

IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO VERSI 8 UNTUK MEMBACA BAHASA ISYARAT

Bima Agung Saputra¹, Febrian Eka Putra², Salomo Julio Elsada Lautt³, Viktor Handrianus Pranatawijaya⁴, Ressa Priskila⁵

bimagung2203@gmail.com¹, febrianekaputra25@gmail.com², salomojulio0@gmail.com³,
viktorhp@it.upr.ac.id⁴, ressa@it.upr.ac.id⁵

Universitas Palangka Raya

ABSTRAK

Bahasa isyarat merupakan alat komunikasi vital bagi penyandang disabilitas pendengaran. Namun, pengembangan teknologi untuk mengenali dan menerjemahkan bahasa isyarat menjadi teks masih menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model cerdas yang dapat mengenali bahasa isyarat dari materi SIBI menggunakan metode You Only Once (YOLO) dan NonMaximum Suppression (NMS) dalam computer vision. Tahapannya meliputi pengumpulan data, pelatihan model dengan 100 epoch, dan evaluasi menggunakan metrik standar seperti precision, recall, mAP, dan average IoU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model berhasil mencapai akurasi sebesar 98%, dengan precision 98.6%, recall 99%, dan mAP 98.5%. Pengujian juga mengonfirmasi kinerja yang baik dengan metrik akurasi yang sama. Dengan demikian, model ini dapat menjadi alat yang efektif bagi penyandang disabilitas pendengaran dalam berkomunikasi melalui bahasa isyarat dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Kata Kunci: Bahasa isyarat, Computer Vision, Model Cerdas, Yolo dan NMS, Pengenalan Pergerakan Tangan.

ABSTRACT

Sign language is a vital communication tool for people with hearing disabilities. However, developing technology to recognize and translate sign language into text is still a challenge. This research aims to develop an intelligent model that can recognize sign language from SIBI material using the You Only Once (YOLO) and Non-Maximum Suppression (NMS) methods in computer vision. The stages include data collection, model training with 100 epochs, and evaluation using standard metrics such as precision, recall, mAP, and average IoU. The research results show that the model succeeded in achieving an accuracy of 98%, with precision of 98.6%, recall of 99%, and mAP of 98.5%. Testing also confirmed good performance with the same accuracy metrics. Thus, this model can be an effective tool for people with hearing disabilities in communicating via sign language with a high level of accuracy.

Keywords: Computer Vision, Smart Model, Yolo and NMS, Hand Movement Recognition.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangat pesat di era globalisasi ini dan masyarakat sudah sangat bergantung pada teknologi. Hal ini menjadikan teknologi sebagai kebutuhan pokok setiap manusia.[1] Dalam konteks ini, pengembangan sistem pengenalan objek visual menjadi semakin penting. Salah satu teknik yang menonjol dalam hal ini adalah algoritma YOLOv8 (You Only Look Once versi 8). Dengan menggunakan teknologi ini diharapkan dapat tercipta suatu sistem yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat secara otomatis.

Bahasa isyarat merupakan alat komunikasi yang penting untuk berkomunikasi, berkomunikasi dan memahami satu sama lain. Namun tidak semua orang memahami bahasa isyarat, oleh karena itu penggunaan teknologi pengolahan gambar menjadi suatu permasalahan, menentukan klasifikasi gerakan bahasa isyarat secara real-time berdasarkan kamera, video dan gambar.[2] Dalam penelitian ini digunakan metode You Only Look Once (YOLO), metode Yolo digunakan untuk mengenali objek tangan[3], kemudian metode NMS digunakan untuk mengidentifikasi objek dan mengurangi objek yang tumpang tindih

atau bertumpuk. deteksi yang mungkin ada dalam gambar. Metode seperti YOLO (You Only Look Once) telah dikembangkan untuk mempercepat dan meningkatkan deteksi objek secara real-time.

