

Perancangan *Prototype* Pendeteksi Warna Sampah Sensor Otomatis Berbasis Arduino terhadap Ketepatan Pemilahan Sampah

Nada Dhia Kamilia*, Adib Suyanto*, Iswanto*

* Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, DIY 55293
email: nadadhia93@gmail.com

Abstract

Plastic and paper are waste that are most produced by humans activities. Waste management is important to be implemented to minimize waste generation. The Arduino-based waste color detection prototype with TCS3200 sensor can make waste sorting easier. The purpose of this study was to determine the performance of Arduino-based automatic sensor waste color detection prototype in sorting accurately the plastic and paper waste which is represented by paper block objects with various colors. The research was a quasi-experiment with post-test only design. From the object sorting trial in duration of one hour that could conduct 100 repetitions, it was known that the red colored paper block has the highest successful sorting, and the blue one is the lowest. The study results show the average accuracy value of all types of colors, namely red, blue, green, and yellow is 95 %. The test of battery endurance showed that the prototype was last up to 14 hours 9 minutes and ended at 9,91 Volt. To conclude, the prototype of waste color detection is successful and can sort objects in red, blue, green, and yellow color precisely.

Keywords: waste sorting prototype, Arduino uno, TCS3200 sensor, color detector

Intisari

Sampah plastik dan kertas merupakan sampah yang banyak dihasilkan oleh manusia. Pengelolaan sampah penting untuk dilakukan guna meminimalisasi timbulan sampah. Adanya prototype pendeteksi warna sampah berbasis Arduino dengan sensor TCS3200 dapat mempermudah pemilahan sampah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja alat prototype pendeteksi warna sampah sensor otomatis berbasis Arduino dalam memilah sampah secara tepat dengan menggunakan objek berupa balok bahan kertas dengan bermacam warna untuk mewakili sampah plastik dan kertas.. Penelitian yang dilakukan merupakan kuasi eksperimen dengan desain post-test only. Dari hasil pengujian terhadap pemilahan objek selama 1 jam yang berhasil melakukan 100 kali ulangan, diketahui bahwa balok berwarna merah paling banyak berhasil dipilah dan balok warna biru paling banyak mengalami kegagalan dalam ketepatan memilah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai akurasi keseluruhan jenis warna, yaitu merah, biru, hijau, dan kuning adalah sebesar 95 %. Hasil tes ketahanan baterai menunjukkan bahwa prototype alat berhasil bertahan hingga 14 jam 9 menit dan berakhir di daya 9,91 Volt. Kesimpulan penelitian ini yaitu prototype pendeteksi warna sampah berhasil dan dapat memilah objek balok warna merah, biru, hijau, dan kuning secara tepat.

Kata Kunci: prototype pemilahan sampah, Arduino uno, sensor TCS3200, pendeteksi warna

PENDAHULUAN

Undang-undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menjelaskan mengenai perlunya perubahan pola pengelolaan sampah dari konvensional menjadi pengelolaan sampah yang bertumpu pada pengurangan dan penanganan sampah. Pengurangan sampah dapat dilakukan melalui kegiatan pembatasan timbulan sampah, mendaur ulang serta memanfaatkan kembali sampah atau dikenal dengan 3R (*reduce, reuse, dan recycle*)¹.

Sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia memiliki komposisi organik dan anorganik. Komposisi sampah organik yang dihasilkan adalah sebanyak 60-70 % dan sampah anorganik berkisar antara 30-40 %. Komposisi sampah anorganik yang terbanyak adalah sampah plastik yang mencapai 14 %²).

Pemilahan sampah perlu diterapkan dalam kehidupan sehari-hari di masyarakat. Hal ini bertujuan untuk menyadarkan masyarakat agar sampah tersebut dapat ditempatkan sesuai dengan kategori sampah yang ada. Hingga saat ini,

di masyarakat masih banyak yang tidak melakukan hal tersebut.

Pemilahan sampah di lingkungan kampus Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sudah sangat baik, yaitu sudah diterapkan oleh civitas akademika, para dosen, dan juga staf. Terdapat beberapa jenis sampah yang bisa dipilah di lingkup kampus Poltekkes Yogyakarta, yaitu jenis sampah kertas, botol/kaleng, plastik, limbah residu/B3, dan sampah organik.

