

Pengembangan Sistem Deployment Deteksi untuk Kista Ginjal pada Citra *CT Scan* dengan Metode *Yolo*

Novandra Putra Pawidya¹, Abu Salam²

^{1,2} Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Jalan Imam Bonjol No. 207, Pendrikan Kidul, Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
E-mail: 111202013012@mhs.dinus.ac.id¹, abu.salam@dsn.dinus.ac.id²

Abstract - Kidney cysts are a medical condition characterized by the formation of fluid-filled sacs on the kidneys, where CT scan image analysis is crucial for diagnosis and management. This study aims to develop a YOLOv5-based object detection model to identify kidney cysts in CT scan images. The research methodology involved training the model with a public dataset from Kaggle and validating it using private clinical data, with manual annotation conducted by a radiographer to ensure data accuracy. The results indicate that the YOLOv5 model achieved high performance with a Mean Average Precision (mAP) of 99.3%, a precision of 97.4%, and a recall of 99.1%. The model was successfully integrated into a Flask-based application, facilitating real-time kidney cyst detection in clinical practice. Consequently, this study demonstrates that the use of YOLOv5 can effectively support medical diagnosis, enhancing the accuracy and speed of kidney cyst detection, and offering a practical and innovative diagnostic tool for healthcare professionals. These findings open up opportunities for applying similar deep learning technologies to other medical conditions, significantly contributing to technological advancements in healthcare.

Keywords - YOLOv5, Kidney Cysts, Kidney CT Scans, Deep Learning, Object Detection.

Intisari - Kista ginjal adalah kondisi medis yang ditandai dengan terbentuknya kantung berisi cairan pada ginjal, di mana analisis citra CT scan sangat penting dalam diagnosis dan manajemen kondisi ini. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model deteksi objek berbasis YOLOv5 untuk mengidentifikasi kista ginjal pada citra CT scan. Metode penelitian melibatkan pelatihan model dengan dataset publik dari Kaggle dan validasi menggunakan data klinis privat, dengan proses anotasi manual oleh radiografer untuk memastikan akurasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv5 mencapai kinerja tinggi dengan Mean Average Precision (mAP) sebesar 99.3%, precision sebesar 97.4%, dan recall sebesar 99.1%. Model ini berhasil diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis Flask, memfasilitasi deteksi kista ginjal secara real-time dalam praktik klinis. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan YOLOv5 dapat secara efektif mendukung diagnosa medis, meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi kista ginjal, serta menawarkan alat diagnostik inovatif yang praktis bagi tenaga medis. Temuan ini membuka peluang penerapan teknologi deep learning serupa untuk kondisi medis lainnya, memberikan kontribusi signifikan pada kemajuan teknologi dalam bidang kesehatan.

Kata Kunci - YOLOv5, Kidney Cyst, CT Scan Ginjal, Deep Learning, Objek Deteksi.

I. PENDAHULUAN

Kista ginjal adalah suatu kondisi di mana terbentuknya kantung bulat atau oval dan berisi cairan pada ginjal [1]. Deteksi kista ginjal pada tahap awal sangat penting untuk mencegah komplikasi lebih lanjut. Deteksi kista ginjal yang kecil atau tersembunyi sering kali sulit dilakukan, dan keterlambatan atau kesalahan deteksi dapat berdampak serius pada kesehatan pasien. Analisis yang lebih detail, dokter biasanya akan merekomendasikan CT scan atau MRI. Oleh karena itu, analisis citra CT scan (Computed Tomography) menjadi sangat penting dalam diagnosis kondisi ini. Citra CT scan adalah salah satu metode diagnostik medis yang sangat

penting dalam dunia kedokteran. Citra CT scan diperoleh melalui penggunaan alat diagnostik yang disebut Computed Tomography Scanner, yang menggunakan teknik radiografi untuk menghasilkan gambar potongan tubuh secara horizontal [2]. Computed Tomography adalah teknologi yang tidak memerlukan tindakan invasif dan dianggap memiliki ketepatan tinggi dalam mendeteksi, mengkarakterisasi, dan mengevaluasi struktur internal yang kompleks [3]. Mendeteksi kista ginjal, terutama yang kecil atau bentuk tertentu, menantang bagi dokter dan radiolog karena keterbatasan visualisasi pada citra CT scan. Kesulitan ini meningkat seiring bertambahnya usia manusia sebagai ahli medis karena penurunan kemampuan kognitif dan visual, yang dapat berdampak klinis serius jika terjadi keterlambatan atau kesalahan deteksi. Penelitian ini fokus pada penggunaan teknologi deep learning, khususnya metode YOLO (You Only Look Once), untuk mengidentifikasi kista ginjal pada citra CT scan secara akurat dan cepat[4].

Kemajuan dalam deep learning telah merevolusi analisis gambar medis, dengan YOLO sebagai salah satu terobosan [5]. YOLO, memungkinkan identifikasi dan lokalisasi objek secara bersamaan dalam satu proses inferensi [6]. Dengan kecepatan dan akurasi tinggi, YOLO menjadi pilihan efektif untuk analisis citra CT scan [7]. Hal ini menjadikannya sangat relevan dalam bidang kedokteran dan ilmu komputer untuk analisis gambar medis [8]. Menentukan lokasi kista pada CT Scan tidak dapat hanya mengandalkan penilaian manusia karena kurang akurat [9].

