

Deteksi Kualitas Produk Jelly Kapsul pada Industri Farmasi dengan Pendekatan Convolutional Neural Network (CNN)

Ina Asiah^{1*}, Lis Utari²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Informatika dan Komputer, Universitas Binaniaga Indonesia

Email¹: inaasiah77@gmail.com

Email²: lisutari@stikombinaniaga.ac.id

*Corresponding Author

ABSTRACT

The jelly capsule production process has the possibility of production failure, for that reason the QC team ensures the results of the production process to meet existing standards. The process of checking the results of jelly capsule production generally still uses manual techniques, namely checking one by one. The checking process has several shortcomings such as observation that must always be focused and the speed of checking focuses on skilled human resources. For this reason, researchers want to develop research in the field of Jelly Capsule Product Quality Detection in the Pharmaceutical Industry Using the Convolutional Neural Network (CNN) Approach by developing a prototype of the AI Defect Shield System application and Prototype Development, the checking process will be carried out using digital imaging by comparing the results of production capsules with the results of previous training. The specifications used are: TM i7-8650U CPU @ 1.90GHz 2.11 GHz processor, with 16GB RAM, 256GB SSD, and Intel UHT Graphic 620 GPU. The results of this study will be in the form of a web connected to an external camera (webcam) which will be placed on the production conveyor, checking can be done with two methods, namely checking automatically or by uploading capsule photos to find out the detection results, the results of the checking history will be saved in the form of csv and pdf files. The test results show the accuracy of checking the capsule is 81.82%. which shows that it is stated as "Very Eligible" as a tool for checking the production results of jelly capsules.

Keywords: CNN, Deep Learning, AI-Defect Shield System, Product Quality Detection, Jelly Capsule, Pharmaceutical Industry

ABSTRAK

Proses Produksi kapsul jelly memiliki kemungkinan adanya gagal produksi, untuk itu adanya team QC yang memastikan hasil proses produksi agar sesuai standar yang ada. Proses pengecekan hasil produksi kapsul jelly umumnya masih menggunakan teknik manual yaitu dilakukan pengecekan satu persatu. Proses pengecekan memiliki beberapa kekurangan seperti pengamatan yang harus selalu fokus serta kecepatan pengecekan berfokus kepada SDM yang terampil. Untuk itu peneliti ingin mengembangkan penelitian di bidang Deteksi Kualitas Produk Jelly Capsule Pada Industri Farmasi Dengan Pendekatan Convolutional Neural Network (CNN) dengan mengembangkan prototype aplikasi AI Defect Shield System dan Pengembangan Prototype, proses pengecekan akan dilakukan menggunakan pencitraan digital dengan membandingkan hasil kapsul produksi dengan hasil pelatihan yang sudah dilakukan sebelumnya. Spesifikasi yang digunakan yaitu :prosesor TM i7-8650U CPU @ 1.90GHz 2.11 GHz, dengan ram 16GG, SSD 256GB, dan GPU Intel UHT Graphic 620. Hasil dari penelitian ini akan berbentuk web yang dihubungkan dengan camera external (webcame) yang akan diletakan di conveyor hasil produksi, pengecekan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu pengecekan secara otomatis ataupun dengan mengupload foto kapsul untuk mengetahui hasil deteksi, hasil history pengecekan akan disimpan dalam bentuk file csv dan pdf. Hasil pengujian menunjukan akurasi dari pengecekan kapsul bernilai 81.82%. yang menunjukan bahwa dinyatakan "Sangat Layak" sebagai alat bantu proses pengecekan hasil produksi kapsul jelly.

Kata kunci: CNN, Deep Learning, Sistem Pelindung Cacat, Deteksi Kulitas Produk, Kapsul Jelly, Industri Farmasi

A. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan salah satu hal yang penting untuk dimiliki dalam kehidupan manusia, dengan tubuh yang sehat manusia dapat menjalankan setiap aktifitasnya seperti kegiatan sehari-hari, bekerja dan berolahraga. Dalam rangka menjaga kesehatan, asupan menjadi salah satu faktor agar kesehatan dapat dicapai dengan maksimal. Asupan dapat berupa buah-buahan, vitamin dan obat-obatan yang berguna dalam menjaga Kesehatan. Salah satu produk yang digunakan dalam menjaga Kesehatan yaitu kapsul jelly.

Kapsul jelly merupakan salah satu hasil produksi massal yang digunakan untuk mengemas isian, seperti zaitun, habatusauda dan beberapa jenis makanan lainnya. Kapsul jelly memiliki beberapa keunggulan yaitu mudah di konsumsi, waktu pelepasan obat yang lebih cepat, serta memiliki kemampuan melindungi bahan aktif dari lingkungan seperti oksigen dan cahaya.

