

BAB V

HASIL DAN PENGUJIAN

5.1. HASIL PENGUJIAN

Hasil pengujian merupakan seluruh *output* yang diperoleh setelah proses penelitian dilaksanakan sesuai dengan metode yang telah dirancang. Dalam penelitian ini hasil penelitian menggambarkan kinerja sistem deteksi yang dibangun dalam mengenali dan mendeteksi gerakan bahasa isyarat BISINDO menggunakan pendekatan *deep learning*. Dengan demikian, hasil penelitian menjadi indikator utama keberhasilan penerapan metode yang digunakan dalam menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian.

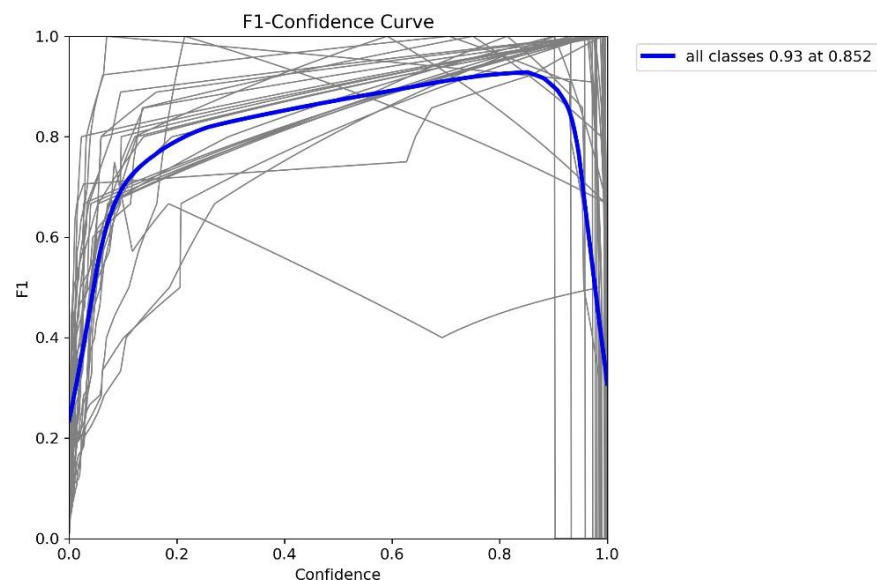


Gambar 5.1 Hasil Pengujian

5.2. PENGUJIAN KESELURUHAN

Pengujian keseluruhan merupakan tahap evaluasi akhir yang dilakukan untuk menilai kinerja sistem deteksi bahasa isyarat BISINDO secara menyeluruh setelah model *deep learning* dan YOLOv11 selesai dilatih dan diuji secara parsial. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian dan mampu terdeteksi.

5.2.1 F1–Confidence Curve



Gambar 5.2 Grafik F1–Confidence Curve

Pada gambar grafik di atas digunakan untuk menganalisis hubungan antara nilai *confidence threshold* dengan nilai F1-score pada sistem deteksi bahasa isyarat BISINDO menggunakan model YOLOv11.

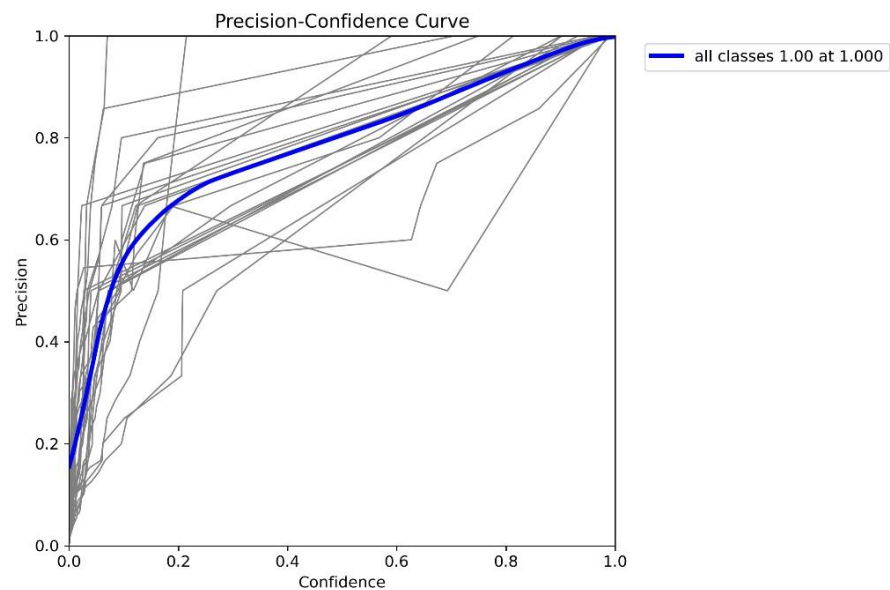
Berikut penjelasan sumbu dan kurva dari gambar di atas :

- a Sumbu X (*Confidence*): menunjukkan nilai ambang kepercayaan (*confidence threshold*), yaitu batas minimum keyakinan model untuk menerima suatu hasil deteksi.

