



Classification Of Letters And Numbers In Bisindo Using The Convolutional Neural Network Method

Klasifikasi Huruf Dan Angka Dalam Bisindo Menggunakan Metode Convolutional Neural Network

Dwi Saputra¹, T. Yudi Hadiwandra²

^{1,2} Department of Informatics Engineering, Riau University, Pekanbaru, Indonesia
E-Mail: ¹dwi.saputra0658@student.unri.ac.id, ²tyudihw@lecturer.unri.ac.id

Makalah: Diterima 08 Agustus 2024; Diperbaiki 19 Agustus 2024; Disetujui 31 Agustus 2024
Corresponding Author: Dwi Saputra

Abstrak

BISINDO (Bahasa Isyarat Indonesia) adalah salah satu bahasa isyarat yang digunakan oleh komunitas tuli di Indonesia. Dalam penggunaannya, hambatan komunikasi sering dihadapi oleh individu dengan gangguan pendengaran karena BISINDO ini belum banyak dikenal dan diketahui. Penelitian ini menggunakan metode Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). Penelitian ini mengembangkan model Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali huruf dan angka dalam Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Model terbaik dihasilkan pada percobaan ke-32 dengan 25 epoch, batch size 64, dan ukuran citra 100x100 piksel, mencapai akurasi 93%. Model hasil pelatihan ini mampu mengklasifikasikan setiap huruf dan angka pada BISINDO dengan benar serta akurat.

Kata Kunci: BISINDO, Tuli, Deep Learning, CNN, Klasifikasi

Abstract

BISINDO (Indonesian Sign Language) is one of the sign languages used by the deaf community in Indonesia. In its use, communication barriers are often faced by individuals with hearing impairments because BISINDO is not widely known or known. This research uses the Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) method. This research develops a Convolutional Neural Network (CNN) model to recognize letters and numbers in Indonesian Sign Language (BISINDO). The best model was produced in the 32nd experiment with 25 epochs, batch size 64, and image size 100x100 pixels, achieving 93% accuracy. The model resulting from this training is able to classify every letter and number in BISINDO correctly and accurately.

Keyword: BISINDO, Deafness, Deep Learning, CNN, Classification

1. PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan bagian paling dasar dalam kehidupan manusia yang memungkinkan interaksi dalam kehidupan sosial. Pada umumnya, komunikasi biasanya dilakukan secara lisan atau tulisan. Namun, individu dengan keterbatasan fisik seperti tuli sering kali mengandalkan komunikasi nonverbal, termasuk gerakan tubuh dengan tangan atau anggota tubuh lainnya yang biasa disebut dengan bahasa isyarat.[1]

Di Indonesia, ada dua macam bahasa isyarat yang sering digunakan, yaitu Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). BISINDO merupakan bahasa asli yang berkembang secara alami dalam komunitas Tuli dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. SIBI, diadaptasi dari American Sign Language (ASL), telah dibakukan dan distandarisasi oleh pemerintah.[2] Kemudian pada penerapannya, BISINDO lebih banyak digunakan oleh komunitas Tuli di Indonesia. BISINDO dapat dianggap sebagai metode komunikasi yang paling efisien dan tidak hanya terbatas pada komunitas Tuli, tetapi juga dapat digunakan oleh semua orang dalam interaksi sehari-hari. Bahasa ini lebih menekankan pada kesederhanaan dan ekspresi yang mencerminkan peristiwa yang sedang terjadi.

Individu dengan gangguan pendengaran di Indonesia sering menghadapi kesulitan dalam berinteraksi dengan masyarakat umum atau mungkin bahkan dengan sesamanya. Hal ini terjadi karena bahasa isyarat yang

merupakan bahasa utama mereka, akan tetapi belum dikenal, dipelajari atau mungkin belum dikuasai oleh orang banyak. Sehingga faktor minimnya pengetahuan masyarakat umum mengenai bahasa isyarat, khususnya BISINDO ini juga menjadi masalah yang sering didapati di kehidupan sehari-hari. Hambatan komunikasi inilah yang dapat mengisolasi individu dengan gangguan pendengaran dari masyarakat umum, serta membatasi partisipasi mereka dalam kehidupan bersosial.

