

Perancangan Alat Deteksi Alergi Berbasis Sensor Dengan Kecerdasan Buatan

Giulia Salzano Badia¹, Intan Safira², Liala Syarifah Wahdani³, Discha Zahra Amanina⁴, Aris Febriyanto⁵, Aripin^{*6}

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro

*Corresponding Author: arifin@dsn.dinus.ac.id

Abstract: This research aims to develop a non-invasive allergy detection tool using artificial intelligence technology, specifically the Convolutional Neural Network (CNN) method. This tool is designed to detect allergic reactions caused by food through sensors applied to human skin. The research methodology includes literature study, data collection, design creation, system design, tool creation, and testing stages. This tool uses a camera to detect allergic reactions on the skin, which are then analyzed using an image processing algorithm with the CNN method integrated in a minicomputer. Data processing on skin reaction samples to allergic substances is divided into four classes, including atopic, angioedema, normal skin, and urticaria. The CNN algorithm used consists of several layers, including convolutional layers, pooling, and fully connected layers. The data collection process is carried out with 2 data, namely primary data and secondary data. Primary data collection is done by taking images of normal and allergic patient skin. Secondary data is obtained from Kaggle. The results of the study show that this tool prototype is able to detect changes in the skin surface due to allergic reactions, such as redness or swelling, quickly and accurately. Testing of this device yielded an accuracy rate of 92%, indicating its high accuracy in detecting allergic reactions.

Keywords: allergy, non-Invasive, sensor, artificial intelligence

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat deteksi alergi non-invasif yang menggunakan teknologi kecerdasan buatan khususnya metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Alat ini dirancang untuk mendeteksi reaksi alergi yang disebabkan oleh makanan melalui sensor yang diaplikasikan pada kulit manusia. Metodologi penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data, pembuatan desain, perancangan sistem, pembuatan alat dan tahap pengujian. Alat ini menggunakan kamera untuk mendeteksi reaksi alergi pada kulit, yang kemudian dianalisis menggunakan algoritma pengolahan citra dengan metode CNN yang diintegrasikan dalam sebuah mini komputer. Pengolahan data pada sampel reaksi kulit terhadap zat alergi dibagi menjadi empat kelas meliputi atopik, angioedema, kulit normal dan urtikaria. Algoritma CNN yang digunakan terdiri dari beberapa layer termasuk *convolutional layer*, *pooling*, dan *fully connected*. Proses pengambilan data dilakukan dengan 2 data yaitu data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer dengan cara mengambil citra dari kulit pasien yang normal dan terkena alergi. Data sekunder didapatkan dari Kaggle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat ini mampu mendeteksi perubahan pada permukaan kulit akibat reaksi alergi, seperti kemerahan atau pembengkakan, dengan cepat dan akurat. Pengujian alat ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 92% yang menunjukkan bahwa alat ini cukup akurat dalam mendeteksi reaksi alergi.

Kata Kunci: alergi, non-Invasive, sensor, kecerdasan buatan

Pendahuluan

Metode deteksi alergen yang tersedia saat ini cenderung memakan waktu, mahal, dan memerlukan laboratorium khusus. Pengujian manual seringkali tidak dapat memberikan hasil secara real-time atau di tempat, yang dibutuhkan untuk intervensi cepat. Kebutuhan akan deteksi alergi meningkat seiring dengan peningkatan kasus alergi makanan dan lingkungan. Kemajuan dalam teknologi sensor, terutama sensor kimia atau biologis, membuka peluang untuk pengembangan sensor alergen yang lebih efektif. Dukungan yang meningkat pada riset biomedis dan teknologi medis memberikan sumber daya tambahan untuk pengembangan sensor ini. Masyarakat yang semakin peduli dengan kesehatan pribadi mencari solusi untuk mengelola alergi tanpa mengganggu kehidupan sehari-hari.

World Allergy Organization (WAO) menunjukkan 22% penduduk dunia menderita alergi dan terus meningkat setiap tahun. Pada tahun 2014, diperkirakan kasus alergi makanan terjadi pada 5% dewasa dan 8% pada anak-anak. Alergi makanan adalah bagian dari reaksi hipersensitivitas, yakni *hiperesponsivitas* imunologik terhadap antigen spesifik, dapat berasal dari makanan atau mikroorganisme patogen maupun produknya [1]. Alergi makanan dapat disebabkan oleh berbagai makanan baik dari hewani maupun nabati. Prevalensinya pada anak adalah 5% sedangkan pada dewasa 2%, reaksi anafilaktik dilaporkan terjadi karena kacang-kacangan. Makanan yang paling banyak menjadi penyebab adalah susu, telur, kacang tanah,



ikan, kerang dan kacang lainnya. Buah dan sayuran juga dapat menjadi penyebab alergi (Karjadijaja, 2007).

