

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem Informasi Geografis (SIG) *CleanUp* Kupang telah berhasil dikembangkan sebagai platform terpadu berbasis web yang mampu mengatasi kendala operasional komunitas *CleanUp* Kupang. Sistem ini dirancang menggunakan arsitektur *client-server* dengan *backend* Django, basis data SQLite, serta *frontend* HTML, CSS, Bootstrap, dan JavaScript. Penerapan metode *Waterfall* terbukti efektif dalam menjamin tahapan pengembangan yang sistematis dan terstruktur.
2. Ketiga rumusan masalah penelitian telah terjawab dan tujuan penelitian tercapai, yaitu:
 - a. Pertama, integrasi *Leaflet Routing Machine* memungkinkan sistem menampilkan rute perjalanan yang optimal dari lokasi petugas menuju lokasi anggota, lengkap dengan informasi jarak tempuh dan perkiraan waktu perjalanan, sehingga mendukung pengambilan keputusan serta efisiensi pelaksanaan tugas di lapangan. Selanjutnya, sistem juga memetakan lokasi anggota secara dinamis melalui peta interaktif berbasis *Leaflet.js* dengan penanda berikon kustom yang dibedakan berdasarkan status atau peran, sehingga posisi anggota dapat dipantau secara visual untuk menunjang koordinasi lapangan.

- b. Kedua, integrasi mekanisme pembayaran digital (transfer bank, tunai) beserta fitur verifikasi bukti transfer telah diimplementasikan dengan baik. Sistem ini meningkatkan ketepatan waktu pembayaran iuran anggota dan menjaga stabilitas arus kas operasional komunitas.
 - c. Ketiga, fitur citizen reporting telah berjalan dengan baik, memungkinkan anggota dan tamu melaporkan lokasi sampah ilegal lengkap dengan koordinat GPS, deskripsi, dan foto bukti, yang selanjutnya dapat diverifikasi admin dan ditindaklanjuti secara terkoordinasi.
3. Sistem mendukung empat peran pengguna dengan hak akses yang terdiferensiasi:
- a. *Admin* memiliki akses penuh untuk mengelola data pengguna, keuangan, jadwal, laporan, serta analitik.
 - b. Anggota dapat mengakses layanan pengangkutan sampah berlangganan, mengelola jadwal, pembayaran, dan melaporkan sampah ilegal.
 - c. Tamu hanya dapat melaporkan sampah ilegal dan melihat data laporan publik.
 - d. Tim Angkut memiliki akses terbatas untuk memantau jadwal, memperbarui status pengangkutan, dan mencatat pembayaran tunai di lapangan.
4. Hasil pengujian *black-box* terhadap 58 skenario menunjukkan bahwa semua fitur utama berfungsi sesuai spesifikasi. Sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional dan non-fungsional, termasuk aspek keamanan, *responsivitas*

antarmuka, dan validasi input yang baik.

5. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dan akademis, yaitu meningkatkan efisiensi operasional, partisipasi masyarakat, dan transparansi keuangan *CleanUp* Kupang, sekaligus memperkaya kajian Sistem Informasi Geografis melalui integrasi *citizen reporting*, manajemen operasional *real-time*, dan pembayaran digital dalam satu platform berbasis komunitas.

6.2 Saran

Meskipun sistem telah berhasil diimplementasikan dan diuji, masih terdapat beberapa peluang pengembangan untuk penelitian dan penerapan selanjutnya:

1. Pengembangan Algoritma Penjadwalan dan Optimasi Rute

Sistem belum mengoptimalkan penjadwalan berbasis faktor geografis dan kepadatan anggota. Integrasi algoritma *routing* seperti *Dijkstra* atau *VRP* diperlukan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya operasional.

2. Pengembangan Aplikasi *Mobile Native*

Untuk meningkatkan aksesibilitas dan kenyamanan, khususnya bagi tim angkut di lapangan, disarankan pengembangan aplikasi *mobile native* (Android/iOS) dengan dukungan mode *offline* dan notifikasi *push* yang responsif.

3. Integrasi dengan *Gateway* Pembayaran Otomatis

Verifikasi pembayaran masih bersifat semi-otomatis. Integrasi dengan *payment gateway* akan mempercepat konfirmasi pembayaran dan mengurangi beban administrasi.

4. Pengembangan Fitur *Gamifikasi* dan Sistem *Reward*

Untuk mendorong partisipasi masyarakat yang lebih aktif, dapat ditambahkan fitur *gamifikasi* seperti sistem poin, *badge*, atau *reward* simbolis bagi pelapor sampah ilegal dan bagi anggota teraktif.

5. Kolaborasi dengan Pemerintah Daerah

Sistem berpotensi diadopsi sebagai platform pengelolaan sampah berbasis komunitas di tingkat kota. Diperlukan kerja sama dengan Dinas Lingkungan Hidup Kota Kupang untuk integrasi data, dukungan kebijakan, dan keberlanjutan sistem.

6. Pengelompokan Penjadwalan Berbasis Wilayah

Penjadwalan saat ini masih bersifat umum dan hanya berdasarkan tanggal. Ke depannya, diperlukan pengelompokan jadwal berdasarkan wilayah atau kecamatan agar rute tim pengangkut lebih efisien dan biaya operasional dapat ditekan.