

Rancang Bangun Sistem Pakar Deteksi Penyakit Daun Jeruk Menggunakan Arsitektur YOLOv9

Ahmad Hidayat Nur Isma¹, Fiqih Satria², Mezan el-Khaeri Kesuma^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung

¹ahmita2728@gmail.com, ²fiqih.satria@radenintan.ac.id, ^{3*}mezan@radenintan.ac.id

ABSTRACT – One of the benefits of this research is to produce an information system for citrus garden farmers in detecting citrus leaf diseases to prevent a decrease in yield and death of citrus trees, where the accuracy of the detection rate of citrus leaf diseases can be determined quickly and with high precision compared to human classification. Research and Development (RnD) research using the YOLOv9 method as the development method. The approach in this study aims to be able to implement the YOLOv9 method and produce a system in detecting citrus leaf disease with a fairly good level of accuracy. The focus of this research is to detect citrus leaf disease where the diseases that are made into research are rust, canker and moss. The findings of the research that has been conducted by researchers found that the model that has been trained in this study with 100 epoch training produces a precision value of 0.86, recall of 0.844, with bounding box criteria exceeding 50% (mAP50) reaching 0.90 and the average overlap in each IoU (mAP50-95) of 0.75. So that the resulting accuracy value is 87%. So that the resulting accuracy value is 87% with an average processing time of 34.2 ms. Thus, it can be concluded that the system runs well in detecting citrus leaf disease.

Keywords: Deep Learning, YOLOv9, Leaf, Expert System

ABSTRAK – Sulitnya melindungi tanaman pohon jeruk dikarenakan Jeruk termasuk kedalam pohon yang rentan terkena serangan penyakit yang terlihat seperti bercak pada daun jeruk, kesehatan jeruk bergantung pada petani dalam menjaga lahan pertaniannya. Salah satu manfaat penelitian ini yaitu menghasilkan sistem informasi untuk petani kebun jeruk dalam pendeteksian penyakit daun jeruk guna mencegah penurunan hasil panen dan kematian pohon jeruk, di mana ketepatan tingkat deteksi penyakit daun jeruk dapat ditentukan dengan cepat dan presisi tinggi dibandingkan klasifikasi manusia. Penelitian Research and Development (RnD) dengan menggunakan metode YOLOv9 sebagai metode pengembangannya. Pendekatan pada penelitian ini bertujuan agar dapat mengimplementasikan metode YOLOv9 dan menghasilkan sistem dalam mendeteksi penyakit daun jeruk dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Fokus pada penelitian ini adalah mendeteksi penyakit daun jeruk yang di jadikan penelitian yaitu karat, canker dan moss. Temuan pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti maka peneliti menemukan pada model yang telah dilatih pada penelitian ini dengan pelatihan 100 epoch menghasilkan nilai precision 0.86, recall sebesar 0.844, dengan kriteria bounding box melebihi 50% (mAP50) mencapai 0.90 dan rata-rata overlap pada setiap IoU (mAP50-95) sebesar 0.75. Sehingga nilai akurasi yang dihasilkan sebesar 87% dengan waktu pemrosesan rata-rata per gambar 34.2 ms. Dengan demikian dapat disimpulkan sistem berjalan dengan baik dalam mendeteksi penyakit daun jeruk.

Kata Kunci: Deep Learning, YOLOv9, Daun, Sistem Pakar

1. PENDAHULUAN

Tanaman jeruk menjadi salah satu tanaman yang sering ditanam di Indonesia. Kemungkinan serangan penyakit dan hama meningkat seiring dengan berkembangnya luas perkebunan jeruk [1]. Sulitnya melindungi tanaman pohon jeruk dikarenakan Jeruk termasuk kedalam pohon yang rentan terkena serangan penyakit yang terlihat seperti bercak pada daun jeruk, kesehatan jeruk bergantung pada petani dalam menjaga lahan pertaniannya, pada umumnya petani akan memeriksa buah jeruk secara objektif dan langsung sehingga membutuhkan waktu dan dana yang cukup besar [2]. dalam pemeriksaan penyakit jeruk masih

dilakukan secara manual pada kebanyakan perkebunan daun jeruk sehingga memiliki resiko kesalahan karena adanya penyakit dalam daun jeruk, salah satu dari virus penyakit daun jeruk adalah Cancer Disease yang dikenal sebagai penyakit kanker daun yang disebabkan oleh virus xanthomonas bakteri ini dapat bertahan sampai berbulan-bulan baik itu di daun, batang dan buah, virus ini dapat menurunkan hasil panen buah dan menyebabkan kematian pada pohon jeruk [3]. Teknologi ini diharapkan dapat memanfaatkan informasi komputasi dan kecerdasan buatan untuk membantu menganalisa foto penyakit daun jeruk dengan cepat dan akurat.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memproduksi dan membudidayakan jeruk dan masuk



kedalam 10 besar negara dengan hasil produksi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) produksi dari hasil panen buah jeruk di Indonesia mencapai 25.519.990 kw pada tahun 2022 dan 28.310.990 kw pada tahun 2023 menunjukkan peningkatan dalam produksi buah jeruk. Sentra produksi buah jeruk di provinsi Lampung juga menunjukkan peningkatan dalam produksi buah jeruk, di tahun 2022 mencapai 727.770 kw dan di tahun 2023 mencapai 1.086.860 kw [4], sedangkan di kabupaten Tanggamus terdapat penurunan produksi buah jeruk pada 2 tahun terakhir, yaitu pada tahun 2022 memproduksi 369 kw dan pada tahun 2023 memproduksi 257 kw [5]. Penurunan hasil produksi ini disebabkan adanya penyakit seperti hama, jamur dan bakteri pada pohon jeruk. Maka dari itu peneliti memilih kabupaten tanggamus menjadi tempat penelitian, dikarenakan kabupaten tanggamus mengalami penurunan hasil panen jeruk yang signifikan.

