



Implementasi Pengolahan Citra Menggunakan Metode YOLO pada *Security Robot* dibidang Pertanian

Annisa Auliya¹, Tresna Dewi^{2*}, Muhammad Nawawi Noer³, Yurni Oktarina⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

¹nana.sylphynford24@gmail.com, ²tresna_dewi@polsri.ac.id ³muhammadnawawinoer@gmail.com,

⁴yurni_oktarina@polsri.ac.id

Abstract

Greenhouse is one of the modern agricultural solutions to cultivate plants that are not suitable for tropical climate, especially in Indonesia. However, the construction of the greenhouse itself is quite expensive. The power source of electronic devices obtained from solar panels is used to provide electricity supply to electronic devices such as exhaust fans, solar panels, and other devices. Unfortunately, there are often cases of irresponsible people stealing or damaging property and plants in the area around the greenhouse, which can harm farmers. This study aims to detect objects (humans) passing around the greenhouse, researchers use image processing techniques as a robot eye to detect humans where objects other than humans are ignored. The method used in this research is YOLOv3-tiny, which is an updated method of Convolutional Neural Network (CNN). YOLOv3-tiny will predict the object to be detected with the bounding box as the output. Furthermore, YOLOv3-tiny will choose the most suitable bounding box in predicting the object. The test results show that the robot is able to detect objects in the form of humans, as well as calculate the accuracy of the model performance.

Keywords: Green House, Image Processing, YOLOv3-tiny.

Abstrak

Greenhouse merupakan salah satu bentuk solusi pertanian modern untuk membudidayakan tanaman yang tidak sesuai dengan iklim tropis, khususnya di Indonesia. Namun, pembangunan *greenhouse* itu sendiri memerlukan biaya yang cukup mahal. Sumber daya perangkat elektronik yang diperoleh dari panel surya digunakan untuk menyediakan pasokan listrik kepada perangkat elektronik seperti *exhaust fan*, panel surya, dan perangkat lainnya. Sayangnya, sering kali terjadi kasus-kasus orang yang tidak bertanggung jawab melakukan pencurian atau merusak properti dan tanaman di area sekitar *greenhouse*, yang dapat merugikan petani. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi objek (manusia) yang melintas di sekitar *greenhouse*, peneliti menggunakan teknik pengolahan citra sebagai mata robot untuk mendeteksi manusia di mana objek selain manusia diabaikan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah YOLOv3-tiny, yang merupakan metode pembaharuan dari *Convolutional Neural Network* (CNN). YOLOv3-tiny akan melakukan prediksi terhadap objek yang akan dideteksi dengan *bounding box* sebagai *output*. Selanjutnya, YOLOv3-tiny akan memilih *bounding box* yang paling sesuai dalam mendeteksi objek. Hasil pengujian menunjukkan bahwa robot mampu mendeteksi objek berupa manusia, serta menghitung akurasi kinerja model.

Kata kunci: *Green House*, Pengolahan Citra, *YOLOv3-tiny*.

Diterima Redaksi : 10-11-2022 | Selesai Revisi : 12-12-2022 | Diterbitkan Online : 31-12-2022

1. Pendahuluan

Kekayaan alam Indonesia yang melimpah sehingga dapat memenuhi kebutuhan hidup masyarakat, salah satunya pada bidang pertanian. Kegiatan bertani merupakan salah satu aktivitas yang memanfaatkan sumber daya hayati untuk menghasilkan bahan pangan. Seiring berkembangnya zaman sektor pertanian ini mulai memasuki era modern dimana *greenhouse* salah satu dari bentuk solusi petani dalam menyeimbangi perkembangan zaman yang telah memasuki era modern. *Green house* dibutuhkan dimana kebutuhan membudidaya

tanaman yang tidak sesuai dengan iklimnya. Seperti buah stroberi memiliki harga jual yang tinggi namun dalam memproduksi buah stroberi itu sendiri harus memiliki lahan yang memiliki cukup air. Dengan adanya *greenhouse* penanaman tanaman atau buah-buahan dapat dilakukan walaupun tidak sesuai dengan iklimnya [1]-[8], sebagaimana yang telah diteliti oleh Liao et. al., pada tahun 2017 [1] mengenai pertumbuhan tanaman *Phalaenopsis Leaves* pada *greenhouse* yang telah dikondisikan, dan Hanh in tahun 2021 mengatur suhu *greenhouse* agar cocok untuk buah tomat sehingga tidak ada tomat yang pecah karena terlalu panas [7].