Metode YOLO, diperkenalkan oleh Joseph Redmon pada tahun 2016, telah menjadi populer dalam deteksi kista pada citra CT scan berkat penggunaan jaringan saraf konvolusi yang memungkinkan deteksi objek secara real-time [10]. Sistem ini secara efektif mengidentifikasi karakteristik kista seperti ukuran, bentuk, dan intensitas melalui pendekatan berbasis grid, menawarkan kecepatan dan akurasi yang tinggi [11]. Penelitian ini juga melibatkan proses validasi dan penilaian ekstensif untuk memastikan keandalan model YOLO, menggunakan dataset yang mencakup berbagai kasus dan mengukur aspek seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas [12]. Tahap kritis dari penelitian ini, yaitu anotasi dan pelabelan gambar, dilakukan menggunakan platform Roboflow, yang menyediakan antarmuka yang intuitif dan fitur canggih yang memudahkan proses anotasi [13].

Dataset untuk penelitian ini dikembangkan menggunakan perangkat lunak Roboflow, yang memungkinkan pengeditan dan manipulasi gambar secara efisien dengan teknologi AI, termasuk penerapan kotak pembatas dan segmentasi instance [14]. Roboflow mendukung berbagai format data, yang memudahkan impor dan ekspor dataset ke platform machine learning yang berbeda [15]. Dalam proses ini, setiap gambar disegmentasi secara manual untuk memastikan akurasi tinggi, sementara anotasi otomatis menggunakan model publik membantu menghemat waktu dan upaya [16]. Antarmuka intuitif dan fitur canggih dari Roboflow memfasilitasi anotasi yang cepat dan akurat, memungkinkan pembuatan dataset berkualitas tinggi yang mendukung kinerja optimal model yang dikembangkan [17].

[18] Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model berbasis metode YOLO untuk deteksi kista ginjal dalam citra CT scan, yang dapat membantu tenaga medis membuat keputusan lebih akurat dan efisien [18]. Model YOLOv5 dipilih karena kemampuannya mendeteksi objek secara real-time dengan memanfaatkan model deep[19] Model ini dilatih menggunakan dataset publik[20] untuk memahami karakteristik kista, yang kemudian diuji dengan data klinis privat untuk memastikan kinerjanya dalam kondisi yang mirip dengan penggunaan sehari-hari.

Selain itu, penelitian ini mengembangkan aplikasi berbasis Flask untuk deployment model di lingkungan klinis. Flask, kerangka kerja aplikasi web berbasis Python, memungkinkan integrasi efisien dan praktis dari model ke dalam sistem Kesehatan [21]. Dengan strategi ini, model tidak hanya diuji dalam skenario realistis tetapi juga dioptimalkan untuk meningkatkan

kecepatan dan akurasi diagnostik, memberikan kontribusi signifikan dalam penggunaan teknologi deep learning untuk kemajuan diagnostik medis [22].

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi kista ginjal yang efektif dan efisien, meningkatkan kualitas diagnosis dan manajemen perawatan pasien, serta memanfaatkan teknologi deep learning dan aplikasi web untuk mendukung praktik klinis.

II. SIGNIFIKANSI STUDI

A. Studi Literatur

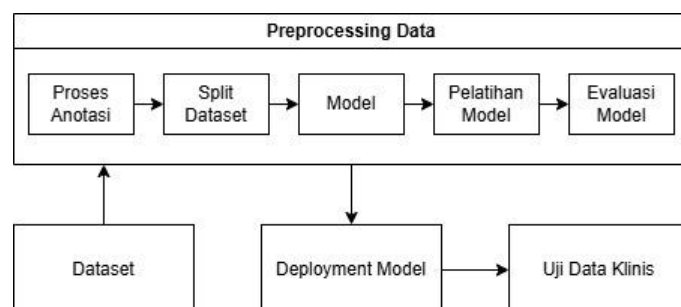
Studi ini membahas pentingnya teknologi citra CT Scan dalam deteksi kista ginjal, memperlihatkan aplikasi mendalam metode YOLO dan teknologi deep learning. Dalam penelitian ini, penggunaan citra CT Scan yang merupakan terobosan dalam pencitraan medis memberikan visualisasi yang detail dan akurat dari struktur internal tubuh, krusial untuk diagnosis yang tepat terutama dalam mendeteksi kista ginjal [2]. Dengan menggabungkan sinar-X dan proses komputasi, CT Scan menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi yang sangat penting dalam menilai kondisi medis kompleks.

Metode YOLO (You Only Look Once), sebuah teknik deteksi objek yang efisien dan cepat, sangat sesuai untuk kebutuhan medis seperti analisis citra kista ginjal. Pendekatan single-shot memungkinkan deteksi objek hampir secara real-time, mengurangi waktu yang diperlukan untuk diagnosis dan meningkatkan efisiensi dalam pengambilan keputusan klinis. Kombinasi YOLOv5 dan citra CT Scan dalam penelitian ini diharapkan meningkatkan kecepatan dan akurasi diagnostik, mempercepat pengambilan keputusan yang penting dalam kondisi medis mendesak, serta mendukung personalisasi pengobatan dengan mengidentifikasi kista dengan presisi tinggi [6].

