
REKA CIPTA MESIN SORTIR WARNA BENDA MENGGUNAKAN KAMERA PIXY2 CMUCAM5

Sukma Meganova Effendi¹, Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami², Nugroho Budi Wicaksono³

Author Address; sukma@usd.ac.id

¹ Program Studi Mekatronika, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

^{2,3} Program Studi Teknologi Elektromedis, Universitas Sanata Dharma, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Received: 20 Desember 2022 Revised: 15 Januari 2023

Accepted: 25 Maret 2023

Abstract: Tools of media is an important things in the learning process. Mechatronics systems that have complex circuits and controllers are not easily understood by Level 1 and 2 Students. This research applies the R&D method of Sugiyono to produce sorting machines that are easy to use and learn. The Pixy2 CMUcam5 camera is used for color detection. The controller circuit are used is Karnaugh Map circuit using Digital IC (NOT-AND-OR) and Arduino Uno. The color combinations processed in Karnaugh Map controller circuit are sorting 1 color (Red-R/ Green-G/ Blue-B), 2 colors (R&G/ R&B/ G&B), and 3 colors (R&G&B). Results of this sorting machine are can be operated easily, reprogrammed for both object color detection and DC motor & servo motor control, and rebuilt for the Karnaugh Map series. Validation of this study resulted in improvements to the initial turntable design which was improved with a timing belt mechanism to stabilize the turntable rotation. Lighting of indoor/outdoor does not affect the system because the Pixy2 has an internal LED so that the color is detected properly. The results of sorting with the final turntable design have good performance with an average success of 97,96% and a standard error of 0,58.

Keywords: Pixy2 CMUcam5, sorting, color detection

Abstrak: Media pembelajaran merupakan sarana yang penting dalam proses pembelajaran. Sistem Mekatronika yang memiliki rangkaian dan pengendali yang kompleks tidak mudah dipahami oleh Mahasiswa Tingkat 1 dan 2. Untuk itu, penelitian yang menerapkan metode research & development Sugiyono ini bertujuan untuk menghasilkan mesin sortir yang mudah digunakan dan dipelajari. Sensor kamera Pixy2 CMUcam5 digunakan untuk pendeteksian warna benda. Rangkaian pengendali yang digunakan adalah rangkaian Karnaugh Map menggunakan IC Digital (NOT-AND-OR) dan Arduino Uno. Kombinasi warna benda yang diproses dalam rangkaian pengendali Karnaugh Map adalah pensortiran 1 warna benda (Merah-R atau Hijau-G atau Biru-B), 2 warna benda (R&G atau R&B atau G&B), dan 3 warna benda (R&G&B). Mesin sortir yang dihasilkan dapat dioperasikan dengan mudah, diprogram ulang baik untuk pendeteksian warna benda maupun pengendalian motor DC dan motor servo, dan dirangkai ulang untuk rangkaian Karnaugh Map. Tahap validasi penelitian ini menghasilkan perbaikan pada desain meja putar awal yang diperbaiki dengan mekanisme timing belt untuk menstabilkan putaran meja putar. Cahaya di dalam maupun di luar ruangan tidak mempengaruhi sistem karena kamera Pixy2 memiliki lampu internal sehingga warna benda dideteksi dengan baik. Hasil pensortiran dengan desain meja putar akhir memiliki performa yang baik dengan rata-rata keberhasilan sebesar 97,96% dan kesalahan standar sebesar 0,58.

Kata kunci: Pixy2 CMUcam5, pensortiran, deteksi warna

PENDAHULUAN

Media pembelajaran berupa Sistem Mekatronika dalam bentuk yang sederhana baik dalam hal dimensi maupun tingkat kesulitan, tetapi dapat digunakan untuk beberapa Mata Kuliah atau Mata Pelajaran masih sedikit. Media pembelajaran yang dibuat pada penelitian

sebelumnya, lebih spesifik hanya dapat digunakan dalam satu Mata Kuliah atau Mata Pelajaran.

Pengembangan perangkat pembelajaran Mekatronika yang dilakukan oleh (Kurniawan & Budijono, 2013) difokuskan pada pendalaman materi *Programmable Logic Controller* (PLC) yang berbasis komputer, silabus, satuan acara perkuliahan, lembar penilaian, lembar kegiatan mahasiswa, dan tes hasil belajar. Penelitian yang dilakukan (Saviraningsih et al., 2022) mengembangkan pembelajaran berbasis android dan hanya digunakan pada Mata Pelajaran Dasar Listrik dan Elektronika. Pengembangan media pembelajaran lain oleh (Prapaskah et al., 2020) dibuat untuk Mata Kuliah Mekatronika, tetapi pengembangan difokuskan pada pembuatan trainer kit pneumatik beserta panduannya, sedangkan (Adji et al., 2020) membuat media pembelajaran berupa trainer kit dan *jobsheet* elektropneumatik yang digunakan untuk pembelajaran pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik.

