

Perancangan Sistem Sortir Limbah Plastik Warna Berdasarkan Warna Menggunakan PLC

Fayola Liyani ¹, Aulia Rahma Annisa ^{2*}, Ardiansyah Al Farouq ³, dan Ryan Yudha Adhitya ⁴

^{1,2,3} Program Studi Teknik Komputer, Institut Teknologi Telkom Surabaya

⁴ Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

* Korespondensi: aulia.ra@ittelkom-sby.ac.id

Abstrak: Produksi dan penggunaan terhadap plastik sekali pakai yang semakin meningkat, sehingga diperlukan proses daur ulang pada limbah sampah plastik yang efisien untuk mengurangi dampak negatifnya. Dalam proses daur ulang, diperlukan tahapan proses penyortiran limbah sampah plastik berdasarkan warna yang digunakan untuk mempermudah pada tahapan selanjutnya yang hasilnya nanti akan dilebur menjadi pelet lalu akan digunakan kembali oleh produsen kemasan plastik dan diolah menjadi barang baru yang dapat digunakan kembali. Saat ini, proses penyortiran limbah sampah plastik masih dilakukan secara manual dan membutuhkan tenaga kerja manusia. Pada penelitian sebelumnya sudah terdapat inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu sistem sortir barang berdasarkan warna menggunakan arduino. Pada penelitian ini penulis mengusulkan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan sistem sortir limbah plastik berdasarkan warna menggunakan PLC, dengan deteksi webcam sebagai input dan pneumatik sebagai output. Metode pengambilan deteksi warna menggunakan OpenCV python untuk memproses video dalam analisis citra dan untuk komunikasi PLC dengan PC menggunakan python serial. Proses awal yaitu saat warna dideteksi oleh webcam setelah itu pneumatik akan aktif mendorong limbah plastik tersebut sesuai warnanya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem ini 100% akurat dalam keberhasilan penyortiran warna merah, biru dan hijau. Dalam proses deteksi warna, dibutuhkan waktu rerata yang berbeda antar warna, yakni 6,78 detik, 7,78 detik, dan 8,87 detik untuk warna merah, hijau, dan biru secara berurutan.

Kata Kunci: Programmable Logic Control (PLC); Sistem Automasi; Sistem Sortir

1. Pendahuluan

Berdasarkan data tahun 2021, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melaporkan bahwa total konsumsi plastik nasional mencapai 5,63 juta ton per tahun [2]. Kementerian Perindustrian melaporkan bahwa di Indonesia terdapat sekitar 600 industri besar dan 700 industri kecil yang bergerak di bidang daur ulang plastik. Industri-industri ini memiliki total nilai investasi sebesar Rp7,15 triliun dan mampu memproduksi sekitar 2,3 juta ton plastik per tahun. Selain itu, nilai tambah dari industri daur ulang plastik ini mencapai lebih dari Rp10 triliun setiap tahunnya [5].

Dalam proses daur ulang limbah plastik, dilakukan beberapa langkah antara lain koleksi limbah, penyortiran berdasarkan jenis dan warna, pencucian, *resizing*, pemilahan, kemudian penggabungan. Selama ini, pemilahan limbah plastik berdasarkan kategori warna masih dilakukan secara manual, sehingga memerlukan waktu yang lama, biaya upah yang tinggi, dan rentan terjadi *human error* akibat warna plastik yang hampir serupa.

Hasil penelitian sebelumnya pada sortasi warna buah tomat menunjukkan bahwa otomasi ini cenderung mempercepat pengerjaan dibandingkan cara manual [4]. Hasil yang serupa juga dilaporkan dalam penggunaan sensor TCS3200 dalam penyortiran barang dan pengolahan sampah plastik [3].

Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis melakukan pengembangan model sistem otomasi sortir limbah berdasarkan warna menggunakan pendekatan Programmable Logic Control (PLC) berbasis Mikrokontroler. Prinsip kerja sistem ini adalah pemindahan objek melalui konveyor, kemudian sebuah kamera akan mendeteksi warna pada limbah sampah plastik. Setelah dilakukan klasifikasi warna, pergerakan dilanjutkan dan mekanisme pneumatik akan bekerja untuk mengalihkan limbah sampah plastik ke wadah yang sesuai dengan warnanya. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arisandy et al (2022) dengan menggunakan objek sortir kain menunjukkan *range* jarak deteksi mulai 0 hingga 99 cm, lebih jauh Sagita & Rozany (2017) menjelaskan bahwa pengujian jarak sensor terhadap objek yang optimal adalah 0,75cm.