Produksi kapsul jelly saat ini umumnya dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan mesin atau manual oleh manusia, produksi kapsul yang memenuhi standar regulasi sangat penting untuk dapat melindungi isian dari kapsul tersebut agar hasiat yang di dapatkan lebih maksimal, untuk itu proses pengecekan kapsul setelah di produksi menjadi titik kritis, Dimana proses seleksi antara hasil produksi kapsul yang baik dan buruk sangat penting, saat ini proses pengecekan kapsul jelly umumnya masi dilakukan secara manual dengan mengecek satu persatu, dengan menggunakan proses ini, efektifitas hasil pengecekan di tentukan oleh SDM yang melakukan pengecekan, yang mana apabila team pengecekan sedang Lelah, ada kemungkinan hasil pengecekan menjadi kurang maksimal.

Perkembangan teknologi saat ini sudah semakin maju, terutama dalam hal Artificial Inteligent (AI), Dimana

kecerdasan buatan dalam melakukan kalkulasi dari data yang diterima baik berupa data ataupun gambar, di penelitian ini, peneliti menggunakan metode penelitian yang menggunakan basis CNN Convolutional Neural Network, dengan menggunakan CNN, mesin akan dilatih mengenali kapsul hasil produksi yang baik dan kapsul yang cacat. Sehingga pengecekan hasil produksi di harapkan akan menjadi lebih akurat.

Convolutional Neural Network atau CNN, Adalah algoritma computer yang dapat memproses data gambar dua dimensi atau citra. CNN termasuk ke dalam jenis Deep Neural Network. Sistem pada awalnya akan diberikan pelatihan atau training dengan cara diberikan pengenalan berupa kasup dengan kualitas bagus dan kapsul denga kualitas jelek atau cacat. Data pelatihan mencakup puluhan atau ratusan gambar yang menjadi acuan seperti yang menjadikan kapsul tersebut cacat atau baik, hasil pelatihan / training ini akan menjadikan acuan oleh CNN untuk menentukan kualitas hasil produksi kapsul jelly.

Menurut Arif Ridho Lubis Dr., pp. (2023, pp. 6–7)Machine learning adalah kumpulan metode komputasi yang mampu meningkatkan kinerja melalui pemanfaatan pengetahuan yang berasal dari pengalaman atau Machine Learning (ML) secara umum biasa juga disebut pembelajaran mesin yang merupakan cabang dari kecerdasan buatan atau sering disebut dengan artificial intelegent (AI).

Harapannya dengan adanya perkembangan teknologi, hasil pengecekan kapsul hasil produksi dapat lebih baik dan tidak adanya hasil pengecekan yang gagal terdeteksi, karena hal ini dapat merugikan banyak pihak. Pada penelitian ini, sistem di rancang bukan untuk sebagai pengganti proses penelitian dengan manusia, tetapi menjadi alat yang dapat membantu manusia agar hasil penelitian dapat lebih akurat.

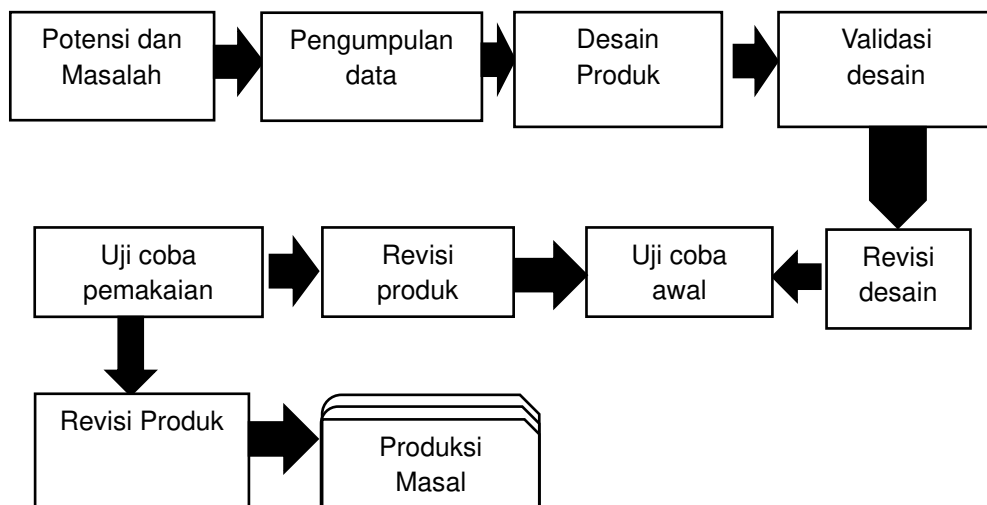
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kualitas kapsul jelly berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengidentifikasi kapsul cacat secara otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat membantu proses Quality Control di industri farmasi menjadi lebih efisien dan akurat.