Untuk pembuatan *greenhouse* itu sendiri membutuhkan dana yang cukup besar yang mana membutuhkan beberapa komponen dasar seperti lahan, kerangka, bahan-bahan yang diunakan sampai tahap akhir pembangunan *greenhouse* itu sendiri. Akan tetapi sering kali terjadi kerusakan tanaman maupun perangkat di area sekitar *greenhouse* yang dilakukan oleh oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab. Hal ini pengawasan area tersebut menghambat proses budidaya pada tanaman dan manusia tidak dapat melakukan pemantauan area tersebut selama 24 jam penuh demi memenuhi keamanan lingkungan area sekitar *greenhouse*.

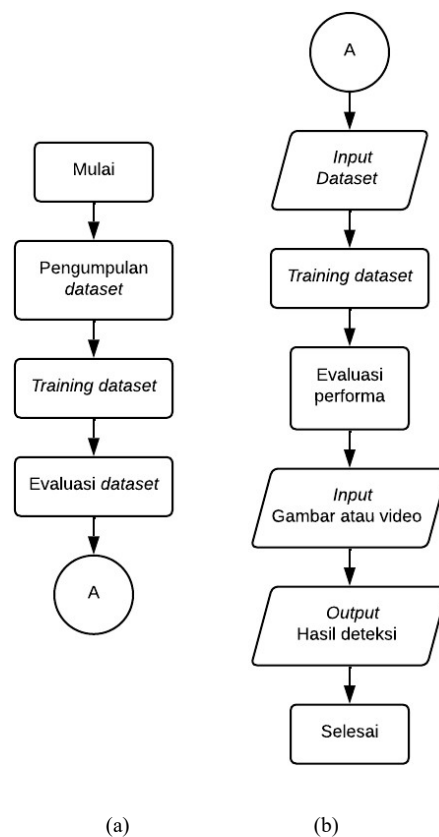
Solusi dalam menanggulangi urgensi diatas bersamaan dengan perkembangan di era modern diharuskan petani untuk menyesuaikan diri dengan perubahan tersebut. Peneliti menawarkan salah satu bentuk teknologi inovatif untuk membangun pertanian cerdas yaitu *Security Robot* “Maarinhos” yang merupakan salah satu robot pengawas menggunakan teknologi yang saat ini sedang populer yaitu pengolahan citra. Robot adalah sisem teknologi yang digunakan untuk mempermudah kehidupan manusia [9]-[13]. Robot yang digunakan dalam pertanian disebut sebagai robot pertanian atau agribot [14]-[22].

Penggunaan pengolahan citra yang merupakan salah satu turunan ilmu dari kecerdasan buatan dalam mengenali suatu objek dapat membantu robot dalam mengenali dengan mengklasifikasi dari beberapa kelas. Pengolahan citra seperti blob analysis, dan image segmentation berfungsi untuk memisahkan objek yang akan dideteksi dari background sehingga dapat mengenali objek tersebut [14][22]. Penggunaan kecerdasan buatan berupa fuzzy logic controller ataupun neural network sudah biasa dilakukan untuk meningkatkan performa robot [23]-[34], salah satunya dalam mendeteksi objek melalui pengolahan citra [34]-[39]

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi objek (manusia) yang melintas disekitar *greenhouse*. Untuk mendeteksi objek, peneliti menggunakan algoritma YOLOv3-tiny dalam mendeteksi objek, objek yang akan dideteksi adalah orang atau manusia, objek selain manusia diabaikan. YOLOv3-tiny yang menggunakan konsep *one-stage object detection* dengan mendeteksi objek dalam sekali tembak atau satu kali lihat dari beberapa *input* untuk membuat prediksi tentang keberadaan dan lokasi objek. *Output* yang didapatkan berupa prediksi *bounding box*, di mana setiap *bounding box* memiliki 5 prediksi, yaitu kelas, x, y, w, dan l. Nilai x dan y mewakili koordinat pusat dari suatu objek, sedangkan *width* (w) dan *length* (l) mewakili prediksi dari seluruh kotak.