Rancangan sistem dalam penelitian ini mencoba menggabungkan sistem deteksi berbasis *webcam* dan otomasi pemindahan sampah dengan modifikasi jarak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem penyortir dan pemindah limbah plastik serta melakukan perbandingan efisiensi sistem dengan metode sortir manual. Ke depannya, penelitian ini diharapkan mampu membantu industri daur ulang limbah plastik dalam melakukan sortir limbah plastik lebih efisien dan mengurangi biaya industri.

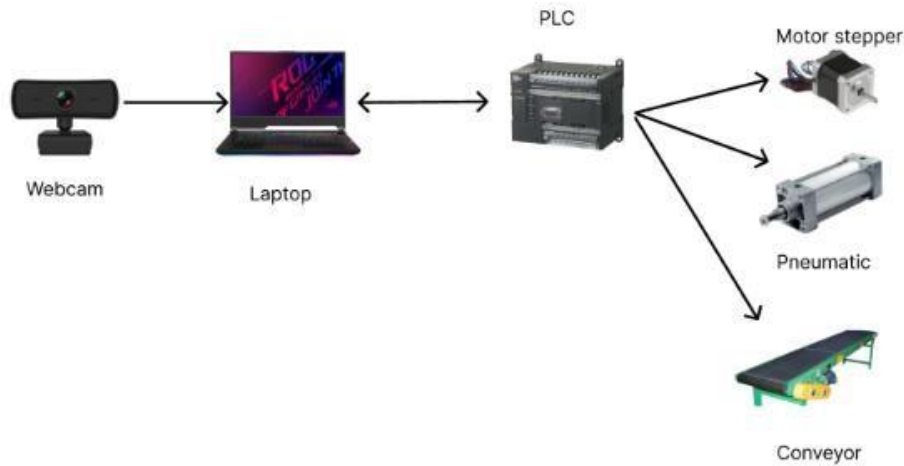
2. Metode

Metode yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), sebuah pendekatan yang digunakan untuk menciptakan atau mengembangkan produk baru. Produk atau pengembangan yang dihasilkan akan diuji untuk menilai efektivitasnya. Penelitian ini dimulai dengan pendalaman pustaka untuk menentukan keperluan dan detail sistem. Adapun rangkaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam perancangan, prosesnya dibagi menjadi dua tahap terpisah. Tahap pertama adalah perancangan perangkat keras (*hardware*), sedangkan tahap kedua adalah perancangan perangkat lunak (*software*). Rangkaian dari *hardware* dan *software* ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan sistem sortir limbah



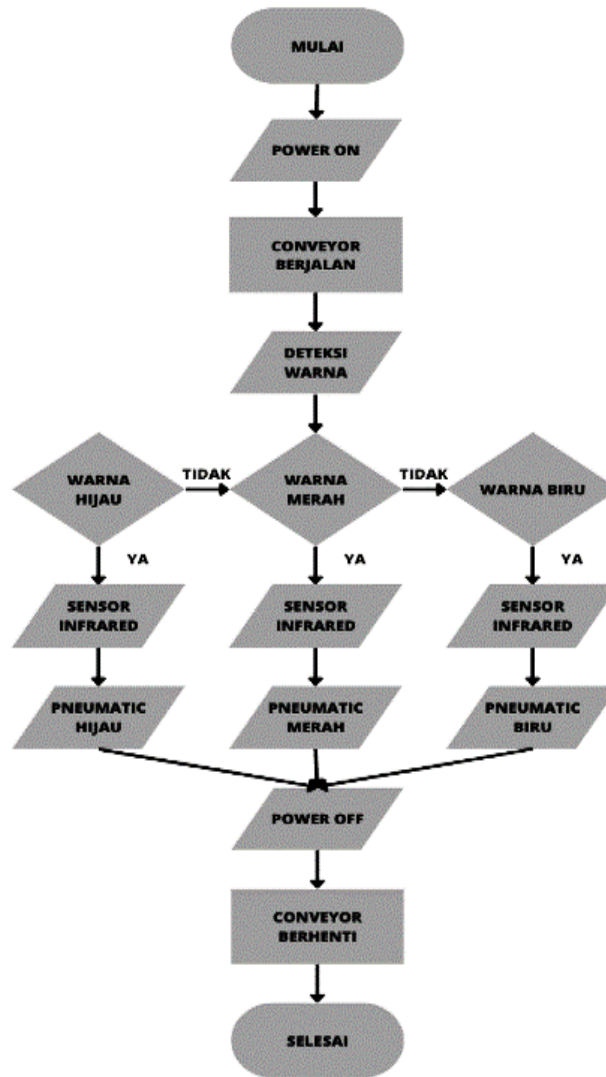
Gambar 2. Blok diagram rancangan sistem penyortir warna limbah plastik

