

## SISTEM DETEksi MASALAH GIGI MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO BERBASIS WEB

Syifa Nur'Afni Hidayat<sup>1\*</sup>, Rahman Takdir<sup>2</sup>, Muchlis Polin<sup>3</sup>, Lillyan Hadjaratie<sup>4</sup>, Nikmasari Pakaya<sup>5</sup>, Taufik R. L. Bau<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Corresponding E-mail: hsyifa1703@gmail.com

### ABSTRAK

Masalah kesehatan gigi seperti gingivitis, karang gigi, dan karies masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat yang umum terjadi baik secara global maupun nasional, dan sering kali tidak terdeteksi hingga kondisinya menjadi parah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi masalah gigi berbasis web dengan menggunakan algoritma YOLOv11 guna mendeteksi tiga kondisi gigi, yaitu gingivitis, karang gigi, dan karies. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengunggah gambar atau melakukan deteksi langsung dengan memanfaatkan kamera, serta melihat dashboard dan menyimpan riwayat deteksi guna mempermudah pemantauan kondisi gigi. Metode yang digunakan dalam pengembangan sistem adalah *waterfall*, dengan Pengujian dilakukan dengan pendekatan *black-box testing* untuk menguji fungsionalitas fitur dari sisi pengguna tanpa melihat struktur internal program, serta *white-box testing* untuk memverifikasi logika program dan alur eksekusi kode secara menyeluruh. YOLOv11 dilatih dengan teknik augmentasi dan tuning berbasis mutation untuk meningkatkan performa deteksi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai akurasi 81.47%, dengan precision 0.935 dan recall 0.871. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan potensi besar dalam memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk melakukan deteksi dini terhadap masalah gigi.

**Kata kunci:** Penyakit gigi, Deteksi Dini, Hyperparameter Berbasis Mutasi, Sistem Berbasis Web, Algoritma YOLOv11

### ABSTRACT

*Dental health issues such as gingivitis, dental calculus, and caries remain prevalent public health problems globally and nationally, often going undetected until they become severe. This research presents the development of a web-based system for the detection of dental problems utilizing the YOLOv11 algorithm to identify three specific conditions: gingivitis, dental calculus, and dental caries. The system enables users to either upload dental images or perform real-time detection through a camera interface. It also features a dashboard and detection history log to assist users in monitoring their dental health over time. The system was developed using the waterfall methodology. Functional testing was conducted through black-box*

<b>How to cite:</b>	Syifa Nur'Afni Hidayat, Rahman Takdir, Muchlis Polin, Lillyan Hadjaratie, Nikmasari Pakaya, Taufik R. L. Bau (2025) Sistem Deteksi Masalah Gigi Menggunakan Algoritma Yolo Berbasis Web, (Vol 7 No 2), <a href="https://doi.org/1059261.jequi.v7i2.230">https://doi.org/1059261.jequi.v7i2.230</a>
---------------------	--

<b>E-ISSN:</b>	2775-0833
----------------	-----------

<b>Published by:</b>	Politeknik Siber Cerdika Internasional
----------------------	--

testing to assess system features from the user's perspective, while white-box testing was applied to thoroughly evaluate program logic and execution flow. The YOLOv11 model was trained using data augmentation and mutation-based tuning techniques to enhance its detection accuracy. Evaluation results demonstrated that the system achieved an accuracy of 81.47%, with a precision of 0.935 and a recall of 0.871. Overall, this system exhibits strong potential to serve as an accessible early detection tool for dental health issues, particularly for broader community use.

**Keywords:** Dental disease, Early Detection, Mutation-based Tuning, Web-based System, YOLOv11 Algorithm

## PENDAHULUAN

Kesehatan gigi dan mulut merupakan aspek penting yang tidak hanya berpengaruh pada kondisi lokal. Infeksi oral seperti karies gigi dan gingivitis dapat menjadi menjadi pemicu berbagai penyakit sistemik salah satunya penyakit kardiovaskular (Hartanto, Arsanti, & Wicaksono, 2024). Secara global, hampir 3.5 miliar orang menderita penyakit gigi dan mulut, termasuk 2 miliar dengan karies permanen dan 514 juta anak dengan karies gigi susu yang memengaruhi sekitar 45 % populasi dunia (World Health Organization, 2024). Menyikapi hal ini, (World Health Organization, 2024) menganjurkan pergeseran dari pendekatan kuratif ke preventif melalui promosi kesehatan gigi dan perawatan inklusif. Masalah ini tidak hanya menjadi persoalan global, tetapi juga merefleksikan situasi yang serius di Indonesia.

Masalah kesehatan gigi dan mulut turut memberikan beban besar di Indonesia, baik secara ekonomi maupun sosial. Survei Kesehatan Indonesia oleh Kementerian Kesehatan Indonesia (2023) yang merujuk pada *Oral Health Country Profile* dari World Health Organization tahun 2022, melaporkan bahwa Indonesia menempati peringkat kedua di Asia Tenggara dalam hal pengeluaran untuk perawatan gigi, setelah Singapura. Beban ekonomi ini tidak hanya berasal dari biaya perawatan yang tinggi, tetapi juga akibat hilangnya produktivitas kerja karena masalah gigi yang tidak tertangani (Kementerian Kesehatan Indonesia, 2023).

Salah satu penyebab tingginya angka penderita masalah gigi di Indonesia adalah keterbatasan jumlah tenaga medis yang tersedia. World Health Organization (2022) mencatat bahwa rasio dokter gigi di Indonesia adalah 0.6 per 10.000. Grafik rasio tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Rasio Tenaga Medis Gigi Per 10.000 Penduduk**

Angka ini menunjukkan bahwa ketersediaan tenaga medis gigi di Indonesia masih jauh dari standar kebutuhan nasional yaitu 0,2% per 1.000 penduduk (Kementerian

Kesehatan Indonesia, 2022). Selain itu, Menurut Sinaga, Puspandari, & Marthias, (2022) salah satu penyebab utamanya adalah keterbatasan dan distribusi tenaga medis gigi yang tidak merata, mengakibatkan ketidaksetaraan akses layanan kesehatan gigi baik secara geografis maupun sosial ekonomi. Selain faktor tenaga medis, kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kesehatan gigi juga masih rendah. Tsabita, Dewi, Farani, & Paryontri (2022) menyebutkan bahwa rendahnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan gigi dan mulut tercermin dari perilaku yang cenderung menunda kunjungan ke dokter gigi hingga mengalami masalah serius.

Pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence (AI) semakin dikembangkan dalam dunia kesehatan sebagai respons terhadap tantangan minimnya kesadaran masyarakat dalam pencegahan dan penanganan masalah kesehatan gigi. AI memiliki kemampuan dalam analisis citra medis yang memungkinkan deteksi pola dan diagnosis dengan akurasi tinggi (Trenggono & Bachtia, 2023). Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam analisis citra medis adalah *You Only Look Once* (YOLO), yang berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk deteksi dan klasifikasi objek dalam satu kali pemindaian (Ragab et al., 2024). Dibandingkan dengan algoritma lain seperti Single Shot MultiBox Detector (SSD) dan Faster R-CNN, YOLO unggul dalam aplikasi *real-time* karena kecepatannya yang tinggi, tanpa mengorbankan akurasi signifikan (Srivastava et al., 2021). Keunggulan ini menjadikan YOLO sebagai algoritma yang populer dalam penelitian dan pengembangan teknologi deteksi objek di bidang medis (Alfarizi, Pangestu, Aditya, Setiawan, & Rosyani, 2023).

