

Bab 5

Simpulan dan Saran

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan analisis hasil dari simulasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Setelah itu akan dipaparkan saran-saran yang dapat mengatasi masalah yang dialami selama uji coba ataupun mengembangkan hasil deteksi objek yang sudah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pengujian yang telah dilakukan selama penelitian, didapat beberapa kesimpulan seperti berikut.

1. Penerapan *working distance* pada rancangan dapat membantu proses perancangan struktur mekanik untuk memperoleh jarak antara kamera dengan platform penimbangan buah, dengan tujuan mendapatkan cakupan kamera yang mendekati platform penimbangan berat. dengan perhitungan panjang pilar dan pengurangan jumlah piksel, penerapan ini berhasil mendapatkan cakupan kamera yang optimal untuk platform dengan menggunakan jarak 24,8 cm.
2. Hasil dari pengukuran sensor *load cell* dengan cara penambahan massa dengan *range* 500 gram - 5 Kg didapatkan maksimum nilai *error* 1,5% sedangkan jika penambahan berat dilakukan dengan serentak didapatkan maksimum nilai *error* 0,03%. Pada kedua kondisi tersebut pengukuran menggunakan *load cell single point* dengan model CZL-601 mendapatkan akurasi $\geq 90\%$ atau maksimum *error* 1,5% sehingga penggunaan tipe *load cell* tersebut dapat digunakan pada rancangan *automatic self-checkout system*.
3. Arsitektur yang memiliki performa paling baik pada evaluasi secara *real-time* merupakan arsitektur deteksi objek dengan data pelatihan *pre-processing* 2592×1944 piksel karena memiliki akurasi dengan nilai 99%, presisi dengan nilai

99% dan *recall* dengan nilai 100% pada kondisi tingkat pencahayaan pasar swalayan dan memiliki nilai akurasi 95%, nilai presisi 95% dan *recall* 100% untuk tingkat pencahayaan *supermarket*. Sehingga performa dari arsitektur deteksi objek tersebut konsisten dalam melakukan klasifikasi. Maka, arsitektur deteksi objek yang digunakan pada rancangan merupakan arsitektur EfficientDet D-0 dengan *pre-processing* 2592×1944 piksel.

4. Arsitektur yang digunakan yaitu EfficientDet D-0 dengan data pelatihan *pre-processing* 2592×1944 memiliki performa klasifikasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan arsitektur lain yang telah dilakukan pengujian. Dengan nilai total akurasi 97%, presisi 97% dan *recall* 100% untuk *dataset* buah pada kedua kondisi tingkat pencahayaan *supermarket* dan pasar swalayan. Sedangkan, untuk *dataset* tangan didapatkan akurasi, presisi dan *recall* dengan nilai 100% dan rata - rata waktu inferensi pendeteksian 1,92 detik. Dengan menggunakan arsitektur tersebut dapat disimpulkan bahwa proses *automatic self-checkout system* dapat dilakukan dengan cepat dan akurat sudah terpenuhi.
5. Penggunaan PyQT5 sebagai *User Interface* (UI) dapat memvisualisasikan proses simulasi pembayaran dan dapat menginformasikan pengguna jika pembayaran tidak dapat dilakukan. Proses pelacakan pembayaran didalam *database* MySQL menggunakan bantuan phpMyAdmin dapat memudahkan pengguna karena terdapat fitur *sort by key* yang sudah tersedia di aplikasi phpMyAdmin. Namun proses pembayaran masih terdapat *delay* dikarenakan penggunaan arsitektur yang memiliki waktu rata - rata inferensi menggunakan Raspberry Pi 4B sekitar 1,92 detik akan tetapi *delay* tersebut tidak mempengaruhi jalannya proses *automatic self-checkout system*. Lalu, pendeteksian objek tidak dikenal dengan menggunakan kondisi *confidence* kurang dari 80% masih belum optimal karena nama *bounding box* masih menggunakan nama *dataset* yang telah dilatih.

5.2 Saran

Pada bagian ini diberikan beberapa saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Untuk dapat meningkatkan performa dan mempercepat proses pendeteksian objek pada Raspberry Pi dibutuhkan CORAL *accelerator* (*Edge TPU*) adalah modul eksternal yang dirancang untuk digunakan dengan Raspberry Pi. Modul ini menyediakan akselerator *hardware* TPU yang memungkinkan Raspberry Pi untuk meningkatkan kinerja dalam menjalankan model *machine learning*, terutama untuk tugas-tugas seperti deteksi objek, klasifikasi gambar, dan tugas-tugas AI lainnya.
2. Diperlukan rancangan yang tertutup atau pengaturan pencahayaan agar proses deteksi objek dapat selalu memberikan performa yang maksimal.

