

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

PENGEMBANGAN MODUL *BACKEND* PADA SISTEM PENILAIAN AGROEKOLOGI KESESUAIAN LAHAN UNTUK BAWANG PUTIH (INA Agro-GARLIC)

MIRZA HAFIZ MUHAMMAD



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Pengembangan Modul *Backend* pada Sistem Penilaian Agroekologi Kesesuaian Lahan untuk Bawang Putih (INA Agro-GARLIC)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Maret 2025

Mirza Hafiz Muhammad
G6401211017

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

ABSTRAK

MIRZA HAFIZ MUHAMMAD. Pengembangan Modul Backend pada Sistem Penilaian Agroekologi Kesesuaian Lahan untuk Bawang Putih (INA Agro-GARLIC). Dibimbing oleh ANNISA dan IMAS SUKAESIH SITANGGANG.

Indonesia masih bergantung pada impor bawang putih akibat perbedaan yang signifikan antara angka produktivitas dan tingkat konsumsi. Salah satu penyebab utamanya adalah sulitnya menemukan lahan yang sesuai untuk budidaya bawang putih. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan modul *backend* pada sistem INA Agro-GARLIC untuk penilaian kesesuaian lahan, namun terdapat beberapa kekurangan, seperti ketidakakuratan data cuaca yang digunakan, ambiguitas dalam pemberian rekomendasi, dan penggunaan rumus penilaian lahan yang sudah kurang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan mengembangkan fitur penilaian kesesuaian lahan berbasis data cuaca yang diperoleh melalui peta batas wilayah, memastikan rekomendasi yang lebih jelas, serta memperbarui rumus penilaian lahan untuk meningkatkan akurasi. Penelitian dilakukan dalam lima tahapan, yakni identifikasi dan analisis kebutuhan pengguna, pemodelan modul *backend*, pengembangan modul *backend*, serta pengujian dan implementasi modul. Penelitian berhasil memperbaiki penggunaan peta dalam pengambilan data cuaca, perumusan penilaian kesesuaian, dan pemberian rekomendasi kesesuaian lahan kepada pengguna. Pengembangan sistem berhasil menambahkan 12 tabel baru dalam basis data serta menambahkan 12 *endpoint* baru. Seluruh *endpoint* telah diuji dengan *blackbox testing* dan *stress testing*.

Kata kunci: *backend*, bawang putih, HTTP, INA Agro-GARLIC, kesesuaian lahan

ABSTRACT

MIRZA HAFIZ MUHAMMAD. Development of Backend Module on Agroecological Assessment System of Land Suitability for Garlic (INA Agro-GARLIC). Supervised by ANNISA and IMAS SUKAESIH SITANGGANG.

Indonesia still relies on garlic imports due to a significant gap between productivity levels and consumption rates. One of the main causes is the difficulty in identifying suitable land for garlic cultivation. Previous research has developed a backend module for the INA Agro-GARLIC system to assess land suitability, but several shortcomings remain, such as inaccuracies in the weather data used, ambiguity in the recommendation process, and the use of outdated land assessment formulas. This study aims to address these issues by developing a land suitability assessment feature based on weather data obtained through administrative boundary maps, ensuring clearer recommendations, and updating the assessment formulas to improve accuracy. The research was carried out through five steps, including user needs identification and analysis, backend module modeling, backend module development, as well as testing and deployment. The research successfully improved the use of maps in retrieving weather data, refined the land suitability assessment formulation, and enhanced the clarity of land suitability

recommendations for users. Development successfully added 12 new tables to the database and created 12 new endpoints. All endpoints were tested using blackbox testing and stress testing.

Keywords: backend, garlic, HTTP, INA Agro-GARLIC, land suitability

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**PENGEMBANGAN MODUL *BACKEND* PADA SISTEM
PENILAIAN AGROEKOLOGI KESESUAIAN LAHAN UNTUK
BAWANG PUTIH (INA Agro-GARLIC)**

MIRZA HAFIZ MUHAMMAD

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Sarjana Ilmu Komputer

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Muhammad Asyhar Agmalaro, S.Si, M.Kom.