Trainer kit disediakan di laboratorium untuk mahasiswa tingkat 1 dan 2, pada umumnya hanya digunakan untuk satu Mata Kuliah atau berupa modul dasar yang tidak terdapat bentuk aplikasinya. Program Studi Mekatronika, Universitas Sanata Dharma (USD) memiliki peralatan atau media pembelajaran dengan Sistem Mekatronika, tetapi memiliki kompleksitas yang tinggi sehingga bagi mahasiswa tingkat 1 dan 2 belum mampu untuk memahami. Dalam proses pembelajaran di tingkat 1 dan 2, Sistem Mekatronika perlu ditunjukkan sejak awal, dimana Sistem Mekatronika yang dipelajari dihasilkan berdasarkan aplikasi ilmu yang sudah dipelajari sejak tingkat 1 dan 2 tersebut. Dampak dari hal tersebut, mahasiswa akan lebih mudah memiliki gambaran bagaimana mengaplikasikan ilmu ke dalam sebuah alat (sistem).

Selain itu, fenomena yang terjadi di Prodi Mekatronika, USD saat mempelajari setiap Mata Kuliah hampir sama, yaitu mahasiswa tidak memiliki gambaran aplikasi masing-masing ilmu ke dalam sebuah sistem. Teknik Digital yang erat kaitannya dengan Bilangan Biner direpresentasikan dengan nilai '0' dan '1' dan nilai ini cukup abstrak sehingga mahasiswa tidak dapat menggambarkan bagaimana mengaplikasikan sinyal informasi baik input maupun output dari nilai tersebut dalam sebuah sistem. Sebagai sensor tunggal yang hanya dipelajari sebatas pembacaan output menjadi kurang bermakna karena pembacaan output sensor tunggal dengan menggunakan program mikrokontroler tidak terlihat aplikasinya karena tidak ada output sebagai aktuator atau indikator. Pembuatan program dengan mikrokontroler yang hanya berbasis modul praktik mengalami kesulitan yang sama, yaitu kesulitan dalam membuat program untuk sistem yang baru.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, pada penelitian ini dihasilkan sebuah Sistem Mekatronika berupa mesin sortir warna benda dengan menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 yang dibuat dengan mengaplikasikan ilmu yang dipelajari pada tingkat 1 dan 2. Mesin ini merupakan sebuah inovasi dengan menggunakan metode penelitian *Research & Development* (Sugiyono, 2011) yang dibuat dengan menerapkan beberapa ilmu yang sudah dipelajari, yaitu Teknik Digital, Pemrograman Mikrokontroler, Elektronika, Sensor, dan Desain Mekanik (Gambar Teknik). Dengan menggunakan mesin ini, aplikasi dari masing-masing ilmu akan tampak jelas sehingga mahasiswa menjadi lebih mudah memahami materi dari ilmu yang diberikan.

Mesin sortir (Ni San Hlaing et al., 2019) memiliki kemampuan untuk mendeteksi warna dan melakukan penyortiran berdasarkan warna yang dideteksi serta mengirimkan benda menuju bak penampung sesuai warna benda. TCS3200 digunakan untuk mendeteksi warna benda (Ni San Hlaing et al., 2019), (Vandana et al., 2021) dan mikrokontroler Arduino Uno bekerja sebagai pengendali dari keseluruhan kerja mesin (Safaris & Effendi, 2020), sedangkan (Sachdeva et al., 2017) menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Mesin otomatis yang dibuat (Ali & Ali, 2017) digunakan untuk proses sortir dan pengemasan berdasarkan warna dan dimensi benda serta memiliki kemampuan untuk mengendalikan kecepatan motor. Pendeteksian dimensi dan warna benda menggunakan sensor proximity, ultrasonic, dan LDR. Pengendali yang digunakan adalah PLC (Ali & Ali, 2017), (Yadav et al., 2019); (Sasidhar et al., 2018), (Vandana et al., 2021).

Pixy2 CMUcam5 digunakan pada mesin sortir ini sebagai sensor untuk mendeteksi warna benda. Kamera sudah banyak diterapkan di industri sebagai sensor karena banyak manipulasi pengolahan citra yang dapat dilakukan dari gambar yang dihasilkan, baik dari warna, dimensi, bentuk, dan penelusuran (*tracking*). Akan tetapi, pada penelitian ini, kamera hanya digunakan sebatas pengenalan warna benda. Vision system yang diterapkan di industri memberikan performa cepat dalam mendeteksi produk dan mengurangi waktu proses (Abbood et al., 2019) sehingga produktivitas semakin meningkat. Keakuratan proses sortir dalam pendeteksian warna objek menggunakan kamera Pixy2 juga ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan (Jalal Al-Sammaraie & Özbek, 2021). Pendeteksian warna objek dengan menggunakan kamera Pixy2 memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dan rata-rata kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan TCS3200 pada saat keduanya diintegrasikan ke dalam sistem konveyor. Oleh karena itu, pembelajaran menggunakan kamera menjadi penting seiring dengan perkembangan teknologi yang

digunakan di industri dan kemampuan analisa pengolahan citra yang lebih unggul dibandingkan dengan sensor warna saja.

METODE PENELITIAN

Mesin Sortir ini dibuat menggunakan metode penelitian *Research & Development* dengan mengadaptasi model pengembangan Sugiyono yang dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu penggalan potensi dan masalah, pengumpulan informasi, desain produk, validasi desain, perbaikan desain, pembuatan produk, uji coba produk, dan revisi produk (Sugiyono, 2011). Penelitian ini akan menghasilkan sebuah mesin sortir warna benda menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan pengendali rangkaian elektronika Karnaugh Map serta Arduino Uno. Pada penelitian selanjutnya, mesin ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang memberikan gambaran secara jelas tentang aplikasi dari materi-materi (Mata Kuliah) yang sudah dipelajari ke dalam Sistem Mekatronika.