Berbagai penelitian telah menerapkan YOLO dalam dunia medis, termasuk untuk mendeteksi kondisi gigi dari citra intraoral. Makarim, Karlita, Sigit, Dewantara, & Brahmanta, (2023) menggunakan YOLOv5 untuk mendeteksi lima kelas kondisi gigi—normal, karies, tumpatan, sisa akar, dan impaksi—with akurasi mencapai 84%. Penelitian lain oleh Makarim et al., (2023) menggunakan YOLOv5 untuk mendeteksi karies gigi dengan nilai presisi sebesar 85%, yang bertujuan membantu dokter dalam diagnosis. Namun, penelitian sebelumnya masih terbatas pada penggunaan YOLOv5 yang memiliki keterbatasan dalam akurasi dan efisiensi komputasi, terutama pada objek kecil. Sebaliknya, YOLOv11 sebagai versi terbaru telah menunjukkan performa lebih baik dengan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi. Selain itu, penelitian sebelumnya juga belum mengembangkan implementasi dalam platform berbasis web atau mobile, sehingga aksesibilitas bagi pengguna masih terbatas.

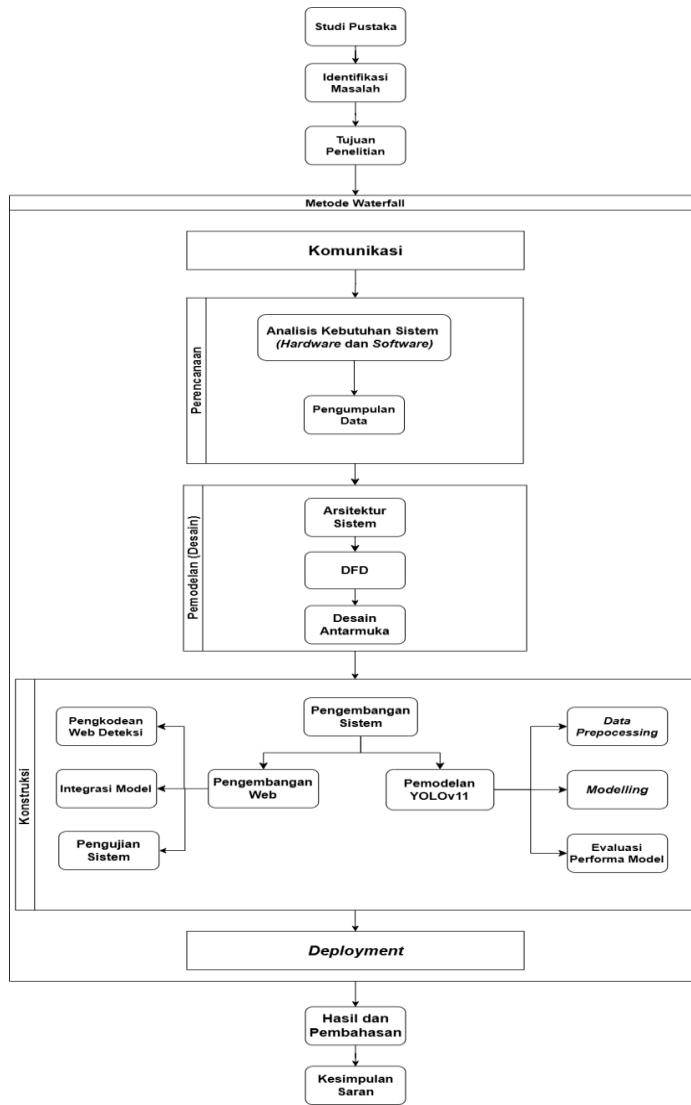
Urgensi penelitian ini diperkuat oleh tingginya prevalensi tiga kondisi utama kesehatan gigi di Indonesia, yaitu karies, gingivitis, dan karang gigi, di mana data Riset Kesehatan Dasar (2018) menunjukkan bahwa 88,8% masalah gigi disebabkan oleh karies, 74% mengalami gingivitis, dan hanya 1,4% populasi yang melakukan pembersihan karang gigi, sedangkan Survei Kesehatan Indonesia (2023) melaporkan 56,9% penduduk berusia  $\geq 3$  tahun mengalami gangguan kesehatan gigi dan mulut dengan hanya 11,2% yang mengakses layanan kesehatan gigi. Kondisi ini diperburuk oleh keterbatasan tenaga medis gigi serta rendahnya literasi kesehatan masyarakat, sehingga deteksi dini berbasis AI terhadap ketiga kelas penyakit tersebut menjadi sangat krusial untuk meningkatkan akses dan kesadaran preventif. Penelitian ini mengusulkan pengembangan teknologi deteksi dini berbasis YOLOv11 untuk mendeteksi karies, karang gigi, dan gingivitis melalui citra intraoral, yang diintegrasikan dengan platform berbasis web agar masyarakat dapat mengakses layanan secara mandiri melalui kamera perangkat atau unggahan gambar, sehingga diharapkan mampu mendorong deteksi dini sebelum gejala menjadi parah.

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul Sistem deteksi masalah Gigi Menggunakan Algoritma YOLO Berbasis Web dilaksanakan pada bulan oktober 2024 sampai April 2025. Lokasi penelitian bertempat pada Klinik Dental Care Deliyana Gorontalo.

### Rancangan Penelitian



Gambar 2. Rancangan Penelitian

### Metode Pengembangan Sistem

*Waterfall* merupakan sebuah metodologi pengembangan sistem informasi yang termasuk kedalam bagian dari SDLC. Model ini melakukan pendekatan secara sistematis dan berurutan. Disebut dengan *waterfall* karena tahap demi tahap yang dilalui harus menunggu selesainya tahap sebelumnya dan berjalan berurutan (Widiyanto, 2018).

Pemilihan metode waterfall dalam pengembangan sistem ini didasarkan pada sifat proyek yang memiliki kebutuhan yang sudah terdefinisi dengan jelas sejak awal. Model ini sesuai untuk sistem yang membutuhkan tahapan bertingkat dan terdokumentasi dengan baik, karena setiap fase—mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi—dilakukan secara terstruktur dan linier. Dengan pendekatan ini, pengujian dan evaluasi dapat dilakukan lebih sistematis karena setiap tahapan harus diselesaikan secara penuh

sebelum berpindah ke tahap berikutnya, sehingga cocok diterapkan dalam pengembangan sistem deteksi yang kompleks dan berbasis algoritma.

a. Komunikasi

Tahap ini dilakukan studi pustaka terkait deteksi masalah gigi berbasis AI, diikuti observasi langsung di Klinik Deliyana Dental Care Gorontalo. Wawancara dengan dokter gigi dan perawat dilakukan untuk memahami prosedur diagnosis klinis serta karakteristik visual masalah gigi yang menjadi fokus penelitian.

b. Perencanaan

Pada tahap perencanaan, dilakukan analisis terhadap kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Selain itu, pengambilan data citra dilakukan melalui observasi langsung di klinik maupun melalui platform seperti Roboflow yang kemudian diproses dan dianotasi untuk memenuhi kebutuhan sistem. Pembagian dataset juga direncanakan agar dapat digunakan secara efektif dalam pelatihan dan evaluasi model deteksi.

c. Pemodelan (Desain)

Pemodelan dilakukan dengan merancang arsitektur sistem secara keseluruhan, termasuk diagram alir data, perancangan basis data dan desain antarmuka pengguna

d. Konstruksi (*code & test*)

Pada tahap konstruksi, dilakukan implementasi sistem yang mencakup beberapa langkah utama, yaitu pelatihan model dan pengkodean web. Sedangkan untuk pengujian terbagi menjadi dua yaitu,

1) Evaluasi Performa Model

Evaluasi performa model dilakukan menggunakan beberapa metrik utama, yaitu *confusion matrix*, *Precision*, *Recall*, dan *mean Average Precision (mAP)*.