B. METODE

Dalam Algoritma CNN atau Convolutional Neural Network termasuk salah satu metode deep learning yang dapat mengenali pola pada citra dengan mengekstrasi fitu penting melalui lapisan konvolusi dan pooling, sehingga dapat mengenali dan mendeteksi tekstur, tepian dan bentuk secara otomatis. Oleh karena itu metode CNN cocok digunakan pada penelitian ini untuk dapat mendeteksi cacat pada kapsul jelly.

1. Tahapan Penelitian

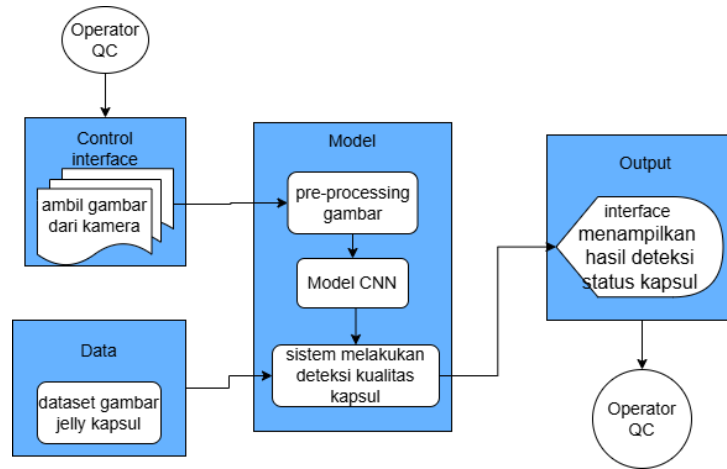
Cara yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh data dan informasi dengan mengharapkan sesuai dengan tujuan adalah penjabaran dari metode penelitian. Cara atau metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Reseach and Development. Langkah-langkah penelitian yang dijabarkan menurut(Sugiono. Prof. Dr, 2019, p. 409) adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Langkah-langkah metode R&D menurut Borg And Ball
Sumber : (Sugiono. Prof. Dr, 2019)

2. Model Konseptual

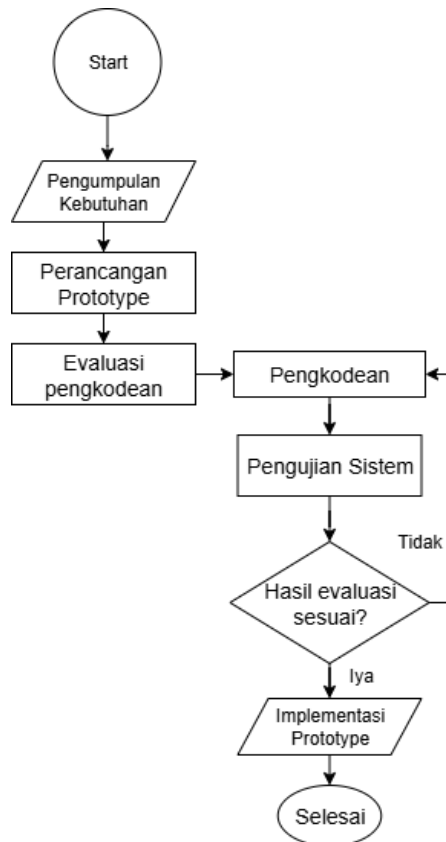
Model konseptual Ai Defect Shield System pada penelitian ini merupakan model yang bersifat analitis untuk memberikan gambar komponen utama sistem dan keterkaitan setiap komponen. Struktur dari model konseptual tersebut adalah sebagai Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Struktur AI-Detect Shield System

3. Model Prosedural

Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengembangan perangkat lunak prototyping yang mana konsel awal akan terus dikembangkan sesuai dengan interative berdasarkan feedback yang diterima. Tujuan prototipe yaitu memberikan pemahaman yang mendalam mengenai kebutuhan pengguna dan proses pengembangan dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan efisien. Tahapan proses pengembangan meliputi gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Tahapan Metode Prototyping

4. Uji Coba Produk

Uji coba produk dilakukan dengan cara mengumpulkan data, hasil pengujian akan menjadi dasar penentu untuk mengetahui kelayakan produk yang telah dihasilkan, pengumpulan data dibagi menjadi dua instrumen yaitu uji ahli dan uji pengguna. Alat ukur yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode PSSUQ. Rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Presentase kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang di observasikan}}{\text{Skor yang di harapkan}} \times 100\%$$

Hasil penilaian kelayakan terbagi menjadi 5 kategori yang terdiri dari : sangat layak, layak, cukup layak, tidak layak dan sangat tidak layak. Pengelompokan didapat berdasarkan sakala persentase 0% hingga 100%. Berikut rentang kategori pembagian kelayakan:

Tabel 1. Kategori Kelayakan

Presentase Pencapaian	Kategori Kelayakan
< 21%	Sangat Belum Layak
21% - 40%	Belum Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81%- 100%	Sangat Layak

Sumber :(Arikunto 2009)

5. Uji Hasil

a. Uji efektivitas

Hasil prototype dalam aspek efektivitas dilakukan uji menggunakan motode Field Observation yaitu dengan observasi secara langsung terhadap pengguna di lapangan, observasi dilakukan dengan melihat secara bagaimana pengguna menggunakan system system ini dan juga meninjau langsung efektifitas system yang sedang dipermasalahkan. Tingkat efektifitas dapat diukur menggunakan rumus :

$$\text{Efektifitas (\%)} = \frac{\text{Skor yang didapatkan}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Selanjutnya hasil perhitungan kepuasan akan dikelompokan dengan menggunakan skala Likert 1 sampai 5, yang dibuat dengan skala sangat setuju hingga sangat tidak setuju. Dibuat untuk membantu pengguna dalam proses penilaian, berikut

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Cukup

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

Standar dari tingkat efektivitas bersumber dari Litbang Depdagri (1991), dengan kategori di bawah:

Tabel 2. Ukuran Standar Efektivitas Acuan Litbang Depdagri

Rasio Efektivitas	Tingkat Capai
< 40%	Sangat Tidak Efektif
40 -59,99%	Tidak Efektif
60 -79,99%	Cukup Efektif
≥ 80%	Sangat Efektif

b. Confusion Matrix

Confusion Matrix dalam bidang Machine Learning (ML) yaitu berupa tabel yang berisikan data untuk mendeskripsikan kemampuan model klasifikasi terhadap data (Sharma,2020) untuk mengetahui performa model dari machine learning (ML) ada empat istilah yang digunakan untuk mengklasifikasikan pada hasil proses yaitu True Positif, True Negatif, False Positif, dan False Negatif. Jika hasil tersebut direpresentasikan dalam bentuk matrik akan menghasilkan pola diagonal.

Dibuatkan perhitungan untuk mengetahui performa dari model machine learning seperti menghitung akurasi, precision, recal dan f-1 score berikut rumur-rumus yang digunakan:

$$Akurasi (\%) = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + FN + TN)} \times 100\%$$

Akurasi digunakan untuk menggambarkan seberapa akurat model machine learning dapat mengidentifikasi objek dengan benar.

$$Precision (\%) = \frac{TP}{(TP + FP)} \times 100\%$$

Precision digunakan untuk menggambarkan akurasi anatara data yang diminta dengan hasil prediksi

$$Recall (\%) = \frac{TP}{(TP + FN)} \times 100 \%$$

Recall digunakan untuk memberikan gambaran keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi.

$$F1 \text{ Score } (\%) = \frac{(2 * Recall * Precision)}{(Recall + Precision)} \times 100 \%$$

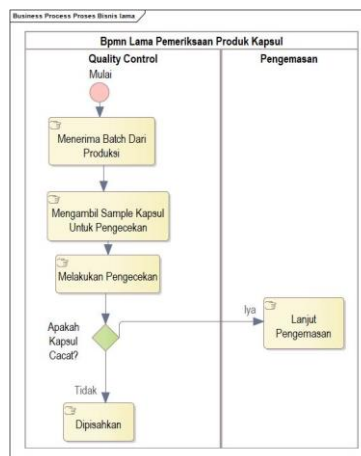
F-1 score digunakan untuk menggambarkan perbandingan rata-rata precision dan recall yang di bobotkan. Accuracy digunakan sebagai acuan dalam mengetahui performa model jika data set memiliki jumlah false negatif dan false positif yang sangat mendekati (systemmetric) namun jika jumlahnya tidak mendekati, maka dapat menggunakan F-1 score sebagai acuan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

