

DETEKSI SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA (SIBI) MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5S

Ahmad Kaisul Imam¹, Khurotul Aeni², Fathulloh³

^{1,2,3}Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Peradaban
akaisulimam@gmail.com, khaeni988@gmail.com, fathul.peradaban@gmail.com
Jl. Raya Pagojengan Km 3 Paguyangan, Brebes, Jawa Tengah 52276

Keywords:

Sign Language, SIBI, YOLO, YOLOv5, Object Detection

ABSTRACT

Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) is the official sign language used by individuals with disabilities under the auspices of the Ministry of Education and Culture of the Republic of Indonesia. Knowledge about SIBI among those who are not disabled is still low, which can hinder communication for individuals with disabilities with non-disabled people. To be able to recognize sign gestures, techniques such as machine learning with supervised learning methods are needed. YOLOv5s is an object detection method that can be used to detect sign language gestures. The development of this research uses the YOLOv5s method. The objects used are 10 SIBI alphabet gestures with a total dataset of 3000 images. This research resulted in an accuracy of 94,5% in real-time testing.

Kata Kunci:

Bahasa Isyarat, SIBI, YOLO, YOLOv5, Object Detection

ABSTRAK

Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) adalah bahasa isyarat resmi yang digunakan oleh penyandang disabilitas di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Pengetahuan tentang SIBI bagi selain penyandang disabilitas masih rendah, sehingga dapat menghambat komunikasi bagi penyandang disabilitas dengan orang normal. Untuk dapat mengenali gestur isyarat maka dibutuhkan teknik pembelajaran seperti *machine learning* dengan teknik *supervised learning*. YOLOv5s adalah metode deteksi objek yang dapat digunakan untuk mendeteksi gestur bahasa isyarat. Pengembangan dari penelitian ini menggunakan metode YOLOv5s. Objek yang digunakan adalah 10 gestur abjad SIBI dengan total dataset 3000 citra. Penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 94,5% pada pengujian *real time*.

PENDAHULUAN

Komunikasi adalah termasuk bagian terpenting dalam kehidupan manusia yang dilakukan oleh dua orang atau lebih yang bertujuan untuk bertukar informasi atau pesan baik berbentuk fakta, gagasan, perasaan, data atau informasi dari seseorang kepada orang lain [1]. Tidak hanya komunikasi verbal atau komunikasi yang dilakukan secara tertulis maupun lisan yang dapat digunakan dalam kehidupan manusia, akan tetapi ada komunikasi nonverbal yang juga menempati porsi penting [2]. Komunikasi nonverbal merupakan komunikasi berbentuk bahasa isyarat yang digunakan para penyandang tunawicara sebagai bentuk interaksi atau komunikasi, karena pada setiap isyarat memiliki arti penting dengan apa yang hanya diucapkan. Komunikasi nonverbal tidak hanya bermanfaat bagi penyandang tunawicara, tetapi juga bagi penyandang tunarungu karena dengan komunikasi nonverbal yang berupa bahasa isyarat mereka dapat memahami informasi yang diberikan [3].

Bahasa isyarat dapat diklasifikasikan sebagai bahasa alami dan menunjukkan semua fungsi dari bahasa alami lainnya [4]. Menggunakan bahasa isyarat tidak hanya bagi para penyandang disabilitas,

tetapi bahasa isyarat dapat digunakan oleh semua orang jika kondisi tidak memungkinkan untuk menggunakan komunikasi verbal, contohnya untuk berkomunikasi di tempat yang bising. Di Indonesia terdapat dua bahasa isyarat yang digunakan, yaitu bahasa isyarat SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) dan BISINDO (Bahasa Isyarat Indonesia) [5]. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) digunakan secara resmi oleh semua SLB di seluruh Indonesia. SIBI secara resmi diakui di Indonesia sebagai bahasa isyarat yang diturunkan dari bahasa isyarat Amerika (*American Sign Language*). Sistem Isyarat Bahasa Indonesia memiliki tatanan yang sistematis tentang seperangkat isyarat gerak tubuh, gerakan tangan, dan gerakan bibir yang melambangkan kosa kata bahasa Indonesia [6].

Bahasa Isyarat selain SIBI adalah BISINDO (Bahasa Isyarat Indonesia), yang merupakan bahasa isyarat yang diciptakan dan digunakan secara alami oleh penyandang disabilitas, terutama penyandang tunarungu. BISINDO bukanlah bahasa isyarat rumahan, melainkan bahasa isyarat yang tercipta sesuai persepsi mereka dengan berpedoman pada ekspresi, gerakan tangan, posisi tubuh, kontak mata yang dikembangkan oleh penyandang tunarungu [7].