2) Pengujian web

Pengujian web dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *white-box testing* untuk menguji logika dari sistem ini dan *black-box testing* untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai dengan fungsionalitas yang diharapkan, baik dari sisi internal maupun eksternal.

e. Deployment

Pada tahap *deployment*, sistem yang telah dibangun dan diuji akan diterapkan dalam lingkungan operasional. Selain itu, dilakukan pemantauan terhadap performa sistem untuk memastikan bahwa model deteksi dapat memberikan hasil yang akurat dan respons cepat.

## Data Penelitian

a. Sumber Data

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui kerja sama dengan Klinik Dental Care Deliyana. Data berupa foto-foto kondisi gigi pasien yang mencakup tiga kategori utama, yaitu karies, karang gigi dan gingivitis dan telah divalidasi oleh dokter gigi melalui proses verifikasi manual sesuai dengan diagnosis klinis.

2. Data Sekunder

Sumber data sekunder dalam penelitian ini berasal dataset publik dari platform Roboflow. Dataset yang diperoleh kemudian disesuaikan anotasinya dengan dataset primer.

b. Teknik Pengumpulan Data

**1. Observasi**

Observasi dilakukan dengan mengunjungi Klinik Deliyana Dental Care Gorontalo untuk mempelajari langsung proses diagnosis dan penanganan masalah kesehatan gigi.

**2. Wawancara**

Wawancara dilakukan dengan dokter gigi dan perawat gigi untuk menggali informasi lebih spesifik mengenai karakteristik dan fitur dari dataset yang digunakan dalam pelatihan model.

**3. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan meninjau berbagai sumber referensi, termasuk jurnal, artikel, dan penelitian terkait deteksi masalah kesehatan gigi menggunakan teknologi, terutama yang melibatkan teknik-teknik berbasis kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Penelitian**

#### **1. Komunikasi**

Berdasarkan hasil observasi langsung di Klinik Deliyana Kota Gorontalo, ditemukan bahwa sebagian besar pasien datang ketika kondisi gigi sudah cukup parah, seperti nyeri akibat karies atau gusi berdarah akibat gingivitis. Pasien umumnya tidak memiliki kebiasaan melakukan pemeriksaan gigi secara rutin, dan sering kali terlambat menyadari adanya masalah kesehatan gigi.

Selain itu pemasalahan dari berbagai studi Pustaka ditemukan bahwa kesehatan gigi, seperti karies dan gingivitis, dapat memicu penyakit sistemik (Hartanto et al., 2024) dan masalah ini cukup serius di Indonesia, dengan banyaknya masyarakat yang kesulitan mengakses layanan dokter gigi (Sinaga et al., 2022). Data Kementerian kesehatan menunjukkan tingginya prevalensi masalah kesehatan gigi di Indonesia, namun hanya sebagian kecil yang melakukan pemeriksaan gigi secara rutin (Kementerian Kesehatan Indonesia, 2023).

#### **2. Perencanaan**

**a. Batasan Sistem**

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, yaitu model YOLOv11 yang digunakan hanya diimplementasikan untuk inferensi tanpa pelatihan ulang atau fine-tuning di dalam sistem. Modul manajemen pengguna terbatas pada registrasi, login, dan logout tanpa otorisasi peran lanjutan atau integrasi dengan EMR. Akses aplikasi hanya tersedia melalui platform web berbasis desktop tanpa pengembangan aplikasi mobile atau mode offline. Selain itu, sistem hanya menampilkan hasil deteksi berupa bounding box, label klasifikasi, dan confidence score tanpa memberikan interpretasi medis atau rekomendasi perawatan, yang sepenuhnya menjadi tanggung jawab tenaga kesehatan profesional.

**b. Analisis Kebutuhan Sistem**

- 1) Spesifikasi perangkat keras (*hardware*)
  - a) Tipe laptop: Asus X455LN
  - b) RAM: 8 GB
  - c) Tipe Sistem: 64-bit
  - d) Processor: Intel(R)Core (TM) i7-4510U CPU @ 2.00GHz (2 Core(s), 4 Logical Processor(s))
- 2) Spesifikasi perangkat lunak (*software*)

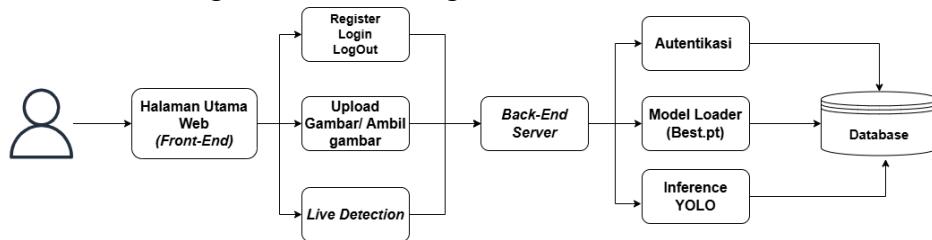
- a) *Labeling tool*: Roboflow
  - b) Platform pelatihan model: Google Colaboratory
  - c) Bahasa pemrograman: Python 3.12.4
  - d) Framework web: Django
  - e) *Library* pendukung: OpenCV, Ultralytics YOLOv11, Torch.
  - f) Text editor/IDE: Visual Studio Code (VSCode)
- c. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dua sumber utama, yaitu dataset publik dari Roboflow yang terdiri dari sekitar 6.244 gambar dan dataset internal dari Klinik Dental Care Deliyana yang mencakup sekitar 673 gambar.

### 3. Pemodelan (desain)

#### a. Arsitektur Sistem

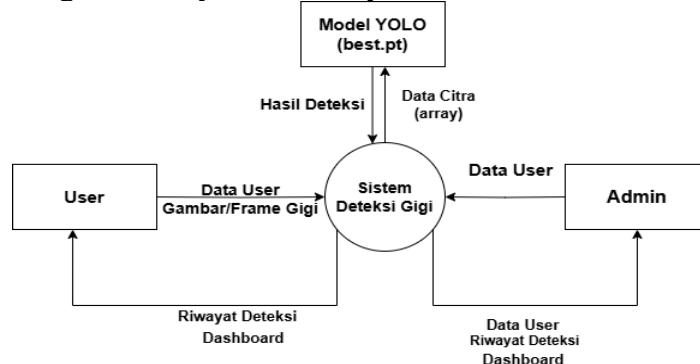
Arsitektur sistem terdiri atas dua jenis pengguna, yaitu user dan admin, dengan hak akses berbeda. User berinteraksi melalui front-end web yang menyediakan input citra. Data input dikirim ke back-end untuk diproses oleh model YOLO, menghasilkan bounding box dan label klasifikasi.



**Gambar 3. Arsitektur Sistem**

#### b. Diagram Konteks

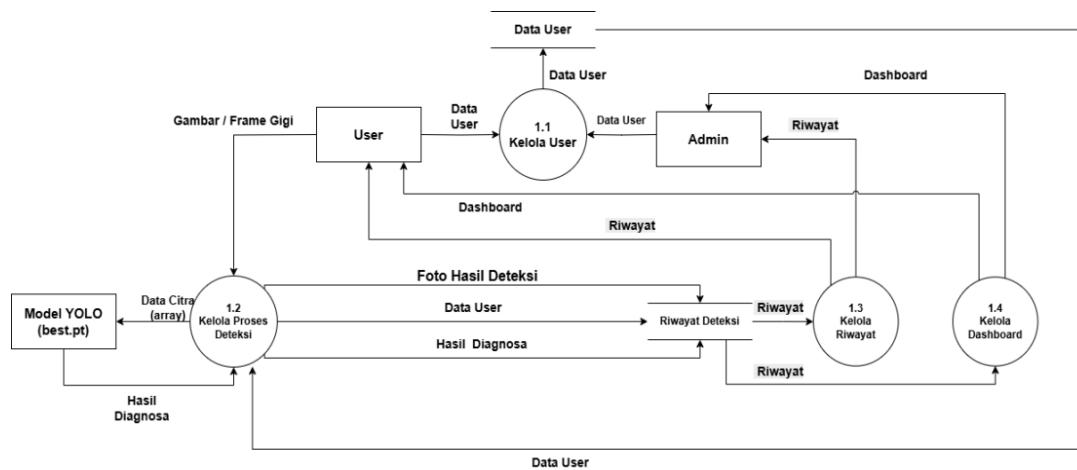
Diagram konteks menunjukkan hubungan sistem deteksi gigi berbasis YOLO dengan berbagai entitas yaitu, model yolo, user dan admin.