3. Dapat menambahkan langkah - langkah pembelian pada *user interface* seperti yang dapat dan tidak dapat dilakukan pada proses pembayaran untuk mempercepat pemahaman pengguna.
4. Menambahkan fitur menu *idle* pada *user interface* (UI) ketika tidak ada proses pembelian yang dilakukan. Karena pada rancangan yang sudah dilakukan, proses komputasi deteksi objek tidak berhenti dilakukan walaupun tidak ada proses pembelian sehingga dapat menyebabkan *overheat* sehingga kecepatan komputasi dari Raspberry Pi dapat menurun jika dijalankan dalam waktu yang lama.
5. Proses pendeteksian objek tidak dikenal dapat menggunakan algoritma *transfer learning* untuk melatih objek lain selain dari objek target.

Daftar Pustaka

- [1] A. Rigner, “Ai-based machine vision for retail self-checkout system,” *Master’s Theses in Mathematical Sciences*, 2019.
- [2] K. Hameed, D. Chai, and A. Rassau, “A sample weight and adaboost cnn-based coarse to fine classification of fruit and vegetables at a supermarket self-checkout,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 23, p. 8667, 2020.
- [3] K. Xia, H. Fan, J. Huang, H. Wang, J. Ren, Q. Jian, and D. Wei, “An intelligent self-service vending system for smart retail,” *Sensors*, vol. 21, no. 10, p. 3560, 2021.
- [4] F. Femling, A. Olsson, and F. Alonso-Fernandez, “Fruit and vegetable identification using machine learning for retail applications,” in *2018 14th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*. IEEE, 2018, pp. 9–15.
- [5] E. Badeka, T. Kalampokas, E. Vrochidou, K. Tziridis, G. A. Papakostas, T. P. Pachidis, and V. G. Kaburlasos, “Vision-based vineyard trunk detection and its integration into a grapes harvesting robot,” *Int. J. Mech. Eng. Rob. Res.*, vol. 10, no. 7, pp. 374–385, 2021.
- [6] R. Fajar, “Perspektif hukum ekonomi syariah terhadap praktik jual beli buah dalam kemasan: studi kasus pedagang buah di pasar masbagik kabupaten lombok timur,” Ph.D. dissertation, UIN Mataram, 2022.
- [7] J. L. Rojas-Aranda, J. I. Nunez-Varela, J. C. Cuevas-Tello, and G. Rangel-Ramirez, “Fruit classification for retail stores using deep learning,” in *Mexican Conference on Pattern Recognition*. Springer, 2020, pp. 3–13.
- [8] H. Kim, H. Hong, G. Ryu, and D. Kim, “A study on the automated payment system for artificial intelligence-based product recognition in the age of contactless services,” *International Journal of Advanced Culture Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 100–105, 2021.
- [9] M. I. Jordan and T. M. Mitchell, “Machine learning: Trends, perspectives, and prospects,” *Science*, vol. 349, no. 6245, pp. 255–260, 2015.

- [10] I. El Naqa and M. J. Murphy, "What is machine learning?" in *machine learning in radiation oncology*. Springer, 2015, pp. 3–11.
- [11] M. Yusro, E. Suryana, K. Ramli, D. Sudiana, and K. Hou, "Testing the performance of a single pole detection algorithm using the confusion matrix model," in *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1402, no. 7. IOP Publishing, 2019, p. 077066.
- [12] A. I. Khan and S. Al-Habshi, "Machine learning in computer vision," *Procedia Computer Science*, vol. 167, pp. 1444–1451, 2020.
- [13] J. Ribas Fernandez, "Recognition of supermarket products using computer vision," Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2020.
- [14] Z. Zhong-Qiu, Z. Peng, X. Shou-Tao, and W. Xindong, "Object detection with deep learning," in *Comput. Vis. Pattern Recognit*, 2018.
- [15] Kevin McAleer, "Jetson nano custom object detection - how to train your own ai," <https://www.youtube.com/watch?v=kJpLMBqNcIQ&t=251s>, 2021, accessed: 13-12-2022.
- [16] R. Padilla, S. L. Netto, and E. A. Da Silva, "A survey on performance metrics for object-detection algorithms," in *2020 international conference on systems, signals and image processing (IWSSIP)*. IEEE, 2020, pp. 237–242.
- [17] Adrian Rosebrock, "Intersection over union (iou) for object detection," <https://pyimagesearch.com/2016/11/07/intersection-over-union-iou-for-object-detection/>, 2016, accessed: 11-08-2023.
- [18] K. O'Shea and R. Nash, "An introduction to convolutional neural networks," *arXiv preprint arXiv:1511.08458*, 2015.
- [19] Ç. Kaymak and A. Uçar, "A brief survey and an application of semantic image segmentation for autonomous driving," *Handbook of Deep Learning Applications*, pp. 161–200, 2019.
- [20] J. Wu, "Introduction to convolutional neural networks," *National Key Lab for Novel Software Technology. Nanjing University. China*, vol. 5, no. 23, p. 495, 2017.
- [21] I. Vasilev, D. Slater, G. Spacagna, P. Roelants, and V. Zocca, *Python Deep Learning: Exploring deep learning techniques and neural network architectures with Pytorch, Keras, and TensorFlow*. Packt Publishing Ltd, 2019.
- [22] C. C. Ukwuoma, Q. Zhiguang, M. B. Bin Heyat, L. Ali, Z. Almaspoor, and H. N. Monday, "Recent advancements in fruit detection and classification using deep learning techniques," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, 2022.
- [23] S. Albawi, T. A. Mohammed, and S. Al-Zawi, "Understanding of a convolutional neural network," in *2017 international conference on engineering and technology (ICET)*. Ieee, 2017, pp. 1–6.

