

Implementasi Object Detection Pada Robot Sepak Bola Beroda Berbasis Kamera Omnidirectional Menggunakan Opencv

1st Bagas Musamma Nanda
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bagasnanda@gmail.com

2nd Simon Siregar
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
simon.siregar@tass.telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Ikhsan Sani
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ikhansani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Dalam pertandingan robot sepak bola beroda, robot diharuskan untuk memiliki kemampuan layaknya manusia bermain sepak bola, seperti mengejar dan mendribble bola, menghindari lawan dan menendang bola ke gawang. Object detection adalah salah satu metode yang dapat diimplementasikan agar robot dapat mengidentifikasi objek tertentu. Objek yang diidentifikasi menggunakan algoritma object detection adalah bola futsal berwarna oranye dengan keliling sekitar 60–70cm, robot berwarna hitam doff yang menggunakan identitas warna selendang cyan atau magenta, serta gawang yang berwarna putih. Adanya kemampuan robot untuk melakukan object detection ini adalah agar mempermudah robot dalam mengidentifikasi objek bola, robot lain dan gawang. Sehingga deteksi dan identifikasi objek lebih spesifik dan robot tidak terkecoh dengan objek yang mirip dengan bola, robot atau gawang. Sistem object detection diharapkan bisa mendeteksi dan mengidentifikasi objek dengan akurasi deteksi 70%. Dengan menggunakan sistem kamera omnidirectional dan algoritma object detection, robot sepak bola beroda diharapkan dapat berkerja optimal di atas lapangan berwarna hijau.

Kata Kunci — object detection, kamera omnidirectional

I. PENDAHULUAN

Penerapan teknologi robotik pada bidang industri indonesia telah menjadi tren pada beberapa tahun terakhir. Penggunaan teknologi robot di Indonesia berkembang dengan baik dan mengalami kenaikan. Mugi Harfianza, kepala dari Robotics & Discrete Automation ABB Indonesia, mengatakan bahwa penggunaan robot pada industri Indonesia menggapai kenaikan sekitar 20 persen. Memperhatikan angka tersebut, Indonesia dapat dikatakan memiliki potensi yang bagus dalam bidang robotik. Meskipun jauh perbandingannya dengan negara negara lain seperti Singapura, Thailand, Vietnam dll, implementasi robot di Indonesia dapat mencapai 950 unit pada tahun 2017 dan meningkat hingga 1200 unit pada tahun 2018[1]. Meskipun sudah banyak implementasi ke industri, peranan robot tidak hanya terbatas pada industri saja. Teknologi robotik dapat diarahkan juga ke bentuk pendidikan dan kompetisi robot.

Salah satu ajang kompetisi robotik di Indonesia adalah Kontes Robot Indonesia atau lebih sering disebut dengan KRI. KRI diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional (PUSPRESNAS) dan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. KRI merupakan acara yang diadakan setiap tahun dan diikuti oleh mahasiswa dari berbagai wilayah di Indonesia mulai dari Timur, Tengah dan Barat. KRI terbagi menjadi 6 kategori, yang salah satunya adalah Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda (KRSBI Beroda)[2].

Teknologi yang digunakan pada robot KRSBI Beroda ini adalah lokalisasi dengan menggunakan encoder, computer vision, electromagnetic kicker, dll. Fokus yang dititikberatkan pada penelitian ini adalah pada computer vision. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Muchlis Kurnia yang berjudul Pengembangan Sistem Pengolahan Citra Digital dan Lokalisasi Pada Robot

Sepak Bola Ukuran Sedang[3], sistem deteksi yang dibuat sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dari objek yang di deteksi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan agar dapat mengimplementasikan sistem object detection untuk mengenali gawang, bola, robot cyan dan robot magenta. Sehingga computer vision pada robot tidak terganggu oleh intensitas cahaya dan menggunakan informasi dari klasifikasi object detection.