Teknologi pada zaman ini telah berkembang dengan sangat pesat. Manusia memanfaatkan perkembangan teknologi untuk membantu meringankan pekerjaan. Salah satunya memanfaatkan Computer vision untuk mendeteksi objek dan klasifikasi gambar [6]. Artificial Intelligence (AI) yang merupakan perkembangan teknologi yang bertujuan membantu tugas yang biasa dilakukan oleh manusia dengan mengembangkan sistem menggunakan algoritma dalam mengambil keputusan seperti otak manusia [7]. Teknologi Klasifikasi gambar pada era ini telah dicapai oleh Deep Learning menggunakan AI yang dipelajari dari data dan polanya oleh Neural Networks (NN) secara langsung menggunakan data mentah, Klasifikasi gambar pada Deep Learning merupakan salah satu tugas model neural network digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek dalam bentuk gambar atau video [8].

Pengenalan gambar merupakan suatu tugas komputer dengan memanfaatkan algoritma seperti K-Nearest Neighbor, CNN dan SVM. Peneliti disini menggunakan algoritma CNN dibandingkan penggunaan algoritma Deep Learning lainnya dikarenakan algoritma CNN memiliki performa terbaik dalam mengklasifikasi gambar untuk dataset [9]. Algoritma CNN secara khusus digunakan untuk penklasifikasian gambar dan pengenalan objek oleh komputer vision [10]. Deteksi objek dalam bentuk gambar atau video merupakan suatu masalah kritis dalam sebuah organisasi atau perusahaan untuk penyortiran, pemantauan, identifikasi dan tujuan lainnya. Metode Convolutional Neural network dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi pendeteksian objek, metode Convolutional Neural network menempati posisi dominan pada penelitian pendeteksian suatu objek [11]. Deep Learning telah menjadi teknologi yang dominan dan trend dalam bidang penelitian seperti visi komputer, desain obat, dan bioinformatika. Penggunaan Deep Learning sangat menguntungkan dalam pengelolaan data mentah secara langsung untuk menghasilkan hasil penelitian yang diinginkan, Deep Learning memberikan

hasil yang baik dalam bidang pendidikan dan industri karena adanya manfaat dari penggunaan data yang besar dalam setiap harinya untuk penelitian yang dapat meningkatkan Deep Learning [12].

Pada perkembangannya You Only Look Once (YOLO) merupakan model pendeteksian objek dan telah mengalami beberapa kali perkembangan baik dari YOLOv1 hingga YOLOv9 yang dimana setiap perkembangannya menghasilkan peningkatan baik dari segi pembelajaran model maupun deteksi objek, pada perkembangannya YOLOv9 telah menggabungkan informasi gradasi yang telah diprogram (PGI) dan jaringan agresi lapisan efisien terpadu (GELAN). Peningkatan ini meningkatkan pembelajaran model selama deteksi tanpa mengurangi berkurangnya informasi yang diberikan pada Diagram struktur jaringan YOLOv9 dibagi menjadi 3 bagian yaitu backbone, neck dan head.

Penelitian ini menggunakan Google Collab (Google Colaboratory) adalah platform berbasis cloud computing yang disediakan oleh Google. Ini memungkinkan pengguna untuk mengeksekusi kode Python dalam lingkungan berbasis cloud tanpa perlu menginstal atau mengatur lingkungan lokal mereka sendiri [13]. Dengan bantuan website roboflow yang memiliki fungsi berhubungan dengan kumpulan dataset. Roboflow adalah kerangka kerja pengembang Computer vision untuk pengumpulan data yang lebih baik hingga pra pemrosesan, dan teknik pelatihan model [14].

Deteksi dan klasifikasi penyakit buah merupakan suatu bidang penelitian pertanian yang penting, deteksi penyakit berbasis gambar dengan pendekatan menggunakan metode deteksi tepi cerdas untuk mengidentifikasi bagian buah yang terinfeksi yang sudah disegmentasi gambarnya, penggunaan model CNN dalam memproses gambar yang telah di segmentasi menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi sekitar 90% [15]. Penelitian yang menggunakan Deep Learning CNN dalam pendeteksian jenis penyakit buah maupun daun telah banyak. Pada penelitian Aswandi dkk "Identifikasi Kerusakan Buah Kakao Akibat Serangan Hama Menggunakan Algoritma Yolov9 menghasilkan nilai akurasi 99,5%" [16]. pada Acarya dkk "deteksi penyakit daun jeruk menggunakan efficienNet menghasilkan nilai akurasi yang sangat baik 0,98 (98%)" [17]. Pada penelitian Swasono "deteksi penyakit buah jeruk menggunakan alexnet menghasilkan nilai akurasi 94,34%" [18]. Pada penelitian Bagas "deteksi penyakit daun jagung menghasilkan nilai yang baik 0,999 dengan penggunaan epoch 50" [19]. Dan juga pada penelitian Ariesdianto "deteksi penyakit daun jeruk menggunakan K-NN menghasilkan nilai akurasi yang lumayan baik 70%" [20]. Pada penelitian pada daun jeruk menggunakan efficienNet masih ditemukannya kesalahan prediksi gambar dalam pengklasifikasian daun jeruk dan penelitian ini memberikan saran untuk penelitian selanjutnya penggunaan metode yang lain agar mendapatkan metode yang optimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang mengklasifikasikan masalah buah jeruk menggunakan

Deep Learning CNN. Kajian penelitian tersebut diketahui bahwa masih terdapat beberapa kekurangan berupa adanya kesalahan dalam prediksi pengklasifikasian penyakit daun jeruk menggunakan Deep Learning CNN dan belum ada yang menggunakan metode pra latih YOLOv9 di tanggamus.

Salah satu manfaat penelitian ini yaitu menghasilkan sistem informasi untuk petani kebun jeruk dalam pendeteksian penyakit daun jeruk guna mencegah penurunan hasil panen dan kematian pohon jeruk, di mana ketepatan tingkat deteksi penyakit daun jeruk dapat ditentukan dengan cepat dan presisi tinggi dibandingkan klasifikasi manusia. Untuk menilai hasil penelitian yang telah dilakukan maka uji coba akan dilakukan pengujian untuk memastikan performa dalam penelitian dan tingkat akurasi deteksi penyakit daun jeruk.

