

**IMPLEMENTASI BASIS DATA SPASIAL MENGGUNAKAN
POSTGRESQL UNTUK SISTEM TATA KELOLA KEBUN SAWIT**

(Skripsi)

Oleh

**VIDYA ADELIA ANYA
NPM. 2115061019**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**IMPLEMENTASI BASIS DATA SPASIAL MENGGUNAKAN
POSTGRESQL UNTUK SISTEM TATA KELOLA KEBUN SAWIT**

Oleh

VIDYA ADELIA ANYA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

IMPLEMENTASI BASIS DATA SPASIAL MENGGUNAKAN POSTGRESQL UNTUK SISTEM TATA KELOLA KEBUN SAWIT

Oleh

VIDYA ADELIA ANYA

Pengelolaan data kebun sawit yang masih dilakukan secara manual dapat menyebabkan ketidakteraturan data, keterbatasan akses informasi, serta rendahnya efisiensi dalam pengambilan keputusan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan basis data spasial menggunakan PostgreSQL sebagai pendukung sistem tata kelola kebun sawit di PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) Kabupaten Mesuji, Lampung. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan basis data menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD) dan normalisasi, implementasi PostgreSQL dengan ekstensi PostGIS, serta pengujian performa dan ketersediaan sistem melalui penerapan database clustering dengan streaming replication dan Pgpool-II. Basis data yang dikembangkan mampu mengelola data spasial dan non-spasial kebun sawit secara terstruktur, meningkatkan keandalan sistem, serta mendukung integrasi data dalam sistem tata kelola kebun sawit berbasis WebGIS.

Kata kunci: basis data spasial, PostgreSQL, PostGIS, kebun sawit, tata kelola, WebGIS.

ABSTRACT

SPATIAL DATABASE IMPLEMENTATION USING POSTGRESQL FOR OIL PALM PLANTATION MANAGEMENT SYSTEMS

By

VIDYA ADELIA ANYA

Manual management of oil palm plantation data can lead to data inconsistency, limited information accessibility, and low efficiency in decision-making. This study aims to implement a spatial database using PostgreSQL to support the governance system of oil palm plantations at PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group), Mesuji Regency, Lampung. The research methodology includes requirements analysis, database design using Entity Relationship Diagrams (ERD) and normalization, implementation of PostgreSQL with the PostGIS extension, and performance and availability testing through database clustering using streaming replication and Pgpool-II. The developed database is able to manage spatial and non-spatial oil palm plantation data in a structured manner, improve system reliability, and support data integration for a WebGIS-based plantation governance system.

Keywords: spatial database, PostgreSQL, PostGIS, oil palm plantation, governance, WebGIS.

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI BASIS DATA SPASIAL
MENGUNAKAN POSTGRESQL UNTUK
SISTEM TATA KELOLA KEBUN SAWIT

Nama Mahasiswa : Vidya Adelia Anya

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115061019

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Mona Arif Muda, S.T., M.T.

NIP. 197111122000031002

Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., IPM.

NIP. 198307122008121003

2. Mengetahui

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi

Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 197103141999032001

Yessi Mulyani, S.T., M.T.

NIP. 197312262000122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Mona Arif Muda, S.T., M.T.

Sekretaris : Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., IPM.

Anggota : Yessi Mulyani, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001



Tanggal lulus ujian skripsi: 29 Januari 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Implementasi Basis Data Spasial Menggunakan PostgreSQL untuk Sistem Tata Kelola Kebun Sawit” merupakan hasil karya saya sendiri. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi saya ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum atau akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Februari 2026

Pembuat P



Vidya Adeina Anya

2115061019



RIWAYAT HIDUP



Vidya Adelia Anya lahir di Bandar Lampung pada tanggal 19 Juli 2003. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Anton dan Ibu Darmayanti. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 5 Talang pada tahun 2015, SMP Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2018, dan SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan akademik dan pengembangan diri, antara lain:

1. Menjadi anggota Divisi Minat dan Bakat, Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri, Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung pada periode 2022 dan 2023.
2. Mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Studi Independen Bersertifikat Angkatan 5 di Bangkit Academy Batch 2 yang diselenggarakan oleh Google, GoTo, dan Traveloka pada tahun 2023.
3. Mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Magang Bersertifikat Angkatan 6 di Kompas Gramedia sebagai Marketing Technologist Intern pada tahun 2024.
4. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Guring, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2024.

MOTTO

“And, when you want something, all the universe conspires in helping you to achieve it.”

(Paulo Coelho, *The Alchemist*)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah (94): 5–6)

“There are times when all you can do is keep turning the pages.”

(Satoshi Yagisawa, *Days at the Morisaki Bookshop*)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin.

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan sepanjang masa.

Dengan penuh syukur, karya sederhana ini kupersembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Anton dan Ibu Darmayanti. Pelita dalam setiap langkah, doa yang tak pernah terputus, dan kasih sayang yang tak tergantikan. Terima kasih atas setiap tetes keringat, pengorbanan, dan dukungan yang tiada henti, yang menjadi alasan terbesarku untuk terus berjuang.

Adikku tersayang, Farhan Nuzul Ramadhan dan Fasha Nurul Ramadhani, yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan doa yang terbaik untukku.

Diriku sendiri, yang tidak menyerah ketika lelah, berani melangkah meski takut, dan terus percaya bahwa setiap usaha akan menemukan jalannya. Semoga setiap huruf dan kata dalam karya ini menjadi doa, teriring harapan agar perjalanan ini membawa manfaat bagi banyak orang.

آمِينَ يَا رَبَّ الْعَالَمِينَ

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang berkat limpahan rahmat dan petunjuk-Nya, penulis berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Basis Data Spasial Menggunakan Postgresql untuk Sistem Tata Kelola Kebun Sawit” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah turut serta membantu baik secara langsung maupun tidak langsung kepada:

1. Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Ibu Yessi Mulyani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Lampung sekaligus Dosen Penguji.
4. Bapak Mona Arif Muda, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama atas bimbingan dan arahnya selama penulis mengerjakan penelitian hingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., IPM. selaku Pembimbing Pendamping sekaligus Pembimbing Akademik yang selalu memberikan dukungan berupa waktu maupun ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini
6. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan masukan, nasihat, dorongan, dan do’a kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

7. Teman-teman Lotus Lovers, Azahra Nafisa, Eneng Latifah Kurniawan, Grace Yoelanda Turnip, Nur Annisa Septriza, Renatha Amelia M.P., Rotua Paulina, dan Sharla Martiza Yunani, yang selalu menemani penulis dan menjadi tempat berbagi cerita, tawa, dan kebersamaan serta selalu memberi dukungan, bantuan, dan semangat selama masa perkuliahan.
8. Sahabat-sahabat sejak masa SMP, Ajeng, Beby, Difi, Dina, dan Fadiah yang senantiasa memberikan dukungan dan menjadi tempat berbagi cerita suka dan duka penulis hingga saat ini.
9. Tim Skripsi Sawit, Azahra, Tyas, dan Reginia atas kerja sama dan perjuangan hingga akhir dalam penelitian ini.
10. Johanna Rebecca Antonietta, sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan dan menemani penulis serta menjadi tempat penulis berbagi cerita sejak SMA hingga saat ini.
11. Akhmad Usamah, partner penulis yang selalu membantu penulis dalam berproses menjadi lebih baik, senantiasa menemani setiap langkah yang penulis ambil, dan menjadi tempat ternyaman penulis untuk berkeluh kesah.
12. Seluruh mahasiswa dan civitas akademika Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas dukungan dan bantuan yang diberikan.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu, saran dan kritik dari para pembaca dan berbagai pihak sangat diharapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi yang baik bagi para pembaca di bidang terkait.

Bandar Lampung, Januari 2026
Penulis,

Vidya Adelia Anya
NPM. 2115061019

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kelapa Sawit	5
2.2 Industri Kebun Sawit.....	5
2.3 Data.....	8
2.4 Basis Data	10
2.5 <i>Structured Query Language (SQL)</i>	11
2.6 <i>Database Management System (DBMS)</i>	12
2.8 Normalisasi Data	14
2.9 PostgreSQL	15
2.10 <i>Query</i>.....	16
2.11 PgAdmin.....	17

2.12	PostGIS.....	17
2.13	Pgpool-II.....	17
2.14	Ubuntu Server	18
2.15	Sistem Informasi Geografis (SIG).....	19
2.16	Entity Relationship Diagram (ERD).....	20
2.17	Database Administration	23
2.18	Database Clustering	24
2.19	Penelitian Terkait	25
BAB III.....		48
METODOLOGI PENELITIAN		48
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	48
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	49
3.2.1	Alat	49
3.2.2	Bahan Penelitian	51
3.3	Capstone Project	51
3.4	Arsitektur Perangkat Lunak	52
3.5	Tahapan Penelitian.....	53
3.5.1	Identifikasi Masalah	56
3.5.2	Pengumpulan Data.....	56
3.5.3	Analisis Kebutuhan.....	57
3.5.4	Perancangan Basis Data	62
3.5.5	Implementasi Basis Data	62
3.5.6	Input Data	63
3.5.7	Analisis Performa.....	64
3.5.8	Deployment Sistem.....	64
BAB IV		65
HASIL DAN PEMBAHASAN		65

4.1	Identifikasi Masalah	65
4.2	Pengumpulan Data	65
4.3	Analisis Kebutuhan	66
4.4	Perancangan Basis Data	66
4.4.1	Pembuatan <i>Entity Relationship Diagram</i>	66
4.4.2	Normalisasi Data	72
4.4.3	Perancangan <i>User Roles</i>	72
4.4.4	Arsitektur <i>Database Clustering</i>	73
4.5	Implementasi Basis Data	74
4.5.1	Persiapan Data	74
4.5.2	Perancangan Infrastruktur <i>Database</i>	81
4.5.3	Pembuatan <i>Database</i>	83
4.5.4	Implementasi <i>User Roles</i>	85
4.5.5	Implementasi Streaming Replication	86
4.5.6	Konfigurasi Pgpool-II	92
4.6	Input Data	102
4.7	Analisis Performa	107
4.8	Deployment Sistem	115
BAB V		118
KESIMPULAN DAN SARAN		118
5.1	Kesimpulan	118
5.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA		120
LAMPIRAN		124

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	48
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	49
Tabel 3.3 Jenis Data dan Informasi Kebun Sawit.....	58
Tabel 3.4 Entitas dan Atribut	59
Tabel 4.1 Relasi Antar Tabel	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Luas Areal Kelapa Sawit Berdasarkan Status Pengusahaan Tahun 2022	6
Gambar 2.2 Tahapan Normalisasi Data	15
Gambar 2.3 Simbol ERD	22
Gambar 2.4 Simbol Kardinalitas ERD.....	22
Gambar 2.5 Tabel Deskripsi Data Penelitian Terkait 1	26
Gambar 2.6 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 2.....	27
Gambar 2.7 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 3.....	28
Gambar 2.8 <i>ERD Database</i> Penelitian Terkait 4	29
Gambar 2.9 Penerapan <i>High Availability</i> pada Penelitian Terkait 5	30
Gambar 2.10 <i>Layout Database</i> Penelitian Terkait 6.....	31
Gambar 2.11 Hasil Penelitian Terkait 7.....	32
Gambar 2.12 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 8.....	33
Gambar 2.13 Tabel Metadata Penelitian Terkait 9	34
Gambar 2.14 <i>Query Testing Database</i> QGIS Penelitian Terkait 10.....	35
Gambar 2.15 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 11.....	36
Gambar 2.16 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 12.....	37
Gambar 2.17 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 13.....	38
Gambar 2.18 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 14.....	39
Gambar 2.19 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 15.....	41
Gambar 2.20 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 16.....	42
Gambar 2.21 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 17.....	43
Gambar 2.22 Hasil Evaluasi Fitur Penelitian Terkait 18	44
Gambar 2.23 Tampilan Arsitektur Penelitian Terkait 19.....	45
Gambar 2.24 Tampilan Rancangan Penelitian Terkait 20	46

Gambar 3.1 <i>Capstone Diagram</i>	52
Gambar 3.2 <i>Arsitektur Perangkat Lunak</i>	53
Gambar 3.3 <i>Flowchart Tahapan Penelitian (1)</i>	54
Gambar 3.4 <i>Flowchart Tahapan Penelitian (2)</i>	55
Gambar 3.5 <i>Arsitektur Database Clustering</i>	63
Gambar 4.1 <i>Entity Relationship Diagram</i>	68
Gambar 4.2 <i>Layer Zona di QGIS</i>	75
Gambar 4.3 <i>Layer Blok di QGIS</i>	76
Gambar 4.4 <i>Layer Lahan di QGIS</i>	76
Gambar 4.5 <i>Layer Irigasi di QGIS</i>	77
Gambar 4.6 <i>Layer Jalan di QGIS</i>	78
Gambar 4.7 <i>Layer Zona pada WebGIS</i>	79
Gambar 4.8 <i>Layer Blok pada WebGIS</i>	79
Gambar 4.9 <i>Layer Lahan/Batas Kebun pada WebGIS</i>	80
Gambar 4.10 <i>Layer Irigasi pada WebGIS</i>	80
Gambar 4.11 <i>Layer Jalan pada WebGIS</i>	80
Gambar 4.12 <i>VM di VirtualBox</i>	81
Gambar 4.13 <i>Install PostgreSQL di Primary Server</i>	82
Gambar 4.14 <i>Install PostgreSQL di Replica Server</i>	82
Gambar 4.15 <i>Install Pgpool-II di Pgpool-II Server</i>	83
Gambar 4.16 <i>User Roles</i>	85
Gambar 4.17 <i>Konfigurasi Streaming Replication</i>	87
Gambar 4.18 <i>Konfigurasi Koneksi Antarserver</i>	88
Gambar 4.19 <i>Konfigurasi File Standby</i>	89
Gambar 4.20 <i>Pengujian Streaming Replication</i>	90
Gambar 4.21 <i>Hasil Pengujian Streaming Replication</i>	90
Gambar 4.22 <i>Status Streaming di Primary Server</i>	91
Gambar 4.23 <i>Status Standby di Replica Server</i>	91
Gambar 4.24 <i>Konfigurasi Pgpool-II</i>	94
Gambar 4.25 <i>Konfigurasi Health Check Pgpool-II</i>	96
Gambar 4.26 <i>Konfigurasi Failover di Pgpool-II</i>	97
Gambar 4.27 <i>Skrip Konfigurasi Failover</i>	98

Gambar 4.28 Konfigurasi <i>Pgpool Control Protocol</i>	99
Gambar 4.29 Verifikasi Kedua <i>Node</i> Menggunakan <i>pcp</i>	100
Gambar 4.30 Proses <i>Failover</i> Otomatis	101
Gambar 4.31 Pengujian <i>Failover</i> (Sebelum)	101
Gambar 4.32 Pengujian <i>Failover</i> (Sesudah)	102
Gambar 4.33 <i>Query Input</i> Data Pekerja dan Data Alat.....	103
Gambar 4.34 Verifikasi Data Pekerja di <i>Replica</i>	104
Gambar 4.35 Verifikasi Data Alat di <i>Replica</i>	104
Gambar 4.36 Tabel Pohon Sementara.....	105
Gambar 4.37 Pengecekan Tabel Pohon Sementara.....	105
Gambar 4.38 Struktur Tabel Pohon	106
Gambar 4.39 Tampilan Titik Pohon di WebGIS	107
Gambar 4.40 Jumlah Tabel dan <i>Record</i>	108
Gambar 4.41 Pengujian Performa Menampilkan Data Pohon	109
Gambar 4.42 Pengujian Performa Menampilkan Data Semua Tabel	109
Gambar 4.43 Hasil Analisis PgAnalyze.....	111
Gambar 4.44 Hasil Analisis <i>Query</i> Alat	111
Gambar 4.45 Hasil Analisis <i>Query</i> Zona	112
Gambar 4.46 Hasil Analisis <i>Query Join</i>	113
Gambar 4.47 Hasil Analisis <i>Query Agregasi</i>	113
Gambar 4.48 Hasil Analisis <i>Query INSERT INTO</i>	114
Gambar 1. Dokumentasi pengambilan peta menggunakan drone.....	125
Gambar 2. Dokumentasi pengambilan peta menggunakan drone (2)	125

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang secara signifikan berkontribusi terhadap perekonomian nasional, terutama melalui ekspor minyak kelapa sawit (*CPO*). Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, pada tahun 2022, ekspor kelapa sawit Indonesia mencapai USD 31,49 miliar dengan volume 36,52 juta ton [1]. Kelapa sawit tidak hanya menjadi sumber devisa negara, tetapi juga menciptakan lapangan kerja bagi jutaan masyarakat di berbagai daerah, termasuk di Lampung. Kabupaten Mesuji, sebagai salah satu daerah penghasil sawit di Provinsi Lampung, memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan industri ini.

Namun, di balik kontribusinya yang besar, pengelolaan kebun sawit masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama dalam hal pencatatan dan pengelolaan data kebun. Berdasarkan observasi dan wawancara yang dilakukan oleh *project manager* dengan Bapak Ruli Wandri selaku Manajer PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) pada Juni 2023, diketahui bahwa pencatatan data pada kebun sawit di PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) saat ini masih dilakukan secara manual, yang mengandalkan buku catatan atau dokumen fisik. Metode ini cenderung rentan terhadap kesalahan, kehilangan data, serta sulit diakses ketika informasi diperlukan secara cepat. Dalam konteks kebun sawit, informasi yang harus dikelola mencakup data pohon, data lahan, saluran irigasi, transportasi, pekerja, alat, pabrik, dll.

Pengelolaan data yang terorganisir sangat penting dalam pengelolaan kebun sawit.

PostgreSQL dipilih dalam penelitian ini karena merupakan sistem manajemen basis data relasional open-source yang memiliki keandalan tinggi, fleksibilitas, serta kemampuan menangani data dalam skala besar. PostgreSQL mendukung penerapan aturan integritas data melalui constraint, trigger, dan transaction control sehingga mampu menjaga konsistensi dan keakuratan data kebun sawit. Selain itu, PostgreSQL memiliki dukungan ekstensi PostGIS yang memungkinkan pengelolaan data spasial secara optimal, seperti penyimpanan dan analisis lokasi pohon, lahan, dan infrastruktur kebun berbasis koordinat geografis. Keunggulan tersebut menjadikan PostgreSQL sangat sesuai untuk mendukung kebutuhan sistem pengelolaan kebun sawit yang terstruktur, terintegrasi, dan berbasis teknologi informasi.

Pengembangan sistem ini membutuhkan desain basis data yang matang dan sesuai dengan kebutuhan kebun sawit PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group). Penelitian ini bertujuan untuk merancang basis data yang dapat mengintegrasikan semua informasi yang relevan, sekaligus mendukung pengembangan sistem berbasis web secara keseluruhan. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung transformasi digital di sektor perkebunan kelapa sawit, khususnya di Lampung. Dengan desain basis data yang terstruktur dan terintegrasi dengan teknologi spasial, diharapkan sistem ini dapat menjadi fondasi yang kokoh untuk pengelolaan kebun sawit yang lebih modern dan terorganisir.