- b Sumbu Y (F1): menunjukkan nilai F1-score, yaitu metrik evaluasi yang merupakan harmonisasi antara *precision* dan *recall*.
- c Garis abu-abu: merepresentasikan kurva F1 untuk masing-masing kelas bahasa isyarat BISINDO.
- d Garis biru tebal: menunjukkan rata-rata performa F1 untuk seluruh kelas (*all classes*).

Berdasarkan grafik tersebut dapat juga disimpulkan bahwa model YOLOv11 memiliki performa deteksi yang sangat baik dengan F1-score tertinggi sebesar 0.93.

5.2.2 Precision–Confidence Curve



Gambar 5.3 Grafik Precision–Confidence Curve

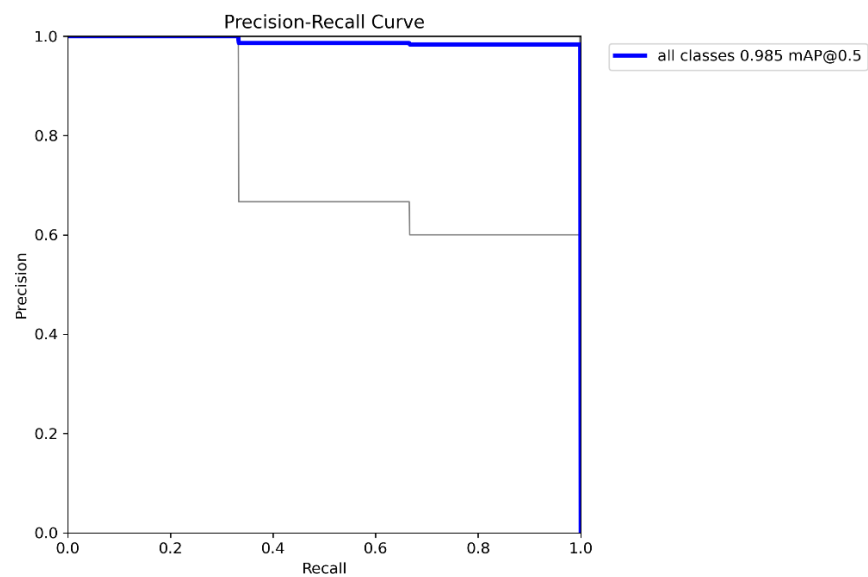
Pada gambar grafik di atas digunakan untuk menganalisis hubungan antara nilai *confidence threshold* dengan nilai *precision* pada sistem deteksi bahasa isyarat BISINDO menggunakan model YOLOv11.

Berikut penjelasan sumbu dan kurva dari gambar di atas :

- a Sumbu X (*Confidence*): menunjukkan nilai ambang kepercayaan (*confidence threshold*), yaitu batas minimum nilai keyakinan model untuk menerima suatu hasil deteksi.
- b Sumbu Y (*Precision*): menunjukkan nilai *precision*, yaitu perbandingan antara jumlah deteksi benar (*true positive*) dengan seluruh hasil deteksi yang dihasilkan oleh sistem.
- c Garis abu-abu: merepresentasikan kurva *precision* untuk masing-masing kelas bahasa isyarat BISINDO.
- d Garis biru tebal: menunjukkan rata-rata nilai *precision* untuk seluruh kelas (*all classes*).