Skema rancangan ini dapat digambarkan sebagai berikut: gerakan konveyor yang akan diatur oleh motor. Limbah sampah plastik berwarna akan diarahkan melalui konveyor menuju kamera *webcam* untuk mendeteksi warna. Setelah itu, limbah sampah plastik akan diidentifikasi warnanya oleh kamera *webcam* yang memiliki kemampuan deteksi warna. Setelah terdeteksi oleh *webcam*, limbah sampah plastik akan dipindahkan menuju pneumatik. Sistem pneumatik akan bergerak sesuai dengan warna yang terdeteksi dan memindahkan limbah sampah plastik ke wadah yang sesuai dengan warna tersebut.

Penjelasan dari blok diagram (Gambar 2) adalah sebagai berikut:

- Webcam*: Berfungsi sebagai pendeteksi dan juga klasifikasi jenis warna limbah plastik warna.
- Pneumatik merah: Berfungsi sebagai penyortir untuk mendorong objek berwarna merah.
- Pneumatik hijau: Berfungsi sebagai penyortir untuk mendorong objek berwarna hijau.
- Pneumatik biru: Berfungsi sebagai penyortir untuk mendorong objek berwarna biru.
- Tempat objek: Berfungsi sebagai tempat untuk objek limbah plastik warna yang telah tersortir dan juga telah dipilah sesuai warna.
- PLC: Berfungsi untuk memproses *input* dan *output* pada sistem tersebut.
- Motor stepper*: Berfungsi untuk arus searah yang dihasilkan nantinya akan diubah menjadi energi mekanis yang berupa putaran atau gerak pada *conveyor*.
- Conveyor*: Berfungsi untuk menggerakkan sistem menuju *webcam* dan setelah itu akan di sortir.

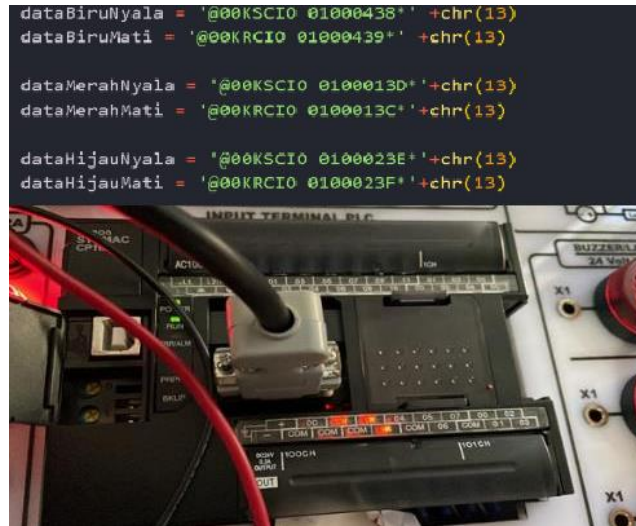
Pada flowchart di Gambar 3 menjelaskan mengenai langkah-langkah cara kerja dari sistem yang dibuat. Dimulai dari *input power on* yang akan menjalankan konveyor lalu webcam akan mendeteksi apakah warna merah, hijau, atau biru. Setelah warna terdeteksi sensor infrared akan mendeteksi dan *output* pneumatik akan aktif sesuai dengan warna yang terdeteksi. Flowchart dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Flowchart sistem

