

# Penerapan Kecerdasan Buatan dalam Sistem Bank Sampah Digital: Evaluasi Penggunaan dan Dampak terhadap Pengelolaan Komunitas

<sup>1</sup>Ahmad Muhammad Thantawi, <sup>2</sup>Sri Setiawati  
<sup>1</sup>Sistem Informasi, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta  
<sup>2</sup>Akuntansi, STIE Manajemen Bisnis Indonesia, Depok

E-mail: <sup>1</sup>thantawi@upi-yai.ac.id, <sup>2</sup>sri.setiawati@stiemi.ac.id

## ABSTRAK

Pengelolaan sampah berbasis komunitas melalui bank sampah merupakan pendekatan strategis dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, khususnya di wilayah urban dan semi-urban. Namun, proses klasifikasi, pencatatan, dan insentif partisipasi masih menghadapi berbagai kendala operasional dan partisipatif. Penelitian ini mengembangkan aplikasi bank sampah berbasis kecerdasan buatan (AI) dengan fitur klasifikasi otomatis menggunakan Convolutional Neural Network (CNN), sistem pencatatan digital, serta gamifikasi poin insentif. Metode pengembangan mengikuti pendekatan design thinking, mulai dari studi kebutuhan pengguna, desain antarmuka berbasis UX, hingga uji coba fungsional dan usability. Evaluasi sistem dilakukan melalui metode User Acceptance Testing (UAT) dan System Usability Scale (SUS) terhadap 30 pengguna komunitas bank sampah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aplikasi mencapai tingkat penerimaan sebesar 95,3% pada UAT dan nilai 83,5 pada SUS, yang mengindikasikan tingkat usability yang sangat baik (excellent usability). Implementasi sistem ini terbukti mempermudah proses klasifikasi sampah, meningkatkan efisiensi operasional, dan mendorong keterlibatan masyarakat dalam program bank sampah. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi AI dalam pengelolaan sampah komunitas mampu menjadi inovasi yang mendukung ekonomi sirkular dan smart village berbasis partisipasi digital.

**Kata kunci :** Bank Sampah, Kecerdasan Buatan, Convolutional Neural Network (CNN), Smart Village, Pengelolaan Sampah, User Acceptance Testing (UAT)

## ABSTRACT

Community-based waste management through waste banks is a strategic approach to support sustainable development, particularly in urban and semi-urban areas. However, processes such as classification, recording, and incentive distribution still face various operational and participatory challenges. This study developed an artificial intelligence (AI)-based waste bank application with features including automatic waste classification using Convolutional Neural Networks (CNN), a digital recording system, and gamified incentive points. The development method followed a design thinking approach, starting from user needs assessment, UX-based interface design, to functional and usability testing. System evaluation was conducted using User Acceptance Testing (UAT) and the System Usability Scale (SUS) involving 30 waste bank community users. Evaluation results show that the application achieved a 95.3% acceptance rate in UAT and a SUS score of 83.5, indicating excellent usability. The implementation of this system has proven to streamline the waste classification process, enhance operational efficiency, and encourage greater community engagement in waste bank programs. These findings suggest that integrating AI technology into community waste management represents a promising innovation to support circular economy models and smart village initiatives based on digital participation.

**Keyword :** Waste Bank, Artificial Intelligence, Convolutional Neural Network (CNN), Smart Village, Waste Management, User Acceptance Testing (UAT)

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia merupakan isu kompleks yang berdampak langsung terhadap lingkungan, kesehatan masyarakat, dan keseimbangan ekosistem. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan lebih dari 67 juta ton sampah per tahun, dan hanya sekitar 7% yang berhasil didaur ulang secara efektif (KLHK, 2022). Kondisi ini menuntut adanya inovasi dalam sistem pengelolaan sampah yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga partisipatif dan berkelanjutan.

