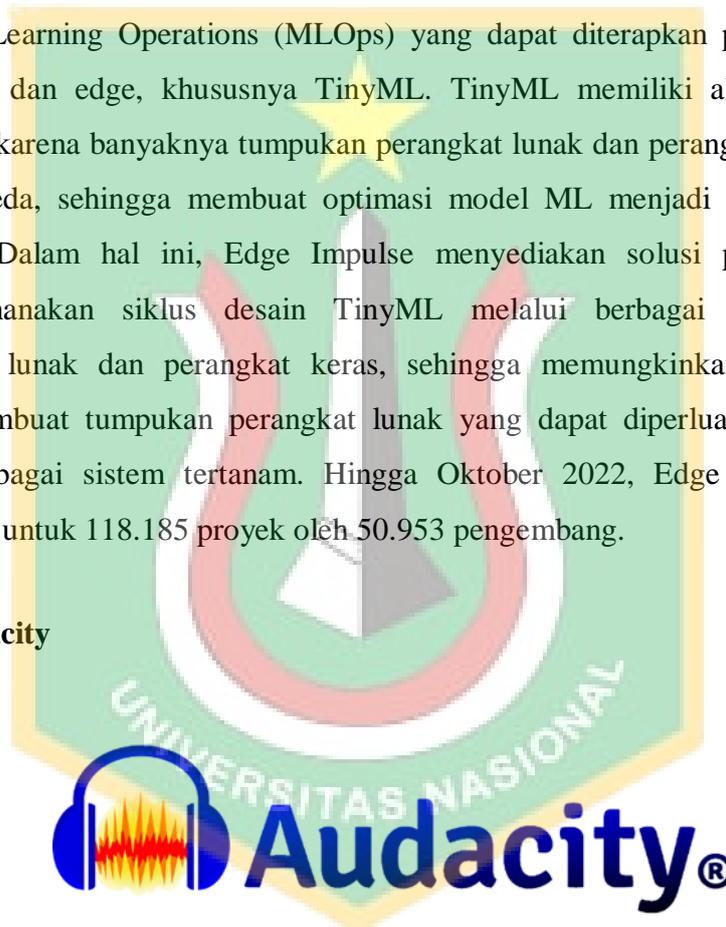
2.11 Software Edge Impulse



Gambar 2. 11 Software Edge Impulse [29]

Edge Impulse adalah platform berbasis cloud untuk mengembangkan sistem Machine Learning Operations (MLOps) yang dapat diterapkan pada perangkat embedded dan edge, khususnya TinyML. TinyML memiliki alur kerja yang kompleks karena banyaknya tumpukan perangkat lunak dan perangkat keras yang berbeda-beda, sehingga membuat optimasi model ML menjadi sulit dan tidak portabel. Dalam hal ini, Edge Impulse menyediakan solusi praktis dengan menyederhanakan siklus desain TinyML melalui berbagai pengoptimalan perangkat lunak dan perangkat keras, sehingga memungkinkan pengembang untuk membuat tumpukan perangkat lunak yang dapat diperluas dan portabel untuk berbagai sistem tertanam. Hingga Oktober 2022, Edge Impulse telah digunakan untuk 118.185 proyek oleh 50.953 pengembang.

2.12 Audacity



Gambar 2. 12 Software Audacity [30]

Audacity adalah sebuah program pengolah audio digital yang gratis dan open-source. Program ini berfungsi untuk merekam, mengedit, dan mengolah suara atau musik pada komputer. Audacity dapat digunakan untuk mengedit berbagai jenis file audio, termasuk file MP3, WAV, dan AIFF. Beberapa fitur editing yang dapat dilakukan pada Audacity antara lain memotong, menggabungkan, menambahkan efek, dan merekam suara langsung dari *input* audio komputer. Audacity tersedia

untuk berbagai platform, seperti Windows, Mac, dan Linux. Program ini sering digunakan oleh para musisi, insinyur suara, dan pengguna umum yang membutuhkan alat pengolahan audio yang mudah digunakan dan gratis.