**Gambar 4. Diagram Konteks**

#### c. Diagram Alir Data Level 0

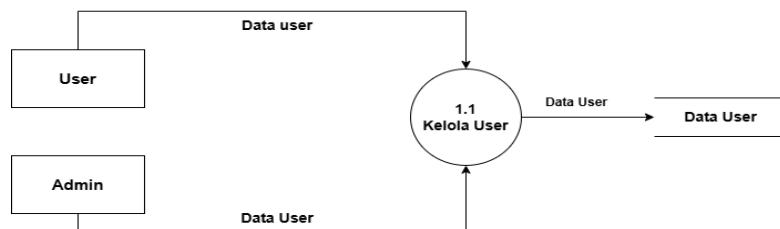
Diagram konteks Level 0 pada sistem ini menggambarkan tiga proses utama yang berinteraksi dengan entitas eksternal yaitu user dan admin. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan proses deteksi masalah gigi yang terintegrasi dengan akun pengguna serta pencatatan hasil diagnosa untuk mendukung akses informasi kesehatan gigi secara mandiri.



**Gambar 5. Diagram Alir Data Level 0**

d. Diagram Alir Data Level 1 Proses 1

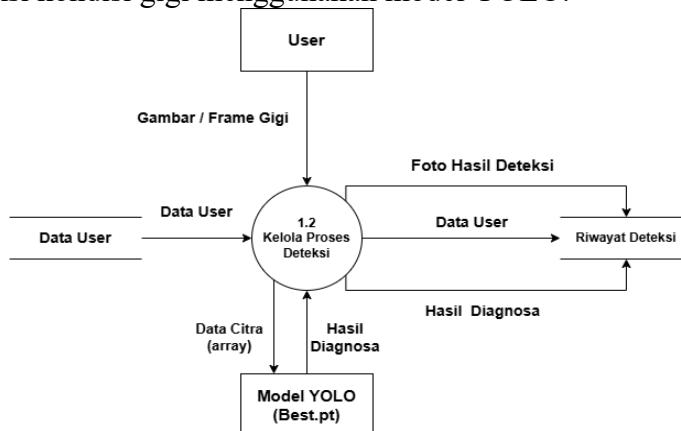
Pada diagram ini dijelaskan secara spesifik proses kelola pengguna. Entitas eksternal yang terlibat adalah user dan admin.



**Gambar 6. Diagram Alir Data Level 1 Proses 1**

e. Diagram Alir Data Level 1 Proses 2

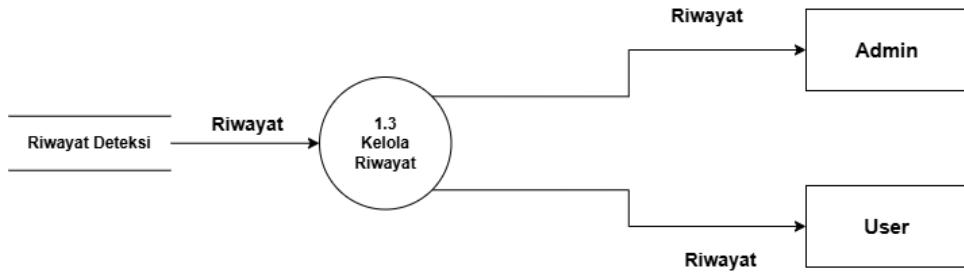
Pada diagram ini dijelaskan proses Kelola Proses Deteksi menggambarkan tahapan deteksi kondisi gigi menggunakan model YOLO.



**Gambar 7. Diagram Alir Data Level 1 Proses 2**

f. Diagram Alir Data Level 1 Proses 3

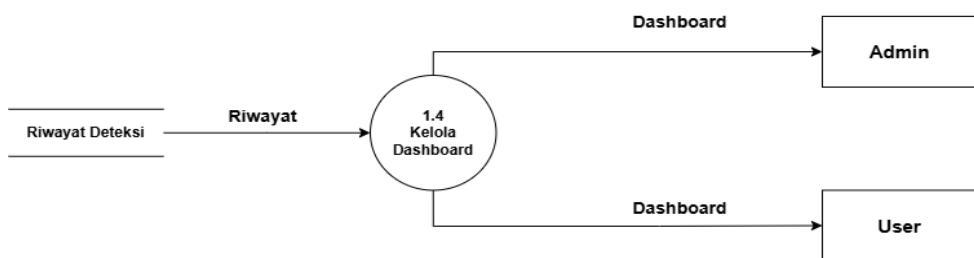
Diagram ini menjelaskan proses penyimpanan dan pengelolaan hasil deteksi.



**Gambar 8. Diagram Alir Data Level 1 Proses 3**

g. Diagram Alir Data Level 1 Proses 4

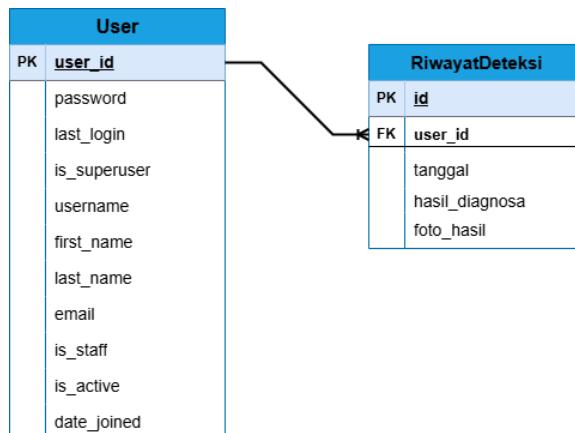
Diagram ini menjelaskan proses Kelola Dashboard yang berfungsi untuk mengelola dan menyajikan hasil deteksi yang divisualisasi.



**Gambar 9. Diagram Alir Data Level 1 Proses 4**

h. Desain Database

Diagram relasi ini menggambarkan hubungan antara tabel User dan Riwayat Deteksi dalam sistem basis data. Relasi antara keduanya bersifat *one-to-many*, satu pengguna (user\_id) dapat memiliki banyak riwayat deteksi.

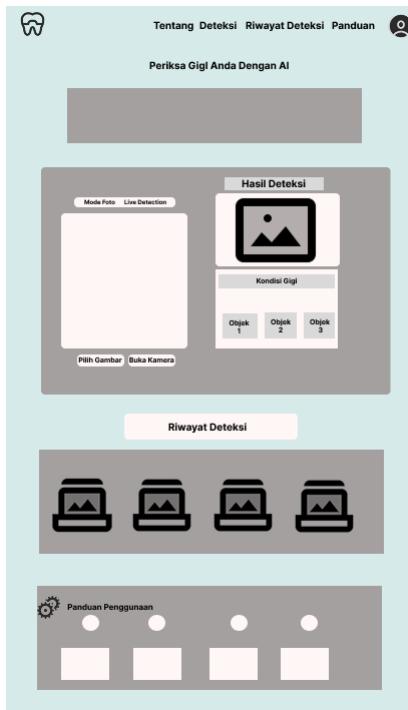


**Gambar 10. Desain Database**

i. Desain Antarmuka

Desain antarmuka dirancang dalam satu halaman utama (*one-page interface*) yang memuat beberapa komponen utama yaitu, *profile*, tombol kamera, tombol

pilih gambar, tombol *live detection*, panduan penggunaan, tampilan hasil deteksi, riwayat deteksi



Gambar 11. Desain Tampilan Web

### Konstruksi (Code & Test)

#### 1. Pemodelan YOLO

Pemodelan dilakukan melalui tiga tahap utama, *data preprocessing*, *modelling* dan evaluasi performa model.