Berdasarkan grafik ini dapat disimpulkan bahwa model YOLOv11 mampu mencapai *precision* sempurna pada *confidence threshold* sebesar 1.00,

5.2.3 Precision–Recall Curve



Gambar 5.4 Grafik Precision–Recall Curve

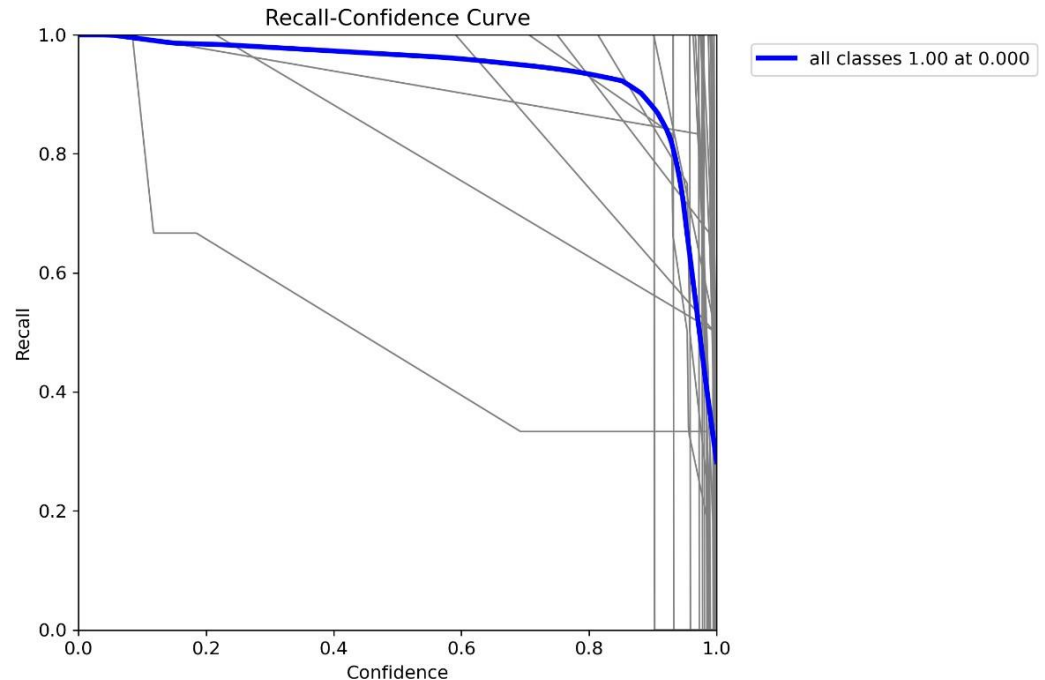
Pada gambar grafik di atas digunakan mengevaluasi kinerja model YOLOv11 dalam mendeteksi bahasa isyarat BISINDO berdasarkan hubungan antara *precision* dan *recall*.

Berikut penjelasan sumbu dan kurva dari gambar di atas :

- a Sumbu X (*Recall*): menunjukkan tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan seluruh objek yang seharusnya terdeteksi.
- b Sumbu Y (*Precision*): menunjukkan tingkat ketepatan sistem dalam mendeteksi objek, yaitu seberapa banyak hasil deteksi yang benar dibandingkan dengan seluruh deteksi yang dihasilkan.
- c Garis abu-abu: merepresentasikan kurva *precision–recall* untuk masing-masing kelas bahasa isyarat BISINDO.
- d Garis biru tebal: menunjukkan rata-rata performa *precision–recall* untuk seluruh kelas (*all classes*).

Berdasarkan grafik *Precision–Recall Curve*, dapat disimpulkan bahwa model YOLOv11 menunjukkan kinerja yang sangat optimal dalam mendeteksi bahasa isyarat BISINDO, dengan nilai $mAP@0.5$ sebesar 0.985.

5.2.4 Recall–Confidence Curve



Gambar 5.5 Grafik Recall–Confidence Curve

Pada gambar grafik di atas digunakan untuk menganalisis hubungan antara nilai *confidence threshold* dengan nilai *recall* pada sistem deteksi bahasa isyarat BISINDO menggunakan model YOLOv11.

Berikut penjelasan sumbu dan kurva dari gambar di atas :