2. Perancangan sistem.

Tahapan perancangan sistem ini dibuat dengan aplikasi visual studio code menggunakan bahasa python. Karena PLC menggunakan warna sebagai *input* yang didapatkan dari *webcam*, diperlukan komunikasi antara *webcam*, PC, dan PLC Omron CPIE. Komunikasi antara PC dan PLC dilakukan dengan menggunakan kabel USB to serial RS232 dan kabel *male to female*. Program selanjutnya yaitu python serial pada visual studio code sebagai komunikasi antara PC dengan PLC, dengan melakukan *import* serial pada python lalu memasukkan serial *port com*, *baudrate*, *databits*, *timeout*, dan juga *parity*. Selanjutnya dilakukan penambahan kode program KS (forced set) Header code KS berfungsi untuk mengaktifkan bit pada alamat word yang dituju (0 →1), dan juga untuk mengirimkan data dari Python serial ke PLC. Pada tahap akhir, dilakukan konfirmasi keberhasilan pemrograman visual studio code dalam mengirim dan menerima data ke PLC dengan *output address* 100.01, 100.02, 100.04 yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan code data warna dan PLC saat berhasil menerima kiriman data dari visual studio code

3. Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem digunakan untuk mengetahui dengan baik kinerja sistem di setiap bagian dan keseluruhan sistem serta mendapatkan hasil pengujian yang valid. Pengujian sistem pada penelitian ini berfokus pada sistem sortir limbah sampah plastik berdasarkan warna. Pengujian ini bertujuan untuk mengobservasi kemampuan sortir menggunakan *image processing* dari *webcam* dan untuk mengetahui akurasi dari pneumatik saat mendorong limbah plastik warna.

Tahapan pengujian ini adalah sebagai berikut:

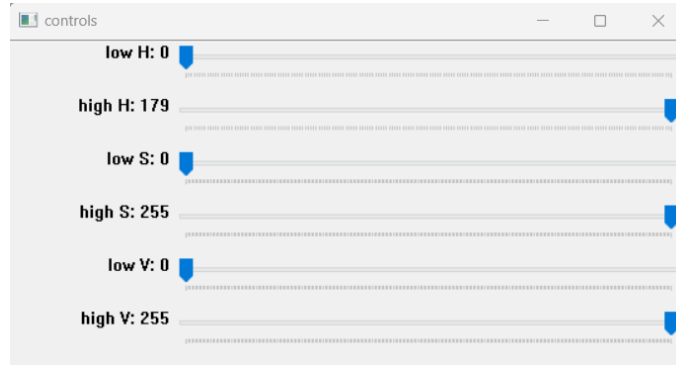
- a. *Webcam* ditempatkan di lokasi awal sebelum pneumatik.
- b. Limbah plastik berwarna ditempatkan di titik awal sebelum dideteksi oleh *webcam*.
- c. Pada tahap awal, gerakan disusun sedemikian rupa sehingga limbah plastik warna dapat disortir.
- d. Pengujian dilakukan berulang dengan variasi warna bergantian, termasuk warna merah, hijau, dan biru.

2. Hasil dan Analisis

Hasil penelitian ini menunjukkan keberhasilan tahapan kalibrasi menggunakan modul yang diverifikasi dengan pengujian *real-time*. Pendekatan pengujian sistem juga dilaporkan secara menyeluruh untuk menentukan presisi dan efisiensi kerja sistem.

- a. Hasil percobaan identifikasi warna menggunakan *webcam*

Kalibrasi warna merupakan sebuah proses penyamaan warna dan kecerahan, sehingga dapat dihasilkan warna yang jelas dan tajam. Hal ini dilakukan dengan menentukan nilai *range* warna merah, hijau dan biru didapatkan dari proses HSV dan mencari nilai *h_low*, *h_high*, *s_low*, *s_high*, *v_low*, *v_high* (Gambar 5). Setelah pengaturan *range high and low* HSV, hasil seperti gambar 6 yang mengambil sampel warna merah, untuk deteksi spesifik warna dan mengeliminasi warna lainnya. Warna tujuan (dalam hal ini merah) akan menjadi putih, sementara warna lainnya dikonversi menjadi hitam sehingga tidak terdeteksi (Gambar 6).



