

Sistem Deteksi Tulisan Tangan Aksara Hangeul Satu Silabel Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Framework Flask

Anjar Septya Ningrum¹, Ardhini Warih Utami²

^{1,2} Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

anjar.19011@mhs.unesa.ac.id

ardhiniwarih@unesa.ac.id

Abstrak— Semenjak adanya fenomena *Korean Wave*, banyak orang memulai mempelajari bahasa korea, untuk mempelajari Bahasa Korea diperlukan pemahaman mengenai penulisan hurufnya. Maka dari itu diperlukan sistem yang dapat mendeteksi penulisan tangan aksara Hangeul dengan baik dan mudah. Salah satu metode *deep learning* pengembangan dari *Multilayer Perceptron (MLP)* yang didesain untuk mengolah citra gambar adalah algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)*. *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan algoritma pembelajaran mendalam yang banyak digunakan dalam tugas visi komputer untuk mengklasifikasi gambar, mendeteksi objek, dan pengenalan gambar. *Convolutional Neural Network (CNN)* dirancang untuk meniru kemampuan pemrosesan visual otak manusia dan sangat efektif dalam menganalisis data visual. Dalam pembentukan arsitektur model CNN dengan melatih *dataset* objek bahasa korea yang ditulis dalam aksara Hangeul sebanyak 2460 data yang berbentuk gambar yang terbagi pengelompokan kelas menjadi 24 kategori. Dataset ini kemudian dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data uji. Dalam pengimplementasian pembuatan model CNN dilakukan dengan menggunakan metode *Software Development Life Cycle (SDLC)* pada sistem model *waterfall* digunakan untuk metode pembuatan perangkat lunak, sedangkan untuk proses pembuatan pengkodean media berbasis *website* menggunakan *framework flask*. *Framework flask* adalah kerangka kerja minimalis atau *micro framework* yang digunakan untuk pembangunan sistem aplikasi berbasis *website*, *flask* digunakan sebagai sistem interaktif *user* dalam menulis aksara Hangeul yang ditulis dalam bahasa pemrograman *python*. Hasil dalam penelitian ini adalah sebuah sistem aplikasi deteksi tulisan tangan berbasis *website* yang dapat mengenali tulisan tangan aksara Hangeul yang mampu mendeteksi berbagai macam bentuk kelas kategori, terkhususnya dalam bentuk satu silabel dengan jumlah kategori sebanyak 24 kelas diantaranya aksara *bbyeo, bin, bom, chaeg, dalg, ddeul, dul, gae, gang, heulg, hyo, jib, kal, ko, mul, myeong, nop, paen, pye, ryeon, ryu, seung, ssal, dan teog*.

Kata Kunci— Aksara Hangeul, Tulisan Tangan, *Convolutional Neural Network (CNN)*, *Framework Flask*, *Deep Learning*.

I. PENDAHULUAN

Teknologi digital yang semakin zaman mengalami perkembangan menjadikan suatu hal tidak mudah dilepaskan dari kehidupan manusia. Berkembangnya teknologi digital di masa sekarang dapat memungkinkan menanamkan perangkat lunak untuk membuat atau melakukan kecerdasan buatan yang dapat memproses sebuah informasi dari gambar, khususnya dalam mengenali dan memprediksi tulisan tangan gambar digital [2].

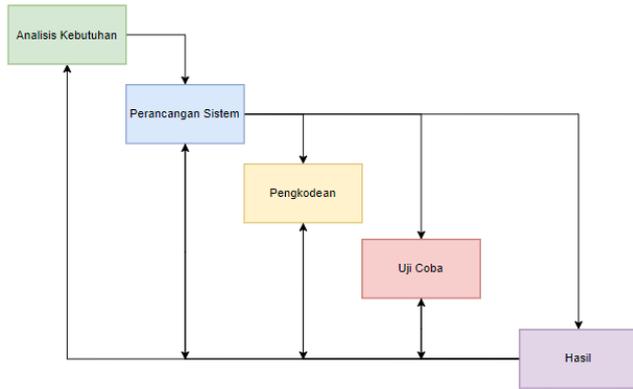
Pada dasarnya deteksi tulisan tangan adalah salah satu tipe dari mempelajari suatu karakteristik atau pola bentuk dari citra gambar berdasarkan kelompok atau kelas citra gambar tersebut, berbagai penelitian dalam mengenali tulisan tangan huruf atau aksara terus dikembangkan melalui pembelajaran mesin mendalam atau *machine learning* dengan basis jaringan saraf tiruan hal itu merupakan pengertian dari konsep *deep learning* [1][3][4].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengoreksian secara otomatis tulisan tangan aksara Hangeul oleh seseorang yang sedang melakukan pembelajaran secara mandiri menulis aksara Hangeul. Untuk itu, pengembangan sistem dilakukan dengan menggunakan metode *Software Development Life Cycle (SDLC)*. SDLC merupakan fase dari proses alur kerja dalam membangun sistem perangkat lunak [4][5]. Model SDLC yang digunakan peneliti adalah model *waterfall* dengan pemanfaatan sistem berbasis *website* menggunakan kerangka kerja *flask*.