Rekayasa desain memainkan peran penting dalam pengembangan alat tes alergen berbasis sensor. Alat tes alergen adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan alergen pada kulit yang disebabkan oleh makanan. Pengembangan alat tes alergen berbasis sensor melibatkan beberapa tahapan, dan rekayasa desain memiliki peran dalam setiap tahapannya. Sehingga tes alergen ini sangat penting untuk mendeteksi jenis dan penyebab alergi yang menyerang pada tubuh manusia yang disebabkan oleh makanan dengan mendeteksinya melalui organ kulit.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu jenis jaringan syaraf utama yang digunakan untuk pengenalan dan klasifikasi gambar. CNN memiliki beberapa kegunaan, beberapa di antaranya adalah pengenalan objek, pemrosesan gambar, visi komputer, dan pengenalan wajah. Masukan untuk jaringan saraf *convolutional* disediakan melalui gambar (Taye, 2023). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa CNN dapat digunakan dalam mendeteksi reaksi kulit pada saat alergi seperti penelitian yang dilakukan oleh Dei Andrianto dan rekannya yang menunjukkan bahwa metode CNN dapat digunakan untuk mengklasifikasi penyakit kulit (Iskandar, 2024). CNN dikenal karena kemampuannya dalam mengenali pola dan fitur yang kompleks pada gambar, yang sangat berguna dalam klasifikasi kondisi kulit terkait alergi. Penelitian ini memanfaatkan pengolahan citra untuk mengidentifikasi reaksi kulit ketika alergi makanan yang dapat mengklasifikasikan 3 *class* seperti dermatitis atopik, angioedema, dan urticaria menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode CNN dikenal karena kemampuannya memberikan akurasi tinggi dalam klasifikasi gambar, melebihi metode *machine learning* lainnya. Keunggulan dari metode CNN adalah pada saat *pre-processing* tidak perlu dilakukan ekstraksi ciri dari citra. Metode ini dapat langsung mengolah citra yang akan dilakukan klasifikasi.

Tinjauan Pustaka

A. Alergi Makanan

Alergi makanan adalah reaksi sistem imun yang terjadi setelah paparan terhadap makanan tertentu. Makanan didefinisikan sebagai substansi yang dikonsumsi oleh manusia baik yang sudah diproses, semi proses ataupun mentah. Alergen makanan didefinisikan sebagai komponen spesifik dari makanan atau bahan makanan (secara tipikal merupakan protein, namun bisa juga dalam bentuk haptan) yang dikenali oleh sel imun yang kemudian menimbulkan reaksi imunologik yang diperantarai oleh sel mast dan IgE (Hendra, 2020).

Gejala alergi makanan dapat bermanifestasi di kulit dan saluran pernafasan. Gejala pada kulit dapat berupa urtikaria, angioedema, gatal, flushing dan dermatitis atopik. Gejala pada saluran pernafasan dapat berupa rhinitis, hidung tersumbat, asma, batuk dan edema laring (Karjadijaja, 2007).

Urtikaria adalah reaksi pada kulit akibat bermacam-macam sebab. Sinonim penyakit ini adalah biduran, kaligata, hives, nettle rash. Ditandai oleh edema (bengkak) setempat yang timbul secara mendadak dan menghilang perlahan-lahan, berwarna kemerahan dan pucat, meninggi dipermukaan kulit, sekitarnya dapat dikelilingi halo (bulatan) (Aulady, 2019).

Dermatitis atopik adalah peradangan pada kulit yang bersifat kronis dan sering berhubungan dengan peningkatan kadar IgE dalam serum serta Riwayat atopi pada keluarga penderita (rhinitis alergi atau asma bronchial). Konsep dasar dari terjadinya dermatitis atopik adalah melalui reaksi imunologik yang diperantai oleh sel-sel imunitas dari sum-sum tulang (Alini, 2018).

Angiodema adalah edema yang melibatkan lapisan yang lebih dalam dari kulit yaitu dermis, jaringan subkutan, mukosa, dan submucosa karena terjadinya peningkatan permeabilitas kapiler akibat mediator inflamasi. Pada angioedema edema yang timbul adalah

non-pitting, terbatas tegas, pucat dan tidak gatal namun angioedema dapat juga timbul bersamaan dengan urtikaria sehingga bisa disertai gatal-gatal dan kemerahan. Angioedema dapat terjadi pada daerah wajah terutama di daerah bibir dan mata, telinga, saluran pernafasan, saluran pencernaan, kardiovaskuler, tangan, kaki dan alat kelamin (Utari, 2019).