2. Metode Penelitian

Pada dasarnya sistem pendeteksian objek dapat digambarkan pada skema penelitian yang terlihat pada Gambar 1 dimana alur dalam pendeteksian objek tersebut. Peneliti menerapkan algoritma YOLOv3-tiny yang dapat mendeteksi objek secara *real-time* yang menggunakan konsep *one-stage object detection* yang mendeteksi objek dengan sekali lintas dari gambar *input* untuk membuat prediksi tentang keberadaan dan lokasi suatu objek. YOLOv3-tiny merupakan salah satu pendekatan ilmu *supervised learning* yang mana menggunakan beberapa data atau *training dataset* untuk diajarkan modelnya agar dapat menghasilkan *output* yang diinginkan. Gambar di bawah ini merupakan tahap skema penelitian.



Gambar 1. Skema penelitian (a) *Pre-processing*, (b) Proses deteksi objek dengan YOLO

2.1. Pengumpulan Dataset

Pada proses pengumpulan dataset, peneliti mengumpulkan beberapa gambar atau *images* yang diunduh dari internet dan video yang telah diubah menjadi pecahan-pecahan gambar dalam bentuk *frame*. Peneliti mengunduh gambar atau *images* tersebut di *website google image* dan beberapa gambar diambil dari dokumen pribadi peneliti. Dataset yang digunakan oleh peneliti sebanyak 476

citra atau gambar manusia dan terdiri dari 428 citra untuk *data train* dan 48 citra untuk digunakan pada *data validation*.



Gambar 2. Kumpulan *Dataset*

2.2. Training Dataset

Setelah mengumpulkan *dataset*, langkah selanjutnya yaitu peneliti melakukan *training data* di Jupyter Notebook. Untuk *training data* menggunakan GPU AMD Radeon sehingga saat melakukan tahap *training data* bisa diselesaikan dengan cepat. Setelah *training data* telah selesai peneliti dapat melakukan pengujian pendeteksian objek dari berbagai sudut pandang. Jika hasil objek terdeteksi maka proses *training* berhasil.

2.3. Evaluasi Performa Model

Tahap selanjutnya setelah melakukan *training* model peneliti melakukan evaluasi untuk mengukur performa pemodelan sistem.

		<i>Actual Values</i>	
		1	0
		(Positive)	(Negative)
<i>Predicted Values</i>	1	TP	FP
	0	FN	TN
		(Negative)	(Positive)

Gambar 3. *Confusion Matrix*

Peneliti menggunakan *confusion matrix* serta menampilkan informasi terkait *accuracy*, *recall* dan *specificity*. Berikut beberapa rumus untuk mengukur performa pemodelan sistem.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \dots\dots\dots (1)$$

Hasil *accuracy* akan semakin baik apabila FP dan FN mendekati nilai 0 dan berlaku untuk kebalikannya. *Accuracy* dapat menunjukkan seberapa baik kinerja model dalam melakukan klasifikasi.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (2)$$

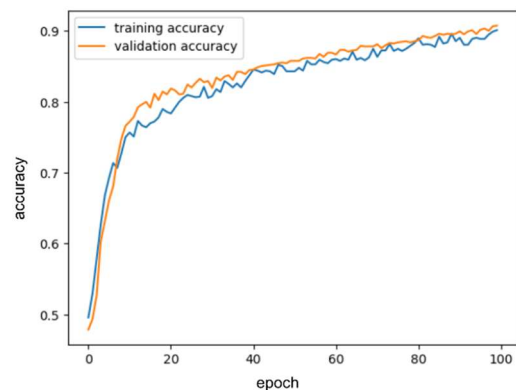
Recall dapat menunjukkan tingkat sensitifitas model yang dibuat dalam melakukan pendeteksian terhadap objek yang akan diklasifikasi. Semakin tinggi sensitifitasnya maka semakin tinggi juga kemampuan model dalam melakukan deteksi dan pengenalan terhadap objek.