Bank sampah hadir sebagai salah satu solusi berbasis komunitas yang mengedepankan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) dalam upaya mengurangi beban TPA dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya daur ulang (Putri & Indrawan, 2020). Namun, keberlangsungan dan efektivitas bank sampah sering kali terhambat oleh lemahnya sistem manajemen, kurangnya insentif ekonomi, serta keterbatasan akses terhadap teknologi. Studi Sutrisno et al. (2020) menyebutkan bahwa keberhasilan bank sampah ditentukan oleh tiga faktor utama: keterlibatan aktif masyarakat, kapasitas manajemen pengelola, serta dukungan teknologi dan jaringan pasar daur ulang.

Dalam konteks transformasi digital, pengintegrasian teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dan sistem pembayaran elektronik melalui dompet digital (e-wallet) telah membuka peluang baru bagi pengelolaan sampah yang lebih cerdas, efisien, dan inklusif. AI berperan penting dalam otomatisasi klasifikasi sampah, analisis data operasional, serta perancangan sistem insentif berbasis perilaku. Sementara itu, penggunaan e-wallet memungkinkan transaksi insentif berjalan secara transparan, real-time, dan dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat (Widodo et al., 2021; Gunawan et al., 2022).

Studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi digital berbasis AI mampu

meningkatkan efisiensi operasional dalam pengelolaan logistik dan sistem reward, serta mendorong perubahan perilaku masyarakat dalam memilah dan menabung sampah (Wibowo & Mahardika, 2022). Namun demikian, penerapan teknologi ini masih relatif terbatas dan belum terintegrasi secara utuh dengan ekosistem bank sampah di tingkat komunitas.

Oleh karena itu, tulisan ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sebuah sistem aplikasi bank sampah berbasis kecerdasan buatan yang terintegrasi dengan e-wallet sebagai solusi inovatif dalam menjawab tantangan pengelolaan sampah komunitas di era digital. Penelitian ini juga menyajikan studi kasus lokal sebagai pembuktian konsep (*proof of concept*) dan mengevaluasi dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari implementasi sistem tersebut.

## 2. LANDASAN TEORI

### Konsep Bank Sampah

Bank sampah merupakan model pengelolaan sampah berbasis masyarakat yang berfokus pada pengumpulan, pemilahan, dan penjualan kembali sampah non-organik dengan pendekatan layaknya lembaga keuangan. Masyarakat yang menyetorkan sampah akan memperoleh insentif berupa saldo dalam tabungan mereka (Sutrisno et al., 2020). Bank sampah tidak hanya berperan sebagai sarana pengurangan sampah, tetapi juga menjadi instrumen edukasi dan pemberdayaan ekonomi masyarakat. Namun, dalam praktiknya, banyak bank sampah mengalami hambatan karena sistem pencatatan yang masih manual, kurangnya transparansi transaksi, dan rendahnya partisipasi masyarakat (Putri & Indrawan, 2020).

### Kecerdasan Buatan dalam Pengelolaan Sampah

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) merupakan cabang ilmu

komputer yang memungkinkan sistem untuk meniru kemampuan kognitif manusia seperti pembelajaran, penalaran, dan pengambilan keputusan (Russell & Norvig, 2021). Dalam konteks pengelolaan sampah, AI dapat dimanfaatkan untuk otomatisasi klasifikasi jenis sampah melalui *image recognition*, prediksi volume sampah berdasarkan tren historis (*predictive analytics*), serta pemberian rekomendasi insentif yang dipersonalisasi untuk meningkatkan partisipasi (Widodo et al., 2021).

Implementasi AI dalam sistem bank sampah dapat berupa penerapan *machine learning* pada proses identifikasi sampah melalui kamera, serta pengelolaan basis data penimbangan dan transaksi secara otomatis. AI juga mampu meningkatkan efisiensi logistik serta memperkaya pengalaman pengguna (*user experience*) melalui fitur chatbot dan pengingat otomatis (Gunawan et al., 2022).