Gambar 5. Kontrol menentukan *low and high* HSV



Gambar 6. Proses kalibrasi mengambil warna RGB dan hasil proses setelah menentukan HSV

Tabel 1. Hasil data percobaan setelah penentuan HSV

Warna	Kondisi					
	<i>Low H</i>	<i>High H</i>	<i>Low S</i>	<i>High S</i>	<i>Low V</i>	<i>High V</i>
Merah	0	8	171	255	91	255
Hijau	33	89	138	255	33	255
Biru	91	139	157	255	94	210

Setelah proses kalibrasi tersebut, dapat ditentukan nilai *low and high* HSV pada 3 sampel warna yaitu warna merah, hijau dan juga biru. Dapat dilihat pada Tabel 1 data hasil percobaan *low and high* HSV pada RGB

b. Hasil percobaan mendeteksi warna secara *real-time*

Pengujian deteksi warna dilakukan sebanyak empat kali dengan menggunakan 4 sampel warna yaitu warna merah, hijau, biru dan abu-abu. Pada sistem ini hanya mengambil warna merah, hijau, dan biru dikarenakan warna tersebut adalah salah satu warna dasar segala objek dalam kehidupan sehari-hari yang sering digunakan dalam bidang pengolahan citra digital. Hasil pengujian deteksi warna menunjukkan bahwa sistem telah merespon dengan jelas dan mampu mengidentifikasi warna merah, hijau, dan biru. Sistem tidak dapat menerjemahkan warna abu-abu yang tidak diprogramkan. Hasil ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengujian *real-time* terhadap warna

Tabel 2. Hasil pengujian sistem

Warna dideteksi	Waktu proses (detik)	Warna	Hasil
Warna merah	6,64	Terdeteksi	Pneumatik merah berhasil bergerak
Warna merah	6,93	Terdeteksi	Pneumatik merah berhasil bergerak
Warna merah	7,05	Terdeteksi	Pneumatik merah berhasil bergerak
Warna merah	6,52	Terdeteksi	Pneumatik merah berhasil bergerak
Warna merah	6,52	Terdeteksi	Pneumatik merah berhasil bergerak
Warna hijau	6,78	Terdeteksi	Pneumatik hijau berhasil bergerak
Warna hijau	8,22	Terdeteksi	Pneumatik hijau berhasil bergerak
Warna hijau	8,19	Terdeteksi	Pneumatik hijau berhasil bergerak
Warna hijau	8,14	Terdeteksi	Pneumatik hijau berhasil bergerak
Warna hijau	7,89	Terdeteksi	Pneumatik hijau berhasil bergerak
Warna biru	7,7	Terdeteksi	Pneumatik biru berhasil bergerak
Warna biru	8,44	Terdeteksi	Pneumatik biru berhasil bergerak
Warna biru	9,4	Terdeteksi	Pneumatik biru berhasil bergerak
Warna biru	9,2	Terdeteksi	Pneumatik biru berhasil bergerak

Prototipe sistem yang telah dikembangkan menjalani serangkaian pengujian untuk memvalidasi kemampuannya dalam menyortir berdasarkan warna menggunakan *webcam*. Proses pengujian sistem dilakukan dengan meletakkan objek sebelum *webcam*, dan pneumatik ditempatkan setelah *webcam*. Setelah objek terdeteksi oleh *webcam*, pneumatik akan bergerak untuk mendorong objek masuk ke dalam wadah yang sesuai dengan warnanya. Adapun data hasil