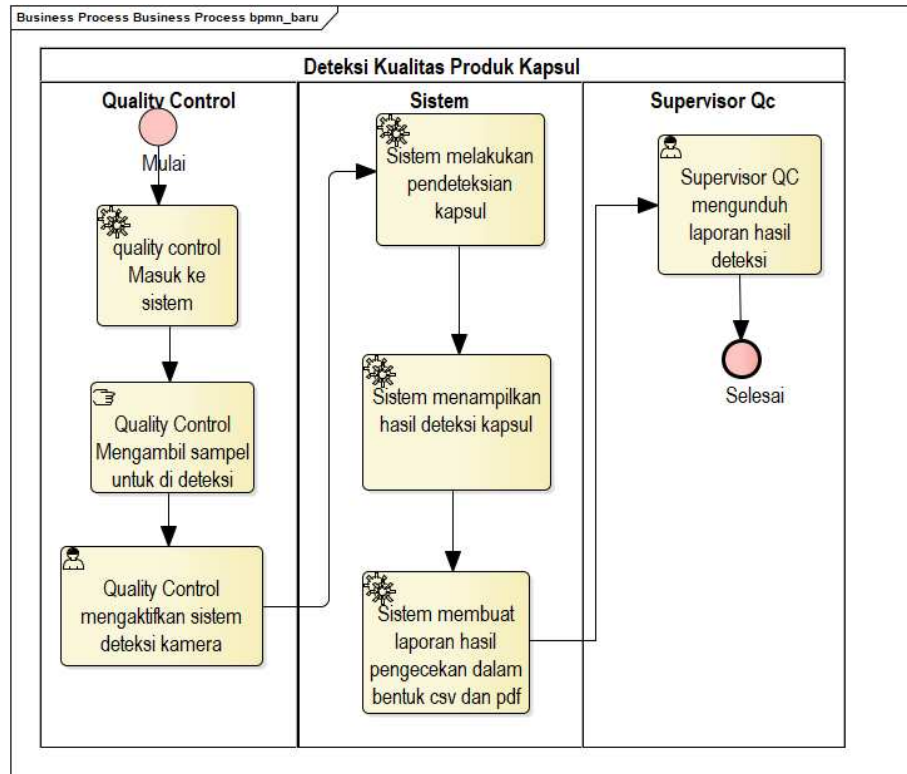
a. Hasil Analisis Proses

Berdasarkan hasil dari analisa kebutuhan yang akan digunakan untuk dapat menyelesaikan masalah terkait dengan proses pengecekan kualitas produk jelly kapsul agar proses tersebut menjadi lebih efektif dan akurat. gambar berikut menunjukkan proses bisnis yang peneliti temukan yang diterapkan dalam kegiatan operasional, dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Proses Bisnis Lama pengecekan produk jelly kapsul

Berdasarkan gambar di atas, sistem pada proses bisnis memiliki kelemahan pada bagian pengecekan kualitas produk jelly yang belum terstandarisasi secara sistematis. kondisi ini memiliki potensi akan berdampak pada rendahnya efisiensi waktu dan ketidak konsistenan dalam hasil evaluasi kualitas. untuk menangani kelemahan tersebut peneliti memiliki usulan untuk membuat sistem berbasis teknologi yang diharapkan dapat mendukung dan membantu percepatan proses insepksi serta meningkatkan tingkat akurasi dan konsistensi dalam penilaian kualitas produk. adapun berikut ini merupakan rancangan alur sistem yang diusulkan untuk mendukung proses pengecekan kualitas jelly kapsul secara lebih efektif dan terukur.



Gambar 5. Proses Bisnis Baru pengecekan kapsul jelly

b. Hasil Analisis Metode

Sistem pendeteksian kondisi objek saat ini masih berjalan secara konvensional tanpa komputerisasi. Penelitian ini menggunakan Convolutional Neural Network (CNN), khususnya MobileNetV2, karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur dari citra dan melakukan klasifikasi citra, termasuk membedakan kondisi objek antara normal dan cacat.

1. Dataset

Dataset penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung. Dataset terdiri dari citra objek yang diklasifikasikan menjadi dua kategori: normal dan cacat. Setiap citra dikumpulkan dari berbagai kondisi untuk memastikan representasi yang cukup.



Gambar 6. Gambar Dataset Kapsul Normal



Gambar 7. Gambar Dataset Cacat

2. Pre-processing Data

Tahapan pre-processing dilakukan untuk mempersiapkan citra sebelum dilatih pada model

menyiapkan input bagi model. Dataset mengalami augmentasi citra, seperti rotasi, zoom, flipping horizontal, dan shear, untuk meningkatkan keragaman data. Selanjutnya, nilai piksel dinormalisasi ke rentang 0–1 menggunakan skala 1/255 agar model dapat bekerja lebih stabil. Dataset kemudian dibagi menjadi tiga subset, yaitu 70% untuk train data, 15% untuk validation data, dan 15% untuk testing data

3. Inisialisasi Model

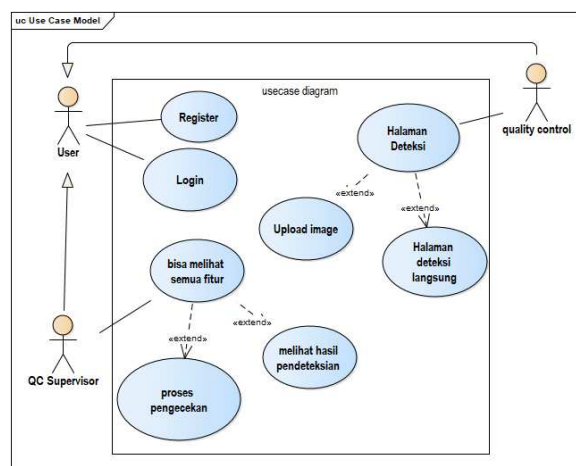
Model yang digunakan pada penelitian ini adalah arsitektur MobileNetV2 dengan parameter `include_top=False` untuk menghilangkan lapisan klasifikasi bawaan. Bobot awal diambil dari ImageNet, dan ukuran input citra ditetapkan sebesar 224×224 piksel dengan format RGB. Pendekatan ini memungkinkan model memanfaatkan kemampuan ekstraksi fitur MobileNetV2 tanpa tergantung pada kelas bawaan.

