

---

## Desain Prototipe *Automatic Trash Rake* dengan Metode *Gaussian Mixture Model*

Yuliadi Erdani<sup>1</sup>, Wahyu Adhie Candra<sup>2\*</sup>, Aulia Aisyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika Politeknik Manufaktur Bandung

<sup>2</sup>Teknologi Rekayasa Otomasi Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No 21 Dago Kota Bandung 40135 Jawa Barat

\*[wahyu@ae-polmanbandung.ac.id](mailto:wahyu@ae-polmanbandung.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i1.21148>

Submitted July, 14<sup>th</sup> 2023; Accepted February, 19<sup>th</sup> 2024; Published April 15<sup>th</sup>, 2024

---

### Abstrak

*Trash rake* merupakan alat penjaring sampah yang digunakan untuk mengangkut sampah pada sungai. Pada penerapannya, pengoperasian *trash rake* masih banyak dilakukan secara manual oleh operator. Dalam hal ini belum adanya efektivitas dari sisi penggunaan sumber daya manusia maupun efektivitas mesin. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat pengembangan pada mesin *automatic trash rake* yang bekerja secara otomatis jika sampah yang tersangkut pada mesin *trash rake* sudah mengalami kepadatan. Metode pengolahan citra yang digunakan adalah *Gaussian Mixture Model* (GMM). Digunakan kamera untuk menangkap citra kepadatan sampah tersebut. Citra yang ditangkap tersebut diolah dengan metode GMM. Kemudian data tersebut diolah pada sebuah komputer dan data ditampilkan pada web. Arduino akan menggerakkan motor pada mesin *trash rake* secara otomatis dengan parameter data kepadatan sampah tersebut. Hasil yang didapatkan, sistem dapat mendeteksi tingkat kepadatan sampah dengan akurasi sebesar 67,5% pada kondisi terang, redup dan gelap dengan posisi kamera sesuai dengan area pengamatan objek. Mesin *trash rake* dapat aktif dan mati secara otomatis berdasarkan kepadatan sampah yang terdeteksi

**Kata Kunci** : kamera, opencv, pengolahan citra, sampah

### Abstract

*Trash rake* is a trash netting tool used to transport trash in rivers. In its application, the operation of trash rake is still mostly done manually by the operator. In this case, there is no effectiveness in terms of the use of human resources or the effectiveness of machines. Therefore, in this study, a development was made on an automatic trash rake machine that works automatically if the waste stuck on the trash rake machine has experienced density. The image processing method used is the *Gaussian Mixture Model* (GMM). Used camera to capture the image of the density of the trash. The captured image is processed by GMM method. Then the data is processed on a computer and the data is displayed on the web. Arduino will drive the motor on the trash rake machine automatically with the parameters of the waste density data. The results obtained, the system can detect the level of waste density with an accuracy of 67.5% in bright, dim and dark conditions with the camera position according to the object observation area. The trash rake machine can turn on and off automatically based on the detected waste density.

**Key words** : camera, opencv, image processing, trash

---

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang mengalami permasalahan terhadap lingkungan, terutama pada isu sampah (Cahyati & Ramdhani, 2021). Sampah merupakan bahan sisa yang dihasilkan oleh makhluk hidup dalam bentuk padat, cair, maupun gas (Khoiriyah, 2021). Tahun 2021 timbunan sampah di Indonesia mencapai 21.872.092,95 ton pertahun dengan penduduk sebanyak 272.229.372 orang (Yuniantari *et al.*, 2022). Banyaknya populasi penduduk menghasilkan akumulasi sampah di tempat pembuangan sampah melebihi kapasitasnya (Isnawaty *et al.*, 2022). Sampah yang tidak tertampung dibuang sembarangan ataupun dibakar disekitar lingkungan warga ( Ramadhani *et al.*, 2021).

Selain itu, tidak sedikit juga orang yang membuang sampah ke sungai. Membuang sampah ke sungai merupakan kebiasaan masyarakat yang sudah dilakukan sejak lama (Nggilu *et al.*, 2020). Dalam penanggulangan masalah tersebut, pemerintah sudah melakukan beberapa upaya untuk mengatasi pengolahan sampah (Pratama, 2020). Salah satu upaya yang dilakukan adalah pemasangan penyaring sampah (*trash rake*) (Sutiyana *et al.*, 2019). Alat penyaring sampah (*trash rake*) adalah saringan besi yang berfungsi untuk menyaring sampah agar tidak mengalir ke saluran air berikutnya (Sutiyana *et al.*, 2019). Alat ini dikontrol melalui panel box yang berada pada lokasi kontrol dan akan beroperasi hanya dengan menekan tombol on (Alfaresi *et al.*, 2022). Salah satu pengontrol yang sering digunakan adalah arduino. Arduino merupakan komputer kecil yang dapat di program dan dapat mengontrol perangkat lain

(Fatmawati et al., 2020). Namun, dalam kondisi tertentu *trash rake* dapat membuat penumpukan sampah yang berpotensi memblokir sungai sepenuhnya dan meningkatkan risiko banjir (Sudarsana et al., 2022). Oleh karena itu, dibuat sebuah sistem untuk mengatasi penumpukan sampah pada *trash rake*.

Beberapa metode telah diimplementasikan mengatasi penumpukan sampah. Seperti *Monitoring level* sampah dengan sensor alarm (Putry et al., 2020), menggunakan sensor ultrasonik (Juwariyah et al., 2020) dan menggunakan kamera (Abimanyu & Rohman, 2019). Adapula metode pendeteksian sampah yaitu dengan metode *Haar Leak Feature* (HFL) (Saubari et al., 2019), metode *Background Substraction* (Siregar et al., 2020), dan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM) (Putra & Afifah, 2018). Dari penelitian-penelitian terdahulu dapat diamati dan ditingkatkan dari segi kekurangannya serta digabungkan menjadi sebuah rancangan yang saling terintegrasi untuk menciptakan sistem yang lebih efisien. Dalam penelitian ini menggunakan kamera untuk menangkap gambar sampah di sungai. Menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengolahan citra sampah (Zaidan & Pratiwi, 2021) dan pengontrolan mesin *trash rake* berbasis mikrokontroler arduino. Pembaruan dalam penelitian ini adalah mengotomatiskan mesin *trash rake* dengan mendeteksi sampah menggunakan kamera dan pengolahan citra sampah menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan tingkat kepadatan sampah sebesar 80% lebih yang terjaring pada mesin *trash rake* dan dapat menjalankan mesin *trash rake* secara otomatis dengan parameter kepadatan sampah yang telah dibuat.

## METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu pendeteksian objek dan pembuatan prototipe mesin pengangkut sampah.

### A. Pendeteksian Objek

Beberapa tahun belakangan ini, *computer vision* sangat berkembang pesat dan mengalami kemajuan. Oleh karena itu, perkembangannya sangat berpengaruh terhadap pendeteksian objek seperti penelitian ini menggunakan metode GMM sebagai pengolahan citra untuk menentukan kepadatan sampah. GMM adalah salah satu model statistik paling populer dan paling sering digunakan dalam pengurangan latar belakang adaptif dalam video yang beradaptasi dengan perubahan latar belakang. Menurut Amaluddin et al., (2015) ada beberapa langkah dalam pemilihan distribusi background yaitu sebagai berikut:

#### 1. Pencocokan masukan terhadap distribusi

Pada tahap ini masukan yaitu intensitas warna objek dicocokkan dengan semua distribusi hingga ditemukan distribusi yang paling cocok. Jika nilai piksel masuk dalam rentang 2.5 maka piksel sudah dapat dikatakan standar deviasi dari distribusi. Rumus pencocokan masukan dapat dilihat pada persamaan 1:

$$\mu_k - 2.5 * \sigma_k < X_t < \mu_k + 2.5 * \sigma_k \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $X_t$  adalah vektor dari warna piksel (RGB) pada waktu  $t$ ,  $\mu_k$  merupakan vektor nilai rerata (RGB) dari Gaussian ke  $k^{\text{th}}$ , dan  $\sigma_k$  sebagai standar deviasi dari Gaussian ke  $k^{\text{th}}$ .

#### 2. Memperbaharui parameter

Langkah ini memperbaharui beberapa parameter gmm, dimana parameter tersebut digunakan untuk memproses intensitas piksel atau masukan selanjutnya. Nilai yang diperbaharui yaitu bobot, varian, dan rerata (Kim et al., 2021).

$$\omega_{k,t} = (1 - \alpha)\omega_{k,t-1} + \alpha(M_{k,t}) \dots \dots \dots (2)$$

$$\rho = \frac{\alpha}{\omega_{k,t}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\mu_{k,t} = (1 - \rho)\mu_{k,t-1} + \rho(X_t) \dots \dots \dots (4)$$

$$\sigma_{k,t}^2 = (1 - \rho)\sigma_{k,t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_{k,t})(X_t - \mu_{k,t}) \dots \dots \dots (5)$$

Nilai bobot diperbaharui menggunakan persamaan (2). Nilai varian diperbaharui menggunakan persamaan (3) dan nilai rerata diperbaharui dengan menggunakan persamaan (4). Nilai standar deviasi diperbaharui menggunakan persamaan (5). Beberapa persamaan tersebut akan diterapkan pada masing-masing piksel  $(i, j)$  (Kim et al., 2021). Dimana  $\omega_{k,t}$  adalah bobot gaussian ke- $k$  pada

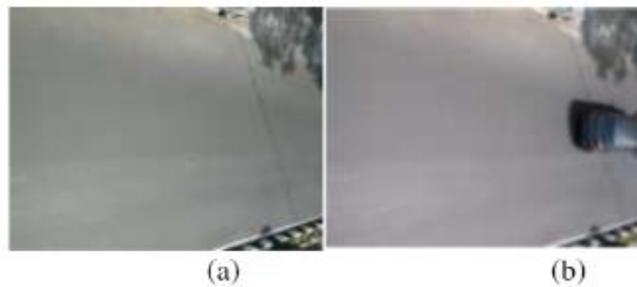
frame  $t$ ,  $\alpha$  merupakan *learning rate*,  $M_{k,t}$  merupakan parameter dengan nilai 0 untuk model yang tidak cocok dan nilai 1 untuk model yang cocok,  $\mu_{k,t}$  merupakan rerata dari gaussian ke- $k$  pada frame  $t$ , dan  $\sigma_{k,t}$  merupakan simpangan baku dari gaussian ke- $k$  pada frame  $t$ . Setelah parameter bobot diperbaharui, tahap selanjutnya merupakan normalisasi dari bobot, agar total dari bobot semua distribusi tepat 1. Jika ada piksel yang cocok dengan distribusi tersebut maka rerata dan simpangan baku akan diperbaharui (Kim *et al.*, 2021).

3. Pemilihan distribusi background

Proses ini merupakan langkah dalam memilih model Gaussian yang paling mirip dengan *background*. Pertama, model gaussian diurutkan berdasarkan  $\frac{\omega}{\sigma^2}$ . Distribusi yang paling mirip dengan *background* ada di urutan atas dan distribusi yang tidak mirip dengan *background* akan berada di urutan bawah dan akan digantikan oleh distribusi lain. Persamaan (6) digunakan untuk memilih B distribusi pertama yang dijadikan distribusi *background*.

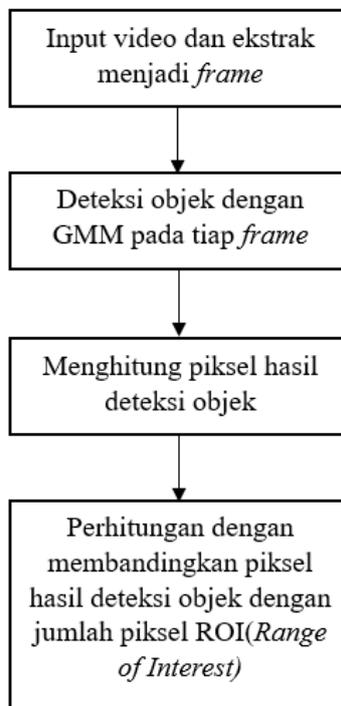
$$B = \operatorname{argmin}_b (\sum_{k=1}^b \omega_k > T) \dots \dots \dots (6)$$

Dimana T merupakan nilai ambang batas yang sudah ditentukan sebelumnya



**Gambar 1.** Contoh model distribusi gambar mobil yang ada di jalan (a) *Background* (b) *Foreground*

Contoh model distribusi dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar a merupakan *background* yang berarti bukan objek yang di deteksi. Pada gambar b terlihat mobil yang merupakan *foreground* dan objek yang terdeteksi. Pada Gambar 2 merupakan tahapan perhitungan kepadatan sampah.



**Gambar 2.** Diagram proses perhitungan kepadatan sampah

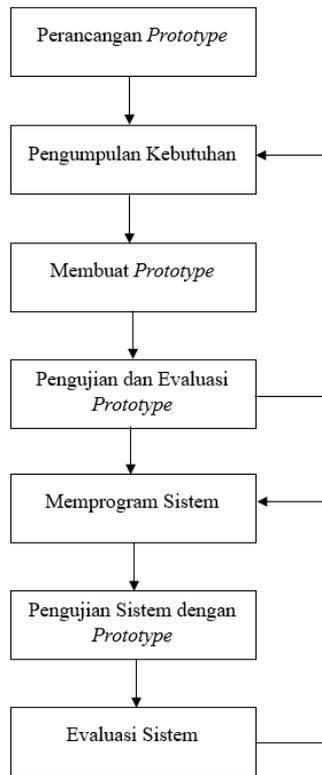
Data dari video diambil dari atas bak sebagai prototipe sungai. Pengambilan video dilakukan dengan menggunakan cctv yang dipasang pada sebuah tiang. Pada saat pengambilan data, cctv harus dalam

keadaan diam dikarenakan proses pengurangan latar belakang harus dengann posisi piksel latar belakang yang sama di setiap *frame* video. Kemudian menghitung hasil deteksi objek dan menentukan ROI. ROI bertujuan untuk memilih daerah sampel yang akan digunakan yaitu berupa luas prototipe bak. Tingkat kepadatan sampah diperoleh dari rata-rata berikut.

$$Tingkat\ kepadatan = 100 - \left( \left( \frac{Jumlah\ piksel\ ROI}{Jumlah\ piksel\ sampah} \right) \times 0.01 \right) \dots\dots\dots (6)$$

**B. Pembuatan Prototipe Mesin Pengangkut Sampah**

Pengujian penelitian ini menggunakan prototipe bak dan mesin *trash rake*. Berikut merupakan tahapan pembuatan sistem terdapat pada Gambar 3. Pembuatan prototipe diawali dengan perancangan prototipe. Perancangan dilakukan agar benda yang dihasilkan memiliki fungsi yang diinginkan. Selanjutnya pengumpulan kebutuhan berupa pengumpulan komponen dalam pembuatan prototipe sesuai Tabel 1. Pada proses pembuatan prototipe harus sesuai dengan perancangan pada tahap awal agar pengujian dapat berjalan lancar. Jika terjadi ketidaksesuaian maka akan kembali ke tahap pengumpulan kebutuhan. Selanjutnya menguji sistem yang telah dibuat pada prototipe. Jika terjadi ketidaksesuain sistem maka proses memprogram sistem akan dilakukan kembali hingga pengujian sesuai dengan konsep awal.



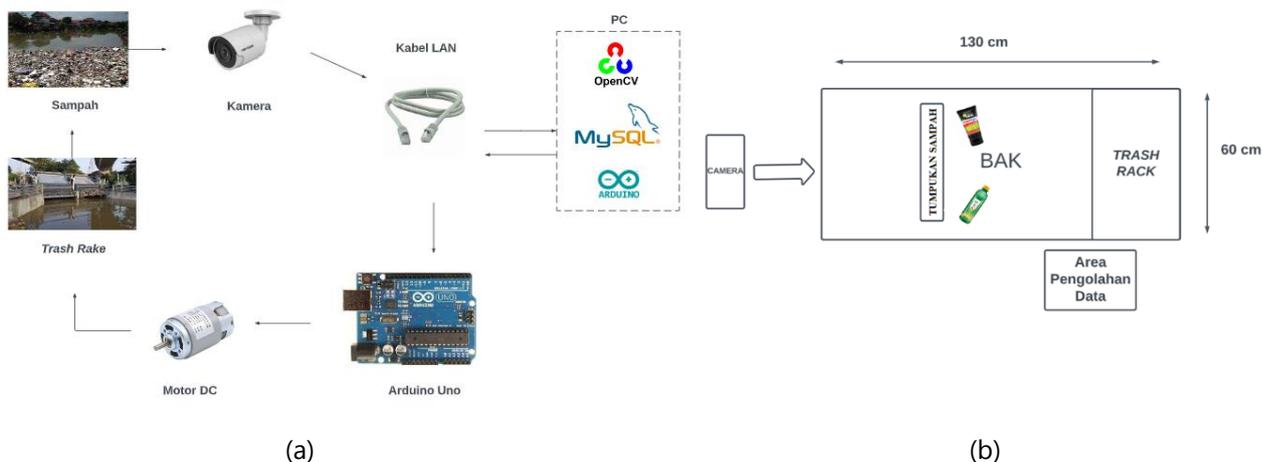
**Gambar 3.** Diagram tahapan sistem

**Tabel 1.** Kebutuhan Sistem

No	Kebutuhan	Deskripsi
1	Kamera	Digunakan untuk menangkap citra objek
2	Motor DC	Digunakan untuk menggerakkan konveyor pengangkut sampah
3	Driver L298n	Sebagai pengendali motor dc
4	Arduino Uno	Sebagai kontroler menggerakkan motor dc
5	Laptop	Menampilkan hasil data pembacaan dari <i>database</i>
6	Adaptor 12V	Sebagai catu daya untuk kamera dan motor dc

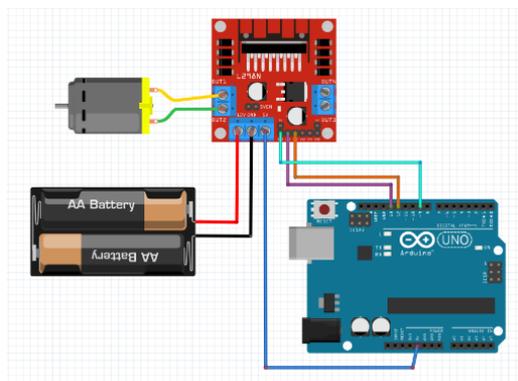
Gambaran umum sistem terdiri dari kamera, arduino, motor dc, dan prototipe *trash rake* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut. Pada gambaran umum sistem tahapan pertama adalah memasukkan citra video. Pada proses ini menggunakan cctv untuk memasukkan citra video. Tahapan kedua adalah mendeteksi

objek berupa sampah yang mengalir pada prototipe sungai dan menghitung kepadatan sampah tersebut dengan metode *Gaussian Mixture Model (GMM)* dan perhitungan ROI area pendeteksian. Jika objek tidak terdeteksi maka proses akan tetap mendeteksi objek. Rancangan tata letak sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** (a) Gambaran umum sistem dan (b) Rancangan tata letak sistem

Tahapan ketiga adalah, jika terdeteksi kepadatan sampah maka data tersebut akan dikirim ke *database*. Data tersebut berupa waktu terjadinya kepadatan sampah, berapa kepadatan sampah terhadap luas sungai yang dideteksi, dan parameter kepadatan tersebut apakah renggang atau padat. Tahapan keempat adalah *monitoring* data kepadatan sampah pada web. Pada web ditampilkan data sampah yang terbaca dan parameter kepadatan sampah. Tahapan kelima adalah menggerakkan mesin *trash rake* secara otomatis sesuai parameter kepadatan sampah yang ditentukan. Pada proses ini motor dc pada mesin *trash rake* digerakkan oleh kontroler berupa arduino. Gambar 5 merupakan rancangan rangkaian elektrikal pada sistem.



**Gambar 5.** Desain Rangkaian Elektrik

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada sistem otomatisasi *trash rake* dengan metode GMM ini sudah dapat dilakukan secara optimal dan data yang didapatkan ditampilkan secara *realtime* pada web untuk di *monitoring*. Posisi prototipe dan komponen lainnya sangat penting untuk menunjang keberhasilan uji coba ini. Hasil perakitan sistem otomatisasi *trash rake* terdapat pada Gambar 7. Prototipe mesin *trash rake* atau pengangkut sampah diletakkan di dalam bak yang berisi air dan dipasang pompa air agar air memiliki arus. Cctv dipasang disebelah bak dan mengarah ke sampah yang ada di bak. Cctv dipasang mengarah bak agar area bak yang terdapat sampah dapat terbaca. Data yang terbaca akan menggerakkan motor yang ada pada *trash rake* sehingga *trash rake* dapat aktif sesuai parameter yang ditentukan mengendalikan motor pada *trash rake* dan aktif secara otomatis dengan parameter kepadatan sampah yang terdeteksi pada cctv. Pada proses ini cctv sudah mendeteksi objek sampah yang ada di dalam bak. Sebeum objek terdeteksi, gambar hasil cctv

akan dipilah antara *background* dan *foreground* untuk menentukan apakah objek atau air. Dapat dilihat pada Tabel 2, objek yang terdeteksi akan terlihat garis-garis hijau sebagai pembatas objek terdeteksi. Objek yang terdeteksi akan Data hasil pendeteksian objek diolah pada komputer untuk menghitung kepadatan sampah yang terdeteksi. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pencahayaan pada luar ruangan yaitu terang, redup, dan gelap. Jarak dan tinggi kamera disesuaikan dengan area deteksi. Pengujian dilakukan sebanyak 90 kali dengan parameter kepadatan yang telah ditentukan yaitu 80%.

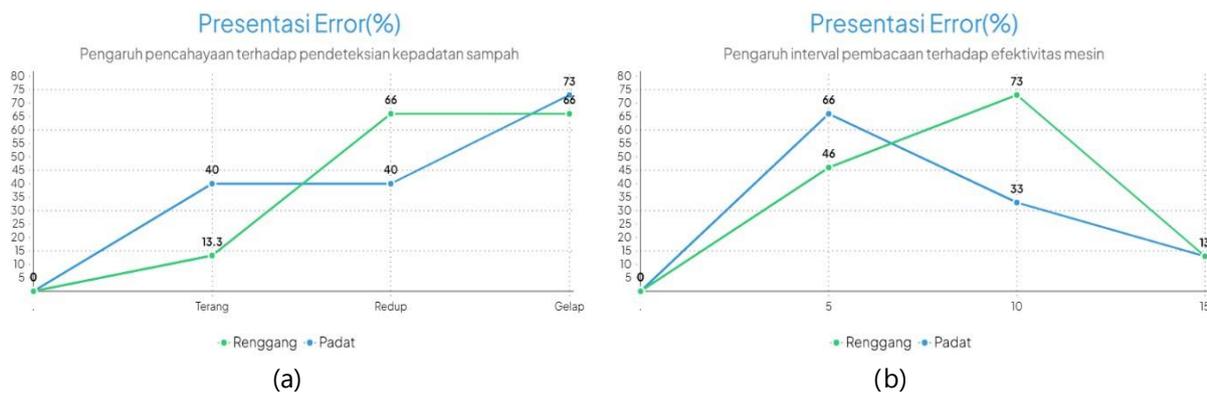


**Gambar 6.** Hasil perakitan sistem

**Tabel 2.** Hasil pengujian deteksi objek

Pencahayaan	Kondisi	
	Renggang	Padat
Terang		
Redup		
Gelap		

Pada Gambar 7 ditunjukkan grafik hasil pengujian pengaruh cahaya terhadap pendeteksian kepadatan sampah. Terdapat tiga kondisi pencahayaan yaitu terang, redup dan gelap. Pada keadaan sampah renggang dan kondisi pencahayaan terang nilai rata-rata error yaitu 13,3%, pada kondisi redup nilai rata-rata error yaitu 66%, dan pada kondisi gelap nilai rata-rata error yaitu 66%. Pada keadaan sampah padat dan kondisi pencahayaan terang nilai rata-rata error yaitu 40%, pada kondisi redup nilai rata-rata error yaitu 40%, dan pada kondisi gelap nilai rata-rata error yaitu 73%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa pencahayaan berpengaruh dalam pendeteksian kepadatan objek. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh interval waktu pembacaan dengan efektifitas aktifnya mesin. Pegujian dilakukan dengan interval waktu 5s, 10s, dan 15s. pengujian dilakukan sebanyak 90 kali pembacaan objek.



**Gambar 7.** (a) Grafik hasil pengujian pengaruh cahaya terhadap pendeteksian kepadatan sampah; (b) Grafik hasil pengujian pengaruh interval pembacaan terhadap efektivitas aktif mesin

Pada Gambar 7 ditunjukkan grafik hasil pengujian pengaruh interval waktu pembacaan terhadap pendeteksian kepadatan sampah. Terdapat tiga interval waktu yaitu 5s, 10s, dan 15s. Pada keadaan sampah renggang dan interval waktu 5s nilai rata-rata error yaitu 46%, pada interval waktu 10s nilai rata-rata error yaitu 73%, dan pada interval waktu 15s nilai rata-rata error yaitu 13%. Pada keadaan sampah padat dan interval waktu 5s nilai rata-rata error yaitu 66%, pada interval waktu 10s nilai rata-rata error yaitu 33%, dan pada interval waktu 15s nilai rata-rata error yaitu 13%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa interval waktu pembacaan berpengaruh dalam efektivitas aktifnya mesin. Setelah pengujian pendeteksian maka dilakukan pengujian pengangkutan objek sampah. Hasil pengujian prototipe *trash rake* dalam mengangkut sampah terdapat pada Tabel 3. Pada pengujian ini menggunakan beberapa jenis objek seperti botol plastik, plastik kresek, botol kertas, dan kain majun. Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, rata-rata error jenis sampah botol plastik yaitu 2,00%, plastik kresek 2,50%, botol kertas 2,00%, kain majun 3,30%, dan jenis campuran sebesar 4,16%. Error tertinggi terdapat pada sampah campuran. Hal itu dikarenakan jenis sampah yang berbeda-beda sehingga deteksi kurang akurat.

**Tabel 3.** Hasil pengujian pengangkutan sampah

Dokumentasi	Status	Dokumentasi	Status
	Berhasil Terangkut		Berhasil Terangkut
	Berhasil Terangkut		Berhasil Terangkut
	Berhasil Terangkut		Berhasil Terangkut

Data yang sudah didapatkan ditampilkan pada web secara *realtime*. Tampilan web dapat dilihat pada Gambar 10 a, b, c. Data yang ditampilkan pada *dashboard* berupa berapa persen kepadatan sampah terhadap bak dan kondisi kepadatan sampah apakah renggang atau padat. Data akan berubah secara

*realtime* sesuai yang terbaca oleh kamera, sehingga dapat mengetahui perubahan kepadatan sampah. Pada halaman *history* berisi riwayat pembacaan data hasil deteksi objek. Dan pada halaman *user list* berisi daftar dan waktu *user* saat login pada web *monitoring*.

The figure shows three screenshots of a web monitoring interface for 'TRASH LEVEL DETECTION' at 'polman' (POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG). Each screenshot has a teal sidebar with navigation options: Dashboard, DETECTION DATA (History), and USER MANAGEMENT (User List).

(a) **Dashboard**: Shows two main metrics: TRASH DENSITY (%) at 58 and CONDITION at renggang.

(b) **History**: Displays a table of detection data with columns: No, Waktu, Density, and Kondisi.

No	Waktu	Density	Kondisi
1	2023-07-05 16:07:59	88	padat
2	2023-07-05 16:07:59	54	renggang
3	2023-07-05 16:07:59	84	padat
4	2023-07-05 16:07:59	62	renggang
5	2023-07-05 16:07:59	56	renggang

(c) **User List**: Displays a table of user login data with columns: No, Waktu, and Nama.

No	Waktu	Nama
1	2023-06-10 13:57:43	admin
2	2023-06-10 13:58:20	admin2
4	2023-06-11 14:37:54	admin
5	2023-06-13 19:13:40	admin

**Gambar 8.** Tampilan (a) *Dashboard*, (b) *History*, (c) *User list*

### KESIMPULAN

Sistem *automatic trash rake* sudah dapat berjalan sesuai dengan tingkat kepadatan sampah yang terdeteksi. Sistem deteksi objek sampah dengan menggunakan metode GMM masih belum efektif dalam penerapannya dikarenakan sampah yang diam dan berada di dalam air tidak terdeteksi. Sistem dapat menggerakkan prototipe mesin trash rake secara otomatis sesuai parameter kepadatan yang telah diatur.

Error pada pendeteksian kepadatan dipengaruhi oleh cahaya dimana error terkecil terjadi ketika kondisi terang. Efektivitas aktif mesin di pengaruhi oleh nilai waktu interval dan error terkecil berada di interval 15s. Dan mesin *trash rake* yang belum bisa mengangkut sampah selain botol plastik dan minuman kotak. Usulan untuk penelitian selanjutnya yaitu penambahan metode pendeteksian sampah agar hasil deteksi lebih akurat dan juga kesesuaian prototipe *trash rake* yang lebih sesuai dengan ukuran sampah yang akan diangkut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, K., & Rohman, S. (2019). *Robot Perahu Pengangkut Sampah Berbasis Pengolahan Citra Garbage Carrier Robo Boat Based On Image Processing*. 7(1). <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1636>
- Alfaresi, B., Afandi, & Ardianto, F. (2022). Desain Dan Perancangan Miniatur Alat Penyaring Sampah Otomatis Berbasis Plc. *Electrician*, 16(2), 129–137. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n2.2227>
- Amaluddin, F., Muslim, M., & Naba, A. (2015). Klasifikasi Kendaraan Menggunakan Gaussian Mixture Model (GMM) Dan Fuzzy Cluster K Means (FCM). *Jurnal EECCIS*, 9(1), pp.19-24.
- Cahyati, S., & Ramdhani, Y. (2021). Aplikasi Android Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things. *E-Prosiding Teknik Informatika*. 2(1), 112–121.
- Fatmawati, K., Sabna, E., & Irawan, Y. (2020). Design of a Smart Trash Can Using an Arduino Microcontroller-Based Proximity Senso. *Riau Journal Of Computer Science*, 6(2), 124–134.
- Isnawaty, I., Subardin, S., & Normawan, L. L. (2022). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Menggunakan Metode Haversine Formula. *Digital Transformation Technology*, 2(2), 35–44. <https://doi.org/10.47709/digitech.v2i2.1803>
- Juwariyah, T., Krisnawati, L., & Sulsasminingsih, S. (2020). Sistem Monitoring Terpadu Smart Bins Berbasis IoT Menggunakan Aplikasi Blynk. *JIRE (Jurnal Informasi & Rekayasa Elektronika)*, 3(2), 91–99. <https://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/247>
- Khoiriyah, H. (2021). Analisis Kesadaran Masyarakat Akan Kesehatan Terhadap Upaya Pengelolaan Sampah di Desa Tegorejo Kecamatan Pegandon Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Conservation*, 10(1), 13–20. <https://doi.org/10.15294/ijc.v10i1.30587>
- Kim, Y. Y., Kim, H., Lee, W., Choi, H. L., & Moon, I. C. (2021). Black-box expectation–maximization algorithm for estimating latent states of high-speed vehicles. *Journal of Aerospace Information Systems*, 18(4), 175–192. <https://doi.org/10.2514/1.I010831>
- Nggilu, A., Raffi Arrazaq, N., & Thayban, T. (2020). *Dampak Pembuangan Sampah Di Sungai Terhadap Lingkungan Dan Masyarakat Desa Karya Baru*.
- Pratama, G. (2020). Upaya Modernisasi dan Inovasi Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Desa Leuwimunding Majalengka. *Etos: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 37. <https://doi.org/10.47453/etos.v2i1.209>
- Putra, B. C., & Afifah, Y. N. (2018). *Gaussian Mixture Model Untuk Penghitungan Tingkat Kebersihan Sungai Berbasis Pengolahan Citra*. 2(1), 53–58.
- Putry, A. D. F., Faiqoh, D., & Widyansyah, N. H. (2020). Monitoring Level Sampah pada Sungai di Sekitar Pemukiman Melalui Sensor Alarm Berbasis Realtime. *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 2(2), 45–51. <https://doi.org/10.52435/jaiit.v2i2.71>
- Rima Dias Ramadhani, Nur Aziz Thohari, A., Kartiko, C., Junaidi, A., Ginanjar Laksana, T., & Alim Setya Nugraha, N. (2021). Optimasi Akurasi Metode Convolutional Neural Network untuk Identifikasi Jenis Sampah. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 312–318. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2754>
- Saubari, N., Gazali, M., & Ansari, R. (2019). Metode HLF untuk Deteksi Objek Terapung pada Permukaan

- Sungai Martapura HLF Method for Detecting Floating Objects on the Surface of Martapura River. *JISKa*, 4(2), 118–124.
- Siregar, R. C., Hidayat, M. R., Sambasri, S., & Rahmatullah, G. M. (2020). Rancang Bangun Prototype Sistem Pendeteksian Sampah Pada Aliran Air Menggunakan Metode Background Subtraction. *Researchgate.Net*, September. <https://doi.org/10.17977/um034v30i1p75-88>
- Sistem, R., Tribuana, D., & Arda, A. L. (2024). *JURNAL RESTI Image Preprocessing Approaches Toward Better Learning Performance with CNN*. 5(158), 6–9.
- Sudarsana, P. B., Winata, I. M. P. A., & Subagia, I. D. G. A. (2022). Rancang bangun sistem penangkap sampah Daerah Aliran Sungai (DAS) berbasis integrasi screw conveyor dan sistem pemantauan menggunakan Internet of Things (IoT). *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.24843/jem.2021.v14.i01.p01>
- Sutiyana, L., Nugraha, R. A., & ... (2019). Optimasi Desain Trash Rack Dengan Parameter Nilai Head Loss Menggunakan Full Factorial Design. *EProceedings ...*, 6(2), 6376–6381. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/9889>
- Wahjuni, S. R. I., & Zakiah, R. A. (n.d.). *Sistem Pemantauan Volume Timbulan Sampah berbasis Internet of Things di Tempat Penampungan Sementara Kota Bogor Internet of Things based Volume Monitoring System for Waste Disposal in Bogor City*. 9, 114–126.
- Yuniantari, N. K. H. S., Aryana, I. K., & Jana, I. W. (2022). Hubungan Tingkat Pengetahuan Dan Pekerjaan Kepala Keluarga Dengan Tingkat Partisipasi Dalam Pelaksanaan Program Bank Sampah. *Repository Poltekkes Depansar*, 12(1), 7–16.