

Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) dalam Mendeteksi dan Mendiagnosis Kelainan Telapak Kaki

1st Naufal Dwi Alrizqi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

naufaldwialrizqi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Inung Wijayanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

3rd Sofia Saidah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Arkus adalah lengkungan pada telapak kaki berupa celah antara bagian dalam dari kaki dan permukaan. Ada tiga jenis arkus yaitu normal, tinggi, dan datar, dengan dua terakhir dianggap sebagai kelainan kaki. Kelainan ini menjadi fokus dalam penilaian calon anggota Kepolisian Republik Indonesia (POLRI). Saat ini, pengukuran arkus dilakukan secara manual dengan penggaris, yang sering kali tidak akurat. Untuk mengatasi masalah ini, kami merancang sistem pendeteksi telapak kaki bernama “Flatyfoot”. Sistem ini, yang berbasis *Deep Learning* dan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN) ResNet152 V2*, dapat mengidentifikasi dua jenis telapak kaki (normal dan tidak normal) dengan akurasi tinggi. Dengan demikian, proses seleksi POLRI dapat menjadi lebih akurat dan efisien. Penelitian kami menunjukkan bahwa sistem ini memiliki performa 84,44%, menandakan bahwa model dapat berjalan sesuai rancangan.

Kata Kunci—Flatfoot, POLRI, *Deep Learning*, *Convolutional Neural Network (CNN)*, Deteksi Kelainan Telapak Kaki

I. PENDAHULUAN

Arcus Pedis merupakan lengkungan beruas-ruas pada bagian telapak kaki yang berfungsi sebagai kekuatan pegas untuk menjaga keseimbangan tubuh saat beraktivitas. Lengkungan telapak kaki dapat dibagi menjadi tiga yaitu arkus normal (*normal arch*), tinggi (*high arch*), dan datar (*flat foot*). Fungsi utama telapak kaki sebagai alat pendukung tubuh dan pergerakan, telapak kaki juga dapat mengalami berbagai kelainan atau masalah kesehatan. Ada dua jenis bentuk kaki secara umum, telapak kaki normal dan telapak kaki yang tidak normal [1].

Kelainan pada telapak kaki salah satunya adalah kaki datar atau flat foot. Flat foot atau kaki datar merupakan kondisi di mana telapak kaki menjadi datar dikarenakan hilangnya lengkungan longitudinal [2]. Penyebab utama flat foot adalah ketidaknormalan struktur tulang sehingga pada kondisi flat foot menyebabkan otot, tendon, dan ligament bekerja lebih berat. flat foot biasanya akan mudah lelah, nyeri saat atau setelah berlari atau berjalan, dan dapat terjadinya radang di selubung saraf telapak kaki.

Pemeriksaan fisik pada calon anggota Kepolisian Republik Indonesia (POLRI) menjadi salah satu tahapan yang penting

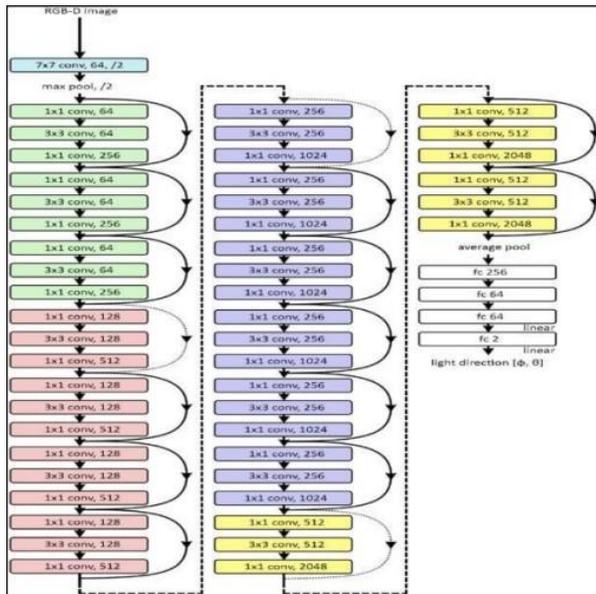
pada proses seleksi. Anggota Kepolisian Republik Indonesia (POLRI) tidak diperkenankan memiliki kelainan pada telapak kaki dikarenakan dapat menghambat kemampuan berjalan dan berlari.