4. Pelatihan model (Transfer Learning)

Pelatihan dilakukan dengan pendekatan transfer learning: base model MobileNetV2 dibekukan terlebih dahulu (non-trainable) agar bobot awal dari ImageNet tidak berubah, dan lapisan tambahan dilatih menggunakan dataset penelitian. Optimasi dilakukan menggunakan algoritma Adam dengan learning rate awal $1e-4$ dan fungsi loss categorical crossentropy. Mekanisme Model Checkpoint dan EarlyStopping digunakan untuk menyimpan model terbaik dan mencegah overfitting. Setelah pelatihan awal selesai, dilakukan fine-tuning dengan membuka beberapa lapisan awal MobileNetV2 untuk melatih ulang (trainable) dengan learning rate lebih kecil ($1e-5$). Tujuannya adalah menyesuaikan fitur dari base model dengan karakteristik dataset secara spesifik.

c. Hasil Analisis Kebutuhan Sistem

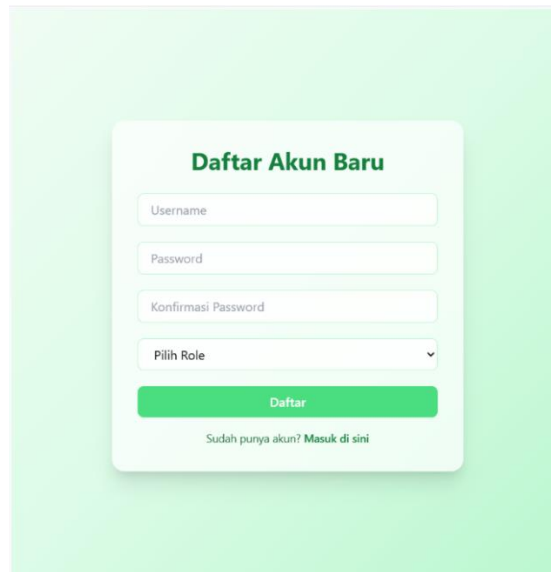
Sistem yang akan dikembangkan dijelaskan melalui use case diagram, yang menggambarkan alur interaksi antara pengguna dan sistem deteksi produk kapsul jelly berbasis website. Gambar di bawah ini menunjukkan use case diagram dari sistem yang akan dikembangkan pada gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Use Case Diagram