II. KAJIAN TEORI

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang deteksi bola menggunakan convex hull dan image thresholding[3]. Sistem melakukan deteksi menggunakan algoritma convex hull dilanjutkan dengan image thresholding, memanfaatkan hasil konversi color space RGB bola ke HSV. Proses image thresholding mendeteksi pixel putih dari bola yang kemudian dimanfaatkan untuk tracking bola pada lapangan KRSBI Beroda.

Penelitian lain menggunakan menggunakan OpenCV untuk sistem lokalisasi robot sepak bola beroda[4]. Sistem

memanfaatkan color space HSV dan grayscale agar robot dapat mendeteksi garis garis dan warna lapangan. Deteksi menggunakan gaussian filter untuk noise removal dari gambar aslinya.

Terdapat penelitian deteksi objek menggunakan OpenCV dan PeleeNet[5]. Sistem yang diteliti menggunakan camera 360° untuk mengambil frame dari lingkungan sekitar robot. Bagian sistem object detection menggunakan PeleeNet sebagai realtime object detection. Sistem menggunakan PeleeNet karena memiliki keseimbangan yang baik antara kecepatan, akurasi, dan memory untuk object detection.

Penelitian The 6th ISRSC oleh UGM memanfaatkan color space HSI untuk mendeteksi bola[6]. Sistem pendeteksi bola menggunakan kamera mengarah ke atas dengan cermin hyperbolic untuk merefleksikan lingkungan sekitar robot. Hasil deteksi bola menampilkan Region of Interest (ROI) pada bola yang dideteksi.

Robotic vision system, menggunakan cermin cembung serta library OpenCV untuk image thresholding pada bola[7]. Deteksi bola dilakukan pada thresholding yang memiliki contour terbesar, lalu digunakan untuk mengkalkulasikan posisi, jarak dan sudut bola dari posisi robot.

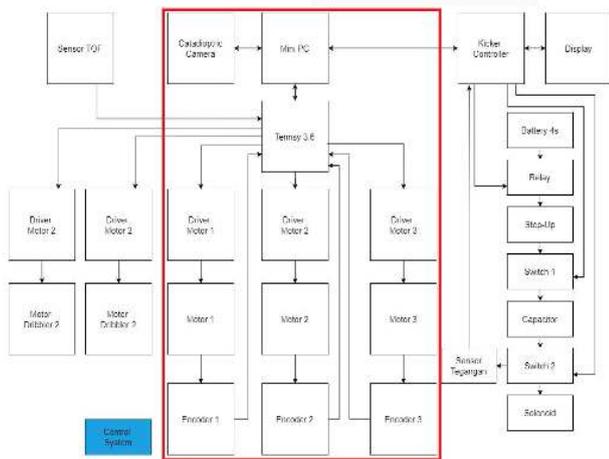
percampuran warna merah, hijau dan biru. HSV (*Hue Saturation Value*) merupakan model warna yang merepresentasikan warna yang dilihat mata manusia. Hasil gambar dengan format warna HSV digunakan untuk melakukan proses algoritma *image thresholding* untuk mendeteksi warna bola dan warna garis lapangan. Hasil dari *image thresholding* digunakan kembali untuk proses algoritma *Convex Hull* yang jika warna bola terdeteksi, maka dilakukan proses untuk menghitung raduis bola, mencari titik tengah bola serta mendapatkan koordinat x,y bola dari posisi robot sekarang. Setelah didapat hasil deteksi, dilakukan *publish node* kepada ROS.

Hasil dari proses algoritma *Convex Hull*, dipakai kembali untuk *image thresholding* warna putih garis lapangan. Hasil *thresholding* adalah terdeteksinya garis lapangan yang selanjutnya diproses untuk mengitung jarak antara robot dengan garis lapangan. Setelah didapat hasil deteksi, dilakukan *publish node* kepada ROS.