Untuk mengatasi tantangan dalam menilai bentuk telapak kaki yang normal dan tidak normal, kami telah merancang sebuah alat inovatif. Alat ini tidak hanya memudahkan proses pemeriksaan, tetapi juga memberikan penilaian objektif yang sesuai dengan kriteria seleksi fisik bagi calon anggota. Yang menarik, alat ini memanfaatkan kecanggihan teknologi *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan arsitektur *ResNet152V2*, menjadikannya solusi yang andal dan akurat. Dengan menggunakan alat yang kami rancang, dihasilkan data gambar, dimana data tersebut akan diproses/diolah di *CNN*, yang akan menghasilkan sebuah klasifikasi terhadap kaki normal dan tidak normal. Dengan memanfaatkan kecanggihan teknologi *Deep Learning*, kami berharap solusi yang kami rancang ini akan membawa revolusi dalam proses deteksi telapak kaki normal dan tidak normal. Dengan demikian, proses ini tidak hanya menjadi lebih efisien, tetapi juga lebih akurat dan dapat diandalkan. Ini adalah langkah maju yang signifikan dalam bidang ini, membuka peluang baru untuk peningkatan kesehatan dan kenyamanan.

II. KAJIAN TEORI

A. *Convolutional Neural Network (CNN)*

Pada bagian ini menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk melakukan pengolahan data terhadap data-data yang diambil berdasarkan pengujian sistem deteksi telapak kaki. Dalam hal ini CNN merupakan algoritma deep learning yang memang dirancang untuk melakukan pengolahan data terhadap data yang berbentuk grid. CNN sendiri merupakan salah satu model yang tradisional dalam neural network dan model tersebut juga termasuk algoritma yang mampu melakukan pembelajaran secara mendalam serta dapat juga mengambil gambar masukan, mengidentifikasi dari objek maupun dalam bentuk gambar dan mampu dalam memprediksi suatu objek/gambar antar yang satu dengan yang lain [3]. Untuk cara kerjanya ada tiga proses. Pertama, bagian

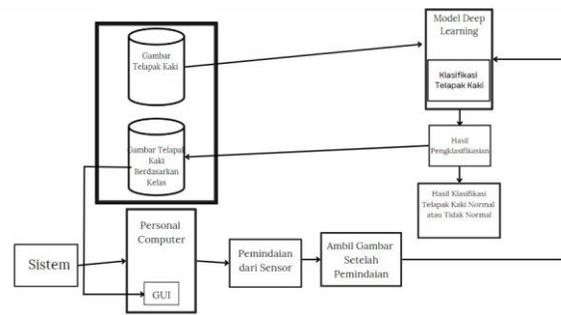


GAMBAR 1.
Arsitektur ResNet152V2

convolutional layer yang berperan untuk mengekstrak fitur dalam gambar. Dalam hal ini CNN memanfaatkan proses konvolusi dengan menggerakkan filter berukuran tertentu ke sebuah gambar, lalu komputer akan mendapatkan informasi representatif baru dari hasil perkalian bagian gambar tersebut dengan filter yang digunakan. Kedua, yaitu pooling layer yang berfungsi untuk mereduksi atau mengurangi dimensi pada data gambar yang diperoleh [4]. Pada lapisan ini bekerja tumpukan feature map dan akan mereduksi dari dimensi gambarnya. Serta yang terakhir yaitu fully-connected (FC) layer yang berperan untuk menghubungkan kedua layer sebelumnya dengan output [5]. Untuk lebih singkatnya CNN memiliki cara kerja dengan melakukan konvolusi terhadap gambar input yang nantinya untuk diekstrak fitur penting dalam data gambar yang ada. Yang kemudian dari fitur-fitur penting ini akan digunakan untuk mengklasifikasi gambar output yang diinputkan.