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \dots\dots\dots (3)$$

Specificity menunjukkan tingkat ketepatan model dalam membedakan objek dan yang bukan objek pada kelas tertentu. Semakin tinggi persentase *specificity* maka semakin tinggi juga tingkat kemampuan model dalam membedakan objek satu dengan objek yang lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

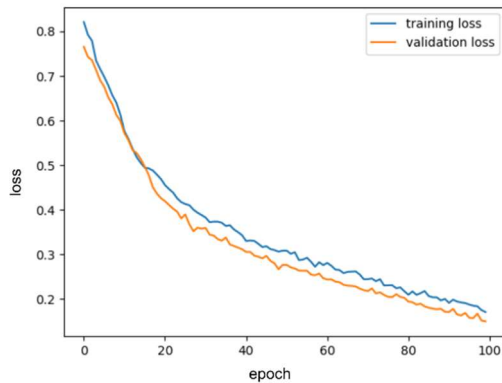
Dalam melakukan *training dataset*, peneliti menggunakan model VGG16 dengan parameter *learning rate* sebesar 0.018315. Penggunaan *learning rate* ini meningkatkan ketelitian jaringan saat pelatihan, namun disertai dengan konsekuensi memakan waktu yang cukup lama. Peneliti menggunakan 100 epoch, di mana seluruh *dataset* akan melewati jaringan syaraf dalam proses pelatihan sebelum kembali ke awal.



Gambar 4 Akurasi pada model

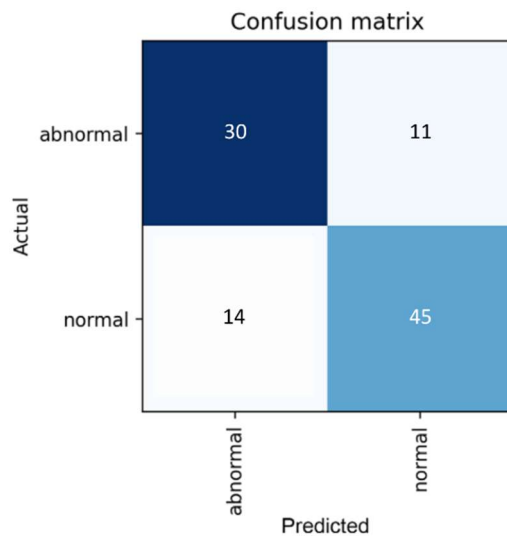
Gambar 4 menampilkan grafik akurasi model untuk mendeteksi objek pada saat *training* model pada sistem di mana setiap peningkatan epoch, model

bekerja dengan baik, dan nilai akurasi semakin meningkat.



Gambar 5 Kegagalan pada model

Gambar 5 menampilkan grafik kegagalan model untuk mendeteksi objek pada saat *training* model di mana setiap peningkatan epoch, model bekerja dengan baik, dan nilai kegagalannya semakin menurun. Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, grafik menunjukkan bahwa tidak terjadi *overfitting* maupun *underfitting*, sehingga grafik tersebut dapat disebut sebagai grafik yang ideal. Setelah melakukan *training* peneliti memperoleh hasil *confusion matrix* pada *training* yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 6 Confusion Matrix

Pada Gambar 6 dapat dilihat hasil dari *confusion matrix* yang di mana model dapat memprediksi dengan benar atau TP sebesar 45, TN sebesar 30, FP sebesar 11, dan FN sebesar 14. Untuk menghitung hasil evaluasi, nilai-nilai tersebut diambil dari tabel *confusion matrix*. Berikut adalah hasil perhitungan nilai evaluasi performa.