Melalui penelitian ini, diharapkan tercipta solusi yang tidak hanya relevan untuk kebun sawit PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) Mesuji, tetapi juga dapat diadaptasi untuk kebutuhan kebun sawit di wilayah lain di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengelolaan tata kelola kebun sawit, tetapi juga pada pengembangan teknologi informasi yang mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit secara umum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang basis data yang terstruktur untuk mendukung pengelolaan data tata kelola kebun sawit menggunakan PostgreSQL?
2. Bagaimana basis data tersebut dapat diintegrasikan dengan sistem berbasis web untuk mempermudah akses secara langsung?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengembangkan desain basis data yang terstruktur untuk mendukung tata kelola kebun sawit menggunakan PostgreSQL.
2. Mengintegrasikan basis data dengan sistem berbasis web untuk mempermudah pengelolaan data.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mempermudah pengelolaan data kebun sawit, termasuk informasi tentang pohon, data lahan, saluran irigasi, transportasi, pekerja, dan alat.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang desain basis data dan implementasi teknologi informasi untuk tata kelola kebun sawit.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan atau fokus dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi basis data menggunakan PostgreSQL untuk mendukung tata kelola kebun sawit.
2. Data yang dikelola meliputi informasi alat, blok, irigasi, jalan, lahan, pekerja, pohon, transportasi, peta yang diunggah, pengguna, dan zona.

3. Implementasi *clustering* dengan Pgpool-II (*middleware* PostgreSQL) belum mendukung *failback* otomatis (pengembalian dilakukan secara manual).

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur penelitian ini, berikut adalah sistematika penulisan skripsi ini:

BAB I	:	PENDAHULUAN
		Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.
BAB II	:	TINJAUAN PUSTAKA
		Bab ini berisi tentang teori dasar dari Basis Data, <i>DBMS</i> , PostgreSQL, <i>ERD</i> , dll.
BAB III	:	METODOLOGI PENELITIAN
		Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, perangkat penelitian, metode penelitian yang digunakan beserta penjelasan setiap tahapannya.
BAB IV	:	HASIL DAN PEMBAHASAN
		Bab ini berisi pembahasan setiap tahapan penelitian yang meliputi pengumpulan data, analisis kebutuhan pengguna, perancangan, implementasi, dan pengujian.
BAB V	:	KESIMPULAN DAN SARAN
		Bab ini memuat kesimpulan berdasarkan hasil pembahasan penelitian dan saran yang diharapkan dapat meningkatkan wawasan serta kemajuan bagi pembaca.
DAFTAR PUSTAKA	:	Bab ini memuat daftar sumber kutipan teori-teori yang dijadikan acuan dalam menulis laporan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan dan utama Indonesia. Tanaman yang produk utamanya terdiri dari minyak sawit (*CPO*) dan minyak inti sawit (*KPO*) ini memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjadi salah satu penyumbang devisa negara yang terbesar dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya. Hingga saat ini kelapa sawit telah diusahakan dalam bentuk perkebunan dan pabrik pengolahan kelapa sawit hingga menjadi minyak dan produk turunannya [2].

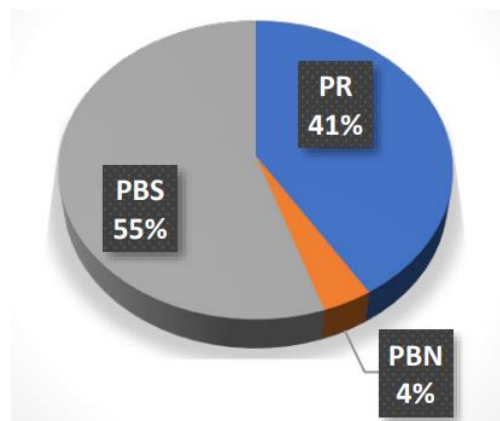
Ekspansi perkebunan kelapa sawit juga menimbulkan kekhawatiran terkait dampak lingkungan, seperti deforestasi dan degradasi habitat. Untuk mengatasi isu tersebut, pemerintah Indonesia mengembangkan kebijakan sertifikasi *Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO)* guna memastikan praktik perkebunan yang berkelanjutan. Hingga 6 Desember 2023, total 4,09 juta hektar lahan kelapa sawit di Indonesia telah tersertifikasi ISPO, dengan 4% atau 270.800 hektar merupakan lahan milik petani rakyat [3].

2.2 Industri Kebun Sawit

Council of Palm Oil Producing Countries (CPOPC) mencatat, produksi minyak sawit (*CPO*) dunia pada periode 2022/2023 sebanyak 79,16 juta metrik ton. Indonesia berkontribusi sekitar 58% atau setara 46,5 juta metrik ton ke total pasokan minyak sawit dunia. Data *OECD-FAO*, menunjukkan analisis data proyeksi produksi *VO* hingga tahun 2025 khususnya memberikan gambaran dan arah perkembangan minyak nabati dunia. *Growth* (laju

pertumbuhan) produksi minyak nabati dunia rata-rata 2,36% per tahun, sedangkan *CPO* bertumbuh lebih pesat, yakni 2,75% per tahun. Hal ini menunjukkan industri minyak sawit memiliki peran penting sebagai salah satu sumber minyak nabati terbesar di dunia [4].

Prospek perkembangan industri kelapa sawit saat ini sangat pesat di mana terjadi peningkatan baik produktivitas maupun produksi kelapa sawit seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat. Pada tahun 2022, luas areal perkebunan kelapa sawit tercatat mencapai 16.833.985 hektare. Dari luasan tersebut, sebagian besar diusahakan oleh Perusahaan Besar Swasta (PBS) yaitu sebesar 55,17% atau seluas 8. 266.780 hektare. Perkebunan Rakyat (PR) menempati posisi kedua dalam kontribusinya terhadap total luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia, yaitu seluas 6.159.333 hektare atau 41,10% sedangkan sebagian kecil diusahakan oleh Perkebunan Besar Negara (PBN) yaitu 559.370 hektare atau 3,73% [4].



Gambar 2.1 Luas Areal Kelapa Sawit Berdasarkan Status Pengusahaan Tahun 2022

Beberapa usulan strategi yang dapat dilakukan untuk menghadapi persaingan industri kelapa sawit yaitu:

- a. Memperkuat dan memperbaiki tata kelola sawit berkelanjutan, termasuk dengan memastikan implementasi *ISPO* secara penuh bagi pekebun dan perusahaan. Penguatan *ISPO* juga didorong sebagai instrumen diplomasi

dagang dan meyakini pasar terhadap produk minyak sawit yang *clear and clean*, ramah lingkungan, responsif terhadap persoalan sosial dan HAM, serta berkelanjutan bahkan tertelusur. Selain itu, untuk mendukung *domestic policy* terkait *ISPO* maka diperlukan strategi percepatan *database* Perusahaan Industri Kelapa Sawit & komoditas lain melalui Siperibun, percepatan pendataan pekebun melalui e-STDB, dan implementasi RAN-KSB/ RAD-KSB [4].

- b. Memperkuat basis data melalui kerja sama penelitian sebagai bagian dari strategi diplomasi yang *evidence-based* dan *data-driven* diperlukan. Data-data ini juga dapat digunakan sebagai sarana advokasi dan kampanye komoditas kelapa sawit berkelanjutan Indonesia khususnya mengedepankan semangat membela pekebun rakyat, kesetaraan gender, perlindungan satwa, dan lain-lain [4].

PT. Sampoerna Agro Tbk adalah perusahaan publik di Indonesia yang bergerak di bidang usaha perkebunan dan pemrosesan produk-produk dari kelapa sawit, serta produk non-sawit seperti sagu dan karet. Didirikan pada bulan Juni 1993 dengan nama PT Selapan Jaya, perusahaan ini mulai beroperasi secara komersial pada bulan November 1998 dan mengubah namanya menjadi PT Sampoerna Agro Tbk pada tahun 2007. Perkebunan perusahaan ini tersebar di beberapa wilayah Indonesia, termasuk Sumatera Selatan, Kalimantan Barat dan Tengah, serta Riau. Selain itu, perusahaan juga memproduksi benih unggul kelapa sawit jenis DxP Sriwijaya dan menjalin kerja sama dengan petani lokal melalui skema kemitraan plasma.

Maka dari itu, penelitian ini dilakukan sebagai salah satu bentuk untuk mendukung kebijakan dan tata kelola tersebut. WebGIS kebun sawit yang dibangun ini diharapkan mampu menghimpun, mengelola, dan menyajikan data secara integratif. Sistem ini berfungsi sebagai platform visualisasi data spasial yang memungkinkan pemantauan kebun, identifikasi pekebun, serta perencanaan dan evaluasi kebijakan di kebun sawit Mesuji, Lampung. WebGIS

kebun sawit ini mendukung prinsip *data-driven decision making* yang relevan dalam pengelolaan agribisnis modern dan berkelanjutan.

2.3 Data

Data dapat didefinisikan sebagai bahan keterangan tentang kejadian-kejadian nyata atau fakta-fakta yang dirumuskan dalam sekelompok lambang tertentu yang tidak acak, yang menunjukkan jumlah, tindakan atau hal. Data dapat berupa catatan-catatan dalam kertas, buku, atau tersimpan sebagai *file* dalam basis data. Data menjadi bahan dalam suatu proses pengolahan data. Oleh karena itu, suatu data belum dapat berbicara banyak sebelum diolah lebih lanjut. Contoh data adalah catatan identitas pegawai, catatan transaksi pembelian, catatan transaksi penjualan, dan lain-lain [5].

Data merupakan bahan baku penting dalam kegiatan penelitian yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah dan membuktikan hipotesis. Dalam konteks penelitian, data dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek, yaitu sifat, sumber, dan skala pengukuran. Berikut ini penjabaran jenis-jenis data menurut masing-masing kategorinya:

1. Berdasarkan Sifat atau Jenisnya:

- Data Kualitatif

Merupakan data yang tidak berbentuk angka, melainkan dalam bentuk narasi, kata-kata, pendapat, atau deskripsi verbal. Contoh: deskripsi kondisi kebun, persepsi petani terhadap pengelolaan lahan, atau catatan hasil wawancara. Data ini biasanya digunakan dalam penelitian kualitatif yang bertujuan menggali makna, konsep, atau pemahaman mendalam terhadap suatu fenomena.

- Data Kuantitatif

Data yang berbentuk angka atau dapat diukur secara statistik. Contohnya seperti jumlah pohon sawit, luas lahan, produksi tandan buah segar (TBS), atau hasil panen dalam kilogram. Data ini digunakan

dalam penelitian kuantitatif dan dapat dianalisis menggunakan metode statistik.

2. Berdasarkan Sumbernya:

- Data Primer

Merupakan data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti dari sumber pertama melalui teknik observasi, wawancara, eksperimen, atau penyebaran kuesioner. Misalnya, hasil pengamatan langsung ke kebun sawit atau wawancara dengan pengelola kebun.

- Data Sekunder

Data yang diperoleh dari sumber kedua atau pihak lain, seperti dokumentasi, arsip, laporan tahunan, atau data instansi pemerintah. Misalnya, laporan produksi sawit dari dinas pertanian setempat atau data cuaca dari BMKG [6].

Terdapat beberapa teknik pengumpulan data yang umum digunakan dalam penelitian, yaitu observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi.

1. Observasi: teknik mengumpulkan data dengan cara mengamati langsung objek yang diteliti. Observasi dapat dilakukan secara partisipatif maupun non-partisipatif, tergantung pada keterlibatan peneliti. Teknik ini cocok untuk mengamati aktivitas atau kondisi nyata di lapangan.
2. Wawancara: teknik yang dilakukan melalui tanya jawab langsung dengan responden untuk memperoleh data yang lebih mendalam. Wawancara dapat bersifat terstruktur maupun bebas, dan sangat berguna dalam penelitian kualitatif.
3. Kuesioner: teknik pengumpulan data dengan menyebarkan daftar pertanyaan tertulis kepada responden. Teknik ini sering digunakan dalam penelitian kuantitatif karena efisien untuk menjangkau banyak responden sekaligus [6].

2.4 Basis Data

Basis data yang juga dikenal sebagai *database*, terdiri dari kata basis dan data. Data merupakan catatan atas kumpulan fakta yang mewakili suatu objek. Data memiliki ciri bersifat mentah dan tidak memiliki konteks. Sedangkan basis atau *base* dapat diartikan sebagai markas, tempat berkumpul dari suatu objek atau representasi objek. Basis data dapat didefinisikan sebagai sekumpulan data yang terintegrasi, yang diorganisasi untuk memenuhi kebutuhan para pemakai dalam suatu organisasi [7].

Basis data memiliki peran penting dan sangat diperlukan karena basis data merupakan dasar dalam menyediakan informasi dalam suatu sistem informasi. Basis data menentukan kualitas informasi yang mana suatu informasi dikatakan lebih bernilai jika memiliki manfaat yang efektif dibandingkan dengan biaya dalam mendapatkannya. Basis data juga mengurangi *data redundancy* dan dapat mengurangi pemborosan tempat simpanan luar [7].

Basis data dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah kumpulan informasi yang disimpan dalam memori komputer, terdiri dari data spasial (seperti peta atau lokasi geografis) dan data non-spasial (seperti atribut atau informasi deskriptif), yang saling berkaitan satu sama lain. Integrasi antara data spasial dan non-spasial ini memungkinkan SIG untuk tidak hanya menampilkan informasi geografis, tetapi juga menganalisis dan mengelola data tersebut secara efektif [8].

Dalam penelitian ini, basis data yang akan dibuat adalah basis data relasional yang menyimpan dan berisi kumpulan data mengenai kebun sawit seperti data pohon, lahan, pabrik, pekerja, distributor, dll. Pembuatannya akan menggunakan bahasa pemrograman *Structured Query Language (SQL)* dan menggunakan *open source DBMS* yaitu PostgreSQL.

2.5 *Structured Query Language (SQL)*

SQL (Structured Query Language) adalah bahasa *database* yang digunakan untuk pengelolaan dan manipulasi basis data yang telah distandarisasi oleh *ANSI (American National Standards Institute)* dan *ISO (International Organization for Standardization)*. Secara umum, penggunaan *SQL* dinilai penting dalam pengelolaan basis data karena mampu menyediakan perintah-perintah yang memungkinkan untuk menjalankan berbagai macam operasi untuk kebutuhan penyimpanan, pengubahan, penghapusan, pengambilan data, maupun akses informasi [9].

Minimal ada 3 (tiga) jenis perintah *SQL* yang harus diketahui, yaitu: *Data Manipulation Language (DML)*, *Data Definition Language (DDL)*, dan *Data Control Language (DCL)*. *Data Manipulation Language (DML)*, memiliki fungsi untuk memanipulasi, mengganti serta mengubah isi dari basis data atau tabel yang sudah tersedia. Di antara perintah dari *DML* yaitu:

- a. *INSERT* : digunakan untuk menambah/memasukkan data pada tabel
- b. *UPDATE* : digunakan untuk mengubah data pada tabel, dan
- c. *DELETE* : digunakan untuk menghapus data pada tabel.

Data Definition Language (DDL), memiliki fungsi untuk mendefinisikan data itu sendiri yang ada pada basis data. Terdapat beberapa perintah/instruksi khusus yang termasuk dalam *DDL*, di antaranya:

- a. *CREATE* : digunakan pada saat ingin membuat objek basis data (termasuk tabel)
- b. *DROP* : digunakan pada saat ingin menghapus objek basis data (termasuk tabel)
- c. *ALTER* : digunakan untuk mengubah struktur objek basis data (tabel).

Untuk tabel, perintah/Instruksi ini biasanya diikuti “*add*” untuk menambah kolom, “*drop*” untuk menghapus kolom, “*rename*” untuk mengganti nama kolom, dan “*change*” untuk mengganti tipe data, panjang data, fungsi *Primary Key (PK)*, *Foreign Key (FK)*, *constraints*, dan referensial data.

Data Control Language (DCL), memiliki fungsi untuk mengatur hak akses *user* pada basis data, mengalokasikan *space*, mendefinisikan *space* dan juga dapat melakukan audit pada basis data. Beberapa perintah/Instruksi *DCL* di antaranya:

- a. *REVOKE* : digunakan sebagai pembatal izin bagi user untuk mengakses basis data
- b. *GRANT* : digunakan untuk memberi izin user yang akan mengakses basis data
- c. *COMMIT* : digunakan untuk menetapkan penyimpanan dalam basis data, dan
- d. *ROLLBACK* : digunakan sebagai pembatal penyimpanan basis data [10].

Dalam konteks penelitian ini, *SQL* digunakan untuk membuat struktur tabel, membangun relasi antar entitas seperti data blok, petak, tanaman, serta aktivitas operasional seperti pemupukan dan panen. Fungsi-fungsi dalam *SQL* seperti *JOIN*, *GROUP BY*, serta fungsi agregat (*SUM*, *AVG*, *COUNT*) sangat membantu dalam menyusun laporan dan analisis produksi. Selain itu, penggunaan *SQL* dalam PostgreSQL yang didukung oleh ekstensi spasial PostGIS memungkinkan integrasi data spasial ke dalam sistem WebGIS, mendukung visualisasi dan pengambilan keputusan berbasis lokasi.

2.6 Database Management System (DBMS)

Database Management System (DBMS) adalah perangkat lunak yang didesain untuk menangani dalam hal pemeliharaan dan utilitas kumpulan data dalam jumlah besar. *DBMS* dapat menjadi alternatif penggunaan secara khusus untuk aplikasi, misalnya penyimpanan data dalam *field* dan menulis kode aplikasi yang spesifik untuk pengaturannya [7].

DBMS menyediakan mekanisme untuk menjaga keamanan, konsistensi, dan keakuratan data, termasuk mendukung transaksi yang memenuhi sifat *ACID* (*Atomicity*, *Consistency*, *Isolation*, *Durability*) [11]. DBMS memiliki peran penting dalam sistem informasi modern, termasuk pada tata kelola kebun sawit,

karena dapat memproses data dengan volume besar secara terstruktur dan terintegrasi.

Ada beberapa jenis *DBMS* seperti *Hierarchical DBMS*, *Network DBMS*, *Relational DBMS (RDBMS)*, *Object-oriented DBMS (OODBMS)*, dan *NoSQL DBMS*. Masing-masing *DBMS* memiliki fungsinya masing-masing. Dalam penelitian ini, akan digunakan *Relational DBMS (RDBMS)* karena *database* yang dibuat adalah *database* relasional yang menyimpan data dalam tabel yang terdiri dari baris dan kolom.

RDBMS sendiri mendukung bahasa pemrograman *SQL* yang memungkinkan pengguna untuk melakukan *query* data dengan mudah. Pada penelitian ini, *RDBMS* yang digunakan adalah PostgreSQL karena merupakan *RDBMS* yang paling sesuai dengan tujuan penelitian ini seperti memiliki fitur ekstensi PostGIS, *open source*, *free*, dsb.

2.7 Database Relasional

Database relasional menyimpan data dalam bentuk relasi, yang dilihat oleh pengguna tidak lain sebagai tabel. Pada setiap relasi terdiri dari tupel, atau *record* atau baris, serta atribut, atau *field* atau kolom. Setiap baris atau *record* dalam tabel dapat diidentifikasi oleh kolom atau atribut yang bernilai unik. Ini adalah dua karakteristik basis data relasional yang memungkinkan data yang ada bisa terpisah secara independen dari cara penyimpanan fisik dalam komputer [12].