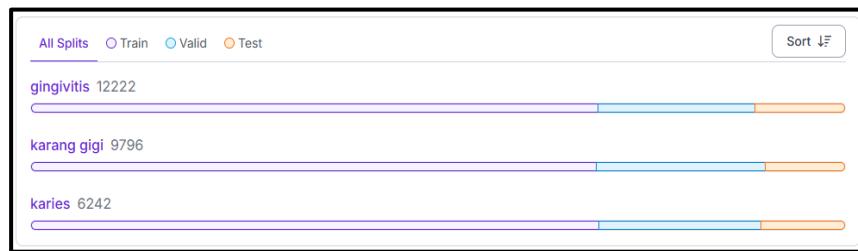
##### a. Data *preprocessing*

Pemodelan YOLO pada penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu data preprocessing, pemodelan, dan evaluasi performa model. Pada tahap data preprocessing, dilakukan pembersihan data terhadap dataset publik dan data klinis dari Klinik Deliyana dan diperoleh sebanyak 3.972 gambar yang layak digunakan untuk pelatihan. Seluruh gambar dilakukan anotasi dengan 3 kategori utama kelas 0 = Gingivitis, Kelas 1 = Karang Gigi, Kelas 2 = Karies. Selanjutnya, gambar diubah ukurannya menjadi 640 x 640 piksel dan dilakukan augmentasi dengan parameter flip horizontal, crop sebesar 0–20%, serta rotasi antara  $-15^\circ$  hingga  $+15^\circ$ . Hasil augmentasi meningkatkan jumlah citra menjadi 6.790 gambar dengan rata-rata 3–4 bounding box per gambar. Dataset kemudian dibagi menjadi tiga subset untuk *training*, *valid* dan *test* dengan rasio 80:10:10.

Tabel 1. Distribusi Dataset

Kelas	Total Anotasi	Jumlah Anotasi Pada Dataset		
		Train (80%)	Valid (10%)	Test (10%)
Gingivitis	12222	8509	2355	1358
Karang Gigi	9796	6802	2026	968
Karies	6242	4351	1242	649

Selain itu, proses pembagian data ini juga mempertimbangkan keseimbangan jumlah data (*balancing*) antar kelas



**Gambar 12 Balacing Data**

b. Modelling

Proses pemodelan dimulai dengan mengunduh model YOLOv11 pralatih (*pretrained*). Selanjutnya dilakukan proses secara berkala antara pelatihan awal dilakukan menggunakan parameter default, kemudian dilanjutkan dengan penyetelan hyperparameter menggunakan metode mutasi untuk mengoptimalkan akurasi model secara bertahap.

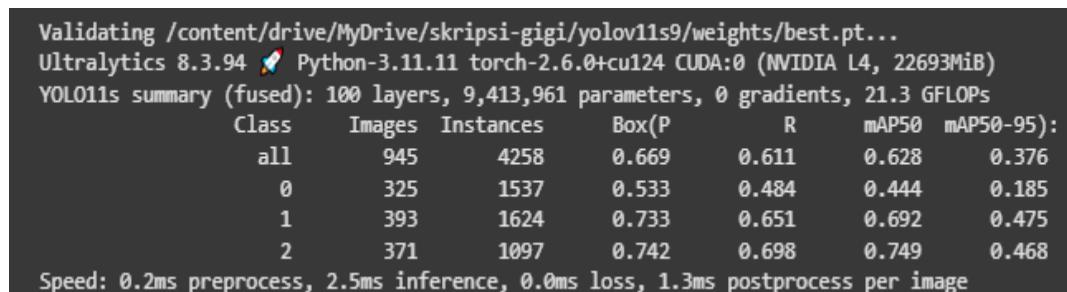
1.) *Training Parameter Default*

Training dengan parameter default ini dilakukan dengan konfigurasi sebagai berikut:

**Tabel 2. Konfigurasi Training Default**

No.	Parameter	Konfigurasi
1.	<i>Epoch</i>	300
2.	<i>Optimizer</i>	AdamW
3.	<i>Early Stopping</i>	100

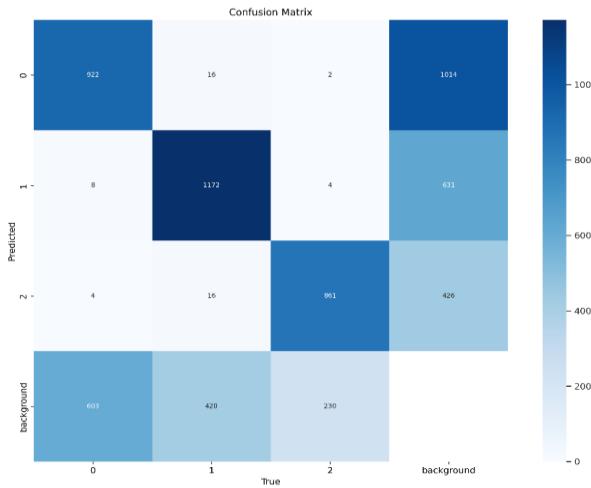
Pelatihan model YOLOv11 berhenti pada epoch ke-232 dari total 300 epoch karena mekanisme early stopping setelah 100 epoch tanpa peningkatan signifikan.



**Gambar 13. Hasil Training Parameter Default**

Hasil evaluasi menunjukkan nilai rata-rata mAP50 sebesar 0.628 dan mAP50-95 sebesar 0.376. Performa terbaik ditunjukkan oleh kelas karies dengan mAP50 sebesar 0.749 dan mAP50-95 sebesar 0.468. Nilai presisi dan recall keseluruhan tercatat sebesar 0.669 dan 0.611, yang menunjukkan keseimbangan model dalam mendeteksi objek dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah.

2.) Evaluasi Performa *Training Parameter Default*  
 a.) *Confusion Matrix*



**Gambar 14. Confusion Matrix Parameter Default**

Untuk menghitung akurasi *Confusion Matrix* dilakukan dengan menerapkan perhitungan persamaan 1 pada rumus berikut ini:

$$Accuracy = \frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{total prediksi}} \times 100\%$$

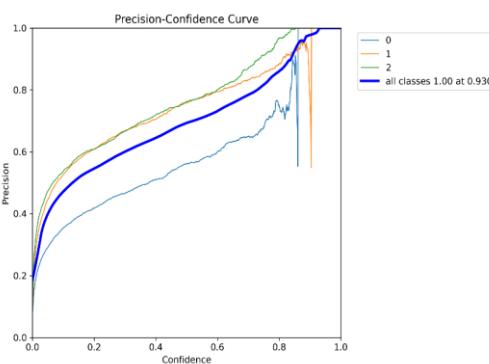
$$Accuracy = \frac{922 + 1172 + 861}{2955 + 1656 + 1307 + 1253} \times 100\%$$

$$Accuracy = 0.4120 \times 100\%$$

$$Accuracy \approx 41.2\%$$

Evaluasi menggunakan confusion matrix menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 41,2%, dengan sebagian besar kesalahan berupa prediksi objek sebagai background, terutama pada kelas gingivitis dan karang gigi.