pengujian ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 yang disajikan, data mengenai sistem sortir limbah plastik berdasarkan warna menggunakan PLC dan *webcam* dijelaskan. Hasil yang tercatat dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk limbah plastik berwarna merah, waktu proses rata-rata adalah sekitar 6,78 detik. Sementara itu, untuk limbah plastik berwarna hijau, waktu proses rata-rata adalah sekitar 7,78 detik. Sedangkan untuk limbah plastik berwarna biru, waktu proses rata-rata adalah sekitar 8,87. Waktu proses deteksi warna pada sistem ini memiliki rentang yang bervariasi, yakni antara 6,52 detik hingga 9,43 detik. Sistem tidak akan mendeteksi warna selain merah, hijau, dan biru tidak akan tersortir dan *webcam* tidak mendeteksi warna tersebut. Lamanya waktu proses ini tergantung pada warna yang sedang dideteksi. Fungsi pneumatik pada sistem ini yaitu sebagai *output* yang membantu mendorong limbah plastik berwarna untuk tersortir pada tempat sesuai warnanya. Pada sistem ini mempunyai 3 pneumatik yang fungsinya sama tetapi dibedakan dengan pneumatik yang akan mensortir warna merah, pneumatik yang akan mensortir warna hijau, dan pneumatik yang akan mensortir warna biru. Pada tabel 2 tersebut mencatat hasil deteksi warna untuk warna merah, hijau, dan biru pada setiap kasus. Dari data yang tercatat, dapat disimpulkan bahwa semua warna berhasil dideteksi pada setiap pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali warna-warna yang telah ditentukan. Keberhasilan dalam deteksi semua warna ini merupakan indikator positif bahwa sistem ini dapat secara akurat dan efisien mengidentifikasi berbagai warna yang menjadi fokus penelitian. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pneumatik berhasil bergerak setelah deteksi warna yang tepat. Hal ini menandakan bahwa sistem berhasil melakukan tindakan yang diinginkan, yaitu menggerakkan pneumatik sesuai dengan deteksi warna yang telah dilakukan. Keberhasilan ini mengindikasikan kinerja yang baik dari sistem, sehingga proses penyortiran limbah plastik berdasarkan warna dapat berjalan secara efektif dan akurat.

Secara menyeluruh, sistem sortir limbah plastik berdasarkan warna menggunakan PLC dan *webcam* telah berhasil dalam mendeteksi dan memproses limbah plastik sesuai dengan warna yang ditentukan. Waktu proses, deteksi warna, dan penggerak pneumatik berjalan dengan lancar sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Hal ini menandakan keberhasilan dan efektivitas sistem dalam melakukan proses penyortiran limbah plastik berdasarkan warna, yang dapat berpotensi untuk diterapkan secara lebih luas dalam pengolahan limbah plastik secara efisien dan akurat.

3. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil dalam menyortir limbah sampah plastik warna berdasarkan warna dengan penggunaan PLC sebagai otak sistem dan *webcam* sebagai sensor warna telah membuktikan keberhasilannya dalam mendeteksi dan memisahkan limbah plastik berdasarkan warnanya. Dengan data waktu proses rata-rata deteksi warna merah adalah sekitar 6,78 detik. Sementara itu, waktu proses rata-rata untuk deteksi warna hijau adalah sekitar 7,78 detik. Selanjutnya, warna biru memiliki waktu proses rata-rata sekitar 8,87 detik. Tingkat akurasi keberhasilan sistem ini 100% dalam mensortir limbah plastik berdasarkan warnanya.

Sistem ini memiliki tingkat keberhasilan yang layak, sehingga diharapkan sistem ini dapat diaplikasikan dalam membantu mensortir limbah plastik berdasarkan warna secara otomatis dan

dapat menjadi solusi dalam permasalahan sortir limbah plastik berdasarkan warna yang masih manual dan masih membutuhkan tenaga kerja manusia.

Referensi

1. Arisandy, Z., Haykal, T. M., & Purba, A. M. Rancang Bangun Alat Sortir Bahan Kain Berdasarkan Degradasi Warna Dengan Kontrol Outseal PLC. Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP), 2022, 3(1), 926–933.
2. Astriani, L., Mulyanto, T. Y., Bahfen, M., & Dityaningsih, D. Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Melalui Produk Kreatif dari Pengolahan Sampah Plastik. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ, 2021, 1(1).
3. Jannah, W. Proses Pengolahan Sampah Plastik di Lembaga Generasi Bintang Sejahtera. JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan), 2019, 3(1).
4. Joko, T. Perancangan Alat Sortasi Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Arduino. Universitas AMIKOM Yogyakarta. 2017.
5. Pratama, A. W., Yudiarti, D., & Hidayat, M. N. Perancangan Folding Stool Menggunakan Limbah Plastik. EProceedings of Art & Design, 2022, 9(3).
6. Safaris, A., & Effendi, H. Rancang bangun alat kendali sortir barang berdasarkan empat kode warna. JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional), 2020, 6(2), 391–402.
7. Sagita, H., & Rozany, B. A. “Model Sistem Automasi Sortir Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Programmable Logic Control Berbasis Mikrokontroler. Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi, 2017, 6(1), 1367–1374.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