B. Mini Komputer Raspberry PI 4

Raspberry PI merupakan mini komputer yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Perangkat ini menggunakan sistem operasi Raspbian dan dilengkapi dengan prosesor 700MHz ARM11. Raspberry PI memiliki pin input output, terdiri dari *General Purpose Input and Output* (GPIO), *Display Serial Interface* (DSI) dan *Camera Serial Interface*. Pemanfaatan Raspberry PI dapat diimplementasikan dalam berbagai kebutuhan. Ketersediaan sensor WIFI memberikan kemudahan pengembangan lingkungan monitoring (Heriyanto, 2020).

C. Metode *Convolutional Neural Network*

Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu jenis jaringan syaraf utama yang digunakan untuk pengenalan dan klasifikasi gambar. CNN memiliki beberapa kegunaan, beberapa di antaranya adalah pengenalan objek, pemrosesan gambar, visi komputer, dan pengenalan wajah. Masukan untuk jaringan saraf *convolutional* disediakan melalui gambar (Taye, 2023). CNN terutama digunakan untuk memecahkan masalah visi komputer (seperti mobil tanpa pengemudi, robotika, drone, keamanan, diagnosis medis, perawatan untuk tunanetra, dll.) dengan menggunakan gambar sebagai input, karena CNN mengambil keuntungan dari struktur kisi-kisi data. CNN bekerja dengan pertama-tama menurunkan representasi tingkat rendah, tepi lokal, dan titik-titik, dan kemudian menyusun representasi tingkat yang lebih tinggi, bentuk keseluruhan, dan kontur. Nama jaringan saraf dalam ini adalah karena mereka menerapkan konvolusi, sejenis operasi matematika linier (López, 2022).

Ada beberapa layer yang digunakan dalam arsitektur CNN, meliputi *Convolutional Layer*, *Pooling Layer*, dan *Fully Connected Layer*. *Convolutional Layer* merupakan lapisan pertama pada algoritma CNN. Gambar input yang besar akan dibagi menjadi bagian-bagian gambar yang kecil. Pada lapisan ini gambar yang dimasukkan akan disaring dengan mengalikan gambar input dengan filter. Output dari lapisan ini adalah *feature map* yang akan digunakan pada *activation layer*. *Pooling layer* atau sub-sampling layer merupakan lapisan yang akan mengurangi dimensi dari *feature map* yang dihasilkan oleh *convolutional layer*. Lapisan ini akan mengambil sebagian dari *feature map* dan menghasilkan satu output tergantung dengan tipe *pooling* yang dipakai. *Fully Connected Layer* merupakan lapisan terakhir pada algoritma CNN. Pada lapisan ini akan diambil seluruh neuron dari lapisan sebelumnya. Kemudian neuron ini akan dioperasikan dengan neuron pada lapisan saat ini untuk menghasilkan sebuah output. Tujuan dari lapisan pooling adalah untuk mengurangi parameter yang dikomputasikan (Handoko, 2022).

Metodologi Penelitian

Pada metodologi penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan alat ini meliputi pendekatan penelitian yang menggunakan metode *Research and Development* (RnD), desain penelitian, alat dan bahan, dan prosedur penelitian.

A. Pendekatan Penelitian

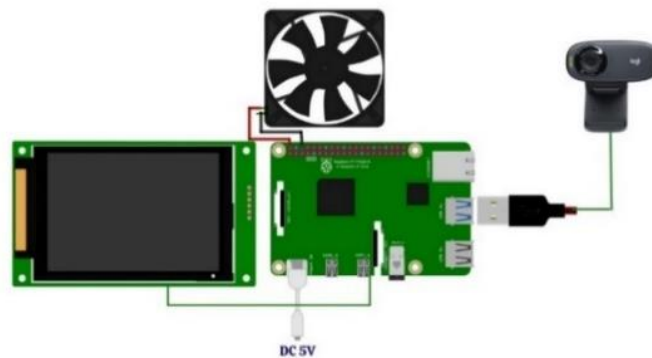
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (RnD). Metode RnD adalah metode penelitian yang menghasilkan produk maupun pengembangan produk yang sudah ada sebelumnya dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2008). Penggunaan metode penelitian ini akan menghasilkan produk yang lebih efisien, efektif dan produktif. Pengertian *Research and Development* secara luas adalah proses yang dilakukan dalam mengembangkan produk baru atau sudah ada sebelumnya dengan melalui berbagai tahap pengujian sehingga produk dapat dipertanggungjawabkan. Setiap

penelitian memiliki alur untuk mengembangkan sistem atau produk yang dibuat (Vipriyandhito, 2022).