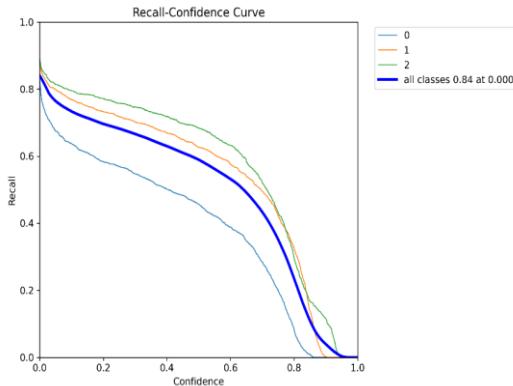
b.) *Precision-Confidence Curve*



**Gambar 15. Precision-Confidence Curve Parameter**

Hasil analisis precision-confidence curve menunjukkan bahwa presisi tertinggi dicapai oleh kelas karies, sedangkan kelas gingivitis memiliki presisi yang rendah dan fluktuatif, mengindikasikan tingginya false positive.

c.) *Recall-Confidence Curve*



**Gambar 16. Recall-Confidence Curve Parameter Default**

Pada kurva *recall-confidence*, pola yang muncul menunjukkan penurunan recall seiring peningkatan threshold confidence, dengan recall tertinggi pada kelas karies dan terendah pada gingivitis.

3.) Tuning Hyperparameter

Untuk optimasi hasil training, dilakukan proses pencarian *best hyperparameter* menggunakan metode *mutation-based hyperparameter search*. Proses tuning dilakukan dengan total 8 kali tuning dan total 207 iterasi dengan masing-masing 20 *epoch* pelatihan untuk setiap iterasi. Berdasarkan hasil tuning, diperoleh *best fitness* sebesar 0.46033. Metrik performa terbaik yang diamati adalah *Precision* sebesar 0.79473, *Recall* 0.68279, mAP 50 0.73929, mAP 50-95 0.42934, *Box Loss* 0.97592, *Classification Loss* 0.86302, *DFL Loss* 1.13487. *Hyperparameter* terbaik yang dihasilkan dari tuning dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3. Hasil Tuning Hyperparameter**

<i>Hyperparameter</i>	<i>Best Value</i>
<i>Lr0</i>	0.00027
<i>Lrf</i>	0.00717
<i>Momentum</i>	0.88417
<i>weight decay</i>	0.00047
<i>warmup epochs</i>	4.29147
<i>warmup momentum</i>	0.29568
<i>box</i>	4.72213
<i>cls</i>	0.42363
<i>Dfl</i>	1.1536
<i>Translate</i>	0.08064
<i>Scale</i>	0.29727
<i>Fliplr</i>	0.39046

4.) *Training* dengan *hyperparameter based mutation*

**Tabel 4. Konfigurasi Training dengan Hyperparameter**

No.	Parameter	Konfigurasi
1.	<i>Epoch</i>	516/1000
2.	<i>Optimizer</i>	AdamW
3.	<i>Early Stopping</i>	100
4.	<i>Hyperparameter</i>	Mutasi

Adapun hasil pelatihan menghasilkan nilai precision sebesar 0.935, menandakan kemampuan yang tinggi dalam mengidentifikasi objek sesuai kategori, dengan minim kesalahan deteksi. Nilai recall sebesar 0.862 menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi sebagian besar kondisi gigi yang ada, dengan proporsi kasus terlewat relatif kecil. Selain itu, nilai mAP50 sebesar 0.917 menunjukkan akurasi deteksi objek yang tinggi pada threshold IoU 50%, sedangkan mAP50-95 sebesar 0.685 menunjukkan adanya ruang untuk perbaikan, terutama pada objek berukuran kecil atau model citra dengan kondisi sulit. Visualisasi dari hasil training dan validasi model dapat dilihat pada gambar 4.17

- 5.) *Evaluasi Performa Training dengan Hyperparameter Mutation*  
 a.) *Confusion matrix*

```
Validating train-1000\train\weights\best.pt...
Ultralytics 8.3.105 Python-3.12.9 torch-2.5.1 CUDA:0 (NVIDIA GeForce RTX 3050, 6144MiB)
YOLOv1s summary (fused): 100 layers, 9,413,961 parameters, 0 gradients
    Class   Images  Instances   Box(P)      R      mAP50  mAP50-95
      all     794     3423     0.935     0.862     0.917     0.685
      0      386     1391     0.922     0.881     0.917     0.71
      1      245     1186     0.926     0.803     0.888     0.647
      2      254      846     0.957     0.901     0.946     0.698
Speed: 0.3ms preprocess, 13.0ms inference, 0.0ms loss, 1.0ms postprocess per image
Results saved to train-1000\train
```

Gambar 17. Hasil Training menggunakan

Untuk menghitung akurasi *Confusion Matrix* dilakukan dengan menerapkan perhitungan persamaan 1 pada rumus berikut ini:

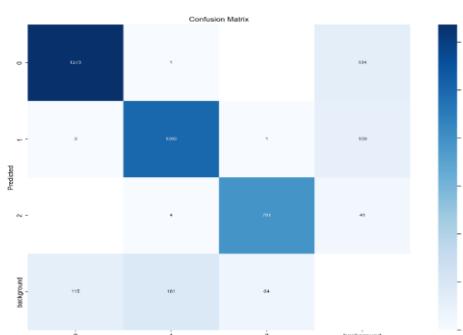
$$\text{Accuracy} = \frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{total prediksi}} \times 100\%$$

$$\text{Accuracy} = \frac{1255 + 989 + 774}{1401 + 1096 + 815 + 393} \times 100\%$$

$$\text{Accuracy} = 0.8147 \times 100\%$$

$$\text{Accuracy} \approx 81.47\%$$

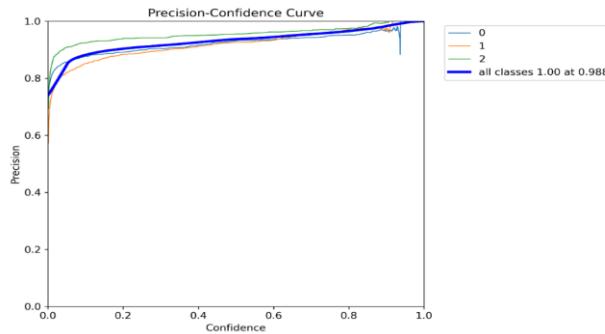
Confusion matrix menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 81,47%, meskipun masih terdapat kesalahan klasifikasi akibat kemiripan visual antar kelas.



Gambar 18. *Confusion Matrix*

b.) *Precision-confidence curve*

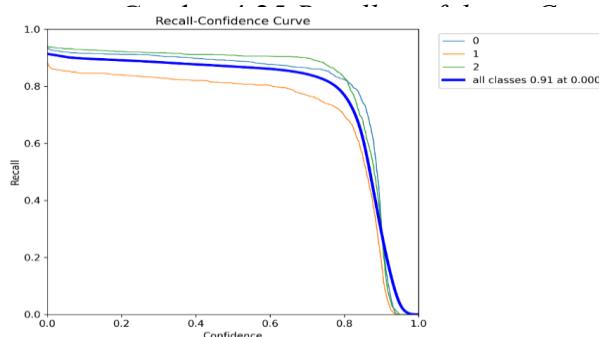
Hasil evaluasi Precision-confidence curve menunjukkan bahwa precision meningkat seiring confidence, dengan performa stabil pada sebagian besar kelas, meskipun terjadi penurunan precision pada kelas gingivitis pada threshold di atas 0.9



**Gambar 19. Precision-confidence Curve**

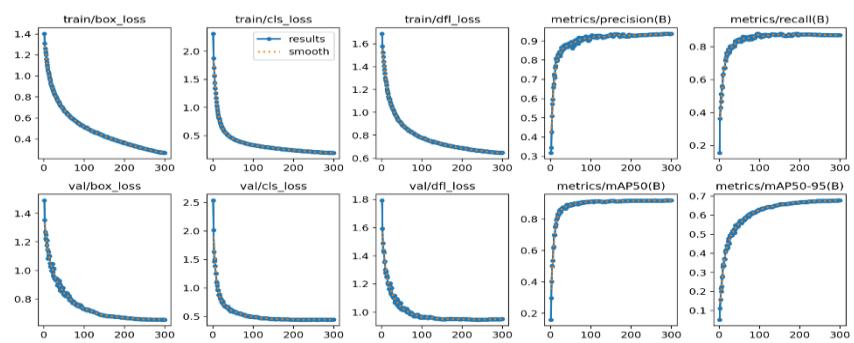
c.) *Recall-confidence curve*

Berdasarkan kurva Recall-confidence curve menunjukkan nilai recall rata-rata yang tinggi pada confidence rendah, tetapi menurun tajam mendekati confidence maksimum, menandakan trade-off antara precision dan recall.



