

PERANCANGAN MODEL SISTEM SOSIO – TEKNIS PLATFORM MONITORING EKONOMI Sirkular SAMPAH PERKOTAAN – STUDI KASUS KOTA BOGOR

MUHAMAD RADITYA HAFIZH FALANA



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Perancangan Model Sistem Sosio – Teknis *Platform Monitoring* Ekonomi Sirkular Sampah Perkotaan – Studi Kasus Kota Bogor” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tugas akhir ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan, yaitu Gemini 3.6 Flash untuk membantu penyuntingan naskah, penyempurnaan struktur kalimat, dan peninjauan paragraf, serta Claude Opus 4.6 untuk membantu penyempurnaan dan perbaikan kode analisis. Setelah menggunakan layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dan karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 30 Juni 2026

Muhamad Raditya Hafizh Falana
F3401221073



ABSTRAK

Perancangan Model Sistem Sosio – Teknis *Platform Monitoring* Ekonomi Sirkular Sampah Perkotaan – Studi Kasus Kota Bogor. Dibimbing oleh MUHAMMAD SYUKUR SARFAT dan SUPRIHATIN.

Pengelolaan sampah desentralisasi berbasis Tempat Pengelolaan Sampah *Reduce, Reuse, Recycle* (TPS 3R) di Kota Bogor menghadapi tantangan berupa keterbatasan transparansi data, keterlambatan pelaporan, serta tingginya residu sampah yang dikirim ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Galuga. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan model sistem sosio-teknis pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular, memetakan pola interaksi antara Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bogor dan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM), serta merancang dan mengimplementasikan prototipe *platform digital monitoring* terpadu bernama C-TRACK (*Circular Track*). Penelitian menggunakan pendekatan *System Thinking* dengan *Causal Loop Diagram* (CLD), *stakeholder mapping* (*Power-Interest Grid*), dan tahapan *Agile Software Development Life Cycle* (SDLC). *Platform* C-TRACK dibangun memanfaatkan teknologi *web modern JAMstack* (*React 19, TypeScript, Vite*), basis data *NoSQL Firebase Firestore*, serta arsitektur *Progressive Web App* (PWA) yang mendukung pencatatan data secara luring (*offline-first*). Hasil penelitian menghasilkan prototipe fungsional berkapasitas 17 modul terintegrasi yang mencakup *Command Center Dashboard*, sistem deteksi anomali kinerja otomatis (peringatan residu > 80%), pemeringkatan TPS berbasis skor terbobot multi-dimensi (lingkungan, sirkularitas, ekonomi, sosial), dan validasi laporan dua arah. Selain itu, pemodelan integrasi teknologi pengolahan sampah plastik *multilayer* (MLP) menunjukkan potensi pemangkasan residu hingga 21,55% (2.418,31 kg/hari) dari total residu 11.220,73 kg/hari melalui opsi pirolisis dan *Refuse-Derived Fuel* (RDF). Implementasi *platform* C-TRACK terbukti mampu menutup kesenjangan informasi antara pengelola lapangan dan pengambil kebijakan guna mempercepat transformasi ekonomi sirkular perkotaan.

Kata kunci: Ekonomi Sirkular, TPS 3R, Sistem Sosio-Teknis, C-TRACK, *Offline-First*, PWA, TPA Galuga.



ABSTRACT

MUHAMAD RADITYA HAFIZH FALANA. Design of a Socio-Technical System Model for a Circular Economy Monitoring Platform for Urban Waste – Case Study of Bogor City. Supervised by MUHAMMAD SYUKUR SARFAT and SUPRIHATIN.