Masyarakat pada umumnya kurang memahami tentang bahasa isyarat, karena bahasa isyarat terbentuk dan berkembang secara alami dalam lingkungan para penyandang tunarungu dan tunawicara [5]. Hal tersebut menyebabkan sulitnya masyarakat umum untuk berkomunikasi dengan penyandang tunarungu dan tunawicara. Sehingga dengan adanya fakta tersebut, maka dibutuhkan sebuah sistem atau teknologi yang mampu membantu masyarakat umum dalam berkomunikasi dengan para penyandang tunawicara dan tunarungu.

Teknologi *Artificial Intelligence* dapat dimanfaatkan sebagai media komunikasi, salah satunya seperti *machine learning* [8]. Seiring pengembangan *machine learning* yang mempelajari sekumpulan data sederhana maka sekarang terdapat sub-bidang dari *machine learning* yang lebih dalam yaitu *deep learning*, yang merupakan sebuah jaringan saraf (*neuron*) tiruan yang dibuat mirip otak manusia [9]. Saat ini model *deep learning* banyak diterapkan ke setiap bidang *computer vision*, salah satunya adalah *object detection* yang merupakan teknologi yang digunakan untuk mendeteksi gambar dan video, seperti wajah, pohon dan objek lainnya. *Object Detection* adalah penerapan di dalam *computer vision*, yang merupakan tiruan dari cara kerja visual manusia yang disebut dengan *human vision* [10].

Teknologi seperti *object detection* dapat dimanfaatkan sebagai media komunikasi baik bagi para penyandang tunarungu maupun tunawicara untuk dapat mengartikan bahasa isyarat yang mereka pakai agar dapat dipahami oleh orang yang tidak mengerti bahasa isyarat. Pengembangan teknologi untuk mengartikan bahasa isyarat bisa menjadi sesuatu yang sangat menantang karena terdapat banyak jenis bahasa isyarat dan dalam proses penangkapan bahasa isyarat yang dapat melibatkan beberapa bagian seperti ekspresi tubuh, gerak tangan maupun mulut [11]. *Object detection* memiliki beberapa metode dalam pengembangannya, salah satu metode yang saat ini digunakan sebagai metode untuk *object detection* adalah *YOLO (You Only Look Once)*.

YOLO (You Only Look Once) merupakan metode yang termasuk ke dalam *deep learning* dengan menerapkan sebuah jaringan syaraf tunggal pada citra. *YOLO* memiliki keunggulan dari beberapa metode *deep learning* lainnya dalam mendeteksi sebuah objek, seperti akurasi dan presisi yang tinggi dapat dihasilkan *YOLO* dalam mendeteksi sebuah objek secara *real time*. *YOLO* menggunakan beberapa lapisan pengambilan sampel yang jauh lebih rendah dari metode lainnya, dan fitur target yang dipelajari dari jaringan tidak lengkap sehingga efek deteksi objek pada *YOLO* akan ditingkatkan [12]. *YOLOv5* adalah metode *YOLO* yang ditingkatkan berdasarkan pada *YOLOv4*, dengan kecepatan deteksi yang meningkat secara signifikan dan ukuran model sangat berkurang, dan lebih cocok untuk aplikasi teknik [13].

Terdapat beberapa penelitian yang membahas tentang deteksi objek untuk mengartikan bahasa isyarat dengan berbagai metode. Adapun penelitian yang dilakukan pada tahun 2021 oleh Kersen & Wijang Widhiarso yang memiliki judul “Penerapan Metode *Convolutional Neural Network* Dalam Klasifikasi Bahasa Isyarat”. Pada penelitian tersebut menggunakan metode *CNN* untuk mengklasifikasi bahasa isyarat SIBI. Hasil yang didapatkan yaitu memperoleh akurasi sebesar 52% [14].