**Gambar 20. Recall-confidence Curve**

6.) Analisis *Overfitting*



**Gambar 21. Grafik Pelatihan**

Berdasarkan Gambar 4.26 Grafik Pelatihan, menunjukkan grafik kurva train loss dan validation loss yang mengalami penurunan secara stabil selama proses pelatihan. Tidak terdapat stagnasi pada grafik, sehingga tidak ditemukan indikasi overfitting pada model.

c. Testing model

Uji akhir model menggunakan metode hold-out testing pada dataset uji berisi 400 citra dan 1665 objek menunjukkan nilai precision sebesar 90,8%, recall sebesar 84,3%, mAP50 sebesar 89,1%, dan mAP50-95 sebesar 68%. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali dan membedakan ketiga kondisi gigi dengan tingkat akurasi dan sensitivitas yang baik, serta memiliki potensi kuat untuk diimplementasikan pada sistem pendukung diagnosis kesehatan gigi.

```
Ultralytics 8.3.148 🚀 Python-3.11.12 torch-2.6.0+cu124 CUDA:0 (Tesla T4, 15095MiB)
YOLOv1s summary (fused): 100 layers, 9,413,961 parameters, 0 gradients, 21.3 GFLOPS
Downloading https://ultralytics.com/assets/Arial.ttf to '/root/.config/Ultralytics/Arial.ttf'...
100% [██████████] 755k/755k [00:00<00:00, 111MB/s]
val: Fast image access ✓ (ping: 0.7±0.3 ms, read: 0.0±0.0 MB/s, size: 42.1 KB)
val: Scanning /content/gdrive/MyDrive/skripsiie/test/labels.cache... 400 images, 0 backgrounds
    Class   Images  Instances   Box(P      R      mAP50  mAP50-95): 100%
          all       400      1665   0.908   0.843   0.891   0.68
          0        192      649   0.859   0.834   0.861   0.682
          1        139      645   0.924   0.831   0.886   0.663
          2        120      371   0.941   0.866   0.926   0.696
Speed: 1.4ms preprocess, 8.6ms inference, 0.0ms loss, 2.7ms postprocess per image
Results saved to runs/detect/val
```

Gambar 22. Hasil testing Model

## Pengembangan Web

### a. Tampilan Aplikasi

The image shows the user interface of the DentScan web application. The main page features a header with the logo 'DentScan' and navigation links for 'Tentang', 'Panduan', and 'Kontak'. Below the header is a section titled 'Deteksi Penyakit Gigi dengan AI' with sub-options for 'Respon Cepat', 'Object Detection', and 'Algoritma YOLO'. A text box explains the AI detection process. To the right is a 'Hasil Deteksi' section showing a dental image with detected anomalies and a summary table. Further down is a 'Riwayat Deteksi' section displaying a grid of dental images with detection details. On the far right is a 'Dashboard Analisis Gigi' with sections for 'Ringkasan Analisis' (showing 12 total detections, 4 gingivitis, 1 caries, and 1 carious tooth), 'Distribusi Kondisi Gigi' (a donut chart showing 4 gingivitis, 1 caries, and 1 carious tooth), and a 'Tren Deteksi' chart.

b. Pengujian web

1.) Pengujian *White-box*

Pengujian ini difokuskan pada fitur utama dari website, yaitu deteksi gigi. Teknik white-box yang digunakan adalah *path coverage*, bertujuan untuk memastikan seluruh jalur logika dalam proses deteksi telah diuji secara menyeluruh, termasuk berbagai kemungkinan kondisi dan percabangan yang terjadi saat pengguna mengunggah citra gigi dan menerima hasil deteksi. Dilakukan perhitungan perhitungan *Cyclomatic Complexity (CC)* menggunakan dua rumus

Rumus 1:

$$\begin{aligned} V(G) &= E - N + 2 \\ &= (25 - 22) + 2 = 5 \end{aligned}$$

Rumus 2:

$$\begin{aligned} V(G) &= (\text{Predicate Node} + 1)V(G) \\ &= 4 + 1 = 5 \end{aligned}$$

Berdasarkan *Cyclomatic Complexity* didapatkan sebesar 5 jalur independen yang harus diuji untuk menjamin seluruh logika telah tercakup. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut,

**Tabel 5. Hasil Pengujian White-box**

Jalur	Hasil Pengujian	Keterangan
R1	Berhasil	Output sesuai
R2	Berhasil	Output sesuai
R3	Berhasil	Output sesuai
R4	Berhasil	Output sesuai
R5	Berhasil	Output sesuai

2.) Pengujian Mode Input Deteksi

Pengujian dilakukan untuk membandingkan performa tiga mode input yang tersedia dalam sistem, yaitu unggah gambar, ambil gambar melalui kamera, dan live detection. Setiap mode diuji menggunakan gambar yang sama dengan total 15 gambar, untuk menjaga konsistensi hasil. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut,

**Tabel 6. Pengujian Mode Input Deteksi**

No.	Mode Input	Total Objek Seharusnya ( <i>Ground Truth</i> )	Total Objek Terdeteksi	Percentase Deteksi
1.	Upload	29	28	96.55%
2.	Ambil Gambar	29	19	65.52%

3.) Pengujian *black-box*

**Tabel 7.** Hasil Pengujian *black-box*

No	Fitur yang Diuji	Skenario Uji		Input	Output yang Diharapkan	Status
1.	Register	Pengguna mengisi semua data dengan benar dan lengkap	Username, email, password valid		Akun berhasil dibuat dan pengguna diarahkan ke halaman login	Sesuai
2.	Login	Pengguna memasukkan username dan password yang valid	Username dan password valid		Pengguna berhasil masuk ke dalam sistem	Sesuai
3.	Login	Pengguna memasukkan username atau password yang salah	Username/password salah		Muncul pesan error: "Username atau password salah"	Sesuai
4.	Logout	Pengguna mengklik tombol logout	Tombol Logout diklik		Pengguna keluar dari sistem dan dialihkan ke halaman login	Sesuai
5.	Navigasi Halaman	Membuka halaman utama	Akses URL homepage		Homepage tampil dengan navigasi yang aktif	Sesuai
6.	Halaman Tentang	Klik menu "Tentang"	Tombol "Tentang"		Halaman menampilkan informasi mengenai tujuan dan fungsi aplikasi	Sesuai
7.	Halaman Penggunaan Panduan	Klik menu "Panduan"	Tombol "Panduan"		Petunjuk penggunaan aplikasi tampil dengan jelas	Sesuai
8.	Deteksi Kamera	Ambil gambar lalu klik deteksi	Klik "Buka Kamera"		Gambar diproses dan ditampilkan dengan <i>bounding box</i> hasil deteksi	Sesuai
9.	Deteksi Gambar	Upload	Upload gambar gigi dan klik "Deteksi"	Pilih file gambar valid (.jpg/jpeg/.png)	Hasil deteksi tampil dalam gambar dengan label dan <i>confidence score</i> atau menampilkan "gigi tampak sehat"	Sesuai
10.	<i>Live Detection</i>	Akses kamera perangkat (video stream)	Video stream dari kamera	dengan citra gigi jelas	Menampilkan secara real time hasil deteksi berupa klasifikasi dan <i>bounding box</i>	Sesuai
11.	Riwayat Deteksi					Sesuai