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

Judul Skripsi : Pengembangan Modul *Backend* pada Sistem Penilaian Agroekologi Kesesuaian Lahan untuk Bawang Putih (INA Agro-GARLIC)

Nama : Mirza Hafiz Muhammad

NIM : G6401211017

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom.
19790731 200501 2 002

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si, M.Kom.
19750130 199802 2 001

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.
1981080 9200812 1 002

Tanggal Ujian:
18 Maret 2025

Tanggal Lulus:

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

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 hingga Maret 2025 dengan judul “Pengembangan Modul *Backend* pada Sistem Penilaian Agroekologi Kesesuaian Lahan untuk Bawang Putih (INA Agro-GARLIC)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ayah, Ibu, dan seluruh keluarga serta teman-teman yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Terima kasih Ibu Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom., dan Ibu Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si, M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing yang telah turut serta dalam penelitian ini.

Semoga karya tulis ini bermanfaat dan memberikan kontribusi bagi pihak yang membutuhkan, kemajuan ilmu pengetahuan, serta perkembangan pertanian di Indonesia.

Bogor, Maret 2025

Mirza Hafiz Muhammad

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kesesuaian Lahan	4
2.2 Sistem Informasi Geografis	4
2.3 Modul <i>Backend</i> INA Agro-GARLIC pada Penelitian Lazuardi (2024)	5
II METODE PENELITIAN	8
3.1 Data Penelitian	8
3.2 Tahapan Penelitian	8
3.3 Lingkungan Pengembangan	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Pengguna	13
4.2 Pra Proses Data	16
4.3 Pemodelan Modul <i>Backend</i>	17
4.4 Pengembangan Modul <i>Backend</i>	22
4.5 Pengujian dan Pengunggahan Modul <i>Backend</i>	32
V SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

1 Rincian API pengembangan pertama Lazuardi (2024)	7
2 Rincian API pengembangan kedua Lazuardi (2024)	7
3 Data penelitian syarat tumbuh bawang putih	8
4 Daftar tugas untuk pengembangan fitur pada sistem INA Agro-GARLIC	9
5 Daftar opsi dari setiap fitur	13
6 Hasil observasi <i>grid</i> 5 × 5 dan 7,5 × 7,5	15
7 Hasil observasi <i>grid</i> 10 × 10 dan 12,5 × 12,5	16
8 Daftar rincian API kelompok <i>weather land location</i>	23
9 Daftar rincian API kelompok <i>land cover</i>	27
10 Daftar rincian API kelompok <i>location</i>	29
11 Hasil pengambilan curah hujan beberapa titik	34
12 Hasil observasi jenis peta beberapa wilayah	35
13 Hasil pengujian akurasi beberapa wilayah	38
14 Hasil pengujian <i>stress testing</i>	39

DAFTAR GAMBAR

1 Arsitektur sistem INA Agro-GARLIC yang dibentuk Lazuardi (2024)	5
2 <i>Entity relationship diagram</i> yang dibangun Lazuardi (2024)	6
3 Tahapan penelitian	9
4 Peta batas wilayah Kab. Garut dengan grid beserta titik tengah	14
5 Peta SPT Kab. Garut beserta titik tengah	14
6 Fail karakteristik tanah peta SPT	16
7 Fail karakteristik tanah hasil pra proses	17
8 Desain konseptual basis data	18
9 Skema relasional	20
10 <i>Entity relationship diagram</i>	21
11 Struktur <i>folder</i> dari modul <i>backend</i>	22
12 Contoh respon API apabila <i>query</i> dikosongkan	24
13 Contoh respon API apabila <i>query</i> tidak sesuai	24
14 Contoh respon berhasil dari API	25
15 <i>Activity diagram</i> API untuk melakukan penilaian faktor dinamis	26
16 Contoh respon API apabila <i>request body</i> tidak lengkap	27
17 Contoh respon API apabila data sudah ada dalam basis data	27
18 Contoh respon sukses dari API	28
19 Contoh respon API dengan kode kabupaten yang tidak sesuai	28
20 Contoh respon sukses dari API	28
21 Contoh respon API pengambilan data peta tutupan lahan	29
22 Contoh respon API pengambilan data provinsi	30
23 Rumus penilaian faktor statis dan dinamis	31
24 Fungsi penilaian setelah perubahan	31
25 Fungsi penilaian faktor statis	31
26 Fungsi penilaian faktor dinamis	32
27 <i>Activity diagram</i> penggabungan rekomendasi lahan	32
28 Penilaian faktor curah hujan peta batas wilayah	33