Pada penelitian lain yang dilakukan pada tahun 2022 yang berjudul “Rancang Bangun Aplikasi Penerjemah SIBI Menggunakan Algoritma *Random Forest Classifier*”. Pada penelitian ini

menggunakan algoritma *Random Forest Classifier* untuk mendeteksi gestur tangan bahasa isyarat untuk huruf abjad SIBI. Akurasi tertinggi yang dihasilkan pada pengujian *real time* sebesar 79% [15]. Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan beberapa metode yang berbeda, maka penulis bermaksud untuk menerapkan metode yang berbeda yaitu menggunakan algoritma *YOLO* untuk mengartikan bahasa isyarat SIBI. Penggunaan algoritma *YOLO* ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi yang dihasilkan untuk mendeteksi dan mengartikan bahasa isyarat yang berupa huruf abjad pada bahasa isyarat SIBI dengan menggunakan gestur tangan. Sehingga penulis memberi judul pada ini dengan “Deteksi Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Algoritma *YOLOv5s*”.

LANDASAN TEORI

A. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia

Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud), Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) digunakan secara resmi oleh semua SLB di seluruh Indonesia. SIBI secara resmi diakui di Indonesia sebagai bahasa isyarat yang diturunkan dari Bahasa Isyarat Amerika (*American Sign Language*) [6].

Sistem Isyarat Bahasa Indonesia memiliki tatanan yang sistematis tentang seperangkat isyarat gerak tubuh, gerakan tangan, dan gerakan bibir yang melambangkan kosa kata bahasa Indonesia. Bagi guru dan orang tua yang sudah mengikuti tata Bahasa Indonesia merupakan hal mudah untuk mempelajari Sistem Isyarat Bahasa Indonesia, akan tetapi bagi anak penderita tunarungu menjadi sebuah kesulitan tersendiri karena belum pernah mengenal penggunaan Bahasa Indonesia [16].

B. Artificial Intelligence

Studi *Artificial Intelligence* (AI) telah menjadi upaya berkelanjutan para ilmuwan dan insinyur selama lebih dari 65 tahun. Anggapan sederhananya adalah bahwa mesin buatan manusia dapat melakukan lebih dari sekadar pekerjaan yang kompleks. Sadar atau tidak, *Artificial Intelligence* telah merambah ke dalam kehidupan sehari-hari manusia, memainkan peran baru dalam industri, Kesehatan, transportasi, Pendidikan, dan banyak bidang yang dekat masyarakat pada umumnya. *Artificial Intelligence* (AI) memiliki kemampuan atau kecerdasan yang dapat memproses beberapa data yang tidak terstruktur seperti otak manusia seperti deskripsi teks dan gambar serta analisis suara. AI juga dapat melakukan pembelajaran mandiri, yang dapat menangani data terkait dengan lebih baik [17].

C. Machine Learning

Machine Learning adalah teknik untuk menitikberatkan hubungan variabel dengan data menggunakan pendekatan matematis yang merefleksikan pola-pola data dengan tujuan suatu program dapat menemukan pengetahuan tanpa diprogram secara eksplisit [18].

D. Deep Learning

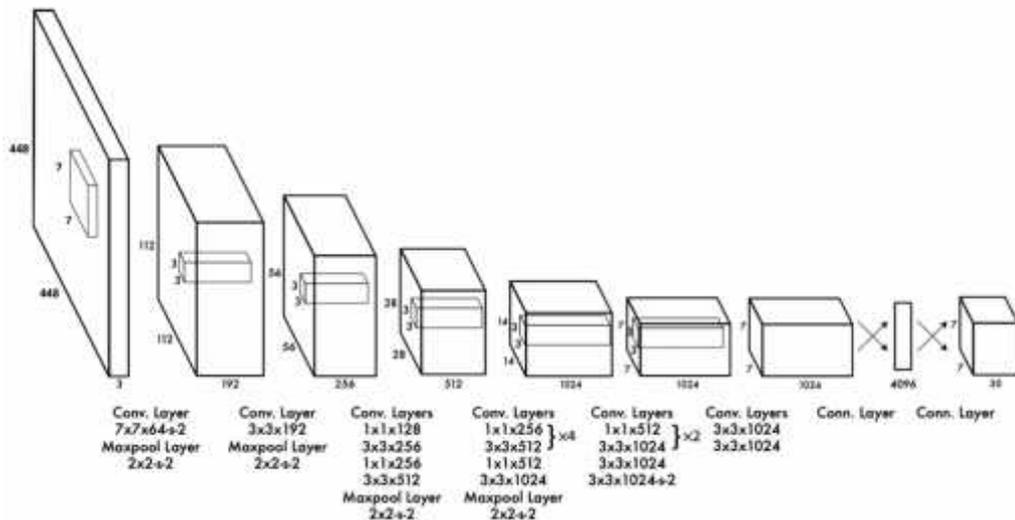
Deep Learning adalah salah satu bidang dari *machine learning* yang memanfaatkan *artificial neural network* (ANN) yang berlapis-lapis (*multilayer*) untuk diaplikasikan pada permasalahan yang menggunakan *dataset* yang besar [9]. *Deep learning* juga dapat diartikan sebagai sebuah kelas pada algoritma *machine learning* yang menggunakan beberapa lapisan pemrosesan nonlinier yang disusun secara *cascade* untuk ekstraksi fitur dan *transformation* [19].