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

$$Accuracy = \frac{45+30}{45+30+11+1}$$

$$Accuracy = 0.75$$

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

$$Recall = \frac{45}{45+14}$$

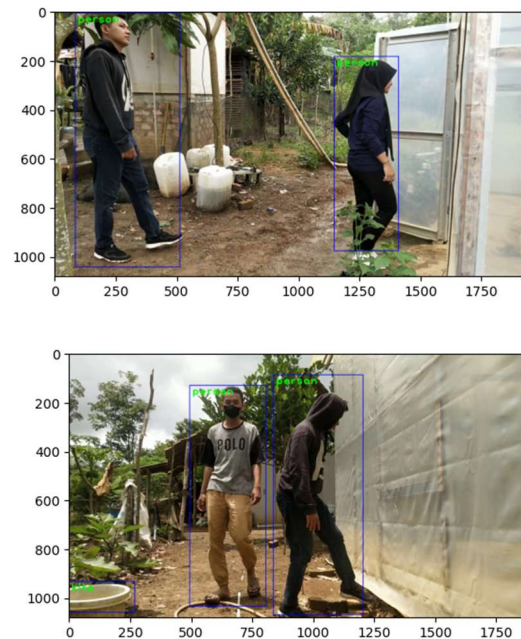
$$Recall = 0.763$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP}$$

$$Specificity = \frac{30}{30+11}$$

$$Specificity = 0.732$$

Selanjutnya, peneliti melakukan pengujian dengan menggunakan tiga video dari sudut pandang dan lokasi yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6 Hasil deteksi manusia

Pada Gambar 6, pengujian terhadap video pertama dan kedua menunjukkan bahwa kelas manusia berhasil dideteksi. Dimana pada video pertama dan kedua memiliki nilai aktual dan prediksinya pada kelas manusia adalah dua.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari awal hingga akhir, saat melakukan *training dataset*, grafik yang didapat cukup ideal. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa saat melakukan pengujian, model belum dapat mendeteksi kelas manusia secara sempurna. Oleh karena itu, untuk mengetahui performa dari model tersebut dapat dilihat dari nilai evaluasinya saat pengujian untuk mengukur performa model dengan nilai *accuracy*, *recall*, dan *specificity*, yaitu 0.75, 0.763, dan 0.732. Hal ini disebabkan karena peneliti tidak menggunakan teknik augmentasi untuk memperbanyak *dataset* saat *training*, sehingga *dataset* yang digunakan untuk pelatihan tidak memiliki variasi yang cukup. Setelah melakukan pengujian untuk memperbaiki performa pemodelan dapat dilakukan dengan cara menambahkan jumlah *training dataset* sehingga pemodelan sistem lebih baik dalam menentukan klasifikasi pada objek tertentu. Rasio *training data* dan *validation data* terbaik adalah sebesar 80:20 atau 90:10.