Setiap akhir semester mahasiswa memiliki proyek yang berbeda-beda untuk setiap Mata Kuliah. Potensi dan masalah yang terjadi muncul dan terlihat pada penyelesaian proyek tersebut. Dari setiap proyek, mahasiswa tidak dapat menyelesaikan secara sempurna dan mandiri. Salah satu Mata Kuliah di Prodi Mekatronika, USD yang merupakan perwujudan integrasi dan aplikasi materi dari beberapa Mata Kuliah adalah Workshop. Alat yang dihasilkan merupakan salah satu bentuk Sistem Mekatronika berupa sistem konveyor yang setiap semesternya memiliki kompleksitas yang semakin bertambah. Dalam sistem tersebut, mahasiswa diminta untuk membuat dan memodifikasi sistem konveyor yang dapat berjalan sesuai dengan berat benda yang melintas, mulai dari desain, kerangka, rangkaian pengendali, sampai dengan membuat program. Konveyor yang dihasilkan tidak selalu berhasil diselesaikan dengan baik. Program tidak dapat diselesaikan dengan baik karena mahasiswa kesulitan membuat logika kerja dari sistem. Cara kerja dari rangkaian elektronika tidak dapat dijelaskan dengan baik pada saat diuji. Dan nilai akhir dari Mata Kuliah Workshop ini $\pm 20\%$ mendapat A dan sisanya $\pm 80\%$ adalah B dan C.

Proyek dalam Mata Kuliah Teknik Digital, Pemrograman Mikrokontroler, Elektronika, Sensor, dan Desain Mekanik (Gambar Teknik) juga tidak dapat diselesaikan secara maksimal sehingga Sistem Mekatronika yang kompleks pada tingkat 3 sampai 5 juga tidak dapat diselesaikan dengan baik. Permasalahan yang dihadapi adalah mahasiswa tidak mampu mengaplikasikan materi yang sudah dipelajari ke dalam sebuah sistem. Untuk itu, mesin sortir yang tidak terlalu kompleks, tetapi aplikasi dari beberapa ilmu terdapat di dalamnya

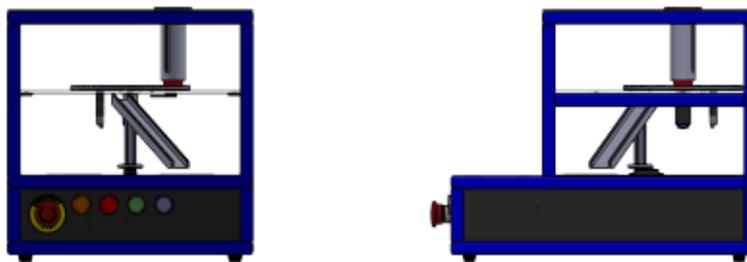
dibuat untuk membantu mahasiswa memberi gambaran dan nantinya mesin ini dapat digunakan untuk pembelajaran dengan membuat ulang baik program pada Arduino Uno maupun rangkaian pengendali elektronika Karnaugh Map.

Berdasarkan studi literatur yang sudah dikaji dan fakta modul serta peralatan praktik yang ada di Prodi Mekatronika, USD, proses perancangan mesin sortir dilakukan dan mesin ini merupakan Sistem Mekatronika yang dibuat dengan rangkaian elektronika dan pengendali yang sederhana. Mesin sortir dirancang dengan dimensi 400x500x381 mm. Input yang digunakan pada mesin sortir ini adalah sensor vision berupa kamera Pixy2 CMUcam5 yang berfungsi untuk mendeteksi 4 (empat) warna benda, yaitu Merah (*Red – R*), Hijau (*Green – G*), Biru (*Blue – B*), dan Kuning (*Yellow – Y*) serta sensor induktif yang berfungsi sebagai *stopper* dari meja putar. Pengendali berupa program dari logika kerja mesin dibuat menggunakan Arduino Uno dan rangkaian elektronika Karnaugh Map untuk menentukan warna benda yang diterima dan dibuang, serta modul *driver* motor dan relay untuk menggerakkan motor dan menghidupkan lampu DC12V. Output berupa aktuator (motor DC dan servo) sebagai pengarah benda menuju tempat benda diterima dan dibuang serta indikator (lampu DC12V) dari warna benda yang terdeteksi.