Meskipun beragam, ada isyarat-isyarat yang ditetapkan untuk mempermudah komunikasi Tuli, seperti huruf dan angka. Huruf merupakan fondasi dalam pembelajaran bahasa, baik itu bahasa isyarat maupun bahasa verbal. Oleh karena itu, penelitian ini memilih huruf dan angka BISINDO sebagai langkah awal dalam mengembangkan model pembelajaran yang dapat meningkatkan aksesibilitas bagi pengguna BISINDO dari komunitas Tuli. Dari permasalahan inilah, dibutuhkan upaya untuk meningkatkan pengetahuan individu tuli dan masyarakat umum terhadap BISINDO dasar seperti huruf dan angka. Sehingga pengembangan model klasifikasi inilah yang nantinya bisa meminimalisir halangan dalam berkomunikasi serta menciptakan lingkungan yang ramah dengan bertambahnya jumlah penerjemah dan bisa memperluas pengetahuan BISINDO dasar di masyarakat.[3]

Untuk memahami lebih dalam tentang tantangan dan kebutuhan dalam penggunaan BISINDO, penulis juga melakukan observasi langsung di salah satu Sekolah Luar Biasa (SLB) di kota Pekanbaru dan melakukan wawancara dengan guru bahasa isyarat disana. Dari hasil observasi, ditemukan bahwa proses pembelajaran Bisindo menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan alat bantu visual dan variasi dalam pemahaman siswa terhadap isyarat tertentu. Guru yang diwawancarai juga menyebutkan bahwa teknologi yang dapat membantu mengklasifikasikan dan mengenali BISINDO dasar seperti huruf dan angka akan sangat bermanfaat untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran, terutama bagi siswa dengan keterbatasan tertentu. Temuan ini menegaskan pentingnya penelitian ini untuk mengembangkan model klasifikasi huruf dan angka pada Bisindo menggunakan metode CNN, yang nantinya diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan efektif serta opsi tambahan yang bagus untuk mendukung pembelajaran Bahasa isyarat Indonesia (BISINDO).

Deep Learning adalah cabang dari ilmu machine learning yang memanfaatkan Jaringan Saraf Tiruan (JST) sebagai fondasi, atau dapat juga dianggap sebagai bentuk lanjutan dari JST.[4] Pada penerapannya, deep learning ini sendiri memakai beberapa lapisan (layers) antara input layer dan output layer. Arsitektur deep learning ini bisa dipakai untuk menjalani pemrosesan nonlinier melalui berbagai tahap, yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk feature learning dan klasifikasi pola.[5]

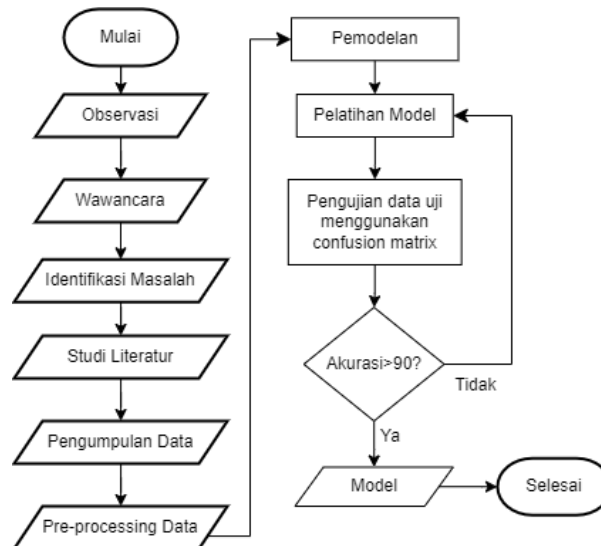
Pada penelitian ini deep learning akan di implementasikan dengan menggunakan algoritma CNN untuk bisa mengklasifikasikan sebuah gambar. Algoritma CNN adalah metode klasifikasi dalam deep learning yang berasal dari Multilayer Perceptron (MLP). CNN dirancang untuk menangani data dengan struktur teratur atau berbentuk grid dalam format dua dimensi (2D), seperti gambar atau suara..[4]

Penggunaan CNN dalam pengenalan karakter BISINDO ini menjadi solusi yang kuat dan relevan dalam konteks pengenalan citra. Hal ini bisa terjadi karena CNN memiliki kemampuan untuk secara otomatis mengekstrak fitur-fitur penting dari gambar. [6] Proses kerja CNN melibatkan ekstraksi fitur dari input berupa gambar dan kemudian mengubah dimensi gambar tersebut menjadi lebih kecil tanpa mengubah karakteristik utamanya. Dari pertimbangan kuat ini lah yang menjadi landasan penting dalam pengenalan karakter pada penelitian ini.