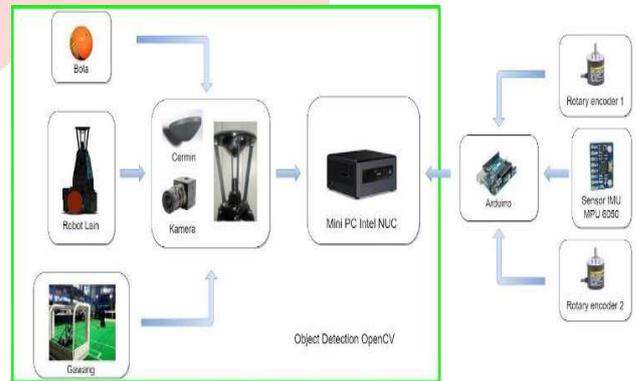
B. Blok Diagram dan Cara Kerja Sistem Usulan

III. METODE

A. Gambaran Sistem Saat Ini



GAMBAR 1 (BLOK DIAGRAM SAAT INI)



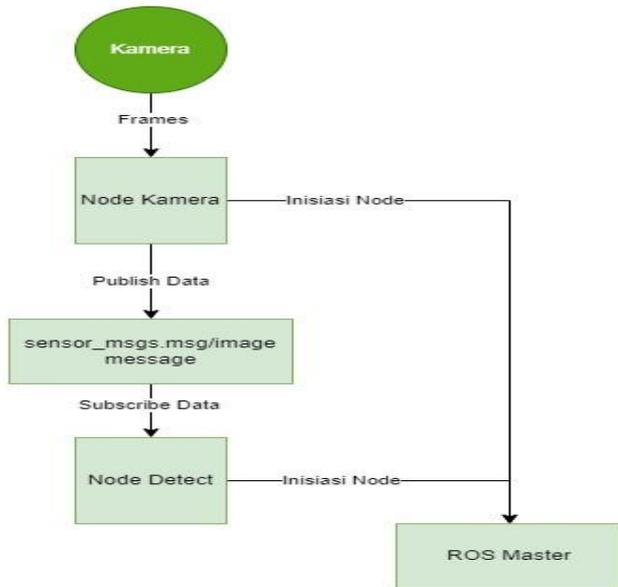
GAMBAR 2 (BLOK DIAGRAM DAN CARA KERJA SISTEM)

Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sistem *object detection* yang mengelola gambar hasil pengambilan *frame* dari kamera dengan *library* OpenCV untuk mendeteksi gawang, robot cyan dan magenta serta bola oranye. *Training* dilakukan sebelum melakukan pengujian deteksi, dengan tujuan agar robot dapat mengenal objek apa yang harus dideteksi. Proses *training* memerlukan *dataset* berupa kumpulan gambar objek yang akan dideteksi. Kamera *omnidirectional* sebagai *robotic vision system*, menangkap gambar objek yang ada pada lapangan, yaitu robot, gawang dan bola. Selanjutnya diteruskan untuk proses pengenalan objek menggunakan *library* OpenCV pada NUC.

Sistem *Computer Vision* yang saat ini berkerja pada robot sepak bola beroda adalah untuk sistem lokalisasi dengan algoritma AMCL dan *Convex Hull*. Sistem ini berkerja dengan mengakses kamera yang kemudian hasil gambarnya dikirim menggunakan *framework* ROS dan diproses untuk melakukan perintah *Ball Tracking* dan *Line Tracking*.

Perintah *Ball Tracking* dilakukan dengan *publishing node* kamera yang kemudian hasil gambarnya diubah format pewarnaannya dari RGB menjadi HSV dengan menggunakan *library* OpenCV. RGB (*Red Green Blue*) adalah model warna yang merupakan hasil dari

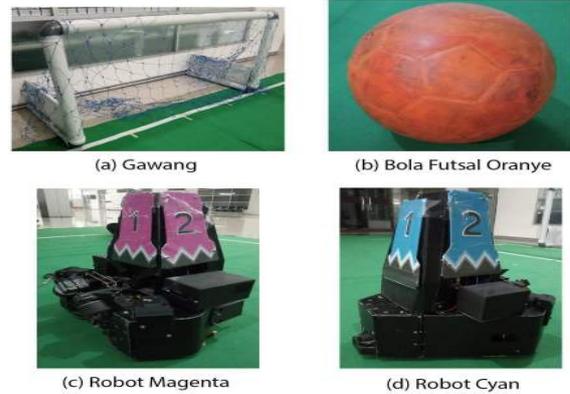
C. Node Graph ROS Sistem Usulan



GAMBAR 3 (NODE GRAPH ROS)