Keunggulan utama YOLO adalah kecepatan deteksinya yang tinggi tanpa mengorbankan akurasi yang signifikan. Metode ini mampu memberikan kinerja yang baik dalam pendeteksian objek secara real-time.[4] Penelitian ini menggunakan pengenalan objek untuk mengidentifikasi efektivitas dan peningkatan penggunaan bahasa isyarat. Metode yang digunakan adalah YOLO (You Only Look Once). Metode YOLO adalah salah satu metode tercanggih untuk mendeteksi objek secara real-time. YOLO adalah detektor model terpadu yang memprediksi probabilitas kotak pembatas dan kelas secara langsung untuk keseluruhan gambar dalam satu evaluasi.[5]

A. Non-Maximum Suppression (NMS) Penekanan non-maksimum merupakan teknik yang biasa digunakan dalam pendeteksian objek untuk mengatasi tumpang tindih saat mendeteksi objek yang tumpang tindih. Tujuan NMS adalah menyaring hasil deteksi dan menghilangkan deteksi berlebihan pada objek yang sama. Keluaran dari proses NMS berupa sekumpulan pengamatan yang berdekatan atau tumpang tindih yang telah dibersihkan sehingga hanya terdapat satu deteksi untuk setiap objek yang diamati.[6]

B. You Only Look Once (YOLO)

Algoritma YOLO ialah sebuah pendekatan baru dari model Convolutional Neural Network untuk mendeteksi objek (Andrie Asmara et al., 2022). Algoritma YOLO juga merupakan arsitektur dari Deep Learning (Riansyah & Mirza, 2023) dan merupakan bagian dari machine learning yang terkenal dalam pendeteksian suatu objek atau wajah.[7]

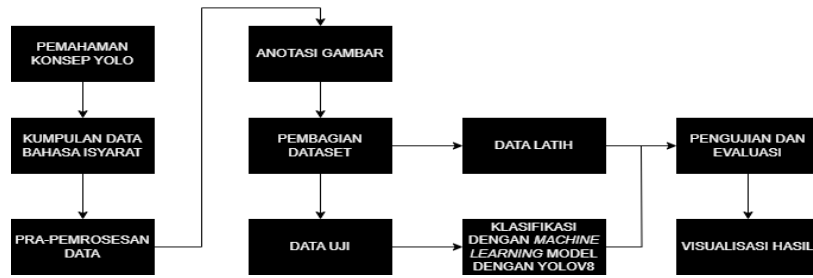
C. Bahasa Isyarat

Bahasa isyarat merupakan salah satu sarana komunikasi bagi penyandang tuna rungu dan gangguan pendengaran, khususnya kalangan masyarakat biasa dan penyandang disabilitas pada masyarakat luas. Namun pada kenyataannya tidak semua orang memahami dan memahami maksud dan makna dari bahasa isyarat yang digunakan, sehingga masyarakat awam belum memiliki bahasa isyarat Indonesia, dan masih kurangnya lingkungan pembelajaran digital yang efektif dan mudah dipahami.[8] Sistem Tanda Indonesia (SIBI) Keputusan pemerintah dengan Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 0161/U/2994, 30 Juni 1994, tentang Standardisasi Sistem Bahasa Isyarat Indonesia. SIBI merupakan sistem bahasa isyarat yang digunakan untuk pembelajaran di sekolah luar biasa sesuai kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar. Salah satu cara mengenalkan bahasa isyarat, seperti halnya huruf-huruf dalam alfabet, adalah dengan mengenali pola setiap huruf. Pada pola bahasa isyarat satu tangan, terdapat pola yang berbeda-beda pada setiap hurufnya.[9]

METODE PENELITIAN

A. Penerapan Metode

Rencana pengembangan difokuskan pada beberapa langkah pengembangan SIBI, yaitu sistem aplikasi pengenalan alfabet bahasa isyarat dengan menggunakan algoritma YOLO. Perancangan ini bertujuan untuk memberikan pandangan holistik terhadap proses atau alur aplikasi dari awal hingga akhir dan ditunjukkan pada Gambar.[10]