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dipaparkan pada pendahuluan maka akan dibuatnya sebuah model untuk bisa melakukan klasifikasi huruf dan angka BISINDO. Oleh karena itu pada penelitian ini akan mengangkat judul yaitu Klasifikasi Huruf dan Angka dalam BISINDO menggunakan Metode Convolutional Neural Network.

2. METODE DAN BAHAN

Metode penelitian pada gambar 1 merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk mengklasifikasikan huruf dan angka pada BISINDO yang terdiri atas tahapan (1) observasi, (2) wawancara, (3) identifikasi masalah, (4) studi literatur, (5) pengumpulan data, (6) pre-processing data, (7) pemodelan, (8) pelatihan (9) pengujian, (10) akurasi, dan (11) model. Secara rinci ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.1 Bahasa Isyarat

Bahasa isyarat adalah bentuk komunikasi non-verbal yang melibatkan gerakan tangan, bibir, tubuh, serta ekspresi wajah tanpa menggunakan suara.[7] Komunikasi ini umumnya digunakan oleh komunitas tuli untuk berinteraksi dengan orang lain. Bahasa isyarat memungkinkan seseorang menyampaikan maksud atau pikiran kepada lawan bicaranya agar pesan tersebut dapat dipahami. Bahasa isyarat biasanya berkembang sesuai dengan lingkungan dan budaya setempat. Di Indonesia, terdapat dua jenis bahasa isyarat yang berkembang, yaitu Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI).

2.2 Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO)

BISINDO ialah bahasa isyarat asli yang berasal dari budaya asli Indonesia yang dimana dalam penggunaannya lebih mudah dipakai dalam interaksi sosial dan pergaulan bahasa isyarat Tuli dalam kehidupan sehari-harinya.[8] BISINDO ini menggunakan gestur gerakan dua tangan untuk mempresentasikannya.

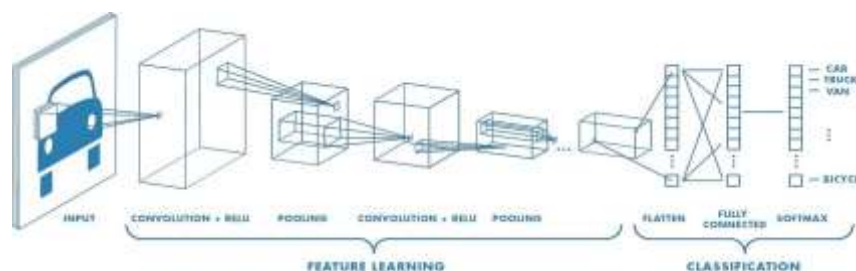
2.3 Deep Learning

Deep Learning merupakan cabang dari ilmu machine learning yang mendasarkan diri pada Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan dapat dilihat sebagai tahap lanjutan dari JST[4]. Deep Learning terinspirasi dari korteks manusia, menggunakan JST dengan sejumlah lapisan tersembunyi atau hidden layers.[9].

2.4 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma dalam deep learning yang berasal dari Multilayer Perceptron (MLP). CNN dirancang untuk memproses data dengan struktur teratur atau grid dalam format dua dimensi (2D), seperti gambar atau suara.[4] CNN dapat digunakan untuk mengolah data dalam bentuk multiple array. CNN juga merupakan salah satu teknik yang sering diterapkan dalam deep learning untuk mengenali dan mengidentifikasi objek dalam citra digital.[10]

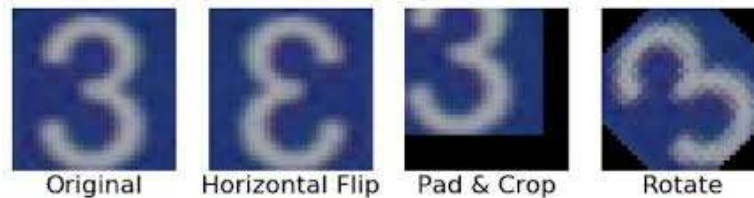
Dalam Penggunaannya, arsitektur CNN dibagi menjadi tiga lapisan, yaitu Convolutional Layer, Pooling Layer, dan Fully Connected Layer. Tahapan struktur arsitektur jaringan CNN dapat dilihat pada ilustrasi gambar di bawah ini:



Gambar 2. Arsitektur CNN

2.5 Augmentasi Data

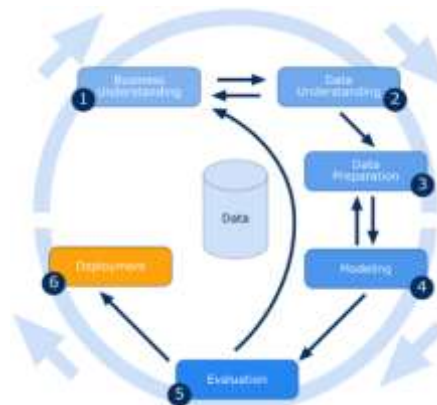
Augmentasi data adalah metode yang memungkinkan perluasan variasi data yang tersedia untuk melatih model tanpa perlu mengumpulkan data tambahan. Karena jumlah data yang tersedia setelah proses preprocessing masih terbatas, augmentasi data manual dilakukan untuk meningkatkan keragaman dataset. Dalam penelitian citra, augmentasi data diterapkan untuk mencegah overfitting selama pelatihan model dan meningkatkan kemampuan generalisasi model deep learning.[11]



Gambar 3. Augmentasi Data

2.6 Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)

Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) adalah metodologi industri yang dirancang untuk mengelola proses analisis data dari berbagai sektor, sebagai strategi untuk menyelesaikan masalah bisnis atau penelitian.[12] CRISP-DM juga dapat dipahami sebagai standar untuk proses data mining yang dirancang untuk melalui setiap fase secara terstruktur, terdefinisi dengan jelas, dan efisien. Metodologi CRISP-DM mencakup enam tahap, yaitu Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modelling, Evaluation, dan Deployment.[13]



Gambar 4. CRISP-DM

2.7 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah teknik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja metode klasifikasi. Secara dasar, confusion matrix menyajikan informasi yang membandingkan hasil klasifikasi yang diberikan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang diharapkan.[14] Metrik dalam confusion matrix meliputi dua nilai utama: akurasi dan tingkat kesalahan. Akurasi prediksi dihitung dengan menjumlahkan data yang diklasifikasikan dengan benar, sedangkan tingkat kesalahan dihitung berdasarkan jumlah data yang diklasifikasikan secara tidak tepat.[15]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui dua tahap. Tahap pertama, dengan mengunduh data dari internet melalui situs dataset Kaggle, dan kedua, dengan mengambil data secara langsung menggunakan kamera smartphone pribadi untuk memperoleh citra secara mandiri.

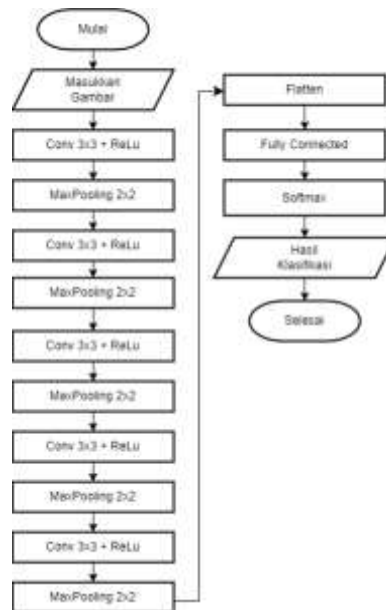
Penelitian ini menggunakan data yang terdiri dari 37 kelas, yaitu 26 huruf dan 11 angka BISINDO. Sebanyak 16.206 citra huruf dan angka BISINDO dikumpulkan, dengan pembagian 12.950 citra untuk data pelatihan dan 3.256 citra untuk data pengujian, dengan proporsi 80% untuk data pelatihan dan 20% untuk data pengujian. Oleh karena itu, setiap kelas dalam data pelatihan memiliki 350 citra, sementara setiap kelas dalam data pengujian memiliki 88 citra.