2. DASAR TEORI

a. Artificial Intelligence

Menurut Eriana dan Zein (2023) Artificial Intelligence (AI), atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Kecerdasan Buatan, adalah cabang ilmu komputer yang bertujuan untuk mengembangkan sistem dan mesin yang mampu melakukan tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. AI melibatkan penggunaan algoritma dan model matematika untuk memungkinkan komputer dan sistem lainnya untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan yang cerdas[7].

b. Machine Learning

Machine Learning, teori Machine Learning Menurut Goldberg & Holland, 1988 pada Roihan pembelajaran mesin dapat didefinisikan sebagai aplikasi komputer dan algoritma matematika yang diadopsi anggan cara pembelajaran yang berasal dari data dan menghasilkan prediksi di masa yang akan datang[21].

c. Deep Learning

Deep Learning, teori Deep Learning menurut Ardianto dan Wibisono Deep Learning, sebuah sub-bidang dari Machine Learning, memberikan pelatihan pada komputer untuk melaksanakan tugas-tugas seperti yang dilakukan manusia dengan menggunakan model matematika yang terinspirasi oleh jaringan saraf otak manusia[22].

d. Convolutional Neural network (CNN)

Convolutional Neural network (CNN), teori Convolutional Neural network menurut Sriani dkk Convolutional Neural network (CNN) adalah pengembangan dari multilayer perceptron (MLP) yang termasuk dalam neural network bertipe feed forward (bukan berulang). CNN termasuk dalam jenis Deep neural network karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra[23].

e. YOLO

Menurut Ilmawati (2023) You Only Look Once (YOLO) merupakan algoritma pendeteksian objek secara tepat waktu, pendeteksian yang dilakukan YOLO adalah

membagi gambar digital menjadi karakter yang dapat diolah dan memungkinkan gambar untuk dibagi kedalam kotak sel kemudian setiap sel memungkinkan kemungkinan keberadaan suatu objek di sel tersebut dan koordinat kotak pembatas untuk setiap objek yang ada. YOLOv9 memerlukan beberapa parameter seperti lembar gambar dan usia untuk dijadikan acuan[24].

f. Accuracy

Dalam penelitian Dompeipen Akurasi adalah nilai rasio prediksi benar (positif) dengan keseluruhan data. Akurasi didefinisikan sebagai rasio jumlah prediksi yang benar terhadap total jumlah prediksi yang dilakukan. Dalam konteks klasifikasi biner, rumus untuk menghitung akurasi [25].

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

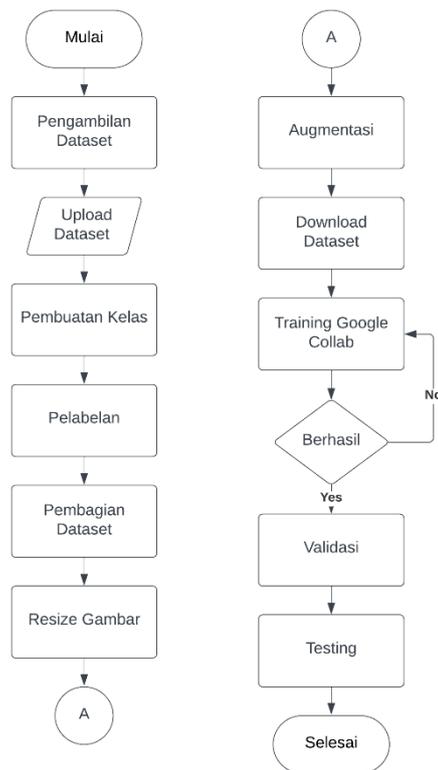
g. Sistem pakar

Menurut sudrajat Sistem Pakar (Expert System) merupakan salah satu cabang dari Kecerdasan Buatan berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran dalam memecahkan masalah, yang biasanya hanya dapat dipecahkan oleh seorang pakar dalam bidang tertentu. Dengan adanya sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalah atau sekedar mencari suatu informasi yang sebenarnya kualitasnya hanya dapat diperoleh dengan bantuan para ahli di bidangnya[26].

Menurut hayadi pada penelitian Saputra Sistem pakar adalah suatu aplikasi komputer yang ditujukan untuk membantu pengambilan keputusan atau pemecahan persoalan dalam bidang yang spesifik[27].

3. METODOLOGI

Penelitian ini adalah penelitian Research and Development (RnD) dengan menggunakan metode Yolov9 sebagai metode pengembangannya. Pendekatan pada penelitian ini bertujuan agar dapat mengimplementasikan metode YOLOv5 dan menghasilkan sistem dalam mendeteksi penyakit daun jeruk dengan tingkat akurasi yang cukup baik, fokus pada penelitian ini adalah mendeteksi penyakit daun jeruk yang diman apenyakut yang di jadikan penelitian yaitu karat, canker dan moss. Desain dalam penelitian pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian

a. Dalam setiap tahapan penelitian dan pengembangan, terdapat beberapa langkah yang harus dilalui sesuai dengan metode yang digunakan. Pada penelitian ini, alur yang dilakukan mencakup beberapa tahapan penting yaitu:

- 1) Pengumpulan dataset
Pada tahapan ini peneliti akan mengumpulkan dataset gambar daun pada perkebunan jeruk dengan tiga class jenis penyakit karat, canker dan moss dengan keseluruhan dataset terdiri dari 600 gambar
- 2) Upload dataset
Pada tahapan ini semua gambar yang telah di kumpulkan akan di upload kedalam website roboflow sebelum dilakukan pelabelan.
- 3) Pembuatan kelas
Pada tahapan ini peneliti akan membuat 3 kelas penyakit dataset yang bertujuan untuk mempermudah penentuan gambar dengan diberinya bounding box
- 4) Pelabelan
Pada tahapan ini peneliti akan semua gambar yang telah dikumpulkan akan diberikan label guna untuk mempermudah sistem dalam mengenali objek yang ada pada gambar yang akan dideteksi.
- 5) Pembagian dataset

Pada penelitian ini akan membagi dataset gambar yang telah ditambahkan bounding box dan ditambahkan kelas akan dibagi menjadi 3 yaitu train, validasi dan test.