Deep learning, sebagai dasar dari AI, telah memberikan kontribusi besar dalam pemrosesan dan analisis data [23]. Keunggulan teknik ini dalam mengklasifikasikan dan mengenali berbagai jenis data membantu dalam mengoptimalkan diagnosa dan terapi, serta mendukung inovasi dalam protokol klinis. Penggunaan Python dan Flask dalam pengembangan aplikasi web untuk menerapkan model YOLO yang telah dilatih menunjukkan bagaimana penelitian ini tidak hanya meningkatkan pemahaman aplikasi AI dalam bidang medis tetapi juga mengarah pada praktik klinis yang lebih berbasis data dan teknologi [21].

Secara keseluruhan, penelitian ini menggabungkan teknik-teknik canggih dalam pengolahan citra dan pembelajaran mesin untuk mendukung evolusi ke arah pengobatan yang lebih terintegrasi dan berbasis teknologi, dengan potensi besar untuk meningkatkan hasil kesehatan pasien dan mengoptimalkan alokasi sumber daya kesehatan.

B. Metode Penelitian



Gambar 1. Perancangan Sistem

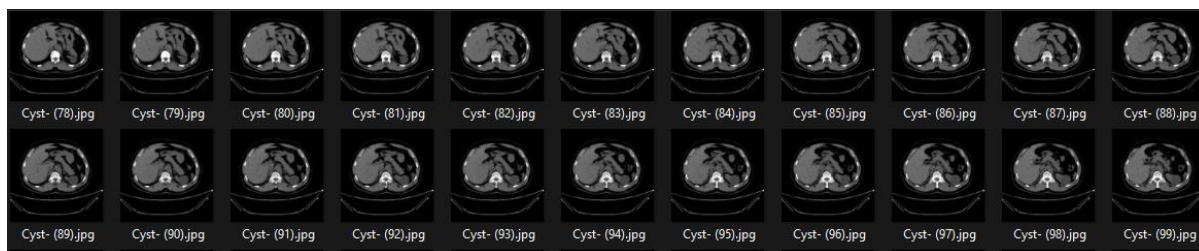
Gambar 1 merupakan perancangan sistem dalam metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan model YOLOv5 dalam mendeteksi kista ginjal, langkah pertama melibatkan pengumpulan dan persiapan dataset. Selanjutnya, data tersebut dianotasi menggunakan

platform Roboflow. Setelah anotasi, dataset dibagi menjadi tiga bagian: data latihan, validasi, dan pengujian. Proses training model menggunakan pre-model YOLOv5 dengan fokus pada optimisasi parameter untuk meningkatkan efektivitas deteksi. Setelah itu, evaluasi model dilakukan dengan menggunakan metrik seperti IoU untuk memastikan akurasi model. Akhirnya, model yang telah dilatih diimplementasikan dalam sebuah aplikasi web menggunakan Flask, untuk dilakukan uji klinis.

1. Dataset

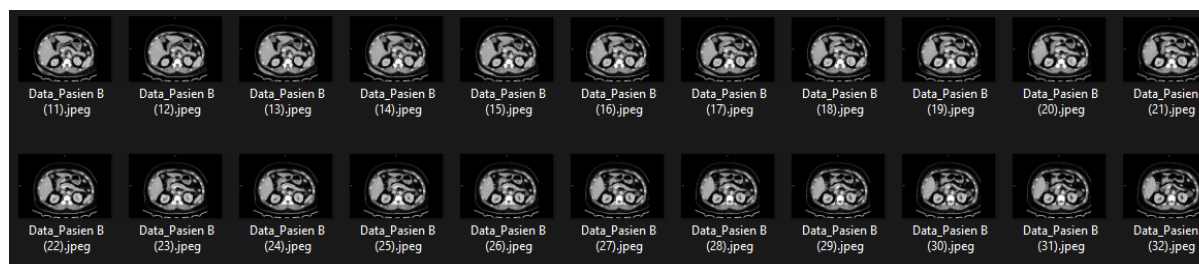
Dalam penelitian ini, dataset publik yang digunakan untuk pelatihan model YOLOv5 dalam deteksi kista ginjal diperoleh dari situs Kaggle, Kidney CT Scan. Dataset ini memberikan beragam kasus kondisi ginjal yang membantu dalam pengembangan awal model. Selain itu, dataset klinis dikumpulkan dari RSUD Kebumen dan RS Sultan Agung Semarang, yang memberikan citra CT scan untuk validasi model, pada kasus di lingkungan klinis.

Peneliti juga melibatkan seorang radiografer bernama Isa Faiz Muammar, yang memiliki NIR 3374231222097 dan bekerja di RS Bhayangkara Akpol Semarang, dalam proses anotasi dan validasi. Keahlian radiografer ini memastikan bahwa data yang digunakan adalah akurat dan representatif, sehingga model YOLOv5 yang dikembangkan dapat diterapkan secara efektif dalam lingkungan klinis dan meningkatkan akurasi diagnostik medis.



Gambar 2. Dataset Public

Gambar 2 menunjukkan contoh citra CT Scan kista ginjal yang akan digunakan pada ada proses training, data publik dari Kaggle digunakan dengan fokus khusus pada kelas "Cyst" untuk mendeteksi kista dalam penelitian ini. Dari total 3709 citra yang tersedia, 1045 citra dipilih dan digunakan untuk proses anotasi. Studi ini menggunakan dataset Kidney CT-Scan yang berisi 1045 citra yang terdiagnosis kista ginjal dalam format JPG.