E. You Only Look Once (YOLO)

YOLO atau *You Only Look Once* adalah metode yang menggunakan jaringan saraf untuk menyediakan deteksi objek secara *real time*. *YOLO* merupakan jaringan saraf *convolutional* tunggal yang membagi gambar *input* menjadi satu sel grid, jadi tidak seperti klasifikasi gambar atau deteksi wajah, setiap sel grid pada metode *YOLO* akan memiliki vektor terkait dalam *output* yang akan memberitahu jika ada objek di dalamnya [12].

Pada metode *YOLO*, citra masukan akan dibagi menjadi beberapa sel *grid* (kotak kecil) berukuran $s \times s$. Apabila sebuah objek yang titik tengah atau titik pusatnya masuk ke salah satu sel *grid* pada citra, maka sel *grid* tersebut yang bertanggung jawab untuk mendeteksi objek tersebut. Setiap sel *grid* bertanggung jawab untuk memprediksi sebanyak B *bounding boxes* dan *confidence score* setiap *bounding box*. Nilai *confident* sebuah *bounding box* dapat dihitung dengan Persamaan (1) [12].

$$C = P_r(O) \times I \left(\frac{t}{p} \right)^h \quad (1)$$

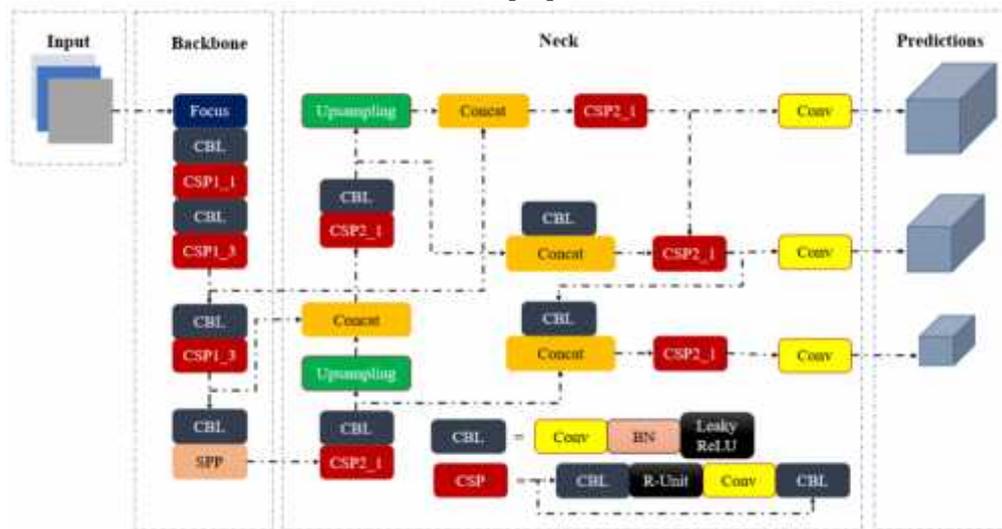


Gambar 1. Arsitektur YOLO (Sumber: Joseph Redmon)

Jaringan deteksi pada YOLO memiliki 24 lapisan konvolusional diikuti oleh 2 lapisan yang terhubung sepenuhnya. Lapisan convolutional 1×1 bergantian mengurangi ruang fitur dari lapisan sebelumnya. Lapisan konvolusional dilatih pada tugas klasifikasi ImageNet dengan setengah resolusi (gambar masukan 224×224) dan kemudian mengandakan resolusi untuk deteksi [12].

F. YOLOv5

YOLOv5 dirilis pada tahun 2020, menyediakan berbagai arsitektur identifikasi objek yang telah dilatih dengan menggunakan dataset MS COCO. Terdapat lima versi YOLOv5 yang berbeda, mulai dari versi nano YOLOv5n, yang dirancang untuk digunakan pada perangkat seluler dan perangkat tertanam, hingga versi besar yaitu YOLOv5x [20]. Arsitektur YOLOv5 terdiri dari berbagai komponen, antara lain backbone, neck, dan head [21].