- 6) Resize gambar
Pada tahapan ini peneliti akan mengubah semua gambar menjadi 640x640 yang dimana menjadi salah satu teknik modifikasi dalam website roboflow dan dengan tujuan agar mengurangi beban kerja GPU.
- 7) Augmentasi
Pada tahapan ini yang dimana gambar akan dimodifikasi atau dimanipulasi dengan tujuan yaitu mendapatkan gambar yang lebih baik dan melatih sistem untuk mengenali lebih banyak pola citra yang diberikan.
- 8) Download dataset
Pada tahapan ini peneliti akan mengambil API roboflow dari dataset yang telah dibuat dengan format model YOLOv9 dengan tujuan mempermudah download di google collab.
- 9) Training google Collab
Pada tahapan ini peneliti akan mentraining model yang telah di download menggunakan website Google Collab dengan format model YOLOv9 agar mendapatkan file berupa best.pt.
- 10) Validasi
Pada tahapan ini peneliti akan mengecek model yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya akan divalidasi menggunakan data yang diperoleh setelah training tersebut atau data yang belum pernah dilihat sebelumnya.
- 11) Testing
Pada tahapan ini merupakan tahapan terakhir dengan menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya untuk mendeteksi penyakit pada objek dengan file yang telah diperoleh pada tahapan sebelumnya dengan nama `best.pt` file ini akan digunakan ke dalam codingan python untuk menjalankannya kedalam web yang telah dibuat.

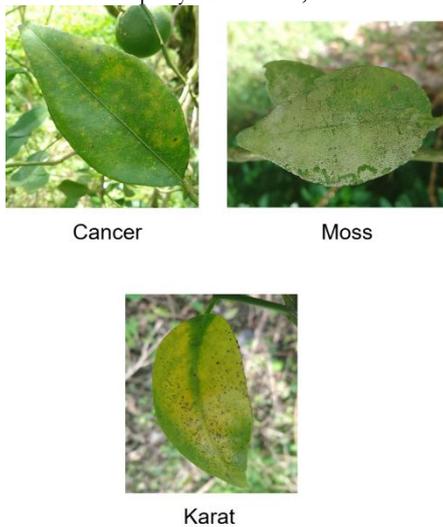
b. Pengumpulan data
Pengumpulan data pada subjek penelitian ini bertujuan untuk memudahkan peneliti dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan baik dari segi jumlah image maupun penyakit daun jeruk yang dikelompok dalam masing-masing subjek pada fokus penelitian. Sebagai bahan dalam mendukung penelitian ini untuk mencari dan mengumpulkan data yang diperlukan. Data harus dicari dengan sesuai dengan tujuan penelitian. Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data yaitu:

- 1) Observasi

Dalam penelitian ini, observasi berkaitan dengan pengumpulan gambar sebenarnya untuk penyakit yang

diselidiki menggunakan smartphone Android Samsung 64 MP. Pada proses observasi peneliti akan mengumpulkan data terhadap objek penelitian yang berupa gambar-gambar jenis penyakit daun jeruk dengan jumlah 600 gambar data yang diperoleh pada tahapan observasi akan dibagi menjadi 3 kelas canker 200 gambar, karat 200 gambar dan moss/lumut 200 gambar yang akan dilabeling dahulu menggunakan website roboflow dan akan dibagi lagi datasetnya menjadi 70% train, 20% valid, 10% test.

Tujuan dari observasi adalah untuk mendapatkan data secara langsung dataset citra penyakit daun jeruk. 3 jenis gambar penyakit daun jeruk yang akan di kumpulkan oleh peneliti adalah penyakit canker, moss dan karat.



Canker

Moss

Karat

Gambar 2. Penyakit Daun Jeruk

2) Dokumentasi

Dokumentasi dalam penelitian ini peneliti akan mencari dokumen-dokumen untuk sumber data pada penelitian terkait penyakit daun jeruk, dokumen yang digunakan peneliti dapat berupa arsip, jurnal referensi maupun artikel yang berkaitan dengan penyakit daun jeruk.

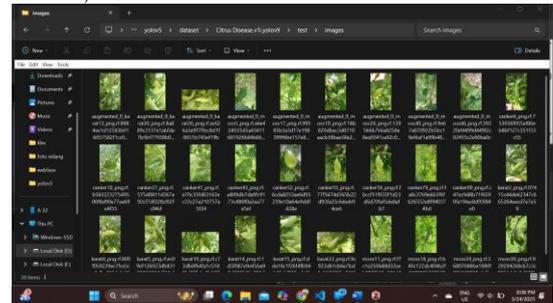
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi hasil-hasil temuan penelitian dan pembahasannya secara ilmiah. Tuliskan temuan-temuan ilmiah (*scientific finding*) yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan tetapi harus ditunjang oleh data-data yang memadai.

Pada bab IV ini akan memaparkan hasil dan juga analisis yang telah dilaksanakan oleh peneliti terkait penelitian deteksi penyakit khususnya pada penyakit daun jeruk menggunakan metode CNN dan Yolov9. Penelitian ini difokuskan pada implementasi Deep Learning deteksi penyakit daun jeruk yang dimana mencakup tiga jenis penyakit daun jeruk yaitu karat, canker dan moss dengan keseluruhan dataset yang digunakan terdiri dari 600 gambar.

a. Pengambilan Dataset

Pada tahapan pengambilan dataset yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan kamera handphone untuk mengambil gambar daun pada perkebunan jeruk dengan tiga class jenis penyakit karat, canker dan moss dengan keseluruhan dataset terdiri dari 600 gambar yang telah berhasil didapatkan. Berikut contoh gambar-gambar daun yang diambil pada perkebunan jeruk.