B. Residual Network 152 V2

Pada penelitian ini kami menggunakan metode *Deep Learning* dengan algoritma klasifikasi ResNet152V2. Algoritma tersebut merupakan salah satu jenis arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* yang sangat maju dan efisien dalam mengenali gambar, sebagai model deep learning yang canggih, telah dilatih dengan beragam gambar telapak kaki dan kini mampu mengenali pola-pola kompleks pada telapak kaki normal dan tidak normal, membuka era baru dalam pemahaman kita tentang kesehatan kaki [6]. Untuk arsitekturnya dapat dilihat pada Gambar 1 [7]. Deep learning adalah teknologi yang menggunakan model komputasi berlapis untuk mengenali objek dan menganalisis data gambar, seperti yang ditunjukkan oleh ResNet152v2, dimana dalam pengujian ResNet152v2 pada alat kami mampu memprediksi gambar



GAMBAR 2.
Rencana Desain Sistem

masukannya yang terbilang cukup baik [8]. Lapisan masukan dalam arsitektur ResNet terdiri dari serangkaian blok residual yang secara khusus dirancang dan beroperasi dengan fokus pada optimalisasi fungsi residual [9]. Residual Neural Network (ResNet) memiliki berbagai layer arsitektur, mulai dari 18, 34, 50, 101, sampai 152 layer

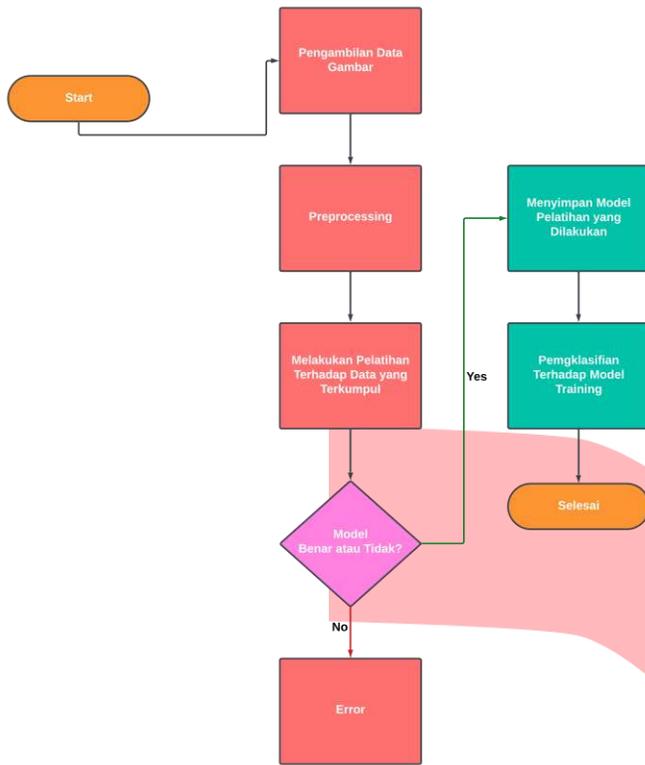
III. METODE

A. Rencana Desain Sistem

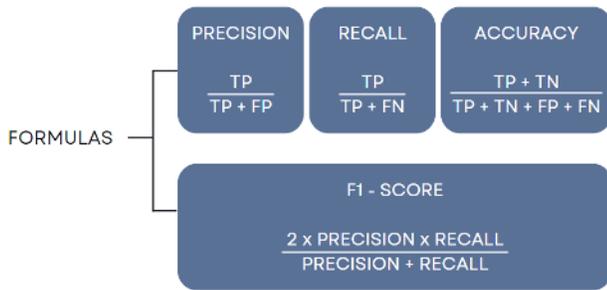
Rencana desain sistem yang dikirimkan adalah untuk mengembangkan sistem deteksi telapak kaki yang dapat membedakan antara telapak kaki normal dan tidak normal menggunakan model *Deep Learning*. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk Personal Computer dan *Graphical User Interface (GUI)* yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna dan tempat penyimpanan data, memungkinkan pengguna untuk mengatur parameter dan melihat hasil dari sistem. Sensor *Matrix FSR (Force Sensing Resistor)* berfungsi sebagai alat pemindaian gambar telapak kaki, mampu mengukur tekanan yang diberikan oleh telapak kaki pada permukaan sensor dan menghasilkan gambar berdasarkan nilai tekanan tersebut. *Shift Register, Analog Multiplexer*, dan Mikrokontroler *ESP32* berfungsi sebagai penghubung antara sensor dan personal computer, mengirimkan data dari sensor ke personal computer melalui koneksi WiFi. Model *Deep Learning* menggunakan algoritma *CNN ResNet152V2* yang telah dilatih untuk mengenali pola dan fitur pada gambar telapak kaki, dapat mengklasifikasikan gambar telapak kaki menjadi normal atau tidak normal berdasarkan kelas yang telah ditentukan.

B. Implementasi

Implementasi metode *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan algoritma *ResNet152V2* pada sistem ini dimulai dengan pengambilan data gambar telapak kaki. Setelah itu, data tersebut diproses lebih lanjut melalui tahap *preprocessing*. Selanjutnya, dilakukan pelatihan pada dataset yang telah terkumpul. Jika pelatihan berhasil, proses tersebut akan menghasilkan file model yang nantinya akan digunakan untuk melakukan proses pengklasifikasian terhadap telapak kaki. Untuk alur dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Dalam proses pelatihan ini, data dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas normal dan tidak normal. Pembagian data dilakukan dengan rasio 80% untuk data latih dan 20% untuk data validasi, dimana setiap bagian



GAMBAR 3. Blok Diagram Convolutional Neural Network (CNN)



GAMBAR 4. Perhitungan Convolutional Neural Network (CNN)

tersebut memiliki kelas normal dan tidak normal. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu dalam mendeteksi kondisi telapak kaki dan memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu. Dari proses diatas, akan dilakukan evaluasi data yang menghasilkan perhitungan dari presisi, akurasi, recall, serta f1-score. Untuk formula dari perhitungan Convolutional Neural Network bisa dilihat pada Gambar 4'

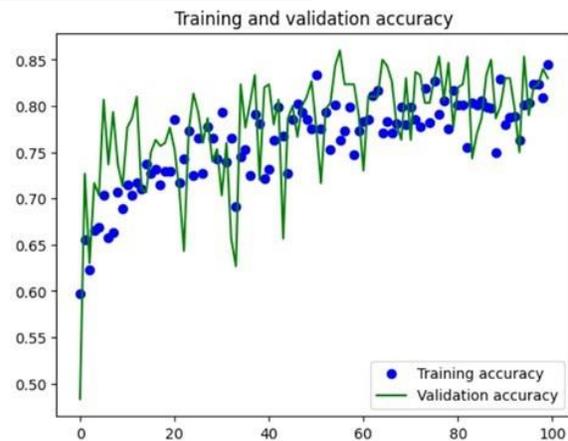
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian ini kami membagi datanya menjadi 80% untuk data latih dan 20% untuk data validasinya. Dari pembagian tersebut, kami melakukan uji coba dengan cara memasukan data uji yang nantinya akan diprediksi oleh CNN. Model arsitektur yang digunakan dalam pengolahan data adalah ResNet152v2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_4 (InputLayer)	[(None, 150, 150, 3)]	0
resnet152v2 (Functional)	(None, 5, 5, 2048)	58331648
global_average_pooling2d_2 (GlobalAveragePooling2D)	(None, 2048)	0
flatten (Flatten)	(None, 2048)	0
dense_1 (Dense)	(None, 1)	2049

=====
 Total params: 58333697 (222.53 MB)
 Trainable params: 2049 (8.00 KB)
 Non-trainable params: 58331648 (222.52 MB)
 =====

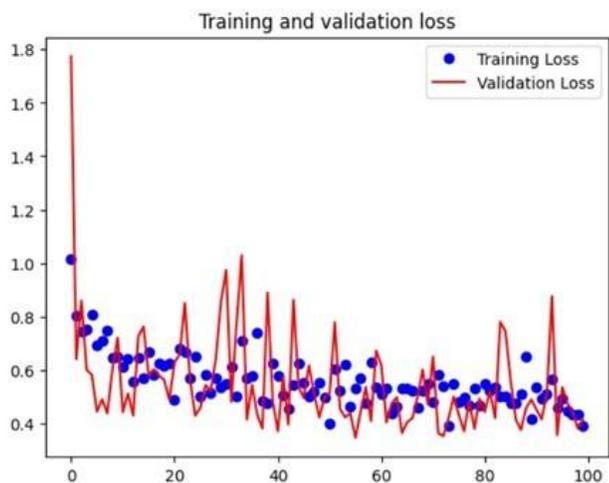
GAMBAR 5. Model Parameter Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)



GAMBAR 6. Grafik Model Training dan Validation Accuracy

Hasil dari pengujian metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan algoritma ResNet152V2 pada penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi 84,44% dari data uji yang diinputkan. Data uji dari masing-masing telapak kaki akan diproses menggunakan preprocessing pada data latih dan data validasi (pengujian). Pengujian ini dilakukan dengan memperhatikan evaluasi kinerja. Dimana kinerjanya dapat dilihat dari epoch dan learning rate. Epoch merupakan hyperparameter yang dirancang untuk mendefinisikan berapa banyak algoritma pembelajaran yang akan bekerja melalui dataset pilihan. Learning rate merupakan indikator dalam proses pelatihan dataset yang perlu diperhatikan untuk menghitung waktu proses pembelajaran. Semakin tinggi hasil dari learning rate maka waktu yang dibutuhkan akan semakin cepat dalam proses pembelajaran dataset, tetapi hasil akhir dari akurasi akan rendah. Akurasi dapat mempengaruhi hasil akhir prediksi suatu sistem yang akan dirancang.

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa hasil pelatihan dan validasi akurasi menunjukkan peningkatan performa yang signifikan. Ini merupakan indikasi positif yang menunjukkan bahwa sistem kita bergerak ke arah yang benar, semakin



GAMBAR 7. Grafik Model Training dan Validation Loss

TABEL I
Confusion Matrix of Classification System

	Flatfoot	High Arch foot	Normal
Flatfoot	96	0	26
High Arch foot	0	99	46
Normal	17	45	509

mendekati tujuan akhir kita untuk mencapai akurasi yang optimal.

Sedangkan jika mengacu pada Gambar 7, hasil pelatihan dan validasi loss menunjukkan suatu fenomena yang menarik. Terlihat bahwa semakin kecil nilai error (loss), performa sistem semakin meningkat. Ini adalah bukti nyata bahwa sistem kita semakin mendekati tingkat optimalitas. Dengan kata lain, semakin kita mampu menekan error, semakin baik pula performa yang kita capai.

Pada Tabel I *Confusion Matrix of Classification System*, untuk telapak kaki *flatfoot* terdapat 96 kasus yang terindikasi *flatfoot*, namun 26 kasus terdeteksi normal. Untuk telapak kaki lengkungan tinggi atau *High Arch Foot* didapatkan 99 kasus yang terdeteksi *high arch foot*, dan 46 kasus yang terdeteksi normal. Pada telapak kaki normal, terdapat 509 kasus yang terdeteksi normal, 45 kasus yang terdeteksi *high arch foot*, dan 17 kasus yang terdeteksi *flatfoot*. Dapat disimpulkan, hal ini menunjukkan bahwa lengkung telapak kaki tinggi dan lengkung telapak kaki normal memiliki perbedaan yang tidak signifikan atau tidak sejelas batas antara lengkung telapak kaki normal dengan lengkung telapak kaki datar.

Dataset disederhanakan menjadi 2 (dua) klasifikasi, yaitu normal dan tidak normal. Pada Tabel II *Simplified confusion*

TABEL II
Simplified Confusion Matrix

	Normal	Tidak Normal
Normal	509	62
Tidak Normal	72	195

TABEL III

Performansi Perhitungan CNN

Nama	Hasil Perhitungan
Accuracy	84,44%
Precision	89%
Recall	87%
F1-score	88%

matrix, untuk telapak kaki normal terdapat 509 kasus yang terdeteksi normal, dan terdeteksi abnormal ada 62 kasus. Untuk telapak kaki abnormal (lengkung tinggi dan lengkung rendah) ada 195 kasus yang terdeteksi lengkung telapak kaki abnormal dan 72 terdeteksi normal. Hal ini dapat menunjukkan bahwa alat ini dapat mengidentifikasi kelainan pada telapak kaki secara akurat. Namun, ada beberapa kasus normal yang masih terdeteksi abnormal, yang menunjukkan alat ini memiliki sensitivitas tinggi namun spesifisitas lebih rendah.