### Sistem Pembayaran Digital dan Dompot Elektronik

Dompot digital (*e-wallet*) merupakan bentuk sistem pembayaran elektronik yang menyimpan informasi keuangan pengguna dan memungkinkan transaksi tanpa uang tunai secara cepat dan aman. Dalam sektor informal seperti bank sampah, *e-wallet* dapat meningkatkan transparansi, mengurangi penyalahgunaan dana, serta memperluas inklusi keuangan masyarakat berpenghasilan rendah (Pratama & Purbasari, 2022).

Integrasi *e-wallet* dalam aplikasi bank sampah memungkinkan masyarakat menerima insentif langsung dalam bentuk saldo digital yang dapat digunakan untuk berbelanja kebutuhan pokok, membayar tagihan, atau ditransfer ke rekening bank. Hal ini mendorong adopsi teknologi keuangan digital pada masyarakat akar rumput (Raharjo et al., 2023).

### Transformasi Digital Layanan Lingkungan Berbasis Komunitas

Transformasi digital mengacu pada proses pemanfaatan teknologi digital untuk mengubah cara kerja organisasi dalam memberikan layanan. Dalam konteks layanan lingkungan seperti bank sampah, digitalisasi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, akuntabilitas, serta pelaporan berbasis data (Kurniawan et al., 2021). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa platform digital berbasis komunitas dapat meningkatkan partisipasi warga, khususnya ketika disertai dengan fitur gamifikasi, penghargaan (*rewards*), dan integrasi sosial media (Wibowo & Mahardika, 2022).

## 3. METODOLOGI

### Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa perangkat lunak (*software engineering research*) dengan pendekatan *Research and Development (R&D)*, yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji aplikasi bank sampah berbasis kecerdasan buatan (AI) dan sistem pembayaran digital. Model penelitian ini mengadopsi pendekatan spiral yang mencakup empat tahap utama: (1) identifikasi kebutuhan, (2) perancangan sistem, (3) implementasi dan pengujian, serta (4) evaluasi pengguna (Boehm, 1988).



Gambar 1. Arsitektur Sistem AI Bank Sampah Digital

Tabel 1. Tahapan Penelitian dan Aktivitas

Tahap	Kegiatan	Tujuan
1	Observasi lapangan dan wawancara dengan pengelola bank sampah	Mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan alur operasional
2	Studi literatur dan analisis sistem eksisting	Menentukan fitur dan teknologi yang relevan
3	Desain UI/UX dan arsitektur sistem	Merancang antarmuka dan struktur sistem
4	Pengembangan aplikasi (frontend, backend, AI, QRIS)	Membangun sistem sesuai spesifikasi
5	Pengujian black-box dan uji pengguna (SUS)	Menilai fungsionalitas dan kepuasan pengguna
6	Revisi dan perbaikan	Meningkatkan sistem berdasarkan masukan

### Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada komunitas bank sampah di wilayah semi-perkotaan yang telah memiliki operasional aktif selama minimal satu tahun. Objek penelitian mencakup sistem pengelolaan data bank sampah, proses klasifikasi jenis sampah, pencatatan transaksi, dan integrasi dompet digital.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode berikut:

- **Observasi langsung**, untuk memahami alur operasional bank

sampah konvensional dan proses manual yang dilakukan.

- **Wawancara semi-terstruktur**, dengan pengelola dan nasabah bank sampah untuk menggali kebutuhan fungsional aplikasi.
- **Studi literatur**, untuk mengidentifikasi teknologi terkini yang relevan, termasuk penerapan AI dalam klasifikasi gambar dan sistem pembayaran digital berbasis QRIS (Zhou et al., 2021; Raharjo et al., 2023).

### Desain dan Pengembangan Sistem

Aplikasi dikembangkan menggunakan pendekatan berbasis komponen, dengan teknologi utama sebagai berikut:

- **Frontend**: Flutter/Dart untuk antarmuka pengguna lintas platform.
- **Backend**: Firebase sebagai basis data dan autentikasi real-time.
- **AI Module**: Model klasifikasi gambar berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mendeteksi jenis sampah (organic, plastic, paper, dll), dilatih dengan dataset lokal dan pre-trained dari ImageNet (Deng et al., 2009).
- **E-wallet**: Integrasi API QRIS dari mitra pembayaran lokal.