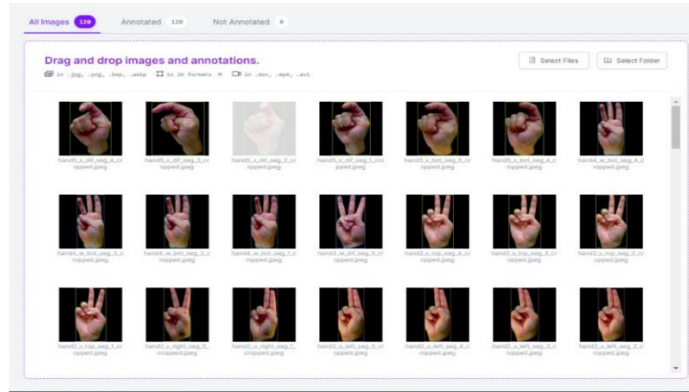


Gambar 1. Tahapan Penelitian

1. Memahami Konsep YOLO: Langkah pertama adalah memahami konsep dasar YOLO (You Only Look Once). YOLO adalah metode pendeteksian objek gambar atau video yang memungkinkan pendeteksian objek secara langsung melalui pemindaian tunggal pada keseluruhan bingkai gambar atau video.
2. Pengumpulan Data Isyarat: Setelah konsep dipahami, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan kumpulan data yang mencakup gambar atau video gerakan bahasa isyarat. Kumpulan data ini harus berisi berbagai gerakan tangan yang biasa digunakan dalam bahasa isyarat.
3. Pemrosesan data: Data yang dikumpulkan kemudian diproses sebelum digunakan untuk pelatihan model. Pemrosesan awal data mencakup operasi seperti pengubahan ukuran gambar, normalisasi intensitas piksel, dan penambahan data untuk mencegah overfitting.
4. Anotasi Gambar: Setelah mengolah data, langkah selanjutnya adalah memberi anotasi pada gambar. Ini berarti menandai setiap gerakan tangan pada gambar dengan tag yang sesuai. Label ini penting bagi model YOLO untuk belajar mengenali berbagai gerakan tangan.
5. Partisi kumpulan data: Kumpulan data harus dipartisi menjadi kumpulan data pelatihan, validasi, dan pengujian. Setiap kumpulan data harus mewakili distribusi seimbang dari berbagai jenis gerakan tangan. Set data pelatihan digunakan untuk melatih model, set data validasi digunakan untuk memvalidasi model selama pelatihan, dan set data pengujian digunakan untuk evaluasi akhir model.
6. Klasifikasi dengan model pembelajaran mesin YOLOv8: Setelah data disiapkan, model pembelajaran mesin YOLOv8 digunakan untuk mengklasifikasikan dan mengenali gerakan tangan dalam gambar atau video. YOLOv8 adalah versi terbaru arsitektur YOLO, yang memberikan performa lebih baik dalam deteksi objek.
7. Pengujian dan evaluasi: Setelah model dilatih, model tersebut dievaluasi menggunakan kumpulan data pengujian terpisah untuk mengukur performa model. Evaluasi ini mencakup pengukuran akurasi, presisi, perolehan, dan skor F1 model untuk pengenalan isyarat tangan.
8. Visualisasi hasil: Langkah terakhir adalah memvisualisasikan hasil model. Hal ini memerlukan penggunaan teknik visualisasi seperti grafik atau peta panas untuk menunjukkan lokasi dan klasifikasi gerakan tangan yang terdeteksi oleh model.

B. Kebutuhan Data

Penelitian ini mengumpulkan data menggunakan platform Kaggle Dataset American Sign Language (ASL) yang berisi 2150 gambar yang mewakili huruf A sampai Z sistem Bahasa Isyarat Indonesia (SIBI) melalui berbagai gerakan tangan. Proses pengumpulan data dilakukan secara hati-hati dan menyeluruh untuk menjamin keakuratan dan keterwakilan data yang digunakan dalam analisis ini.[11]



Gambar 2. Dataset American Sign Language (ASL)



Gambar 3. Pembagian Data

C. Pra-Pemrosesan

Langkah pengolahan data merupakan proses dimana data mentah diolah sebelum data tersebut diolah dengan metode YOLO. Tujuan dari pra-pemrosesan adalah untuk memperkecil atau memperbesar ukuran citra, memperjelas ciri-ciri data dan mentransformasikan data asli dengan cara mengubah warna citra sehingga diperoleh data sesuai kebutuhan. kumpulan data yang berbeda menggunakan teknik augmentasi data. Langkah augmentasi merupakan teknik yang membuat kumpulan data yang ada menjadi lebih beragam. Langkah ini menjelaskan metode yang digunakan untuk menyiapkan gambar sebelum analisis lebih lanjut.[1]

1. Pemotongan Data

Pada langkah pemotongan gambar, gambar kumpulan data dipotong atau dipangkas untuk fokus pada sisi tangan yang mewakili alfabet. Proses ini menggunakan perangkat lunak fotografi di mana pengguna memilih area gambar yang ingin dipotong.