B. Desain penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem, perancangan desain produk, pembuatan prototipe, pengujian alat dan evaluasi alat.

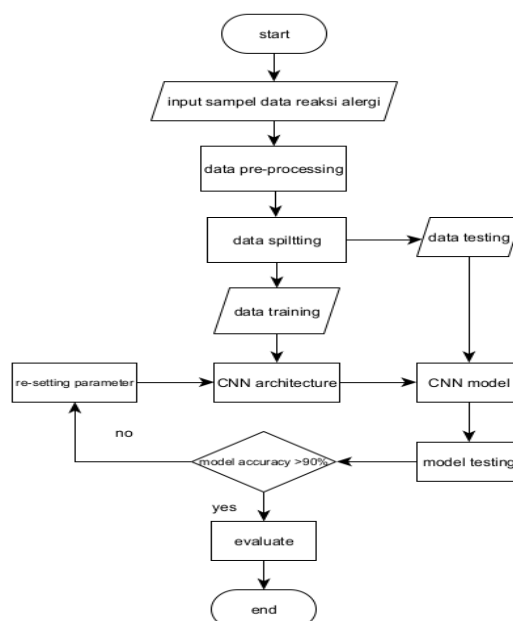
Studi literatur berupa pengumpulan informasi dari berbagai sumber terkait alergi makanan, teknologi deteksi non-invasif dan kecerdasan buatan. Pada pengumpulan data digunakan gambar sampel reaksi kulit pada saat terkena alergi yang dijadikan sebagai data pelatihan dan data pengujian pada saat pengolahan data. Selanjutnya merancang sistem deteksi alergi yang mencakup kamera dan mini komputer, serta merancang desain produk yang akan direalisasikan menjadi prototipe alat. Pengujian dilakukan setelah pembuatan prototipe selesai untuk mengevaluasi alat apakah sudah dapat mendeteksi reaksi kulit saat alergi. Jika alat sudah bekerja dengan baik maka akan divalidasi. Apabila sudah divalidasi maka akan dilakukan produksi massal dan dilanjutkan dengan peluncuran produk.



Gambar 2. Komponen yang diperlukan dalam pembuatan alat deteksi

C. Alat dan Bahan

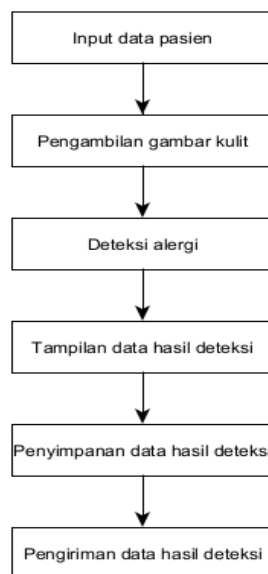
Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan alat ini berupa kamera, mini komputer Raspberry Pi 4, LCD, cooler fan dan perangkat lunak pengolahan citra seperti Google Colab. Kamera digunakan untuk menangkap gambar reaksi alergi pada kulit. Minikomputer raspberry Pi 4 digunakan untuk mengolah data dari sensor dan kamera.



Gambar 3. Grafik pengolahan data citra menggunakan metode arsitektur CNN

Pada gambar 3, tahap awal dilakukan pengumpulan data sampel reaksi alergi, data didapatkan dari Kaggle dan menggunakan data primer dari hasil tangkapan webcam. Data yang terkumpul berjumlah 1200 data dengan 4 class yaitu atopik, urtikaria, angioedema dan kulit normal. Selanjutnya tahap *pre-procesing* data yang merupakan tahap persiapan sebelum data diolah dan digunakan untuk klasifikasi. Pra-pemrosesan (*pre-processing*) digunakan untuk menghilangkan noise, menonjolkan fitur, mendeteksi pola, menormalisasi. Tahap pra-pemrosesan data pada umumnya terdiri dari beberapa hal, antara lain pengisian data kosong, menghilangkan duplikasi data, dan memeriksa inkonsistensi data. Biasanya data yang kosong disebabkan oleh kesalahan alat pada saat pengambilan data maupun adanya data baru yang belum ada informasinya (Azizah, 2023).

Data citra dilakukan pengolahan dengan mengubah ukurannya menjadi 150px x 150px. Selanjutnya data dibagi menjadi data testing dan data training dengan rasio 80% sebagai data training dan sisanya digunakan sebagai data testing. Data training akan digunakan sebagai masukan model pelatihan klasifikasi alergi. Model pelatihan menggunakan arsitektur CNN. CNN mampu melatih sistem dengan data yang cukup banyak serta menggabungkan proses ekstraksi ciri dan klasifikasi. CNN memiliki beberapa arsitektur, salah satu arsitekturnya adalah AlexNet. CNN digunakan untuk mengolah data dengan struktur grid yaitu salah satunya berupa citra dua dimensi dan juga mampu memproses data dengan dimensi tinggi seperti video (Azizah, 2023). Jika data yang digunakan terbatas, data akan diperbanyak dengan melakukan augmentasi data. Augmentasi data merupakan proses memodifikasi data yang ada untuk meningkatkan jumlah data dan dapat digunakan untuk melatih model machine learning sehingga akurasi yang dihasilkan akan meningkat. Setelah mendapatkan performa di atas 90% dari proses pelatihan akan dilakukan pengujian dengan menggunakan data testing. Jika saat pengujian akurasi dibawah 90% maka akan dilakukan evaluasi proses pelatihan dengan memperbaiki arsitektur CNN.



Gambar 4. Bagan prosedur penggunaan aplikasi pada alat deteksi alergi

Berdasarkan gambar 4 pada aplikasi, tampilan awal berupa halaman input data pasien yang meliputi nama, umur, jenis kelamin, nomor handphone, dan alamat E-mail. Setelah mengisi data diri akan dilakukan pengambilan gambar pada kulit untuk pendeteksian alergi. Proses pendeteksian pada kulit digunakan pemrograman pengolahan citra berbasis arsitektur

Convolutional Neural Network (CNN) yang akan secara otomatis menampilkan jenis alergi pada saat pengambilan gambar. Rekam medis pasien akan ditampilkan setelah pendeteksian gambar berupa data diri pasien, gambar yang telah diambil, dan hasil deteksi pada kulit yang akan di simpan dalam bentuk file pdf serta akan dikirimkan ke E-mail pasien.

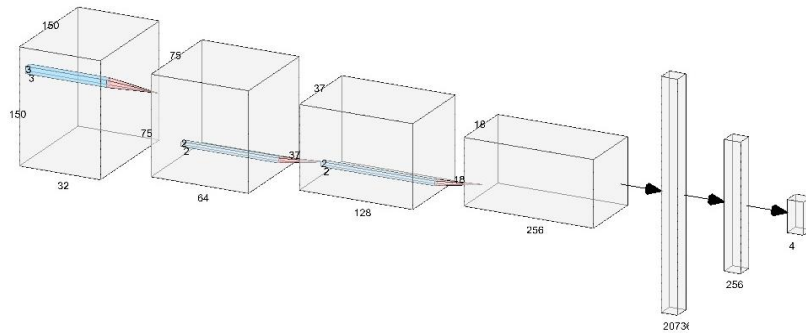
Hasil dan Pembahasan

Setelah pengumpulan data, data citra diidentifikasi menjadi beberapa reaksi kulit yang telah dikelompokkan dengan citra data yang berbeda-beda seperti pada tabel 1. Pada tabel 1 menunjukkan data sampel yang meliputi 4 class yaitu urtikaria, angioedema, atopik, dan normal. Urtikaria menunjukkan bercak merah pada kulit yang gatal dan dapat muncul diberbagai bagian tubuh. Angiodema menunjukkan gejala pembengkakan yang mendalam pada kulit dan jaringan di bawahnya, sering terjadi di wajah, bibir, atau kelopak mata. Atopik menunjukan gejala kulit bersisik, kering, gatal, dan sering muncul di lipatan siku, lutut, atau leher. Data tersebut yang akan digunakan sebagai data masukan dari model pelatihan.

Tabel 1. Sampel data 4 kelas pengolahan citra

Urticaria	Angiodema
	
Atopic	Normal
	

Dalam pengolahan data dilakukan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network*. Pada arsitektur CNN layer yang digunakan terdiri dari *input layer* yang memiliki depth 32 unit, pada layer ini dilakukan proses penggabungan dari keseluruhan matriks yang diperoleh pada proses *pooling*, kemudian semua pixel diubah menjadi suatu *vector* dengan Panjang sejumlah pixel dari matriks yang diperoleh pada saat *pooling*. Nilai yang diperoleh pada proses ini digunakan untuk perhitungan pada tahap *hidden layer*. *Hidden layer* berjumlah 3 hiden layer dengan *depth* pertama sebanyak 64 unit, selanjutnya 128 unit, dan 256 unit. Pada lapisan ini melakukan proses perhitungan dengan mengalikan nilai dari *input layer* dengan bobot yang telah diinisialisasi dan ditambahkan dengan nilai bias. Setiap *hidden layer* memiliki *max pooling layer* dan *dropout layer*. Dengan besaran *max pooling layer* adalah 2x2 dan besaran *dropout* adalah 18-40%. *Max-pooling* bekerja untuk mengurangi nilai dari *feature map* dengan cara memilah nilai maksimum di area tertentu. Setelah *layer* terdapat *fully connected layer* yang mengubah *matrix* 3 dimensi menjadi 1 dimensi untuk dilakukan klasifikasi. Layer ini terdiri dari *dense layer* dan *dropout layer*, dengan besaran *dense layer* sebesar 256 unit. Kemudian pada *output layer* memiliki 4 unit karena menggunakan 4 class yang akan di klasifikasi.



Gambar 5. Layer arsitektur Convolutional Neural Network

Ukuran citra yang digunakan adalah 740 x 720 px. Ukuran ini sebelum dimasukkan proses pelatihan dilakukan *pre-processing* data dengan diubah ukurannya menjadi 150 x 150px perubahan ukuran pixel ini bertujuan untuk mengurangi proses komputasi saat pelatihan. Pada *input layer* yang di set adalah ukurannya 150 x 150px pada CNN setelah *input layer* dilakukan *max pooling* untuk mengambil nilai tengah dari setiap pixel citra yang dilalui oleh filternya. Proses ini menghasilkan ukuran citra setengah dari ukuran citra pada *input layer* menjadi 75 x 75px. Proses ini dilakukan sebanyak 3 kali dikarenakan memiliki 3 *hidden layer* konvolusi sehingga pixel terakhir yang didapatkan adalah 9x9. Proses tahapan ini diilustrasikan pada gambar 5.

Untuk mendapatkan representasi fungsi yang mendalam, dua bagian parameter pelatihan kerangka CNN, yaitu filter W dan bias b , yang secara kolektif dilambangkan dengan θ harus ditentukan. Pada fase pelatihan, kerangka CNN f dengan L lapisan menerima dengan sampel pelatihan $X_i, i \in \{1, \dots, N\}$ dan dirumuskan sebagai

$$f(X; \theta) = W_L h_{L-1} + b_L \quad (1)$$

Dimana $h_l, l \in \{1, \dots, L-1\}$ menunjukkan vector tersembunyi pada lapisan l_{th} secara khusus, h_0 mewakili data masukan asli.

Secara khusus saat melatih CNN, gambar masukan pertama-tama digabungkan dengan lapisan konvolusional dengan sekumpulan kernel konvolusional. Kernel lapisan konvolusi disebut sebagai W_l dan dikombinasikan dengan biterm b_l Untuk mengkonvolusi gambar masukan. Setelah itu, fungsi aktivasi non linier titik $g(\cdot)$ (biasanya fungsi tanh) diterapkan sebelum keluaran akhir lapisan ini. Kemudian spatial pooling biasanya dilakukan untuk menghasilkan fitur dominan pada windows yang tidak tumpang tindih untuk setiap *feature map*. Untuk proses *feed forward* dapat dirumuskan sebagai berikut

$$h_l = \text{pool}(g(h_{l-1} * W_l + b_l)) \quad (2)$$

Setelah parameter θ dilatih, kumpulan data yang tidak berlabel $Y_j, j \in \{1, 2, \dots, N\}$ dapat didekodekan oleh

$$F_j = f(Y_j, \theta) \quad (3)$$

Fitur kedalaman yang diekstraksi dari kerangka CNN umumnya kuat dan efektif untuk mendeskripsikan pola gambar yang kompleks, terutama dalam citra kulit pada reaksi alergi. Fitur mendalam dengan abstraksi tingkat tinggi secara alami tidak dapat mendeteksi tepi objek kompleks pada tingkat piksel. Metode klasifikasi berbasis objek menginterpretasikan gambar beresolusi tinggi dengan objek tersegmentasi yang dapat mempertahankan tepi objek dan mengurangi efek perubahan spektral.