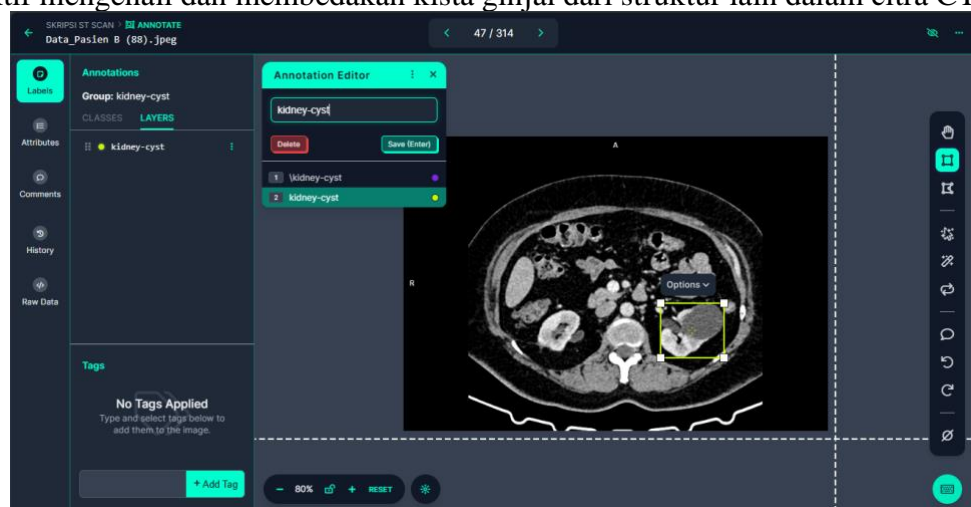
Gambar 3. Dataset Klinis

Gambar 3 menunjukkan contoh citra CT Scan dari dataset klinis yang berisikan 663 citra terdiagnosis kista ginjal dalam format JPEG. Dataset klinis dalam penelitian ini merupakan kumpulan data yang bersifat private, yang menyediakan citra CT scan ginjal untuk validasi model YOLOv5 dalam deteksi kista ginjal. Penggunaan dataset ini bertujuan untuk memverifikasi efektivitas model dalam lingkungan klinis sebenarnya, memastikan bahwa model dapat diterapkan secara efektif dan meningkatkan akurasi diagnostik medis. Dataset private ini penting karena menawarkan data yang spesifik dan relevan dengan kondisi klinis yang mungkin tidak sepenuhnya tercermin dalam dataset publik.

2. *Preprocessing Data*

a) *Proses Anotasi*

Anotasi manual citra kista ginjal menggunakan Roboflow di mana citra CT scan ginjal diimpor ke dalam platform Roboflow, dan secara manual ditandai oleh peneliti dengan bantuan radiographer untuk mengidentifikasi kista ginjal. Dalam proses ini, peneliti menggunakan alat anotasi yang disediakan oleh Roboflow untuk menggambar bounding box sekitar area kista pada citra, dan memberikan label spesifik, yaitu "kidney-cyst". Tujuan utama dari anotasi manual ini adalah untuk menciptakan dataset yang akurat dan berkualitas tinggi, yang akan digunakan untuk melatih model machine learning dalam mendeteksi kista ginjal [21]. Proses ini memastikan bahwa setiap kista ginjal diidentifikasi dengan tepat, dengan informasi tentang lokasi, ukuran, dan bentuknya, sehingga saat digunakan dalam pelatihan model AI, sistem dapat secara efektif mengenali dan membedakan kista ginjal dari struktur lain dalam citra CT scan.



Gambar 4. Anotasi Manual Bounding Box

Gambar 4 menunjukkan tahapan anotasi manual pada citra dari dataset publik menggunakan bounding box yang disediakan oleh roboflow. Setelah anotasi selesai, label "kidney-cyst" diberikan sehingga memudahkan peneliti untuk mengenali kelas tersebut.

b) *Split Dataset*

Dalam penelitian ini, dataset yang terdiri dari 1045 citra CT scan dibagi melalui Roboflow untuk kebutuhan pengembangan model YOLOv5: 70% (732 gambar) untuk train, 20% (209 gambar) untuk valid, dan 10% (104 gambar) untuk test. Pembagian ini memastikan model belajar dengan efektif, memperbaiki parameter selama validasi, dan menguji kinerja akhir dalam kondisi serupa penggunaan nyata.

c) *Model*

Pemilihan varian YOLOv5, khususnya YOLOv5s, untuk aplikasi web dalam deteksi kista ginjal pada citra CT scan memanfaatkan keunggulan model ini dalam hal efisiensi dan kompatibilitas. YOLOv5s adalah versi yang lebih ringan dari model YOLOv5, yang dirancang untuk beroperasi dengan kecepatan yang lebih tinggi sambil mempertahankan tingkat akurasi yang cukup untuk aplikasi real-time [24]. Versi ini sangat cocok untuk aplikasi web dimana latensi rendah dan penggunaan sumber daya yang efisien sangat penting, terutama ketika dijalankan pada perangkat dengan sumber daya komputasi yang terbatas.