Evaluasi kinerja pada set validasi penting untuk memahami sejauh mana alat ini dapat menggeneralisasi data yang belum pernah dilihat. Mengevaluasi kinerja model pada set validasi meliputi perhitungan Akurasi (*Accuracy*), Presisi (*Precision*), *Recall* dan *F1-Score* [10]. Pada perhitungan CNN yang dapat dilihat pada Gambar 4, menjelaskan bahwa *True Positive (TP)* merupakan kondisi model berhasil mengklasifikasi kelas positif secara akurat. Sebaliknya, *True Negative (TN)* merupakan kondisi model berhasil mengklasifikasikan kelas negatif secara akurat. *False Positive (FP)* merupakan kondisi model keliru mengklasifikasikan kelas negative sebagai kelas positif. Sedangkan *False Negative (FN)* merupakan kondisi model keliru mengklasifikasikan kelas positif sebagai kelas negative [11]. Dari perhitungan yang menggunakan rumus diatas, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel III

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan algoritma ResNet152V2 dalam sistem deteksi telapak kaki. Hasilnya, sistem ini mampu membedakan antara telapak kaki normal dan tidak normal dengan akurasi sebesar 84,44%. Ini menunjukkan bahwa metode dan algoritma yang digunakan cukup efektif dalam melakukan tugas klasifikasi ini. Dengan demikian, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang deteksi kelainan telapak kaki menggunakan teknologi deep learning. Selain itu, hasil ini juga menunjukkan potensi besar dari metode CNN dan algoritma ResNet152V2 dalam berbagai aplikasi lainnya yang melibatkan pengenalan pola dan klasifikasi gambar.

REFERENSI

- [1] M. Nurcholis, R. M. Y. R. M. Yasi, and C. F. H. C. F. Hadi, "Rancang bangun alat ukur kekuatan pukulan atlet beladiri menggunakan sensor fsr (force sensitive resistor) berbasis mikrokontroler atmega328," *Journal zetroem*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [2] A. Maharani, A. Wibawa, and I. N. Adiputra, "Perbedaan kelincahan antara normal foot dan flat foot pada anak usia 10-12," *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, vol. 8, no. 3, p. 7, 2020.

- [3] A. A. Elngar, M. Arafa, A. Fathy, B. Moustafa, O. Mahmoud, M. Shab- an, and N. Fawzy, "Image classification based on cnn: a survey," *Journal of Cybersecurity and Information Management*, vol. 6, no. 1, pp. 18–50, 2021.
- [4] H. Gholamalinezhad and H. Khosravi, "Pooling methods in deep neural networks, a review," *arXiv preprint arXiv:2009.07485*, 2020.
- [5] H. Nakahara, T. Fujii, and S. Sato, "A fully connected layer elimination for a binarized convolutional neural network on an fpga," in *2017 27th international conference on field programmable logic and applications (FPL)*. IEEE, 2017, pp. 1–4.
- [6] D. Setiawan and T. Suryawijaya, "Algoritma resnet152v2 dalam melakukan klasifikasi penyakit pada daun tanaman tomat," *Journal of Computer Science and Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 37–42, 2023.
- [7] N. Ibrahim, G. A. LESTARY, F. S. HANAFI, K. SALEH, N. K. C. PRA- TIWI, M. S. HAQ, and A. I. MASTUR, "Klasifikasi tingkat kematangan pucuk daun teh menggunakan metode convolutional neural network," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 1, p. 162, 2022.
- [8] A. Ridhovan and A. Suharso, "Penerapan metode residual network (resnet) dalam klasifikasi penyakit pada daun gandum," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 7, no. 1, pp. 58–65, 2022.
- [9] N. Rachburee and W. Punlumjeak, "Lotus species classification using transfer learning based on vgg16, resnet152v2, and mobilenetv2," *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, vol. 11, no. 4, p. 1344, 2022.
- [10] H. Kuang, J. Wang, R. Li, C. Feng, and X. Zhang, "Automated data- processing function identification using deep neural network," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 55 411–55 423, 2020.
- [11] J. D. Novaković, A. Veljović, S. S. Ilić, Ž. Papić, and M. Tomović, "Evaluation of classification models in machine learning," *Theory and Applications of Mathematics & Computer Science*, vol. 7, no. 1, p. 39, 2017.