

Implementasi Metode Convolutional Neural Network Pada Pengenalan Aksara Bali Berbasis Game Edukasi

I Gusti Ngurah Anom Cahyadi Putra¹, I Kadek Agus Andika Putra², Ida Bagus Gede Dwidasmara³ |
Made Widiartha⁴, Ngurah Agus Sanjaya ER⁵, I Putu Gede Hendra Suputra⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali 80361, Indonesia

e-mail: anom.cp@unud.ac.id¹, dexandika19@gmail.com², dwidasmara@unud.ac.id³
mawidiartha@unud.ac.id⁴, agus_sanjaya@unud.ac.id⁵, hendra.suputra@unud.ac.id⁶

Received : January, 2023

Accepted : April, 2023

Published : April, 2023

Abstract

Balinese script or also known as *hanacaraka*, is the writing used by Balinese people to write their language. In general, this script is used to write everyday language and literary language. Balinese script in the past was not only used for writing literature or sacred texts but also for writing everyday language. Balinese script plays an important role in literary writing. The sacred text of the Vedas uses Balinese script in the Sanskrit language. In preserving the Balinese script, itself, Balinese script lessons are mandatory for students from elementary school to high school. In addition to studying at school, interesting learning is certainly needed to attract students' interest. One way is by way of game applications or educational games. This Balinese script recognition application receives input in the form of Balinese script writing characters from the user, then it will be processed by preprocessing and continued with the classification training process using the Convolutional Neural Network (CNN) and Backpropagation methods. The result is a web-based application that can recognize Balinese script writing with the CNN classification method with an accuracy rate of 81.3% and gets a positive response from respondents who have tested the application.

Keywords: Balinese script, CNN, Backpropagation, Educational Games

Abstrak

Aksara Bali atau yang dikenal juga sebagai *hanacaraka*, adalah tulisan yang digunakan oleh orang Bali untuk menyuratkan bahasa mereka. Aksara Bali pada masa lampau selain digunakan untuk menulis sastra atau kitab suci, juga digunakan dalam menulis Bahasa sehari-hari. Aksara Bali mempunyai peranan yang penting dalam hal penulisan sastra. Kitab suci Weda menggunakan aksara Bali dalam Bahasa Sansekerta. Dalam melestarikan aksara Bali sendiri, pelajaran aksara Bali sudah diwajibkan bagi siswa mulai dari Sekolah Dasar sampai dengan Sekolah Menengah Atas. Selain belajar di sekolah, pembelajaran yang menarik tentu dibutuhkan untuk menarik minat siswa. Salah satu caranya ialah dengan cara aplikasi permainan atau game edukasi. Aplikasi pengenalan aksara Bali ini menerima masukan berupa karakter tulisan aksara Bali dari pengguna, lalu akan diproses dengan preprocessing dan dilanjutkan dengan proses pelatihan klasifikasi dengan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan Backpropagation. Hasilnya adalah aplikasi berbasis web yang untuk mempelajari tulisan aksara Bali dengan algoritma klasifikasi CNN dengan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 81,3% dan mendapatkan respon yang positif dari responden yang sudah menguji aplikasinya.

Kata Kunci: Aksara Bali, CNN, Backpropagation, Game Edukasi

1. PENDAHULUAN

Aksara Bali juga digunakan dalam penulisan Bahasa Bali. Aksara Bali atau yang dikenal juga sebagai *hanacaraka*, adalah tulisan yang digunakan oleh orang Bali untuk menyuratkan bahasa mereka. Aksara Bali juga digunakan dalam penulisan bahasa sangsekerta dimana aksara Bali yang biasa dipakai dalam menyurat lontar, bahasa sangsekerta atau lainnya ialah aksara *Wyanjana* yang berjumlah 18 karakter, namun jika pada kehidupan sehari-hari jumlah dari karakter hurufnya melebihi 18 [1]. *Aksara Bali pada masa lampau selain digunakan untuk menulis sastra atau kitab suci, juga digunakan dalam menulis Bahasa sehari-hari. Aksara Bali mempunyai peranan yang penting dalam hal penulisan sastra. Kitab suci Weda menggunakan aksara Bali dalam Bahasa Sansekerta*

Bahasa Bali sendiri digunakan sebagian besar orang Bali dalam berkomunikasi baik di keluarga, sekolah maupun lingkungan masing-masing. Begitu pula dengan aksara Bali, aksara Bali sendiri tentunya haruslah tetap dilestarikan sebagaimana diatur dalam Peraturan Gubernur tahun 2018 BAB IV Pasal 6, dimana aksara Bali wajib digunakan pada tempat persembahyangan, lembaga adat, prasasti peresmian gedung, lembaga pemerintahan dan swasta, jalan, sarana pariwisata dan fasilitas umum lainnya.

Pada zaman sekarang pun aksara Bali menjadi pelajaran wajib bagi siswa mulai dari Sekolah Dasar sampai dengan Sekolah Menengah Atas. Namun belum tentu pelajaran yang diajarkan sedari Sekolah Dasar membuat siswa mengerti dengan tepat atau cermat tentang pembelajaran tersebut, terkhusus nya aksara Bali, aksara Bali terbilang cukup sulit untuk dimengerti atau dipelajari dikarenakan aksara Bali memiliki banyak jenis kondisi penggunaannya dan haruslah sesuai [1]. Hal itu berarti dalam pemikiran anak-anak sendiri aksara Bali sangatlah susah untuk dipahami lebih lanjut dikarenakan struktur dan cara pembelajaran yang kurang menarik. Penulis sendiri pun mengaku bahwa pada masa-masa persekolahan dahulu sangatlah susah untuk memahami secara mendalam bagaimana aksara Bali itu sendiri.