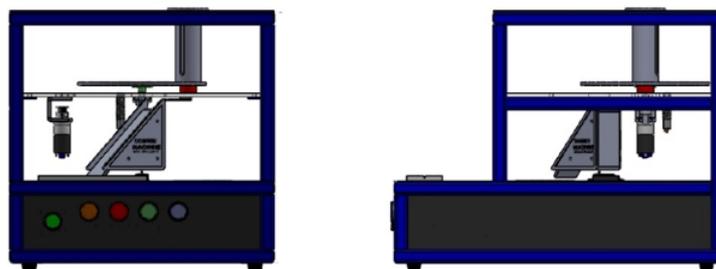
Kombinasi warna benda yang dapat diarahkan ke dalam tempat benda diterima adalah 1 (satu) warna, R atau G atau B, 2 (dua) warna R & G atau R & B atau G & B, dan 3 (tiga) warna, R & G & B. Warna benda Y hanya digunakan sebagai warna pembanding saat ketiga warna R & G & B diterima sehingga warna-warna yang diproses dan dikeluarkan pada pin digital output Arduino Uno adalah bilangan biner 3 bit, yaitu untuk warna R yang terdeteksi bernilai biner 100, warna G yang terdeteksi bernilai biner 010, dan warna B yang terdeteksi bernilai biner 001. Bilangan biner dari warna benda tersebut kemudian disusun menjadi tabel kebenaran bilangan biner 3 bit dengan input RGB mulai dari 000 sampai dengan 111. Output dari tabel kebenaran tersebut memiliki kondisi dimana bilangan biner 100 (R), 010 (G), 001 (B) menghasilkan output bernilai 1 dan bilangan biner selain 3 (tiga) nilai tersebut menghasilkan output bernilai 0. Dari kombinasi warna benda yang diterima, tabel kebenaran yang dapat dihasilkan adalah 7 buah sehingga masing-masing tabel kebenaran dapat dihasilkan menjadi sebuah rangkaian pengendali elektronika dengan menggunakan prinsip Karnaugh Map yang dirangkai menggunakan IC Digital berupa IC NOT, AND, dan/atau OR. Karnaugh Map dapat digunakan untuk mengkonversi tabel kebenaran menjadi sebuah rangkaian logika yang sederhana (Karnaugh, 1953), sistematis dan cepat karena bentuk fungsi logika yang minimal (Santos & Da Silva, 2017). Output dari rangkaian pengendali

Karnaugh Map dikirimkan ke pin digital input Arduino Uno untuk diproses sebagai sinyal/perintah untuk menggerakkan motor servo ke arah tempat benda diterima dan dibuang.

Desain mesin sortir yang telah dihasilkan akan divalidasi oleh 2 (dua) orang ahli media dan ahli materi dalam sebuah seminar internal. Pada mesin sortir, terdapat meja putar untuk memindahkan benda dari tempat pendeteksi warna menuju *magazine* pengarah benda menuju tempat benda diterima atau dibuang. Desain awal mesin sortir dibuat dengan beban meja putar dibuat bertumpu langsung pada motor DC dan *magazine* pengarah benda menuju tempat diterima dan dibuang seperti pada Gambar 1. Desain mesin sortir yang sudah diperbaiki kemudian direalisasikan dan diuji untuk memastikan bahwa mesin yang dibuat dapat bekerja sesuai fungsinya sehingga pada penelitian selanjutnya mesin ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran.



Gambar 1. Desain mesin sortir dengan beban meja putar terhubung langsung pada motor DC; mesin sortir tampak depan (kiri) dan tampak samping (kanan)

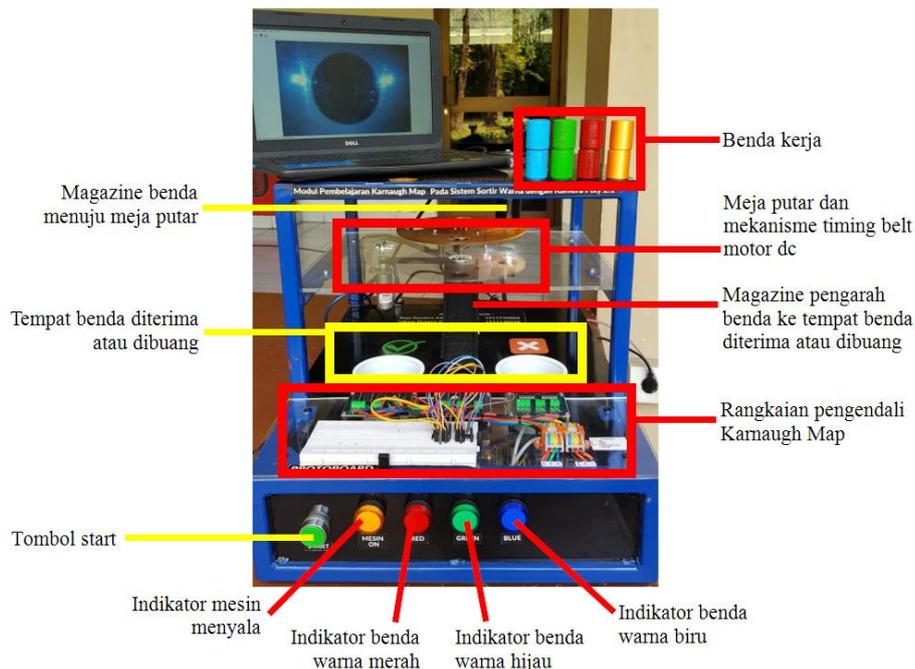


Gambar 2. Desain mesin sortir dengan beban meja putar menggunakan mekanisme *timing belt* yang terhubung pada motor DC; mesin sortir tampak depan (kiri), dan tampak samping (kanan)

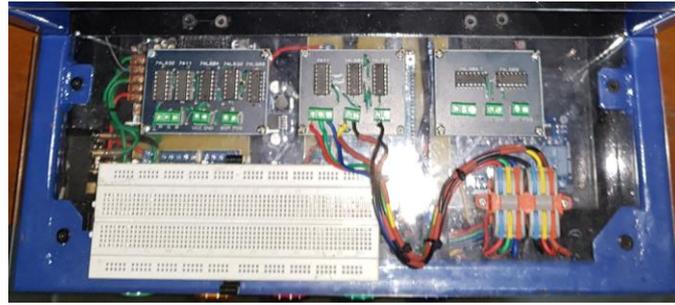
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa mesin sortir dengan pengendali rangkaian elektronika Karnaugh Map dan Arduino Uno serta sensor warna benda berupa kamera Pixy2 CMUcam5 yang ditunjukkan pada Gambar 3. Desain dan produk mesin sortir telah

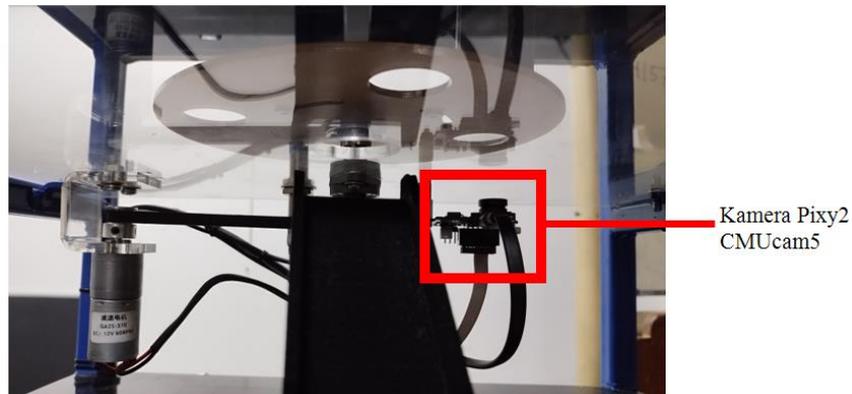
divalidasi. Dari hasil validasi diperoleh bahwa desain mekanik dari meja putar terhadap motor DC perlu diperbaiki. Desain meja putar yang dibuat dengan beban yang bertumpu langsung pada motor DC menyebabkan putaran meja putar yang tidak stabil, dimana kelemahannya lubang pada meja putar tidak dapat berhenti tepat di bawah *magazine* sehingga proses perpindahan benda dari *magazine* menuju lubang yang terdapat pada meja putar akan terhambat. Hal ini berdampak pada proses selanjutnya, yaitu sinyal informasi untuk mengendalikan motor servo sudah terkirim, tetapi benda yang akan diterima atau dibuang belum sampai. Artinya, terjadi keterlambatan respon pada proses selanjutnya. Oleh karena itu, beban meja putar diperbaiki menggunakan mekanisme *timing belt* dengan rasio 1:1 sehingga beban tidak langsung tertumpu pada motor DC. Pada mekanisme *timing belt* motor DC terdapat tensioner sebagai pengatur perbaikan posisi meja putar agar lubang benda tepat berada di bawah *magazine*. Desain *magazine* untuk memindahkan benda menuju ke tempat benda diterima atau dibuang mengalami perubahan agar *magazine* lebih tahan lama dan stabil. Desain akhir mesin sortir yang telah mengalami perbaikan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Mesin sortir menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan rangkaian pengendali Karnaugh Map serta Arduino Uno



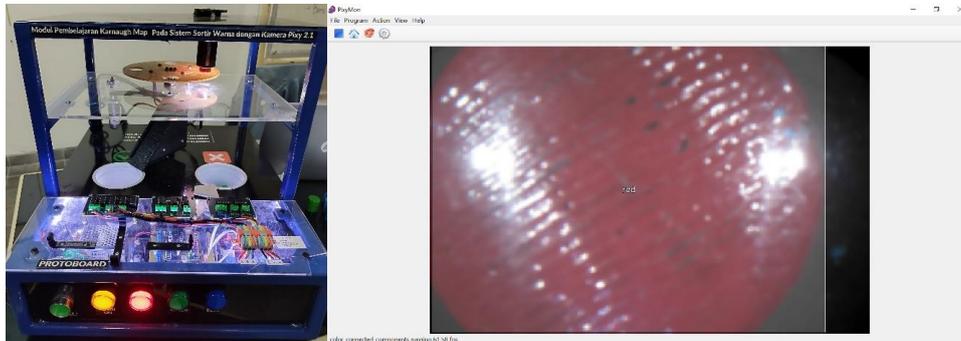
Gambar 4. Rangkaian pengendali mesin sortir berupa rangkaian Karnaugh Map (atas) dan Arduino Uno serta rangkaian elektrik lainnya (di bawah/di dalam kerangka mesin)



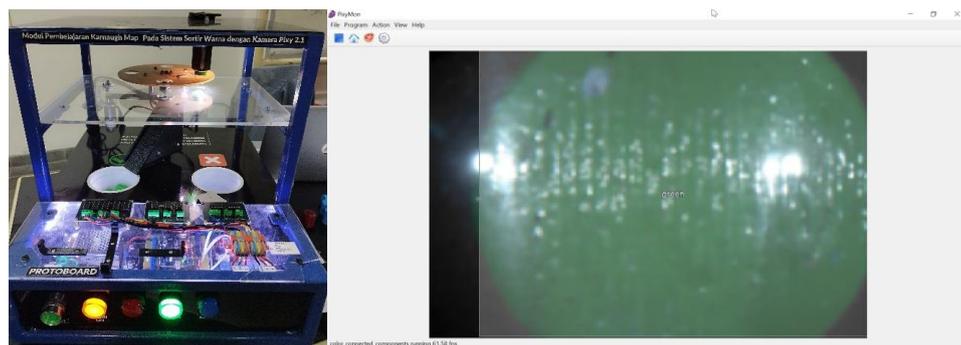
Gambar 5. Kamera Pixy2 CMUcam5 yang diletakkan di bawah *base* (akrilik) meja putar

Rangkaian pengendali elektronika berupa rangkaian Karnaugh Map dan Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 4. Rangkaian pengendali elektronika berupa rangkaian Karnaugh Map dengan metode penyederhanaan logika berupa *Sum of Product* (SOP) atau *Product of Sum* (POS) menggunakan IC digital yang menghasilkan rangkaian kombinasi gerbang NOT – AND atau NOT – OR atau NOT – AND – OR atau NOT – OR – AND terletak di bagian atas. Rangkaian elektronika *power supply*, *driver relay*, *step down*, *driver motor*, dan Arduino Uno terletak di bawah rangkaian Karnaugh Map atau di dalam box kerangka mesin. Kamera Pixy2 CMUcam5 yang ditunjukkan pada Gambar 5 memiliki lampu internal sehingga pendeteksian warna benda menjadi lebih mudah. Pendeteksian warna benda sangat dipengaruhi oleh cahaya lingkungan sehingga dengan adanya lampu internal ini warna benda tampak jelas terdeteksi dimanapun ruangnya sehingga meminimalisir kesalahan pembacaan warna benda. Dengan begitu, cahaya di dalam ruangan maupun di luar ruangan tidak mempengaruhi pendeteksian warna benda pada mesin ini. Sebagai media pembelajaran, mesin sortir ini dilengkapi dengan *breadboard* seperti pada Gambar 4 yang nantinya akan digunakan oleh

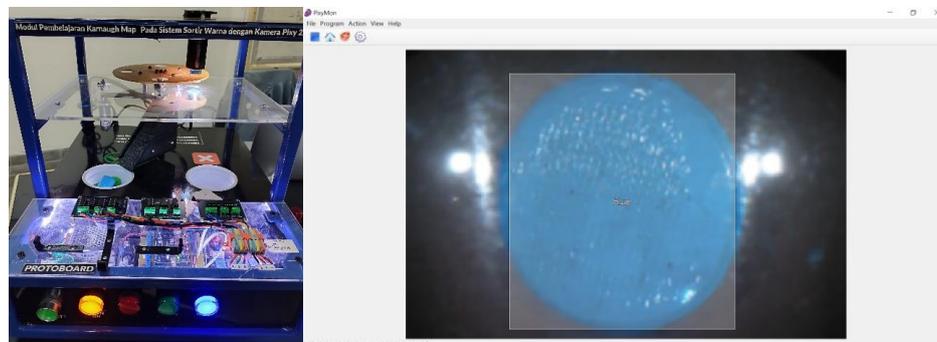
Mahasiswa dalam membuat rangkaian pengendali Karnaugh Map untuk menggantikan rangkaian Karnaugh Map master yang sudah terpasang pada mesin sortir. Selain itu, mesin ini juga dapat diprogram ulang baik untuk pendeteksian warna benda maupun untuk pengendalian motor DC dan motor servo.



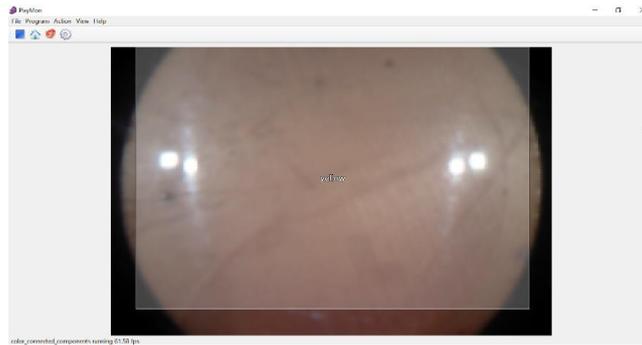
Gambar 6. Pendeteksian warna benda merah (*Red - R*); indikator lampu merah ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



Gambar 7. Pendeteksian warna benda hijau (*Green - G*); indikator lampu hijau ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



Gambar 8. Pendeteksian warna benda biru (*Blue - B*); indikator lampu biru ‘ON’ pada mesin sortir (kiri) dan hasil gambar tangkapan kamera Pixy2 CMUcam5 (kanan)