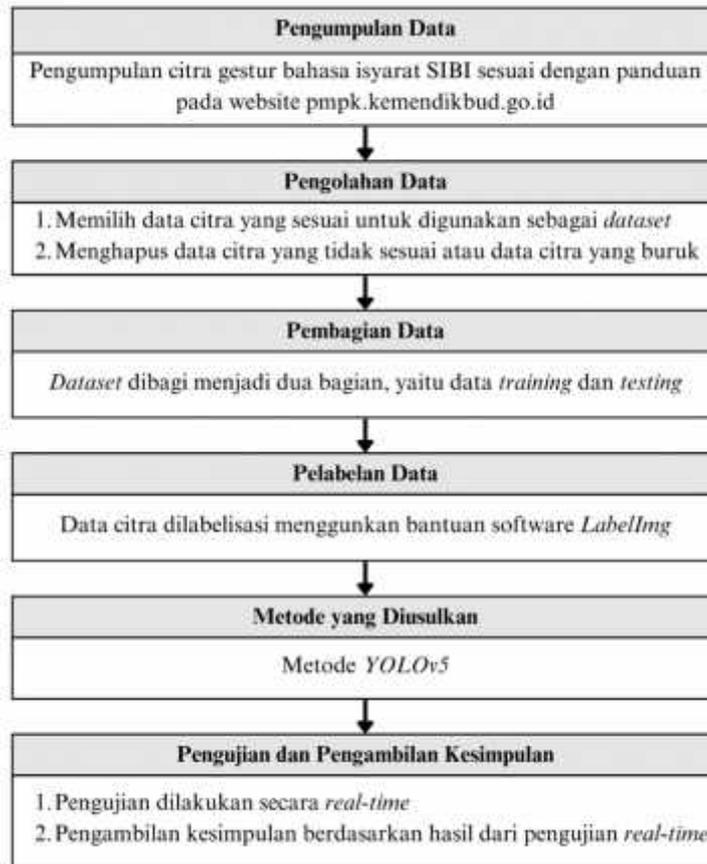


Gambar 2. Struktur Jaringan YOLOv5 (Sumber: Ultralytics)

Backbone terdiri dari struktur fokus dan Cross Stage Partial Network (CSP). Struktur fokus menurunkan sampel dimensi data input sekaligus mempertahankan informasi asli, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [21]. Backbone digunakan untuk mengekstraksi fitur dari gambar masukan, dan head digunakan untuk menggabungkan lebih lanjut fitur yang diekstrak oleh backbone untuk mendapatkan fitur target yang lebih kaya, sehingga dapat mewujudkan prediksi target [22].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, data yang dibutuhkan untuk membangun (melatih) model akan dikumpulkan serta disiapkan untuk proses pelatihan model (menyortir citra dan pelabelan citra). Pengumpulan data berupa citra gestur abjad SIBI dengan jumlah 10 abjad pertama. Data citra gestur bahasa isyarat SIBI diperoleh dari pengambilan citra penulis berdasar pada panduan yang terdapat pada *website* resmi pmpk.kemendikbud.go.id.

2. Pengolahan Data

Data berupa citra gestur bahasa isyarat SIBI yang sudah terkumpul selanjutnya dipilah lagi, untuk menghapus data yang tidak sesuai atau data citra yang tidak jelas. Jika banyak data citra yang tidak sesuai dan data yang dibutuhkan masih kurang maka pengambilan data akan dilakukan kembali.

3. Pembagian Data

Tahap selanjutnya yaitu pembagian data, dimana data akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan *testing*. Skala pembagian data yang digunakan penulis yaitu 85% data *training* dan 15% data *testing*.

4. Pelabelan Data

Semua data citra yang telah dibagi menjadi dua bagian yaitu *training* dan *testing* selanjutnya dilakukan labelisasi untuk menentukan titik koordinat kotak pembatas (*bounding box*). Untuk melakukan labelisasi citra penulis menggunakan alat bantu berupa *software LabelImg* versi 1.8.0. Hasil dari labelisasi berupa *file* dengan format *.txt*. *File* tersebut akan dikelompokkan kembali sesuai data *training* dan *testing*.

5. Metode Yang Diusulkan

Menggambarkan alur metode yang diusulkan kemudian menjelaskan cara kerja model tersebut. Metode ini akan digambarkan secara skematik. Model akan dibentuk dari data yang telah diolah. Metode *YOLOv5* yang diterapkan pada penelitian ini dimulai dari tahap persiapan data, instalasi dependensi, mengunduh *YOLOv5*, memilih model *YOLOv5s*, konfigurasi *file.yml*, mengatur parameter, *training model*, muat model, pengujian *real time*, evaluasi.

6. Pengujian dan Penarikan Kesimpulan

Pada proses ini, akan dilakukan pengujian terhadap model yang telah dilatih. Pengujian dilakukan dengan menggunakan skenario jarak. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa baik model yang sudah dibangun untuk mengenali objek dalam jarak yang berbeda. Nilai akurasi akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (2) [23].

$$A = \frac{P \times R}{P + R} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pelatihan Model

Proses pelatihan pada *YOLOv5s* menggunakan beberapa parameter. Parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pelatihan

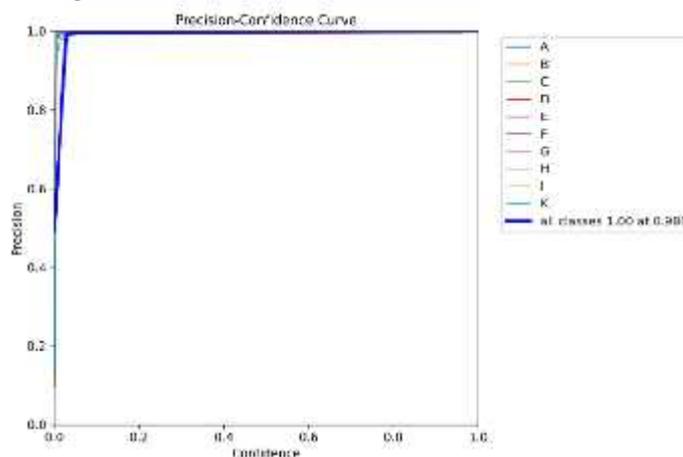
Nama Parameter	Jenis dan Nilai Parameter
<i>Image Size</i>	416
<i>Learning Rate</i>	0,01
<i>Batch Size</i>	16
<i>Epochs</i>	100
<i>Optimizer</i>	<i>SGD</i>

Pada penelitian ini, proses *training* dengan parameter yang terdapat pada Tabel 1 membutuhkan waktu 5 jam dengan menggunakan *CPU*. Hasil dari pelatihan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Training*

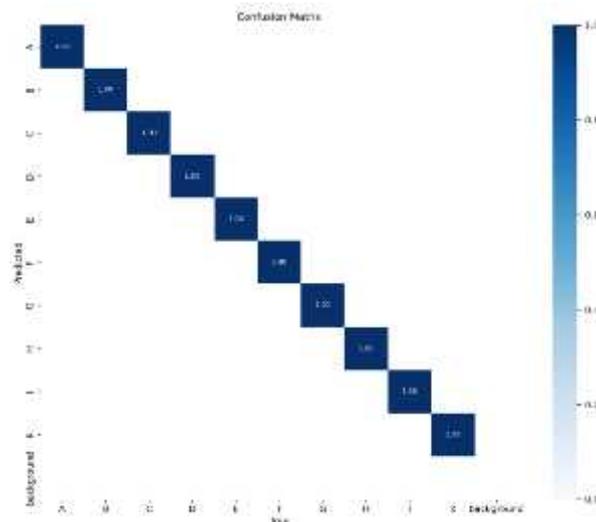
Keterangan	Nilai
<i>Epoch</i>	100
<i>Box loss</i>	0,009
<i>Objek loss</i>	0,004
<i>Classification loss</i>	0,001
<i>Precision</i>	0,999
<i>Recall</i>	1

Hasil *training* pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada *Epoch* terakhir terlihat nilai *loss* untuk objek dan *box* sangat kecil, yaitu 0,004 dan 0,009. Nilai *recall* dan *precision* pada *epoch* terakhir didapatkan yaitu sebesar 0,999 untuk presisi dan 1 untuk *recall*.



Gambar 4. Kurva Nilai *Precision* Terhadap Nilai *Confidence*

Gambar 4 menggambarkan nilai puncak dari *precision* yang didapatkan adalah 1 pada *confidence* 0,986.