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

29 Penilaian faktor curah hujan peta SPT	33
30 Pengambilan suatu titik pada peta Kab. Garut	34
31 Grafik perbedaan jumlah data poligon	35
32 Grafik perbedaan waktu <i>input</i> peta	36
33 Grafik perbedaan waktu pengambilan data cuaca	36
34 Grafik perbedaan waktu penilaian kesesuaian lahan faktor dinamis	37
35 Grafik perbedaan waktu pengambilan data penilaian secara <i>detail</i>	37
36 Grafik perbandingan kesesuaian titik terhadap peta	38
37 Grafik perbandingan hasil <i>throughput</i>	40

DAFTAR LAMPIRAN

1 Diagram struktur basis data sistem INA Agro-GARLIC	45
2 Daftar skenario pengujian <i>blackbox testing</i>	46

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi bawang putih di Indonesia meningkat sekitar 8% pada 2018–2022, tetapi ketersediaannya justru menurun hingga 33%, sehingga Indonesia masih bergantung pada impor sebesar 75% dari total suplai dalam periode 2019–2022 (Pusdatin 2022). Untuk mengurangi impor, pemerintah melalui Permentan No. 38 Tahun 2017 mewajibkan importir menanam bawang putih sebesar 5% dari volume impor. Namun, implementasinya menghadapi tantangan karena lahan baru untuk penanaman sering kurang sesuai, sehingga hasil panen tidak optimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya memastikan kesesuaian lahan guna mendukung keberhasilan produksi bawang putih domestik.

Upaya yang dapat dilakukan adalah evaluasi kesesuaian lahan. Salah satu cara evaluasi kesesuaian lahan dilakukan dengan model pohon keputusan spasial pada penelitian (Nurkholis *et al.* 2021) lalu dikembangkan menjadi Sistem Pendukung Keputusan Spasial (Cholidhazia dan Sitanggang 2021). SPKS merupakan sistem yang menggabungkan data spasial dan nonspasial, fungsi analisis dan visualisasi dari sistem informasi geografis untuk mengevaluasi solusi masalah (Keenan dan Jankowski 2019). Naufal *et al.* (2022) lalu mengembangkan SPKS dan dikembangkan kembali pada penelitian Reyhan (2023) ke dalam Sistem Informasi Geografis Kesesuaian Agroekologi untuk Bawang Putih (INA Agro-GARLIC).