3.2 Preprocessing Data

Dalam penelitian ini, tahapan pre-processing data yang dilakukan meliputi augmentasi data dan resize data. Proses augmentasi yang dilakukan adalah flip horizontal, rotasi, scale, blur dan resize pada citra dataset. Data pada penelitian ini akan di augmentasi untuk bisa menambah jumlah dan variasi dataset yaitu dengan beberapa cara seperti dengan membalik gambar secara horizontal dengan probabilitas 50%, memutar gambar hingga 30 derajat dengan probabilitas 50%, menggeser gambar dengan batas 10%, menskalakan gambar dengan batas 20%, serta menerapkan blur pada gambar dengan probabilitas 20% dengan batas blur hingga 3 pixel dan melakukan resize dengan ukuran 100 x 100 pixels.

3.3 Pemodelan

Pada penelitian ini, pemodelan dilakukan dengan merancang arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dan menentukan jumlah layer yang akan digunakan untuk membuat model berdasarkan data yang sudah dikumpulkan. Model yang digunakan mencakup lima lapisan Convolution, lima lapisan Pooling, dan lapisan Fully Connected. Setiap lapisan Convolutional dilengkapi dengan fungsi aktivasi. Struktur model dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Arsitektur CNN yang digunakan

3.4 Pelatihan model

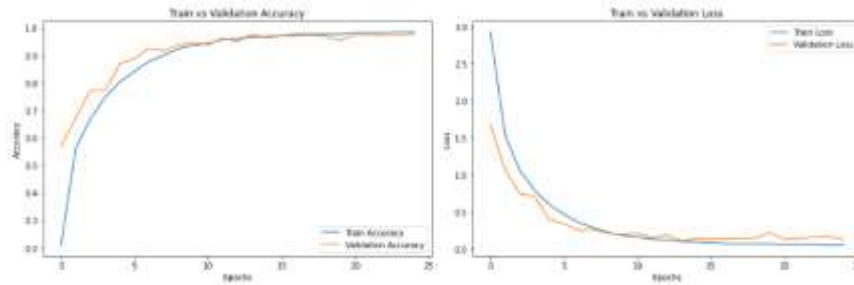
Pada penelitian ini, pelatihan dilakukan sebanyak tiga puluh enam kali percobaan dengan menggunakan 16.206 citra dataset, ukuran citra 100 x 100 pixels yang dicobakan pada tiga rancangan arsitektur. Setiap percobaan dilakukan dengan pengaturan parameter yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian didapati hasil yang baik dan bagus yaitu menggunakan model yang tersusun atas lima layer Convolution, lima Pooling Layer dan Fully Connected. Berikut tabel hasil pelatihannya.

Tabel 1. Pelatihan Model

Pelatihan	epoch	Batch Size	Accuracy		Loss		Accuracy
			Train	Valid	Train	Valid	
1	10	8	0.9026	0.9138	0.3405	0.3428	0.88
2	10	16	0.9288	0.9550	0.2132	0.1519	0.91
3	10	32	0.9362	0.9606	0.1925	0.1259	0.90
4	10	64	0.9333	0.9383	0.1936	0.1891	0.88
5	25	8	0.9314	0.9392	0.3598	0.2977	0.91
6	25	16	0.9739	0.9638	0.1189	0.2598	0.91
7	25	32	0.9806	0.9749	0.0678	0.1636	0.92
8	25	64	0.9853	0.9789	0.0524	0.1274	0.93
9	50	8	0.9285	0.9323	0.5092	0.7225	0.90
10	50	16	0.9800	0.9738	0.1306	0.3693	0.92
11	50	32	0.9854	0.9784	0.0683	0.2497	0.93

12	50	64	0.9914	0.9762	0.0389	0.1665	0.93
----	----	----	--------	--------	--------	--------	------