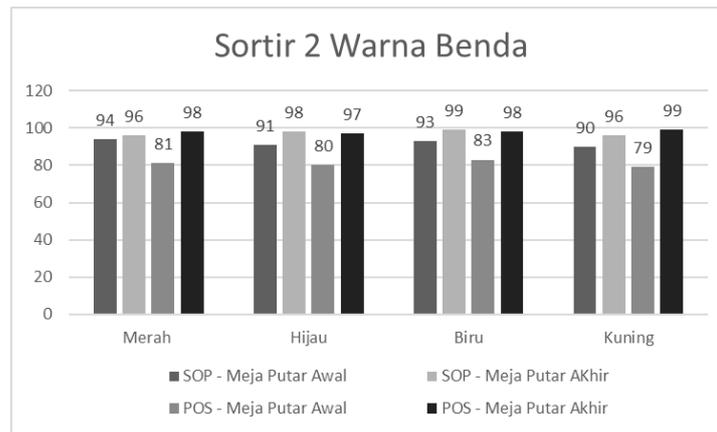
Gambar 9. Pendeteksian warna benda kuning (*Yellow – Y*) yang tertangkap kamera Pixy2 CMUcam5

Pendeteksian warna benda yang dihasilkan oleh mesin sortir ini ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9. Pada Gambar 6 merupakan hasil pendeteksian warna benda merah (R), dimana indikator lampu merah menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna merah (*red*). Pada Gambar 7 merupakan hasil pendeteksian warna benda hijau (G), dimana indikator lampu hijau menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna hijau (*green*). Pada Gambar 8 merupakan hasil pendeteksian warna benda biru (B), dimana indikator lampu biru menyala dan pada jendela aplikasi PixyMon juga menunjukkan hasil deteksi warna biru (*blue*). Pada Gambar 9 merupakan hasil pendeteksian warna benda kuning (Y), dimana hanya pada jendela aplikasi PixyMon menunjukkan hasil deteksi warna merah, tetapi tidak ada lampu indikator untuk warna benda kuning. Hasil pendeteksian masing-masing warna menunjukkan bahwa proses pendeteksian berjalan dengan baik, dimana warna indikator lampu dan jendela aplikasi PixyMon menghasilkan pembacaan yang sesuai dengan warna yang dideteksi.

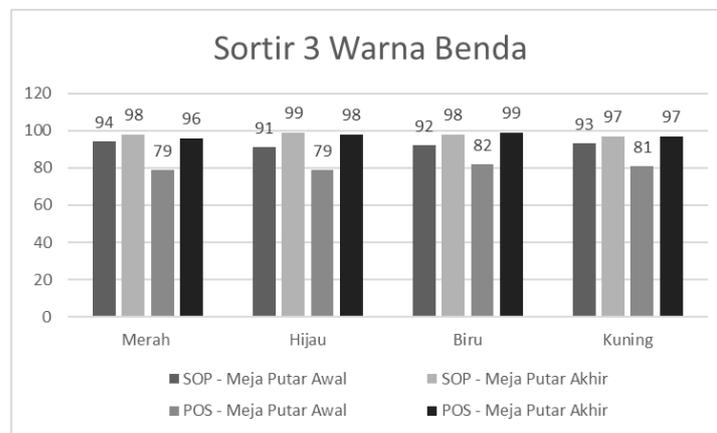
Keberhasilan dari proses sortir mesin ini sangat dipengaruhi oleh pendeteksian warna yang dideteksi. Akan tetapi, pada mesin ini kesalahan pendeteksian warna benda tidak terjadi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kamera Pixy2 CMUcam5 yang memiliki lampu internal memberikan dampak positif bahwa pencahayaan ruangan tidak mempengaruhi proses pendeteksian warna benda.

Hasil proses pensortiran yang dilakukan mesin ini untuk jenis rangkaian Karnaugh Map sortir satu (1) warna benda, dua (2) warna benda, dan tiga (3) warna benda ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12. Rangkaian Karnaugh Map yang digunakan untuk benda yang diterima antara lain, yaitu untuk sortir satu (1) warna benda adalah pensortiran warna hijau, sortir dua (2) warna benda adalah pensortiran untuk warna merah dan biru, dan

sortir tiga (3) warna benda adalah pensortiran untuk warna merah, hijau, dan biru. Masing-masing jenis rangkaian Karnaugh Map menggunakan dua (2) metode penyederhanaan rangkaian logika SOP dan POS. Dari 100 kali pengujian untuk setiap warna benda pada masing-masing jenis sortir, jumlah warna benda yang tersortir dengan tepat menggunakan desain meja putar akhir lebih banyak daripada pensortiran dengan menggunakan desain meja putar awal.



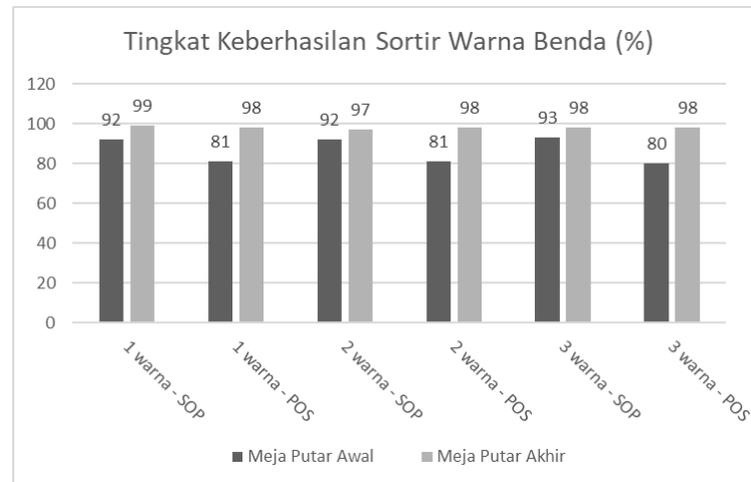
Gambar 11. Pensortiran dengan dua (2) warna benda yang diterima (R&G/R&B/G&B) dari 100 kali pengujian untuk setiap warna (R, G, B, Y) dan dengan desain meja putar awal & akhir