2. Ukuran Data

Menambahkan langkah transformasi akan mengonversi gambar dalam kumpulan data menjadi 640 x 640 piksel sehingga ukurannya sama. Proses ini memfasilitasi pemrosesan dan analisis data serta memastikan konsistensi, sehingga meningkatkan efisiensi pelatihan dan analisis model.

3. Data Flip Horizontal

Pada tahap Flip Horizontal, citra-citra dalam dataset dibalik secara horizontal untuk menciptakan variasi tambahan. Proses ini mencakup variasi orientasi yang lebih luas, meningkatkan kemampuan model dalam mengenali dan memahami abjad dalam berbagai posisi dan arah yang berbeda.

4. Data Rotation

Pada tahap Rotation Image, dataset citra abjad SIBI mengalami proses rotasi dengan sudut-18 derajat sampai 18 derajat. Proses ini menciptakan variasi sudut pandang dalam dataset, memperkaya data dan membantu model dalam mengenali abjad dalam berbagai posisirotasi.

5. Data Annotation atau Labeling

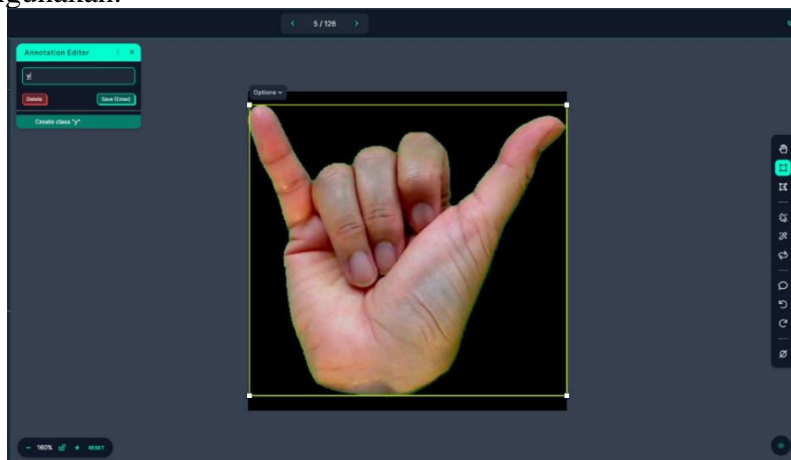
Pada tahap Annotation Image, dataset citra abjad bahasa isyarat SIBI diannotasi dengan label dan kotak pembatas pada area tangan yang mengekspresikan abjad. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan sebagian kumpulan data setelah melalui proses perekaman

gambar. Proses anotasi menggunakan alat penandaan dan menyimpan hasilnya ke file (.txt). File informasi ini digunakan dalam proses pelatihan model untuk membantu model memahami fitur spesifik alfabet bahasa isyarat SIBI.[2]

D. Label Images

Pelabelan merupakan suatu metode pemberian informasi mengenai sekumpulan data citra dengan memberikan kotak pembatas. Pemberian tag dilakukan untuk mendapatkan koordinat ground truth kotak pembatas untuk dibandingkan dengan prediksi kotak pembatas untuk mendapatkan nilai Intersection over Union (IoU).[12]

Proses identifikasi gambar tag dilakukan untuk: Memberikan pedoman pembelajaran mesin sehingga sistem dapat belajar mendeteksi hanya situs yang ditandai secara manual. Pembelian label foto dilakukan di website <https://www.roboflow.com>. Ini adalah situs web yang ampuh untuk melatih siswa pembelajaran mesin. Situs web ini tidak hanya gratis tetapi juga mudah digunakan.



Gambar 4. Labelling Data

Pelabelan Gambar Gambar 6 menunjukkan proses pelabelan data gambar. Langkah ini dilakukan untuk setiap gambar ikon. Jumlah kelas gambar yang dibuat adalah 26 kelas, dan setiap kelas mempunyai 70 gambar.[10]

E. Perhitungan

Akurasi adalah metode pengujian yang mengukur kesesuaian antara nilai prediksi dan nilai aktual. Mengetahui berapa banyak data yang diklasifikasikan dengan benar memungkinkan Anda menghitung keakuratan hasil perkiraan. Rumus yang benar dapat ditemukan pada persamaan (1).