Pengenalan aksara Bali sangatlah penting tentunya untuk kedepannya, dimana aksara Bali

digunakan disegala bidang dalam kegiatan di Bali sendiri. Cara pengenalan dituntut agar lebih menarik minat-minat para siswa, salah satu caranya ialah dengan Game Edukasi yang Berbasis Website, dimana tentunya anak-anak pada zaman sekarang sangatlah tertarik dengan sebuah game. Proses pembelajaran dengan game dapat menarik minat terhadap suatu topik pembelajaran,

Pada tahun 2020 Briliantio dkk. melakukan penelitian yang menerapkan metode *Convolution Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi tulisan tangan pada aplikasi pembelajaran Aritmatika. Dalam penelitian tersebut peneliti menyimpulkan bahwa penggunaan CNN dalam proses mengenali dan mengklasifikasikan pola tulisan tangan memiliki tingkat akurasi yang tinggi yakni 95,36%

Berdasarkan penelitian diatas yang mengenali sebuah karakter dengan menggunakan metode CNN yang memiliki akurasi tinggi. Penulis sendiri bermaksud untuk meneliti bagaimana penggunaan 2 metode yakni CNN dan pelatihan *Backpropagation* dalam mengenali tulisan karakter aksara Bali. Penulis akan menguji apakah penggunaan metode CNN dengan pelatihan *Backpropagation*, jika digunakan untuk mengenali tulisan dapat menghasilkan presentase hasil yang baik.

1.1 TINJAUAN PUSTAKA

1.1.1 Aksara Bali

Aksara Bali atau yang dikenal juga sebagai *hanacaraka*, adalah tulisan yang digunakan oleh orang Bali untuk menyuratkan bahasa mereka. Bahasa Bali sendiri dapat dituliskan ke dalam dua jenis simbol yakni tulisan Bali dan tulisan Bali latin, dimana tulisan Bali mempunyai hubungan yang erat dengan aksara Bali. Keputusan pasamuhan agung mengatakan bahwa ejaan dalam bahasa Bali dan latin haruslah bersesuaian dengan ejaan bahasa Indonesia yakni [2]:

- a. Ejaan harus dibuat sesederhana mungkin.
- b. Ejaan harus fonetik, artinya haruslah mendekati ucapan yang benar.

Lalu berdasarkan hal tersebut, maka ditetapkan dalam menuliskan bahasa Bali dengan huruf latin haruslah seperti disebutkan dibawah ini:

- a. Aksara suara (vokal): a, e, i, u, e, o (berjumlah 6 buah, dimana vokal e sudah diubah dan berjumlah 2 buah yaitu, pepet dan taling)
- b. Aksara wianjana (konsonan): h, n, c, r, k, d, t, s, w, l, m, ng, p, g, b, j, y, ny (berjumlah 18 buah) [2].

1.1.2 Game Edukasi

Game edukasi merupakan sebuah pembelajaran alternatif yang dikemas dalam sebuah hiburan game. Game tidak hanya merupakan suatu hiburan semata, namun game juga dapat digunakan untuk memberikan pelajaran dan menambah pengetahuan tentunya berbeda dengan pelajaran dalam sekolah. Pembelajaran yang didapatkan didalam game terbilang cukup sukses membuat orang-orang tertarik dikarenakan tidak monoton. Game edukasi sendiri dibuat dengan tujuan sebagai alat pendidikan seperti belajar mengeja, menulis, mengenal angka dan huruf dan masih banyak jenisnya.

1.1.3 Citra

Citra ialah suatu bilangan, dari segi estetika, citra merupakan perpaduan dari berbagai warna yang bisa dilihat, memiliki pola, berbentuk abstrak dan lainnya [3]. Citra sendiri memiliki berbagai jenis warna, diantaranya RGB, *Grayscale*, dan Biner.

- a. Citra RGB (*Red-Green-Blue*) sendiri adalah citra berwarna, dimana pada setiap pikseknya memiliki 3 komponen warna utama, yakni *Red*, *Green*, dan *Blue*. Setiap warna baru akan tercipta dari perpaduan ketiga warna tersebut.
- b. Citra *grayscale* merupakan suatu citra dengan warna keabuan yang gradasi warna hitam putihnya menghasilkan efek warna abu-abu, dimana nilai intensitas paling rendah akan merepresentasikan warna hitam dan nilai instensitas tertinggi akan merepresentasikan warna putih.
- c. Citra biner merupakan citra yang hanya memiliki 2 komponen warna, yakni hitam dan putih. Suatu citra digital hanya memiliki 2 kemungkiann warna piksel, yakni hitam dan putih [4]. Maka dari itu ketika model memiliki warna RGB perlu dirubah menjadi warna biner

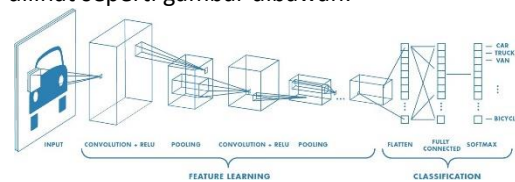
agar mempermudah tahan *preprocessing* dan klasifikasinya.

1.1.4 Normalisasi

Normalisasi merupakan proses atau cara dalam melakukan *preprocessing* citra, dimana normalisasi dilakukan di tahap awal sebelum ke tahap proses pengenalan. Normalisasi dilakukan dengan tujuan menyesuaikan data citra input dengan data citra pada basis data. [5].

1.1.5 Convolution Neural Network (CNN)

Convolution Neural Network (CNN) ialah suatu jenis dari *neural network* yang digunakan untuk mendeteksi ataupun mengenali suatu objek pada *image* atau gambar. Cara kerja dari CNN memiliki kesamaan dengan *Multi-Layer Perceptron* (MLP), namun dalam CNN setiap neuron dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP yang setiap neuron hanya berukuran satu dimensi [6]. CNN sendiri terdiri dari neuron yang mempunyai *weight*, bias dan fungsi aktifasi, dan tidak jauh beda dengan *neural network* lainnya [7]. Arsitektur dari *Convolution Neural Network* (CNN) dapat dilihat seperti gambar dibawah:



Gambar 1. Arsitektur CNN

[Sumber: Lorentius dkk, 2019]