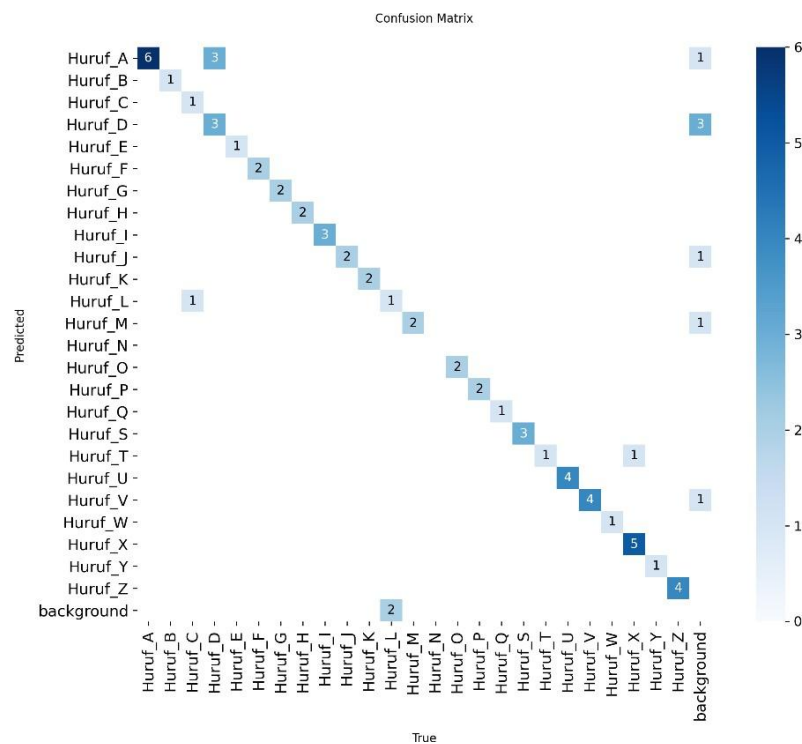
- a Sumbu X (*Confidence*): menunjukkan nilai ambang kepercayaan (*confidence threshold*), yaitu batas minimum keyakinan model untuk menerima suatu hasil deteksi.
- b Sumbu Y (*Recall*): menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi seluruh objek bahasa isyarat BISINDO yang seharusnya terdeteksi.
- c Garis abu-abu: merepresentasikan nilai *recall* untuk masing-masing

kelas bahasa isyarat BISINDO.

- d Garis biru tebal: menunjukkan rata-rata nilai *recall* untuk seluruh kelas (*all classes*).

Berdasarkan grafik *Recall–Confidence Curve*, dapat disimpulkan bahwa nilai *recall* berbanding terbalik dengan peningkatan *confidence threshold*. Model YOLOv11 mampu mencapai nilai *recall* maksimum sebesar 1.00 pada *confidence threshold* 0.00

5.2.5 Confusion Matrix



Gambar 5.6 Grafik Confusion Matrix

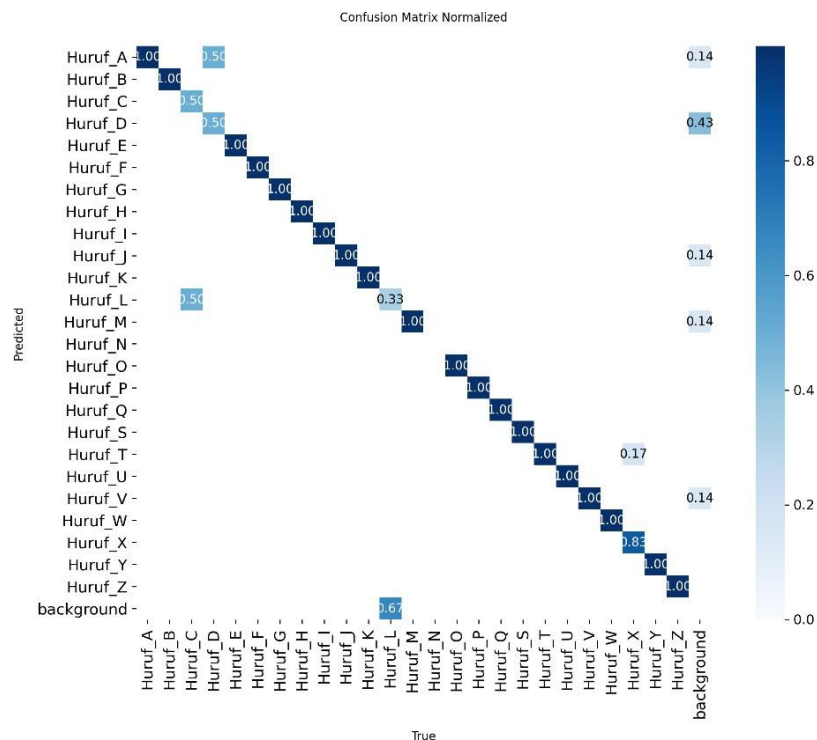
Pada gambar grafik di atas digunakan untuk mengevaluasi kinerja model YOLOv11 dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan bahasa isyarat BISINDO berupa huruf A–Z serta kelas background.