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

Precision adalah metode pengujian yang membandingkan jumlah informasi relevan yang dihasilkan suatu sistem dengan jumlah total informasi yang diambil sistem, termasuk informasi relevan dan tidak relevan. Rumus perhitungan pastinya dapat dilihat pada persamaan (2).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

Recall adalah metode pengujian yang membandingkan jumlah informasi relevan yang ditemukan sistem dengan jumlah total informasi relevan dalam pengumpulan informasi (baik informasi yang ditemukan sistem maupun informasi tidak ditemukan). Perhitungan recall dapat dilihat pada persamaan (3).[13]

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

F. Modeling Yolov8

Algoritma YOLO berdasarkan eksperimen dapat berjalan pada 45 frame per detik (frame per second) di Titan Dengan banyaknya penelitian di bidang computer vision,

algoritma pendeteksi objek YOLO berkembang pesat, dan yang terbaru adalah YOLO v8. Perbedaan setiap versi YOLO adalah akurasi dan kecepatan deteksi target yang lebih tinggi. Rangga, 2023 [15]. YOLO adalah metode pembelajaran mendalam yang membutuhkan banyak upaya komputasi. Sehingga memerlukan hardware pendukung yang juga mempunyai performa tinggi. Penelitian ini menggunakan algoritma YOLOv8 dan menggunakan Google Colab untuk mengatasi kebutuhan komputasi penelitian ini.[14]

Arsitektur YOLOv8 merupakan pengembangan lebih lanjut dari YOLOv7, yang mencakup beberapa peningkatan dan manfaat baru. Salah satu keunggulan utama YOLOv8 adalah performa dan akurasi yang lebih baik dalam pendeteksian objek. Hal ini dicapai dengan menambahkan lapisan pemrosesan gambar dan menggunakan teknik pembelajaran mesin tingkat lanjut. Perbedaan lain antara YOLOv8 dan YOLOv7 adalah penggunaan kotak jangkar. YOLOv8 memperkenalkan teknologi tanpa jangkar yang lebih sederhana dan efisien dibandingkan dengan teknologi berbasis jangkar yang digunakan oleh YOLOv7. Hal ini membuat YOLOv8 lebih mudah diterapkan dan lebih cepat mendeteksi target. Selain itu, YOLOv8 juga memiliki kemampuan deteksi objek yang lebih baik dan akurat dibandingkan YOLOv7. Hal ini disebabkan adanya penambahan lapisan pemrosesan gambar dan penggunaan teknik pembelajaran mesin yang lebih canggih. Secara keseluruhan, arsitektur YOLOv8 lebih baik dibandingkan YOLOv7 dan memiliki keunggulan lebih baik dalam hal kinerja dan akurasi.[15]

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Performa Model

Pada tahap ini adalah training dimana dari tahapan untuk mengimplementasikan metode NMS perlu menggunakan nilai epoch. Epoch awal yang digunakan sejumlah 100 epoch, maka nilai accuracy yang muncul adalah 98%. Dengan memakan waktu estimasi 2 jam, 14 menit, 55 detik.

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.95it/s]
97/100	7.49G	0.1114	0.08424	0.7765	6	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.95it/s]	
Class	Images	Instances	Box(P)	R	MAP50	MAP50-95): 100% 11/11 [00:05<00:00, 2.03it/s,	
all	347	347	0.991	0.987	0.992	0.99	
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.95it/s]
98/100	7.5G	0.1103	0.08345	0.781	6	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.95it/s]	
Class	Images	Instances	Box(P)	R	MAP50	MAP50-95): 100% 11/11 [00:04<00:00, 2.30it/s]	
all	347	347	0.992	0.987	0.994	0.992	
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.94it/s]
99/100	7.5G	0.1063	0.08123	0.7715	6	640: 100% 135/135 [01:09:00:00, 1.94it/s]	
Class	Images	Instances	Box(P)	R	MAP50	MAP50-95): 100% 11/11 [00:04<00:00, 2.27it/s]	
all	347	347	0.992	0.989	0.994	0.993	
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	640: 100% 135/135 [01:08:00:00, 1.96it/s]
100/100	7.47G	0.107	0.08099	0.776	6	640: 100% 135/135 [01:08:00:00, 1.96it/s]	
Class	Images	Instances	Box(P)	R	MAP50	MAP50-95): 100% 11/11 [00:05<00:00, 2.09it/s]	
all	347	347	0.992	0.988	0.994	0.994	

Gambar 1. Grafik Training YOLOv8

Selanjutnya pada tahap ini, akan dilakukan pengujian model dengan melihat beberapa metrik akurasi standar seperti precision, recall, mAP, dan averageIoU terhadap model yang telah dibuat sebelumnya. Gambar 4 menampilkan detail dari pengukuran nilai precision, recall, mAP, dan average IoU pada setiap label atau citra abjad SIBI dengan menggunakan model hasil dari proses pemodelan menggunakan YOLO.

```

100 epochs completed in 2.236 hours.
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/last.pt, 52.1MB
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/best.pt, 52.1MB

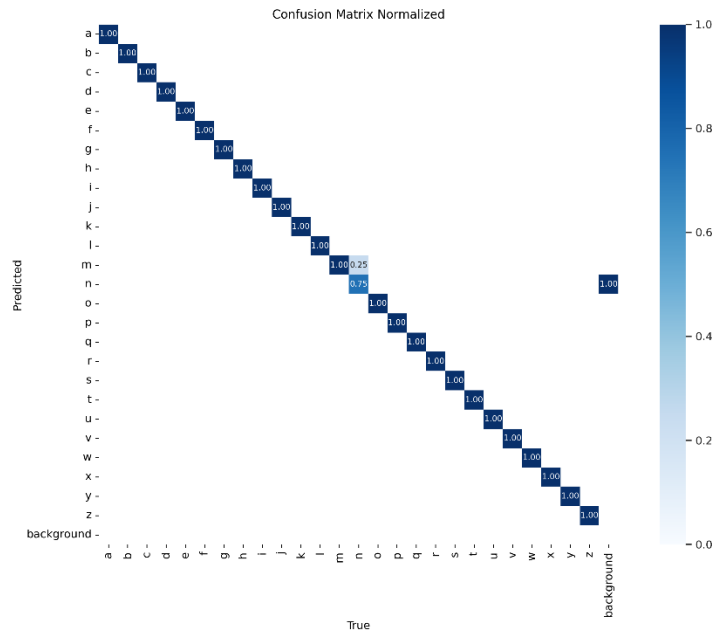
Validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.1.35 Python-3.10.12 torch-2.2.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 218 layers, 25854814 parameters, 0 gradients, 78.8 GFLOPs
Class      Images  Instances  Box(P)      R      mAP50  mAP50-95): 100% 11/11 [00:07<00:00,  1.46it/s]
all         347      347        0.992      0.988  0.995  0.994
a           347       13        0.995       1      0.995  0.995
b           347       13        0.995       1      0.995  0.995
c           347       13        0.994       1      0.995  0.99
d           347       13        0.994       1      0.995  0.995
e           347       13        0.994       1      0.995  0.995
f           347       13        0.995       1      0.995  0.995
g           347       13        0.995       1      0.995  0.995
h           347       13         1         1      0.995  0.995
i           347       13         1         1      0.995  0.995
j           347       13        0.995       1      0.995  0.983
k           347       13        0.996       1      0.995  0.995
l           347       14        0.994       1      0.995  0.995
m           347       14         0.89       1      0.99   0.99
n           347       12         1         0.692  0.995  0.995
o           347       14        0.997       1      0.995  0.995
p           347       11         1         1      0.995  0.995
q           347       14        0.996       1      0.995  0.995
r           347       13        0.995       1      0.995  0.995
s           347       13        0.995       1      0.995  0.995
t           347       13        0.994       1      0.995  0.995
u           347       14         1         1      0.995  0.995
v           347       14         1         0.993  0.995  0.995
w           347       14        0.997       1      0.995  0.995
x           347       16        0.996       1      0.995  0.987
y           347       17        0.996       1      0.995  0.989
z           347       11        0.995       1      0.995  0.995

Speed: 0.7ms preprocess, 9.9ms inference, 0.0ms loss, 3.0ms postprocess per image
Results saved to runs/detect/train

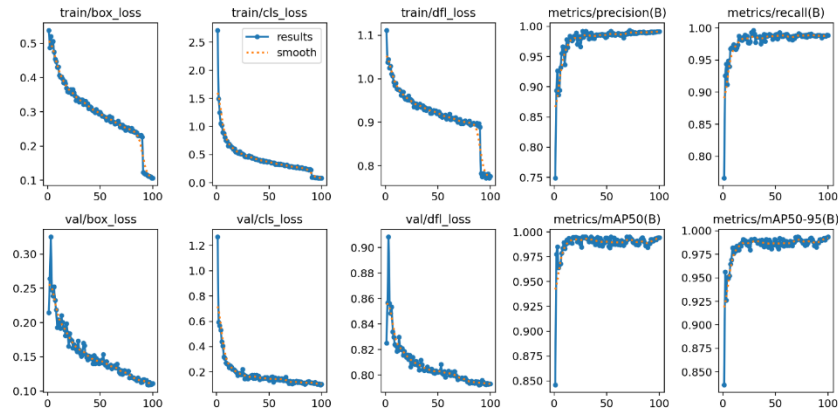
```