d. Prototipe Program

1. Form Register



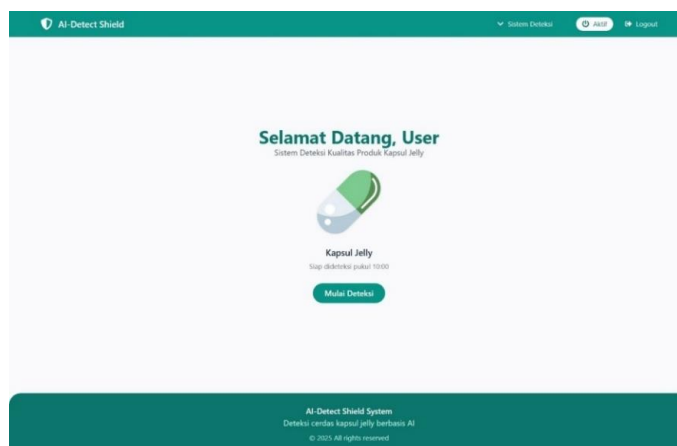
Gambar 9. Form register

2. Form Login

Daftar di sini' is located at the bottom." data-bbox="299 450 654 630"/>

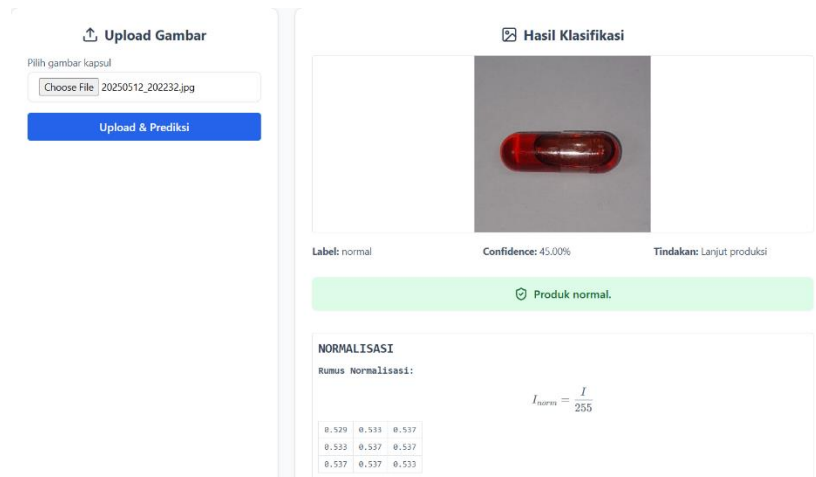
Gambar 10. Form Login

3. Halaman Dashboard



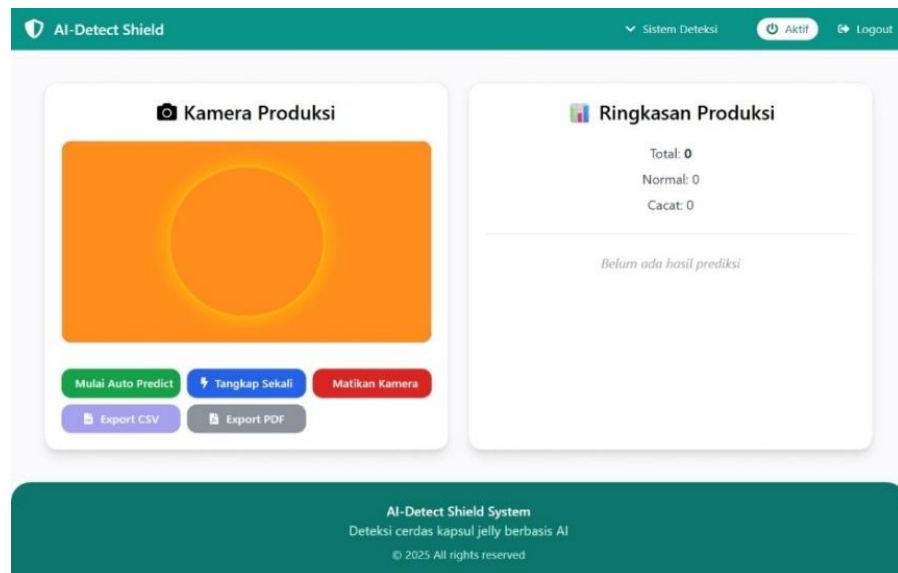
Gambar 11. Halaman Dashboard

4. Halaman Deteksi Upload



Gambar 12. Halaman Hasil Deteksi Upload

5. Halaman Deteksi Realtime



Gambar 13. Halaman Deteksi Kapsul secara Realtime

2. Pembahasan

a. Hasil pengujian system (Blackbox)

Untuk prototype system yang telah dibangun akan diuji oleh para ahli dalam penelitian dan pengembangan ini yaitu dosen menggunakan metode *blackbox testing*. Dengan hasil pengujian mencapai tingkat persentase 100%, berdasarkan hasil perhitungan dari 2 ahli / dosen didapati hasil:

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{skor yang di dapatkan}}{\text{skor yang diterapkan}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{7+7}{7+7} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{14}{14} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = 100\%$$

b. Hasil pengujian pengguna (PSSUQ)

Dilakukan pula pengujian untuk melihat bagaimana pengguna menggunakan sistem yang telah dibangun, dalam penelitian dan pengembangan ini menggunakan metode PSSUQ, dilakukan survey terhadap 3 orang

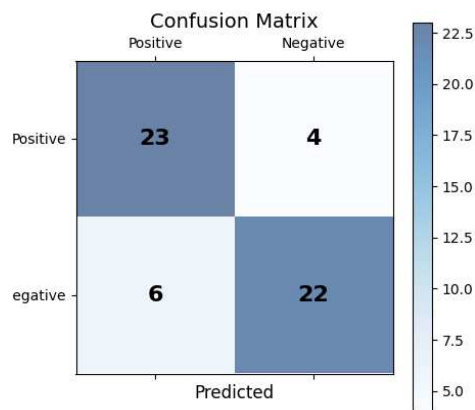
pemangku kepentingan di perusahaan dengan mencapai hasil keseluruhan **92.08%**, kegunaan **92%**, kualitas informasi **92%**, kualitas antarmuka **91%**:

Tabel 3 Hasil uji pengguna

No	Responden	pernyataan															
		p 1	p 2	p 3	p 4	p 5	p 6	p 7	p 8	p 9	p 10	p 11	p 12	p 13	p 14	p 15	p 16
1	R1	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5
2	R2	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5
3	R3	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5
Jumlah :												221					

c. Confusion Matrix

Hasil pengujian menggunakan Confusion Matrix digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dalam mendeteksi kualitas jelly kapsul. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan nilai akurasi, presisi, dan recall dari sistem deteksi yang dikembangkan. Berikut adalah perhitungan berdasarkan Confusion Matrix.