Framework Flask adalah kerangka kerja untuk membangun sistem aplikasi berbasis *website* yang ditulis dalam bahasa pemrograman *python*, dikenal karena kesederhanaan, fleksibilitas, dan kemudahan penggunaannya [4][6]. Pada penelitian ini menggunakan *framework flask* dikarenakan masih dalam satu rumpun bahasa pemrograman *python*, memudahkan dalam membangun jaringan saraf tiruan ke dalam sistem *flask*, sehingga tidak perlu banyak belajar meneliti bahasa pemrograman yang lain.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dilakukan secara terstruktur dan sistematis menggunakan urutan tahapan yang sudah direncanakan berdasarkan hasil studi literatur dari beberapa sumber. Tujuannya agar penelitian tidak memulai dari awal lagi sehingga melanjutkan dari jurnal penelitian yang sudah berhasil dan mengembangkannya dengan kontribusi yang baru. Adapun tahapan metodologi dalam penelitian ini dapat diilustrasikan pada Gbr 1.



Gbr. 1 Metode Penelitian.

Metode dari penelitian ini terbagi menjadi 5 bagian yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengkodean, uji coba, dan hasil.

A. Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan ini dilakukan pengumpulan data-data teori yang terkait dengan “Sistem deteksi tulisan tangan aksara Hangeul satu silabel menggunakan metode *convolutional neural network (CNN)* berbasis *framework flask*”. Tujuannya agar memberikan definisi yang jelas terkait masalah penelitian yang diteliti, serta mencari dan mengkaji informasi yang relevan terkait objek penelitian, dalam mengumpulkan data-data yang dibutuhkan, maka penelitian ini memakai teknik seperti berikut:

1) *Studi Literatur*: Dalam pembuatan sistem aplikasi deteksi diperlukan penelitian terhadap pembelajaran sumber teori atau studi literatur yang digunakan untuk memudahkan dalam pengembangan aplikasi berbasis *website* terhadap kebutuhan apa saja yang diperlukan seperti memperoleh data-data pendukung yaitu *dataset* penelitian yang akan digunakan secara valid dan benar [4].

2) *Objek Penelitian*: Pada objek penelitian dilakukan pengolahan data-data objek gambar tulisan tangan aksara Hangeul yang didapatkan secara *online*. *Dataset* terbagi menjadi 2 data yaitu data pelatihan dan data pengujian. Pada penelitian ini juga melakukan observasi terkait data validasi, dengan cara melakukan validasi *dataset* oleh narasumber terpercaya sehingga dapat digunakan secara benar dan valid, yaitu melalui observasi narasumber di lembaga bahasa korea di rungkut tengah surabaya.

B. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan pembuatan desain aplikasi tampilan pengguna atau *user interface* dan desain fungsionalitas aplikasi pada pemanfaatan *unified modeling language (UML)* yaitu *use case diagram* dan *activity diagram*.

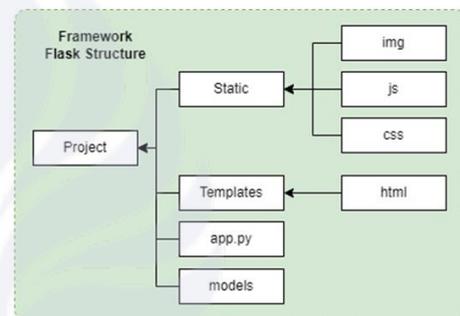
Adapun pengertian diagram *use case* adalah representasi visual yang menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna

atau sistem eksternal) dan sistem yang sedang dipertimbangkan. Ini menggambarkan persyaratan fungsional sistem dan membantu dalam memahami bagaimana pengguna atau sistem eksternal berinteraksi dengan sistem untuk mencapai tujuan [8]. Sedangkan diagram *activity* mewakili aliran kegiatan atau tindakan dalam suatu sistem atau proses. Secara visual menggambarkan alur kerja dari awal hingga akhir, menunjukkan urutan aktivitas, titik keputusan, percabangan, dan konkurensi [9].