- [24] H. Yingge, I. Ali, and K.-Y. Lee, "Deep neural networks on chip-a survey," in *2020 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*. IEEE, 2020, pp. 589–592.
- [25] Raspberry Pi Foundation, "Raspberry pi model 4b," <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>, accessed: 11-11-2022.
- [26] R. Pi, *The Official Raspberry Pi Camera Guide*, ser. Camera Guide. Raspberry Pi Press, 2020. [Online]. Available: <https://isbnsearch.org/isbn/9781912047529>
- [27] Raspberry Pi Ltd, "Camera," <https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/camera.html>, 2021, accessed: 20-07-2023.
- [28] W. Wahyudi, A. Rahman, and M. Nawawi, "Perbandingan nilai ukur sensor load cell pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 2, p. 207, 2017.
- [29] R. D. Rumbara, "Rancang bangun timbangan load cell tipe s," *Metal Indonesia*, vol. 40, no. 1, pp. 34–40, 2018.
- [30] S. Achmad, "Mysql 5 dari pemula hingga mahir," *Jakarta: Universitas Budi Luhur*, 2010.
- [31] A. Sofwan, "Belajar mysql dengan phpmyadmin," *Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur*, 2007.
- [32] V. Bartl, J. Špaňhel, and A. Herout, "Persongone: Image inpainting for automated checkout solution," in *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2022, pp. 3115–3123.
- [33] JolleJolles, "Optimal positioning of the raspberry pi camera," <https://raspberrypi-guide.github.io/electronics/camera-positioning>, 2021, accessed: 22-07-2023.
- [34] P. Huggins, "A high speed loadcell," *Measurement and Control*, vol. 15, no. 6, pp. 211–213, 1982.
- [35] I. Muller, R. M. de Brito, C. E. Pereira, and V. Brusamarello, "Load cells in force sensing analysis—theory and a novel application," *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 13, no. 1, pp. 15–19, 2010.
- [36] LAUMAS Innovation in Weighing, "1. load cells installation, capacity, support plates, mounting surfaces, single point load cells," https://www.youtube.com/watch?v=_BTVoRbZ98w, 2019, accessed: 06-01-2022.
- [37] Seegate, "Czl-601 datasheet," <https://seegateloadcell.com/wp-content/uploads/2021/02/CZL601-Datasheet.pdf>, accessed: 10-07-2023.
- [38] TinkerForge, "Load cell 20kg czl601," <https://www.tinkerforge.com/en/shop/load-cell-20kg-czl601.html>, 2012, accessed: 10-07-2023.

- [39] I. Sugriwan, M. S. Muntini, and Y. H. Pramono, "Pemanfaatan load cell czl601 untuk pengukuran derajat layu pada pengolahan teh hitam," *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, vol. 8, no. 1, pp. 49–58, 2010.
- [40] M. Tan, R. Pang, and Q. V. Le, "Efficientdet: Scalable and efficient object detection," in *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2020, pp. 10 781–10 790.
- [41] R. Li, J. Wu, and L. Cao, "Ship target detection of unmanned surface vehicle base on efficientdet," *Systems Science & Control Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 264–271, 2022.
- [42] ATO, "Single point load cell, 300g/1kg/3kg/10kg/60kg/100kg/200kg to 500kg," <https://www.ato.com/single-point-load-cell-300g-to-500kg>.
- [43] B. S. N. Indonesia and B. S. Nasiona, "Sni 03-6575-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung," *Badan Standarisasi Nasional*, pp. 1–32, 2001.
- [44] N. Halim and G. Kattu, "Analisis kenyamanan desain interior di supermarket studi kasus: Ranch market dan the gourmet," *LINTAS RUANG: Jurnal Pengetahuan dan Perancangan Desain Interior*, vol. 8, no. 2, pp. 27–37, 2020.

Lampiran A

1. Ukuran Desain *Automatic Self-Checkout System*
2. *Flowchart* Keseluruhan Sistem
3. Skematik Rancangan
4. Rangkaian Elektrik Rancangan