Decentralized waste management through Reduce, Reuse, Recycle Waste Processing Sites (TPS 3R) in Bogor City faces significant operational challenges, including limited data transparency, delayed reporting, and high volumes of residual waste dumped into Galuga Landfill. This study aims to formulate a socio-technical system model for urban circular economy waste management, map the interaction patterns between the Bogor City Environmental Services (DLH) and Community Self-Reliance Groups (KSM), and design as well as implement an integrated digital monitoring platform prototype named C-TRACK (Circular Track). The research methodology combines Systems Thinking with Causal Loop Diagrams (CLD), stakeholder analysis using the Power-Interest Grid, and the Agile Software Development Life Cycle (SDLC). C-TRACK was developed using modern JAMstack web technologies (React 19, TypeScript, Vite), Firebase Firestore NoSQL database, and Progressive Web App (PWA) architecture supporting offline-first data logging. The research yielded a fully functional prototype comprising 17 integrated modules, featuring a Command Center Dashboard, automated performance anomaly detection (residence rate alerts > 80%), multi-dimensional weighted TPS ranking (environmental, circularity, economic, social), and two-way report validation. Furthermore, process modeling for multilayer plastic (MLP) waste treatment technology demonstrated a potential residual waste reduction of up to 21.55% (2,418.31 kg/day out of 11,220.73 kg/day) via pyrolysis and Refuse-Derived Fuel (RDF) conversion. The C-TRACK platform successfully bridges the information gap between field operators and municipal decision-makers to accelerate urban circular economy transformation.

Keywords: Circular Economy, TPS 3R, Socio-Technical Systems, C-TRACK, Offline-First, PWA, Galuga Landfill.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PERANCANGAN MODEL SISTEM SOSIO – TEKNIS PLATFORM MONITORING EKONOMI Sirkular SAMPAH PERKOTAAN – STUDI KASUS KOTA BOGOR

MUHAMAD RADITYA HAFIZH FALANA

Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tugas Akhir:

- 1 Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.TP., M.T., IPM.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tugas Akhir : Perancangan Model Sistem Sosio – Teknis Platform
Monitoring Ekonomi Sirkular Sampah Perkotaan – Studi
Kasus Kota Bogor
Nama : Muhamad Raditya Hafizh Falana
NIM : F3401221073

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Muhammad Syukur Sarfat, S.TP., M.Si.



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Suprihatin



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Industri Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.TP., M.T., IPM.
197212031997021001



Tanggal Ujian:
31 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2026 sampai bulan Juli 2026 dengan judul "Perancangan Model Sistem Sosio – Teknis *Platform Monitoring* Ekonomi Sirkular Sampah Perkotaan – Studi Kasus Kota Bogor".

Terima kasih penulis ucapkan sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah Muhamad Fatihi, Ibu Asih Eka Setianingsih, serta seluruh keluarga tercinta yang selalu menjadi rumah bagi penulis, yang tidak pernah berhenti memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat dalam setiap langkah penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan ini.
2. Prof. Dr. Ir. Suprihatin, Prof. Dr. Endang Warsiki, S.T.P., M.Si., dan Dr. Muhammad Syukur Sarfat, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta masukan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen, Tendik, Teknisi, Laboran serta staf UPT Program Studi Teknik Industri Pertanian (TIN) yang telah membantu selama menjalani pendidikan di IPB.
4. Adinda Shabrina Putri Salsabila yang selalu memberikan dukungan emosional serta kebersamaan penulis dalam fase kehidupan perkuliahan.
5. Farsya Ashila Mumtazah dan Biru Langit Adzani selaku teman seperjuangan dalam satu proyek penelitian dan satu bimbingan yang telah menemani proses penelitian, berdiskusi, dan saling membantu selama perancangan *platform* C-TRACK hingga penyusunan tugas akhir ini.
6. Jajaran Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bogor serta para pengelola Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) TPS 3R Kota Bogor yang telah memberikan izin, data, dan dukungan selama kegiatan penelitian lapangan.
7. Seluruh teman-teman angkatan TIN 59 yang telah memberikan bantuan, dukungan, semangat, dan kebersamaan.
8. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan karya tulis ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan, industri pengemasan, serta pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Bogor, Juni 2026