Gambar 5. *Confusion Matrix* Validasi

Berdasarkan pada Gambar 5, maka nilai akurasi yang didapatkan pada proses validasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T + T}{T + T + F + F} \times 100\% \\
 a &= \frac{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) + (0)}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) + (0) + (0) + (0)} \times 100\% \\
 a &= \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%
 \end{aligned}$$

Jadi pada proses validasi didapatkan nilai akurasi sebesar 100%.

B. Pengujian *real time*

Pengujian *real time* akan dilakukan dengan menggunakan *webcame*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari model yang sudah dilatih untuk mendeteksi bahasa isyarat secara langsung. Berikut adalah hasil dari pengujian:

Tabel 3. Pengujian Deteksi *Real Time*

Huruf	Pengujian <i>Real Time</i>	
	Total Percobaan	Jumlah Terdeteksi Benar
A	20	20
B	20	20
C	20	20
D	20	20
E	20	20
F	20	20
G	20	18
H	20	16
I	20	18
K	20	17
Total:	200	189

Dengan hasil yang tertera pada Tabel 3, maka akurasi akan dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$A = \frac{J_u \quad h \quad d \quad y \quad d}{T \quad d \quad u} \times 100\%$$

$$A = \frac{189}{200} \times 100\% = 94,5\%$$

Berdasarkan pada Tabel 3 penulis menggunakan pengujian dengan 20 kali percobaan pada setiap huruf. Setelah pengujian didapatkan jumlah objek yang dapat dikenali adalah 189 kali. Berdasarkan perhitungan pada persamaan diatas, maka akurasi yang didapatkan adalah 94,5%. Jumlah *frames per second* (fps) yang didapatkan pada pengujian *real time* tergolong rendah, yaitu rata-rata 23fps.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penggunaan metode *YOLOv5s* pada penelitian ini mendapatkan hasil yang baik. Meskipun pada tahap pengujian terjadi beberapa kegagalan yang disebabkan oleh faktor latar belakang yang digunakan pada proses deteksi terdapat banyak objek. Data yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 10 kelas dengan masing-masing kelas memiliki 3000 citra gestur tangan. Pengujian menggunakan *testing dataset* yang berjumlah 450 data mendapatkan nilai akurasi sebesar 90,54%. Sedangkan pengujian *real time* yang dilakukan dengan menguji setiap kelas menggunakan 20 kali percobaan, mendapatkan akurasi sebesar 94,5%. Jumlah fps yang didapatkan pada pengujian *real time* tergolong rendah, yaitu mendapatkan rata-rata 23fps.

B. Saran

Untuk pengembangan dari penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

- a. Memperbanyak kelas dan citra yang digunakan. Hal ini ditujukan agar jaringan yang dibangun dapat mengenali lebih banyak bahasa isyarat.
- b. Menggunakan metode deteksi objek lainnya, seperti *YOLO* dengan versi terbaru. Dengan digunakannya metode deteksi objek yang lain diharapkan terdapat perbedaan yang cukup signifikan.

REFERENSI

- [1] D. Puspitasari and B. Putra Danaya, "Pentingnya Peranan Komunikasi Dalam Organisasi: Lisan, Non Verbal, Dan Tertulis (Literature Review Manajemen)," *J. Ekon. Manaj. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 257–268, 2022, doi: 10.31933/jemsi.v3i3.817.
- [2] Parianto1 and S. Marisa2, "Komunikasi Verbal dan Non Berbal dalam Pembelajaran," *Jambi*, vol. 11, no. November, p. 1, 2022, [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/yesimukti/komunikasi-verbal-dan-non-verbal>
- [3] M. R. Hamandia, U. Islam, N. Raden, and F. Palembang, "Peningkatan Pemahaman Mengenai Pendidikan Agama Islam Pada Anak Penyandang Tunawicara Melalui Penggunaan Bahasa Isyarat Sebagai Komunikasi Nonverbal," vol. 3, no. 2, pp. 101–112, 2022.
- [4] B. Joksimoski *et al.*, "Technological Solutions for Sign Language Recognition: A Scoping Review of Research Trends, Challenges, and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 40979–40998, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3161440.
- [5] A. S. Nugraheni, A. P. Husain, and H. Unayah, "Optimalisasi Penggunaan Bahasa Isyarat Dengan Sibi Dan Bisindo Pada Mahasiswa Difabel Tunarungu Di Prodi Pgmi Uin Sunan Kalijaga," *J. Holistika*, vol. 5, no. 1, p. 28, 2023, doi: 10.24853/holistika.5.1.28-33.
- [6] O. D. Nurhayati, D. Eridani, and M. H. Tsalavin, "Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Metode Convolutional Neural Network Sequential secara Real Time," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 4, p. 819, 2022, doi: 10.25126/jtiik.2022944787.
- [7] D. A. Saraswati, V. D. Towidjojo, and Hasanuddin, "Bahasa Isyarat Indonesia," *J. Med. Prof.*, vol. 1, no. 7, pp. 1283–1290, 2022, doi: 2655-7584.
- [8] W. Irawan, *Proceeding Book Open Society Conference Perspective and Impact of Metaverse on Sustainable Development Goals Online International Conferences*. 2022.
- [9] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Ekspresi Manusia," *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.
- [10] J. Wang, T. Zhang, Y. Cheng, and N. Al-nabhan, "Deep Learning for Object Detection : A Survey," 2021, doi: 10.32604/csse.2021.017016.
- [11] I. Papastratis, C. Chatzikonstantinou, D. Konstantinidis, and K. Dimitropoulos, "Artificial