Gambar 4. Pengujian Performa Model

Berdasarkan pengukuran nilai precision, recall, mAP, dan average IoU pada Gambar 4, didapatkan hasil berikut: Accuraction sebesar 98,5%, presisi sebesar 98,6%, dan recall sebesar 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja model untuk pengenalan abjad dalam bahasa isyarat sangat baik. Dapat disimpulkan bahwa model dapat mengenali objek dengan tingkat akurasi yang tinggi tanpa mengabaikan sejauh mana prediksi dan kebenaran sebenarnya (ground truth) bersesuaian.



Gambar 5. Hasil Confusion Matrix




Gambar 6. Grafik Batch Epoch 100

B. Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode YOLOv8 berhasil dengan baik dalam mendeteksi bahasa isyarat SIBI berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk menghasilkan nilai akurasi, presisi dan recall dari model YOLOv8



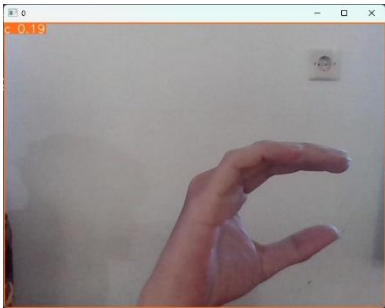
Tabel 1. Hasil Data Uji


No	Citra Uji	Label Aktual	Label Predksi
1		A	A
2		B	B
3		C	C
...
347		Z	Z

Tabel 2. Perhitungan Pengujian

<i>Accuracy</i>	$= (344/349) * 100\%$ $= 0,985 * 100\%$	=98,5%
<i>Precision</i>	$= (25,64/26) * 100\%$ $= 0,986 * 100\%$	= 98,6%
<i>Recall</i>	$= (25,75/26) * 100\%$ $= 0,99 * 100\%$	= 99%

Tabel 3. Visualisasi Hasil Prediksi Real-time

No	Citra Uji	Label Aktual	Label Predksi
1		A	A
2		B	B
3		C	C

4		T	T
---	-----------------------------------------------------------------------------------	---	---

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pengembangan model cerdas menggunakan metode You Only Once (YOLO) dan Non-Maximum Suppression (NMS) untuk mengenali bahasa isyarat dari materi SIBI telah berhasil.

Pada tahap training, model berhasil mencapai akurasi sebesar 98% dengan menggunakan 100 epoch, dengan waktu pelatihan sekitar 2 jam, 14 menit, 55 detik. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa precision, recall, mAP, dan average IoU juga cukup tinggi, dengan nilai masing-masing sebesar 98.6%, 99%, dan 98.5%. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengenali abjad dalam bahasa isyarat.