- a. *Convolution Layer* merupakan salah satu jenis layer pada arsitektur jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang digunakan untuk memproses data berupa citra atau gambar. Convolution Layer ini menggunakan konsep operasi konvolusi pada matriks filter yang diterapkan pada data input untuk menghasilkan output[7]. Secara matematis, nilai fitur pada koordinat $[i, j]$ dari fitur k pada lapisan l , direpresentasikan sebagai berikut:

$$z_{i,j,k}^l = w_k^{lT} x_{i,j}^l + b_k^l \dots\dots\dots 1$$
- b. *Non-Linearity Layer* (ReLU Layer) berguna untuk memperkenalkan non-linearitas ke dalam jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*, ANN). Non-linearitas adalah fitur penting dalam pengolahan data karena kebanyakan data yang diolah tidak linear, yang

berarti tidak dapat direpresentasikan dengan garis lurus atau kurva yang sederhana[7]. Dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha^l = f(z^l) \dots\dots\dots 2$$

- c. *Pooling Layer* bekerja dengan cara mengambil nilai rata-rata atau maksimum dari sekelompok nilai yang terletak di dalam suatu area pada layer sebelumnya. Area tersebut disebut kernel atau filter, dan dapat berukuran 2x2 atau 3x3, tergantung pada kebutuhan dan arsitektur jaringan. Ada dua jenis pooling yang umum digunakan, yaitu Max Pooling dan Average Pooling. Max Pooling mengambil nilai maksimum dari setiap kernel [7]. Dengan rumus sebagai berikut :

$$p^l = \max_{i \in r} \alpha_i^l \dots\dots\dots 3$$

- d. Fungsi *softmax* digunakan untuk mencari hasil probabilitas , dengan rumus sebagai berikut: [8].

$$p_j^{(i)} = \frac{e^{z_j^{(i)}}}{\sum_{l=1}^K e^{z_l^{(i)}}} \dots\dots\dots 4$$

$p_j^{(i)}$ merupakan prediksi kelas ke-j dengan data *training* ke-i, K merupakan jumlah kelas pada y target, dan

$$z_l^{(i)} = w_j^T \alpha^{(i)} + b_j \dots\dots\dots 5$$

- e. *Cross Entropy Loss* merupakan metode yang digunakan dalam machine learning dan deep learning untuk mengukur seberapa baik model prediksi memetakan input ke output yang benar. Cross Entropy Loss digunakan terutama dalam permasalahan klasifikasi, di mana model berusaha untuk memprediksi kelas atau kategori yang tepat untuk setiap contoh data. Cross Entropy Loss menghitung perbedaan antara probabilitas prediksi model dan label kelas yang sebenarnya [9]. Dimana rumusnya ialah.

$$H(p, q) = - \sum_{i=1}^n p_i \log q_i \dots\dots\dots 6$$

- f. *Fully Connected Layer* merupakan perhitungan layer terakhir dalam CNN. Dimana pada Fully Connected Layer mengubah dimensi matrik menjadi satu dimensi sehingga membantu mempermudah perhitungan dalam melakukan klasifikasi [7].

1.1.6 Backpropagation

Backpropagation merupakan suatu metode penurunan gradien untuk meminimalisir suatu kuadrat error keluarannya, *backpropagation* memiliki 3 (tiga) tahapan utama dalam pelatihan sistemnya yakni tahap perambatan maju (*forward propagation*), tahap perambatan kebelakang atau balik (*backpropagation*), dan tahap perubahan bobot dan bias nya agar error yang didapatkan semakin mengecil [10].

Dalam *backpropagation* memiliki 3 fase pelatihan yang terdiri dari fase maju (*forward*), dimana pada fase maju disini *input*-an akan dihitung sesuai alur dari *layer* yakni menuju *hidden* dan akan mendapatkan hasilnya pada *output layer* dimana prosesnya menggunakan fungsi aktivasi yang digunakan. Lalu fase selanjutnya ialah fase mundur (*backward*), pada fase ini dilakukan dikarenakan keluaran yang kita inginkan dengan keluaran terbaru tidaklah sesuai atau memiliki selisih yang cukup tinggi, dan selisih yang terdapat merupakan suatu *error* dari sistem itu sendiri dan dengan adanya *error* maka proses akan diulang kembali dengan jalan mundur. Dan fase yang terakhir adalah perubahan bobot atau modifikasi bobot, pada perubahan bobot disini bertujuan untuk memperkecil *error* yang ada sehingga nantinya akan didapatkan keluaran sesuai ekspektasi.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan rancang bangun sistem, penulis akan menggunakan metode *Prototype*. Metode *prototype* ialah metode pengumpulan informasi spesifik secara tepat tentang kebutuhan informasi pengguna, metode ini sendiri berfokus kepada penyajian aspek perangkat lunak yang akan terlihat oleh pengguna [11].

2.1 Data Latih

Data latih merupakan kelompok data yang akan berfungsi untuk melatih arsitektur dari metode CNN. Data yang digunakan berjenis primer dan didapatkan dari 10 orang responden, dimana setiap orang akan menuliskan masing-masing aksara sebanyak 10 kali pada sebuah kertas. Dari 10 orang responden didapatkan jumlah data latih sebanyak 100 buah data per aksaranya dan karakter yang dikumpulkan berjumlah 23 karakter dimana, 18 karakter Aksara Wianjana dan 5 karakter Aksara Suara. Namun pada penerapannya digunakan data sebanyak 90 buah per aksaranya dikarenakan terdapat

beberapa kesalahan yang menyebabkan beberapa data tidak jelas, sehingga jumlah keseluruhan data yang digunakan ialah 2070 data. Maka data sebanyak 2070 ini akan digunakan sebagai data latih. Berikut beberapa contoh dari data latih yang dikumpulkan:



Gambar 2. Contoh Data Latih

2.2 Data Uji

Data uji, yakni pengambilan citra karakternya dengan cara menuliskan aksara Bali pada aplikasi yang dibangun secara langsung.

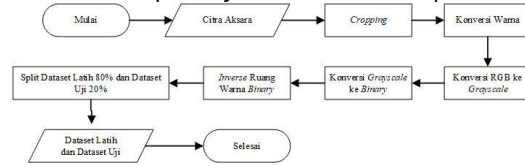
2.3 Pengolahan Data

Pada bagian pengolahan data, akan dijelaskan tentang bagaimana proses dari pengolahan data berupa citra yang akan dilakukan dari awal yakni dari data *input* atau masukkan dari model sampai dengan menghasilkan *output* atau keluaran berupa huruf-huruf aksara.