- Intelligence Technologies for Sign Language,” 2021.
- [12] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You only look once: Unified, real-time object detection,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2016-Decem, pp. 779–788, 2016, doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
 - [13] X. Li, C. Wang, H. Ju, and Z. Li, “Surface Defect Detection Model for Aero-Engine Components Based on Improved YOLOv5,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 14, 2022, doi: 10.3390/app12147235.
 - [14] Kersen and Wi. Widhiarso, “PENERAPAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI BAHASA ISYARAT,” *Unikom*, pp. 1–8, 2019.
 - [15] I. Hendapratama, I. W. Hamzah, and S. Astuti, “Rancang Bangun Aplikasi Penerjemah SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) Menggunakan Algoritma Random Forest Classifier,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 3850–3855, 2022.
 - [16] E. Nasir, Muhammad Choirun Sudaryanto and H. Kusumaningrum, “Penggunaan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Sebagai Media Komunikasi (Studi Deskriptif Pada Siswa Tunarungu Di SLB Among Asih, Surabaya),” *Pengguna. Sist. Isyarat Bhs. Indones. Sebagai Media Komun. (Studi Deskriptif Pada Siswa Tunarungu Di SLB Among Asih, Surabaya)*, 2021, [Online]. Available: [http://repository.untag-sby.ac.id/7955/7/JURNAL PENELITIAN.pdf](http://repository.untag-sby.ac.id/7955/7/JURNAL%20PENELITIAN.pdf)
 - [17] Z. Li, “Analysis on the Influence of Artificial Intelligence Development on Accounting,” *Proc. - 2020 Int. Conf. Big Data, Artif. Intell. Internet Things Eng. ICBAIE 2020*, pp. 260–262, 2020, doi: 10.1109/ICBAIE49996.2020.00061.
 - [18] M. Batta, “Machine Learning Algorithms - A Review,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 18, no. 8, pp. 381–386, 2020, doi: 10.21275/ART20203995.
 - [19] Muhammad Haris Diponegoro, Sri Suning Kusumawardani, and Indriana Hidayah, “Tinjauan Pustaka Sistematis: Implementasi Metode Deep Learning pada Prediksi Kinerja Murid,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 131–138, 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i2.1417.
 - [20] J. Terven and D. Cordova-Esparza, “A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond,” pp. 1–27, 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2304.00501>
 - [21] L. Ali, F. Alnajjar, M. M. A. Parambil, M. I. Younes, Z. I. Abdelhalim, and H. Aljassmi, “Development of YOLOv5-Based Real-Time Smart Monitoring System for Increasing Lab Safety Awareness in Educational Institutions,” *Sensors*, vol. 22, no. 22, 2022, doi: 10.3390/s22228820.
 - [22] S. G. Zhang, F. Zhang, Y. Ding, and Y. Li, “Swin-YOLOv5: Research and Application of Fire and Smoke Detection Algorithm Based on YOLOv5,” *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1155/2022/6081680.
 - [23] N. M. Saraswati, R. S. H. Cipta, and D. Chandra, “FACE RECOGNITION MENGGUNAKAN METODE HAAR CASCADE CLASSIFIER AND LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM,” *J. MEDIA Elektr.*, vol. 20, no. 3, pp. 1–6, 2023.