INA Agro-GARLIC merupakan sistem penilaian agroekologi kesesuaian lahan bawang putih di Indonesia (Annisa *et al.* 2024). Pengembangan INA Agro-GARLIC mengikutsertakan pakar dari Departemen Agronomi dan Hortikultura, Prof. Dr. Ir. Sobir, M.Si, dalam penilaian dan pemberian rekomendasi kesesuaian lahan. Terdapat 2 sistem penilaian lahan pada INA Agro-GARLIC. Pertama penilaian kesesuaian lahan menggunakan Satuan Peta Tanah melalui cron job sehingga penilaian akan berjalan otomatis. Kedua penilaian kesesuaian lahan dilakukan oleh para pengguna dengan memasukkan koordinat lahan. Sistem akan mengklasifikasikan hasil penilaian lahan menjadi 4 kelas, yakni kelas S1 untuk sangat sesuai, S2 untuk cukup sesuai, S3 untuk sesuai marginal, dan N untuk tidak sesuai. Sistem INA Agro-GARLIC khususnya pada modul *backend* dikembangkan dalam penelitian Reyhan (2023). Penelitian Reyhan (2023) berhasil mengimplementasikan dan mengembangkan fitur utama INA Agro-GARLIC salah satunya dalam pengambilan data cuaca harian secara otomatis menggunakan *cron job*. Selanjutnya, modul *backend* INA Agro-GARLIC dilanjutkan pengembangannya dalam penelitian Lazuardi (2024).

Pengembangan yang dilakukan oleh Lazuardi (2024) diantaranya ialah melakukan pengambilan syarat tumbuh bawang putih secara otomatis dari data Satuan Peta Lahan (SPT) yang ada di *database*. Dengan pengambilan otomatis ini dapat memudahkan para pengguna dalam menilai lahan yang dimilikinya secara mandiri. Lazuardi (2024) juga telah melakukan optimasi *cron job* untuk pengambilan data cuaca yang sebelumnya dikerjakan Reyhan (2023). Optimasi ini dilakukan untuk bisa mengatasi kegagalan saat pengambilan data pada hari tertentu. Namun, pengambilan data saat ini seringkali tidak akurat jika dibandingkan dengan data lapangan. Hal ini dikarenakan pengambilan data cuaca pada sistem saat ini merujuk pada data peta Satuan Peta Tanah (SPT). Peta SPT merupakan peta berisi

kelompok - kelompok poligon berdasarkan karakteristik tanah yang sama. Hal ini mengakibatkan jarak poligon yang tergabung dalam satu kelompok bisa saja berjauhan sehingga titik koordinat yang didapatkan tidak merepresentasikan wilayah yang benar. Oleh karena itu, pengambilan data cuaca berdasarkan titik koordinat akan menghasilkan data yang kurang akurat. Sehingga pengambilan data cuaca memerlukan rujukan peta baru yang bisa lebih merepresentasikan suatu wilayah. Salah satunya dengan menggunakan peta batas wilayah.