		Pengguna melihat hasil deteksi yang pernah dilakukan	Pengguna melihat hasil deteksi yang pernah dilakukan
12.	Menyimpan Deteksi Riwayat	Sistem menyimpan hasil deteksi ke database setelah proses selesai	Deteksi berhasil dilakukan Data hasil deteksi tersimpan ke tabel riwayat_deteksi Sesuai

### **Deployment**

Pada tahap *deployment*, sistem telah berhasil dijalankan secara lokal dengan seluruh komponen berfungsi sesuai tujuan. Proses integrasi antara model deteksi dan antarmuka web telah dilakukan dengan baik, memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra gigi, memprosesnya melalui model YOLO, dan menampilkan hasil deteksi secara langsung melalui tampilan web.

### **Kesimpulan**

Implementasi model YOLOv11 dalam penelitian ini berhasil mendekripsi tiga kondisi utama kesehatan gigi karies, gingivitis, dan karang gigi melalui citra intraoral dengan performa yang cukup baik. Model yang telah melalui proses augmentasi data dan tuning berbasis mutasi menunjukkan performa yang baik melalui metriks evaluasi seperti *precision* sebesar 0.935, *recall* 0.871, serta akurasi klasifikasi keseluruhan 89.45%. Meskipun demikian, masih ditemukan kendala dalam membedakan beberapa kelas yang memiliki kemiripan visual, seperti karang gigi, karies, dan background. Selain itu, analisis kurva metrik mengindikasikan bahwa sensitivitas model terhadap kelas gingivitis menurun pada ambang kepercayaan tinggi (*threshold* > 0.9), yang menunjukkan adanya tantangan dalam mengenali fitur visual yang lebih samar.

Sistem deteksi ini juga telah berhasil diintegrasikan ke platform berbasis web, memungkinkan pengguna untuk melakukan deteksi mandiri secara *real-time*, memberikan akses yang lebih luas kepada masyarakat untuk layanan deteksi dini kesehatan gigi. Selain itu, sistem juga menyediakan fitur riwayat deteksi yang memungkinkan pengguna untuk meninjau kembali hasil pemeriksaan sebelumnya, sehingga mendukung pemantauan kondisi gigi secara berkelanjutan dan dashboard untuk melihat trend serta ringkasan deteksi. Namun, meskipun hasil yang dicapai sudah cukup baik, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti kesulitan dalam mendekripsi objek kecil dan keterbatasan pada fitur *Live Detection* yang belum berjalan secara optimal. Oleh karena itu, pengembangan lanjutan baik dari sisi model maupun sistem sangat diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas sistem dalam penggunaannya secara langsung.

### **Referensi**

- Alfarizi, Dzaky Nafis;,, Pangestu, Rio Agung;,, Aditya, Rio Agung;,, Setiawan, Muhammad Adi;,, & Rosyani, Perani. (2023). Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal AI Dan SPK : Jurnal Artificial Intelligent Dan Sistem Penunjang Keputusan*, 54–63.
- Hartanto, Hamdan Ali, Arsanti, Meilan, & Wicaksono, Muhammad Syarif. (2024). Penyakit Gigi Dan Gusi Sebagai Penyebab Penyakit Jantung. *Jurnal Teras Kesehatan*, 7(2), 11–18. <https://doi.org/10.38215/jtkes.v7i2.131>
- Kementerian Kesehatan Indonesia. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia*. Kementerian

- Kesehatan Republik Indonesia.* Retrieved from [https://kemkes.go.id/app\\_asset/file\\_content\\_download/1702958336658115008345c5.53299420.pdf](https://kemkes.go.id/app_asset/file_content_download/1702958336658115008345c5.53299420.pdf)
- Kementerian Kesehatan Indonesia. (2023). Survei Kesehatan Indonesia 2023 (SKI). In *Kementerian Kesehatan Indonesia.* Retrieved from <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/fact-sheet-survei-kesehatan-indonesia-ski-2023/>
- Makarim, Ahmad Fauzi, Karlita, Tita, Sigit, Riyanto, Dewantara, Bima Sena Bayu, & Brahmanta, Arya. (2023). Deteksi Kondisi Gigi Manusia pada Citra Intraoral Menggunakan YOLOv5. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 12(4), 2125–2134. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v12i4.3355>
- Ragab, Mohammed Gamal, Abdulkadir, Said Jadid, Muneer, Amgad, Alqushaibi, Alawi, Sumiea, Ebrahim Hamid, Qureshi, Rizwan, Al-Selwi, Safwan Mahmood, & Alhussian, Hitham. (2024). A Comprehensive Systematic Review of YOLO for Medical Object Detection (2018 to 2023). *IEEE Access*, 12, 57815–57836. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3386826>
- Riset Kesehatan Dasar. (2018). Laporan Riskesdas 2018 Nasional.pdf. *Balitbangkes*, p. hal 156. Retrieved from [https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514/1/Laporan\\_Riskesdas\\_2018\\_Nasional.pdf](https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514/1/Laporan_Riskesdas_2018_Nasional.pdf)
- Sinaga, Alzeressy Putri, Puspandari, Diah Ayu, & Marthias, Tiara. (2022). Korelasi Disparitas Ketersediaan Tenaga Medis Gigi Antardaerah Terhadap Pemanfaatan Layanan Gigi dan Mulut di Indonesia. *Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan (The Indonesian Journal of Health Service Management)*, 25(03), 108–115. <https://doi.org/10.22146/jmpk.v25i03.5879>
- Srivastava, Shrey, Divekar, Amit Vishvas, Anilkumar, Chandu, Naik, Ishika, Kulkarni, Ved, & Pattabiraman, V. (2021). Comparative analysis of deep learning image detection algorithms. *Journal of Big Data*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00434-w>
- Trenggono, Patriot Haryo, & Bachtia, Adang. (2023). Peran Artificial Intelligence Dalam Pelayanan Kesehatan : A Systematic Review. *JURNAL NERS Research & Learning in Nursing Science*, 444–451.
- Tsabita, Azura Azza, Dewi, Indah Komala, Farani, Wustha, & Paryontri, Bayu Ananda. (2022). Peningkatan Pengetahuan Kesehatan Gigi Dan Mulut Di Posyandu Lansia Ngudi Waras Dan Panti Asuhan Mustika Tama. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(3), 1131. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v6i3.8969>
- Widiyanto, WW. (2018). Analisa Metodologi Pengembangan Sistem Dengan Perbandingan Model Perangkat Lunak Sistem Informasi Kepegawaian Menggunakan Waterfall Development. *Informa.Poltekindonusa.Ac.Id*, 4(June 2018), 2442–7942. Retrieved from <http://informa.poltekindonusa.ac.id/index.php/informa/article/view/34>
- World Health Organization. (2022). *Oral Health Country Profile*. Retrieved from <https://www.who.int/team/noncommunicable-diseases/global-status-report-on-oral-health-2022>
- World Health Organization. (2024). *Oral Health*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>

---

**Copyright holder:**

Syifa Nur'Afni Hidayat, Rahman Takdir, Muchlis Polin, Lillyan Hadjaratie, Nikmasari Pakaya, Taufik R. L. Bau (2025)

**First publication right:**

Equivalent: [Jurnal Ilmiah Sosial Teknik](#)

**This article is licensed under:**