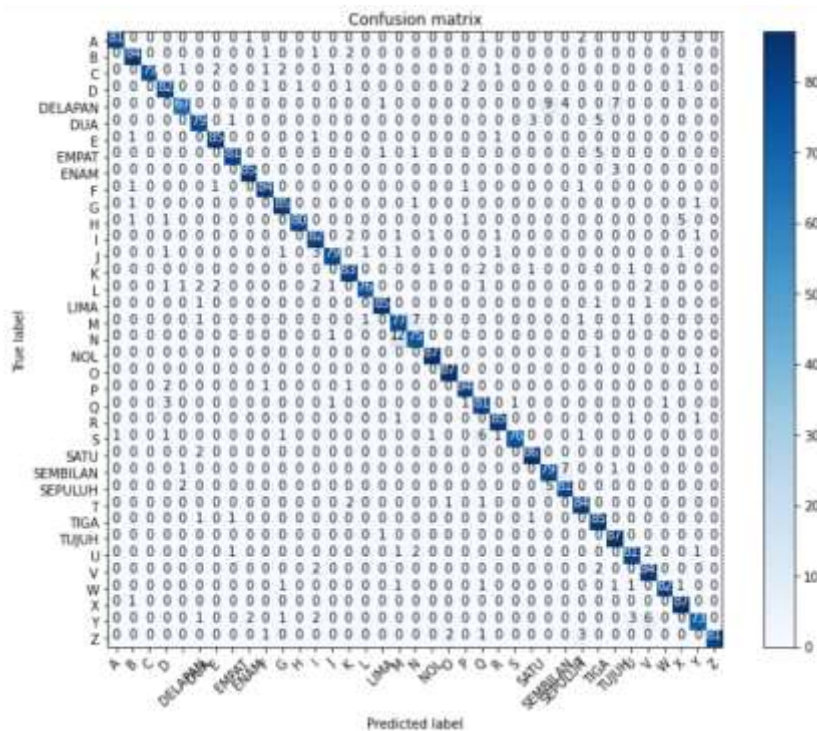
Berdasarkan dua belas percobaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil akurasi yang tinggi dan diharapkan yaitu 93%. Akurasi tertinggi didapat pada pelatihan ke-32 dengan epoch 25 dan batch size 64 yang mendapat nilai 0.9789 untuk validasi akurasi dan 0.9853 untuk akurasi pelatihan. Grafik accuracy dan loss dari percobaan pelatihan ke-8 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Akurasi dan Loss

3.5 Pengujian

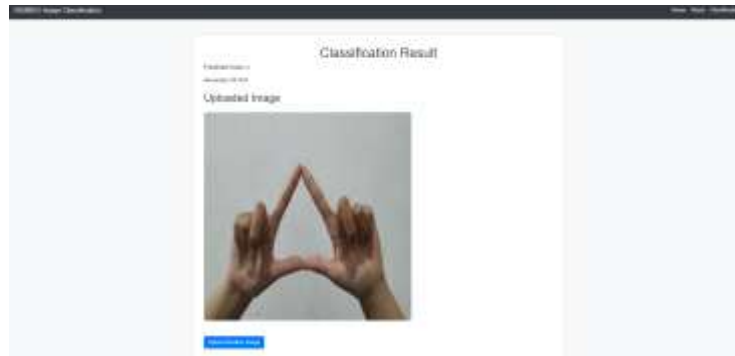
Dalam penelitian ini, kinerja model yang telah dilatih untuk klasifikasi dievaluasi menggunakan confusion matrix. Hasil evaluasi model dengan confusion matrix dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Hasil Pengujian Confusion Matrix

3.6 Implementasi

Pada penelitian ini, model yang sudah berhasil dibuat akan diimplementasikan ke sebuah website sederhana. Pada tampilan web ini, dapat dilihat accuracy dari citra huruf dan angka BISINDO yang diinput dan ingin diprediksi pada web. Tampilan dari web sederhana dapat dilihat pada Gambar



Gambar 8. Implemntasi Web

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode CNN yang digunakan dalam penelitian ini berhasil mengenali dan mengklasifikasikan citra huruf dan angka BISINDO. Kemudian didapati model terbaik dalam penelitian ini adalah model yang dihasilkan pada percobaan pelatihan ke-32 dengan menggunakan 25 epoch dan batch size 64 serta ukuran citra 100x100 piksel. Model ini didapatkan dari pelatihan yang menggunakan 16.206 citra dengan arsitektur yang meliputi lima lapisan konvolusi, lima lapisan pooling, dan satu lapisan fully connected.
2. Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix dan hasil dari evaluasi tersebut model mendapat akurasi rata-rata sebesar 93%.
3. Algoritma CNN yang diterapkan dalam penelitian ini mampu dalam mengklasifikasikan huruf-huruf dan angka-angka BISINDO dan juga berhasil di implementasikan ke dalam sistem web sederhana.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya ialah untuk meningkatkan jumlah dataset dan menambahkan variasi parameter lain dalam melatih model, guna meningkatkan akurasi yang diperoleh. Selain itu, penambahan karakter BISINDO lanjutan dan kelas dataset seperti kata dan kalimat dalam BISINDO juga bisa menjadi langkah yang bermanfaat. Penelitian mendatang juga diharapkan dapat memperluas cakupan dengan mengembangkan aplikasi ini ke platform lain, seperti mobile.