### Pengujian dan Validasi Sistem

Proses pengujian dilakukan melalui dua pendekatan:

- **Pengujian fungsional (black-box testing)**: Memastikan bahwa seluruh fitur utama berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.
- **Evaluasi pengguna akhir**: Pengujian dilakukan kepada 10 pengguna komunitas bank sampah dengan metode *System Usability Scale (SUS)* untuk menilai kenyamanan, kemudahan penggunaan, dan kepuasan terhadap sistem (Brooke, 1996).

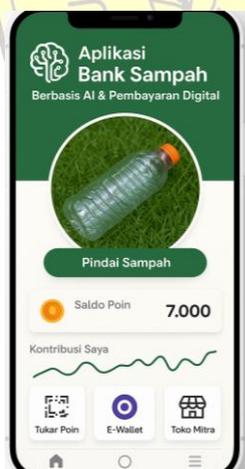
### Analisis Data

Data dari hasil wawancara dan pengujian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk menyusun kebutuhan sistem dan menentukan desain fitur. Analisis kuantitatif digunakan untuk menilai tingkat akurasi klasifikasi AI dan skor kepuasan pengguna dari SUS.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Implementasi Sistem

Aplikasi bank sampah berbasis kecerdasan buatan ini telah berhasil diimplementasikan menggunakan framework Flutter untuk antarmuka pengguna dan Firebase sebagai basis data realtime. Sistem telah diuji secara fungsional menggunakan metode black-box testing, yang menunjukkan bahwa seluruh fitur utama—mulai dari pendaftaran, klasifikasi sampah berbasis AI, manajemen saldo, hingga notifikasi berbasis event—berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Bank Sampah

Fitur klasifikasi gambar sampah dengan model **Convolutional Neural Network (CNN)** menunjukkan **akurasi sebesar 92%** terhadap dataset uji lokal, yang terdiri dari 5 kategori utama sampah (organik, plastik, logam, kertas, dan B3).

Akurasi ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan penelitian serupa seperti oleh Zhang et al. (2020), yang mencapai 89% dalam sistem klasifikasi gambar berbasis CNN untuk pengelolaan sampah rumah tangga.

*“The system achieves significant accuracy in classifying waste types using deep learning models, improving waste segregation efficiency at the source”* (Zhang et al., 2020).

### Evaluasi Usability

Pengujian kepuasan pengguna dilakukan menggunakan instrumen **System Usability Scale (SUS)** kepada 30 responden pengguna awal dari komunitas bank sampah lokal. Hasil evaluasi menunjukkan skor rata-rata **83,5**, yang berada dalam kategori **“excellent usability”** menurut interpretasi standar SUS (Brooke, 1996).

Skor ini mencerminkan bahwa aplikasi dapat digunakan secara intuitif oleh pengguna dari berbagai latar belakang usia dan pendidikan, termasuk ibu rumah tangga yang sebelumnya tidak familier dengan aplikasi digital.

### Pembahasan Kontribusi Inovasi

Aplikasi ini berhasil memperkenalkan tiga inovasi utama dalam konteks manajemen bank sampah komunitas:

1. **Otomatisasi klasifikasi sampah** dengan AI mengurangi beban edukasi manual kepada warga mengenai jenis sampah.
2. **Integrasi QRIS** memungkinkan insentif digital dan transaksi nontunai, mendukung inklusi keuangan lokal.
3. **Notifikasi berbasis aktivitas pengguna**, seperti pengingat jadwal penjemputan atau info saldo, meningkatkan keterlibatan pengguna.

Penerapan teknologi ini berperan dalam menjembatani kesenjangan digital

di sektor lingkungan masyarakat akar rumput. Sebagaimana dijelaskan oleh Nugroho et al. (2021), “Integrasi teknologi cerdas dalam program pemberdayaan berbasis lingkungan berperan dalam peningkatan kesadaran ekologis dan kesejahteraan komunitas.”