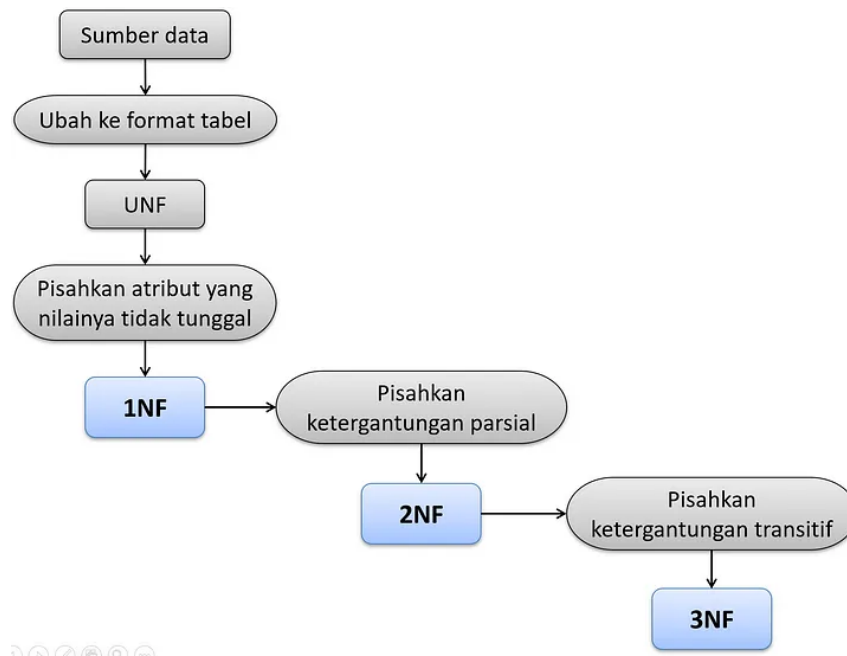
Pada setiap pertemuan kolom atribut dan baris data ditempatkan item-item data (satuan data terkecil). Memilah data *key* dalam berbagai tabel 2 dimensi. Dalam setiap entitas, dipilih setidaknya 1 atribut untuk dijadikan kunci utama (*primary key*). Basis data yang memperhatikan aturan relasi atau hubungan sehingga setiap tabel yang terhubung, atribut kunci pada 1 tabel menjadi kunci tamu (*foreign key*) pada tabel lainnya [13].

Dalam penelitian ini, *database* relasional digunakan untuk mengelola keterkaitan antar entitas seperti pohon, pekerjaan, lahan, pabrik, dll. Setiap entitas dihubungkan melalui relasi *primary key* dan *foreign key* sehingga memudahkan dalam pelacakan setiap unit tanaman sawit.

2.8 Normalisasi Data

Arti normalisasi dalam *relational basis data design*, adalah proses pengorganisasian data untuk meminimalisasi duplikasi. Normalisasi umumnya melibatkan pembagian basis data ke dalam dua atau lebih tabel dan penentuan *relationships* antar tabel-tabel tersebut. Untuk mengisolasi data sehingga penambahan, penghapusan, dan modifikasi dari suatu *field* dapat dilakukan hanya pada satu tabel dan terpropagasi pada sisa basis data melalui bentuk *relationships* yang telah dilakukan [14].

Proses normalisasi terdiri dari beberapa tahapan yang dikenal sebagai bentuk normal (*normal forms*). Tahap pertama, atau *First Normal Form* (1NF), memastikan bahwa setiap kolom dalam tabel hanya mengandung nilai atomik, yaitu nilai yang tidak dapat dibagi lagi. Tahap kedua, *Second Normal Form* (2NF), memastikan bahwa setiap atribut bukan kunci sepenuhnya bergantung pada kunci utama tabel. Tahap ketiga, *Third Normal Form* (3NF), menghilangkan ketergantungan transitif, yaitu situasi di mana atribut bukan kunci bergantung pada atribut bukan kunci lainnya. Dengan menerapkan normalisasi hingga minimal 3NF, struktur basis data menjadi lebih efisien dan konsisten [15].



Gambar 2.2 Tahapan Normalisasi Data

Dalam konteks penelitian ini, normalisasi data akan diterapkan untuk mengoptimalkan struktur basis data kebun sawit. Data seperti informasi pohon, lahan, pekerja, alat, saluran irigasi, dll. akan diorganisir ke dalam tabel-tabel yang terstruktur dengan baik. Dengan demikian, redundansi data dapat diminimalkan, integritas data terjaga, dan proses pengambilan serta pemeliharaan data menjadi lebih efisien.

2.9 PostgreSQL

PostgreSQL adalah sistem manajemen basis data relasional *open-source* yang dikenal dengan kemampuan lanjutan dan kompatibilitas SQL. PostgreSQL mendukung fitur-fitur canggih seperti tipe data kompleks, pengindeksan lanjutan, dan replikasi. PostgreSQL sering digunakan dalam aplikasi *enterprise*, analitik data, dan sistem dengan persyaratan keamanan yang ketat [16].

PostgreSQL merupakan sistem manajemen basis data relasional *open-source* yang dirancang untuk keandalan, skalabilitas, dan keamanan. Dikembangkan oleh *PostgreSQL Global Development Group* (PGDG), PostgreSQL telah

mengalami perkembangan pesat dan dikenal sebagai salah satu *database* yang paling canggih di kelasnya. PostgreSQL bersifat *ACID-compliant*, yang berarti mendukung transaksi yang atomik, konsisten, terisolasi, dan tahan terhadap kegagalan (*durable*), sehingga menjamin integritas dan keandalan data [17].

Dalam penelitian ini, PostgreSQL digunakan untuk mengelola data tata kelola kebun sawit, termasuk data tanaman, pekerja, dan lahan. Integrasi dengan PostGIS memungkinkan sistem menyimpan data spasial, seperti lokasi area kebun, yang berguna untuk analisis berbasis lokasi. Selain itu, PostgreSQL mendukung kemampuan *query* yang kompleks, sehingga analisis data dapat dilakukan dengan lebih terstruktur. PostgreSQL juga dapat dengan mudah diintegrasikan ke banyak *tools* untuk aplikasi *frontend* atau *backend* seperti laravel dan ke sistem GIS seperti QGIS. Dengan fitur-fitur tersebut, PostgreSQL menjadi pondasi penting dalam pengembangan sistem informasi berbasis web untuk kebun sawit.

2.10 Query

Dalam pengelolaan *database*, *query* adalah istilah yang merujuk pada kumpulan baris perintah untuk memperoleh informasi dari *database*. Dalam Bahasa Inggris standar, arti *query* adalah permintaan informasi. Begitu juga dalam Bahasa pemrograman *computer*, *query* atau kueri mengacu pada permintaan informasi, tapi informasi diambil dari *database*. Dengan demikian, *query* berfungsi untuk mengatur data mana yang akan ditampilkan oleh pengguna. Data-data tersebut juga bisa saling berinteraksi dengan data lainnya supaya bisa saling bersinergi dan mempermudah pengguna [18].

Dalam penelitian ini, penggunaan *query* berperan penting dalam pengelolaan dan penarikan data dari basis data. *Query* digunakan untuk menampilkan, memfilter, dan mengelompokkan informasi sesuai dengan kebutuhan pengguna, terutama dalam hal *monitoring* dan evaluasi data kebun sawit.

2.11PgAdmin

pgAdmin adalah alat bantu grafis resmi untuk manajemen basis data PostgreSQL. Aplikasi ini menyediakan antarmuka pengguna berbasis *GUI* yang memungkinkan pengguna untuk mengelola basis data tanpa harus menggunakan baris perintah. Dengan pgAdmin, pengguna dapat membuat dan mengelola skema, tabel, kueri SQL, peran pengguna, dan berbagai konfigurasi lainnya dengan lebih mudah dan intuitif [17]. pgAdmin mempermudah pengguna dalam melakukan operasi basis data tanpa harus sepenuhnya bergantung pada perintah SQL manual. Dalam penelitian ini, pgAdmin digunakan untuk mendukung proses desain, pengelolaan, dan pengujian basis data tata kelola kebun sawit.

2.12PostGIS

PostGIS merupakan ekstensi untuk PostgreSQL yang digunakan untuk menambahkan dukungan terhadap data spasial dan geografis. PostGIS memungkinkan PostgreSQL untuk menyimpan dan memproses data geospasial, serta menjalankan kueri spasial seperti perhitungan jarak, luas area, hubungan spasial antar objek, dan lain sebagainya. Dengan demikian, PostGIS banyak dimanfaatkan dalam sistem informasi geografis (SIG), termasuk dalam pemetaan, pemantauan lingkungan, dan pengelolaan aset berbasis lokasi [17].

Dalam penelitian ini, PostGIS digunakan untuk menyimpan data lokasi pohon sawit dalam bentuk koordinat geografis dan memungkinkan integrasi dengan WebGIS, sehingga informasi geografis dapat divisualisasikan dalam bentuk peta interaktif.

2.13Pgpool-II

Pgpool-II merupakan *middleware* untuk PostgreSQL yang berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi dan server basis data. Salah satu fungsinya adalah menyediakan *load balancing*, di mana perintah SELECT dapat didistribusikan ke beberapa server sesuai dengan bobot (*weight*) yang telah ditentukan dalam berkas konfigurasi pgpool.conf. Dengan demikian, beban kerja dapat tersebar

secara merata di antara server yang tersedia. Selain itu, Pgpool-II juga menyediakan *connection pooling*, yang memungkinkan penggunaan kembali koneksi basis data guna mengurangi *overhead* saat pembuatan koneksi baru, sehingga meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

Pgpool-II mendukung mekanisme *failover* pada sistem klaster, di mana apabila server utama mengalami kegagalan, *middleware* ini dapat menjalankan skrip untuk melakukan *standby promotion* secara otomatis. Fitur lain yang disediakan adalah *high availability* (HA) untuk Pgpool-II itu sendiri, sehingga *middleware* ini tidak menjadi titik kegagalan tunggal (*single point of failure*) dalam arsitektur sistem [19].

Pgpool-II digunakan sebagai *middleware* untuk high availability dan load balancing PostgreSQL, pengujian sistem dilakukan melalui beberapa skenario. Uji koneksi dilakukan dengan mengakses database melalui Pgpool-II menggunakan `psql` serta memeriksa status node backend dengan perintah `SHOW pool_nodes`. Uji load balancing dilakukan dengan menjalankan query `SELECT pg_is_in_recovery()` untuk mengidentifikasi distribusi query ke node replica. Uji replikasi dilakukan dengan mengeksekusi query `INSERT` pada database primary dan memverifikasi konsistensi data pada database replica menggunakan query `SELECT`. Selanjutnya, uji failover dilakukan dengan mensimulasikan kegagalan database primary dan mengamati perubahan status node melalui `SHOW pool_nodes` untuk memastikan Pgpool-II tetap dapat melayani koneksi database [20].

2.14 Ubuntu Server

Ubuntu Server merupakan salah satu varian dari sistem operasi Ubuntu yang dikembangkan oleh Canonical Ltd dan berbasis pada distribusi Linux Debian. Sistem ini dirancang untuk memberikan lingkungan server yang stabil, aman, dan mudah dikelola. Ubuntu Server mendukung berbagai layanan seperti basis data, web server, dan aplikasi cloud. Selain bersifat open source, Ubuntu juga menyediakan pembaruan keamanan jangka panjang (LTS) yang

menjadikannya pilihan populer untuk kebutuhan server produksi [21]. Dalam penelitian ini, Ubuntu Server digunakan sebagai sistem operasi utama untuk mengimplementasikan dan mengelola basis data PostgreSQL.

2.15 htop

htop merupakan perangkat lunak system monitoring berbasis terminal yang digunakan pada sistem operasi Linux untuk memantau penggunaan sumber daya seperti CPU, memori, dan proses yang berjalan secara real-time. htop adalah sebuah program interaktif untuk memantau proses sistem dan mengelola proses. htop dirancang sebagai program alternatif top di Unix. htop menampilkan daftar proses yang sering diperbarui yang berjalan di sebuah komputer, biasanya diurutkan berdasarkan penggunaan jumlah CPU. Tidak seperti top, htop menyediakan daftar lengkap proses program yang sedang berjalan, bukan proses program yang memakan banyak sumber daya. htop menggunakan warna untuk memberikan informasi visual, seperti status prosesor, swap, dan memori.

Administrator sistem mengandalkan alat pemantauan proses untuk mengamati penggunaan CPU, konsumsi memori, dan status proses secara waktu nyata. Alat seperti top dan alternatifnya yang lebih canggih, yaitu htop, menyediakan antarmuka interaktif yang memungkinkan administrator dengan cepat mengidentifikasi proses yang menggunakan sumber daya besar serta mengelola kinerja sistem.[22].

2.16 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang dapat mengolah data spasial dan non-spasial secara komputerisasi yang mampu untuk menyimpan, menganalisis, dan memanipulasi sehingga menghasilkan informasi geografis [23]. SIG memanfaatkan perangkat keras, perangkat lunak, data, metode, dan tenaga ahli untuk mengintegrasikan berbagai jenis data spasial. Teknologi ini digunakan dalam berbagai bidang, termasuk perencanaan tata ruang, manajemen sumber daya alam, dan pemetaan wilayah.

Dalam kerja Sistem Informasi Geografis (SIG) mula-mula dibutuhkan data awal atau database, yaitu data yang dikumpulkan selama survei dimasukkan dalam komputer, atau peta-peta yang telah ada dilarik secara optis dan dimasukkan ke dalam komputer. *Database* dapat digunakan untuk pengelolaan lebih lanjut. Input atau data sendiri dapat diperoleh dari penelitian lapangan, peta, kantor pemerintah, dan data citra penginderaan jauh. Data sendiri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu data atribut dan data spasial:

- Data atribut merupakan data yang ada pada suatu lokasi atau keruangan. Atribut ini sendiri menjelaskan suatu informasi. Contohnya pada sawah, hutan, ladang, hingga kota. Data atribut sendiri dapat berupa kualitatif misalnya pada kekuatan pohon, dan kuantitatif misalnya pada jumlah pohon.
- Data spasial merupakan data yang dapat menunjukkan lokasi, ruang, atau berbagai tempat di permukaan bumi. Data spasial ini sendiri disajikan dalam dua bentuk yaitu vektor dan raster.

SIG memungkinkan pengguna untuk memetakan dan menganalisis data geospasial dengan cara yang mempermudah pengambilan keputusan di berbagai sektor, termasuk pertanian [24]. Penggunaan SIG dalam sektor pertanian, seperti kebun sawit, memfasilitasi pemantauan dan pengelolaan lahan secara efisien dan berbasis data yang akurat. Dalam konteks kebun sawit, SIG memainkan peran penting dalam memantau kondisi kebun, memetakan lokasi pohon, dan menganalisis data terkait pemupukan, panen, serta perawatan tanaman. Dengan SIG, data geografis kebun sawit dapat divisualisasikan secara sistematis sehingga memudahkan pengambilan keputusan berbasis lokasi.

2.17 Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity-Relationship Diagram (ERD) merupakan alat pemodelan data semantik yang digunakan untuk menggambarkan atau mendeskripsikan data secara abstrak. Deskripsi data yang dilakukan secara abstrak ini disebut sebagai model

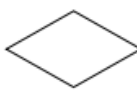
konseptual. Model konseptual ini akan mengarahkan kita pada sebuah skema. Skema mengacu pada deskripsi tetap dan permanen mengenai struktur data.

ERD tidak hanya berfungsi sebagai dokumentasi awal yang memfasilitasi komunikasi antara analis sistem dan pengguna, tetapi juga sebagai alat bantu dalam proses *agile development*. Diagram ini memungkinkan proses iteratif dalam penyempurnaan desain sebelum implementasi basis data dilakukan, sehingga mengurangi risiko kesalahan struktural dalam sistem [25].

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan representasi grafis dan logika *database* dengan menyertakan deskripsi detail mengenai seluruh entitas (*entity*), hubungan (*relationship*), dan batasan (*constraint*). Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *ERD* merupakan gambaran grafis dari suatu model data yang menyertakan deskripsi detail dari seluruh *entity*, *relationship*, dan *constraint*. Ada beberapa elemen penyusun *ERD* yaitu :

- Entitas (*Entity*): suatu yang nyata atau abstrak dimana kita akan menyimpan data.
- Relasi (*Relationship*): hubungan alamiah yang terjadi antar satu atau lebih entitas.
- Atribut (*attribute*): ciri umum atau sebagian besar intisari pada entitas tertentu [26].

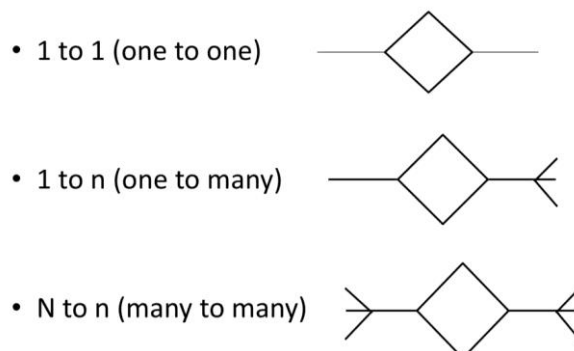
Berikut adalah simbol-simbol yang digunakan dalam *ERD*:

Notasi	Keterangan
	Entitas merupakan suatu yang nyata atau abstrak dimana kita akan menyimpan data.
	Relasi merupakan hubungan alamiah yang terjadi antar satu atau lebih.
	Atribut merupakan ciri umum atau sebagian besar intisari pada entitas tertentu.
	Garis merupakan penghubung antara relasi dengan entitas, relasi dan entitas dengan atribut.

Gambar 2.3 Simbol ERD

Terdapat tiga jenis relasi yang digunakan di dalam ERD atau biasa disebut kardinalitas rasio. Ketiga relasi tersebut yaitu:

- *One to one*: sebuah entitas pada A berhubungan dengan paling banyak satu entitas pada B dan sebuah entitas pada B berhubungan dengan paling banyak satu entitas A.
- *One-to-many*: sebuah entitas pada A berhubungan dengan nol atau lebih entitas. Sebuah entitas Pada B dapat dihubungkan dengan paling banyak satu entitas pada A.
- *Many-to-many*: setiap entitas yang ada dapat memiliki relasi dengan entitas lain, begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.4 Simbol Kardinalitas ERD

Pada penelitian ini, ERD digunakan untuk memetakan kebutuhan data kebun sawit di Mesuji. Desain ini menjadi dasar dalam pembuatan tabel, penentuan relasi antar tabel, dan implementasi basis data menggunakan PostgreSQL.

2.18 Database Administration

Database administration mencakup semua aktivitas teknis dan manajerial yang diperlukan untuk mengatur, memelihara, dan mengarahkan lingkungan basis data. Basis data yang dimaksud merujuk pada semua data milik organisasi yang diatur dan dikendalikan menggunakan teknologi basis data atau metodologi sistematis untuk standarisasi dan integrasi sumber daya data pada tingkat organisasi. Lingkungan basis data terdiri dari basis data seperti yang telah didefinisikan di atas, data yang tidak terotomatisasi (termasuk yang terotomatisasi), *administrator* basis data (*DBA*) sebagai pengelola lingkungan basis data, perangkat lunak yang digunakan dalam administrasi dan pemrosesan data, serta para pengguna basis data [27].

Tujuan utama dari *database administration* adalah untuk mengoptimalkan penggunaan data dalam lingkungan basis data yang digunakan secara bersama, mengintegrasikan metodologi sistematis untuk pengelolaan dan pengendalian sumber daya data secara terpusat, serta menyeimbangkan tujuan-tujuan yang saling bertentangan terkait misi organisasi dan efisiensi keseluruhan dalam penanganan data [27].