REFERENSI

- [1] L. Arisandi and B. Satya, "Sistem Klarifikasi Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo) Dengan Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *J. Sist. Cerdas*, vol. 5, no. 3, 2022, doi: 10.37396/jsc.v5i3.262.
- [2] M. Susanty, R. Z. Fadillah, and A. Irawan, "Model Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Menggunakan Pendekatan Transfer Learning," *Petir*, vol. 15, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.33322/petir.v15i1.1289.
- [3] R. Z. Fadillah, A. Irawan, M. Susanty, and I. Artikel, "Data Augmentasi Untuk Mengatasi Keterbatasan Data Pada Model Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO)," *J. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 208–214, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ji/article/view/10768>.
- [4] S. Ilahiyah and A. Nilogiri, "Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network," *JUSTINDO (Jurnal Sist. dan Teknol. Inf. Indones.)*, vol. 3, no. 2, pp. 49–56, 2018.
- [5] Muhammad Haris Diponegoro, Sri Suning Kusumawardani, and Indriana Hidayah, "Tinjauan Pustaka Sistematis: Implementasi Metode Deep Learning pada Prediksi Kinerja Murid," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 131–138, 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i2.1417.
- [6] M. Raihan, R. Allaam, and A. T. Wibowo, "Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *e-Preceding Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–30, 2021.
- [7] D. K. Maulida, "Bahasa Isyarat Indonesia Di Komunitas Gerakan Untuk Kesejahteraan Tunarungu Indonesia," *Univ. Islam Negeri Syarif Hidayatullah*, 2017.
- [8] G. Gumelar, H. Hafiar, and P. Subekti, "Konstruksi Makna Bisindo Sebagai Budaya Tuli Bagi Anggota GerkatIn," *Informasi*, vol. 48, no. 1, p. 65, 2018, doi: 10.21831/informasi.v48i1.17727.
- [9] A. Santoso and G. Ariyanto, "Implementasi Deep Learning berbasis Keras untuk Pengenalan

- Wajah,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 15–21, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6235.
- [10] R. A. S. Sri Adiningsi, “Identifikasi Jenis Daun Tanaman Obat Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Model VGG16,” *J. Inform. Polinema*, vol. 9, no. 4, pp. 451–460, 2023, doi: 10.33795/jip.v9i4.1420.
- [11] M. F. Martias, J. Jasril, S. Sanjaya, L. Handayani, and F. Yanto, “Klasifikasi Citra Daging Sapi dan Daging Babi Menggunakan CNN Arsitektur EfficientNet-B6 dan Augmentasi Data,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 4, p. 642, 2023, doi: 10.30865/json.v4i4.6195.
- [12] A. W. Indra Purnama, Ragil Saputra, “Implementasi Data Mining Menggunakan Crisp-Dm Pada Sistem Informasi Eksekutif Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah,” *Annu. Rev. Inf. Sci. Technol.*, vol. 10, 2012, doi: 10.1002/aris.1440360107.
- [13] I. Budiman, T. Prahasto, and Y. Christyono, “Data Clustering Menggunakan Metodologi CRISP-DM Untuk Pengenalan Pola Proporsi Pelaksanaan Tridharma,” *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 1, no. 3, pp. 15–16, 2014, doi: 10.21456/vol1iss3pp129-134.
- [14] S. Susanti, A. A. Sari, M. K. Anam, M. Jamaris, and H. Hamdani, “Sistem Prediksi Keuntungan Influencer Pengguna E-Commerce Shopee Affiliates menggunakan Metode Naïve Bayes,” *Edumatic J. Pendidik. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 394–403, 2022, doi: 10.29408/edumatic.v6i2.6787.
- [15] R. R. Adhitya, Wina Witanti, and Rezki Yuniarti, “Perbandingan Metode Cart Dan Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Customer Churn,” *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 2, pp. 307–318, 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i2.5641.