Timbulan sampah yang dihasilkan di dalam lingkungan kampus Poltekkes Kemenkes Yogyakarta meliputi sampah organik berupa daun basah dan daun kering, sampah plastik seperti kemasan makanan, plastik kresek, plastik berwarna, plastik bening, botol plastik, kaleng, sampah kertas seperti sampah kardus, kotak makanan, dan lain sebagainya.

Di Kampus I Poltekkes Kemenkes Yogyakarta terdapat sebuah tempat atau ruangan untuk mengelola berbagai jenis sampah yang ada di lingkungan kampus, yaitu Bengkel Kesling. Tempat ini terletak di paling ujung belakang gedung kampus dan bersebelahan dengan gedung Laboratorium Rekayasa. Terdapat juga sebuah Bank Sampah yang dikelola oleh mahasiswa Jurusan Kesehatan Lingkungan yang letaknya menjadi satu dengan Bengkel Kesling.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang dilakukan pada 20 Agustus 2019 di lingkungan kampus Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, diketahui sudah ada tempat sampah yang sudah dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu: bak sampah jenis botol, kaleng atau gelas minuman; bak sampah jenis kertas, koran atau kardus; dan bak sampah jenis residu/B3.

Ada juga pemilahan sampah yang lebih umum, yang terdiri dari tiga jenis yaitu sampah anorganik, organik, dan residu B3. Namun demikian, walaupun sudah ada bak sampah dengan beberapa kategori pemilahan, di lingkungan kampus masih ada sampah yang tidak terpilah dengan benar. Misalnya, sampah plastik yang semestinya berada di bak sampah anorganik terbuang pada bak sampah organik atau bak sampah residu B3.

Ini dapat diartikan bahwa sampah plastik di lingkungan kampus tersebut masih belum terpilah dengan benar. Ada faktor lain yang menyebabkan tidak terpilahnya sampah dengan baik, yaitu sering penuhnya salah satu bak sampah sehingga sampah jenis lain terbuang pada kategori sampah lainnya.

Berdasarkan penelitian Laundries, Tjahyadi, dan Aribowo³⁾, diketahui bahwa mesin pemilah warna telah berhasil memilah tiga dan empat warna dengan rerata tingkat akurasi sebesar 97 %. Adapun berdasarkan penelitian Ariansyah⁴⁾ yaitu rancang bangun alat sortir jeruk nipis dengan menggunakan sensor warna TCS3200, dapat mendeteksi warna jeruk nipis dengan tingkat akurasi masing-masing yaitu warna hijau sebesar 84 %, warna kuning 84 %, dan warna busuk (hijau kecokelatan) sebesar 70 %, dengan tingkat akurasi keseluruhan mencapai 81 %.

Mengacu dari beberapa referensi hasil penelitian terdahulu, penulis membuat rancang bangun atau *prototype* pendeteksi warna dengan menggunakan TCS-3200 sebagai sensor pemilah warna objek. Sensor warna ini merupakan sebuah sensor yang sering digunakan pada aplikasi mikro-kontroler untuk pendeteksi suatu objek benda atau warna dari objek yang dimonitor.

Objek yang disensor untuk dipilah dalam penelitian ini tidak menggunakan sampah dalam wujud asli karena ada keterbatasan sensor dalam melakukan pembacaan. Oleh karena itu, sebagai ganti sampel sampah digunakan balok-balok yang terbuat dari bahan kertas lipat dengan ragam warna yang bervariasi. Ada empat varian balok-balok warna berbeda yang nantinya akan mewakili sampah kertas dan sampah plastik untuk membedakan pemilahan.

Balok objek tersebut ringan dan tidak ada isi di dalamnya, sehingga ketika melakukan pemilahan menjadi mudah. Namun demikian, apabila balok tersebut diberi pemberat di dalamnya atau memiliki berat tetap tidak masalah dan masih bisa dilakukan pemilahan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses pemilahan objek dengan warna.

Fungsinya yaitu untuk memilah-milah objek berdasarkan warna yang telah diprogram secara otomatis tanpa intervensi yang terlalu banyak dari manusia.

Perancangan ini dilakukan melalui program *coding* lewat aplikasi Arduino yang ada di komputer, dan menggunakan catu daya dengan baterai vapor lithium sebagai sumber penyalur energi.

