

SISTEM KONTROL GERAKAN GANTRY PADA RUBBER TYRED GANTRY CRANE BERBASIS MACHINE LEARNING

Abdul Kadir Muhammad^{1,*}, Imran Habriansyah², Adi Ardiansa³, Tiara Iqsam Pratiwi^{4,**}
^{1,2,4} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
³ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This research aims to design and develop an automatic object recognition system that can control the gantry movement of a Rubber Tyred Gantry Crane (RTGC) using image processing technology based on machine learning. The proposed system consists of several stages, including Red Green Blue (RGB) image processing, object detection within the area using YOLOv5, early warning for detected objects, and relay control based on the detection results. The object detection data is used to control the gantry movement by measuring the distance of the object from the RTGC by defining the object detection area. This control mechanism is implemented through relay settings that activate or deactivate control signals on the Programmable Logic Controller (PLC), which then triggers the slow down and stop functions of the RTGC. The research results show that the designed system is capable of achieving an average detection accuracy of 91.67%. Thus, this system is effective in controlling the relay On-Off based on the objects detected within the RTGC path.

Keywords: Crane, Object Detection, Relay Control, Machine Learning

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pengenalan objek otomatis yang dapat mengontrol gerakan gantry pada Rubber Tyred Gantry Crane (RTGC) menggunakan teknologi pengolahan citra berbasis *machine learning*. Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengolahan gambar Red Green Blue (RGB), pendeteksian objek dalam area menggunakan YOLOv5, pemberian peringatan dini terhadap objek yang terdeteksi, dan pengontrolan relay berdasarkan hasil deteksi tersebut. Data deteksi objek digunakan untuk mengendalikan gerakan gantry dengan mengukur jarak objek terhadap RTGC dengan cara menentukan area deteksi objek. Mekanisme kendali ini diterapkan melalui pengaturan relay yang mengaktifkan atau menonaktifkan sinyal kendali pada Programmable Logic controller (PLC), yang selanjutnya memicu fungsi *slow down* dan *stop* pada RTGC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mencapai akurasi deteksi rata-rata sebesar 91,67%. Dengan demikian, sistem ini efektif dalam mengontrol On-Off pada relay berdasarkan objek yang terdeteksi di jalur RTGC.

Kata Kunci: Crane, Deteksi Objek, Kontrol Relay, Machine Learning

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar dengan luas 7,7 juta km², memiliki garis pantai terluas keempat di dunia dengan luas 95.181 km² dan memiliki 17.480 pulau sehingga mengandalkan transportasi laut untuk menghubungkan pulau-pulainya[1]. PT. Pelabuhan Indonesia Terminal Petikemas New Makassar menggunakan Rubber Tyred Gantry Crane (RTGC) untuk memindahkan kontainer. Rubber tyred gantry crane (RTGC) Alat pengangkat yang digunakan untuk memindahkan petikemas dari terminal truk ke tempat tumpukan petikemas atau sebaliknya[2]. Dalam proses bongkar muat pergerakan RTGC terutama pada Gerakan gantry operator mengalami kesulitan dalam memantau area jalur yang akan di lewati oleh RTGC karena harus fokus terhadap peti kemas yang sedang diangkat atau dirunkan. Masalah ini menjadi semakin serius karena potensi kecelakaan kerja bisa saja terjadi, mengingat kondisi area operasional RTGC yang tidak selalu terkontrol, terutama terkait kepadatan orang yang berada di kawasan tersebut.

Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah pengontrolan gerakan RTGC telah dilakukan oleh para peneliti seperti, Proses pendeteksian objek yang menggabungkan antara CCTV dan sensor Ultrasonik [3], Sistem anti-tabrakan yang menggunakan pemindai laser 3D milik derek untuk mengukur jarak antar objek di area depan derek[4], Pengembangan sistem penyesuaian otomatis berbasis visi komputer dengan Mask-RCNN dan ROS untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pergerakan RTGC[5], sistem pemantauan berbasis IoT pada Rubber Tyred Gantry Crane untuk meningkatkan keselamatan manusia dan lingkungan[6], dan sistem kontrol posisi,

* Korespondensi penulis: Abdul Kadir Muhammad, email kadir.muhammad@poliupg.ac.id

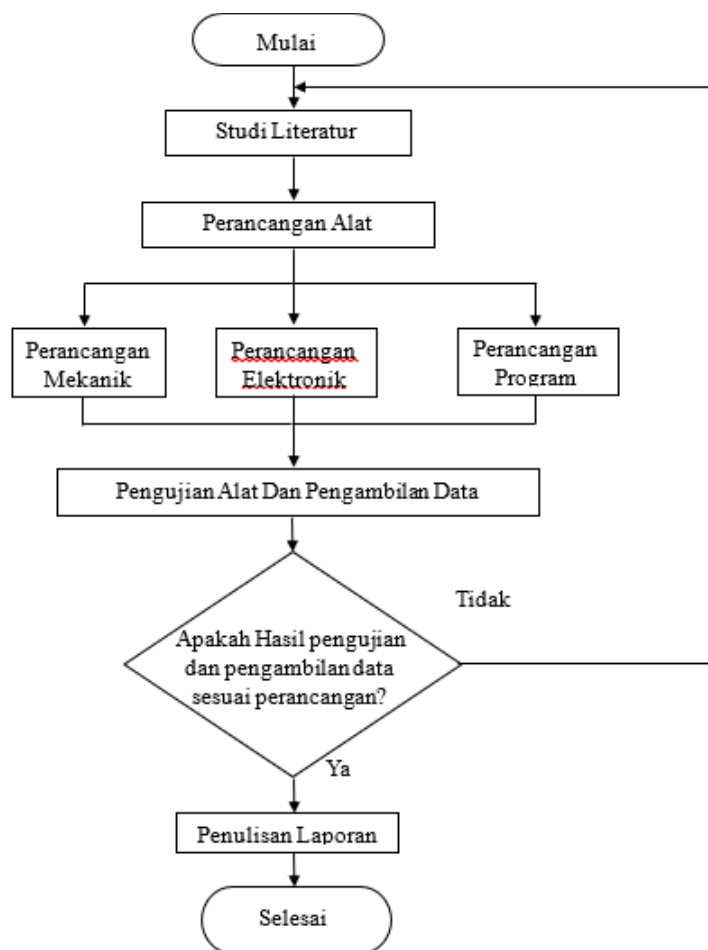
** Mahasiswa

anti-ayun, dan anti-tabrakan pada *Rubber Tyred Gantry Crane* untuk meningkatkan keselamatan manusia dan lingkungan[7].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem pendeteksi objek berbasis *machine learning* yang menggunakan CCTV untuk memvisualisasikan lokasi lintasan RTGC secara *real-time*. Sistem dirancang untuk mendeteksi secara akurat keberadaan objek yang menghalangi atau mendekati jalur RTGC, sehingga mengurangi risiko kecelakaan. Selain itu, sistem dilengkapi dengan mekanisme kendali gerak yang dapat memulai atau menghentikan RTGC secara otomatis berdasarkan hasil deteksi objek. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan operasional, mengurangi kemungkinan kerugian akibat tabrakan dan memastikan kemudahan operasi bongkar muat di pelabuhan.

2. METODE PENELITIAN

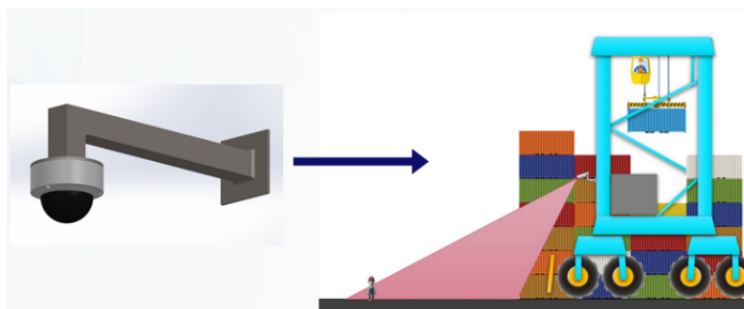
Penelitian ini dilaksanakan di dua lokasi yaitu Politeknik Negeri Ujung Pandang dan PT. Pelindo Terminal Petikemas TPK *New* Makassar. Adapun alur penelitian mulai dari Studi literatur, perancangan alat, dan eksperimen merupakan tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