C. Pengkodean

Dari perancangan sistem kemudian dilanjutkan tahapan pengkodean, dimana dilakukan terjemahan dari rancangan bangun sistem menjadi sebuah sistem aplikasi deteksi. Pengkodean dilakukan dalam lingkungan pembangunan *framework flask*.

Adapun struktur *framework flask* dapat dilihat pada gambar berikut.

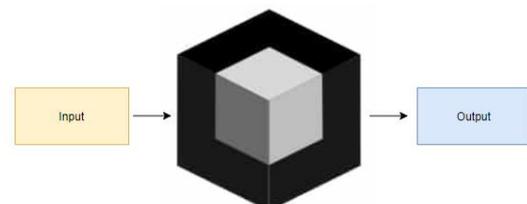


Gbr. 2 Framework Flask.

D. Uji Coba

Setelah tahapan pengkodean pembangunan sebuah sistem aplikasi, kemudian perlu dilakukan pengujian.

1) *Black box Testing*: Peneliti menguji coba sistem untuk memastikan bahwa aplikasi sudah dapat digunakan dengan baik tanpa adanya terkendala dari alur proses rancangan *use case* aplikasi program dengan menggunakan metode *black box testing*. *Black box testing* adalah teknik pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa mempertimbangkan struktur internal atau detail implementasinya. Dalam pengujian kotak hitam, penguji memperlakukan sistem sebagai "kotak hitam" dan mengujinya berdasarkan masukan dan keluaran yang diharapkan, tanpa mengetahui cara kerja internalnya [4][10]. Adapun ilustrasi *black box testing* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gbr. 3 Black Box Testing.

2) Uji validasi manual aksara Hangeul pada aplikasi: Dalam tahapan ini pengujian validasi manual aksara Hangeul pada aplikasi dengan melakukan perhitungan persentase terhadap benar dan salahnya aksara Hangeul di tiap kategori kelas yang ditulis dalam aplikasi. Sampel uji yang diambil sebanyak 10 tiap kategori kata, dengan menggunakan rumus persamaan (1) sebagai berikut:

$$p = \frac{a}{t} \times 100 \quad (1)$$

Rumus di atas untuk keterangannya, nilai p adalah hasil persentase tingkat validasi aksara Hangeul, nilai a banyaknya jumlah benar atau valid aksara Hangeul untuk inputan baru, dan nilai t adalah total seluruh inputan baru bernilai 10.

E. Hasil

Setelah serangkaian uji coba *black box testing* dan uji validasi secara manual, kemudian akan didapatkan hasil aplikasi yang sudah dapat digunakan dan berhasil merancang pembangunan sistem aplikasi yang dapat mendeteksi aksara Hangeul satu silabel berbasis *website* dengan menggunakan *framework flask*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membagi menjadi 3 sub bab bagian yaitu implementasi sistem, hasil sistem, dan hasil pengujian terhadap sistem.

A. Implementasi Sistem

Pada tahapan ini dalam melakukan implementasi sistem dilakukan dengan penulisan kode-kode baris program dengan pemanfaatan *framework flask*. Di dalam *flask* terdapat komponen-komponen yang dibutuhkan yaitu *file python* sebagai komponen utama program dijalankan, *file html* sebagai tempat kode untuk tampilan pengguna, dan *file css* sebagai tempat kode untuk mendesain gaya tampilan. Dalam pengimplementasian penelitian ini yaitu membangun aplikasi sistem deteksi aksara Hangeul satu silabel ini dibutuhkan perangkat atau *tool* sebagai penunjang penelitian ini. Adapun beberapa perangkat keras yang digunakan sebagai berikut:

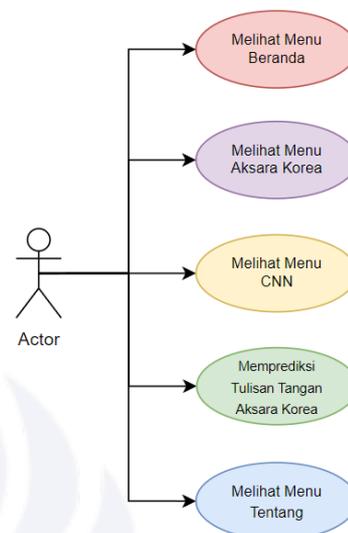
- Laptop Infinix processor Intel(R) Core(TM) i5-1035G1.
- Intel HD Graphics.
- RAM 8GB.

Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Sistem Operasi Windows 11 64 Bit.
- Google Colab Pro.
- Browser Microsoft Edge.
- IDE Visual Studio Code.
- Jupyter Notebook.

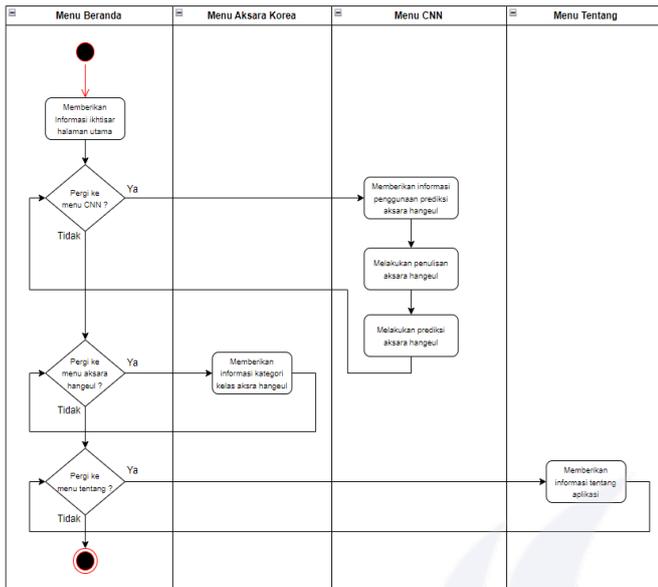
3) *Use Case Diagram*: Diagram *use case* digunakan untuk menggambarkan setiap operasi sistem deteksi karakter aksara Hangeul berbasis *web* yang dapat ditunjukkan pada Gbr 4. Ada sebanyak 5 fitur aplikasi yang akan memandu dalam

menangani pengguna, termasuk pembuatan karakter aksara Hangeul dan prediksi karakter aksara Hangeul, mengenai informasi pengembang, menelusuri daftar kategori karakter aksara Hangeul, dan menelusuri halaman beranda aplikasi.



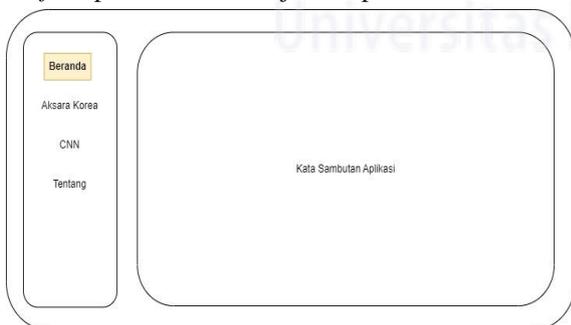
Gbr. 4 Use Case Diagram.

4) *Activity Diagram*: Aktivitas diagram pada sistem yang diilustrasikan pada Gbr 5 digunakan untuk penggambaran aliran kerja sistem dari awal proses *input* penulisan sebuah gambar tulisan tangan aksara Hangeul secara digital kemudian diproses sehingga dihasilkan output prediksi citra aksara Hangeul didasarkan pada kategori kelas dan juga berfungsi untuk menggambarkan keseluruhan aktivitas yang dapat dilakukan oleh system. Di dalam *activity diagram* sistem deteksi ini terdapat 5 proses utama, yaitu proses menu beranda, proses menu aksara Hangeul, menu CNN atau prediksi aksara Hangeul dan menu terakhir adalah menu testing. Tiap proses pada menu tersebut mempunyai aktivitas-aktivitas tersendiri.



Gbr. 5 Activity Diagram.