METODA

Penelitian yang dilakukan adalah *quasi experiment* dengan rancangan penelitian *post-test only design*. Subjek penelitian adalah masyarakat Perumahan Griya Kencana Permai, Argorejo, Sedayu, Bantul dan mahasiswa semester delapan Jurusan Kesehatan Lingkungan kampus Poltekkes Kemenkes Yogyakarta serta masyarakat umum di sekitar rumah peneliti.

Data penelitian diperoleh melalui observasi, yaitu dikumpulkan menggunakan *dummy table* untuk mengukur persentase ketepatan kinerja alat *prototype* dalam memilah objek balok yang dilakukan oleh responden.

Alat dan bahan yang digunakan yaitu: rancangan *prototype* pemilah sampah dengan sensor warna TCS3200, *charger adaptor* 12 Volt, laptop, alat tulis, kamera, objek balok warna (merah, biru, hijau dan kuning), manual alat serta tabel ketepatan pemilahan sampah.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap prosedur. Tahap persiapan terdiri dari survey pendahuluan berupa observasi pada bak-bak tempat sampah di sekitar kampus, mempersiapkan komponen-komponen, membuat desain rancangan *prototype* pemilah sampah, membuat objek balok warna dari kertas lipat dengan variasi 11 warna sebagai sampel, dan melakukan program kalibrasi nilai terhadap objek balok warna.

Tahap yang kedua adalah pelaksanaan, yaitu terdiri dari membuat rancangan *prototype* pemilah sampah, melakukan uji rancangan *prototype* skala laboratorium, menyortir balok objek yang berhasil diuji coba, membuat manual rancangan *prototype*, meletakkan rancangan *prototype* pemilah sampah otoma-

tis sensor warna TCS3200 pada ruang minim intensitas cahaya, mengamati ketepatan *prototype* dalam memilah sampel balok warna yang dilakukan oleh responden. Responden yang berjumlah sepuluh orang mempraktikkan ketepatan memilah objek balok warna sebagai pengganti sampah dengan label kertas dan plastik, dan mencatat serta merekap data hasil pengamatan.

Analisis data menggunakan statistik deskriptif, yaitu dimulai dari pengumpulan data sampai mendapatkan informasi dengan jalan menyajikan data ⁵⁾. Dalam penelitian ini, data hasil pengukuran ketepatan *prototype* dalam memilah objek balok dengan empat macam warna disajikan dalam bentuk tabel numerik. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

HASIL

Data hasil pengukuran tes ketahanan baterai dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1.
Hasil pengukuran ketahanan baterai

| Hari | Pukul (WIB) | Volt | Selisih Volt | Selisih jam |
|-------|-------------|-------|--------------|-------------|
| Jumat | 20.30 | 11,8 | 11,8 | 14 jam |
| | 10.15 | 10,6 | 1,2 | 13 jam |
| | 10.20 | 10,5 | 0,1 | 5 menit |
| | 10.25 | 10,4 | 0,1 | 5 menit |
| | 10.28 | 10,3 | 0,1 | 3 menit |
| | 10.31 | 10,2 | 0,1 | 3 menit |
| | 10.33 | 10,1 | 0,1 | 2 menit |
| | 10.35 | 10,0 | 0,1 | 2 menit |
| | 10.42 | 9,99 | 0,1 | 7 menit |
| | Sabtu | 10.44 | 9,98 | 0,01 |
| 10.45 | | 9,97 | 0,01 | 1 menit |
| 10.46 | | 9,96 | 0,01 | 1 menit |
| 10.47 | | 9,95 | 0,01 | 1 menit |
| 10.48 | | 9,94 | 0,01 | 1 menit |
| 10.48 | | 9,93 | 0,01 | 30 detik |
| 10.49 | | 9,92 | 0,01 | 30 detik |
| 10.49 | | 9,91 | 0,01 | 1 detik |

Berdasarkan Tabel 1, saat berada di 11,8 Volt menuju ke 10,6 Volt memerlukan waktu kurang lebih 13 jam. Namun, saat menunjukkan 10,5 Volt dan seterusnya, selisih waktu semakin cepat menurun. Ini bisa diartikan bahwa semakin berkurang voltase maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan. Ketahanan baterai ini hanya berakhir di daya tegangan 9,91 Volt.