Berikut penjelasan struktu dari gambar di atas :

- Sumbu X (*True*): menunjukkan kelas sebenarnya dari data uji.
- Sumbu Y (*Predicted*): menunjukkan kelas hasil prediksi oleh model.
- Nilai pada sel *matriks*: menunjukkan jumlah data yang diklasifikasikan pada pasangan kelas tertentu.
- Warna semakin gelap: menandakan jumlah prediksi yang semakin besar.

Berdasarkan hasil *confusion matrix*, dapat disimpulkan bahwa model YOLOv11 memiliki kemampuan yang baik dalam mengklasifikasikan bahasa isyarat BISINDO huruf A–Z.

5.2.6 Confusion Matrix Normalized



Gambar 5.7 Grafik *Confusion Matrix Normalized*

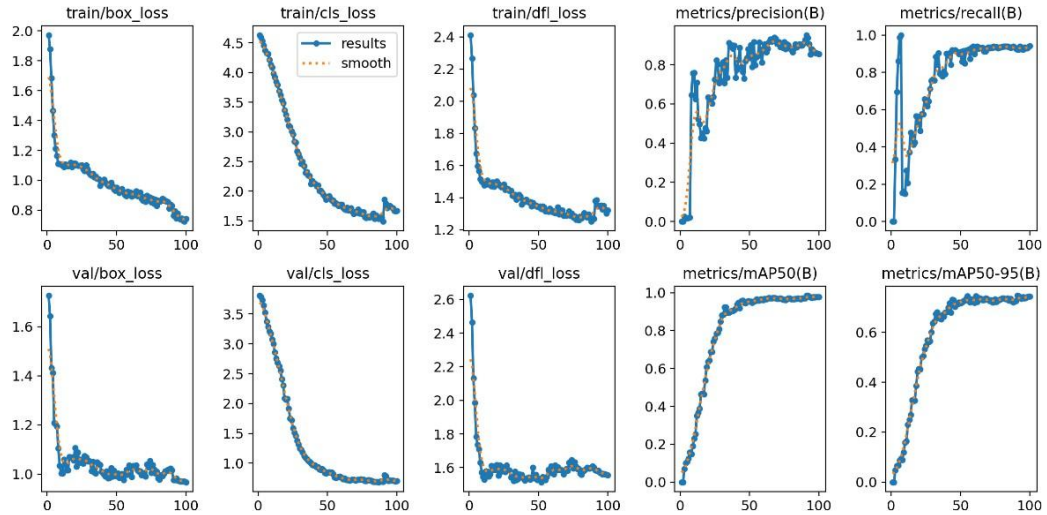
Pada gambar grafik di atas digunakan untuk mengevaluasi performa model YOLOv11 dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan bahasa isyarat BISINDO huruf A–Z serta kelas *background* berdasarkan proporsi atau persentase prediksi, bukan jumlah absolut.

Berikut penjelasan struktu dari gambar di atas :

- a Sumbu X (*True*): menunjukkan kelas sebenarnya dari data uji.
- b Sumbu Y (*Predicted*): menunjukkan kelas hasil prediksi oleh model.
- c Nilai pada setiap sel: merupakan nilai normalisasi (rentang 0–1) yang menunjukkan proporsi prediksi pada kelas tersebut.
- d Nilai 1.00 pada diagonal utama berarti seluruh data pada kelas tersebut berhasil diprediksi dengan benar.
- e Warna biru semakin gelap menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang semakin tinggi.

Berdasarkan hasil *confusion matrix normalized*, dapat disimpulkan bahwa model YOLOv11 menunjukkan kinerja yang sangat baik dan konsisten dalam mendeteksi bahasa isyarat BISINDO huruf A–Z.

5.2.7 Training Progress Curves



Gambar 5.8 Training Progress Curve

Grafik ini menunjukkan perubahan *loss* dan metrik selama proses pelatihan dan validasi model. Penurunan konstan pada nilai *box_loss*, *cls_loss*, dan *dfl_loss* menunjukkan bahwa model belajar dengan baik. Selain itu, peningkatan pada metrik *precision*, *recall*, dan mAP selama pelatihan mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* dan generalisasi terhadap data validasi berlangsung dengan baik. Hasil ini membuktikan bahwa model yang dikembangkan layak digunakan sebagai sistem deteksi bahasa isyarat BISINDO berbasis *deep learning* dan mendukung pencapaian tujuan penelitian pada skripsi ini.