

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE BASIC ARITHMETIC SIGN LANGUAGE MODEL WITH IMPLEMENTATION OF YOLO KEYPOINT DETECTION

Proposed By

Putu Nanditha Nayottama, NIM 2215051059

Informatics Education Study Programme

ABSTRACT

This research aims to develop an interactive basic arithmetic learning system for deaf students by integrating *YOLO Keypoint Detection* into a robotic hand prototype. A major challenge in inclusive education for deaf students is the lack of visual learning tools capable of providing *real-time* and autonomous responses. The research method employed is *Research and Development (R&D)*, consisting of requirement analysis, model development, and system testing. The dataset includes 16 gesture classes: digits (0-9), arithmetic operators (+, -, ×, ÷), an initiation symbol, and an undefined symbol. The model was implemented on a Raspberry Pi 4B edge computing device, comparing two input resolution variants. Results indicate that the 128-pixel model achieves a mean Average Precision (mAP) of 66.53% with a throughput of 39.08 FPS, while the 352-pixel model achieves an accuracy of 81.01% with a throughput of 6.33 FPS. Although the 352-pixel model provides higher classification accuracy, the 128-pixel model offers better responsiveness for direct interaction scenarios. The findings demonstrate that the *keypoint detection* approach isolates gesture features with sufficient precision for basic educational needs. This research concludes that the selection of input resolution in YOLOv11-Pose must be calibrated to balance computational speed and gesture detection accuracy. Suggestions for future research include optimizing the model architecture to improve accuracy at lower resolutions and upgrading the robotic hand's mechanical design to include wrist articulation for more natural and accurate gesture representation.

Keywords: *YOLO Keypoint Detection*, Robotic Hand, Mathematics Education, Deaf, *Edge Computing*.

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE BASIC ARITHMETIC SIGN LANGUAGE MODEL WITH IMPLEMENTATION OF YOLO KEYPOINT DETECTION

Oleh

Putu Nanditha Nayottama NIM 2215051059

Program Studi Pendidikan Teknik Informatika

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pembelajaran matematika dasar interaktif bagi siswa tunarungu dengan mengintegrasikan *YOLO Keypoint Detection* ke dalam purwarupa tangan robot. Tantangan utama dalam pendidikan inklusif bagi siswa tunarungu adalah keterbatasan media ajar visual yang mampu merespons secara *real-time* dan mandiri. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) yang mencakup tahap analisis, pengembangan model, dan pengujian sistem. Dataset yang digunakan mencakup 16 kelas gestur, yaitu angka (0-9), operator aritmatika (+, -, ×, ÷), simbol inisiasi, dan simbol tidak terdefinisi. Implementasi model dilakukan pada perangkat *edge computing* Raspberry Pi 4B dengan membandingkan dua varian resolusi input. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model dengan resolusi 128 piksel mencapai tingkat akurasi *mean Average Precision* (mAP) sebesar 66,53% dengan *throughput* 39,08 FPS, sedangkan model dengan resolusi 352 piksel mencapai tingkat akurasi 81,01% dengan *throughput* sebesar 6,33 FPS. Meskipun model 352 piksel memberikan akurasi klasifikasi yang lebih tinggi, model 128 piksel menawarkan responsivitas yang lebih baik untuk skenario interaksi langsung. Temuan menunjukkan bahwa pendekatan *keypoint detection* mampu mengisolasi fitur gestur dengan presisi yang cukup baik untuk kebutuhan edukasi dasar. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan resolusi input pada YOLOv11-Pose harus disesuaikan dengan kebutuhan keseimbangan antara kecepatan komputasi dan ketepatan deteksi gestur. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah optimasi arsitektur model untuk meningkatkan akurasi pada resolusi rendah serta pengembangan desain mekanis tangan robot yang mencakup pergerakan pergelangan tangan agar representasi gestur menjadi lebih natural dan akurat.

Kata kunci: *YOLO Keypoint Detection*, Tangan Robot, Pendidikan Matematika, Tunarungu, *Edge Computing*.