A. Pengujian Object Detection

Pengujian deteksi ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem *object detection* dapat mendeteksi bola, robot cyan, robot magenta, dan gawang. Objek yang akan dideteksi dapat dilihat pada Gambar 6a hingga Gambar 6d. Pengujian dilakukan agar mendapatkan berapa persen akurasi hasil deteksi algoritma terhadap objek yang terdeteksi. Pengujian yang dilakukan merupakan hasil *training* dengan *dataset* yang telah diambil.



GAMBAR 6 (OBJEK YANG DIDETEKSII)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kamera omnidirectional dipasang pada bagian atas robot dan menggunakan resolusi 640x480.



GAMBAR 4 (POSISI KAMERA)



GAMBAR 5 (RESOLUSI 640X480)

Pengujian dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya pada lapangan terlebih dahulu. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu yang berada pada ketinggian sekitar 5 m dari lapangan. Setelah didapatkan intensitas cahaya lapangan, dilakukan pemetaan lapangan berdasarkan intensitas cahaya yang didapat. Lalu, dilakukan pengujian dengan robot menggunakan sistem kamera *omnidirectional* dan mendeteksi objek bola berwarna oranye, robot cyan, robot magenta dan gawang. Resolusi kamera pada saat pengujian ditetapkan pada 640x480. Pengujian dilakukan di atas lapangan hijau KRSBI Beroda. Posisi bola, robot cyan dan robot magenta diletakkan pada wilayah pemetaan. Posisi gawang diletakkan pada posisinya di dalam kotak gawang. Hasil deteksi terhadap objek dapat dilihat melalui *window* yang ditampilkan oleh program. Hasil deteksi akan disimpan ke dalam *file* untuk dianalisa dan dievaluasi.

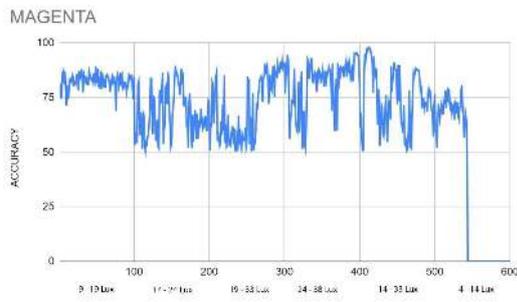


GAMBAR 7 (OBJEK YANG DIDETEKSII)

Gambar 7 merupakan hasil pemetaan lapangan berdasarkan intensitas cahaya yang terukur. Intensitas

cahaya pada lapangan terbagi menjadi enam wilayah mulai dari A hingga F.

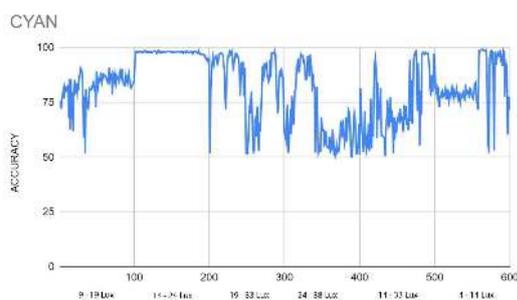
Tiap wilayah yang dipetakan pada lapangan diukur dan dicatat intensitas cahayanya. Wilayah A memiliki intensitas cahaya 9–19 Lux, wilayah B memiliki intensitas cahaya 14–24 Lux, wilayah C memiliki intensitas cahaya 19–33 Lux, wilayah D memiliki intensitas cahaya 24–38 Lux, wilayah E memiliki intensitas cahaya 14–33 Lux, dan wilayah F memiliki intensitas cahaya 4–14 Lux.



GAMBAR 8
(HASIL DETEKSI ROBOT MAGENTA)

Gambar 8 merupakan hasil pengujian yang memberikan informasi akurasi robot magenta pada wilayah lapangan dengan intensitas cahaya tertentu. Wilayah dibagi menjadi enam bagian berdasarkan intensitas cahaya dari lapangan yang memiliki panjang 600 cm.