Gambar 6. Grafik akurasi pelatihan data testing pertama

```
16/16 [=====] - 69s 5s/step - loss: 0.4958 - accuracy: 0.8738
Accuracy: 87.38%
```

Gambar 7. Akurasi pelatihan data testing pertama dengan epoch sebanyak 50

Berdasarkan gambar 6 tentang akurasi pelatihan didapatkan, pada awal pelatihan (epoch 0-10), akurasi pelatihan (kurva biru) dan validasi (kurva oranye) meningkat dengan cepat. Di tengah pelatihan (epoch 10-30), akurasi pelatihan terus meningkat, sementara akurasi validasi mulai berfluktuasi, menunjukkan tanda-tanda *overfitting*. Di akhir pelatihan (epoch 30-50), akurasi pelatihan mencapai lebih dari 95%, sedangkan akurasi validasi tetap stabil di sekitar 85-90%, menunjukkan perbedaan signifikan antara keduanya dan mengindikasikan *overfitting*. Secara keseluruhan, model menunjukkan akurasi pelatihan tinggi (>95%) dan akurasi validasi yang lebih rendah (85-90%), dengan indikasi *overfitting* yang jelas dari perbedaan akurasi tersebut.

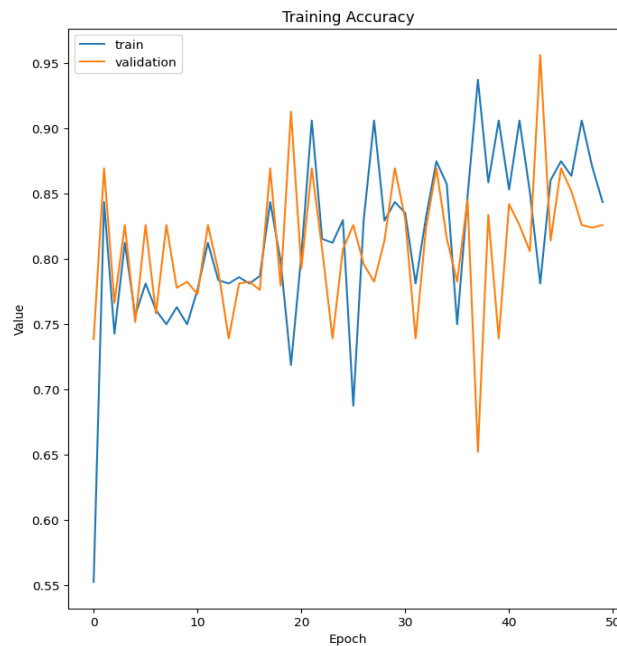
Setelah dilakukan proses pelatihan, model dievaluasi dengan data uji sebanyak 507 data dengan *base data* sebesar 32 gambar. Hasil yang didapatkan seperti pada gambar 7. Dapat disimpulkan model perlu dilakukan evaluasi. Pengevaluasian yang dapat dilakukan adalah memperbaiki kualitas data *input*, memperbaiki arsitektur dan mengatur *hyper parameter* seperti banyaknya *epoch*, *batch size* serta *learning rate*.

```
9/9 [=====] 29s 4s/step - accuracy: 0.8608 - loss: 0.3704
Accuracy: 86.72%
```

Gambar 8. Akurasi pelatihan pada data testing ke-2 dengan epoch sebanyak 50

```
9/9 [=====] - 30s 4s/step - loss: 0.6681 - accuracy: 0.8413
Accuracy: 84.13%
```

Gambar 9. Akurasi pelatihan pada data testing 2 dengan epoch sebanyak 100



Gambar 10. Grafik akurasi pelatihan data testing kedua

Pada perhitungan akurasi dengan data testing yang berbeda dengan epoch yang sama yaitu sebanyak 50 didapatkan akurasi sebesar 86,72% seperti yang tertera pada gambar 8. Sedangkan pada epoch sebanyak 100 dihasilkan akurasi sebesar 84,13% seperti yang tertera pada gambar 9. Pada data pelatihan pertama dilakukan epoch sebanyak 50 sedangkan pada data pelatihan kedua dilakukan dengan epoch sebanyak 100. Grafik pada gambar 10 menunjukkan ketidakstabilan dan fluktuasi tinggi tanpa tren yang jelas yang dapat menunjukkan masalah dalam proses pelatihan sehingga memerlukan evaluasi ulang dari data atau proses pelatihan hal ini dikarenakan model pelatihan tidak stabil. Berdasarkan penjelasan pada gambar 10 serta banyaknya epoch pada pelatihan menjadi penyebab turunnya tingkat akurasi pada data pelatihan yang berbeda.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membuat prototipe alat deteksi alergi non-invasif menggunakan teknologi kecerdasan buatan. Alat ini mampu mendeteksi reaksi kulit pada saat terkena alergi makanan menggunakan webcam yang terhubung dengan mini komputer raspberry pi 4. Analisis yang dilakukan menggunakan algoritma pengolahan citra dan metode arsitektur Convolutional Neural Network (CNN). Adapun reaksi kulit dalam alat ini dibagi menjadi 4 class yaitu urtikaria, dermatitis atopik, angioedema, dan kulit normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat mendeteksi perubahan kulit seperti kemerahan atau pembengkakan dengan cepat dan akurat. Alat ini menawarkan solusi praktis dan cepat untuk mendeteksi alergi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan alergi makanan serta berkontribusi pada kemajuan teknologi medis. Penelitian lanjutan yang akan kami kerjakan pada alat kami akan difokuskan pada beberapa aspek untuk meningkatkan akurasi deteksi, efisiensi seperti pengumpulan data sampel untuk meningkatkan ukuran dan keragaman dataset, Pengembangan model CNN, serta augmentasi data untuk membuat model lebih robust terhadap variasi dalam citra.