Struktur YOLOv5s yang terdiri dari komponen backbone, head, dan detection membantu dalam efisiensi pengolahan data. Backbone sebagai CNN mengumpulkan dan membentuk fitur citra pada berbagai tingkat detail, sedangkan head menggabungkan fitur-fitur tersebut untuk prediksi, dan komponen detection menyelesaikan tugas dengan menghasilkan bounding boxes

dan klasifikasi objek yang akurat. Dengan arsitektur ini, YOLOv5s mampu menawarkan keseimbangan yang baik antara kecepatan dan akurasi, menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi web dalam setting medis, di mana kecepatan respons dan akurasi diagnostik sangat krusial [25].

d) *Training*

Proses pelatihan model deteksi kista ginjal YOLOv5 dimulai dengan menggunakan dataset yang sudah diberi anotasi bounding boxes dan diekspor dari Roboflow. Tahap berikutnya adalah pelatihan menggunakan pre-model YOLOv5 yang diambil dari GitHub. Instalasi paket yang diperlukan dilakukan sebelum pelatihan di Google Colab. Parameter penting dari setiap kode yang digunakan selama pelatihan juga dijelaskan. Dalam penggunaan arsitektur YOLOv5, teknik deep learning sangat penting untuk keberhasilan deteksi objek secara real-time [23]. Selama proses pelatihan, penyesuaian dilakukan pada parameter kritis seperti laju pembelajaran, ukuran batch, dan jumlah epoch untuk mengoptimalkan kinerja model [26]. Teknik seperti transfer learning dan fine-tuning juga diterapkan untuk meningkatkan keakuratan deteksi.

e) *Evaluasi Model*

Evaluasi model YOLOv5 untuk deteksi kista ginjal pada citra CT scan mengandalkan metrik Intersection over Union (IoU) untuk mengukur efektivitas model. IoU merupakan metode statistik yang menghitung kesamaan antara dua sampel. Metrik ini menilai seberapa besar area yang beririsan antara bounding box prediksi dari model dan bounding box yang sebenarnya dari data asli. Nilai IoU menentukan batas minimum yang harus dicapai untuk prediksi dianggap sebagai positif yang benar, yang disebut ambang batas IoU. Berikut adalah formula yang digunakan untuk menghitung IoU:

$$IoU = \frac{\text{Area of Intersection of two boxes}}{\text{Area of Union of two boxes}} \quad (1)$$

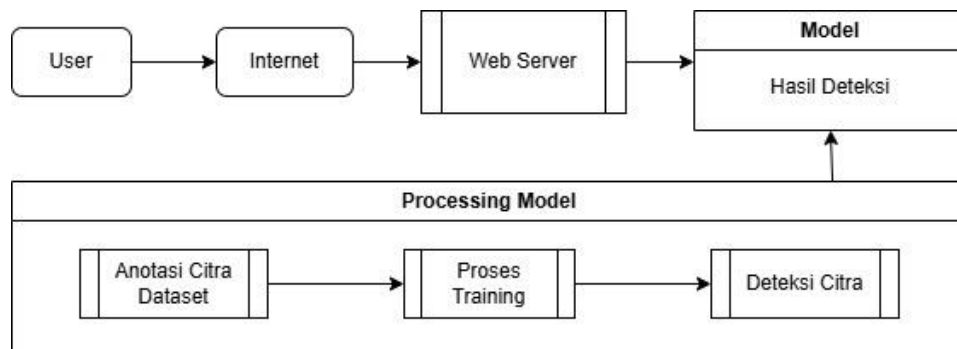
Ambang batas IoU, atau IoU threshold, adalah nilai kritis yang menentukan apakah sebuah deteksi oleh model dianggap sebagai true positive atau false positive. Ambang batas ini, yang berada dalam kisaran 0 hingga 1, sangat berpengaruh terhadap nilai mAP (Mean Average Precision). Menggunakan ambang batas IoU yang rendah cenderung meningkatkan jumlah false positives yang dihasilkan oleh model. Di sisi lain, menetapkan ambang batas yang lebih tinggi bisa secara drastis mengurangi jumlah true positives selama pelatihan. Menyesuaikan ambang batas IoU dengan tepat dapat membantu meningkatkan efektivitas deteksi, namun penurunan yang terlalu besar pada ambang batas ini bisa secara signifikan mempengaruhi jumlah deteksi positif secara keseluruhan.

Tahap ini bertujuan untuk menilai kinerja model dengan mengukur beberapa metrik utama: precision, yang merupakan rasio antara jumlah prediksi benar terhadap total prediksi yang dibuat oleh model; recall, yang merupakan rasio antara jumlah prediksi benar terhadap total kasus sebenarnya; dan mean average precision (mAP), yang dihitung berdasarkan nilai precision dan recall. Metode ini mencakup pengukuran precision (P), recall (R), average precision (AP), dan mean average precision (mAP).

3. *Deployment Model*

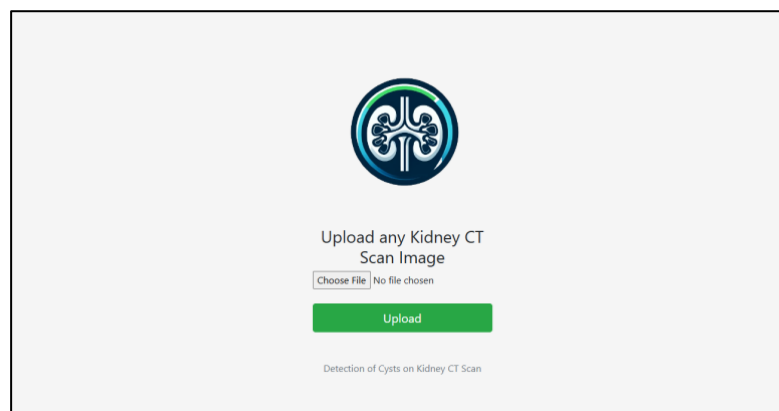
Dalam proyek ini, peneliti mengembangkan aplikasi Flask untuk menerapkan model YOLO yang telah dilatih untuk mendeteksi kista ginjal dari citra CT scan. Aplikasi ini dibangun menggunakan Python, Flask, dan PyTorch, dengan struktur yang mencakup direktori untuk model, template, dan citra. API yang dibangun memungkinkan penggunaan fungsional seperti mengunggah citra dan menampilkan hasil deteksi melalui antarmuka pengguna yang intuitif di halaman web. Sebelum diterapkan ke server produksi, aplikasi diuji secara ekstensif untuk

memastikan keakuratan dan keamanan, menjadikannya solusi efektif dan efisien untuk pendukung diagnostik medis.



Gambar 5. Arsitektur Sistem Model

Gambar 5 arsitektur sistem model Flask dimulai ketika pengguna menjelajah internet dan mengakses web server yang dibangun dengan Flask. Di dalam web server ini, terdapat serangkaian proses pemodelan yang berlangsung. Proses ini dimulai dengan anotasi citra, di mana citra yang telah dikumpulkan diberi label untuk melatih model. Setelah proses anotasi, dilakukan pelatihan model dengan data yang telah dianotasi untuk mengembangkan kemampuan model dalam mengenali dan memprediksi objek dalam data baru. Terakhir, model yang telah dilatih digunakan untuk deteksi citra, menghasilkan output berupa identifikasi objek atau kelas dari citra yang dianalisis. Seluruh proses ini terjadi di dalam web server dan ditampilkan kepada pengguna melalui antarmuka web.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Web

Gambar 6 merupakan antarmuka web yang memudahkan pengguna untuk mengunggah dan menganalisis citra secara interaktif. Pertama, pengguna akan mengklik tombol "Choose File" untuk memilih citra yang ingin dideteksi. Setelah citra dipilih, pengguna kemudian mengklik tombol "Upload" untuk mengunggah citra tersebut ke server. Proses pengunggahan ini diikuti dengan deteksi dan anotasi otomatis pada citra tersebut menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya. Setelah proses deteksi selesai, citra yang telah teranotasi akan ditampilkan di antarmuka web dengan label "kidney cyst" yang menunjukkan hasil identifikasi model. Label ini membantu pengguna mengenali dan memverifikasi keberadaan kista ginjal dalam citra yang diunggah.

4. Uji Data Klinis

Dalam validasi uji data klinis, radiografer memiliki peran kunci untuk memverifikasi keakuratan deteksi kista oleh model YOLOv5 yang di-deploy menggunakan Flask. Radiografer mengunggah citra CT scan ke aplikasi, di mana model mendeteksi kista dan menandainya

dengan bounding boxes. Radiografer kemudian memeriksa keakuratan dan kesesuaian lokasi kista. Umpan balik dari radiografer digunakan untuk perbaikan dan peningkatan model, memastikan keandalannya dalam praktik medis dan mendukung pengembangan berkelanjutan. Proses validasi ini krusial untuk memastikan model dapat diandalkan dalam penggunaan klinis, memberikan keputusan diagnostik yang akurat dan cepat, serta mendukung pengembangan berkelanjutan model tersebut.



Gambar 7. Hasil Deteksi pada Aplikasi Web

Dalam gambar 7 hasil deteksi dari citra data klinis, terdapat kotak anotasi berwarna merah yang menyoroti area tertentu pada citra, menunjukkan objek atau fitur spesifik yang telah dikenali oleh model YOLOv5, lengkap dengan label dan skor IoU.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model YOLOv5 untuk deteksi kista ginjal pada citra CT scan dengan menggunakan dataset dari Kaggle dan data klinis privat. Model YOLOv5 menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam deteksi objek, terutama kista ginjal dalam citra CT scan. Menggunakan fungsi bawaan PyTorch untuk model YOLO, evaluasi model menunjukkan performa yang baik dengan Mean Average Precision (mAP) sebesar 99.3%, dihitung sebagai rata-rata Precision pada berbagai threshold. Precision model sebesar 0.974 menandakan bahwa mayoritas prediksi positif model adalah akurat, sementara Recall sebesar 0.991 menunjukkan bahwa model berhasil mendeteksi hampir semua kasus positif dalam dataset, dari sini bisa dihitung F1 Score nya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F1 \text{ Score} &= 2 \times \frac{P \times R}{P + R} & (2) \\
 &= 2 \times \frac{0.974 \times 0.991}{0.974 + 0.991} \\
 &= 2 \times \frac{0.965}{1.965} \\
 &= 2 \times 0.491 \\
 &= 0.982 \text{ (98\%)}
 \end{aligned}$$

A. *Evaluasi Model dari Dataset Publik*

TABEL I
CONFUSION MATRIX DARI DATASET PUBLIC

		Total Keseluruhan	
		Predicted Values	
Actual Values	Jumlah Data: 104	Negatif	Positif
	False		15
True		0	79

Dari data confusion matrix pada Tabel 1, terdapat 79 gambar kista ginjal yang terdeteksi dengan benar (TP), 10 gambar yang salah diidentifikasi sebagai kista ginjal (FP), dan 15 gambar kista ginjal yang tidak terdeteksi (FN). Total gambar yang dianalisis adalah 104. Hasil ini sesuai dengan verifikasi sistem dari validasi database. Dengan demikian, hasil pengujian ini dapat dihitung tingkat akurasi sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{Total\ Citra} \quad (3)$$

$$= \frac{79 + 0}{104}$$

$$= 0,759 (75.9\%)$$

B. *Evaluasi Model dari Dataset Klinis*

TABEL II
CONFUSION MATRIX DARI DATASET KLINIS

		Total Keseluruhan	
		Predicted Values	
Actual Values	Jumlah Data: 66	Negatif	Positif
	False		11
True		0	53

Dari data dalam confusion matrix pada Tabel 2, terdapat 53 gambar kista ginjal yang terdeteksi dengan benar (TP), 2 gambar yang salah diidentifikasi sebagai kista ginjal (FP), dan 11 gambar kista ginjal yang tidak terdeteksi (FN). Total gambar yang dianalisis adalah 66. Hasil ini sesuai dengan verifikasi sistem dari validasi database. Dengan demikian, dari pengujian ini, akurasi dari model yang dikembangkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{Total\ Citra} \quad (4)$$

$$= \frac{53 + 0}{66}$$

$$= 0,803 (80.3\%)$$

C. *Pembahasan*

Penelitian ini mengkaji efektivitas model YOLOv5 dalam deteksi kista ginjal pada citra CT scan. Salah satu keterbatasan utama model YOLOv5 adalah kemungkinan tinggi terjadinya false positives dan false negatives. Dalam konteks klinis, false positives bisa menyebabkan kecemasan yang tidak perlu bagi pasien dan penggunaan sumber daya medis yang tidak efisien,

sedangkan false negatives bisa mengakibatkan keterlambatan dalam diagnosis yang tepat dan penanganan yang diperlukan, berpotensi memperburuk kondisi pasien.

YOLOv5 unggul dalam kecepatan deteksi dan memadai dalam akurasi untuk penggunaan real-time jika dibandingkan dengan metode deteksi objek lainnya. Akan tetapi, dalam penggunaan diagnostik medis di mana tingkat akurasi dan kehandalan sangat penting, ketika dibandingkan dengan metode lain seperti Faster R-CNN untuk pengolahan citra, YOLOv5 menawarkan kelebihan dalam kecepatan komputasi yang lebih cepat dan masih ada peluang untuk peningkatan, terutama dalam mengurangi kesalahan dalam deteksi [27].

Dalam penelitian ini, penerapan model YOLOv5 dalam aplikasi berbasis Flask juga diuji untuk menilai praktikalitas penggunaannya dalam setting klinis. Aplikasi Flask memungkinkan penggunaan model YOLOv5 secara efisien dan efektif, dengan menyediakan antarmuka pengguna yang ramah dan responsif, sehingga mendukung keputusan klinis yang lebih cepat dan akurat. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi deep learning dalam praktek klinis, melalui model YOLOv5, dapat meningkatkan kualitas diagnosis dan manajemen penyakit, memberikan dasar bagi penelitian lebih lanjut dan implementasi di lapangan medis.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kista ginjal pada citra CT scan menggunakan metode YOLOv5, yang menunjukkan kinerja tinggi dengan Mean Average Precision (mAP) sebesar 99,3%, precision sebesar 97,4%, dan recall sebesar 99,1%. Dengan demikian, F1 Score yang diperoleh mencapai 98,2%. Model ini diuji dengan menggunakan 1045 citra dari dataset publik di Kaggle dan 66 citra dari dataset klinis pribadi. Dari dataset publik, akurasi model mencapai 75,9%, sementara dari dataset klinis mencapai 80,3%. Implementasi model ini ke dalam aplikasi berbasis Flask memfasilitasi deteksi kista ginjal secara real-time dalam praktik klinis. Tantangan utamanya adalah penyesuaian arsitektur model untuk beroperasi secara efisien dalam lingkungan Flask, yang melibatkan optimasi penggunaan sumber daya dan manajemen memori untuk mendukung inferensi real-time tanpa mengorbankan akurasi. Hasil penelitian menegaskan bahwa YOLOv5 efektif mendukung diagnosis medis, meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi kista ginjal, serta menyediakan alat diagnostik inovatif yang praktis bagi tenaga medis, membuka peluang penerapan teknologi deep learning untuk kondisi medis lainnya dan memberikan kontribusi signifikan dalam bidang kesehatan.

REFERENSI

- [1] Amraini, Annila Suryo Saputro, Prosedur Pemeriksaan CT-Scan Urografi Kontras Pada Kasus Kista Ginjal Di RSUP Persahabatan, (2024) 1–100.
- [2] R.M. Tanjung, Implementasi Metode Marker Controlled Watershed Untuk Identifikasi Area Kista Ovarium Pada Citra CT-Scan, Pelita Informatika : Informasi Dan Informatika 10 (2021).
- [3] Lu'luul Maknun, Abdul Syukur, Affandy, Moch Arief Soeleman4, DETEKSI DINI COVID-19 MELALUI CITRA CT-SCAN PARU-PARU MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR DENGAN KOMPARASI JARAK, (2022).
- [4] F. Aulia, A. Harahap, R. Mardianson Sinaga, K. Arifin, K. Saputra,] Prodi, I. Komputer, F. Ilmu, P. Alam, IMPLEMENTASI ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT GINJAL IMPLEMENTATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR DETECTING KIDNEY DISEASE, 2021. <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>.

- [5] Y. Kee Wong, Machine Learning and Deep Learning Technologies, in: Academy and Industry Research Collaboration Center (AIRCC), 2021: pp. 175–183. <https://doi.org/10.5121/csit.2021.111214>.
- [6] Khairunnas, Eko Mulyanto Yuniarno, Ahmad Zaini, Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot, (2021).
- [7] Angger Wahyu, Fadhel Maulana, Jordan Jehezkiel Rawung, Tedy Mawardi, Deteksi Protokol Kesehatan Untuk Mencegah Penyebaran COVID 19 Menggunakan Metode You Only Look Once, (2023) 1–100.
- [8] A. Riansyah, A.H. Mirza, Pendeteksi Mobil Berdasarkan Merek dan Tipe Menggunakan Algoritma YOLO, SMATIKA JURNAL 13 (2023) 43–52. <https://doi.org/10.32664/smatika.v13i01.719>.
- [9] Muhamad Dio Riza Pratama, Bayu Priyatna, Shofa Shofiah Hilabi, April Lia Hananto, Deteksi Objek Kecelakaan Pada Kendaraan Roda Empat, Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi (2022).
- [10] N. Benarkah, M.F. Naufal, B. Renatasiva, YOLOv5 untuk Menghitung Sel Darah Merah dan Sel Darah Putih, Keluwih: Jurnal Sains Dan Teknologi 5 (2024) 10–18. <https://doi.org/10.24123/saintek.v5i1.6291>.
- [11] D. Nafis Alfarizi, R. Agung Pangestu, D. Aditya, M. Adi Setiawan, P. Rosyani, Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis, 2023. <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk>.
- [12] S. Gunawan Zain, A. Ardilla, DETECTION OF VEHICLE TYPE AND LICENSE PLATE WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODEL YOLOV7, Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)5.2.XX 5 (2024) 621–636. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2024.5.2.XX>.
- [13] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, H.-Y.M. Liao, YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, (2020). <http://arxiv.org/abs/2004.10934>.
- [14] S. Minaee, Y. Boykov, F. Porikli, A. Plaza, N. Kehtarnavaz, D. Terzopoulos, Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey, IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 44 (2022) 3523–3542. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3059968>.
- [15] K. Puteri, A. Silvanie, MACHINE LEARNING UNTUK MODEL PREDIKSI HARGA SEMBAKO DENGAN METODE REGRESI LINIER BERGANDA 1), 2020. www.data.jakarta.go.id.
- [16] S.K. Shandilya, A. Srivastav, K. Yemets, A. Datta, A.K. Nagar, YOLO-based segmented dataset for drone vs. bird detection for deep and machine learning algorithms, Data Brief 50 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109355>.
- [17] Q. Lin, G. Ye, J. Wang, H. Liu, RoboFlow: a Data-centric Workflow Management System for Developing AI-enhanced Robots, 2021. <https://sites.google.com/u.northwestern.edu/roboflow>.
- [18] N. Made, P. Suastari, N.N. Margiani, P. Putu, Y. Anandasari, Gelembung udara besar pada abdomen neonatus: sebuah kasus kista koledokus, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana | Medicina 52 (2021) 125–128. <https://doi.org/10.15562/medicina.v52i3.1069>.
- [19] A. Tedyyana, O. Ghazali, O.W. Purbo, Machine learning for network defense: automated DDoS detection with telegram notification integration, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 34 (2024) 1102. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v34.i2.pp1102-1109>.
- [20] A. Tedyyana, O. Ghazali, O. Purbo, Model Design of Intrusion Detection System on Web Server Using Machine Learning Based, in: Proceedings of the 11th International Applied Business and Engineering Conference, ABEC 2023, September 21st, 2023, Bengkalis, Riau, Indonesia, EAI, 2024. <https://doi.org/10.4108/eai.21-9-2023.2342879>.

- [21] M. Riziq sirfatullah Alfarizi, M. Zidan Al-farish, M. Taufiqurrahman, G. Ardiansah, M. Elgar, PENGGUNAAN PYTHON SEBAGAI BAHASA PEMROGRAMAN UNTUK MACHINE LEARNING DAN DEEP LEARNING, 2023.
- [22] A. Darmawan Sidik, A. Ansawarman, K. Kunci, J. Kendaraan Bermotor, M. Regresi, F. Jalan, Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor Menggunakan Machine Learning, *Formosa Journal of Multidisciplinary Research (FJMR)* 1 (2022) 559–568. <https://doi.org/10.55927>.
- [23] S. Dong, P. Wang, K. Abbas, A survey on deep learning and its applications, *Comput Sci Rev* 40 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100379>.
- [24] Z. Hilka Batubara, Y.H. Nainggolan,) M Arfan, A. Hidayatno, PERANCANGAN SISTEM DETEKSI PELANGGARAN PENGGUNAAN HELM DENGAN METODE DEEP LEARNING MENGGUNAKAN YOLOV5 ULTRALYTIC, 2024. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>.
- [25] Deteksi Penggunaan Masker Wajah, (n.d.).
- [26] A. Roihan, P. Abas Sunarya, A.S. Rafika, *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper*, 2020.
- [27] A. Fahmi Radhitya, A. Jabar, M. Kemal Qodrat, H. Maulana, Perbandingan Sistem Pendeteksian Kendaraan: Faster R-CNN dengan YOLOV5 untuk Keselamatan Lalu Lintas, *Jurnal Artificial Intelligent Dan Sistem Penunjang Keputusan* 1 (2023).