2.4.1 Tahap Preprocessing

Tahap *preprocessing* ialah tahap yang digunakan untuk mengubah dan menyesuaikan citra ke dalam format yang sesuai. *Input* atau masukkan pada tahap ini ialah citra aksara Bali yang telah difoto atau ditangkap oleh kamera dari ponsel pintar, dikarenakan seluruh citra memiliki resolusi yang beragam dan bawaan warna RGB, maka citra akan melalui proses pemotongan atau *cropping* sehingga ukurannya akan sesuai, lalu setelah dilakukan pemotongan maka tahap ini memberikan *output* atau keluaran berupa dataset citra dengan resolusi 64 x 64 px, dengan ruang warna RGB. Dikarenakan citra masih berupa pada ruang warna RGB, untuk memudahkan tahap *preprocessing*, maka citra akan dikonversi menjadi *grayscale*, selanjutnya dikonversi menjadi biner, dan terakhir citra biner ini aja di-*reverse* biner nya, yang berfungsi untuk menukar nilai pixelnya, dikarenakan pixel yang mengandung pola aksara berwarna hitam

(0) dan latar belakangnya berwarna putih (1). Berikut merupakan *flowchart* dari tahap ini:



Gambar 3. Flowchart Tahap Preprocessing

2.4.2 Arsitektur Model CNN

Adapun model CNN yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah arsitektur CNN LeNet-5. Arsitektur model LeNet-5 yang digunakan dalam pengenalan aksara Bali dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan data dan banyak kelas yang ada. Secara detail, arsitektur yang akan digunakan dijelaskan melalui tabel 1:

Tabel 1. Arsitektur Model CNN
[Sumber: Lorentius dkk, 2019]

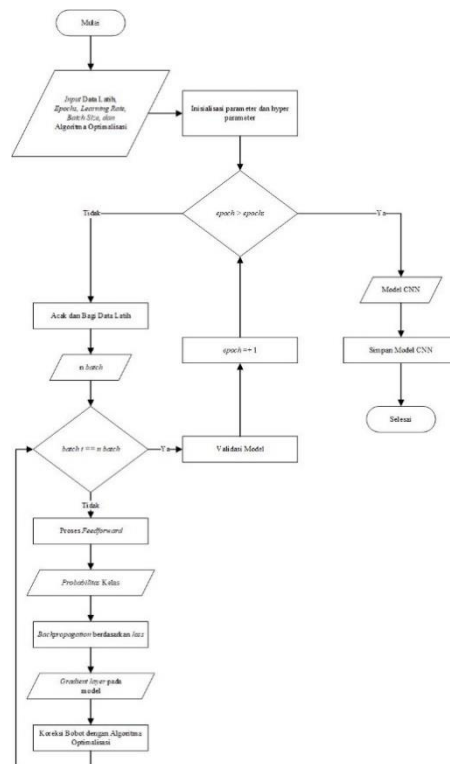
No	Nama Layer	Jenis Layer	Hyperparameter
1	Convolution Layer 1	Convolution Layer	Jumlah filter: 32, Ukuran filter: 5 x 5, Stride 1
2	Relu 1	Fungsi aktivasi	
3	Max Pooling Layer 1	Pooling Layer	Ukuran window: 2 x 2, Stride 2
4	Convolution Layer 2	Convolution Layer	Jumlah filter: 64, Ukuran filter: 3 x 3, Stride 1
5	Relu 2	Fungsi aktivasi	
6	Max Pooling Layer 2	Pooling Layer	Ukuran window: 2 x 2, Stride 2
7	Fully Connected Layer 1	Dense Layer	Jumlah neuron: 14400
8	Relu 3	Fungsi aktivasi	
9	Fully Connected Layer 2	Dense Layer	Jumlah neuron: 5816
10	Relu 4	Fungsi aktivasi	
11	Fully Connected Layer 3	Dense Layer	Jumlah neuron: 640
12	Relu 5	Fungsi aktivasi	

13	Fully Connected Layer 4	Dense Layer	Output kelas: 23
14	Softmax	Fungsi aktivasi	Output label kelas

2.4.3 Pelatihan Model CNN

Pada pelatihan CNN, terdiri atas tahap *Feedforward* dan *Backward*. Pada proses ini dilakukan pelatihan terhadap data citra untuk mengukur performansi dari model jaringan. Pada proses pelatihan disini, akan digunakan data latih yang sudah disiapkan sebelumnya. Berdasarkan hasil penelitian [12], nilai *Epoch* maksimal yang optimal yakni 100. Dan pada penelitian ini dijelaskan bahwa perbedaan *learning rate* tidak berlaku untuk tulisan tangan, dan menghasilkan akurasi yang lebih dinamis.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka *Epoch* yang akan digunakan ialah sebanyak 100 dan dikarenakan perbedaan *learning rate* dikatakan tidak berlaku untuk tulisan tangan, maka akan digunakan *learning rate* 0,00001. Lalu agar data dalam jumlah besar dapat diproses dengan baik, data akan dipecah menjadi beberapa bagian yang disebut *mini batch*, dimana jumlah data setiap *mini batch* disebut dengan *Batch Size*, umumnya ukuran *Batch Size* yang digunakan adalah kelipatan 2 misalkan 32, 64, dan lainnya [13]. Pada penelitian ini akan digunakan *Batch Size* sebesar 32 *batch*. Setelah semua *batch* pada setiap *mini batch* dijalankan maka model akan divalidasi dan selanjutnya *epoch* bertambah. Hasil pada tahap pelatihan adalah parameter pelatihan model yang akan digunakan dalam proses pengujian. Proses pelatihan yang lebih jelas dapat dilihat pada gambar *flowchart* dibawah ini:



Gambar 4. Flowchart Pelatihan Model

2.4.4 Pengujian Model CNN

Pada tahapan pengujian ini proses yang dilakukan ialah *Feedforward*, dimana parameter model yang telah disimpan akan dimuat dalam pengujian dan akan langsung diproses. Tahapan pengujian dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 5. Flowchart Pengujian

2.4 Analisis Kebutuhan User

Pada bagian ini akan dijelaskan apa saja kebutuhan pengguna pada sisi fungsional dan non fungsional pada aplikasi yang akan dibangun.

2.4.1 Kebutuhan Fungsional Aplikasi

Kebutuhan fungsional merupakan suatu kebutuhan dari aplikasi yang dilihat dari fungsi-fungsi fiturnya. Kebutuhan ini berisi tentang ekspektasi pengembangan aplikasi.

Tabel 2. Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional
----	----------------------

1.	Aplikasi dapat menampilkan informasi tentang bagaimana cara menggunakan aplikasi.
2.	Aplikasi dapat menampilkan informasi tentang pengembang aplikasi.
3.	Aplikasi dapat menampilkan kanvas tempat untuk pengguna menuliskan aksara Bali.
4.	Aplikasi dapat menerapkan metode CNN ketika saat melakukan proses klasifikasi untuk aksara Bali yang dituliskan oleh pengguna.

2.4.2 Kebutuhan Non-fungsional Aplikasi

Kebutuhan non-fungsional memerlukan informasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan atau digunakan pengembang untuk mengembangkan aplikasi dan saat menguji aplikasi. Untuk lebih detailnya kebutuhan non-fungsional dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Kebutuhan Non-fungsional Pengembang

Tipe	Kebutuhan Non-fungsional
Perangkat Keras	Processor: Intel Core i7
	Kartu grafik: Nvidia Geforce GTX
	RAM: 8GB
	Storage: 163GB
	OS: Windows 10
Perangkat Lunak	IDE: Visual Studio Code
	Software Pengolah Gambar: Adobe Illustrator, Adobe Photoshop
	Bahasa Pemrograman: Python 3.9.7, HTML, CSS, Java Script

Framework: Express.js, Node.js, npm, bootstrap, tensorflowjs
Library: numpy, pickle, matplotlib, keras, ipykernel, jupyter.

Pada kebutuhan non-fungsional untuk *user* atau pengguna dapat dilihat pada tabel dibawah:

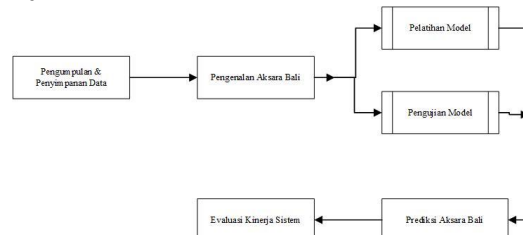
Tabel 4. Kebutuhan Non-fungsional *User*

Tipe	Kebutuhan Non-fungsional
Perangkat Keras	Laptop yang dapat membuka browser
Perangkat Lunak	Web Browser: Google Chrome, Mozila Firefox, Safari, Opera

2.5 Desain Sistem

2.5.1 Desain Umum Sistem

Desain sistem berisikan tahapan-tahapan dari Sistem dalam Game Edukasi Penggunaan Aksara Bali.



Gambar 6. Desain Umum Sistem

2.5.2 Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan fungsional dari sebuah sistem yang dibangun. Pada *use case diagram* terdapat hubungan antara aktor dengan sistem. Pada sistem yang akan dibangun terdapat 1 aktor dimana deskripsi dari aktor yang ada akan dijelaskan pada tabel 5:

Tabel 5. Deskripsi Aktor pada *Use Case Diagram*

No.	Aktor	Deskripsi
1.	Pengguna	Merupakan aktor yang akan memasukkan data tulisan tangan, melalui menulis langsung pada sistem

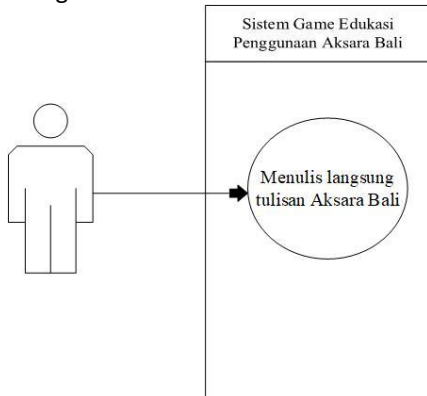
		yang nantinya akan dikenali oleh sistem dengan metode <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).
--	--	--

Dimana deskripsi dari setiap proses dan fungsi yang ada pada *use case diagram*, dijabarkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 6. Deskripsi Use Case Diagram Pada Sistem

No.	Proses	Deskripsi	Kode
1.	Menulis aksara Bali	Proses menulis aksara Bali pada sistem melalui canvas yang sudah disediakan, dimana proses ini dapat dilakukan oleh Pengguna.	UC-01

Berdasarkan paparan deskripsi diatas, maka *use case diagram* Game Edukasi Penggunaan Aksara Bali sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Use Case Pengguna

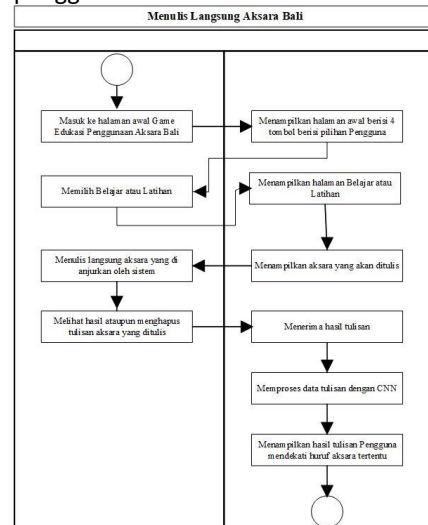
2.5.3 Activity Diagram

Activity diagram ialah diagram yang bertujuan untuk menjelaskan urutan dari aktivitas dalam sebuah proses pada sistem. Berikut merupakan *activity diagram* dari proses yang terdapat pada sistem Game Edukasi Penggunaan Aksara Bali.

a. Menulis Langsung Tulisan Aksara Bali

1. Pengguna masuk ke halaman utama Game Edukasi

2. Pada halaman utama Pengguna akan disajikan dengan pilihan *button* Cara Bermain, Belajar, Latihan, dan Tentang
3. Pengguna memilih salah satu yang diinginkan antara Belajar atau Latihan
4. Setelah Pengguna memilih salah satunya, maka Pengguna akan menuliskan aksara yang disajikan pada canvas yang sudah tersedia
5. Ketika Pengguna sudah selesai menulis, Pengguna dapat mengecek hasilnya pada *button* Cek Hasil atau jika Pengguna salah menulis, Pengguna dapat menghapus tulisannya dengan *button* Hapus
6. Sistem akan menerima hasil tulisan dari Pengguna dan akan diproses dalam metode pengenalan yakni *Convolutional Neural Network* (CNN)
7. Sistem menampilkan hasil pengenalan aksara Bali yang ditulis
8. Sistem akan menampilkan apakah hasilnya benar atau salah dengan cara menampilkan hasilnya yakni huruf apa yang mendekati yang ditulis oleh pengguna.



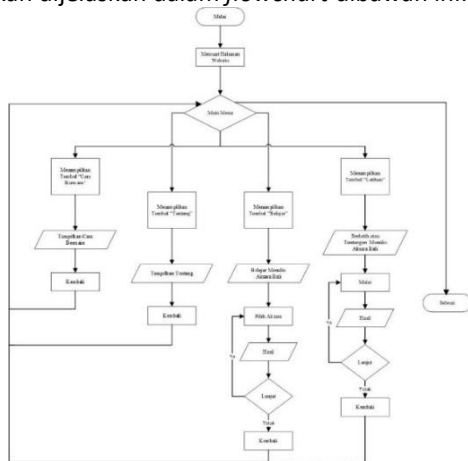
Gambar 8. Activity Diagram Menulis Langsung Aksara Bali

2.6 Rancangan Alur dan *User Interface* Permainan

2.6.1 Rancangan Alur Permainan

Rancangan dari alur permainan dimaksudkan untuk menunjukkan gambaran bagaimana jalannya aplikasi dari satu fitur ke fitur lainnya. Ketika aplikasi jalankan, maka pengguna akan diberikan atau dihadapkan dengan 4 buah pilihan, yaitu: Cara Bermain, Tentang, Belajar,

dan Latihan. Untuk jalannya alur permainan akan dijelaskan dalam *flowchart* dibawah ini:



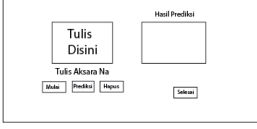
Gambar 9. Rancangan *Flowchart* Alur Permainan

2.6.2 Rancangan User Interface

Rancangan dari *user interface* game edukasi pengenalan aksara Bali ini dimaksudkan untuk menunjukkan gambaran tentang bagaimana hasil akhir dari game ini nantinya.

Tabel 7. Rancangan *User Interface* Permainan

Gambar	Keterangan
	<p>Rancangan UI menu utama pada game. Pada halaman ini terdapat 4 tombol utama yaitu Cara Bermain, Tentang, Belajar dan Latihan.</p>
	<p>Rancangan UI pada menu Belajar ini menampilkan huruf aksara apa yang ingin dipelajari dengan cara menekan salah satu huruf yang diinginkan.</p>
	<p>Rancangan UI pada saat pemain memasuki metode belajar ini akan muncul setelah kita</p>

	<p>memilih huruf apa yang ingin dipelajari. Pada halaman ini terdapat tombol Prediksi, Hapus, dan Selesai.</p>
	<p>Rancangan UI ini pada saat menekan tombol latihan dimana kita diberikan soal untuk menulis aksara dengan cara menekan tombol Mulai. Prediksi untuk melihat hasil dan tombol Hapus untuk menghapus tulisan.</p>

2.7 Pengujian

2.7.1 Pengujian Black Box

Pengujian *black box* merupakan pengujian perangkat lunak yang berfungsi untuk melihat apakah perangkat lunak tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan dengan menguji masukan dan keluaran yang dihasilkan [14].

2.7.2 Pengujian Akurasi

Ketika objek sudah dikenali, maka selanjutnya akan diperiksa ketepatan dari pengenalan yang dilakukan oleh sistem. Lalu tingkat akurasi dari pengenalan karakter dihitung dengan cara membagi jumlah pengenalan yang benar dengan seluruh hasil uji, maka hasil akhir yang didapatkan akan berbentuk persentase. Pada penelitian ini pengujian dari akurasi akan dilakukan per karakter yang muncul, dimana hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan sistem dalam membaca aksara Bali. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada rumus berikut:

$$P(N) = \frac{In}{n} \times 100\% \dots\dots\dots 7$$

Dimana, $P(N)$ ialah tingkat akurasi, In ialah jumlah karakter yang dapat dikenali dengan benar, dan n merupakan jumlah karakter yang diujikan.

2.7.3 Pengujian User Acceptance Test

Pengujian *User Acceptance Test* (UAT) merupakan yang meminta calon user untuk melakukan uji coba penggunaan program

aplikasi, setelah melakukan uji coba calon user diminta untuk memberikan penilaian melalui kuisioner yang disediakan [15]. Adapun pada penelitian ini pengujian yang akan dilakukan ialah mengenai fitur dan fungsi dari game edukasi ini. Terdapat 5 tingkat penilaian yang digunakan oleh calon pengguna untuk melakukan penilaian pada aplikasi, yakni:

Tabel 8. Skala Penilaian

Pernyataan	Nilai
Sangat Setuju	A
Setuju	B
Cukup	C
Tidak Setuju	D
Sangat Tidak Setuju	E

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil User Interface

3.1.1 Tampilan Halaman Home

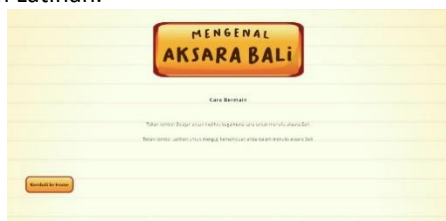
Pada halaman home terdapat judul dari aplikasi dan 4 buah tombol yaitu tombol Cara Bermain, Belajar, Latihan dan Tentang.



Gambar 10. Tampilan Halaman Home

3.1.2 Tampilan Cara Bermain

Tampilan awal aplikasi akan dihadapkan 4 tombol. Jika tombol Cara Bermain di-klik maka pengguna akan diarahkan ke halaman cara bermain. Pada halaman cara bermain terdapat informasi mengenai bagaimana cara menggunakan aplikasi. Informasi yang dimasukkan yaitu informasi dari tombol Belajar dan Latihan.



Gambar 11. Tampilan Halaman Cara Bermain

3.1.3 Tampilan Halaman Tentang

Tampilan awal aplikasi akan dihadapkan 4 tombol. Jika tombol Tentang di-klik maka pengguna akan diarahkan ke halaman tentang. Pada halaman tentang terdapat informasi mengenai aplikasi yang dibangun seperti informasi metode, *library* dan *framework* yang digunakan.



Gambar 12. Tampilan Halaman Tentang

3.1.4 Tampilan Halaman Belajar

Tampilan awal aplikasi akan dihadapkan 4 tombol. Jika tombol Belajar di-klik maka pengguna akan diarahkan ke halaman Belajar, dimana pada halaman ini kita dapat belajar menulis aksara dengan contoh yang sudah ada pada tombol Pilih Aksara.



Gambar 13. Tampilan Halaman Belajar

3.1.5 Tampilan Pilihan Aksara

Pada halaman ini terdapat beberapa tombol. Pengguna dapat menekan tombol Pilih Aksara, maka pengguna dapat memilih aksara apa yang ingin ditulis untuk belajar dan ketika sudah memilih maka tekan tombol Simpan.



Gambar 14. Tampilan Pilihan Aksara

3.1.6 Tampilan Halaman Latihan

Pada halaman ini terdapat tombol Latihan, pengguna dapat menekan tombol Latihan, maka pengguna akan diarahkan ke halaman latihan,

dimana pada halaman ini pengguna akan diuji kemampuannya dalam menulis aksara Bali dengan cara menekan tombol Mulai maka soal akan terlihat. Setelah soal terlihat maka pengguna dapat memulai menulis, ketika salah menulis dan ingin membersihkan *canvas* maka pengguna dapat menekan tombol Hapus, namun jika pengguna sudah selesai menulis dan ingin melihat hasilnya, maka pengguna dapat menekan tombol Cek Hasil dan hasilnya akan muncul.



Gambar 15. Tampilan Halaman Latihan

3.1.7 Tampilan Jawaban Benar dan Salah

Ketika tombol Cek Hasil ditekan maka akan muncul *pop up* hasil pengujiannya yakni Benar dan Salah. Lalu jika pengguna ingin kembali ke halaman utama, dapat menekan tombol Kembali ke Home.



Gambar 16. Tampilan Jawaban Benar



Gambar 17. Tampilan Jawaban Salah

3.2 Hasil Pengujian

Pada penelitian ini terdapat 3 jenis pengujian yang dilakukan, diantaranya ialah: pengujian *black box*, pengujian akurasi, dan pengujian *user acceptance test* (UAT).

3.2.1 Hasil Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* dilakukan menggunakan laptop dengan spesifikasi pada tabel dibawah.

Tabel 9. Spesifikasi Sistem Untuk Pengujian *Black Box*

No.	Nama Bagian	Spesifikasi
-----	-------------	-------------

1	OS	Windows 10 Home Single Language
2	Web Browser	Google Chrome
3	Input	Touchpad
4	Layar	15,6-inch 1920 x 1080

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fungsi fitur-fitur pada aplikasi apakah sudah sesuai dengan ekspektasi yang diharapkan atau tidak. Hasil dari pengujian akan dijelaskan pada tabel dibawah.

Tabel 10. Hasil Pengujian *Black Box*

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Memulai aplikasi	Sukses	Dapat dibuka dan menampilkan halaman utama.
2	Menekan tombol "Cara Bermain"	Sukses	Tombol dapat mengarahkan aplikasi menuju halaman cara bermain.
3	Menekan tombol "Tentang"	Sukses	Tombol dapat mengarahkan aplikasi menuju halaman tentang.
4	Menekan tombol "Belajar"	Sukses	Tombol dapat mengarahkan aplikasi menuju halaman belajar.
5	Menekan tombol "Latihan"	Sukses	Tombol dapat mengarahkan aplikasi menuju halaman latihan.
6	Menekan tombol "Pilih Aksara"	Sukses	Tombol dapat mengubah soal untuk belajar.
7	Menulis pada <i>canvas</i>	Sukses	Pengguna dapat menulis pada <i>canvas</i> .

8	Menekan tombol "Hapus"	Sukses	Pengguna dapat menghapus tulisan pada <i>canvas</i> .
9	Menekan tombol "Cek Hasil"	Sukses	Tombol ini akan menghentikan kegiatan menulis dan mengirim data untuk masuk ke dalam proses klasifikasi.
10	Menekan tombol "Mulai"	Sukses	Tombol dapat menampilkan soal untuk latihan menulis.
11	Menekan tombol "Kembali ke Home"	Sukses	Tombol dapat mengarahkan pengguna menuju halaman utama.
12	Menekan tombol "Simpan"	Sukses	Tombol dapat menyimpan pilihan aksara Bali yang ingin dipelajari.

3.2.2 Hasil Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengukur seberapa akurasi dari aplikasi yang telah dibangun. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan perhitungan rata-rata pada hasil pengujian yang dilakukan. Pengujian ini dilakukan penulisan karakter aksara Bali sebanyak 20 kali per masing-masing karakter, maka pengujian yang dilakukan pada 23 buah karakter aksara Bali ialah 460 kali.



Gambar 18. Grafik Pengujian Akurasi

Dari pengujian yang dilakukan, di mana masing-masing karakter diuji sebanyak 20 kali dengan jumlah percobaan benar 374 kali. Maka didapatkan akurasi dari klasifikasi karakter aksara Bali dengan metode CNN (*Convolution Neural Network*) dan *Backpropagation* adalah sebesar 81,3%.