Daftar Pustaka

H.Hendra, "Peran Imunoterapi pada Tatalaksana Alergi Makanan (The Role of Immunotherapy in Food Allergy)," *UNIB Press*, Dec. 01, 2020.

<https://www.researchgate.net/publication/350065950> Peran Imunoterapi pada Tata laksana Alergi Makanan The Role of Immunotherapy in Food Allergy

- Karjadidjaja, "Alergi Makanan," *Ebers Papyrus*, vol. 13, no. 4, pp. 185–191, Jan. 2007.
- Aulady, A. Gunawan, and M. Ryansyah, "Penerapan Algoritma Certainty Factor Untuk Sistem Pakar Diagnosis Urtikaria Pada Wanita Dewasa," *Swabumi*, vol. 7, no. 1, pp. 90–98, Mar. 2019.
- Alini, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Dermatitis Atopik Di Puskesmas Bangkinang Kota," *Prepotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 2, no. 2, pp. 33–42, Jan. 2018, doi: 10.31004/prepotif.v2i2.78.
- G. A. O. S. , S. Sudiasa, and R. Y. Prapyatiningsih, "Diagnosis Dan Penatalaksanaan Angioedema Di Bidang Tht-Kl," *Jurnal Kedokteran*, vol. 4, no. 2, pp. 30–49, May 2019, doi: 10.36679/kedokteran.v4i2.103.
- H. Heriyanto, S. P. Nugroho, and B. Yuwono, "Implementasi Deteksi Warna pada Public Monitoring System dengan Rassyberry Pi," *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, vol. 1, no. 1, pp. 22–26, Feb. 2020.
- M. M. Taye, "Theoretical Understanding of Convolutional Neural Network: Concepts, Architectures, Applications, Future Directions," *Computation*, vol. 11, no. 3, p. 52, Mar. 2023, doi: 10.3390/computation11030052.
- O. A. M. López, A. M. López, and J. Crossa, "Convolutional Neural Networks," *Springer International Publishing*, Jan. 01, 2022. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-89010-0_13
- Sugiyono, *Metode penelitian pendidikan: (pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R & D)*. 2008.
- Vipriyandhito, A. Pandu Kusuma, and D. Fanny Hebrasianto Permadi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi Berbasis Arduino," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 875–879, Nov. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5768.
- Q. N. Azizah, "Klasifikasi Penyakit Daun Jagung Menggunakan Metode Convolutional Neural Network AlexNet," *Ilmu Bersama Center*, Feb. 17, 2023. <https://www.researchgate.net/publication/369122635> Klasifikasi Penyakit Daun Jagu ng Menggunakan Metode Convolutional Neural Network AlexNet
- B. Handoko, I. K. Timotius, and D. Utomo, "Klasifikasi Citra X-Ray Covid-19 Menggunakan Three-layered CNN Model," *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 2, pp. 155–168, Sep. 2022, doi: 10.31358/techn.v21i2.316.
- D. A. Iskandar and A. Salam, "Evaluasi Performa Oversampling dan Augmentasi pada Klasifikasi Penyakit Kulit Menerapkan Convolutional Neural Network," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 8, no. 1, pp. 240–250, Jan. 2024.
- Maheswara, Anak Agung Gde Agastya; Fanani, Lutfi; Brata, Adam Hendra. (2024). *Pengembangan Aplikasi Deteksi Alergen pada Makanan Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Android*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer
- Narulita, Siska; Sekarlangit, Sekarlangit; Novianingrum, Milka Putri. (2025). *Optimasi Model Deteksi Alergen pada Produk Pangan dengan Algoritma Support Vector Machine (SVM) dan Adaptive Boosting (AdaBoost)*. Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika, 19(2)