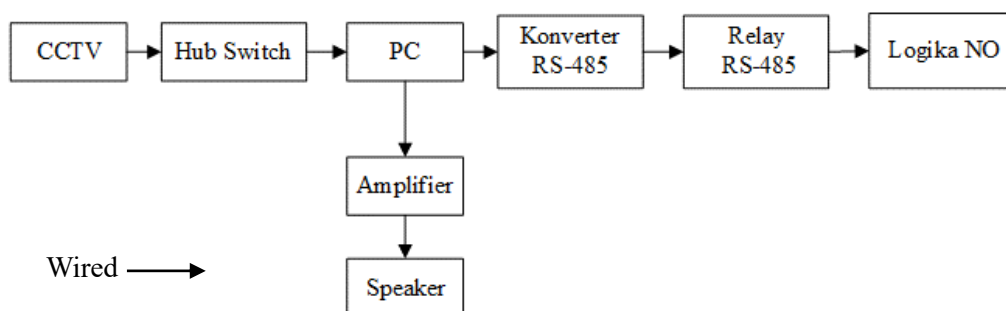
Studi literatur merupakan proses mengumpulkan teori-teori penelitian terdahulu yang serupa dan masi relevan yang di ambil dari sumber buku, jurnal, artikel, *data sheet*, dan publikasi ilmiah yang serupa dengan sistem kontrol gerakan gantry RTGC berbasis *machine learning*. Dari hasil studi literatur tersebut akan dijadikan sebagai landasan dalam proses penelitian ini.

Perancangan alat merupakan tahapan desain perangkat keras mencakup perancangan mekanik, elektronik, dan perancangan program.



Gambar 2. Perancangan Pemasangan CCTV

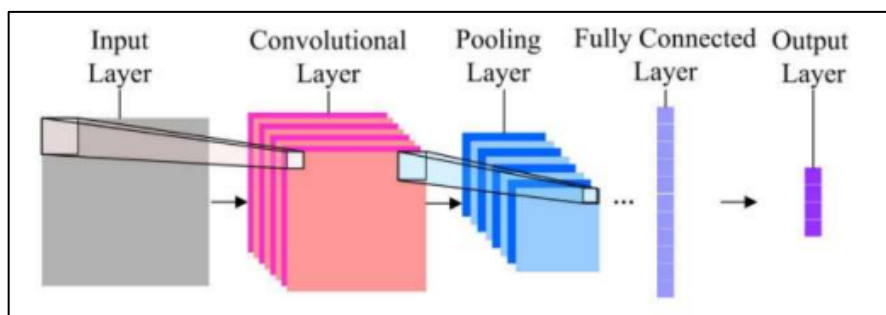
Gambar 2 merupakan perancangan mekanik yang dimana dilakukan pemasangan CCTV yang ideal agar proses deteksi objek dapat dilakukan secara maksimal pada area jalur RTGC dengan cara CCTV dipasang pada bagian tengah kaki penopang RTGC dan memfokuskan pandangan CCTV hanya pada jalur pergerakan RTGC.



Gambar 3. Skematik Diagram Elektronik

Gambar 3 ini menunjukkan sistem kontrol yang menggunakan CCTV untuk memantau kondisi, dengan data dikirim ke PC untuk diproses. PC mengeluarkan peringatan melalui *speaker* dan mengirim sinyal ke *relay* melalui *converter* RS-485. *Relay* digunakan untuk memutus atau menghubungkan arus yang ada pada alat kontrol PLC pada alat tersebut. Sistem ini memungkinkan pemantauan otomatis dan pengendalian gerak motor menggunakan komunikasi RS-485.