Daftar Rujukan

- [1] M. Liao, S. Chen, C. Chou, H. Chen, S. Yeh, Y. Chang, and J. Jiang, On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 136, pp. 125-139, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.003>.
- [2] Kumar, V. Singh, S. Kumar, S. P. Jaiswal, and V. S. Bhadoria, IoT enabled system to monitor and control greenhouse, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 49, No 8, pp. 3137-3141, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.040>
- [3] H. Darmono, R. H. Y. Perdana, and W. Puspitasari, "Observation of greenhouse condition based on wireless sensor networks," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 732, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/732/1/012107.
- [4] W. Puspitasari and R. H. Y. Perdana, "Real-time monitoring and automated control of greenhouse using wireless sensor network: Design and implementation," in 2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, *ISRITI 2018*, 2018, pp. 362–366, doi: 10.1109/ISRITI.2018.8864377.
- [5] D. S. Paraforos, H. W. Griepentrog, Multivariable greenhouse climate control using dynamic decoupling controllers, *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, No 18, pp. 305-310, 2013, <https://doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00064>.
- [6] Chang, S. Chung, W. Fu, and C. Huang, Artificial intelligence approaches to predict growth, harvest day, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a IoT-enabled greenhouse system, *Biosystems Engineering*, Vol. 212, pp. 77-105, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.015>.
- [7] F. Hahn, Fuzzy controller decreases tomato cracking in greenhouses, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 77, No 1, pp. 21-27, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.03.003>.
- [8] H. Benyazza, M. Bouhedda, and S. Rebouh, Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 302, p. 127001, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127001>.
- [9] N. Uchiyama, T. Dewi, and S. Sano, Collision Avoidance Control for a Human-Operated Four Wheeled Mobile Robot, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 228(13), pp. 2278-2284, 2014. <https://doi.org/10.1177/0954406213518523>.
- [10] T. Dewi, N. Uchiyama, S. Sano, and H. Takahashi, Swarm Robot Control for Human Services and Moving Rehabilitation by Sensor Fusion, *Journal of Robotics*, 2014(278659), 11 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/278659>
- [11] Dewi T., Amperawan, Risma P., Oktarina Y., and Yudha D. A., 2020, Finger Cue for Mobile Robot Motion Control, *Computer Engineering and Application Journal*, 9(1), pp. 39-48. doi: 10.18495/COMENGAPP.V9I1.319.
- [12] Dewi T., Risma P., Taqwa A., Rusdianasari, and Renaldi H., 2020, Experimental analysis on solar powered mobile robot as the prototype for environmentally friendly automated transportation, *Proc. iCAST on Engineering Science*, 24-25 Oct 2019, Bali: Indonesia, doi:10.1088/1742-6596/1450/1/012034.
- [13] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, The Concept of Automatic Transport System Utilizing Weight Sensor, Vol. 9, No. 2, pp. 155-163, 2020. doi:10.18495/COMENGAPP.V0I0.339.
- [14] Dewi T., Nurmaini S., Risma P., Oktarina Y., and Roriz M., 2019, Inverse Kinematic Analysis of 4 DOF Pick and Place Arm Robot Manipulator using Fuzzy Logic Controller, *IJECE*, 10(2), pp. 1376-1386. doi:10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.
- [15] T. Dewi, P. Risma, Y. Oktarina, and S. Muslimin, "Visual Servoing Design and Control for Agriculture Robot; a Review", *Proc. 2019 ICECOS*, 2-4 Oct. 2018, Pangkal Pinang: Indonesia, 2018, pp. 57-62, DOI: 10.1109/ICECOS.2018.8605209.
- [16] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, "Fruit Sorting Robot based on Color and Size for an Agricultural Product Packaging System," *Bulletin of Electrical Engineering, and Informatics (BEEI)*, vol. 9, no. 4, pp. 1438-1445, 2020, DOI: 10.11591/eei.v9i4.2353.
- [17] F. Septiarni, T. Dewi and Rusdianasari, Design of a solar-powered mobile manipulator using fuzzy logic controller of agriculture application, *International Journal of Computational Vision and Robotics, Inderscience*, Vol. 12, No. 5, pp. 506-531, 2022. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2022.125356>.
- [18] Y. Oktarina, T. Dewi, P. Risma, and M. Nawawi, Tomato Harvesting Arm Robot Manipulator; a Pilot Project, *Journal of Physics: Conference Series*, 1500, p 012003, *Proc. 3rd FIRST*, Palembang: Indonesia, 2020, DOI: 10.1088/1742-6596/1500/1/012003.
- [19] T. Dewi, C. Anggraini, P. Risma, Y. Oktarina, and Muslikhin, Motion Control Analysis of Two Collaborative Arm Robots in Fruit Packaging System, *SINERGI* Vol. 25, No. 2, pp. 217-226, 2021. <http://doi.org/10.22441/sinergi.2021.2.013>.
- [20] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, Fruit Sorting Robot based on Color and Size for an Agricultural Product Packaging System, *Bulletin of Electrical Engineering, and Informatics (BEEI)*, vol. 9, no. 4, pp. 1438-1445, 2020, DOI: 10.11591/eei.v9i4.2353.
- [21] T. Dewi, Z. Mulya, P. Risma, and Y. Oktarina, BLOB Analysis of an Automatic Vision Guided System for a Fruit Picking and Placing Robot, *International Journal of Computational Vision and Robotics*, Vol. 11, No 3, pp. 315-326, 2021. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2021.115161>.
- [22] Dewi, T., Rusdianasari, R., Kusumanto, R., & Siproni, S. (2022). Pengolahan citra Application on Automatic Fruit Detection for Agriculture Industry. *Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021)*, 9, 47–53. <https://doi.org/10.2991/ahc.k.220205.009>.
- [23] Farooq U., Amar M., Asad M.U., Hanif A., and Saleh S.O., 2014. Design and Implementation of Neural Network of Based Controller for Mobile Robot Navigation in Unknown