Muhamad Raditya Hafizh Falana

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	10
DAFTAR GAMBAR	10
DAFTAR LAMPIRAN	10
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Sosio – Teknis dalam Pengelolaan Lingkungan	4
2.2 Konsep Ekonomi Sirkular di Perkotaan	4
2.3 Indikator Kinerja Lingkungan dan Sirkularitas	5
2.4 Peran Digitalisasi dan <i>Dashboard Monitoring</i>	5
2.5 Aplikasi Perangkat Lunak Modern untuk Sektor Publik	5
III METODE	6
3.1 Waktu dan Tempat	6
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	8
3.4 Analisis Data	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	10
4.1 Hasil Pemetaan Pemangku Kepentingan (<i>Stakeholder Mapping</i>)	10
4.2 Pemodelan <i>System Thinking</i> dan <i>Casual Loop Diagram</i>	12
4.3 Analisis Kebutuhan dan <i>Use Case Diagram</i>	13
4.4 Desain Arsitektur <i>Platform C-TRACK</i>	16
4.5 Perancangan Basis Data (<i>Data Design</i>)	17
4.6 Realisasi Prototype Antarmuka Dashboard	18
4.7 Indikator KPI yang Diadopsi <i>Platform</i>	22
4.8 Pengembangan Teknologi Pengolahan Sampah	23
4.9 Analisis Variabilitas Input dan Anomali Musiman	24
4.10 Data C-TRACK dan Rantai Pasok Agroindustri Daur Ulang	26
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	44



DAFTAR TABEL

1	Profil dan status operasional 30 TPS 3R di wilayah Kota Bogor	6
2	Matriks kepentingan-kekuasaan pemangku kepentingan	10
3	Spesifikasi analisis kebutuhan <i>use case</i> peran <i>admin</i> (DLH Kota Bogor)	14
4	Spesifikasi analisis kebutuhan <i>use case</i> peran <i>manager</i> (KSM Pengelola)	15
5	Matriks bobot penilaian multi-dimensi sistem pemeringkatan (<i>ranking</i>) TPS	20
6	Formulasi indikator kinerja utama (KPI) lingkungan <i>platform</i> C-TRACK	22
7	Formulasi indikator kinerja utama (KPI) ekonomi <i>platform</i> C-TRACK	22
8	Formulasi indikator kinerja utama (KPI) sosial <i>platform</i> C-TRACK	23

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alur kerja (<i>workflow</i>) operasional harian dan pelaporan TPS 3R Kota Bogor	11
2	Diagram <i>Causal Loop</i> (CLD) Sistem Sosio-Teknis Pengelolaan Sampah (<i>Balancing Loop</i> B1 & <i>Reinforcing Loop</i> R1)	13
3	Arsitektur perangkat lunak tiga lapis (<i>three-tier architecture</i>) <i>platform</i>	17
4	Struktur diagram entitas dan koleksi basis data <i>NoSQL firebase firestore</i>	18
5	Antarmuka <i>command center dashboard admin</i> (DLH) dengan visualisasi <i>real-time</i>	20
6	Antarmuka pelaporan harian <i>offline-first manager</i> KSM berbasis <i>Progressive Web App</i> (PWA)	21

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Daftar Lengkap 30 TPS 3R Kota Bogor beserta Nama Pengelola KSM dan Kontak (Sumber: DLH Kota Bogor)	32
2	Lampiran 2 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (halaman publik) C-TRACK	33
3	Lampiran 3 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform (command center dashboard)</i> C-TRACK	34
4	Lampiran 4 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (profil kota) C-TRACK	34
5	Lampiran 5 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (detail TPS) C-TRACK	34
6	Lampiran 6 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (peringkat TPS / <i>leaderboard</i>) C-TRACK	35



7	Lampiran 7 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (input data harian) C-TRACK	35
8	Lampiran 8 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (riwayat laporan) C-TRACK	36
9	Lampiran 9 Tangkapan layar prototipe antarmuka <i>platform</i> (<i>dashboard</i> beranda <i>manager</i>) C-TRACK	36
10	Lampiran 10 Skema lengkap basis data <i>firebase firestore</i> (koleksi <i>users</i>)	36
11	Lampiran 11 Skema lengkap basis data <i>firebase firestore</i> (koleksi <i>tps</i>)	37
12	Lampiran 12 Skema lengkap basis data <i>firebase firestore</i> (koleksi <i>records</i>)	37
13	Lampiran 13 Skema lengkap basis data <i>firebase firestore</i> (koleksi <i>tps_kpi</i>)	38
14	Lampiran 14 Skema lengkap basis data <i>firebase firestore</i> (koleksi <i>notifications</i>)	38
15	Lampiran 15 Konfigurasi aturan keamanan (<i>firebase security rules</i>)	38
16	Lampiran 16 Algoritma dan kode program analitik C-TRACK	40

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.