3.2.3 Hasil Pengujian *User Acceptance Test* (UAT)

Pengujian UAT ialah pengujian yang bertujuan untuk mengukur bagaimana pandangan pengguna terhadap aplikasi yang telah dibangun. Pada pengujian ini terdapat 20 orang responden yang memberikan penilaiannya terhadap aplikasi yang telah dibangun. Beberapa pertanyaan diajukan kepada pengguna tentang bagaimana pandangan pengguna setelah mencoba aplikasi ini berdasarkan skala penilaian yang sudah ditetapkan sebelumnya pada tabel dibawah. Aplikasi ini dijalankan secara lokal, berikut merupakan pertanyaan dan persentasi jawaban dari responden yang telah mencoba aplikasi ini:

Tabel 11. Hasil Pengujian UAT

No	Pertanyaan	Jawaban					Persentase				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	Apakah tampilan aplikasi menarik?	12	6	2	0	0	60%	30%	10%	0%	0%
2	Apakah menu dari aplikasi mudah dipahami?	12	7	1	0	0	60%	35%	5%	0%	0%
3	Apakah aplikasi ini mudah digunakan?	6	8	3	3	0	30%	40%	15%	15%	0%
4	Apakah dengan adanya fitur Belajar, dapat membantu anda untuk mengetahui bentuk dari aksara Bali?	13	6	1	0	0	65%	30%	5%	0%	0%
5	Apakah dengan adanya fitur Latihan dapat membantu anda untuk mengetahui kemampuan anda dalam menulis aksara Bali?	14	3	3	0	0	70%	15%	15%	0%	0%
6	Apakah aplikasi ini dapat menjadikan pengalaman belajar menulis aksara Bali anda lebih menyenangkan?	15	4	1	0	0	75%	20%	5%	0%	0%

7	Apakah aplikasi ini dapat membantu anda untuk meningkatkan kemampuan menulis aksara Bali?	7	8	2	3	0	35%	40%	10%	15%	0%
8	Apakah aplikasi ini dapat menjadi media pembelajaran aksara Bali yang baik?	11	6	3	0	0	55%	30%	15%	0%	0%

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang implementasi pengenalan huruf aksara Bali dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dan *Backpropagation* yang implementasinya berbasis game. dapat disimpulkan bahwa sistem pengenalan huruf dapat mengenali huruf dari aksara Bali. Dalam pengujiannya penelitian ini menerapkan 3 jenis pengujian yaitu pengujian black box, pengujian akurasi dan pengujian *user acceptance test* (UAT), dimana pada pengujian *black box* menunjukkan bahwa semua fitur pada aplikasi ini dapat berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan. Sedangkan untuk pengujian akurasinya sendiri merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara menuliskan masing-masing dari karakter aksara Bali yang ada sebanyak 20 kali dengan total karakter 23 huruf, akurasi yang didapatkan ialah sebesar 81,3% dengan total 460 kali percobaan klasifikasi penulisan. Lalu pada pengujian UAT sendiri mendapatkan respon yang positif dari 20 orang responden yang telah menguji aplikasi ini berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang telah diajukan dan berdasarkan kriteria penilaiannya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. W. S. O. M, "SISTEM PEMBELAJARAN AKSARA BALI UNTUK SEKOLAH DASAR DI BALI BERBASIS WEB MENGGUNAKAN BASISDATA MULTIMEDIA," 2019.

[2] P. P. G. P. P, Suyoto, and T. S, "PENGEMBANGAN APLIKASI MOBILE

PENGENALAN AKSARA BALI KEDALAM HURUF LATIN DENGAN AUGMENTED REALITY," *SENTIKA*, vol. 2015, no. Sentika, pp. 237–244, 2015.

[3] B. S. Kurniawan, S. R. Sentinuwo, and O. A. Lantang, "Aplikasi Pengenal Citra Nomor Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Template Matching," *J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, 2016, doi: 10.35793/jti.8.1.2016.12199.

[4] S. Bhahri and Rachmat, "Transformasi Citra Biner Menggunakan Metode Thresholding Dan Otsu Thresholding," *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7–2, no. 2, pp. 196–203, 2018, doi: 10.36774/jusiti.v7i2.254.

[5] S. Hartanto, A. Sugiharto, and S. N. Endah, "OPTICAL CHARACTER RECOGNITION MENGGUNAKAN ALGORITMA TEMPLATE MATCHING CORRELATION," *J. Informatics Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–22, 2013, doi: 10.3810/pgm.1998.03.410.

[6] I. W. S. E. P, A. Y. Wijaya, and R. Soelaiman, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) pada Caltech 101," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. A65–A69, 2016.

[7] C. A. Lorentius, R. Adipranata, and A. Tjondrowiguno, "Pengenalan Aksara Jawa dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *e-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2558–2567, 2020.

- [8] J. Brilliantio, N. Santosa, G. Ardian, and L. Hakim, "Penerapan Convolutional Neural Network untuk Handwriting Recognition pada Aplikasi Belajar Aritmatika Dasar Berbasis Web," *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 05, no. 02, pp. 137–146, 2020.
- [9] R. A. Pangestu, B. Rahmat, and F. Anggraeny, "IMPLEMENTASI ALGORITMA CNN UNTUK KLASIFIKASI CITRA LAHAN DAN PERHITUNGAN LUAS," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 166–174, 2020.
- [10] A. Sudarsono, "JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MEMPREDIKSI LAJU PERTUMBUHAN PENDUDUK MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION (STUDI KASUS DI KOTA BENGKULU)," *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 61–69, 2016.
- [11] R. Susanto and A. D. Andriana, "PERBANDINGAN MODEL WATERFALL DAN PROTOTYPING UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI," *J. Maj. Ilm. Unikom*, vol. 14, no. 1, p. 46, 2016.
- [12] A. N. Putri, "PENGENALAN KARAKTER HURUF HIJAIYAH DENGAN KELUARAN BUNYI LAFAL UNTUK ANAK USIA DINI MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," 2021.
- [13] M. S. Mujahidin, Misbahuddin, and B. Kanata, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS RESIDUAL NETWORK," *J. Tek. Elektro Univ. Mataram*, 2020, doi: 10.15900/j.cnki.zylf1995.2018.02.001.
- [14] M. Adiwijaya, K. I. S, and Y. Christyono, "Perancangan Game Edukasi Platform Belajar Matematika Berbasis Android Menggunakan Construct 2," *Transient*, vol. 4, no. 1, pp. 128–133, 2015.
- [15] H. Supriyono, R. F. Rahmadzani, M. S. Adhantoro, and A. K. Susilo, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Dan Game Edukatif Pengenalan Aksara Jawa 'Pandawa,'" *Pros. 4thUniversity Res. Colloq. 2016*, pp. 1–12, 2016.