Secara teori, *DBA (Database Administrator)* adalah pemimpin organisasi dalam hal perencanaan, perancangan, pengembangan, implementasi, pengujian, dokumentasi, operasi, dan pemeliharaan seluruh lingkungan basis data. Peran *DBA* biasanya bersifat teknis sekaligus administratif. Selain itu, peran ini juga memiliki dimensi promosi, karena *DBA* mewakili konsep dan prosedur administrasi basis data kepada semua pihak yang terlibat, serta mengoordinasikan seluruh aktivitas basis data di antara manajer, analis, *programmer* sistem dan aplikasi.

Karena aktivitas administrasi basis data berdampak lintas batas dalam organisasi, posisi *DBA* sangat sensitif, sehingga ia harus cermat dalam menghadapi persoalan yurisdiksi dan kebutuhan misi yang saling bersaing. Meskipun tugas-tugas administrasi basis data dapat dilakukan oleh satu atau lebih orang, biasanya ada satu orang yang diberi tanggung jawab utama untuk mengoordinasikan, mengendalikan, dan mengarahkan aktivitas dalam lingkungan basis data. Orang inilah yang umumnya disebut sebagai *DBA* [27].

Dalam memastikan data dan *database* suatu organisasi berguna, dapat digunakan, *available*, dan benar, *DBA* diharuskan untuk melakukan berbagai jenis tugas. Tugas-tugas ini mencakup *database design*, *performance monitoring and tuning*, *database availability*, *security*, *backup and recovery*, *data integrity*, *release migration* [28].

2.19 Database Clustering

Cluster adalah sekumpulan server yang menjalankan perangkat lunak serupa, yang dirancang untuk tetap beroperasi meskipun terjadi satu (atau lebih) kegagalan. *Cluster* digunakan untuk pemrosesan, serta dalam sistem berkas (*file systems*) dan perangkat jaringan [29].

Clustering melibatkan pengelompokan beberapa server untuk bertindak sebagai satu sistem tunggal, sehingga meningkatkan skalabilitas dan toleransi terhadap kegagalan. Ada dua jenis *clustering* utama, yaitu *active-passive clustering* dan *active-active clustering*.

- *Active-passive clustering* melibatkan satu server utama yang menangani semua operasi baca dan tulis, sementara server-server lainnya tetap dalam keadaan siaga dan berfungsi sebagai cadangan. Jika server utama mengalami kegagalan, salah satu server cadangan akan dipromosikan menjadi server utama yang baru.
- *Active-active clustering* melibatkan beberapa server yang semuanya dapat menangani operasi baca dan tulis secara bersamaan. Ini memberikan

skalabilitas dan toleransi kegagalan yang lebih tinggi, karena tidak ada satu titik kegagalan (*single point of failure*) [30].

Clustering menawarkan sejumlah manfaat, antara lain:

- Ketersediaan Tinggi (*High availability*): *Clustering* memastikan bahwa data selalu tersedia, bahkan jika satu atau lebih server mengalami kegagalan.
- Toleransi terhadap Kegagalan (*Fault tolerance*): *Clustering* melindungi terhadap kehilangan data jika terjadi kegagalan server.
- Skalabilitas (*Scalability*): *Clustering* memungkinkan penambahan lebih banyak server ke dalam sistem untuk menangani peningkatan beban kerja.
- Kinerja (*Performance*): *Clustering* dapat meningkatkan kinerja dengan mendistribusikan beban kerja ke beberapa server [30].

2.20 Penelitian Terkait

Penelitian-penelitian terdahulu telah menunjukkan pentingnya penerapan teknologi informasi dalam pengelolaan data spasial untuk mendukung berbagai kebutuhan. Beberapa penelitian yang relevan dengan skripsi ini memberikan wawasan tentang penggunaan PostgreSQL, PostGIS, dan WebGIS dalam pengelolaan data spasial, yang dapat menjadi inspirasi serta bahan pengembangan lebih lanjut. Berikut ini adalah beberapa penelitian yang mendasari dan terkait dengan penelitian skripsi ini:

2.20.1 *Application of WebGIS in Managing and Monitoring Greenery in Schools: A Case Study at the Thu Dau Mot University (2024)*

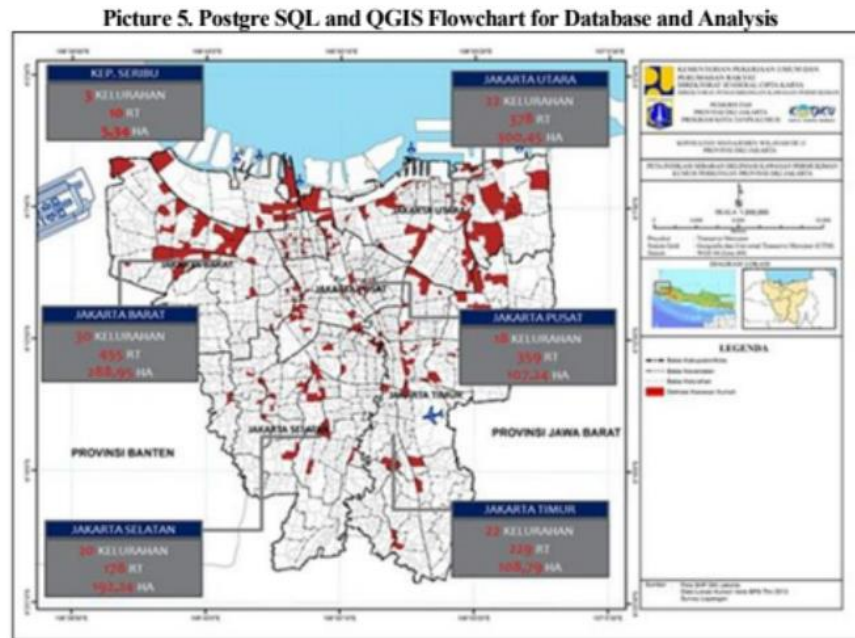
Table 1. Data description

No	Name	Datatypes	Describe
1	id	Integer	Numerical order
2	geom	Geometry(PointZ,4326)	Spatial data type is enabled
3	toadox	Double precision	Coordinates X
3	toadoy	Double precision	Coordinate Y
4	perimeter	Double precision	Perimeter of green tree object
5	height	Double precision	Height of relative
6	diameter	Double precision	Diameter of the object
7	tenvn	Text	Vietnamese name of green tree object
8	tenkh	Text	Scientific name of green tree object
9	gioi	Text	Regnum of the green tree object
10	bo	Text	Ordo of green tree objects
11	ho	Text	Familia of the green tree object
12	chi	Text	Genus of green tree object
13	loai	Text	Species of green tree object
14	lop	Text	Class of the green tree object
15	tong	Text	Tribe of the green tree object
16	nx	Text	Origin and origin of green tree objects
17	ghichu	Text	Notes
18	lux_meter	Integer	Light intensity under the tree canopy

Gambar 2.5 Tabel Deskripsi Data Penelitian Terkait 1

Jurnal yang ditulis oleh Nguyen Le Tan Dat dan Tu Minh Hai ini mengembangkan WebGIS berbasis PostgreSQL, PostGIS, dan GeoServer untuk mengelola ruang hijau di kampus. Data yang dikelola mencakup koordinat pohon, tinggi, diameter, dan ekologi, serta memungkinkan pemantauan kondisi ruang hijau melalui antarmuka web yang *user-friendly*. Keterkaitan jurnal ini dengan penelitian penulis terletak pada penggunaan PostgreSQL untuk menyimpan data spasial dan pemanfaatan QGIS sebagai alat visualisasi data. Namun, perbedaannya terletak pada fokusnya yang lebih pada pengelolaan ruang hijau kampus, sementara penelitian ini berfokus pada pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Selain itu, jurnal ini menggunakan GeoServer untuk berbagi data secara *online*, sedangkan penelitian ini lebih fokus pada integrasi dengan QGIS [31].

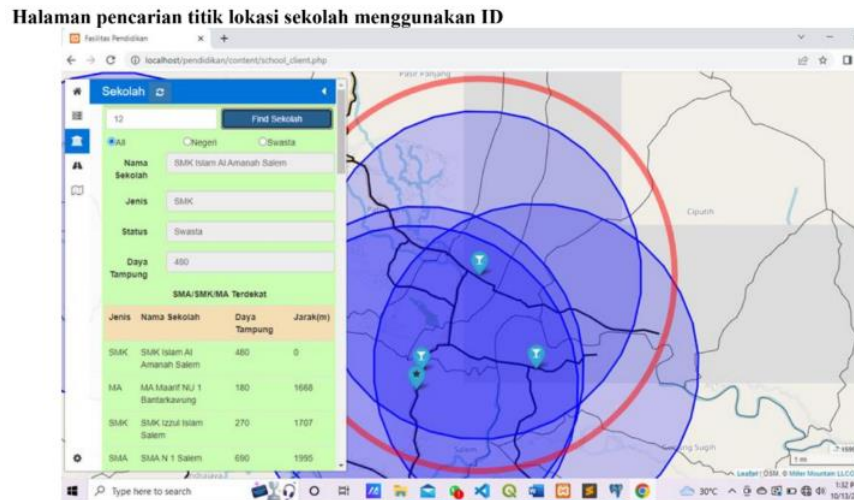
2.20.2 Geographic Information System Using Postgre SQL-QGIS for Slum Squatter Distribnution Mapping in North Jakarta (2024)



Gambar 2.6 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 2

Jurnal yang ditulis oleh Ghefra Rizkan Gaffara dan Jerry Maratis ini menggunakan PostgreSQL dan QGIS untuk menganalisis distribusi pemukiman kumuh. Sistem yang dibuat di jurnal ini juga menerapkan metode *Rational Unified Process (RUP)* dalam pengembangan sistem GIS dan menghasilkan peta spasial yang menunjukkan daerah dengan kepadatan pemukiman tinggi. Keterkaitan dengan penelitian ini terdapat pada penggunaan PostgreSQL dan QGIS untuk pemetaan dan analisis spasial. Metode *RUP* yang digunakan dalam jurnal ini dapat dijadikan referensi untuk pengembangan sistem dalam penelitian ini. Perbedaannya, jurnal ini lebih fokus pada analisis sosial-ekonomi pemukiman, sedangkan penelitian ini fokus pada pengelolaan data perkebunan kelapa sawit [32].

2.20.3 Penyusunan Basis Data Spasial Sekolah Menengah Atas atau Sederajat untuk Mengetahui *Backlog* Pemenuhan Kebutuhan Sarana Pendidikan di Kabupaten Brebes (2023)

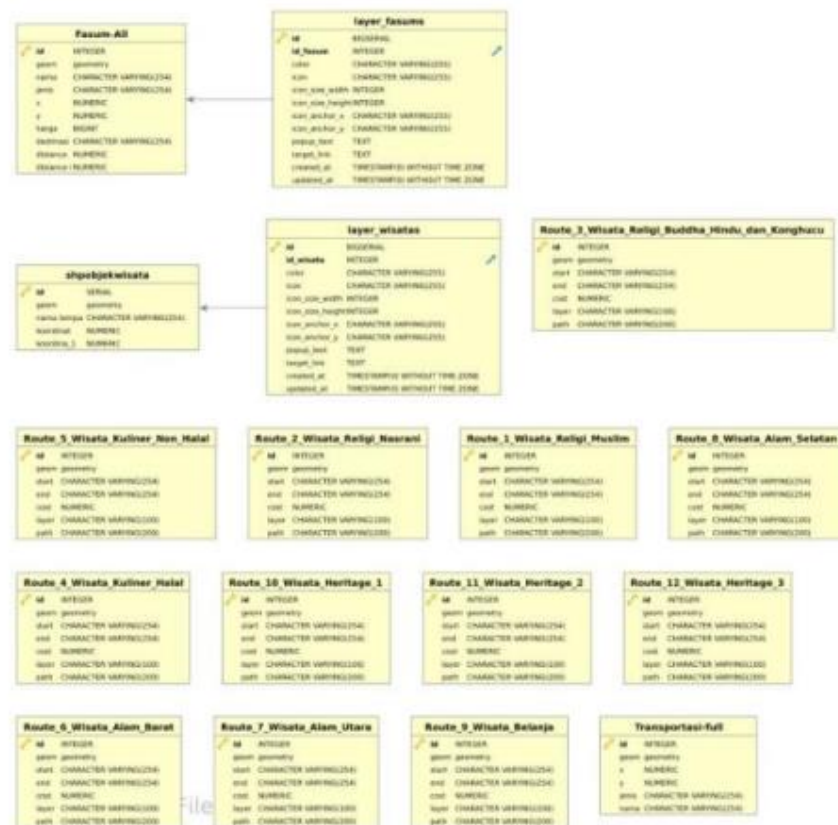


Gambar 8. Halaman pencarian titik lokasi sekolah menggunakan ID

Gambar 2.7 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 3

Jurnal yang ditulis oleh Funi Dyah Ayu Anjung Sari, Fathulloh, dan Rito Cipta Sigitta Hariyono ini menyusun basis data spasial sekolah menggunakan PostgreSQL, PostGIS, dan QGIS, dengan data yang mencakup lokasi sekolah, kapasitas, daya tampung, dan backlog sarana pendidikan. Tujuannya adalah untuk membantu pemerintah dalam perencanaan pembangunan sekolah baru. Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada fokusnya yang juga menyusun database menggunakan PostgreSQL dan PostGIS untuk analisis spasial, yang dapat diterapkan dalam penelitian ini. Namun, perbedaannya terletak pada fokusnya yang lebih pada pemetaan sekolah, sementara penelitian ini berfokus pada pengelolaan data kebun sawit seperti pohon lahan, saluran irigasi, alat, pekerja, dan lainnya [33].

2.20.4 Perancangan Aplikasi Wisata dan *City Tourism* Berbasis WebGIS Guna Meningkatkan Daya Saing Wisata Kota (Studi Kasus: Kota Semarang) [2020]



Gambar 6 Entity Relationship Basis Data

Gambar 2.8 ERD Database Penelitian Terkait 4

Penelitian pada jurnal yang ditulis oleh Archita Permata Santynawan, Bambang Sudarsono, dan Hana Sugiastu Firdaus ini mengembangkan aplikasi WebGIS bernama Melanglang Semarang. Penelitian ini menggunakan PostgreSQL dan PostGIS untuk menyusun basis data spasial objek wisata, fasilitas umum, dan rute *city tour* di Kota Semarang. Data kemudian divisualisasikan melalui QGIS, GeoServer, dan LeafletJS, dengan hasil uji usability mencapai skor rata-rata 82,3% (kategori sangat memuaskan). Penelitian ini relevan dengan penelitian yang penulis lakukan karena sama-sama menggunakan PostgreSQL sebagai basis data utama. Struktur basis data spasial yang dibangun serta proses integrasi dengan sistem pemetaan menjadi inspirasi dalam menyusun *database* kebun sawit yang mencakup data pohon lahan, saluran irigasi, alat, pekerja untuk diintegrasikan dengan QGIS [34].

2.20.5 Clustering, Replication and High Availability in Postgresql (2023)

```

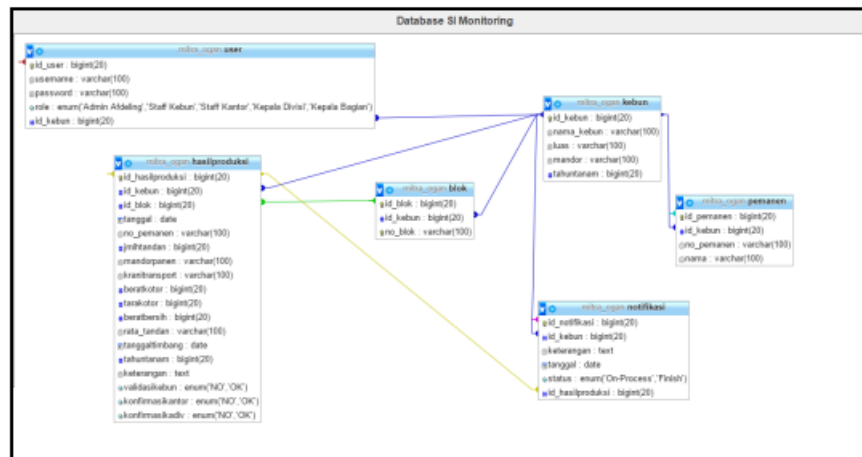
backend_hostname0 = 'localhost'           # Host name or IP address to c
backend_port0 = 1414                       # Port number for backend 0
backend_weight0 = 1                       # Weight for backend 0 (only i
'backend_data_directory0 = '/postgres/master3' # Data directory for backend 0
#backend_flag0 = 'ALLOW_TO_FAILOVER'       # Controls various backend beh
                                           # ALLOW_TO_FAILOVER, DISALLOW_
                                           # or ALWAYS_PRIMARY
#backend_application_name0 = 'server0'     # walsender's application_name
backend_hostname1 = 'localhost'
backend_port1 = 4444
backend_weight1 = 1
backend_data_directory1 = '/postgres/slave2'
#backend_flag1 = 'ALLOW_TO_FAILOVER'

```

Gambar 2.9 Penerapan *High Availability* pada Penelitian Terkait 5

Penelitian yang dilakukan oleh Vougiouklis Evangelos membahas penerapan *clustering*, *replication*, dan *high availability* pada PostgreSQL melalui pengujian implementatif di lingkungan sistem operasi Linux. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa mekanisme *streaming replication*, pembentukan *cluster* berbasis *primary-replica*, serta penggunaan *middleware* seperti pgpool-ii mampu meningkatkan ketersediaan data, redundansi sistem, dan ketahanan basis data terhadap kegagalan. Keterkaitan penelitian ini dengan skripsi yang dilakukan terletak pada kesamaan fokus dalam perancangan dan penerapan arsitektur basis data PostgreSQL yang andal dan berorientasi pada *high availability*. Namun, penelitian ini diterapkan secara lebih kontekstual pada sistem tata kelola kebun sawit, dengan menekankan desain skema basis data yang terstruktur dan sesuai kebutuhan operasional, sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai landasan teoretis dan referensi pendukung dalam penerapan konsep *clustering* dan replikasi pada penelitian ini [35].

2.20.6 Sistem Informasi *Monitoring* Hasil Kebun dan Hasil Produksi PT. Perkebunan Mitra Ogan Palembang Berbasis Web (2016)



Gambar 4.1 Layout database Sistem Informasi Monitoring

Gambar 2.10 Layout Database Penelitian Terkait 6

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem informasi berbasis web yang digunakan untuk memonitoring hasil kebun dan produksi PT. Perkebunan Mitra Ogan Palembang. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* yang mencakup tahap komunikasi dengan pengguna, perencanaan kebutuhan sistem, pemodelan data dan proses, konstruksi aplikasi, hingga penyerahan sistem ke pihak manajemen. Teknologi yang digunakan meliputi PHP untuk pengembangan antarmuka web, serta MySQL sebagai basis data untuk menyimpan informasi hasil panen, area kebun, serta laporan produksi. Sistem ini dilengkapi dengan fitur visualisasi grafik produksi berdasarkan bulanan dan tahunan, serta laporan cetak untuk keperluan administratif dan pengambilan keputusan pimpinan perusahaan. Keterkaitan penelitian ini terletak pada fokus pengelolaan data kebun sawit, meskipun konteks pengembangannya berbeda. Jika penelitian ini lebih menekankan pada pembangunan aplikasi *monitoring* berbasis web, skripsi ini fokus pada perancangan desain basis data yang lebih sistematis dan terstruktur menggunakan PostgreSQL. Prinsip-prinsip pengumpulan dan pengelompokan data hasil produksi kebun yang

dilakukan dalam penelitian ini menjadi landasan penting dalam menentukan kebutuhan entitas, atribut, serta hubungan antar tabel pada *database* kebun sawit. Selain itu, pendekatan terhadap penyajian data yang terstruktur dalam laporan visual juga menjadi inspirasi dalam merancang struktur basis data yang mendukung fleksibilitas *query* untuk analisis hasil produksi sawit di sistem yang akan dirancang [36].

2.20.7 Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Manajemen Infrastruktur Perkotaan (2025)

3.1.1 Hasil Pengembangan Sistem Implementasi (bila ada)

Setelah melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, dan pengembangan, sistem SIG untuk manajemen infrastruktur perkotaan berhasil dikembangkan dan diimplementasikan. Sistem ini mencakup beberapa fitur utama, yaitu:

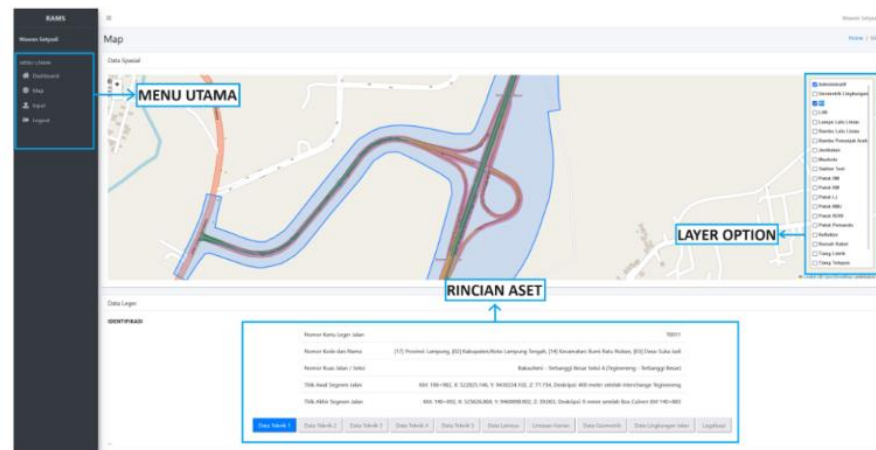
1. Visualisasi Data Spasial: Pengguna dapat melihat peta interaktif yang menampilkan berbagai jenis infrastruktur, seperti jalan, jembatan, dan utilitas publik. Peta ini dilengkapi dengan layer informasi yang dapat diaktifkan sesuai kebutuhan, sehingga memungkinkan pengguna untuk menganalisis data dengan lebih mendalam. Misalnya, pengguna dapat menampilkan peta dengan layer yang menunjukkan kondisi jalan, lokasi pemeliharaan, atau bahkan rute alternatif yang lebih efisien[10].
2. Pemantauan Real-Time: Sistem terintegrasi dengan sensor IoT yang dipasang pada infrastruktur untuk memantau kondisi secara langsung. Data seperti volume lalu lintas, kondisi jalan, dan tingkat pemeliharaan dapat diakses secara real-time, membantu pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Contoh penerapan nyata adalah pemantauan beban kendaraan di jembatan, yang dapat membantu menentukan kapan waktu terbaik untuk melakukan pemeliharaan atau perbaikan[11].
3. Alat Analisis dan Prediksi: Sistem dilengkapi dengan alat analisis yang memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial dan temporal terhadap data infrastruktur. Selain itu, fitur prediksi menggunakan algoritma machine learning dapat memberikan rekomendasi pemeliharaan berdasarkan kondisi infrastruktur dan pola penggunaan. Sebagai contoh, analisis dapat mengidentifikasi area dengan tingkat kerusakan tinggi berdasarkan data historis dan pola lalu lintas.
4. Laporan dan Statistik: Pengguna dapat menghasilkan laporan berkala tentang kondisi infrastruktur, serta statistik yang relevan untuk mendukung perencanaan dan pengelolaan infrastruktur yang lebih baik. Laporan ini dapat mencakup analisis biaya, efisiensi pemeliharaan, serta rekomendasi untuk proyek infrastruktur baru berdasarkan data yang ada.

Gambar 2.11 Hasil Penelitian Terkait 7

Penelitian oleh Tria Wulandari, Volvo Sihombing, dan Budianto Bangun ini mengembangkan SIG berbasis web untuk memantau infrastruktur kota seperti jalan, jembatan, dan saluran air. Sistem mampu menampilkan data spasial secara interaktif, memantau kondisi infrastruktur secara *real-time*, serta melakukan analisis prediktif menggunakan *machine learning*. Sistem dirancang menggunakan PostgreSQL dengan ekstensi PostGIS, serta mengandalkan visualisasi peta dan kolaborasi antarinstansi. Relevan secara langsung karena menggunakan PostgreSQL dan PostGIS seperti skripsi ini. Pendekatan pengelolaan spasial untuk aset infrastruktur bisa diadaptasi ke sistem

pengelolaan kebun sawit yang juga memerlukan pelacakan lokasi, visualisasi data spasial, dan analisis kondisi blok kebun [37].

2.20.8 Pengembangan Sistem Manajemen Data Spasial Aset Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Bakauheni–Terbanggi Besar) [2024]



Gambar 12 Hasil implementasi RAMS halaman Map

Gambar 2.12 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 8

Sistem yang dibuat oleh Wawan Setyadi, Yani Nurhadryani, dan Irman Hermadi ini merupakan WebGIS yang mengelola aset jalan tol seperti jalan, rambu, dan fasilitas penunjang lainnya. Data disimpan dalam PostgreSQL dan ditampilkan dalam peta interaktif menggunakan OpenStreetMap. Total terdapat 51 tabel spasial dan 31 non-spasial. Sistem memungkinkan penambahan data aset menggunakan file GeoJSON serta rekapitulasi data dalam bentuk grafik. Penelitian ini menunjukkan struktur basis data spasial yang kompleks dan terintegrasi untuk aset fisik, yang relevan sebagai acuan desain basis data kebun sawit. Sistem ini memberikan gambaran implementasi nyata PostgreSQL untuk pengelolaan aset berbasis spasial, serupa dengan yang dirancang dalam penelitian ini [38].

2.20.9 *Building a Spatial Database for Agricultural Record Keeping and Management on a Regenerative Farm* (2022)

Table Name	Attribute Name	Data Type	Description	Notes
Species	specID	numeric	Number assigned to each plant species	Primary Key
	comName	text	Common or general name of plant species	
	varName	text	General plant family or plant variety name	
	type	text	General area or department using species (garden, habitat, orchard etc.)	
	bloomSzn	text	General bloom season (early summer, mid spring, late fall etc.)	
	notes	text	Additional information about plant species	
SeedMix	seedMixID	numeric	Database table to access a mixture of species	Primary Key
	notes	text	Information about seed mix (nitrogen cover crop, pollinator row mix etc.)	
SpeciesMix	specMixID	numeric	Database table to define a mixture of species	Primary Key
	seedMix	numeric	Number assigned to each species mix	Foreign Key (SeedMix seedMixID)
	specID	numeric	Number identifying which species used in this seed mix	Foreign Key (Species specID)
	amt	numeric	Number of seeds of this species used in mixture	
PlantingEvent	plantID	numeric	Documents when, where, and what species are planted	Primary Key
	date	date	Date of planting	
	type	text	General purpose of planting (cover crop, habitat, garden, orchard etc.)	
	plot	text	Name identifying plot being planted on	Foreign Key (FarmPlot name)
	species	numeric	Number identifying which species is being planted (instead of seed mix)	Foreign Key (Species specID)
	seedMix	numeric	Number identifying which seed mixture is being planted	Foreign Key (SeedMix seedMixID)

Figure 21. A spreadsheet of metadata describing the database tables, attributes, and relationships.

Gambar 2.13 Tabel Metadata Penelitian Terkait 9

Penelitian oleh Philip Thomas Hess ini membuat *database* spasial untuk mencatat aktivitas pertanian seperti penanaman, panen, rotasi ternak, dan kompos. Basis data memungkinkan *query* spasial, temporal, dan relasional. Didukung dengan desain skema *ERD* dan implementasi di PostgreSQL/PostGIS. Ditujukan untuk pertanian regeneratif di Ventura County, California. Sangat berkaitan karena sama-sama merancang basis data pertanian dengan pendekatan spasial. Meski konteksnya regeneratif farming, jenis data, struktur, dan kerumitan manajemen pertanian sangat mirip dengan pengelolaan kebun sawit. Cocok dijadikan referensi dalam hal desain tabel, relasi entitas, dan jenis *query* yang bisa diimplementasikan [39].

2.20.10 *Spatial Database Applications for Network Analysis: Case Study of Bicycle Accessibility of Forested Areas in Poznań Metropolitan Area, Poland (2024)*

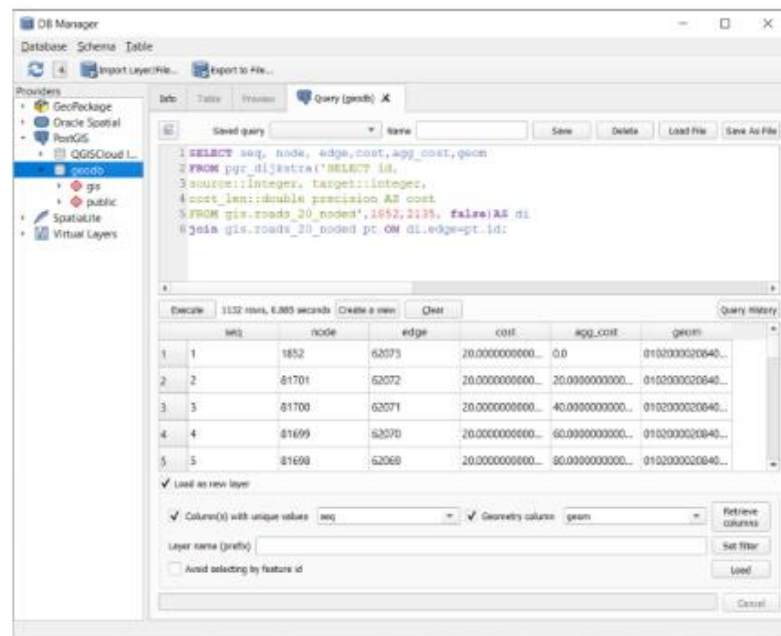


Figure 6. Example showing pgr_Dijkstra query testing in the QGIS DB Manager with edge geometry

Gambar 2.14 *Query Testing Database QGIS Penelitian Terkait 10*

Penelitian oleh Robert Kostecki ini menggunakan PostgreSQL + PostGIS + pgRouting untuk menganalisis keterjangkauan area hijau oleh jalur sepeda. Analisis dilakukan terhadap jaringan jalan sejauh 9.500 km menggunakan algoritma Dijkstra dan *isochrone*. Digunakan untuk menentukan area yang paling dan paling tidak mudah diakses oleh pengendara sepeda. Meskipun domainnya transportasi, pendekatan teknis seperti pemanfaatan pgRouting untuk analisis aksesibilitas bisa diaplikasikan ke sistem tata kelola kebun sawit. Misalnya untuk menganalisis jalur akses panen, distribusi TBS, atau logistik dalam kebun sawit. Penelitian ini memperkaya pemahaman tentang integrasi analisis jaringan dalam sistem berbasis PostgreSQL [40].

2.20.11 *Improving Management of Spatial Data through Spatial Database (2021)*

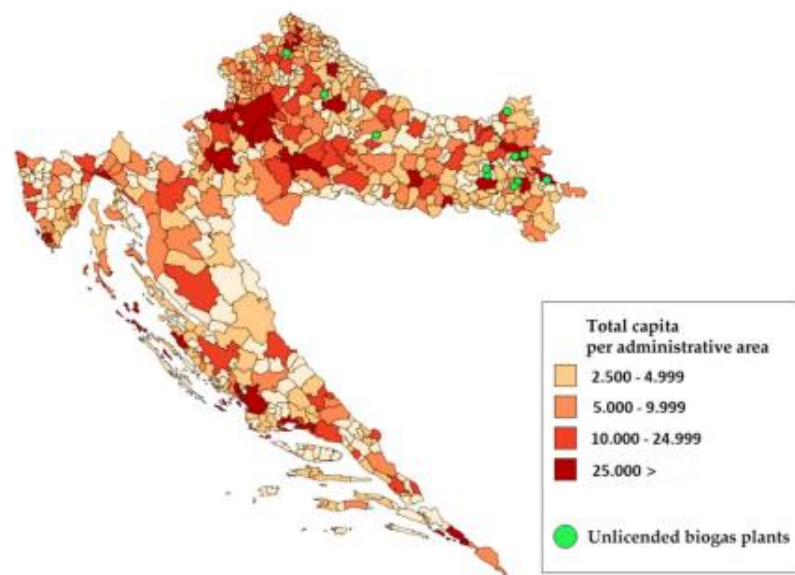


Figure 1. Biogas plants that are not licensed.

Gambar 2.15 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 11

Penelitian oleh Nikola Kranjčić, Bojan Đurin, Dragana Dogančić, dan Lucija Plantak ini bertujuan mengelola data spasial lingkungan hidup menggunakan basis data PostgreSQL dan ekstensi PostGIS. Data berasal dari Copernicus, Geoportal NSDI, dan Sentinel-2, mencakup topik seperti kualitas udara, manajemen limbah, hingga ancaman tanah longsor dan TPA ilegal. Dua *query SQL* digunakan untuk mengakses data cepat terkait biogas ilegal dan lokasi TPA yang sedang direhabilitasi. Semua data ditampilkan dalam bentuk visual menggunakan *software open-source* seperti QGIS dan pgAdmin. Penelitian ini memperlihatkan bagaimana PostgreSQL + PostGIS digunakan secara efektif dalam manajemen data spasial dari berbagai sumber, termasuk citra satelit. Relevan dengan skripsi karena mencontohkan penerapan SQL untuk query spasial, integrasi data spasial-nonspasial, serta visualisasi dalam konteks lingkungan yang juga bisa diterapkan pada tata kelola kebun sawit berbasis spasial [41].

2.20.12 *Development of a PostGIS-Based Method for Creating Risk Maps of Natural Disasters Using the Example of Georgia (2022)*

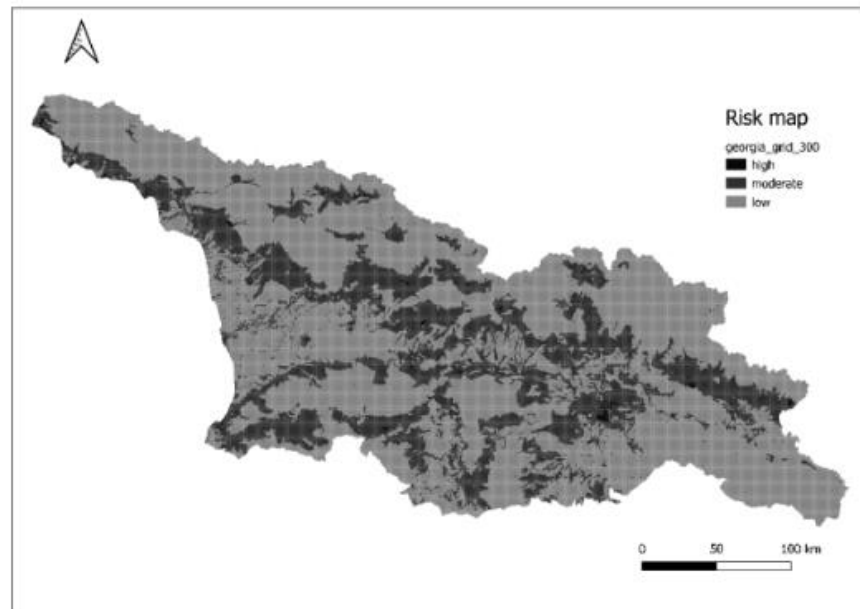


Figure 11. Risk map

Gambar 2.16 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 12

Penelitian oleh Levan Natsvlishvili, Nato Jorjiashvili, Vakhtang Kochoaradze mengusulkan metode pembuatan peta risiko bencana alam menggunakan PostgreSQL dan PostGIS melalui pendekatan *Spatial SQL* dan *map algebra*. Data spasial dikombinasikan berdasarkan faktor-faktor seperti risiko gempa, tanah longsor, dan kepadatan penduduk, lalu dianalisis ke dalam *grid* poligon untuk menghitung tingkat risiko kumulatif. Proses ini memungkinkan pembuatan peta tematik risiko yang terintegrasi langsung di dalam basis data tanpa perlu *software GIS* tambahan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam konteks pengolahan atribut spasial dan analisis berbasis *database*. Konsep perhitungan risiko spasial dapat diadaptasi untuk menghitung risiko produksi atau risiko pengelolaan blok kebun sawit, seperti deteksi blok produktif rendah atau area dengan potensi masalah operasional. Penerapan analisis spasial langsung dalam *database* memperkuat kapabilitas sistem dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis spasial [42].

2.20.13 SQL-petrimaps: Visualizing Geospatial Data using PostgreSQL and PostGIS (2025)

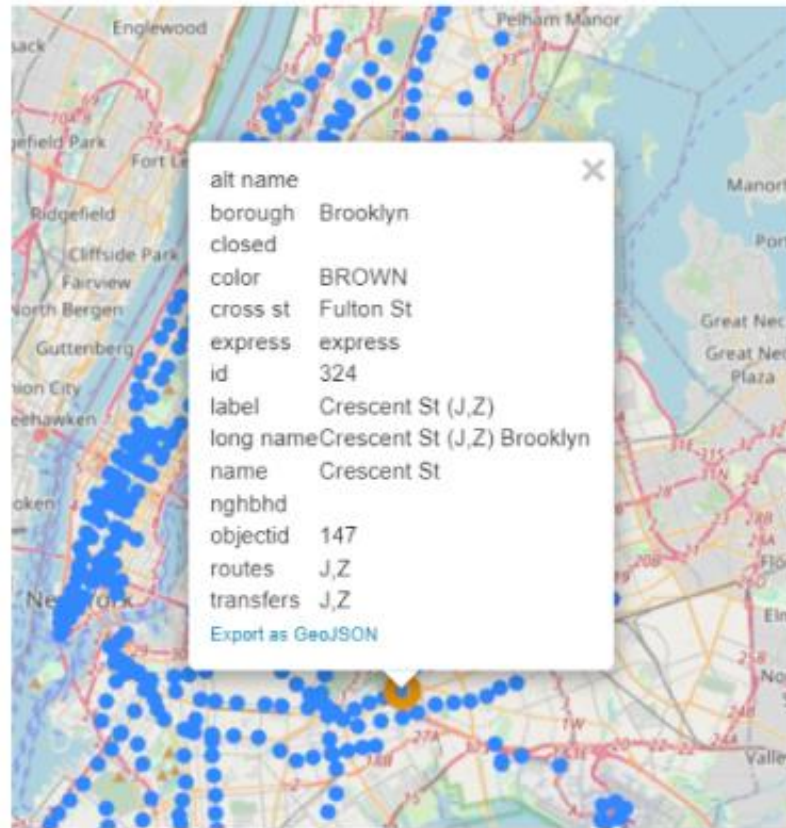


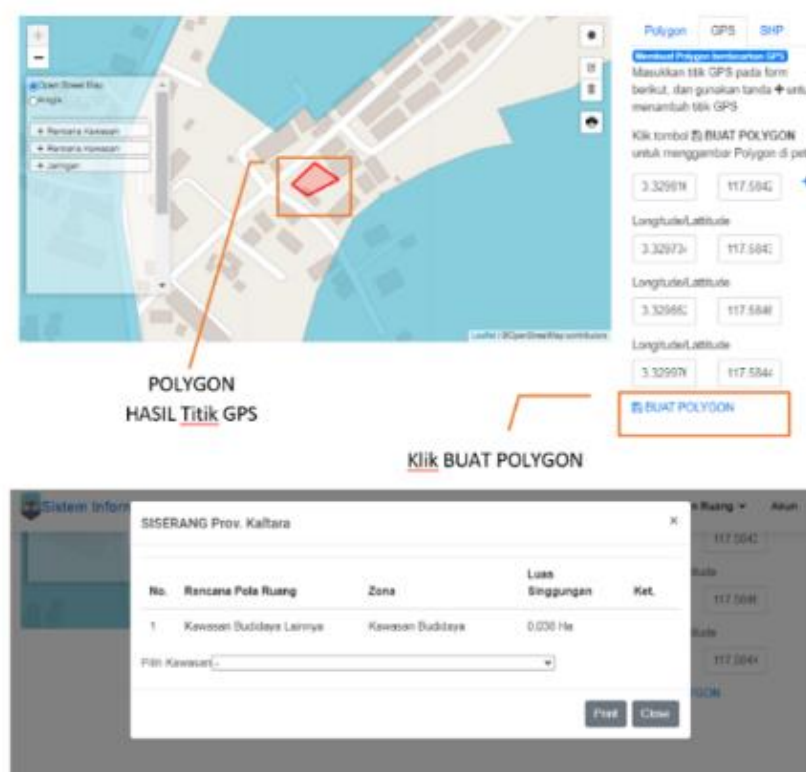
Figure 4.5: Inspecting a Point geometry by displaying non-geometry data. For each column that does not contain geometry we can see the column name on the left and the value of that column in the row of the geometry on the right.

Gambar 2.17 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 13

Penelitian oleh Tobias Bürger ini mengembangkan platform SQL-petrimaps yang bertujuan untuk memvisualisasikan data geospasial dalam jumlah besar menggunakan basis data PostgreSQL dan ekstensi PostGIS. Sistem ini dirancang untuk menangani *query SQL* yang kompleks dan menampilkan hasil dalam format *Well-Known Text (WKT)* untuk keperluan visualisasi. Fokus utama penelitian adalah optimalisasi performa *query* dan pengelolaan data spasial berskala besar, sehingga mampu menangani jutaan geometri dengan respon yang cepat. Penelitian ini berkaitan erat dalam hal pengelolaan dan

visualisasi data spasial berbasis PostgreSQL/PostGIS. Teknik optimasi yang digunakan dalam penelitian ini menjadi acuan penting untuk membangun sistem basis data kebun sawit yang skalabel, khususnya untuk mengantisipasi pertumbuhan data dari blok kebun, hasil panen, dan lokasi aset dalam jangka panjang. Pendekatan ini mendukung desain basis data yang responsif dan efisien dalam melakukan *query* spasial yang kompleks [43].

2.20.14 Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Deteksi Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Berbasis Web dengan Fitur *Geo-Intersection* pada PostGIS (2022)



Gambar 8 Fitur Titik GPS

Gambar 2.18 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 14

Penelitian oleh Issa Arwani, Widhy Hayuhardhika N.P., Ghazian Hamdi, dan Tsania Dzulkarnain ini membahas pengembangan sistem informasi geografis berbasis web untuk mendeteksi kesesuaian

pemanfaatan ruang terhadap rencana tata ruang wilayah (RTRW). Sistem ini dibangun menggunakan *database* PostgreSQL dan ekstensi PostGIS dengan menerapkan fitur *geo-intersection*, sehingga dapat menganalisis tumpang tindih antar data spasial secara otomatis. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Blackbox dan *SUS (System Usability Scale)* dengan hasil yang sangat baik dalam aspek keandalan dan kemudahan penggunaan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi spasial berbasis *database* dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan dan validasi pemanfaatan ruang berbasis peraturan. Keterkaitan penelitian ini terletak pada penggunaan kemampuan spasial PostGIS untuk menganalisis relasi spasial antar entitas dalam *database*. Dalam konteks pengelolaan kebun sawit, analisis seperti *geo-intersection* dapat diterapkan untuk mengevaluasi tumpang tindih antar blok, zona produksi, ataupun area larangan. Selain itu, pendekatan sistematis dalam membangun database spasial serta penerapan logika analisis spasial menjadi inspirasi dalam merancang basis data kebun sawit yang tidak hanya mencatat data tetapi juga mampu melakukan validasi spasial otomatis [44].

2.20.15 Database Sistem Informasi Kawasan Permukiman Penduduk Menggunakan Web GIS (2023)

4. Tampilan informasi kawasan

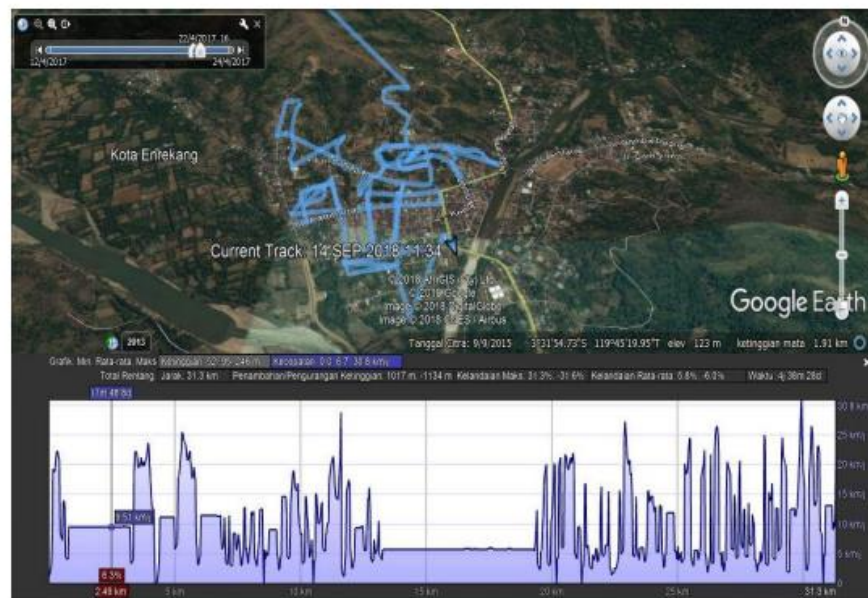
Pada tampilan ini merupakan tampilan dimana user dapat melihat sebaran kawasan yang ada pada kecamatan Dumboraya Kota Gorontalo.



Gambar 2.19 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 15

Penelitian oleh Muhammad Fahmi Salim, Mohammad Syafri Tuloli, dan Budiyanto Ahaliki mengembangkan sistem WebGIS untuk mengelola informasi kawasan permukiman penduduk di Kecamatan Dumboraya. Sistem berbasis PostgreSQL/PostGIS ini memungkinkan pengguna untuk memantau distribusi kawasan permukiman, menampilkan peta interaktif, serta menyediakan informasi terkait demografi penduduk dan ketersediaan fasilitas umum. Sistem ini dibangun menggunakan teknologi *open-source* dan dapat diakses secara *online*. Keterkaitan penelitian ini dengan skripsi ini terletak pada penerapan WebGIS berbasis PostgreSQL untuk pengelolaan data spasial dan non-spasial. Pendekatan ini memberikan contoh konkret dalam integrasi *database* dan web untuk kebutuhan *monitoring* spasial, yang sejalan dengan pengembangan sistem tata kelola kebun sawit di masa depan yang berbasis web dan mendukung pemantauan aset kebun secara *real-time* [45].

2.20.16 Penyusunan *Database* Jalan Berbasis Sistem Informasi Geografis (2020)



Gambar 5 Grafik Kecepatan Rata-Rata Pada Citra Satelit Google Earth (Hasil Inputing GPS dan Data Spisial)

Gambar 2.20 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 16

Penelitian oleh Ali Mallombasi, Muh. Yadi Anugrah, dan Abdul Munir ini bertujuan untuk menyusun *database* jalan di Kecamatan Enrekang dengan pendekatan sistem informasi geografis. Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan dan dilengkapi dengan data sekunder dari Dinas Pekerjaan Umum. Data tersebut dianalisis dalam platform ArcGIS untuk menghasilkan peta klasifikasi jalan, kondisi jalan, dan jenis perkerasan jalan, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan infrastruktur wilayah tersebut. Keterkaitan penelitian ini dengan skripsi ini adalah pada proses pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data spasial secara sistematis. Meskipun fokus penelitian ini pada jaringan jalan, pendekatan perancangan dan pengelolaan basis data spasial dapat diterapkan dalam konteks kebun sawit, khususnya untuk pengelolaan blok, jalan angkut hasil panen, dan sarana produksi lainnya yang berbasis spasial [46].

2.20.17 *UrbanWater: Integrating EPANET 2 in a PostgreSQL/PostGIS-Based Geospatial Database Management System (2020)*

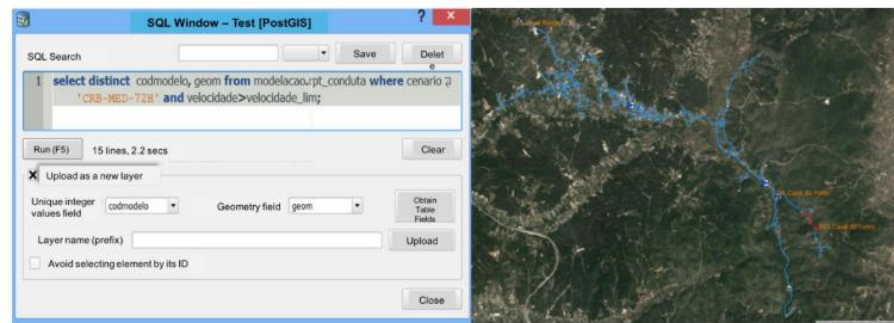


Figure 12. In red color—pipe sections in which velocity is higher than the maximum threshold allowed, during the simulation period (SQL window, labels in English are in insert).

Gambar 2.21 Tampilan Hasil Penelitian Terkait 17

Penelitian oleh Nuno Martinho, José-Paulo de Almeida, Nuno E. Simões, dan Alfeu Sá-Marques ini membahas pengembangan sistem UrbanWater, yaitu sistem manajemen basis data geospasial berbasis PostgreSQL dan PostGIS yang diintegrasikan dengan EPANET 2 untuk simulasi sistem distribusi air bersih. UrbanWater memungkinkan seluruh proses pembuatan model, penyimpanan data spasial jaringan air, simulasi aliran hidrolis, hingga analisis hasil dilakukan dalam satu platform *database*. Sistem ini memanfaatkan prosedur *SQL* untuk pengelolaan data dan Python untuk pemrograman logika simulasi. Selain itu, sistem dikembangkan agar mendukung simulasi statis dan dinamis, serta dapat divisualisasikan menggunakan *plugin* khusus di QGIS untuk memudahkan analisis spasial dan tematik. Penelitian ini berkaitan erat karena memperlihatkan bagaimana basis data spasial PostgreSQL/PostGIS tidak hanya digunakan untuk penyimpanan data, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan modul analitik atau simulasi untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis spasial. Pendekatan integrasi data spasial dan model analitik ini sangat potensial untuk diadaptasi dalam sistem tata kelola kebun sawit, khususnya dalam analisis jaringan distribusi hasil panen, estimasi produktivitas antar blok, atau simulasi logistik distribusi produksi berbasis spasial secara *real-time*. Dengan demikian, penelitian ini memberikan wawasan

strategis terhadap pengembangan sistem spasial kebun sawit yang lebih canggih dan prediktif di masa mendatang [47].

2.20.18 *Using an Open-Source Spatial Database and GIS to Manage Multi-Scale Land-Use/Land-Cover Data in Laos PDR (2020)*

Table 6. Evaluation results of test scenario-one.

Test evaluation	Time taken (sec)	Latency	Execution
I. Geometry editing capability (Determine if the task is functional, not on efficiency)			
1.1 Create features on QGIS	-	No	Success
1.2 Edit features using cut tool	-	No	Success
1.3 Save features and tables	-	Yes	Success
1.4 Font encoding	-	-	Success
II. Standard spatial operations			
2.1 Merge features (two or multiple)	480	No	Success
2.2 Union features (two or multiple)	10	No	Success
2.3 Clip (two features)	89	No	Success
III. Summarise LULC statistics			
3.1 Calculate and summary LULC and sort by district, province, and land typology.	570	No	Success
IV. Spatial join with auxiliary data			
4.1 Spatial join with auxiliary data and geometric data	429	No	Success
4.2 Storing and applying LULC land-class	-	-	Unsuccessful

Gambar 2.22 Hasil Evaluasi Fitur Penelitian Terkait 18

Penelitian oleh Kongkeo Sivilay ini membahas penggunaan *database* spasial *open-source* berbasis PostgreSQL/PostGIS untuk mengelola data penggunaan dan tutupan lahan di Laos. Sistem ini mendukung pengelolaan data spasial berskala besar secara lebih efisien, dengan peningkatan performa hingga 70% dibanding metode sebelumnya. Integrasi QGIS dengan PostgreSQL mempercepat proses pengolahan dan visualisasi data secara akurat dan *real-time*. Penelitian ini relevan dengan skripsi ini karena memperlihatkan efektivitas PostgreSQL/PostGIS dalam mengelola data spasial dalam skala besar, yang sangat penting dalam pengelolaan data blok dan aset kebun sawit.

Metode optimasi manajemen data dan integrasi spasial ini dapat diadopsi untuk meningkatkan keandalan dan kecepatan sistem informasi kebun sawit berbasis *database* spasial [48].

2.20.19 *High Availability and Load Balancing for PostgreSQL Databases: Designing and Implementing* (2016)

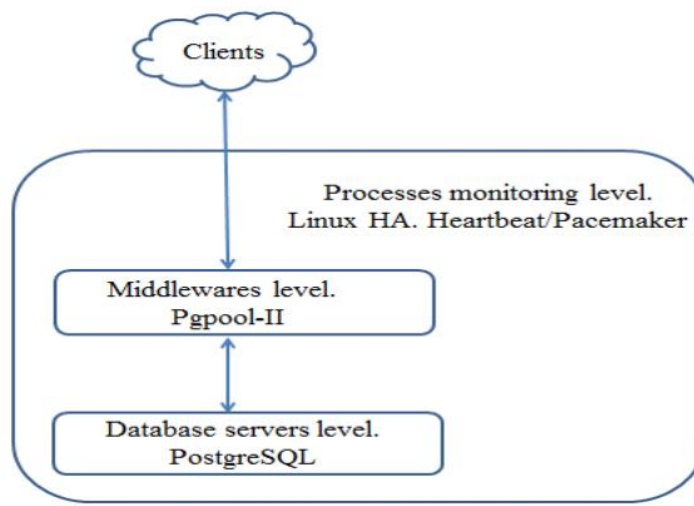


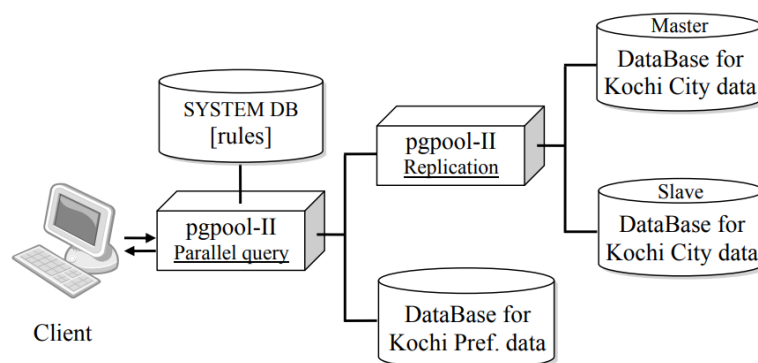
Figure 3: General architecture.

Gambar 2.23 Tampilan Arsitektur Penelitian Terkait 19

Pedroso (2016) merancang dan mengimplementasikan solusi high availability dan load balancing untuk PostgreSQL dengan mengadopsi shared nothing architecture serta pendekatan replicated centralized middleware menggunakan Pgpool-II sebagai middleware utama. Skema yang digunakan adalah synchronous multi-master replication dengan protokol ROWA-A (Read One Write All Available), di mana seluruh node memiliki salinan data lengkap, query baca dapat diproses secara paralel oleh beberapa server untuk meningkatkan performa, dan query tulis dikirim ke semua node yang aktif sehingga konsistensi data tetap terjaga. Untuk menghindari single point of failure, penelitian ini mengintegrasikan Linux High Availability (Heartbeat dan Pacemaker) yang berfungsi memonitor PostgreSQL, Pgpool-II, dan layanan

jaringan, serta melakukan mekanisme failover otomatis ketika terjadi gangguan server. Penelitian ini juga mengembangkan sistem online recovery berbasis skrip Bash dan fitur Point in Time Recovery (PITR) PostgreSQL agar node yang gagal dapat dipulihkan tanpa menghentikan layanan klien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi PostgreSQL, Pgpool-II, dan Linux HA mampu menghasilkan sistem basis data yang andal, skalabel, dan cocok untuk aplikasi dengan beban baca tinggi. Penelitian ini sangat relevan dengan skripsi yang dikembangkan, karena skripsi ini juga menerapkan Pgpool-II sebagai solusi middleware untuk mencapai high availability dan load balancing, meskipun menggunakan konfigurasi yang lebih sederhana berupa arsitektur primary-replica, di mana server utama melayani transaksi baca dan tulis, sedangkan server replika melayani query baca saja, sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan sistem pengelolaan kebun sawit dengan skala kecil hingga menengah [20].

2.20.20 Development of Web-Based Distributed Database System for Geologic Data (2012)



Gambar 2.24Tampilan Rancangan Penelitian Terkait 20

Nemoto et al. (2012) mengembangkan sebuah sistem basis data terdistribusi berbasis web untuk pengelolaan dan publikasi data geologi (borehole) dengan tujuan menjaga ketersediaan layanan meskipun terjadi kegagalan server akibat bencana yang kerap menimpa Jepang.

Penelitian ini memanfaatkan PostgreSQL sebagai DBMS dan Pgpool-II sebagai middleware untuk membangun arsitektur distributed database, dengan menerapkan Replication Mode dan Parallel Query Mode. Pada mode replikasi, seluruh perintah tulis (INSERT, UPDATE, DELETE) disinkronkan ke seluruh cluster database secara real-time sehingga setiap node memiliki salinan data yang sama, sedangkan query baca (SELECT) didistribusikan ke beberapa server melalui mekanisme load balancing guna meningkatkan performa sistem. Sementara itu, pada parallel query mode, data dipecah dan disimpan pada server berbeda berdasarkan aturan di system database sehingga proses pencarian dapat dilakukan secara paralel lalu digabungkan kembali sebelum dikirim ke klien. Hasil implementasi pada data borehole milik Prefektur dan Kota Kochi menunjukkan bahwa sistem mampu tetap memberikan layanan informasi walaupun salah satu server tidak aktif, sekaligus meningkatkan kecepatan akses data. Konsep tersebut memiliki kesesuaian langsung dengan skripsi ini yang juga menerapkan PostgreSQL dan Pgpool-II untuk membangun sistem basis data kebun sawit berbasis WebGIS dengan tujuan mencapai high availability dan load balancing; perbedaannya terletak pada objek data yang dikelola dan skala implementasi, di mana skripsi ini menerapkan arsitektur yang lebih sederhana sesuai kebutuhan sistem skala kecil [49].

Dari ke-duapuluh penelitian tersebut, terlihat bahwa kombinasi PostgreSQL, PostGIS, QGIS, dan Pgpool-II sangat efektif untuk mengelola dan memvisualisasikan data spasial. Metode yang digunakan dalam jurnal-jurnal ini, seperti penggunaan PostGIS, Pgpool-II untuk analisis spasial, metode *clustering*, dll. dapat memberikan wawasan dan referensi yang bermanfaat untuk pengembangan *database* pada penelitian ini.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 6 bulan semenjak bulan Mei hingga bulan Oktober 2025. Penelitian ini dilakukan di Gedung H Teknik Elektro Universitas Lampung.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Aktivitas	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1.	Pengumpulan Data						
2.	Analisis Kebutuhan						
3.	Perancangan Basis Data						
4.	Implementasi Basis Data						
5.	<i>Deployment</i> Sistem						
6.	Pengerjaan Laporan						

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Pada penelitian ini, terdapat beberapa alat penelitian yang digunakan untuk mendukung dan menunjang kelancaran setiap proses penelitian yang dilakukan. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No.	Perangkat	Deskripsi	Spesifikasi
1.	Laptop	Perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem tata kelola SIG.	ASUS Vivobook M1403QA, prosesor AMD Ryzen 7 5800H (3.20 GHz), RAM 16 GB, GPU AMD <i>Radeon Graphics</i> (496 MB), penyimpanan SSD 477 GB, sistem operasi Windows 11 <i>Home Single Language Version 25H2 (Build 26200.7019)</i>
2.	PostgreSQL	Perangkat lunak sebagai sistem manajemen <i>database</i> .	psql (PostgreSQL) 16.10
3.	pgAdmin	Perangkat lunak untuk mengelola <i>database</i> PostgreSQL.	<i>Version</i> 8.12
4.	PostGIS	Ekstensi basis data	POSTGIS="3.4.2

		PostgreSQL yang menambahkan dukungan untuk data geospasial.	c19ce56" [EXTENSION] PGSQL="160" GEOS="3.12.1-CAPI-1.18.1"
5.	dbdiagram.io	<i>Website</i> yang digunakan untuk membuat desain <i>ERD</i> .	
6.	PgPool-II	Alat untuk mengatur dan mengoptimalkan koneksi aplikasi ke <i>database</i> PostgreSQL.	pgpool-II <i>version</i> 4.3.7 (tamahomeboshi)
7.	Ubuntu	Sistem operasi berbasis Linux untuk pengembangan basis data PostgreSQL.	Ubuntu 24.04.2 LTS
8.	Oracle VirtualBox	Perangkat lunak virtualisasi yang digunakan untuk membuat dan menjalankan mesin virtual sebagai server pengujian sistem basis data.	<i>Version</i> 7.1.10 r169112 (Qt6.5.3)
9.	PuTTY	Aplikasi terminal	<i>Release</i> 0.83

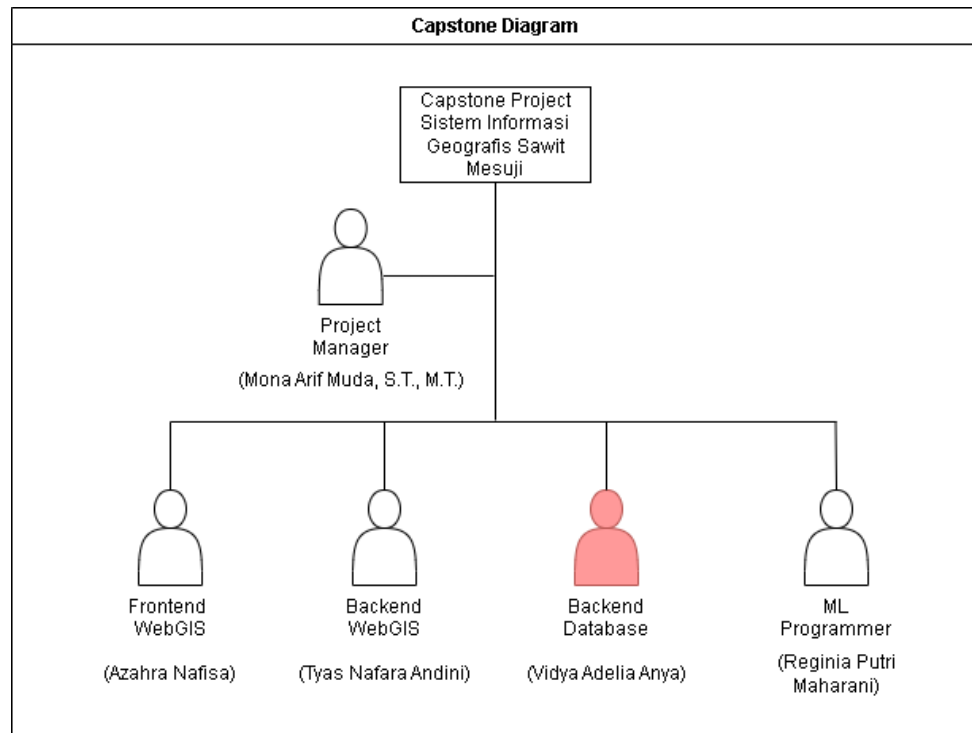
		berbasis SSH yang digunakan untuk mengakses dan mengonfigurasi server secara jarak jauh.	
10.	CloudAja Hosting	CloudAja Hosting adalah layanan <i>cloud</i> server untuk menempatkan dan menjalankan basis data secara <i>online</i> .	CPU 2 Core RAM 4GB SSD NVMe Disk 100GB
11.	Pganalyze	Pganalyze adalah <i>tool</i> untuk memantau dan menganalisis kinerja <i>database</i> PostgreSQL secara <i>real time</i> .	

3.2.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, bahan penelitian yang digunakan untuk mendukung informasi dan proses pengembangan sistem informasi geografis kebun sawit di Mesuji berbasis *website* yaitu berupa data-data terkait pengelolaan kebun sawit Mesuji Lampung.

3.3 Capstone Project

Penelitian ini bersifat *capstone project* dimana penulis berperan sebagai *backend database*. Berikut adalah *capstone* diagram dari *project* ini:

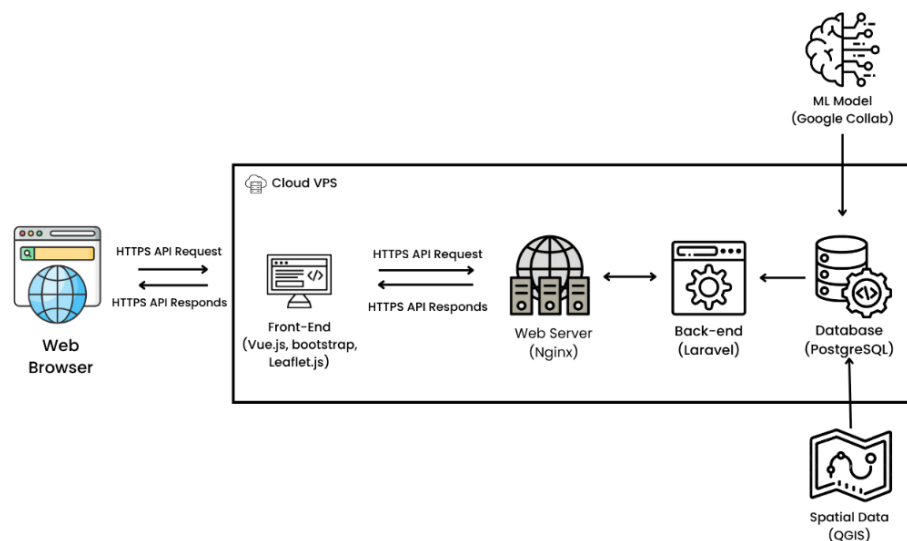


Gambar 3.1 *Capstone Diagram*

Pada Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa di *capstone project* ini terdapat 4 *role* yaitu *Frontend WebGIS*, *Backend WebGIS*, *Backend Database*, dan *ML Programmer*. Masing-masing *role* memiliki perannya masing-masing yang pada akhirnya akan membentuk Sistem Informasi Geografis Kebun Sawit. Penulis sendiri berperan sebagai *Backend Database* dan akan bertugas untuk pembuatan *database* kebun sawit menggunakan PostgreSQL serta pengintegrasian *database* ke *backend WebGIS* menggunakan PostGIS.

3.4 Arsitektur Perangkat Lunak

Berikut adalah rancangan arsitektur perangkat lunak untuk sistem webGIS Kebun Sawit secara keseluruhan:

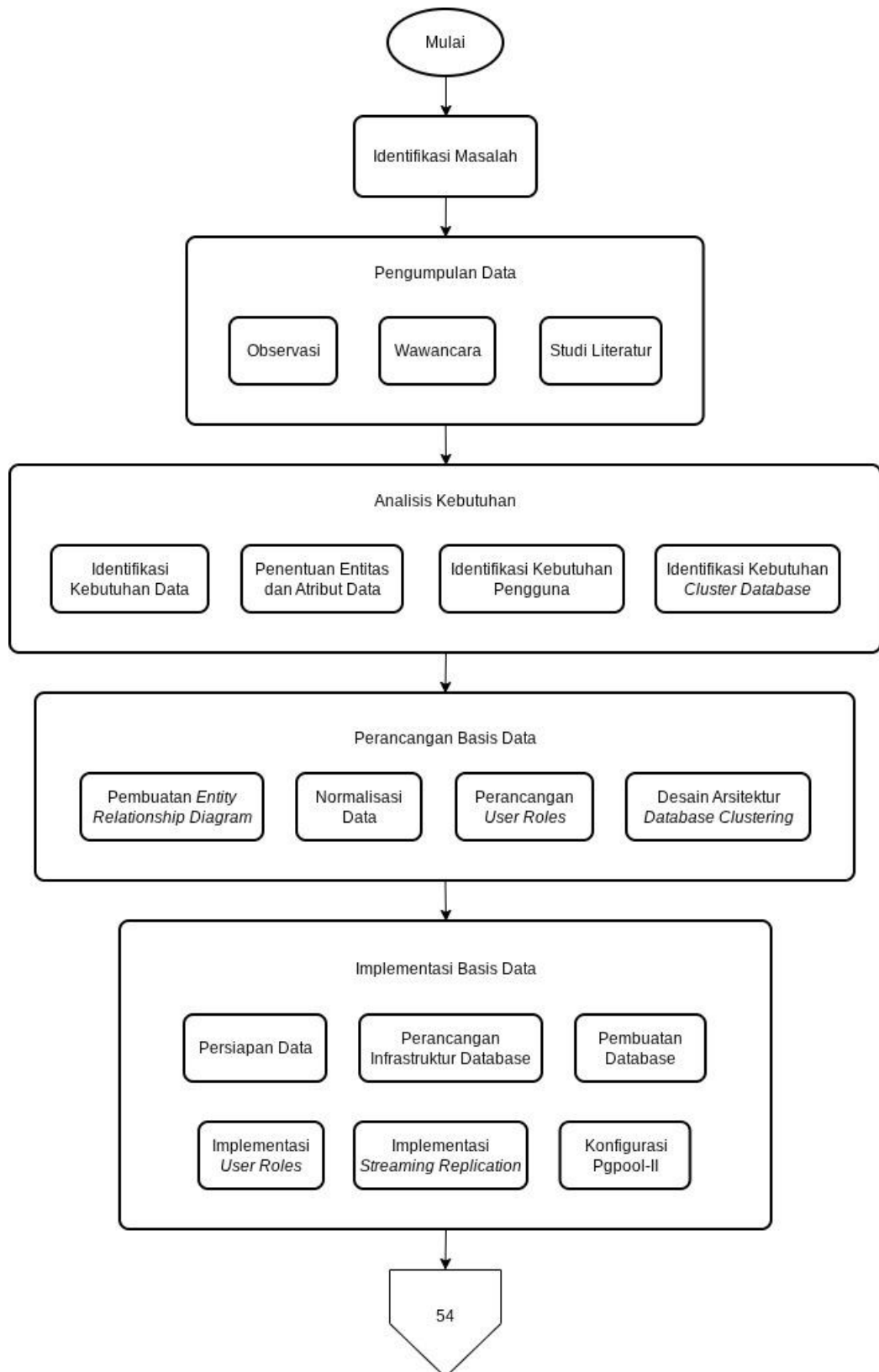


Gambar 3.2 Arsitektur Perangkat Lunak

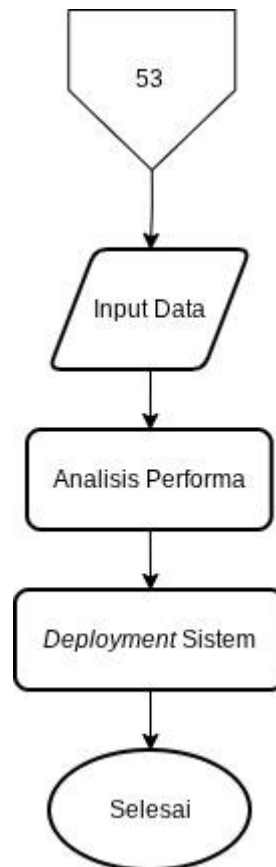
Dapat dilihat pada Gambar 3.2, data awal akan diproses menjadi ML model untuk dihitung jumlahnya lalu dikirimkan ke *database* dan diambil oleh *backend* dan diteruskan melalui *web server* ke *frontend*, dan berakhir di webGIS. Begitu pula dengan data non-spasial yang disimpan di *database*. Data akan diambil oleh *backend* kemudian diteruskan melalui *web server* ke *frontend*, sehingga pada akhirnya muncul di webGIS. Selain itu, terdapat juga data spasial yang memiliki alur serupa yaitu diambil dari QGIS ke *database* untuk kemudian diambil oleh *backend*, diteruskan melalui *web server* ke *frontend* untuk kemudian ditampilkan di webGIS kebun sawit.

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap seperti identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan basis data, implementasi basis data, input data, analisis performa, serta *deployment* sistem. Berikut adalah *flowchart* tahapan penelitian yang akan dilakukan untuk membuat *database* kebun sawit:



Gambar 3.3 *Flowchart* Tahapan Penelitian (1)



Gambar 3.4 *Flowchart* Tahapan Penelitian (2)

Berdasarkan Gambar 3.3 dan 3.4, dapat dilihat bahwa penelitian dimulai dengan identifikasi masalah seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang. Kemudian dilakukan proses pengumpulan data. Pengumpulan data akan dilakukan dengan tiga metode yaitu observasi, wawancara, dan studi literatur. Selanjutnya akan dilakukan analisis kebutuhan yang meliputi identifikasi kebutuhan data, penentuan entitas dan atribut data, identifikasi kebutuhan pengguna, dan identifikasi kebutuhan *cluster database*. Setelah itu, dilakukan perancangan basis data yang meliputi pembuatan ERD, normalisasi data, perancangan *user roles*, serta pembuatan desain arsitektur *database clustering* sesuai dengan analisis kebutuhan yang telah dilakukan. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan implementasi basis data yang mencakup persiapan data, perancangan infrastruktur *database*, pembuatan *database*, implementasi *user roles*, implementasi *streaming replication*, dan konfigurasi Pgpool-II. Setelah itu, dilakukan proses input data ke *database* yang telah dibuat. Selanjutnya,

dilakukan analisis performa untuk melihat performa ketika menjalankan *query* di *database*. Terakhir, dilakukan proses *deployment* sistem untuk memastikan *database* berhasil terintegrasi dengan baik ke *backend* untuk kemudian dijalankan di *website*.

3.5.1 Identifikasi Masalah

Pengelolaan data kebun sawit di PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) Mesuji masih dilakukan secara manual dan belum terintegrasi dalam sistem basis data yang terstruktur, sehingga menimbulkan permasalahan berupa ketidakkonsistenan data, keterbatasan akses informasi, serta kesulitan dalam pengelolaan data kebun yang kompleks dan berskala besar. Data kebun sawit yang mencakup data nonspasial dan data spasial, seperti lokasi pohon dan lahan, memerlukan sistem manajemen basis data yang mampu menjaga integritas data, mendukung relasi antarentitas, serta mengelola data berbasis koordinat. Maka dari itu, PostgreSQL sebagai sistem basis data relasional yang andal dan memiliki dukungan PostGIS menyebabkan pengelolaan dan analisis data spasial akan digunakan secara optimal untuk mendukung pengambilan keputusan.

3.5.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan akan menggunakan beberapa metode, yaitu observasi, wawancara, dan studi literatur. Ketiga metode ini digunakan untuk memperoleh informasi yang komprehensif terkait data yang akan disimpan dan ditampilkan dalam *database*.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan dokumen teknis terkait pengembangan database. Kajian ini bertujuan untuk memahami konsep dasar yang relevan, seperti teknologi yang digunakan, metode, serta praktik terbaik dalam implementasi perancangan database.

2. Observasi

Observasi dilakukan oleh *project manager* ke PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group) Mesuji dengan mengamati secara langsung bagaimana proses kerja atau aktivitas yang berkaitan dengan sistem yang akan dikembangkan. Metode ini digunakan untuk memahami alur kerja yang terjadi di lapangan, teknologi yang saat ini digunakan, serta kendala yang dihadapi dalam pengelolaan data. Hasil observasi digunakan sebagai dasar dalam merancang *database* agar sesuai dengan kebutuhan pengguna.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung dengan narasumber yang berperan dalam sistem yang akan dikembangkan. Narasumber dalam penelitian ini merupakan *project manager* yang bertanggungjawab atas *project* ini serta manajer PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group). Tujuan wawancara adalah untuk menggali kebutuhan sistem, kendala yang dihadapi dalam pengelolaan data, serta data-data eksklusif mengenai kebun sawit.

Dengan menggunakan ketiga metode pengumpulan data ini, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *database* yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan berbasis pada informasi yang akurat dan mendalam.

3.5.3 Analisis Kebutuhan

A. Identifikasi Kebutuhan Data

Pada tahap awal ini, dilakukan identifikasi kebutuhan untuk sistem yang akan dibangun. Tahapan ini mencakup identifikasi kebutuhan sistem, data, dan pengguna. Diawali dengan identifikasi data apa saja yang akan dikelola dalam Sistem Informasi Geografis kebun sawit nantinya. Berikut adalah tabel data yang akan dikelola di SIG kebun sawit:

Tabel 3.3 Jenis Data dan Informasi Kebun Sawit

No.	Jenis Data	Informasi yang dikumpulkan
1.	Data Lahan	Penggunaan lahan sebelumnya, tahun perubahan fungsi lahan, tahun mulai ditanami sawit, batas wilayah lahan (spasial), luas lahan.
2.	Data Blok Kebun	Nama blok, kode unik blok, lokasi blok kebun (spasial), waktu tanam, waktu panen.
3.	Data Pohon Sawit	ID pohon, varietas tanaman, zona penanaman, lokasi pohon (titik koordinat)
4.	Data Pekerja	Nama pekerja, umur, jenis kelamin, lama kerja, kontak, jenis pekerjaan.
5.	Data Relasi Pekerja dan Blok	Data relasi antara pekerja dan blok kebun, termasuk waktu pencatatan dan pembaruan data.
6.	Data Alat	Nama alat yang digunakan serta penggunaan alat.
7.	Data Irigasi	Lokasi area irigasi (spasial), kondisi irigasi, sumber air, luas area irigasi, kode unik irigasi.
8.	Data Jalan Kebun	Jalur jalan kebun (spasial), kondisi jalan, lebar jalan, kode unik jalan.
9.	Data Transportasi	Jenis transportasi dan kapasitas angkut.
10.	Data Peta Digital	Nama peta, format file, <i>link</i> peta, identitas pengunggah, waktu pengunggahan.
11.	Data Pengguna	Nama pengguna, email, peran (<i>role</i>) pengguna dalam sistem.

12.	Data Zona Kebun	Nama zona, lokasi zona (spasial), jumlah pohon dalam zona, kode unik zona.
-----	-----------------	--

Tujuan dari tahap ini adalah memastikan semua kebutuhan sistem telah teridentifikasi dengan baik agar sistem yang dikembangkan nantinya dapat memenuhi dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

B. Penentuan Entitas dan Atribut Data

Setelah menentukan data dan informasi apa saja yang akan dikelola, dilanjutkan dengan penentuan entitas dan atribut data. Tabel entitas dan atribut yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah:

Tabel 3.4 Entitas dan Atribut

No.	Entitas	Atribut
1.	lahan	- id_lahan - penggunaan_sebelumnya - tahun_perubahan - tahun_jadi_sawit - batas - luas - created_at
2.	blok	- id_blok - nama_blok - lokasi - waktu_tanam - waktu_panen - kode_unik - created_at
3.	pohon	- id_pohon - lokasi_koordinat - varietas

		- zona
4.	pekerja	- id_pekerja - nama - umur - jenis_kelamin - lama_kerja - kontak - pekerjaan
5.	alat	- id_alat - nama_alat - penggunaan
6.	blok_pekerja	- id - blok_id - pekerja_id - created_at - updated_at
7.	irigasi	- id_irigasi - lokasi - kondisi - sumber - luas - kode_unik - created_at
8.	jalan	- id_jalan - lokasi - kondisi - lebar - kode_unik - created_at
9.	transportasi	- id_transportasi - jenis_transportasi - kapasitas

10.	upload_peta	- id_peta - nama_peta - uploader - format_file - link_peta - uploaded_at
11.	<i>users</i>	- id - name - email - email_verified_at - password - remember_token - created_at - updated_at - role
12.	zona	- id_zona - jumlah - lokasi_zona - nama_zona - kode_unik - created_at

C. Identifikasi Kebutuhan Pengguna

Selanjutnya, pada tahap ini juga dilakukan penentuan kebutuhan pengguna terhadap akses data. Terdapat 2 jenis pengguna *database* yang akan dibuat, diantaranya:

- *Database Administrator* (akses penuh)
- *Manajer Kebun Sawit* (akses terbatas untuk *update* data lapangan)

D. Identifikasi Kebutuhan *Cluster Database*

Kemudian, untuk memastikan database yang dibuat memiliki kemampuan untuk *load balancing* dan bersifat *high available*, desain database yang dibuat nantinya akan mendukung fitur *database clustering*. Hal ini juga meningkatkan *fault tolerance*, di mana jika salah satu node mengalami kegagalan, sistem tetap dapat berjalan normal tanpa mengganggu operasional secara keseluruhan.

3.5.4 Perancangan Basis Data

Setelah dilakukan analisis kebutuhan, dilakukan perancangan basis data. Tahap pertama yang dilakukan adalah membuat *Entity Relationship Diagram (ERD)* yang menjelaskan relasi antar entitas seperti tabel pohon sawit, pekerja, alat, lahan, dll. Pada tahap ini ditentukan juga relasi antar tabel, *primary key*, serta *foreign key*.

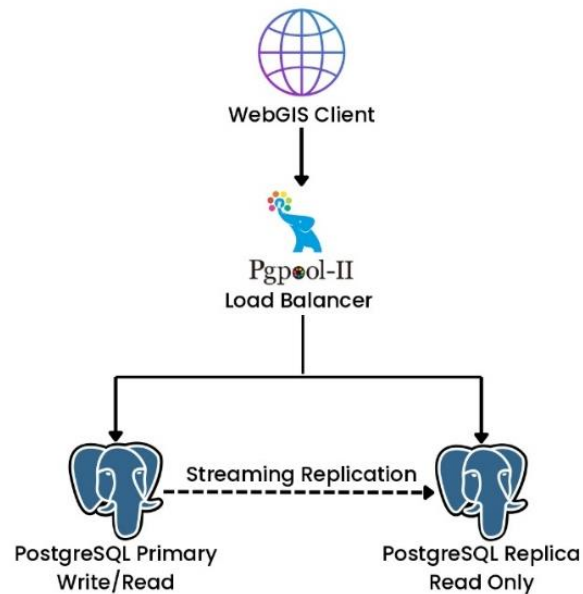
Setelah itu, akan dilakukan normalisasi data sampai ke tipe 3NF untuk menghindari adanya *redudancy* data ataupun inkonsistensi data. Kemudian, akan dibuat juga struktur *user roles* yang menentukan akses setiap pengguna. Terakhir, akan dibuat desain arsitektur *clustering* dengan menggunakan konsep *streaming replication* di PostgreSQL.

3.5.5 Implementasi Basis Data

Pada tahap ini, dilakukan berbagai tahap implementasi mulai dari persiapan data melalui QGIS, perancangan infrastruktur database pada Oracle VirtualBox menjadi 3 VM yaitu *primary*, *replica*, dan Pgpool-II, pembuatan database, implementasi *user roles*, implementasi *streaming replication*, serta konfigurasi Pgpool-II.

Berdasarkan hasil desain *ERD* yang dibuat sebelumnya, akan dilakukan pembuatan database dan tabel di PostgreSQL menggunakan perintah *CREATE DATABASE* dan *CREATE TABLE*. Implementasi *streaming replication* di PostgreSQL dilakukan dengan membuat *database master*

dan *replica* seperti desain arsitektur database clustering yang dibuat. Desain arsitektur *database clustering* yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 Arsitektur *Database Clustering*

Kemudian, akan dilakukan pembuatan *role* dan *user* akses untuk pengguna yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya akan dilakukan konfigurasi PgPool-II sebagai *load balancer* dari *database* yang dibuat. Yang terakhir, dilakukan pengujian *database* yang terdiri dari uji koneksi dari PgPool-II ke *database master* dan *replica* menggunakan query *SHOW pool_nodes;*, uji *load balancing* menggunakan query *SELECT pg_is_in_recovery()* untuk mengidentifikasi distribusi query ke *node replica*, uji replikasi menggunakan query *INSERT* dan pengecekan data di *replica*, dan uji *failover* dengan mematikan *primary* dan melihat respon Pgpool-II.

3.5.6 Input Data

Pada proses ini dilakukan penginputan data *dummy* ke *database* yang telah dibuat menggunakan query *INSERT INTO*. Data akan di-input ke

dalam 12 tabel yang telah dibuat sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya.

3.5.7 Analisis Performa

Pada tahap ini dilakukan analisis performa menggunakan *htop* dan *pgAnalyze* yang dapat menghitung waktu eksekusi suatu *query* pada *database*.

3.5.8 Deployment Sistem

Tahap *deployment* sistem adalah tahap yang berfokus pada proses transisi sistem dari lingkungan pengembangan ke lingkungan operasional. Pada tahap ini, sistem basis data yang telah selesai dibangun dan diuji akan dipindahkan ke server produksi, dikonfigurasi ulang agar dapat berjalan secara optimal, serta diintegrasikan dengan komponen lain seperti *backend* dan antarmuka WebGIS. Kegiatan utama pada tahap ini meliputi migrasi data, pengujian konektivitas, dan verifikasi akhir terhadap performa sistem sebelum digunakan secara nyata.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Desain Basis Data untuk Sistem Tata Kelola Kebun Sawit Studi Kasus: PT. Bina Sawit Makmur (Sampoerna Agro Group)”, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Desain basis data untuk tata kelola kebun sawit telah berhasil dirancang secara terstruktur. Basis data yang dihasilkan terdiri dari 12 tabel yang mencakup data spasial dan non-spasial, dengan relasi antar tabel yang dibangun menggunakan kunci primer dan kunci asing. Implementasi basis data menggunakan PostgreSQL dan PostGIS memungkinkan penyimpanan data lokasi pohon sawit dalam bentuk koordinat geografis yang dapat divisualisasikan melalui WebGIS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses penginputan data, eksekusi query, serta replikasi data antara server primary dan replica dapat berjalan dengan baik, sehingga basis data mampu mendukung pengelolaan data kebun sawit secara konsisten dan terorganisir.
2. Basis data yang telah dirancang berhasil diintegrasikan dengan sistem berbasis web melalui proses koneksi antara *backend* dan *database server* yang di-*hosting* pada layanan *cloud* (CloudAja). Integrasi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses, menampilkan, dan mengelola data secara langsung melalui antarmuka web tanpa harus terhubung secara lokal. Pengujian performa menggunakan Pganalyze menunjukkan bahwa seluruh *query* berjalan sangat cepat (di bawah 50 milidetik), menandakan sistem basis data bekerja secara efisien dan stabil untuk mendukung operasional aplikasi berbasis web.

5.2 Saran

1. Pengembangan sistem di masa mendatang disarankan untuk menambahkan fitur *failback* otomatis pada konfigurasi replikasi, sehingga apabila terjadi gangguan pada server utama, sistem dapat secara otomatis beralih kembali ke kondisi normal setelah pemulihan tanpa memerlukan intervensi manual.
2. Dalam pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menambahkan optimasi indeks dan pembagian partisi tabel (*table partitioning*) pada database agar performa *query* tetap stabil seiring dengan peningkatan volume data. Hal ini penting untuk menjaga efisiensi sistem dan mencegah terjadinya *bottleneck* pada proses pengambilan data dalam skala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sehusman, *ANALISIS KINERJA PERDAGANGAN KOMODITAS KELAPA SAWIT*, vol. 13. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2023.
- [2] Y. Fauzi, Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, and R. H. Paeru, *Kelapa Sawit*, 1st ed. Penebar Swadaya Grup, 2012.
- [3] J. Budidaya Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet, S. Aisyah, A. Frinaldi, and D. Lanin, “AGRO ESTATE KAJIAN PENERAPAN ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) PADA INDUSTRI SAWIT BERKELANJUTAN TERHADAP KONDISI DI MASYARAKAT STUDY OF THE APLICATION OF ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) IN THE SUSTAINABLE PALM INDUSTRY TO CONDITIONS IN THE COMMUNITY,” *Agro Estate*, vol. 8, no. 2, pp. 2580–0957, 2024.
- [4] A. A. Sulaiman *et al.*, *Sawit Indonesia dalam Dinamika Pasar Dunia*. Pertanian Press, 2024.
- [5] N. Ahmad and R. R. Nst, *Buku Ajar Sistem Manajemen Basis Data*. Widina Media Utama, 2024.
- [6] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. ALFABETA, CV., 2020.
- [7] S. T. M. K. Ni Ketut Dewi Ari Jayanti and S. K. M. M. S. I. Ni Kadek Sumiari, *Teori Basis Data*, I. Penerbit Andi, 2018.
- [8] Aronoff Stan, *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, 1993.
- [9] R. Amornchewin, “The Development of SQL Language Skills in Data Definition and Data Manipulation Languages Using Exercises with Quizizz for Students’ Learning Engagement,” *Indonesian Journal of Informatics Education*, 2018, doi: 10.20961/ijie.v%vi%i.24430.
- [10] H. Setya Budi, *Pengenalan Dasar SQL*. Deepublish Publisher, 2021.
- [11] H. F. . Korth and Abraham. Silberschatz, “Database system concepts,” *McGraw-Hill computer science series ; McGraw-Hill series in systems*, p. 1344, 1991, doi: 10.1145/253671.253760.
- [12] R. B. Hadiprakoso, *Sistem Basis Data: Perancangan dan Implementasi*. RBH, 2021.

- [13] A. Primadewi and A. Widyanto, *Teori dan praktik Basis Data: “Mengkaji basis data dari sudut pandang praktisi.”* 2022.
- [14] A. W. Widodo, D. Kurnianingtyas, U. B. Press, and U. B. Media, *Sistem Basis Data*. Universitas Brawijaya Press, 2017.
- [15] S. Mulyati, B. A. Sujatmoko, T. I. M. Wira, R. Afif, and R. A. Pratama, “Normalisasi Database Dan Migrasi Database Untuk Memudahkan Manajemen Data,” *Sebatik*, vol. 22, no. 2, pp. 124–129, 2018, doi: 10.46984/sebatik.v22i2.319.
- [16] S. Sutedi *et al.*, *Buku Ajar Sistem Basis Data*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [17] Luca. Ferrari and Enrico. Pirozzi, *Learn PostgreSQL : use, manage, and build secure and scalable databases with PostgreSQL 16*. Packt Publishing Ltd., 2023.
- [18] R. C. S. Hariyono *et al.*, *Buku Ajar Pengantar Basis Data*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [19] J. Maymala, *PostgreSQL for Data Architects*. 2015.
- [20] P. B. Martinez Pedroso, “High Availability and Load Balancing for Postgresql Databases : Designing and Implementing,” *International Journal of Database Management Systems*, vol. 8, no. 6, pp. 27–34, 2016, doi: 10.5121/ijdms.2016.8603.
- [21] “Basic installation - Ubuntu Server documentation.” Accessed: Nov. 10, 2025. [Online]. Available: <https://documentation.ubuntu.com/server/tutorial/basic-installation/#basic-installation>
- [22] Evi. Nemeth, Garth. Snyder, T. R. . Hein, Ben. Whaley, and Dan. Mackin, *UNIX and Linux system administration handbook*. Addison-Wesley, 2018.
- [23] N. N. Supuwarningsih and M. T. Dr. Muhammad Rusli, *Sistem Informasi Geografis: Konsep Dasar & Implementasi*. Penerbit Andi, 2020.
- [24] D. W. R. Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, *Geographic Information Science and Systems*, 4th Editio. Wiley, 2015.
- [25] S. Saha Bagui, *S. Bagui, R. Earp - Database Design Using Entity-Relationship Diagrams*, 3rd Editio. CRC Press, 2023. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003314455>.
- [26] L. Sari and G. yanti kemala Sari siregar, “Perancangan Aplikasi Pendataan Data Kepegawaian Negeri Sipil Pada Dinas Komunikasi Dan Informatika Kota Metro,” *Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 115–135, 2021, doi: 10.24127/.v2i1.1235.
- [27] B. Marron and B. Leong-Hong, “Database Administration,” Volume 13., U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1978, p. 41. doi: 10.1201/9780849333187.ch12.
- [28] C. S. Mullins, *Database Administration: The Complete Guide to Practices and Procedures*. 2002.

- [29] S. Lincke, *Information Security Planning*, Second Edi. Springer Nature Switzerland, 2024. doi: 10.4324/9781003126294-3.
- [30] P. De Marco, *The Analytical RDBMS: Uncover Hidden Truths and Enhance Performance*. Pasquale De Marco, 2025.
- [31] N. Le, T. Dat, and T. M. Hai, “Application of WebGIS in Managing and Monitoring Greenery in Schools : A Case Study at the Thu Dau Mot University,” vol. 40, no. 4, pp. 105–112, 2024.
- [32] G. R. Gaffara, J. Maratis, L. Sitoayu, and R. A. Pamungkas, “Geographic Information System Using Postgre SQL-QGIS for Slum Squatter Distribution Mapping in North Jakarta,” vol. 6, no. 6, pp. 2734–2738, 2024.
- [33] F. D. A. A. Sari, . F., and R. C. Sigitta, “Penyusunan Basis Data Spasial Sekolah Menengah Atas Atau Sederajat Untuk Mengetahui Backlog Pemenuhan Kebutuhan Sarana Pendidikan Di Kabupaten Brebes,” *Jurnal Informatika dan Riset*, vol. 1, no. 1, pp. 15–23, 2023, doi: 10.36308/iris.v1i1.472.
- [34] A. P. Santynawan, B. Sudarsono, and H. S. Firdaus, “Perancangan Aplikasi Wisata dan City Tourism Berbasis WebGIS Guna Meningkatkan Daya Saing Wisata Kota (Studi Kasus: Kota Semarang),” 2020.
- [35] V. Evangelos, “Clustering, Replication and High Availability in Postgresql.”
- [36] R. I. Wiratama, “Sistem Informasi Monitoring Hasil Kebun Dan Hasil Produksi Pt. Perkebunan Mitra Ogan Palembang Berbasis Web,” p. 221, 2016.
- [37] T. Wulandari, V. Sihombing, B. Bangun, and E. P. Korespondensi, “Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Manajemen Infrastruktur Perkotaan,” *Teknik Komputer dan Teknologi Pendidikan*, vol. 4, pp. 46–50, 2025, doi: 10.55338/justikpen.v4i2.139.
- [38] W. Setyadi, Y. Nurhadryani, and I. Hermadi, “Pengembangan Sistem Manajemen Data Spasial Aset Jalan Tol (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Bakauheni-Terbanggi Besar),” *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, vol. 7, no. 1, p. 62, Aug. 2024, doi: 10.22146/jgise.97651.
- [39] P. T. Hess, “Building a Spatial Database for Agricultural Record Keeping and Management on aRegenerative Farm,” no. August, pp. 167–186, 2022.
- [40] R. Kostecki, “Spatial database applications for network analysis: Case study of bicycle accessibility of forested areas in the Poznań Metropolitan Area, Poland,” *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, vol. 118, no. 1, pp. 46–52, Dec. 2024, doi: 10.2478/rgg-2024-0014.
- [41] N. Kranjčić, B. Đurin, D. Dogančić, and L. Plantak, “Improving Management of Spatial Data through Spatial Database,” p. 5, 2021, doi: 10.3390/iecg2020-08865.

- [42] L. Natsvlshvili, N. Jorjiashvili, and V. Kochoradze, “Development of a Postgis-Based Method for Creating Risk Maps of Natural Disasters Using the Example of Georgia,” *Geodesy and Cartography (Vilnius)*, vol. 48, no. 2, pp. 70–77, 2022, doi: 10.3846/gac.2022.14791.
- [43] T. Bürger, “SQL-petrimaps: Visualizing Geospatial Data using PostgreSQL and PostGIS,” 2025.
- [44] I. Arwani, W. Hayuhardhika Nugraha Putra, G. Hamdi, and T. Dzulkarnain, “Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Deteksi Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Berbasis Web dengan Fitur Geo-Intersection Pada POSTGIS,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 5, pp. 1065–1074, 2022, doi: 10.25126/jtiik.2022955910.
- [45] M. F. Salim, M. S. Tuloli, and B. Ahaliki, “Database Sistem Informasi Kawasan Permukiman Penduduk Menggunakan Web GIS,” *Journal of Systems and Information Technology*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [46] A. Mallombasi, M. Y. Anugrah, and A. Munir, “Penyusunan Database Jalan Berbasis Sistem Informasi Geografis Wilayah Studi Kecamatan Enrekang”.
- [47] N. Martinho, J. P. de Almeida, N. E. Simões, and A. Sá-Marques, “UrbanWater: Integrating EPANET 2 in a PostgreSQL/PostGIS-based geospatial database management system,” *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 9, no. 11, 2020, doi: 10.3390/ijgi9110613.
- [48] M. K. Sivilay, *Using an open-source spatial database and GIS to manage multi-scale land-use/land-cover data in Laos PDR*. 2020.
- [49] T. Nemoto, S. Masumoto, S. Nonogaki, and V. Raghavan, “Development of Web-Based Distributed Database System for Geologic Data,” 2012.