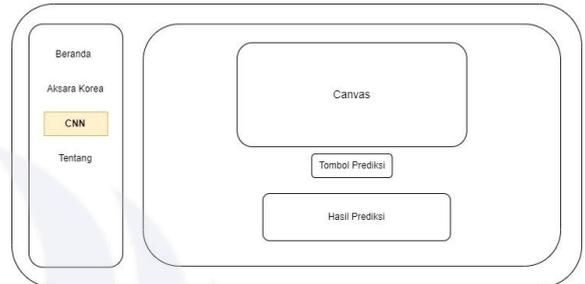
5) *User Interface Design*: Desain dibuat sesederhana mungkin, agar tidak mengurangi kompleksitas aplikasi kepada *user* dikarenakan fitur utama didesain hanya untuk melakukan prediksi aksara Hangeul. Desain antar muka pengguna terdiri dari dua komponen. Salah satunya adalah komponen *sidebar*, yang digunakan untuk mengatur menu, termasuk diantaranya adalah menu "CNN". Menu CNN atau prediksi ini digunakan untuk memprediksi gambar pengguna yang menulis karakter aksara Hangeul secara digital menggunakan bidang kotak kanvas dan bidang kotak hasil prediksi. Lalu ada menu "Beranda" yang digunakan sebagai halaman awal utama saat *user* pertama kali mengunjungi *website*. Menu "Aksara Hangeul" menampilkan pola-pola penulisan aksara Hangeul satu silabel sebanyak 24 kategori kelas. Ada juga menu "Tentang" yang digunakan untuk melihat *profile developer* atau mengenai biodata terkait penelitian ini. Selain itu satunya komponen lain yaitu komponen "content" untuk memberikan tempat kotak *card* di tiap menu-menu. Adapun ilustrasi desain *user interface* pada sistem ditunjukkan pada Gbr 6-10.



Gbr. 6 Desain UI Menu Beranda.



Gbr. 8 Desain UI Menu Aksara Hangeul.



Gbr. 9 Desain UI Menu CNN.



Gbr. 10 Desain UI Menu Tentang.

B. Hasil Sistem

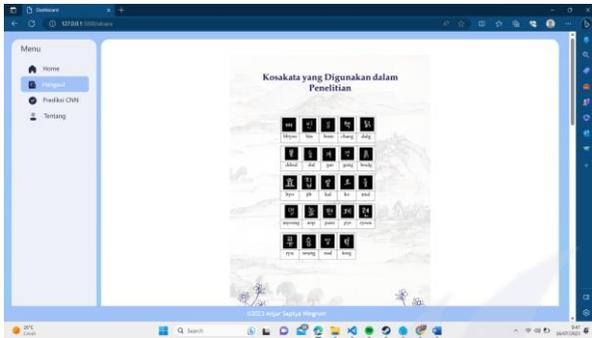
Pada tahapan ini adalah hasil tampilan dari rancang bangun aplikasi sistem deteksi beserta percobaan menggambar tulisan tangan aksara Hangeul secara digital.

1) *Tampilan Menu Beranda*: Menu beranda berisikan ikhtisar ditampilkan di halaman awal sehubungan dengan sistem aplikasi pengenalan karakter aksara Hangeul, yang dapat dilihat pada Gbr 11.



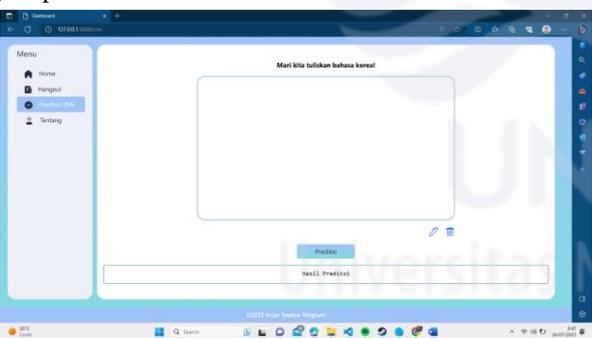
Gbr. 11 Menu Beranda.

2) *Tampilan Menu Aksara Hangeul*: Halaman aksara Hangeul berisi tampilan tentang huruf-huruf Hangeul dan kosakata yang digunakan dalam penelitian. Terdapat 24 kategori aksara hangeul yang ditampilkan di halaman ini, diantaranya yaitu huruf bbyeo, bin, bom, chaeg, dalg, ddeul, dul, gae, gang, heulg, hyo, jib, kal, ko, mul, myeong, nop, paen, pye, ryeon, ryu, seung, ssal, dan teog. Dapat dilihat pada Gbr 12.