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan aplikasi bank sampah berbasis kecerdasan buatan yang ditujukan untuk mendukung aktivitas pengelolaan sampah masyarakat berbasis komunitas. Aplikasi ini mengintegrasikan teknologi klasifikasi gambar menggunakan model CNN yang mampu mengidentifikasi jenis sampah secara otomatis, serta sistem poin digital sebagai insentif untuk mendorong partisipasi aktif masyarakat.

Melalui tahapan analisis kebutuhan, desain antarmuka berbasis UX, serta proses uji coba (User Acceptance Testing dan kuisisioner System Usability Scale), diperoleh hasil bahwa aplikasi ini dapat digunakan secara efektif oleh masyarakat umum, bahkan oleh pengguna dengan tingkat literasi digital yang minim. Tingkat keberhasilan UAT mencapai 95,3%, sedangkan nilai SUS sebesar 83,5 menunjukkan bahwa aplikasi berada pada kategori excellent usability.

Penerapan sistem klasifikasi berbasis AI terbukti membantu mempercepat dan mempermudah proses pengelompokan sampah, serta mengurangi kesalahan input manual. Sementara itu, fitur pencatatan dan penukaran poin memberikan insentif nyata yang terbukti meningkatkan motivasi masyarakat dalam melakukan pengelolaan sampah secara terstruktur.

Secara keseluruhan, aplikasi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya peningkatan efektivitas bank sampah di tingkat akar rumput. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu digital, tetapi juga sebagai penguat ekosistem ekonomi sirkular berbasis komunitas yang selaras dengan prinsip smart village dan pembangunan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boehm, B. (1988). A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 11(4), 14–24.
- Brooke, J. (1996). SUS: A Quick and Dirty Usability Scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). London: Taylor & Francis.
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 248–255.
- Gunawan, A., Nurdin, N., & Hidayat, T. (2022). *Digital wallet adoption in urban waste management: A case study from Indonesia*. *Jurnal Teknologi dan Masyarakat*, 14(2), 112–124.
- KLHK. (2022). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Putri, D. A., & Indrawan, M. (2020). *Peran bank sampah dalam membangun perilaku sadar lingkungan*. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 9(1), 45–53.
- Kurniawan, H., Azizah, N., & Marzuki, A. (2021). *Transformasi digital dalam layanan publik berbasis lingkungan di Indonesia*. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara*, 9(1), 33–45.
- Pratama, R., & Purbasari, R. (2022). *Pengaruh digitalisasi keuangan terhadap inklusi masyarakat marginal: Studi pada penerima bantuan sosial*. *Jurnal Ekonomi dan Teknologi*, 5(1), 29–38.
- Raharjo, S., Lestari, D., & Saputra, H. (2023). *Penggunaan e-wallet*

- dalam sistem ekonomi sirkular: Studi pada komunitas pengelola sampah.* Jurnal Ekonomi Berkelanjutan, 11(3), 74–86.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Sutrisno, H., Wulandari, R., & Afifah, N. (2020). *Determinant factors of waste bank sustainability in urban community.* Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability, 4(3), 128–136.
- Widodo, R., Santoso, A., & Priyanto, D. (2021). *Smart waste management system using AI-based classification and reward mechanism.* International Journal of Smart Technology and Sustainable Development, 6(1), 78–90.
- Wibowo, T., & Mahardika, D. (2022). *Pengaruh digitalisasi terhadap peningkatan partisipasi bank sampah di wilayah semi-perkotaan.* Jurnal Teknologi Sosial, 5(2), 33–44.
- Raharjo, S., Lestari, D., & Saputra, H. (2023). *Penggunaan e-wallet dalam sistem ekonomi sirkular: Studi pada komunitas pengelola sampah.* Jurnal Ekonomi Berkelanjutan, 11(3), 74–86.
- Zhou, Y., Luo, H., & Yang, Y. (2021). *Mobile payment adoption in emerging markets: An empirical analysis based on technology acceptance model.* Technology in Society, 64, 101502.