Gambar 12. Pensortiran dengan tiga (3) warna benda yang diterima (R&G&B) dari 100 kali pengujian untuk setiap warna (R, G, B, Y) dan dengan desain meja putar awal & akhir

Dari Gambar 13, proses pensortiran dengan desain meja putar awal dan akhir diperoleh bahwa rata-rata keberhasilan pensortiran dengan desain meja awal sebesar 86,42% dengan kesalahan standar sebesar 0,82, sedangkan untuk desain meja putar akhir diperoleh rata-rata keberhasilan pensortiran dengan desain meja awal sebesar 97,96% dengan kesalahan standar

sebesar 0,58. Untuk itu, desain meja putar awal memberikan performa dan hasil pensortiran yang lebih baik daripada menggunakan desain meja putar akhir.



Gambar 13. Persentase rata-rata keberhasilan pensortiran untuk setiap jenis rangkaian Karnaugh Map dengan desain meja putar awal dan akhir

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah menghasilkan mesin sortir menggunakan kamera Pixy2 CMUcam5 dan rangkaian pengendali Karnaugh Map serta Arduino Uno. Desain meja putar akhir yang menggunakan mekanisme *timing belt* dengan rasio gear 1:1, dimana beban meja putar tidak lagi bertumpu langsung pada motor DC, memberikan performa dan hasil pensortiran yang lebih baik. Performa yang baik didapatkan dari rata-rata keberhasilan pensortiran yang dihasilkan oleh desain meja putar akhir untuk semua jenis rangkaian Karnaugh Map sebesar 97,96% dan kesalahan standar sebesar 0,58.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas didanainya penelitian ini oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma melalui Hibah Penelitian Dosen Muda dengan No. 007/Penel./LPPM-USD/II/2022.

DAFTAR PUSTAKA

Abbood, W. T., Hussein, H. K., & Abdullah, O. I. (2019). Industrial Tracking Camera And Product Vision Detection System. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments (JMERD)*, 42(4), 277–280.

- Adji, J. W., Ariwibowo, D., & Fatkhurrohman, M. (2020). Media Pembelajaran Trainer Kit Elektropneumatik pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik di SMK Negeri. *JUPITER(Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 05(01), 14–21.
- Ali, M. S., & Ali, M. S. R. (2017). Automatic multi machine operation with product sorting and packaging by their colour and dimension with speed control of motors. *Proceedings of IEEE International Conference on Advances in Electrical Technology for Green Energy 2017, ICAETGT 2017*, (pp. 88-92).
- Jalal Al-Sammarraie, M. A., & Özbek, O. (2021). Comparison of the Effect Using Color Sensor and Pixy2 Camera on the Classification of Pepper Crop. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44(1), 396–403.
- Karnaugh, M. (1953). The Map Method For Synthesis of Combinational Logic Circuits. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Part I: Communication and Electronics*, 72(5), 593–599.
- Kurniawan, W. D., & Budijono, A. P. (2013). Berbasis Komputer Pokok Bahasan Programmable Logic. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 21(3), 191–202.
- Ni San Hlaing, N., Man Oo, H., & Thin Oo, T. (2019). Colour Detector and Separator Based on Microcontroller. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (Ijtsrd)*, 3(5), 1103–1108.
- Prapaskah, Y. A., Permata, E., & Fatkhurrokhman, M. (2020). Trainer Kit Pneumatik sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Mekatronika. *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(2), 149–159.
- Sachdeva, A., Gupta, M., Pandey, M., & Khandelwal, P. (2017). Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor. *The International Journal of Engineering and Science*, 06(04), 56–59.
- Safaris, A., & Effendi, H. (2020). Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(2), 399–410.
- Santos, A. A., & Da Silva, A. F. (2017). Methodology for Manipulation of Karnaugh Maps Designing for Pneumatic Sequential Logic Circuits. *International Journal of Mechatronics and Automation*, 6(1), 46–54.
- Sasidhar, K., Farooqi, S., Moin, M. A., & Sachin, M. (2018). Design and Development of a Colour Sorting Machine using PLC and SCADA. *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*, V(VII), 198–202. www.rsisinternational.org
- Saviraningsih, Y., -, I., & Aribowo, D. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Dasar Listrik dan Elektronika Berbasis Android Pada Program Keahlian Teknik Mekatronika di SMK Negeri 1 Kota Cilegon. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 8(2), 299–307.
- Sugiyono. (2011). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Vandana, S., Shamukha Sri Sai, K., Rohila, P., & Manideep, V. (2021). PLC Operated Colour Based Product Sorting Machine. *International Conference on Advances in*

Materials Science, Communication and Microelectronics (ICAMCM 2021), (pp. 1-9).

Yadav, A., Zanzane, A., Soni, S., Teli, S., & Kamble, P. (2019). Color Based Product Sorting Machine Using PLC. *2nd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST)*.