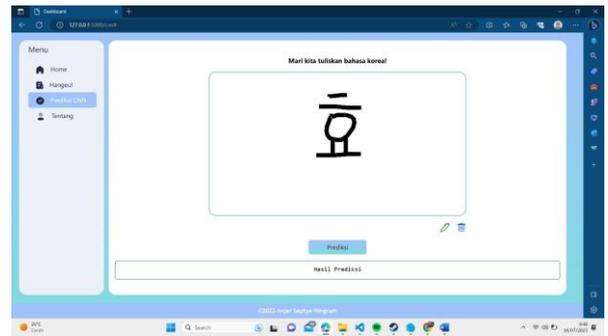
Gbr. 12 Menu Aksara Hangeul.

3) *Tampilan Menu Prediksi CNN*: Halaman prediksi CNN digunakan *user* untuk memprediksi tulisan tangan aksara Hangeul. Pada halaman ini terdapat kotak canvas, *button pen*, *sampah* dan *prediksi*. *Button pen* digunakan untuk menyalakan canvas agar bisa digunakan, indikasi dapat digunakan akan merubah warna *button pen* dari biru menjadi hijau. Kotak canvas digunakan untuk menggambar penulisan tulisan tangan aksara Hangeul secara digital yang kemudian melakukan klik tombol prediksi yaitu digunakan untuk melakukan *request* prediksi aksara Hangeul ke sistem model, kemudian untuk *button sampah* yaitu menghapus penulisan aksara satu silabel Hangeul pada canvas.

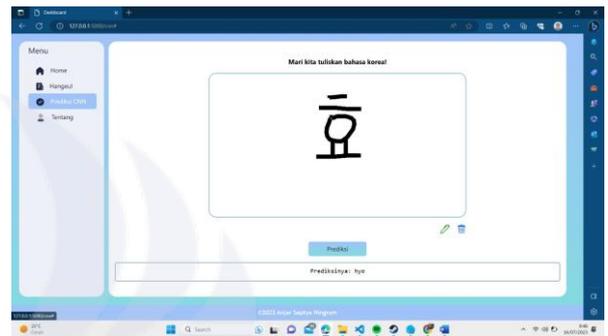


Gbr. 13 Menu Prediksi CNN.

4) *Tampilan Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi*: Ketika *user* sudah menuliskan aksara Hangeul seperti pada Gbr 14. Selanjutnya, untuk melihat hasil prediksi dari huruf yang sudah dituliskan bisa dilakukan dengan klik tombol “prediksi”. Setelah itu sistem akan menampilkan hasil prediksi. Hasil prediksi bisa dilihat seperti pada Gbr 15.

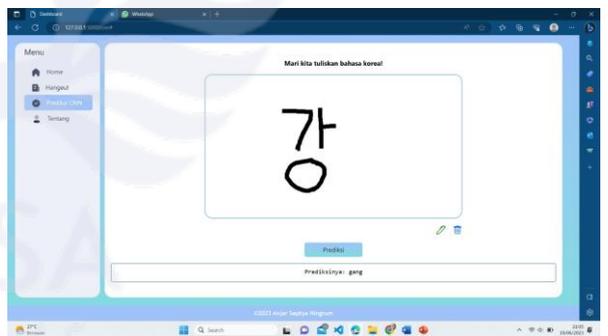


Gbr. 14 Menu Prediksi CNN – Menulis Aksara Hangeul.



Gbr. 15 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Hyo.

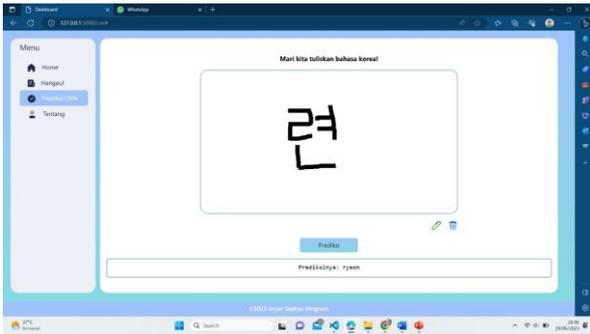
Adapun berikut beberapa hasil klasifikasi aksara Hangeul selain kategori kelas “hyo” yang dapat dilihat pada gambar berikut dari Gbr 16-20 di tiap masing-masing kategoris kelas yaitu aksara gang, heulg, ryeon, teog, dan seung.



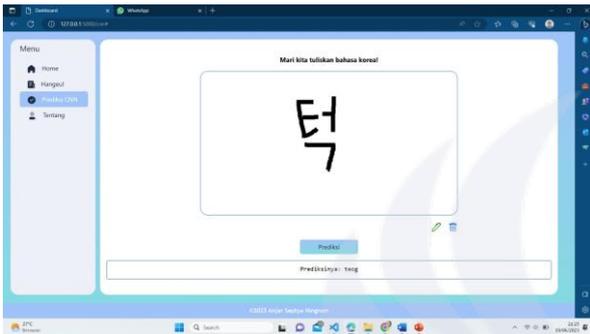
Gbr. 16 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Gang.



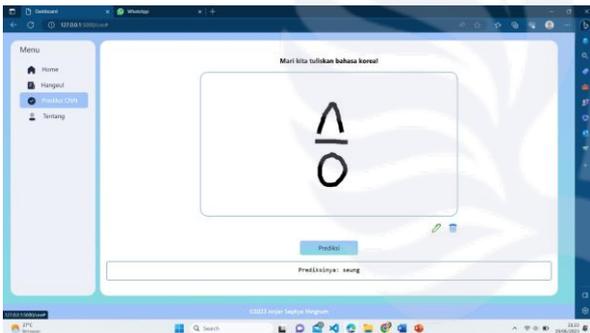
Gbr. 17 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Heulg.



Gbr. 18 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Ryeon.



Gbr. 19 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Teog.



Gbr. 20 Menu Prediksi CNN – Hasil Klasifikasi Aksara Seung.

5) *Tampilan Menu Tentang*:Memilih Menu “Tentang” akan menampilkan seperti pada Gbr 21 menunjukkan tampilan halaman tentang aplikasi.



Gbr. 21 Menu Tentang.

C. Pengujian Sistem

Selanjutnya hasil dari pembangunan sistem aplikasi deteksi aksara Hangeul satu silabel, kemudian dilakukan pengujian sistem terhadap kinerja dan performa fungsionalitas aplikasi guna memberikan *feedback* kekurangan apa yang harus dilakukan agar aplikasi dapat berjalan dengan baik tanpa kendala yang diharapkan. Pada pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan metode *black box testing* yang dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

TABEL I
 HASIL UJI BLACK BOX TESTING

No	Skenario Uji	Tanggal Uji	Hasil Uji
1	Klik tombol menu home	3 Juni 2023 13:59	Berhasil
2	Klik tombol menu Hangeul	3 Juni 2023 14:00	Berhasil
3	Klik tombol menu prediksi CNN	3 Juni 2023 14:05	Berhasil
4	Klik tombol menu prediksi CNN	3 Juni 2023 14:08	Berhasil
5	Klik tombol menu tentang	3 Juni 2023 14:10	Berhasil
6	Klik tombol tulis pada canvas aksara Hangeul	3 Juni 2023 14:12	Berhasil
7	Klik tombol hapus pada canvas aksara Hangeul	3 Juni 2023 14:15	Berhasil
8	Menggambar pada canvas aksara Hangeul	3 Juni 2023 14:20	Berhasil
9	Output prediksi aksara Hangeul	3 Juni 2023 14:21	Berhasil

Didapatkan hasil keseluruhan pengujian metode *black box testing* dari skenario uji nomor 1 s/d 9 sudah terlaksana dengan baik.

Adapun kemudian dilakukan pengujian validasi aksara Hangeul pada aplikasi secara manual sebanyak 10 kali pada tiap kategori kelas. Berikut adalah hasil dari sampel uji validasi.

TABEL II
 HASIL UJI VALIDASI AKSARA HANGEUL PADA APLIKASI

Kelas Hangeul	Percobaan Ke-n										Jumlah poin	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
bbyeo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
bin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
bom	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
chaeg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
dalg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
ddeul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
dul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100%
gae	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	90%

gang	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
heulg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
hyo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	90%
jib	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
kal	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10	100 %
ko	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	80%
mul	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7	70%
myeon g	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
nop	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
paen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
pye	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
ryeon	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	7	70%
ryu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
seung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
ssal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100 %
teog	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	9	90%
Jumlah												229	

Hasil uji validasi aplikasi mendapatkan poin benar sebanyak 229 dari 240. Kemudian dilakukan masukan ke persamaan rumus (1) untuk menghitung nilai *persentase* uji validasi manual aksara Hangeul, seperti berikut hasil persamaan (2):

$$\frac{229}{240} \times 100 = 95,41$$

(2)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kesimpulan dan saran yang dapat dijadikan sebagai acuan intisari dan masukan penelitian kedepan untuk pengembangan sistem yang lebih baik.

A. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil membangun sebuah aplikasi sistem deteksi aksara Hangeul satu silabel menggunakan metode *convolutional neural network (CNN)* berbasis *framework flask* dan kemampuan sistem untuk dapat memprediksi karakter Hangul dengan baik dan benar serta

akurat dalam menjalankan semua fungsi sistem dengan benar pada pengujian sistem seperti apa yang diharapkan.

B. Saran

Seiring dikembangkan penelitian ini, berikut adalah beberapa saran yang dapat dikembangkan pada sistem *website* yang lebih interaktif bagi pengguna, seperti perancangan aplikasi perangkat lunak ini dilakukan dengan menggunakan model-model gaya modern guna meningkatkan tampilan antarmuka aplikasi semenarik mungkin dan agar pengguna kedepannya dapat lebih memahami dan informasi tentang aplikasi tersebut dapat dimengerti dengan lebih baik, mengembangkan aplikasi deteksi dengan cara menambahkan fitur upload gambar tulisan tangan aksara serta tidak menutup kemungkinan juga dilakukan pengembangan metode SDLC atau pemanfaatan metode lainnya, sehingga akan lebih tau mana metode yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas segala berkah, rahma dan juga hidayahNya. sehingga penulis mampu menyelesaikan artikel ilmiah ini dengan baik. Salam hangat dan terima kasih disampaikan kepada Ibu selalu memberikan dukungan semangat, dan Dosen Pembimbing Skripsi yang selalu memberikan saran dan juga masukan untuk penelitian ini. Serta semua pihak yang dengan tulus membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Brownlee, J. (2020) Convolution in Convolutional Neural Networks retrieved from Machine Learning Mastery. [Online], <https://machinelearningmastery.com/convolutional-layers-for-deep-learning-neural-networks>, tanggal akses: 10 Juli 2023.
- [2] Hartati, E., Alamsyah, D., & Nataliara. "Korean Letter Handwriting Recognition Using Convolutional Neural Network Method VGG-16 Architecture". International Journal of Artificial Intelligence and Robotic Technology (IJAIRTec), vol 1, hal. 1-11. Des. 2021.
- [3] Dewa, C. K., Fadhilah, A. L., & Afiahayati, A. "Convolutional Neural Networks (CNN) for Javanese Handwritten for Character Recognition". IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems), vol. 12(1), hal 83. Jan. 2018.
- [4] Kholilul Rachman, E. P. "Rancang Bangun Sistem Deteksi Huruf Rusia Berbasis Web Flask". Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA), vol 2, hal 156-160. Nov. 2021.
- [5] Rizky, D. (2019) Apa itu SDLC Waterfall? [Online], <https://medium.com/dot-intern/sdlc-metode-waterfall-5ae2071f161d>, tanggal akses: 10 Juli 2023.
- [6] Mallet, H. (2020). Develop an Interactive Drawing Recognition App based on CNN — Deploy it with Flask [Online] <https://towardsdatascience.com/develop-an-interactive-drawingrecognition-app-based-on-cnn-deploy-it-with-flask-95a805de10c0>, tanggal akses: 10 Juli 2023
- [7] R. Dunford, Q. Su, E. Tamang, A. Wintour, and Project, "The Pareto Principle Puzzle," Plymouth Student Sci., vol. 7, hal. 140–148, Jul. 2014.
- [8] Rendi Juliarto. (2021) Apa itu Activity diagram Beserta Pengertian, Tujuan, Komponen. [Online], <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-Activity-diagram/>, tanggal akses: 10 Juli 2023.
- [9] Rendi Juliarto. (2021) Contoh Use case diagram lengkap dengan penjelasannya. [Online], <https://www.dicoding.com/blog/contoh-use-case-diagram/>, tanggal akses: 10 Juli 2023.

- [10] N. W. Rahadi and C. Vikasari, "Pengujian Software Aplikasi Perawatan Barang Milik Negara Menggunakan Metode Black Box Testing Equivalence Partitions," *Infotekmesin*, vol. 11. hal. 57-61, Jan. 2020.