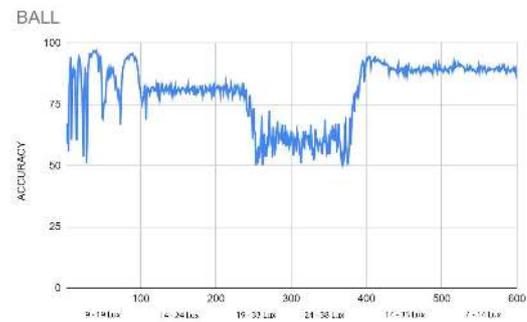
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 8, akurasi robot magenta berada di atas 75% pada saat robot magenta berada pada wilayah A yang memiliki intensitas cahaya 9–19 Lux. Akurasi deteksi robot magenta naik turun pada wilayah lainnya. Namun, akurasi menaik saat intensitas cahaya mendekati 33 Lux. Sistem tidak dapat mendeteksi robot magenta saat robot berada pada wilayah F yang intensitas cahayanya menurun hingga 4 Lux.



GAMBAR 9
(HASIL DETEKSI ROBOT CYAN)

Gambar 9 merupakan hasil pengujian yang memberikan informasi akurasi robot cyan pada wilayah lapangan dengan intensitas cahaya tertentu.

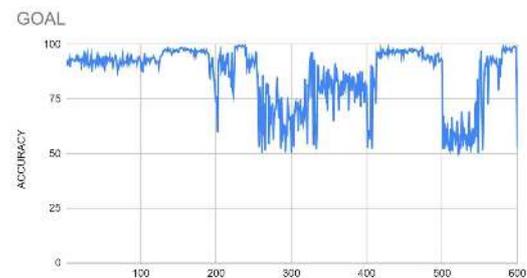
Hasil pengujian pada gambar 9 menampilkan bahwa akurasi deteksi robot cyan menaik pada wilayah A dan stabil pada wilayah B dengan akurasi di atas 80%. Akurasi deteksi robot cyan menurun saat intensitas cahaya meningkat ke 38 Lux dan berada pada akurasi 50%.



GAMBAR 10
(HASIL DETEKSI BOLA)

Gambar 10 merupakan hasil pengujian yang memberikan informasi akurasi deteksi bola pada wilayah lapangan dengan intensitas cahaya tertentu.

Akurasi hasil deteksi bola yang terukur, tinggi di atas 80% pada wilayah E dan F yang memiliki intensitas cahaya menurun dari 33 Lux. Akurasi deteksi bola berada di atas 75% pada wilayah B dan menurun hingga 50% pada wilayah C dan D.



GAMBAR 11
(HASIL DETEKSI GAWANG)

Gambar 11 merupakan hasil pengujian yang memberikan informasi akurasi deteksi gawang pada wilayah lapangan dengan intensitas cahaya tertentu.

Berdasarkan pemetaan intensitas cahaya lapangan pada Gambar 11, intensitas cahaya pada gawang tidak berubah dikarenakan posisi gawang yang selalu berada di dalam kotak gawang. Akurasi deteksi gawang berada di atas 80% pada saat robot cyan, robot magenta dan bola berada pada wilayah A, B dan E. Namun saat ada objek lain di depan gawang, akurasi gawang turun hingga pada akurasi 50%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil pengujian yang didapat, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut. Dari hasil pengujian, object detection pada robot KRSBI Beroda dengan menggunakan kamera omnidirectional dapat diimplementasikan pada robot. Robot dapat melakukan object detection berdasarkan dari warna objek yang di deteksi, yaitu cyan dan magenta untuk deteksi robot, oranye untuk deteksi bola dan pilar putih untuk deteksi gawang.