Dalam perancangan program ini, teknologi *machine learning* digunakan untuk proses deteksi objek secara otomatis. Algoritma yang diterapkan, seperti “*Convolutional Neural Network (CNN)*” yang digabungkan dengan YOLO, memungkinkan sistem untuk mempelajari pola dari data citra yang diambil oleh CCTV[8]. Struktur jaringan saraf tiruan pada CNN dapat dilihat pada Gambar 4.

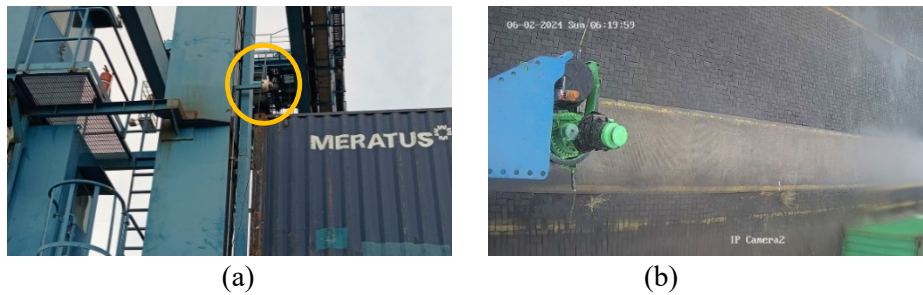


Gambar 4. Model Lapisan Convolutional Neural Network

Proses ini melibatkan pelatihan model pada *data sheet* citra yang berisi berbagai objek, sehingga sistem dapat mengenali dan membedakan objek secara akurat. Setelah pelatihan, model mampu mendeteksi objek dalam gambar secara *real-time* dengan cara membandingkan pola yang sudah dipelajari selama pelatihan. Hasil dari deteksi ini digunakan untuk mengontrol komponen lain seperti *relay* dan PLC, untuk mengatur pergerakan RTGC sesuai kondisi yang terdeteksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

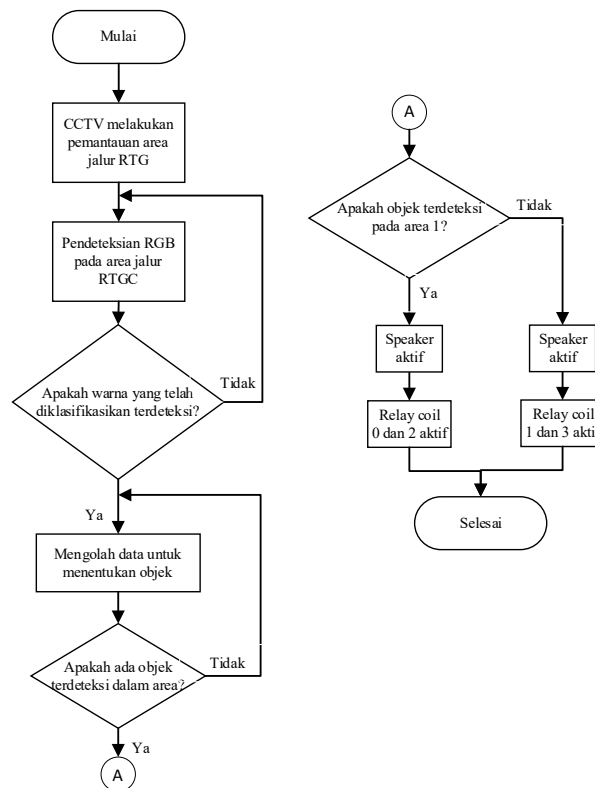
Dalam proses penelitian dilakukan beberapa kali perubahan posisi CCTV yang berbeda dengan hasil akhir dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Posisi CCTV pada RTGC (b) Hasil pandangan CCTV

Posisi CCTV yang di pasang pada *Supporting legs* atau kaki-kaki penopang RTGC dimaksudkan untuk memusatkan pemantauan pada jalur RTGC. Dengan posisi strategis ini, tujuannya adalah untuk meningkatkan kemampuan deteksi pergerakan suatu objek yang sangat penting untuk efisiensi operasional dan keamanan area jalur tersebut.