Hasil pengujian *prototype* dalam memilah balok berwarna merah dan biru dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.
Hasil pengamatan ketepatan memilah balok warna merah dan biru

| No responden | Balok warna | |
|--------------|-------------|------|
| | Merah | Biru |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 |
| Jumlah | 10 | 10 |

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa dari 10 responden yang telah melakukan uji coba *prototype* dengan memasukkan objek balok berwarna biru dan merah, *prototype* pendeteksi warna secara keseluruhan berhasil melakukan pemilahan yang dilakukan oleh 10 responden tersebut dan tidak ada kegagalan dalam proses pemilahan.

Sementara itu, untuk hasil pengujian *prototype* dalam memilah balok berwarna hijau dan kuning disajikan pada Tabel 3; dan diketahui bahwa dari 10 responden yang telah melakukan uji coba dengan memasukkan objek balok berwarna hijau dan kuning, diketahui untuk balok berwarna hijau dapat terpilah semua dengan benar, sementara balok

berwarna kuning hanya dapat terpilah dengan benar oleh delapan responden, sedangkan dua responden lainnya dinyatakan gagal.

Tabel 3.
Hasil pengamatan ketepatan memilah balok warna hijau dan kuning

| No responden | Balok warna | |
|--------------|-------------|------|
| | Merah | Biru |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 2 |
| 7 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 |
| Jumlah | 10 | 8 |

Hasil rata-rata persentase keseluruhan jenis warna yang dipilah dapat dilihat pada Tabel 4. Dapat diketahui bahwa secara keseluruhan, balok berwarna memiliki rerata presentase tingkat akurasi sebesar 95 % dengan tingkat *error* sebesar 20 %.

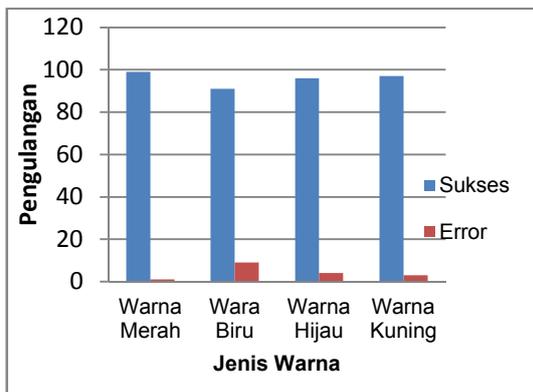
Tabel 4.
Hasil pengamatan ketepatan memilah balok warna hijau dan kuning

| Jenis warna | Percobaan oleh responden | | Akurasi (%) | Error (%) |
|--------------------------|--------------------------|-------|-------------|-----------|
| | Berhasil | Gagal | | |
| Merah | 10 | 0 | 100 | 0 |
| Biru | 10 | 0 | 100 | 0 |
| Hijau | 10 | 0 | 100 | 0 |
| Kuning | 8 | 2 | 80 | 20 |
| Rerata keseluruhan warna | | | 95 | 20 |

Hasil dari uji coba *prototype* dalam memilah objek selama satu jam disajikan dalam Grafik 1 berikut. Terlihat bahwa warna merah berhasil selama pengulangan 99 kali, warna kuning 97 kali, war-

na hijau 96 kali, dan warna biru 91 kali pengulangan. Ini dapat diartikan bahwa warna biru memiliki gagal terbanyak dalam proses memilah, yaitu dalam 9 kali pengulangan.

Grafik 1.
Hasil uji coba *prototype*
dalam memilah objek selama satu jam



PEMBAHASAN

Prototype terbuat dari triplek dan akrilik berukuran 3 mm dengan ukuran alat sebesar kertas A3 dimana bahan akrilik sebagai penggerak motor servo dalam memilah objek. *Prototype* ini berfungsi untuk memilah objek balok berwarna. Namun, karena tidak semua warna bisa terpilah dengan baik, maka peneliti memutuskan untuk menggunakan empat warna, yaitu merah, biru, hijau dan kuning serta dengan penambahan sensor TCS3200 sebagai sensor untuk deteksi warna.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat *prototype* dalam ketepatan memilah objek berdasarkan warna yang sebelumnya sudah terprogram lebih dulu. Objek balok yang akan diuji-coba ada empat macam yaitu warna merah dan biru sebagai sampel sampah plastik, dan warna hijau dan kuning sebagai sampel sampah kertas. *Output* dari penelitian ini berupa *leaflet* mengenai panduan singkat *prototype* supaya orang yang akan mengoperasikan mengetahui dan mengerti bagaimana cara kerjanya.

Pada saat dilakukan tes ketahanan, baterai dapat bertahan sampai dengan 14 jam 9 menit. Pada saat dinyalakan,

voltase pada *display* daya tegangan baterai menunjukkan 11,8 Volt yang dinyalakan pada hari Jumat pukul 20.30 malam dan berakhir pada hari Sabtu pagi pada pukul 10.49 WIB. Baterai tidak berfungsi kembali atau mati di saat daya baterai menunjukkan tegangan 9,91v. Selanjutnya baterai mati dengan sendirinya dan tidak bisa lebih dari itu.

Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi mengapa baterai dapat secara tiba-tiba mati saat diangka 9,91 Volt yaitu bisa saja beberapa baterai yang lain sudah aus atau error, atau dari cara pengisian baterai yang terlalu lama sehingga tidak bisa digunakan dengan baik atau tidak bisa berfungsi dengan baik.

Ciri-ciri baterai li-ion yang sudah rusak yaitu kapasitas dalam baterai akan turun secara drastis, baterai walau ketika di-charge cukup singkat terisi tetapi setelah digunakan kemudian cepat habis, dan daya tahan baterai akan lebih cepat drop bila digunakan untuk pemakaian dalam ampere besar.

Baterai li-ion ini saat dipasang dalam *prototype* tidak dalam keadaan baru. Artinya, baterai sudah dipakai beberapa kali sebelumnya. Saat dilakukan pengisian daya baterai, *colokan* pada *charger* sudah dilepas dari stop kontak namun *jack output* pada *charger* belum terlepas dari *jack output* baterai, dan kapasitas dalam baterai pun ikut menurun.

Pada saat pengujian *prototype* dalam memilah balok berwarna merah dan biru, dari kesepuluh responden yang terpilih oleh peneliti untuk melakukan uji coba dengan memasukkan objek balok berwarna merah dan biru tersebut ke dalam *prototype* yang telah disediakan, sebelum melakukan uji coba, responden diberikan panduan singkat berupa *leaflet* untuk mengetahui mengenai bagian atau komponen serta cara kerja dari *prototype* tersebut. Uji coba ini dilakukan di ruangan minim cahaya. Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa balok berwarna biru dan merah dapat terpilah dengan benar oleh *prototype*, dan tidak ada kegagalan atau error dalam melakukan pemilahan.

Saat pengujian memilah balok berwarna hijau dan kuning diketahui bahwa

balok berwarna hijau memiliki tingkat akurasi 100 % atau dari kesepuluh responden semua berhasil dalam memilah objek. Pada objek balok berwarna kuning, yang berhasil terpilah dengan arah yang benar hanya delapan dari sepuluh responden. Dua orang responden dalam memasukkan objek mengalami *error* dan terpilah ke arah yang tidak seharusnya.

Error tersebut terjadi karena dua hal. Yang pertama, pada saat responden memasukkan objek balok, tidak sengaja terkena *flash* kamera dalam proses dokumentasi, dan hal tersebut berpengaruh terhadap keakuratan *prototype* dalam memilah objek. yang seharusnya balok berwarna kuning terpilah ke arah kiri, menjadi terpilah ke arah kanan, dan telah dilakukan pengulangan 3 kali namun hasilnya tetap sama.

Kegagalan yang kedua terjadi karena adanya intensitas cahaya dari dalam ruangan yang mempengaruhi proses pemilahan balok berwarna kuning. Dari tiga kali pengulangan, semuanya berhasil terpilah dengan benar. Ini menandakan bahwa *prototype* harus diletakkan dalam ruangan atau tempat yang benar-benar minim cahaya atau intensitas cahaya yang rendah.

Dari keseluruhan jenis warna, diketahui bahwa rata-rata presentase tingkat akurasi jenis warna balok yang terpilah oleh *prototype* pendeteksi warna adalah sebesar 95 %. Tingkat akurasi *prototype* dalam memilah objek balok berwarna merah, biru, dan hijau sebanyak 100 %, sedangkan tingkat akurasi dalam memilah objek balok berwarna kuning sebesar 80 %. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa *prototype* ini efektif dalam memilah objek balok dengan warna merah, biru, hijau, dan kuning dengan arah pemilahan yang telah terprogram dalam Arduin Uno.

Berdasarkan penelitian Ariansyah⁴⁾, mengenai "Rancang Bangun Alat Sortir Jeruk Nipis Berbasis Mikrokontroler", menunjukkan bahwa rancang bangun alat sortir yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi sensor secara keseluruhan dalam mendeteksi warna jeruk yang terdiri dari jeruk nipis warna hijau, kuning, dan busuk sebesar 81 %, dengan

jeruk nipis warna hijau memiliki akurasi sebesar 84 %, jeruk nipis warna kuning 84 %, dan jeruk nipis busuk 70%.

Hasil penelitian di atas sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan peneliti bahwa *prototype* pendeteksi warna sampah memiliki akurasi sebesar 95 %, dengan objek balok warna hijau dan kuning memiliki akurasi sebesar 100 % dan 80%. Hal ini menunjukkan bahwa *prototype* pendeteksi warna sampah berhasil memilah objek warna, sehingga dapat dikatakan efektif.

Ditinjau dari segi teknologi, mikrokontroler memiliki peran penting dalam memberikan terobosan dalam teknologi mikroprosesor dan komputer mikro, dan untuk memenuhi pasar serta teknologi baru. Arduino sendiri telah banyak digunakan dalam penggunaan perangkat elektronik di berbagai bidang dan untuk menciptakan berbagai macam hal mulai dari menciptakan berbagai alat, rancang bangun atau *prototype*, maupun robot yang berguna untuk mempermudah pekerjaan yang dilakukan oleh manusia. *Prototype* ini tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatannya serta tidak membutuhkan biaya yang mahal jika dibandingkan dengan menciptakan robot. Selain itu, komponen-komponen yang digunakan untuk menunjang *prototype* ini juga dapat diperoleh dengan mudah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *prototype* pendeteksi warna sampah: 1) memiliki keberhasilan kinerja alat dalam melakukan ketepatan memilah obyek balok dengan rata-rata nilai akurasi sebesar 95%, dan tingkat rata-rata *error* sebesar 5%, 2) memiliki keberhasilan kinerja alat dalam melakukan ketepatan memilah obyek balok dengan label plastik warna merah dan biru sebesar 100%, 3) memiliki keberhasilan kinerja alat dalam melakukan ketepatan memilah obyek balok dengan label kertas warna hijau dan kuning sebesar 100% dan 80%, dengan tingkat *error* balok berwarna kuning sebesar 20%, 4) baterai lithium

dapat bertahan selama 14 Jam 9 Menit dan berhenti di tegangan daya 9,91 volt saat dilakukan uji coba pemilahan balok berwarna.

SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan alat ini adalah: 1) perlu meneliti berapa lux cahaya yang dapat mempengaruhi pemilahan obyek, 2) perlu menambah sensor lain yang berfungsi untuk memberi tanda peringatan, seperti sensor alarm, jika *prototype* ini mengalami *error* pada saat memilah obyek

DAFTAR PUSTAKA

1. *Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah* (2008). Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008>.
2. Purwaningrum, P., (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan, *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8 (2), p. 141. doi: 10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421.
3. Laudries, I., Tjahyadi, H., & Aribowo, A., (2017). *Desain dan Implementasi Mesin Pemilah Warna Berbasiskan Arduino Uno*, 1-5.
4. Ariansyah, R., (2019). *Rancang Bangun Alat Sortir Jeruk Nipis Berbasis Mikrokontroler*, Jurusan Teknik Informatika UIN Alauddin Makassar
5. Hastono, S. P., & Luknis Sabri. (2010). *Statistik Kesehatan*, Jakarta: Rajawali Pers.
6. Ananda, R., (2018). *40 Project Robotik dan Aplikasi Android*. Yogyakarta: Deepublish.
7. Ardimansyah, M. I., & Bagenda, D. N., (2014). Prototipe alat sortir bola berdasarkan perbedaan warna menggunakan LED RGB dan LDR berbasis mikrokontroler. *Jurnal Komputer Bisnis*, 5 (2).
8. Kiftiyah, M., Santoso, dan Munsyi. (2015). *Robot Pendeteksi Warna*, 1 No. 2. Politeknik Negeri Tanah Laut: Jurusan Teknik Informatika
9. Saputra, A. S., (2019). *Rancang Bangun Pencucian dan Pemilihan Barang Menggunakan Pendeteksi Warna Berbasis PLC Omron CP1E-E4-0SDR-A*, Sekolah Tinggi Teknologi DR. Khez Muttaqien.
10. Sucipto, C. D., (2012). *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*, Yogyakarta: Gosyen Publishing