Pada tahap pengujian, model ini juga menunjukkan kinerja yang baik dengan metrik akurasi standar seperti precision, recall, mAP, dan average IoU. Pengukuran ini memastikan bahwa model dapat mengenali berbagai gerakan tangan dalam bahasa isyarat dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Dengan demikian, kesimpulannya adalah bahwa model yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu mengenali bahasa isyarat dari materi SIBI dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Model ini dapat menjadi alat yang berguna bagi penyandang disabilitas pendengaran untuk berkomunikasi secara efektif melalui bahasa isyarat menggunakan teknologi computer vision.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Putra, G. Pamungkas, B. Nugroho, and F. Anggraeny, "Deteksi dan Menghitung Manusia Menggunakan YOLO-CNN," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 02, no. 1, pp. 67–76, 2021.
- [2] A. Ma'aruf and M. Hardjianto, "Application of the You Only Look Once Version 8 Algorithm for Indonesian Sign Language Alphabet," *Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, vol. 2, no. September, pp. 567–576, 2023.
- [3] I. I. Arifah, F. N. Fajri, and G. Q. O. Pratamasunu, "Deteksi Tangan Otomatis Pada Video Percakapan Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Metode YOLO Dan CNN," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 6, no. 2, pp. 171–176, 2022, doi: 10.30871/jaic. V 6i2.4694.
- [4] D. N. Alfarizi, R. A. Pangestu, D. Aditya, M. A. Setiawan, and P. Rosyani, "Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," *Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, vol. 1, no. 1, pp. 54–63, 2023.
- [5] T. Hidayat, R. F. Firmansyah, M. Ilham, M. N. Yazid, and P. Rosyani, "Analisis Kinerja Dan Peningkatan Kecepatan Deteksi Kendaraan Dalam Sistem Pengawasan Video Dengan Metode YOLO," *JRIIN: Jurnal Riset Informatika dan Inovasi*, vol. 1, no. 2, pp. 504–509, 2023.
- [6] H. Husnan, C. Faticah, and R. Dikairono, "Deteksi Objek Menggunakan Metode YOLO dan Implementasinya pada Robot Bawah Air," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 12, no. 3, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i3.122326.
- [7] M. A. Syaputra, J. Pinem, A. A. Lubis, and Y. Denia, "Implementasi Algoritma YOLO Dalam Pengklasifikasian Objek Transportasi pada Lalu Lintas Kota Medan," *Jurnal Penelitian Mahasiswa*, vol. 3, no. 1, pp. 13–23, 2024.
- [8] R. Fatmawati, R. Asmara, Y. R. Prayogi, and R. Y. Hakkun, "Aplikasi Pembelajaran Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Berbasis Voice Menggunakan OpenSIBI," *Technomedia*

- Journal, vol. 7, no. 1, pp. 22–39, 2022, doi: 10.33050/tmj. V 7i1.1690.
- [9] J. Medellu, A. Sambul, and A. S. M. Lumenta, “Hand Gesture Detection Application in Sign Language,” *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, no. 4, pp. 285–296, 2022.
- [10] D. Permana and J. Sutopo, “APLIKASI PENGENALAN ABJAD SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI) DENGAN ALGORITMA YOLOv5 MOBILE APPLICATION ALPHABET RECOGNITION OF INDONESIAN LANGUAGE SIGN SYSTEM (SIBI) USING YOLOv5 ALGORITHM,” *Jurnal SimanteC*, vol. 11, no. 2, pp. 231–240, 2023.
- [11] D. Luthfy, C. Setianingshi, and M. W. Paryasto, “Indonesian Sign Language Classification Using You Only Look Once,” *eProceedings of Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 454–459, 2023.
- [12] A. N. Sugandi and B. Hartono, “Implementasi Pengolahan Citra pada Quadcopter untuk Deteksi Manusia Menggunakan Algoritma YOLO,” *Prosiding The13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 13–14, 2022.
- [12] A. N. Sugandi and B. Hartono, “Implementasi Pengolahan Citra pada Quadcopter untuk Deteksi Manusia Menggunakan Algoritma YOLO,” *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 13–14, 2022.
- [13] S. Apendi, C. Setianingsih, dan M. Paryasto, “Deteksi Bahasa Isyarat Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Metode Single Shot Multibox Detector,” *eProceedings ...*, vol. 10, no. 1, hal. 249–255, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/19322>
- [14] A. Setiyadi, E. Utami, dan D. Ariatmanto, “Analisa Kemampuan Algoritma YOLOv8 Dalam Deteksi Objek Manusia Dengan Metode Modifikasi Arsitektur,” vol. 7, no. September, hal. 891–901, 2023.
- [15] F. Aziz, U. Bina, S. Informatika, U. N. Mandiri, dan M. Wajah, “YOLO-V8 PENINGKATAN ALGORITMA UNTUK DETEKSI,” vol. 7, no. 3, hal. 1437–1444, 2023.