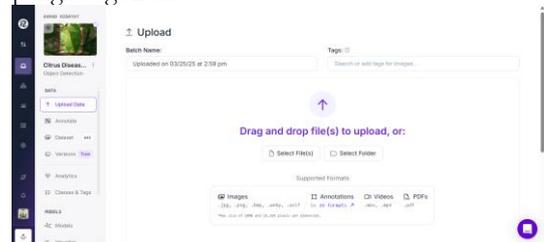
Gambar 3. Pengambilan Dataset

Tabel 1. Jumlah Gambar

No	Nama Kelas	Jumlah gambar
1	Karat	200
2	Canker	200
3	Moss	200

b. Upload Dataset

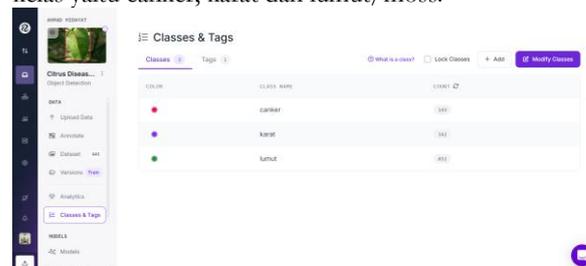
Pada proses upload dataset semua gambar yang telah dikumpulkan akan di inputkan ke dalam roboflow sebelum dilakukannya pelabelan dan pengkategorian.



Gambar 4. Upload Gambar

c. Pembuatan Kelas Dataset

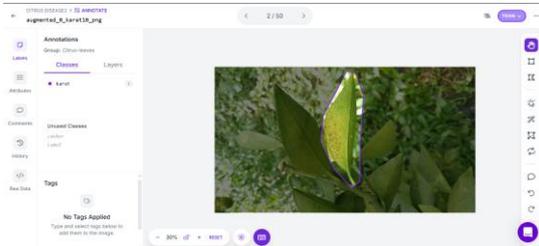
Pada proses pembuatan kelas dataset bertujuan untuk mempermudah penentuan gambar dengan diberinya bounding box. Pada proses ini akan membuat 3 kelas yaitu canker, karat dan lumut/moss.



Gambar 5. Pembuatan Kelas Dataset

d. Pelabelan

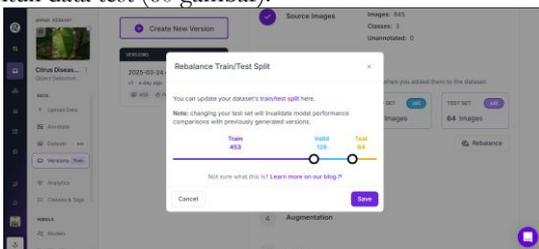
Pada proses pelabelan ini akan dilakukan yaitu penambahan bounding box atau bingkai pada objek daun dalam gambar sesuai dengan kelas nya, setelah dilakukan bounding box pada setiap objek pada gambar maka otomatis akan mengkategorikan sesuai kelas yang telah ditentukan.



Gambar 6. Proses Pelabelan

e. Pembagian Dataset

Pada proses pembagian data dataset gambar yang telah ditambahkan bounding box dan ditambahkan kelas akan dibagi menjadi 3 yaitu train, validasi dan test sebelum ke proses selanjutnya, dataset yang terdiri dari 600 gambar akan dibagi menjadi 70 % untuk data train (420 gambar), 20 % untuk data validasi (120 gambar) dan 10% untuk data test (60 gambar).

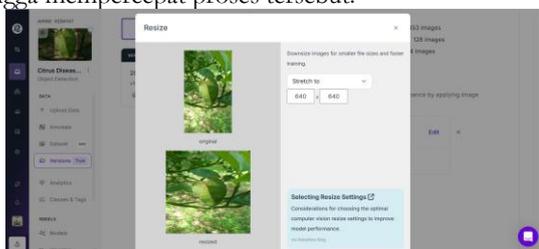


Gambar 7. Pembagian Dataset

Setelah dilakukannya pembagian dataset menjadi 3 kategori maka telah diperoleh secara otomatis gambar-gambar sesuai dengan kategorinya.

f. Resize Gambar

Pada proses ini resize gambar ini adalah untuk mengubah semua gambar menjadi 640x640 yang dimana menjadi salah satu teknik modifikasi dalam website roboflow dan dengan tujuan agar mengurangi beban kerja GPU selama pelatihan model yang akan dilakukan sehingga mempercepat proses tersebut.



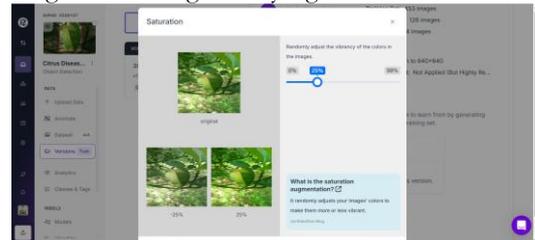
Gambar 8. Resize Gambar

Setelah proses resize dilakukan maka gambar yang ada akan berubah sesuai dengan ukuran yang telah

ditentukan dan akan dioptimalkan dengan proses augmentasi.

g. Augmentasi

Pada proses augmentasi ini merupakan proses yang dimana gambar akan dimodifikasi atau dimanipulasi dengan tujuan yaitu mendapatkan gambar yang lebih baik dan melatih sistem untuk mengenali lebih banyak pola citra yang diberikan serta meningkatkan jumlah data yang diterima pada pelatihan, pada tahapan augmentasi ini peneliti memilih untuk memodifikasi saturation dari gambar-gambar yang telah diperoleh dengan tujuan meningkatkan hasil gambar yang lebih baik.

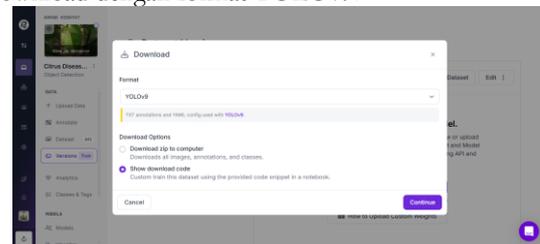


Gambar 9. Augmentasi Gambar

Setelah tahapan augmentasi maka model dataset telah diperoleh dan dapat melakukan training pada model ini.

h. Download Dataset

Pada proses download dataset ini data yang telah di anotasi dan di olah pada tahapan sebelumnya akan di download dengan format YOLOv9.