- Environment. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 6(2), pp. 83-89. doi:10.7763/IJCEE.2014.V6.799
- [24] Dewi T., Wijanarko Y., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Controller Design for Leader-Follower Robot Navigation, 5th Proc. EECESI, 5(1), pp. 298-303. 16-18 Oct 2018, Malang : Indonesia. doi:10.1109/EECSI.2018.8752696.
- [25] Dewi T., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Simulation as a Teaching-learning Media for Artificial Intelligence Class, *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 12(3), pp. 3-9. doi: 10.14313/JAMRIS_3-2018/13
- [26] Dewi T., Oktarina Y., Risma P., and Kartini S., 2019, Desain Robot Pengikut Manusia Sederhana dengan Fuzzy Logic Controller, Proc. Annual Research Seminar (ARS), 5(1), pp. 12-16, 16 Nov 2019, Palembang: Indonesia.
- [27] Oktarina Y., Septiarini F., Dewi T., Risma P., and Nawawi M., 2019, Fuzzy-PID Controller Design of 4 DOF Industrial Arm Robot Manipulator, *Computer Engineering and Application Journal*, 8(2), pp. 123-136. doi: 10.18495/COMENGAPP.V8I2.300.
- [28] T. Dewi, C. Sitompul, P. Risma, and Y. Oktarina, R. Jelista, M. Mulyati M., Simulation Analysis of Formation Control Design of Leader-Follower Robot Using Fuzzy Logic Controller, Proc 2019 ICECOS, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:10.1109/ICECOS47637.2019.8984433
- [29] Yudha H. M., Dewi T., Hasana N., Risma P., Oktarina, Y. Kartini S., 2019, Performance Comparison of Fuzzy Logic and Neural Network Design for Mobile Robot Navigation, Proc. 2019 ICECOS, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:10.1109/ICECOS47637.2019.8984577
- [30] Larasati N., Dewi T., and Oktarina Y., 2017. Object Following Design for a Mobile Robot using Neural Network. *Computer Engineering and Application Journal*, 6(1), pp. 5-14. doi:10.18495/COMENGAPP.V6I1.189.
- [31] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Roseno M.T., 2017. Neural Network Design for a Mobile Robot Navigation a Case Study. 4th Proc. EECESI. 23-24 Sep. 2017. Yogyakarta: Indonesia. doi:10.1109/EECSI.2017.8239168.
- [32] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Nawawi M., 2017. Neural Network Simulation for Obstacle Avoidance and Wall Follower Robot as a Helping Tool for Teaching-Learning Process in Classroom. 1st Proc. ICEAT, 29-30 November 2017, Mataram: Indonesia. doi:10.1088/1757-899X/403/1/012043
- [33] Risma P., Dewi T., Oktarina Y., and Wijanarko Y., 2019. Neural Network Controller Application on a Visual based Object Tracking and Following Robot. *Computer Engineering and Application Journal*, 8(1). doi: 10.18495/COMENGAPP.V8I1.280.
- [34] Vasilev, Ivan. 2019. Python Deep Learning: Exploring Deep Learning Techniques and Neural Network Architectures with PyTorch, Keras, and TensorFlow.
- [35] Fang, W., Wang, L., & Ren, P. (2020). Timier-YOLO: A Real-Time Object Detection Method for Constrained Environments. *IEEE Access*, 8, 1935–1944. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961959>.
- [36] Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna, "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 2016-Decem, pp. 2818–2826, 2016, doi: 10.1109/CVPR.2016.308.
- [37] E. Wijaya, W. Swastika, and O. H. Kelana, "Implementasi Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network Untuk Diagnosis Covid-19 Dan Pneumonia Pada Citra X-Ray," *Sainsbertek J. Ilm. Sains Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–15, 2021, doi: 10.33479/sb.v2i1.125.
- [38] Iskandar Mulyana and M. A. Rofik, "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 3, pp. 13971–13982, 2022, doi: 10.31004/jptam.v6i3.4825.
- [39] Perri, M. Simonetti, and O. Gervasi, "Synthetic data generation to speed-up the object recognition pipeline," *Electron.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–19, 2022, doi: 10.3390/electronics11010002.