Perancangan program dilakukan secara berurutan dalam dua langkah, dimulai dengan memproses gambar menggunakan warna RGB, kemudian mengidentifikasi objek dalam gambar yang telah diproses melalui langkah RGB tersebut. Dibawah ini adalah diagram alir prinsip kerja dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 6. Diagram alir prinsip kerja sistem kontrol

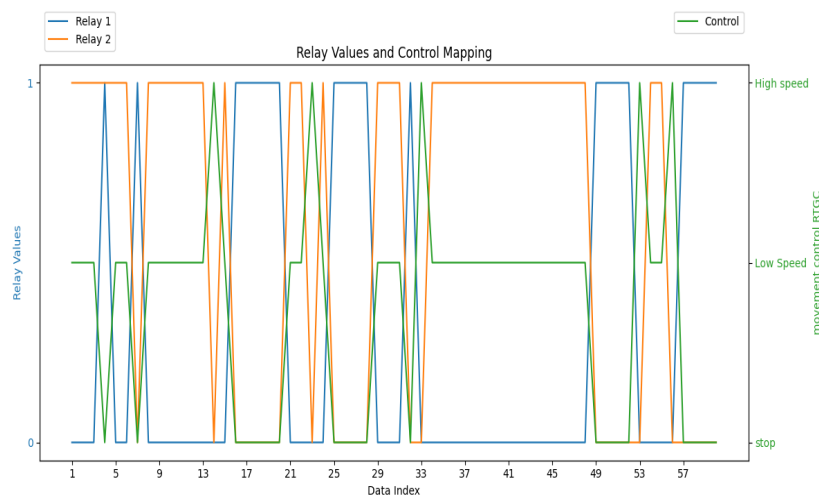
Untuk memudahkan dalam proses pengontrolan gerakan RTGC ketika ada objek, maka dalam proses deteksi diberikan sebuah garis area dimana terdapat dua garis yang menunjukkan area deteksi objek yang telah ditentukan sebelumnya. Garis biru merupakan Area 1, dan garis kuning merupakan Area 2. Garis-garis ini dirancang untuk memastikan bahwa objek hanya akan dideteksi jika memasuki area yang telah ditentukan. Pemisahan area ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi pengontrolan pergerakan RTGC.



Gambar 7. (a) Tampilan saat sistem mendeteksi objek (b) Kondisi relay saat objek terdeteksi

Dalam sistem deteksi yang dibuat ketika sistem mendeteksi objek pada area 1 jalur RTGC atau objek lebih dekat dengan alat RTGC maka *coil* alamat 0 dan 2 pada *relay* akan aktif/*On* yang ditandai dengan lampu *indicator* menyala secara bersamaan dan suara humbaun akan berbunyi sehingga akan terjadi pengontrolan gerakan *stop* pada alat. Data hasil deteksi akan dikirim menggunakan *converter* RS485 ke *relay* RS485. Jika objek berada pada area 2 maka *relay coil* alamat 1 dan 3 akan aktif dan suara himbauan akan berbunyi kemudian terjadi pengontrolan gerakan *slow down* pada alat.

Pada pengujian sistem deteksi objek, terdapat total 60 hasil deteksi yang telah dianalisis. Berdasarkan analisis tersebut, diketahui bahwa yang berhasil terdeteksi sebanyak 55 data, sementara 5 data lainnya tidak terdeteksi.