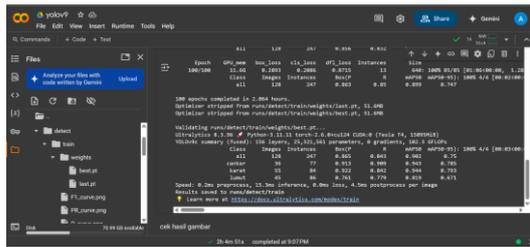


Gambar 10. Download Dataset

Setelah proses download dilakukan roboflow akan menyediakan dua cara yaitu mendownload melalui API dan manual, namun disini peneliti menggunakan API dalam mendownload model yang telah diolah dan API ini akan digunakan pada Google Colab dengan tujuan untuk melatih langsung pada Google Collab.

i. Training Google Colab

Pelatihan model dilakukan menggunakan website Google Colab dengan dataset yang telah didownload menggunakan API yang diperoleh pada roboflow dengan format model YOLOv9, dengan model yang telah didownload dengan format YOLOv9 memudahkan pelatihan model deteksi penyakit dengan dataset yang siap digunakan pada lingkungan pengembangan seperti Google Collab. Setelah API dari roboflow dapat diakses dan datasetnya dapat di download maka dilakukannya pelatihan model.



Gambar 11. Hasil Training

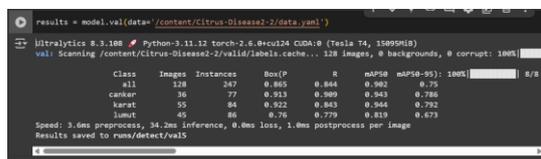
j. Validasi

Setelah melalui tahapan training model, model yang dihasilkan pada tahapan sebelumnya akan divalidasi menggunakan data yang diperoleh setelah training tersebut atau data yang belum pernah dilihat sebelumnya, proses validasi ini memastikan bahwa model dapat mendeteksi objek dengan akurasi yang cukup tinggi dengan melibatkan dataset yang berbeda, hasil pada validasi ini sangat penting untuk memverifikasi apakah model siap dan layak digunakan di dunia nyata.

Tujuan pada tahapan ini yaitu menguji kinerja deteksi model dengan data yang telah dilatih sebelumnya dengan data validasi apakah dapat mengenali objek dengan akurasi yang tinggi sesuai dengan dataset yang diperoleh.



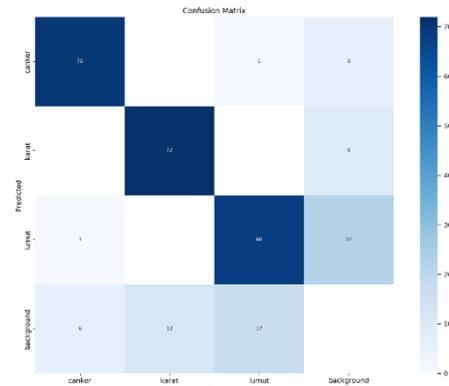
Gambar 12. Hasil Gambar Validasi



Gambar 13. Hasil Validasi

Hasil evaluasi menunjukkan model YOLOv9 pada kategori validasi dengan gambar 128 dan pelatihan 100 epoch menghasilkan nilai precision 0.86, recall sebesar 0.844, dengan kriteria bounding box melebihi 50% (mAP50) mencapai 0.90 dan rata-rata overlap pada setiap IoU (mAP50-95) sebesar 0.75 dengan waktu pemrosesan

rata-rata pergambar 34.2 ms untuk inferensi, yang menunjukkan kemampuan deteksi realtime yang baik.



Gambar 14. Hasil Confusion Matrix

Pada hasil gambar 14 confusion matrix model yang telah dilatih maka dapat diperoleh nilai-nilai untuk menghitung nilai akurasi dari model yaitu :

Tabel 2. Nilai Matrix Perkelas

Kelas	TP	FP	FN	TN
canker	70	7	7	200
karat	72	9	13	190
lumut	68	23	32	161
background	0	35	22	227

Dengan nilai yang telah yang telah diperoleh pada masing-masing kelas berdasarkan confusion matrix maka dapat dihitung menggunakan rumus akurasi yaitu

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Total TP: 70 + 72 + 68 + 0 = 210
 Total FP: 7 + 9 + 23 + 35 = 74
 Total FN: 7 + 13 + 32 + 22 = 74
 Total TN: 200 + 190 + 161 + 227 = 778

$$Accuracy = \frac{210 + 778}{210 + 778 + 74 + 74} = \frac{988}{1136} = 0,87 \text{ atau } 87\%$$

Dengan hasil nilai akurasi pada model yang telah diperoleh yaitu 0,87 atau 87% maka penelitian ini untuk menyatakan tingkat akurasi terhadap suatu fakta menggunakan certainty factor (CF) yang dikelompokkan berdasarkan nilai persentase seperti:

Tabel 3. Nilai Certainty Factor

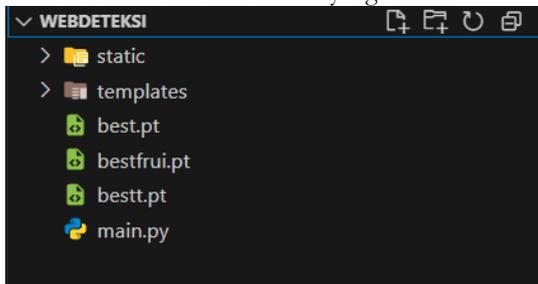
No	Keterangan	Nilai
1	Tidak Baik	0 – 0,19
2	Kurang Baik	0,2 – 0,39
3	Sedikit Baik	0,4 – 0,59
4	Cukup Baik	0,6 – 0,79
5	Baik	0,8 – 0,99
6	Sangat Baik	1

Dengan hasil nilai akurasi yang telah didapatkan maka dapat dinyatakan dengan menggunakan certainty

factor (CF) bahwa model dengan nilai akurasi 0,87 dapat dinyatakan baik untuk mendeteksi penyakit daun jeruk.

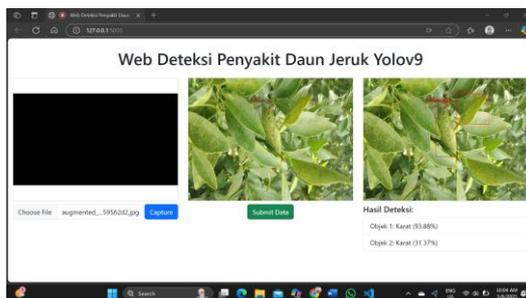
k. Testing

Pada tahapan testing ini merupakan tahapan penting dalam menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya untuk mendeteksi penyakit pada objek dengan file yang telah diperoleh pada tahapan sebelumnya dengan nama `best.pt` file ini akan digunakan ke dalam codingan python untuk menjalankannya kedalam web yang telah dibuat. File codingan ini akan meminta akses kamera untuk mengambil gambar secara langsung, setelah gambar diperoleh maka akan diproses setiap framenya dengan inferensi menggunakan model yang telah di buat. Hasil deteksi akan muncul pada gambar dengan bounding box dan label hasil deteksi pada objek. Langkah-langkah pada sistem ini guna memastikan apakah sistem deteksi penyakit secara realtime menggunakan model yang telah diberikan telah memberikan hasil yang akurat.



Gambar 15. Gambar Model YOLOv9

Model YOLOv9 yang digunakan dalam mendeteksi objek penyakit pada gambar melalui kamera. Setelah kamera dibuka dan memperoleh gambar codingan akan memuat dengan model yang diberikan dengan format nama file `best.pt`, model akan memeriksa gambar yang dikirimkan apakah ada objek yang terdeteksi, jika objek terdeteksi dengan tingkat akurasi lebih dari 50% maka akan muncul bounding box, label kelas dan tingkat akurasinya pada gambar hasil. Hasil pengujian deteksi penyakit daun jeruk:



Gambar 16. Hasil Uji Penyakit

Pada gambar diatas menunjukkan contoh dari hasil pengujian deteksi penyakit menggunakan YOLOv9 yang telah dilatih dengan gambar pada perkebunan jeruk. Dalam pengujian ini camera digunakan untuk menangkap gambar yang dimana setiap frame pada gambar akan

diproses oleh model yolo yang telah dilatih untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit.

Hasil pada pengujian menunjukkan bahwa model YOLOv9 dapat mendeteksi penyakit daun jeruk dengan tingkat akurasi yang tinggi. Setiap daun yang terdeteksi akan diberi kotak atau bounding box, label dan presentase di atas bounding box. Contoh pada gambar daun jeruk yang terdeteksi penyakit dengan tingkat akurasi 91,16 %, maka pada label di bounding box memunculkan persentase akurasi 91,16 %.

Tabel 4. Hasil Pegujian Perkelas Pertama

Kelas	Hasil Deteksi	Tingkat akurasi
	Tidak ada penyakit	-
	Karat	77.85%
	Kanker	89.42%
	Moss/Lumut	95.53%

Pada proses testing data yang diuji berjumlah 3 kelas gambar objek yang setiap kelasnya memiliki jumlah 200 gambar. Hasil testing menunjukkan YOLOv9 diperoleh nilai akurasi paling tinggi yaitu 95.53%. ketika data yang diperoleh tingkat akurasinya rendah atau dibawah 50% maka model YOLOv9 tidak menunjukkan akurasi hasil akurasinya pada website deteksi, salah satu yang mempengaruhi rendahnya tingkat akurasi pada objek disebabkan gambar yang kurang jelas atau adanya benda yang membuat deteksi objek lebih dari satu.

Tabel 5. Hasil Pegujian Perkelas Kedua

Kelas	Hasil Deteksi	Tingkat akurasi
	Tidak ada penyakit	-
	Karat	77.85%

	Kanker	89.42%
	Moss/Lumut	95.53%

Pada hasil pengujian yang kedua dengan 3 jumlah kelas mengalami peningkatan deteksi penyakit dari 77.85% menjadi 93.35% pada kelas penyakit karat, pada penyakit kanker mengalami peningkatan dari 89.42% menjadi 92.34% dan pada penyakit moss atau lumut mengalami peningkatan dari 95.53% menjadi 95.60% yang dimana memperoleh nilai akurasi tertinggi pada pengujian deteksi penyakit daun jeruk.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti maka peneliti mengambil kesimpulan yaitu penelitian model Deep Learning CNN (convolutional Neural Network) dan metode pra latih YOLOv9 dalam mendeteksi akurasi pada penelitian ini dengan pelatihan 100 epoch menghasilkan nilai precision 0.86, recall sebesar 0.844, dengan kriteria bounding box melebihi 50% (mAP50) mencapai 0.90 dan rata-rata overlap pada setiap IoU (mAP50-95) sebesar 0.75. Sehingga nilai akurasi yang dihasilkan sebesar 87% dengan waktu pemrosesan rata-rata pergambar 34.2 ms. Dengan demikian dapat disimpulkan sistem berjalan dengan baik dalam mendeteksi penyakit daun jeruk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Kristanti and T. Sitepu, "Sistem Pakar Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Jeruk Manis Di Kabupaten Karo," 2013.
- [2] E. A. Mohammed and G. H. Mohammed, "Citrus leaves disease diagnosis," *IJEECS*, vol. 31, no. 2, p. 925, Aug. 2023, doi: 10.11591/ijeeecs.v31.i2.pp925-932.
- [3] E. Shahbaz *et al.*, "Citrus Canker Pathogen, Its Mechanism of Infection, Eradication, and Impacts," *Plants*, vol. 12, no. 1, p. 123, Dec. 2022, doi: 10.3390/plants12010123.
- [4] B. P. S. Indonesia, "Produksi Tanaman Buah-buahan - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia." Accessed: Nov. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- [5] B. P. S. P. Lampung, "Produksi Buah-buahan dan Sayuran Menurut Jenis Tanaman Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung, 2023 - Tabel Statistik." Accessed: Nov. 10, 2024. [Online]. Available: <https://lampung.bps.go.id/id/statistics-table/3/U0dKc1owczVSalJ5VFdOMWVETnlVRVJ6YIRJMFp6MDkjMw==/produksi-buah-buahan-menurut-jenis-tanaman-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-lampung--2023.html?year=2023>
- [6] A. Y. Alin, K. Kusri, and K. A. Yuana, "The Effect of Data Augmentation in Deep Learning with Drone Object Detection," *Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.*, vol. 17, no. 3, p. 237, Jul. 2023, doi: 10.22146/ijccs.84785.
- [7] E. S. Eriana, S. Kom, M. Kom, D. A. Zein, and M. Kom, "Artificial Intelligence (AI)," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 6(11), p. 1, 2023.
- [8] S. Arunachalam and G. Sethumathavan, "An effective tumor detection in MR brain images based on deep CNN approach: i-YOLOV5," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 36, no. 1, p. 2151180, Dec. 2022, doi: 10.1080/08839514.2022.2151180.
- [9] M. F. Naufal, "Analisis Perbandingan Algoritma SVM, KNN, dan CNN untuk Klasifikasi Citra Cuaca," *JTIK*, vol. 8, no. 2, pp. 311–318, Mar. 2021, doi: 10.25126/jtik.2021824553.
- [10] K. Myagila and H. Kilavo, "A Comparative Study on Performance of SVM and CNN in Tanzania Sign Language Translation Using Image Recognition," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 36, no. 1, p. 2005297, Dec. 2022, doi: 10.1080/08839514.2021.2005297.
- [11] B. Gašparović, J. Lerga, G. Mauša, and M. Ivačić-Kos, "Deep Learning Approach For Objects Detection in Underwater Pipeline Images," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 36, no. 1, p. 2146853, Dec. 2022, doi: 10.1080/08839514.2022.2146853.
- [12] M. Brahimi, K. Boukhalfa, and A. Moussaoui, "Deep Learning for Tomato Diseases: Classification and Symptoms Visualization," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 31, no. 4, pp. 299–315, Apr. 2017, doi: 10.1080/08839514.2017.1315516.
- [13] R. Andarsyah and A. Yanuar, "Sentimen Analisis Aplikasi Posaja Pada Google Playstore Untuk Peningkatan Pospay Superapp Menggunakan Support Vector Machine," Vol. 16, No. 2, 2024.
- [14] N. J. Hayati, D. Singasatia, and M. R. Muttaqin, "Object Tracking Menggunakan Algoritma You Only Look Once (YOLO)v8 untuk Menghitung Kendaraan," *KOMPUTA*, vol. 12, no. 2, pp. 91–99, Nov. 2023, doi: 10.34010/komputa.v12i2.10654.
- [15] S. P. and A. A. Deshpande, "Disease detection and classification in pomegranate fruit using hybrid convolutional neural network with honey badger optimization algorithm," *International Journal of Food*

- Properties*, vol. 27, no. 1, pp. 815–837, Dec. 2024, doi: 10.1080/10942912.2024.2365927.
- [16] A. S. Aswandi, I. Nurtanio, and A. Jalil, “Identifikasi Kerusakan Buah Kakao Akibat Serangan Hama Menggunakan Algoritma Yolov9,” vol. 11, no. 1, 2025.
- [17] B. S. Acarya, A. Muhaimin, and K. M. Hindrayani, “Identifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dengan Arsitektur EfficientNet,” *G-Tech*, vol. 8, no. 2, pp. 1040–1048, Apr. 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i2.4120.
- [18] D. I. Swasono, M. A. R. Wijaya, and M. A. Hidayat, “Klasifikasi Penyakit pada Citra Buah Jeruk Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) dengan Arsitektur Alexnet,” *INFORMAL*, vol. 8, no. 1, p. 68, Apr. 2023, doi: 10.19184/isj.v8i1.38563.
- [19] A. B. Prakosa, “Implementasi Model Deep Learning Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Citra Penyakit Daun Jagung Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman”.
- [20] R. H. Ariesdianto, Z. E. Fitri, A. Madjid, and A. M. N. Imron, “Identifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Menggunakan K-Nearest Neighbor,” *Jur. Ilm. Komp. & Infor.*, vol. 1, no. 2, pp. 133–140, Nov. 2021, doi: 10.54082/jiki.14.
- [21] A. Roihan, P. A. Sunarya, and A. S. Rafika, “Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper,” *IJCIT*, vol. 5, no. 1, May 2020, doi: 10.31294/ijcit.v5i1.7951.
- [22] R. Ardianto and S. K. Wibisono, “Analisis Deep Learning Metode Convolutional Neural Network Dalam Klasifikasi Varietas Gandum,” vol. 6, no. 12, 2023.
- [23] B. Yanto, E. Rouza, L. Fimawahib, B. H. Hayadi, and R. R. Pratama, “Penerapan Algoritma Deep Learning Convolutional Neural Network Dalam Menentukan Kematangan Buah Jeruk Manis Berdasarkan Citra Red Green Blue (RGB),” *JTIK*, vol. 10, no. 1, pp. 59–66, Feb. 2023, doi: 10.25126/jtik.20231015695.
- [24] Reezky Illmawati and Hustinawati, “YOLO V5 for Vehicle Plate Detection in DKI Jakarta,” *JIKA*, vol. 10, no. 1, pp. 32–43, May 2023, doi: 10.29244/jika.10.1.32-43.
- [25] T. A. Dompeipen, “Penerapan Computer Vision Untuk Pendeteksian Dan Penghitung Jumlah Manusia,” vol. 15, no. 4.
- [26] D. Sudrajat *et al.*, “Expert System Application for Identifying Formalin and Borax in Foods Using the Certainty Factor Method,” *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*.
- [27] R. H. Saputra, J. A. Baba, and M. el-Khaeri Kesuma, “Sistem Pakar Berbasis Android Untuk Diagnosis Penyakit Balita Pada Usia Neonata,” vol. 1, no. 2, pp. 59–67, 2021, doi: 10.69769/seat.v1i2.46.