Intensitas cahaya pada suatu objek mempengaruhi akurasi object detection. Akurasi deteksi objek dapat menyentuh 70%, dengan ketentuan intensitas cahaya

tertentu yang berbeda untuk tiap objek. Deteksi objek robot magenta memiliki akurasi di atas 75% pada saat intensitas cahaya terukur pada 9–19 Lux dan pada kisaran 33 Lux. Akurasi deteksi robot cyan berada pada 80% pada saat intensitas cahaya pada 9–24 Lux. Akurasi deteksi objek bola berada di atas 70% saat intensitas cahaya terukur pada 14–33 Lux. Posisi gawang pada lapangan berada di dalam kotak gawang yang memiliki intensitas cahaya pada kisaran 24–33 Lux. Akurasi gawang berada di atas 70%, namun akurasi menurun saat ada objek lain di depan gawang. Dapat disimpulkan bahwa object detection dapat mencapai akurasi 70% namun dengan intensitas cahaya tertentu untuk tiap objek.

REFERENSI

- [1] Y. M. P. Putra, "Tren Penggunaan Teknologi Robot di Industri Indonesia Naik," 2019.
- [2] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, "Kontes Robot Indonesia 2021," *Puspresnas*, 2021. <https://kontesrobotindonesia.id/index.html>.
- [3] M. M. Kurnia, "CITRA DIGITAL DAN LOKALISASI PADA ROBOT SEPAK BOLA UKURAN SEDANG DEVELOPMENT OF COMPUTER VISION AND LOCALIZATION SYSTEM ON MIDDLE SIZE ROBOT SOCCER," *Univ. Telkom, D3 Teknol. Komput.*, 2019.
- [4] A. Rachmawan, "Penentuan Posisi Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan Rotary Encoder dan Kamera," *Undergrad. thesis, Jur. Tek. Elektro, Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2017.
- [5] Winarno, A. S. Agoes, E. I. Agustin, and D. Arifianto, "Object detection for KRSBI robot soccer using PeleeNet on omnidirectional camera," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 18, no. 4, pp. 1942–1953, 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.V18I4.15009.
- [6] E. I. Ardiyanto *et al.*, "Development of Middle-Sized Mobile Robot FUKURO for Robot Soccer Competition," no. cm, pp. 4–8.
- [7] 'AMMAR and M. AMIRUL, "RANCANG BANGUN ROBOTIC VISION SYSTEM PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA ROBOTIC SCHOOL OF APPLIED SCIENCE (SAS)," *Univ. Telkom*, 2020, [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/163643/rancangbangun-robotic-vision-system-pada-robot-sepak-bola-beroda-roboticschool-of-applied-science-sas-.html>.
- [8] Ros, "ROS - Robot Operating System," *Open Robotics*, 2021. <https://www.ros.org/>.
- [9] Ros, "ROS Introduction," *Open Robotics*, 2018. [://wiki.ros.org/ROS/Introduction](https://wiki.ros.org/ROS/Introduction).
- [10] skyfilabs, "10 Simple ROS Projects for Beginners," *Skyfi Education Labs Pvt. Ltd.*, 2018. <https://www.skyfilabs.com/blog/10-simple-ros-projects-forbeginners>.
- [11] A. Gupta, "Some Amazing Applications of OpenCV Library," *Analytics Vidhya*, 2021. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/09/some-amazingapplications-of-opencv-library/>.
- [12] A. Mordvintsev and A. Rahman, "Introduction to OpenCV-Python Tutorials," *Open Source Computer Vision*. https://docs.opencv.org/4.x/d0/de3/tutorial_py_intro.html.
- [13] OpenCV, "Deep NEural Networks (dnn module)," 2022. https://docs.opencv.org/4.x/d2/d58/tutorial_table_of_content_dnn.html.
- [14] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," *arXiv*, 2018, [Online]. Available: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>.
- [15] J. Solawetz and S. Sahoo, "Train YOLOv4-tiny on Custom Data - Lightning Fast Object Detection," *Roboflow, Inc.*, 2020. <https://blog.roboflow.com/train-yolov4-tiny-on-custom-data-lighting-fastdetection/>.
- [16] P. P. Nasional, K. Pendidikan, and R. Indonesia, "PANDUAN KONTES ROBOT INDONESIA (KRI) TAHUN 2022."