Gambar 14. Hasil Confusion Matrix

(1) Confusion Matrix deteksi produk jelly kapsul Akurasi (Accuracy)

$$\begin{aligned}
 \text{Accuracy}(\%) &= \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+FN+TN)} \times 100\% \\
 \text{Accuracy}(\%) &= \frac{(23+22)}{(23+6+4+22)} \times 100\% \\
 \text{Accuracy}(\%) &= \frac{(45)}{(55)} \times 100\% \\
 \text{Accuracy}(\%) &= 81.82\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan *Confusion Matrix* dengan nilai *True Positive* (23) dan *True Negative* (22), didapati hasil *Accuracy* dengan nilai **81.82%**.

(2) Sesuai (Precision)

$$\begin{aligned}
 \text{Precision}(\%) &= \frac{TP}{(TP+FP)} \times 100\% \\
 \text{Precision}(\%) &= \frac{23}{(23+6)} \times 100\% \\
 \text{Precision}(\%) &= \frac{(23)}{(29)} \times 100\% \\
 \text{Precision}(\%) &= 79.31\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan *Confusion Matrix* dengan nilai *TP* (23) dan *FP* (6), didapati hasil *Precision* dengan nilai **79.31%**.

(3) Recall (Sensitivitas)

$$\begin{aligned} \text{Recall}(\%) &= \frac{(TP)}{(TP+FN)} \times 100\% \\ \text{Recall}(\%) &= \frac{23}{(23+4)} \times 100\% \\ \text{Recall}(\%) &= \frac{(23)}{(27)} \times 100\% \\ \text{Recall}(\%) &= 85.19\%. \end{aligned}$$

Berdasarkan *Confusion Matrix* dengan nilai *True Positive* (23) dan *false negatif* (4), didapati hasil *Recall* dengan nilai 85.19%.

(4) F1-score

$$\begin{aligned} \text{F1-score}(\%) &= \frac{(2 \cdot 79.31 \cdot 85.19)}{(79.31 + 85.19)} \times 100\% \\ \text{F1-score}(\%) &= \frac{(13512.84)}{(164.50)} \times 100\% \\ \text{F1-score}(\%) &= 82.14\% \end{aligned}$$

Berdasarkan *Confusion Matrix* dengan nilai *Precision* (79.31%) dan *Recall* (85.19%), didapati hasil *F1-score* dengan nilai 82.14%.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pengujian yang sudah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan seperti berikut:

1. System deteksi kapsul jelly membantu dalam proses pengecekan kualitas produk kapsul jelly sehingga meningkatkan efisiensi dan konsistensi produk.
2. System dapat melakukan proses deteksi kerusakan ataupun cacat pada kapsul dengan akurat.
3. sistem berhasil di uji dalam proses deteksi kapsul jelly hasil produksi di lingkungan farmasi industri.
4. Sistem mampu melakukan klasifikasi kualitas kapsul dengan tingkat akurasi 81.82%, precision 79.31%, recall 85,19%, dan F1-score 82.14% Hasil ini menunjukkan bahwa tujuan penelitian untuk mendeteksi kerusakan (damage) pada produk kapsul secara lebih akurat, efisien, dan konsisten berhasil dicapai.

Berdasarkan beberapa kesimpulan yang telah dijelaskan di atas, saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Adanya penelitian dikembangkan lebih lanjut untuk dapat melakukan proses pengecekan kapsul jelly dari jarak yang cukup jauh antara sensor dengan kapsul.
2. Meningkatkan sudut pengecekan dari beberapa sudut, sehingga seluruh bagian kapsul jelly dapat di deteksi secara akurat tanpa ada yang terlewat.
3. dilakukan pelatihan lebih lanjut dengan menggunakan dataset yang lebih banyak dengan kualitas yang baik untuk meningkatkan hasil deteksi.
4. menggunakan komputer dengan spesifikasi tinggi terutama di bagian GPU untuk dapat menunjang komputasi dengan peningkatan kecepatan yang lebih cepat.
5. dapat melakukan pelatihan lanjutan dan penyesuaian sistem sehingga dapat melakukan pengecekan lebih dari 1 kapsul dalam waktu bersamaan.
6. Penelitian selanjutnya sebaiknya menguji sistem pada berbagai kondisi lingkungan dan variasi kapsul yang berbeda, untuk memastikan kinerja model tetap konsisten dan handal di berbagai situasi nyata.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Arif Ridho Lubis Dr., B.I.T. (2023) *Artificial Intelligence*. umsu press. Available at: <https://books.google.co.id/books?id=mpryEAAAQBAJ>.
- [2] S. Sugiono. Prof. Dr (2019) *Metode Penelitian Pendidikan pendekatan kuantitatif,kualitatif dan R&D*.
- [3] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik.*, Jakarta: Rineka Cipta, 2009
- [4] M. Hou et al., "CNN-based defect detection in manufacturing," *Advanced Control for Applications: Engineering and Industrial Systems*, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/adc2.196>. [Accessed: 21 Oct. 2025].