Gambar 8. Grafik *Output* Sistem Deteksi

Gambar 8 menunjukkan grafik perubahan status *Relay 1*, *Relay 2*, dan kontrol pergerakan RTGC. Garis biru (*Relay 1*) dan orange (*Relay 2*) menunjukkan status *relay* yang berganti antara 0 (*Off*) dan 1 (*On*). Garis hijau merepresentasikan kontrol pergerakan RTGC, dengan status 1 (*stop*), 2 (*low speed*), dan 3 (*high speed*).

Dari hasil pengujian sistem deteksi, kita dapat menghitung rata-rata keberhasilan pendeteksian objek yang dilakukan pada jalur RTGC. Rata-rata keberhasilan pendeteksian ini mencerminkan efektivitas sistem dalam mengenali dan mendeteksi objek yang berada di jalur RTGC. Dengan menggunakan data yang ada, kita bisa menentukan seberapa sering sistem mendeteksi objek dengan benar dibandingkan dengan jumlah total objek yang ada. Untuk mengetahui keberhasilan sistem deteksi maka dapat dihitung dengan cara berikut.

$$Akurasi\ pendeteksian = \frac{jumlah\ data\ terdeteksi}{jumlah\ data\ keseluruhan} \times 100\%$$

$$Akurasi\ Pendeteksian = \frac{56}{60} \times 100\% = 91,67\%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang dapat mengontrol gerakan RTGC menggunakan *image processing* berbasis *machine learning*. Sistem ini mampu mengontrol *On/Off* pada *relay* berdasarkan objek yang terdeteksi dalam area yang telah ditentukan sebagai masukan kontrol PLC untuk mengatur gerakan *slow down* dan *stop* pada alat RTGC dengan rata-rata akurasi pendeteksian sebesar 91,67%. Dengan demikian, sistem ini secara signifikan meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional di terminal petikemas.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada PT. Pelindo Terminal Petikemas TPK *New Makassar* atas dukungan fasilitas dan bantuan pendanaan hibah yang diberikan untuk mendukung proses penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Fitriani and N. Imtiyaz, "Pengaruh Transportasi Laut dalam Mendorong Pertumbuhan Ekonomi Di Sulawesi Selatan," *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, vol. 6, pp. 30–33, May 2023, doi: 10.62012/sensistek. V 6i1.24241.
- [2] J. A. Marpay and S. Rahayuningsih, "Analisis Kinerja Alat Angkat RTG (Rubber Tyred Gantry) Dalam Operasional Bongkar Muat Peti Kemas di PT XZ," 2022. doi: 10.53026/sntem. V 2i1.937.
- [3] Y. P. Yong *et al.*, "Object Detection and Distance Measurement Algorithm for Collision Avoidance of Precast Concrete Installation during Crane Lifting Process," *Buildings*, vol. 13, no. 10, Oct. 2023, doi: 10.3390/buildings13102551.
- [4] V Mannari and T Paasikivi, "Crane Anti - Collision System, Method, Program, and Manufacturing Method," 2022.
- [5] J. Yang, N. Zhu, H. Ji, and B. He, "Rubber Tyred Gantry Automatic Alignment System based on Computer Vision," in *2022 8th International Symposium on System Security, Safety, and Reliability (ISSSR)*, IEEE, Oct. 2022, pp. 85–94. doi: 10.1109/ISSSR56778.2022.00021.
- [6] A. T. Pamungkas, A. K. Muhammad, A. Z. Sultan, and A. Arman, "Implementation of an internet of things-based monitoring system on a rubber tyred gantry crane for human and environmental safety," in *AIP Conf. Proc. 3140*, 2024, p. 030009. doi: 10.1063/5.0221317.
- [7] A. Muh. F. Parenrengi, A. K. Muhammad, and P. Gautama, "Implementation of position control, anti-sway and anti-collision systems on a rubber tyred gantry crane for human and environmental safety," in *AIP Conf. Proc. 3140*, 2024, p. 030011. doi: 10.1063/5.0221319.
- [8] D. Nafis Alfarizi, R. Agung Pangestu, D. Aditya, M. Adi Setiawan, and P. Rosyani, "Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," 2023. [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk>