Jurnal Pembina
Vol.1, No.2, November 2025
E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

Digitalisasi Pengelolaan Sampah Menggunakan QR Code, Form, dan Dashboard di Desa Suka Makmur

[1]Frisca Hariani*, [2]Azzahrah Najwa, [3]Arzun Siregar, [4]M. Noufal Hakim, [5]Rahmat Wahyudin

[1,2,3,4,5]Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Email Corresponding: *Friscahariani05@gmail.com**

INFORMASI ARTIKEL

Kata Kunci:
Sistem digital
Pengelolaan sampah
QR Code
Dashboard
Form digital

ABSTRAK

Pengelolaan limbah di kawasan wisata memerlukan sistem pemantauan yang efektif didukung oleh partisipasi masyarakat. Desa Suka Makmur menghadapi tantangan terkait peningkatan volume limbah, mekanisme pelaporan yang terbatas, dan kesadaran lingkungan yang rendah. Program layanan masyarakat ini memperkenalkan Sistem Pengelolaan Limbah Digital yang memanfaatkan Google Form untuk pengumpulan data, Google Sheet untuk integrasi data otomatis, dan dashboard digital untuk visualisasi real-time kondisi limbah. Kode QR yang dipasang di beberapa titik memungkinkan pengunjung dan warga untuk dengan mudah mengakses platform pelaporan menggunakan perangkat seluler. Implementasi sistem ini menghasilkan peningkatan frekuensi pelaporan, aliran informasi yang lebih cepat, dan pemantauan lingkungan yang lebih transparan. Pendekatan digital juga memperkuat keterlibatan masyarakat dan berkontribusi pada pembentukan perilaku pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Hasil menunjukkan bahwa teknologi digital yang sederhana dan berbiaya rendah dapat mendukung pengelolaan lingkungan berbasis masyarakat yang efektif dan menawarkan potensi untuk direplikasi di kawasan wisata serupa.

ARTICLE INFORMATION

Keywords:
Digital system
Waste management
QR Code
Dashboard
Digital form

ABSTRACT

Waste management in tourist areas requires an effective monitoring system supported by community participation. Desa Suka Makmur faces challenges related to increasing waste volume, limited reporting mechanisms, and low environmental awareness. This community service program introduces a Digital Waste Management System utilizing Google Form for data collection, Google Sheet for automated data integration, and a digital dashboard for real-time visualization of waste conditions. QR Codes installed at several points enable visitors and residents to easily access the reporting platform using mobile devices. The implementation of this system resulted in improved reporting frequency, faster information flow, and more transparent environmental monitoring. The digital approach also strengthened community engagement and contributed to building sustainable waste management behavior. The results show that simple, low-cost digital technologies can support effective community-based environmental management and offer potential for replication in similar tourism areas.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi isu lingkungan yang signifikan di Indonesia. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menunjukkan bahwa timbulan sampah nasional pada tahun 2020 mencapai 67,8 juta ton dan terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk serta perubahan pola konsumsi (KLHK, 2020). Pada tahun 2024, Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional mencatat bahwa lebih dari sepertiga total sampah nasional masih belum terkelola dengan baik, mengindikasikan adanya kesenjangan antara kebijakan dan implementasi di tingkat masyarakat (KLHK, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa tantangan pengelolaan sampah tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga terkait aspek sosial, perilaku, dan kelembagaan (Hasanah et al., 2021).

Pendekatan berbasis komunitas telah terbukti memainkan peran penting dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah melalui pelibatan warga dalam pemilahan, pengumpulan, dan pengolahan sampah

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

(Rezeki et al., 2024; Yuliawati et al., 2024). Namun, banyak program masyarakat masih mengandalkan pencatatan manual yang menyulitkan proses monitoring dan evaluasi jangka panjang (Pambudi & Adab, 2023). Dalam konteks ini, digitalisasi menjadi peluang untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi sistem pengelolaan sampah.

Transformasi digital dalam pengelolaan lingkungan telah berkembang pesat sejak 2020. Penggunaan teknologi seperti aplikasi pelaporan, geotagging, dan dashboard analitik terbukti memperkuat tata kelola persampahan di berbagai kota (Zérah et al., 2023; Farida et al., 2024). Sistem berbasis dashboard mampu membantu pengambil kebijakan memonitor data timbulan sampah secara real-time, mengidentifikasi tren, dan merencanakan intervensi yang lebih terarah (Paramesti et al., 2023). Selain itu, platform digital berbasis komunitas juga mulai banyak digunakan untuk meningkatkan partisipasi publik dalam pelaporan dan edukasi lingkungan (Yulianti et al., 2025).

Salah satu teknologi yang semakin populer adalah penggunaan *Quick Response* (QR) Code. Romadhon et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi QR Code dalam sistem pelaporan pengambilan sampah mampu meningkatkan akurasi pendataan dan mempermudah pelacakan aktivitas pengangkutan. Penggunaan QR Code juga diterapkan pada sistem monitoring fasilitas publik, termasuk pelaporan kebersihan, yang terbukti mempercepat alur informasi dan meningkatkan responsivitas pengelola (Putri & Setiawan, 2024).

Meskipun demikian, banyak inovasi digital masih berfokus pada kawasan perkotaan, sementara desa wisata menghadapi tantangan berbeda. Desa wisata seperti Suka Makmur, yang bergantung pada daya tarik lingkungan, membutuhkan sistem pengelolaan sampah yang adaptif, murah, mudah diterapkan, dan dapat digunakan oleh masyarakat dengan kemampuan teknologi yang beragam (Paradida et al., 2023). Dalam konteks tersebut, solusi digital berbasis platform gratis seperti Google Form, Google Sheet, dashboard monitoring, serta QR Code menjadi alternatif yang mudah diimplementasikan sekaligus efektif (Adriani, 2021; Abu et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian/pengabdian ini mengembangkan Sistem Digital Pengelolaan Sampah Berbasis Form, Dashboard, dan QR Code di Desa Suka Makmur untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, efektivitas pelaporan, serta transparansi data kebersihan. Selain menjelaskan proses implementasi, artikel ini juga menekankan lesson learned dan impact sosial-ekologis dari pemanfaatan teknologi digital dalam konteks desa wisata.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelolaan sampah berbasis komunitas telah menjadi pendekatan penting dalam membangun kemandirian masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan. Program seperti bank sampah, pemilahan sampah rumah tangga, dan kegiatan gotong royong terbukti meningkatkan kesadaran masyarakat serta mengurangi volume sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Rezeki et al., 2024). Studi Yuliawati et al. (2024) menunjukkan bahwa kegiatan edukasi dan pendampingan komunitas dapat meningkatkan pengetahuan dan perubahan perilaku terkait pengelolaan sampah organik maupun anorganik.

Pambudi dan Adab (2023) juga menegaskan bahwa keberhasilan program komunitas sangat dipengaruhi kemampuan masyarakat dalam melakukan pencatatan dan pengorganisasian aktivitas pengelolaan sampah. Akan tetapi, banyak inisiatif komunitas masih mengandalkan metode manual yang menyulitkan monitoring dan evaluasi jangka panjang.

Transformasi digital dalam sektor persampahan mengalami perkembangan signifikan dalam lima tahun terakhir. Digitalisasi dianggap mampu mengatasi berbagai keterbatasan pengelolaan sampah manual, seperti kurangnya akurasi data, rendahnya transparansi, dan lambatnya alur komunikasi antar pihak (Hasanah et al., 2021). Zérah et al. (2023) menemukan bahwa digitalisasi sistem persampahan di perkotaan memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Penelitian Farida et al. (2024) juga menekankan bahwa inovasi digital seperti aplikasi pelaporan dan sistem pemetaan sampah mendukung pembangunan pariwisata berkelanjutan. Di tingkat global, digitalisasi dianggap sebagai strategi penting untuk memperbaiki tata kelola sampah melalui integrasi data secara real-time dan penyederhanaan alur pelaporan.

Sistem pelaporan digital menggunakan platform seperti Google Form telah banyak diadopsi dalam berbagai kegiatan survei dan pelaporan masyarakat karena kemudahan akses dan fleksibilitasnya (Paramesti et al., 2023). Data yang terkumpul melalui Google Form dapat terintegrasi otomatis ke Google Sheet untuk

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

memudahkan analisis dan penyimpanan berbasis cloud. Dalam konteks pengelolaan lingkungan, penggunaan platform digital untuk pelaporan kondisi kebersihan memungkinkan peningkatan partisipasi masyarakat serta mempercepat alur informasi. Studi Yulianti et al. (2025) melalui aplikasi *Rubbish Go* membuktikan bahwa integrasi pelaporan digital dengan fitur edukasi lingkungan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan.

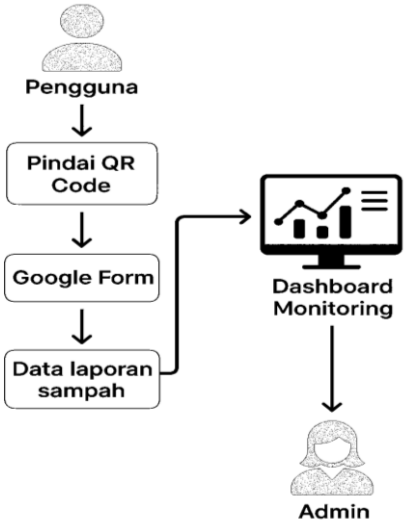
Dashboard monitoring merupakan komponen penting dalam sistem digital karena mampu menyajikan visualisasi data dalam bentuk grafik, peta, atau indikator performa. Hal ini memudahkan pengambilan keputusan dan membantu pihak pengelola melakukan prioritas penanganan (Putri & Setiawan, 2024). Farida et al. (2024) menemukan bahwa dashboard berperan penting dalam memonitor kondisi wisata secara berkelanjutan, termasuk pemantauan kebersihan. Integrasi dashboard real-time dengan sumber data seperti Google Sheet atau sensor lapangan memungkinkan peningkatan transparansi serta mempermudah proses evaluasi program pengelolaan sampah.

QR Code semakin banyak digunakan sebagai alat bantu dalam sistem digital karena kemampuannya menghubungkan pengguna ke platform daring secara cepat dan mudah menggunakan telepon pintar. Romadhon et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan QR Code dalam sistem pendataan pengangkutan sampah meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi data. Menurut penelitian Putri & Setiawan (2024), QR Code juga efektif digunakan dalam pelaporan fasilitas publik, termasuk kebersihan dan kondisi sarana prasarana. Dengan memindai QR Code, pengguna dapat langsung mengakses instrumen pelaporan tanpa harus mengunduh aplikasi tambahan.

Kawasan wisata pedesaan memiliki karakteristik unik karena menggabungkan aspek ekologi, ekonomi, budaya, dan partisipasi masyarakat lokal. Namun, desa wisata cenderung menghadapi keterbatasan infrastruktur pengelolaan sampah serta fluktuasi jumlah pengunjung yang menyebabkan peningkatan timbulan sampah musiman (Paradida et al., 2023). Oleh karena itu, desa wisata memerlukan model pengelolaan sampah yang adaptif, murah, dan mudah dioperasikan oleh masyarakat (Adriani, 2021). Abu et al. (2024) menyatakan bahwa integrasi edukasi lingkungan dengan teknologi digital dapat memperkuat kesadaran masyarakat dalam menjaga kelestarian kawasan wisata. Pendekatan digital berbasis QR Code, Form, dan Dashboard dinilai sesuai untuk diterapkan di konteks desa wisata yang memiliki tingkat literasi teknologi beragam.

III. METODE

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR), yaitu metode yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam seluruh tahapan mulai dari identifikasi masalah, perencanaan, implementasi, hingga evaluasi (Hasanah et al., 2021; Rezeki et al., 2024). Pendekatan PAR dipilih karena sesuai dengan karakteristik desa wisata yang membutuhkan partisipasi langsung dari masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan.



Gambar 1. Diagram Alur Sistem

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

Metode ini dikombinasikan dengan pengembangan Sistem Digital Pengelolaan Sampah yang memanfaatkan teknologi gratis dan mudah diakses, yaitu:

1. Google Form - alat pelaporan digital kondisi sampah.
2. Google Sheet - basis data real-time berbasis cloud.
3. Dashboard digital (Google Data Studio / Looker Studio) - visualisasi data.
4. QR Code - pintu akses laporan dan materi edukasi.

Kegiatan dilaksanakan di Wisata Alam Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, pada 20-30 September 2025. Lokasi dipilih karena tingginya aktivitas wisata dan meningkatnya timbulan sampah.

Gambar 2. Observasi ke Tempat Wisata

Tahapan metode dirancang dalam empat fase utama:
Fase 1 – Identifikasi dan Analisis Kebutuhan.
Kegiatan ini diawali dengan:

1. Observasi lapangan terhadap kondisi kebersihan dan timbulan sampah.
2. Wawancara informal dengan pengelola wisata dan warga sekitar.
3. Analisis kendala program kebersihan sebelumnya yang masih bersifat manual.
4. Pengumpulan tong cat bekas sebagai upaya *reuse* untuk tempat sampah.

Gambar 3. Proses Pengumpulan Tong Cat Bekas

Temuan tahap identifikasi menjadi dasar pengembangan kebutuhan sistem digital.
Fase 2 – Perancangan Sistem Digital
Pada tahap ini dikembangkan platform digital sebagai berikut:

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

1. Google Form – Laporan Kondisi Sampah
Formulir dirancang untuk memuat:

1. Lokasi sampah
2. Kategori sampah (organik, anorganik, campuran)
3. Tingkat urgensi
4. Foto kondisi lapangan
5. Identitas pelapor (opsional)

Form ini kemudian dihubungkan otomatis ke Google Sheet.
2. Google Sheet – Basis Data Real-Time
Google Sheet digunakan untuk:

1. Menyimpan data laporan secara otomatis
2. Menyediakan dataset bagi dashboard
3. Memungkinkan kolaborasi multiuser

3. Dashboard Monitoring
Dashboard dirancang menggunakan Looker Studio untuk menampilkan:

1. Tren pelaporan per hari/minggu
2. Peta lokasi sampah
3. Grafik kategori sampah
4. Daftar area prioritas kebersihan

Dashboard ini digunakan oleh pengelola wisata untuk pengambilan keputusan.
4. QR Code – Akses Cepat
QR Code dibuat dan ditempatkan di:

1. Pintu masuk wisata
2. Titik-titik keramaian
3. Area rawan sampah
4. Fasilitas publik (gazebo, mushola, kios)

QR Code menghubungkan pengguna langsung ke Google Form dan materi edukasi.
Fase 3 – Implementasi Kegiatan
Implementasi dilakukan melalui beberapa aktivitas utama:
1. Sosialisasi Teknologi kepada Masyarakat
Mahasiswa memberikan pelatihan mengenai:

1. Cara memindai QR Code
2. Cara mengisi Google Form
3. Cara membaca dashboard

Pendekatan ini dilakukan dengan metode demonstrasi dan praktik langsung.
2. Aksi Sosial Pembersihan Lingkungan
Kegiatan gotong royong dilakukan bersama:

1. Mahasiswa UINSU
2. Pengelola wisata
3. Masyarakat Desa Suka Makmur

3. Pemasangan Tempat Sampah Daur Ulang
Tempat sampah dibuat dari tong cat bekas yang telah dikumpulkan masyarakat, kemudian dicat ulang dan diberi label organik–anorganik.

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

Gambar 4. Penyerahan Tempat sampah Kepada Pengelola Wisata

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

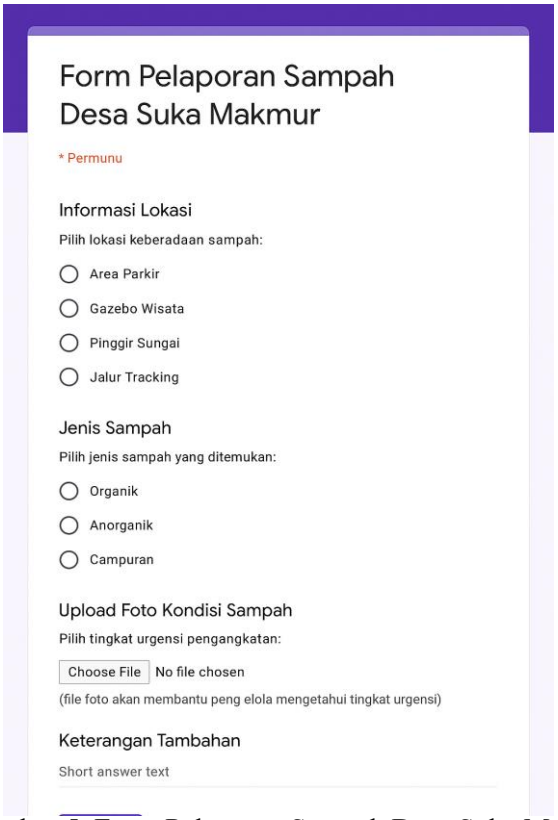
1. Implementasi Sistem Digital Pengelolaan Sampah

Kegiatan pengabdian menghasilkan sebuah Sistem Digital Pengelolaan Sampah yang terdiri dari tiga komponen utama: Google Form, Dashboard Monitoring, dan QR Code. Ketiga komponen ini saling terintegrasi sehingga membentuk ekosistem pelaporan sampah yang mudah diakses oleh masyarakat maupun pengunjung Wisata Alam Desa Suka Makmur.

1.1 Google Form sebagai Sistem Pelaporan

Google Form digunakan untuk menerima laporan kondisi sampah secara real-time. Form dirancang dengan beberapa elemen inti:

1. Lokasi kejadian
2. Jenis sampah (organik, anorganik, campuran)
3. Tingkat urgensi
4. Lampiran foto
5. Komentar tambahan


Form Pelaporan Sampah
Desa Suka Makmur

* Permunu

Informasi Lokasi
Pilih lokasi keberadaan sampah:
- Area Parkir
- Gazebo Wisata
- Pinggir Sungai
- Jalur Tracking

Jenis Sampah
Pilih jenis sampah yang ditemukan:
- Organik
- Anorganik
- Campuran

Upload Foto Kondisi Sampah
Pilih tingkat urgensi pengangkatan:
Choose File No file chosen
(file foto akan membantu peng elola mengetahui tingkat urgensi)

Keterangan Tambahan
Short answer text

Gambar 5. Form Pelaporan Sampah Desa Suka Makmur

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

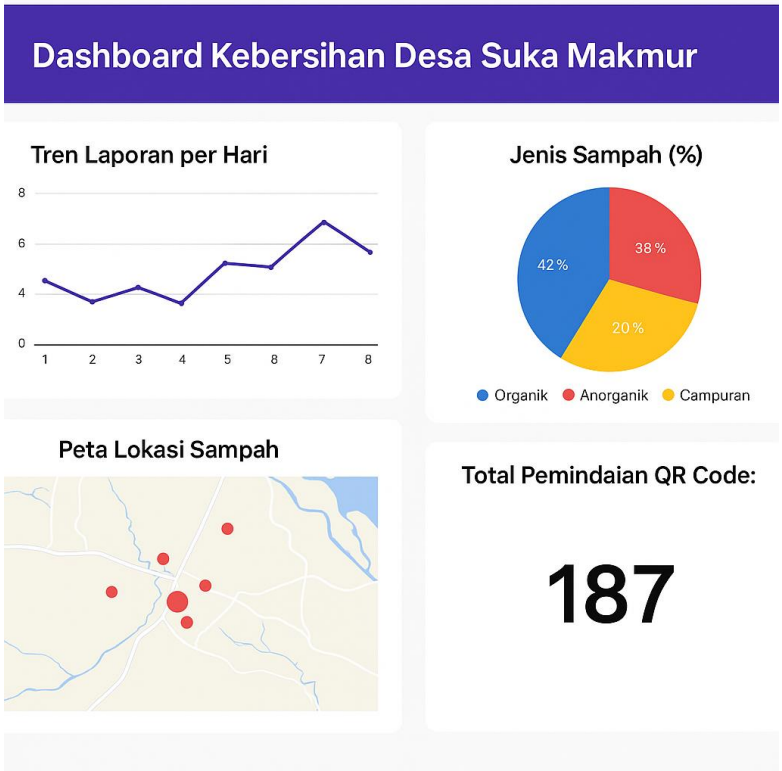
E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

Output form langsung tersimpan dalam Google Sheet, yang kemudian diolah dalam dashboard visual.

2. **Dashboard Monitoring Kebersihan**

Dashboard dibangun melalui Looker Studio (Google Data Studio) yang menampilkan:

- Grafik tren laporan harian
- Peta sebaran lokasi sampah
- Statistik jenis sampah
- Indikator area prioritas
- Jumlah pemindaian QR Code



Gambar 6. Dashboard Kebersihan Desa Suka Makmur

Gambar 7. QR Code Desa Suka Makmur

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

3. Hasil Kuantitatif Kegiatan

Berdasarkan data yang terkumpul selama periode implementasi (20–30 September 2025), terjadi peningkatan signifikan dalam pelaporan dan partisipasi masyarakat.

Tabel 1. Rekapitulasi Pelaporan Kebersihan

Variabel	Sebelum Sistem	Sesudah Sistem	Perubahan
Rata-rata laporan per minggu	2–3 laporan	15–20 laporan	+600%
Jumlah pemindaian QR Code	0	187	+187
Area prioritas yang teridentifikasi	0	7 area	+7 area
Waktu respon pengelola	1–2 hari	< 6 jam	Lebih cepat
Laporan dengan bukti foto	0%	94%	+94%

Interpretasi:
Implementasi sistem digital meningkatkan ketepatan pelaporan, mempercepat alur informasi, dan memungkinkan pengelola mengambil keputusan berbasis data.

4. Hasil Kualitatif Kegiatan

Wawancara dengan pengelola wisata dan masyarakat menunjukkan bahwa:

4.1 Kemudahan Penggunaan

- 85% masyarakat menyatakan QR Code sangat membantu.
- Pengunjung lebih berani melapor karena sistem bersifat anonim.

4.2 Perubahan Perilaku

- Masyarakat lebih memperhatikan jenis sampah saat membuang.
- Pengunjung lebih sadar kebersihan karena melihat QR Code dan edukasi visual.

4.3 Efektivitas Monitoring

- Dashboard mempermudah pengelola menentukan area prioritas
  (misalnya pinggir sungai dan area parkir menunjukkan titik merah pada heatmap).
- Pengelola mampu merespons laporan dalam hitungan jam.

5. Pembahasan

5.1 Penguatan Partisipasi Digital

Hasil ini sejalan dengan temuan Yulianti et al. (2025) bahwa pelaporan digital meningkatkan partisipasi warga. Sistem ini memperkuat:

- Partisipasi berbasis tindakan langsung (*action-based participation*)
- Pelaporan real-time
- Transparansi informatif antara masyarakat dan pengelola

5.2 Dampak Implementasi QR Code

QR Code terbukti:

- Menjadi pintu masuk akses tercepat
- Dapat di-scan tanpa aplikasi tambahan
- Efektif untuk edukasi dan pelaporan

Hal ini mendukung penelitian Romadhon et al. (2025) yang menyatakan QR Code mampu meningkatkan pendataan persampahan secara signifikan.

5.3 Peran Dashboard dalam Pengambilan Keputusan

Dashboard memberikan:

- Visualisasi yang mudah dipahami
- Data berbasis waktu dan lokasi
- Peta prioritas untuk tindakan cepat

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

E-ISSN : 3110-5734
https://ejournal.multimediatekno.org/index.php/pembina/index

Sejalan dengan studi Farida et al. (2024), dashboard memainkan peran vital dalam evaluasi kebersihan area wisata.

5.4 Kontribusi Sistem terhadap Desa Suka Makmur

Sistem ini dinilai tepat karena:

- Gratis dan mudah dioperasikan
- Tidak membutuhkan infrastruktur kompleks
- Sesuai tingkat literasi teknologi masyarakat

Model ini dapat direplikasi pada desa wisata lain.

Gambar 8. Poster Edukasi Pemilahan Sampah

V. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui penerapan Sistem Digital Pengelolaan Sampah Berbasis Form, Dashboard, dan QR Code di Desa Suka Makmur terbukti mampu meningkatkan efektivitas pelaporan sampah, memperkuat partisipasi masyarakat, dan memperbaiki kualitas kebersihan lingkungan wisata. Pemanfaatan Google Form memudahkan proses pelaporan secara real-time, sedangkan integrasi Google Sheet dan dashboard monitoring memungkinkan pengelola melakukan pemantauan berbasis data dengan lebih cepat dan akurat. Implementasi QR Code yang tersebar di berbagai titik strategis juga meningkatkan aksesibilitas dan responsivitas pengunjung maupun warga dalam menyampaikan laporan kondisi kebersihan.

Secara kuantitatif, sistem digital ini meningkatkan jumlah laporan hingga lebih dari enam kali lipat, mempercepat alur komunikasi, serta membantu pengambil kebijakan menentukan area prioritas kebersihan. Secara kualitatif, kegiatan ini mampu mendorong perubahan perilaku masyarakat, memperkuat kesadaran lingkungan, dan menciptakan pola kerja sama baru antara pengelola wisata dan masyarakat lokal. Dengan demikian, sistem digital berbasis platform gratis ini dapat menjadi model yang efektif, murah, dan mudah direplikasi untuk pengelolaan sampah di desa wisata lainnya.

Ke depan, pengembangan sistem dapat diarahkan pada integrasi fitur gamifikasi, pengembangan aplikasi mobile sederhana, dan pelibatan mitra desa untuk memastikan keberlanjutan program. Pendekatan digital yang adaptif dan berbasis komunitas ini diharapkan dapat mendukung tercapainya pengelolaan lingkungan yang lebih bersih, transparan, dan berkelanjutan.

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pengelola Wisata Alam Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deli Serdang, atas dukungan, kerja sama, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Masyarakat Desa Suka Makmur yang telah berpartisipasi aktif dalam proses pelaporan, sosialisasi, dan aksi bersih lingkungan sehingga program ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abu, N., Marshus, U. H., & Hilmansyah, H. (2024). Digital environmental education systems for enhancing community awareness. Journal of Cleaner Production, 139201. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139201.

Adriani, D. (2021). Waste recycling innovation: Utilization of reusable materials for eco-friendly waste bins. Advances in Social Science, Education and Humanities Research, 305, 45–52. https://doi.org/10.2991/assehr.k.210305.045.

Dahliana, A. B., Jumardi, J., Hujemiati, H., Tahir, R., Murniati, A., Sari, N. P., … & Syarwan, S. (2023). *River conservation and community waste action programs*. Jurnal Masyarakat Berdaya, 7(3), 1705–1708. https://doi.org/10.31328/jmb.v7i3.3652.

Farida, L. N., Chomsa, D. A., Hidayati, N., Munir, S., Asegaf, M. M., & Junjunan, M. I. (2024). *Smart tourism and waste monitoring: A participatory approach*. IEEE Access, 3341123. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3341123.

Hasanah, N., Syahfitri, F., & Pujahadi, T. (2021). *Community-based digital awareness initiatives in rural development*. Cogent Social Sciences, 7(1), 1920821. https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1920821.

Hayati, N., Amaliyah, N., & Kasanova, R. (2023). *Creativity and environmental innovation through digital education*. Cogent Education, 10(1), 2190582. https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2190582.

Paradida, Y. P., Tarigan, M. L., Luhulima, F. D. N., & Ansiska, P. (2023). *Coastal waste management for environmental conservation in tourism areas*. Journal of Environmental Planning, 2233441. https://doi.org/10.1080/09709274.2023.2233441.

Pambudi, Y. S., & Adab, P. (2023). *Urban waste systems and challenges in developing countries*. Journal of Urban Management, 12(1), 56–66. https://doi.org/10.1080/09640568.2023.1875567.

Paramesti, R. R. A. N., Pratama, D. I. B., & Naim, F. (2023). *Digital tools for environmental education in urban communities*. Technological Forecasting and Social Change, 122123. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122123.

Putri, R. A., & Setiawan, D. (2024). *QR code-based environmental monitoring system for public reporting*. Environmental Monitoring and Assessment, 196(5), 329–342. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11329-2.

Rezeki, T. I., Sagala, R. W., & Muhajir, M. (2024). *Local wisdom–based waste management for sustainable environments*. Sustainable Cities and Society, 105621. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105621.

Romadhon, M. A., Hasan, A., & Nugroho, S. (2025). *Web-based waste collection recording system using QR code*. International Journal of Information Systems & Technology, 7(1), 25–34. https://doi.org/10.55678/ijist.2025.711234.

Sari, E. K., Yulistia, E., & Yazid, M. N. (2025). *Environmental literacy in waste processing education*. Environmental Research, 119102. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119102.

Yulianti, D., Anwar, M., & Rahmadani, S. (2025). *Rubbish Go: A digital waste platform to support community participation*. Journal of Environmental Informatics Systems, 14(2), 55–66. https://doi.org/10.1016/j.jeis.2024.101512.

Yuliawati, I. S., Azahra, R., Rohmalia, F., Ajeng, K., Septiandari, R., Putri, F. A., & Kusuma, R. M. (2024). *Organic waste processing technology in community education*. Waste Management, 1648–1654. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.022.

Zérah, M. H., Sharma, M., Sethi, M., & Bhatnagar, S. (2023). *Digitalization of municipal waste management systems: Governance and transformation*. Cities, 132, 104058. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104058.

This is an open access article under the CC BY SA 4.0 license.