Penilaian kesesuaian lahan pada sistem saat ini terbagi ke dalam tiga faktor utama yang memiliki pembobotan tersendiri, yakni 40% untuk faktor yang tidak dapat dikendalikan dan dikoreksi yang didalamnya terdapat faktor cuaca dan faktor relief, 30% untuk faktor yang efeknya dapat dikoreksi, dan 30% untuk faktor yang dapat dikendalikan. Karena pembobotan untuk faktor cuaca masih tergolong cukup tinggi sehingga penilaian lahan sangat terpengaruh oleh faktor cuaca yang mengakibatkan penilaian bisa saja tidak sesuai ketika cuaca atau musim sedang tidak mendukung. Sedangkan menurut pakar, salah satu faktor utama dalam keberhasilan penanaman bawang putih adalah faktor elevasi dan karakteristik tanahnya itu sendiri, dan saat ini faktor elevasi hanya diboboti 10%. Sehingga menurut pakar, pembobotan faktor perlu diperbaiki. Perbaikan ini dimulai dengan mengubah penilaian dari yang terbagi ke dalam tiga faktor utama, menjadi dua faktor utama, yaitu faktor statis yang terdiri dari elevasi, karakteristik tanah, drainase, serta relief, dan faktor dinamis yang diperuntukan untuk faktor cuaca yang setiap hari berubah. Pembobotan faktor juga diubah, faktor statis diboboti 85% dan faktor dinamis secara keseluruhan diboboti 15% untuk mengurangi pengaruh faktor cuaca dalam penilaian. Dalam penelitian Lazuardi (2024) juga masih terdapat ambiguitas pada pemberian rekomendasi untuk faktor kejenuhan basa, kemasaman tanah, dan kapasitas tukar kation. Contohnya apabila kejenuhan basa bernilai S3 maka rekomendasinya adalah penambahan bahan organik 10 ton/ha, kemasaman tanah bernilai S2 maka rekomendasinya adalah penambahan bahan organik 5 ton/ha, dan kapasitas tukar kation bernilai S1 maka rekomendasinya adalah penambahan bahan organik lebih dari 5 ton/ha. Perbedaan rekomendasi tersebut membuat interpretasi ganda karena pemberian bahan organik yang harus dilakukan apakah total dari 3 rekomendasi tersebut atau hanya perlu salah satu rekomendasi yang dijalankan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengambilan data cuaca dengan peta batas wilayah dapat lebih akurat dibandingkan peta Satuan Peta Tanah.
2. Bagaimana memberikan rekomendasi tunggal untuk menghindari ambiguitas pada faktor kejenuhan basa, kemasaman tanah, dan kapasitas tukar kation.
3. Bagaimana penilaian kesesuaian lahan yang terbaru dapat meningkatkan akurasi penilaian.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Perbaikan metode dan penyesuaian basis data dalam pengambilan data cuaca harian menggunakan peta batas wilayah.
2. Perbaikan pembobotan faktor penilaian kesesuaian lahan berdasarkan rekomendasi pakar.
3. Perbaikan pemberian rekomendasi yang lebih jelas dan tidak ambigu untuk pengguna.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi sistem evaluasi kesesuaian lahan pada INA Agro-GARLIC, khususnya dalam memberikan rekomendasi yang lebih tepat dan menghindari potensi interpretasi ganda. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan ketepatan evaluasi dengan mengembangkan modul yang mampu mengelola data cuaca secara efektif serta menerapkan rumus evaluasi kesesuaian lahan yang sesuai. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petani, penyuluh pertanian, ataupun pengguna lain dalam menilai kesesuaian lahan bawang putih sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan produksi bawang putih lokal di Indonesia.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian merupakan pengembangan lanjutan dari modul *backend* Sisten Pendukung Keputusan Spasial Kesesuaian Lahan Bawang Putih (INA Agro-GARLIC) yang sudah dikembangkan oleh Reyhan (2023) dan Lazuardi (2024).

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kesesuaian Lahan

Kesesuaian lahan adalah fungsi dari persyaratan tanaman dan karakteristik lahan. Kesesuaian didapatkan dengan menyamakan persyaratan tanaman dengan karakteristik lahan yang akan ditempati. Kesesuaian lahan tidak hanya berfokus pada tanahnya saja melainkan ada vegetasi, fisiografi, hidrologi, iklim, infrastruktur, dan sebagainya. Untuk mendapatkan lahan yang sesuai, diperlukan evaluasi kesesuaian lahan. Evaluasi ini bisa dilakukan dengan dua pendekatan, yakni kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif menilai potensi lahan dengan istilah seperti sangat sesuai, sesuai, dan tidak sesuai. Sedangkan pendekatan kuantitatif menilai potensi lahan dengan indikator angka (Singha dan Swain 2016). Dari evaluasi yang dilakukan, kesesuaian lahan dapat diklasifikasikan.

Menurut *Food and Agriculture Organization* (1976) struktur klasifikasi kesesuaian lahan dapat dibagi sesuai tingkatannya, yakni:

1. Ordo

Tingkatan ini menilai kesesuaian lahan secara global. Kesesuaian lahan dibedakan menjadi lahan yang sesuai (S) dan lahan yang tidak sesuai (N).

2. Kelas

Tingkatan ini menggambarkan derajat kesesuaian lahan yang sebelumnya dinilai pada tingkatan pertama. Lahan yang tergolong tidak sesuai (N) tidak dibagi lagi pada tingkat kedua ini karena lahan yang tergolong tidak sesuai berarti memiliki limitasi yang sulit diselesaikan. Sedangkan lahan yang tergolong sesuai (S) pada tingkat Ordo akan dibagi menjadi 3:

1. Kelas S1, sangat sesuai

Lahan tidak memiliki limitasi yang signifikan terhadap penggunaannya secara berkelanjutan, atau hanya terdapat limitasi minor yang tidak berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas.

2. Kelas S2, cukup sesuai

Lahan memiliki limitasi yang ketika diakumulasikan akan berdampak pada penggunaan berkelanjutan sehingga mengurangi produktivitas. Limitasi ini masih dapat diatasi oleh para petani.

3. Kelas S3, sesuai marginal

Lahan memiliki limitasi yang ketika diakumulasikan akan lebih berdampak pada penggunaan berkelanjutan daripada kelas S2. Untuk mengatasinya diperlukan masukan yang lebih banyak, modal yang tinggi, dan bantuan dari pihak luar selain petani.

2.2 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (GIS) merupakan sistem komputer untuk mengambil, menyimpan, melakukan kueri, menganalisis, dan menampilkan data geospasial. Data geospasial mengacu pada dua nilai, yakni lokasi dan atribut dari fitur spasial yang dimiliki. Data geospasial dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu raster dan vektor (Chang 2019). Data geospasial vektor dapat berupa model relasi geografis yang menyimpan geometri dan atribut dari fitur pada tempat yang berbeda atau model berbasis objek yang menyimpan geometri dan atribut dari fitur pada

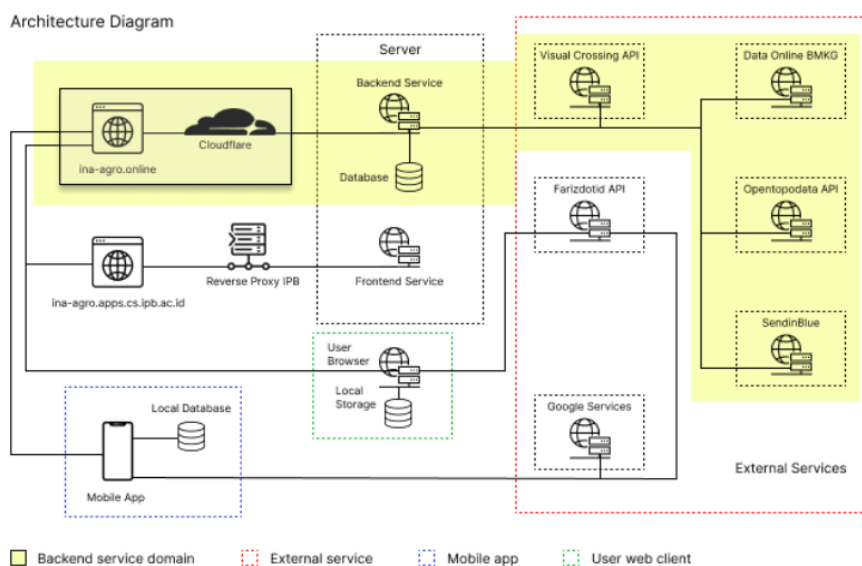
tempat yang sama. Data geometri adalah hal yang berkaitan dengan garis lintang dan bujur, sedangkan atribut adalah karakteristik dari objek yang direpresentasikan dalam data.

Sistem informasi geografis memiliki banyak sekali kemampuan sehingga manfaat yang didapat juga cukup banyak, selain dapat memunculkan data geospasial, GIS memiliki manfaat lebih dari itu, seperti dapat membantu *end-user* mengambil keputusan dengan lebih baik mengenai lokasi atau data geospasial, dapat membantu menjaga dan mencatat mengenai status dan perubahan dari informasi geografis, dapat membantu pencarian data geografis karena kemampuan GIS dalam integrasikan berbagai jenis data geospasial.

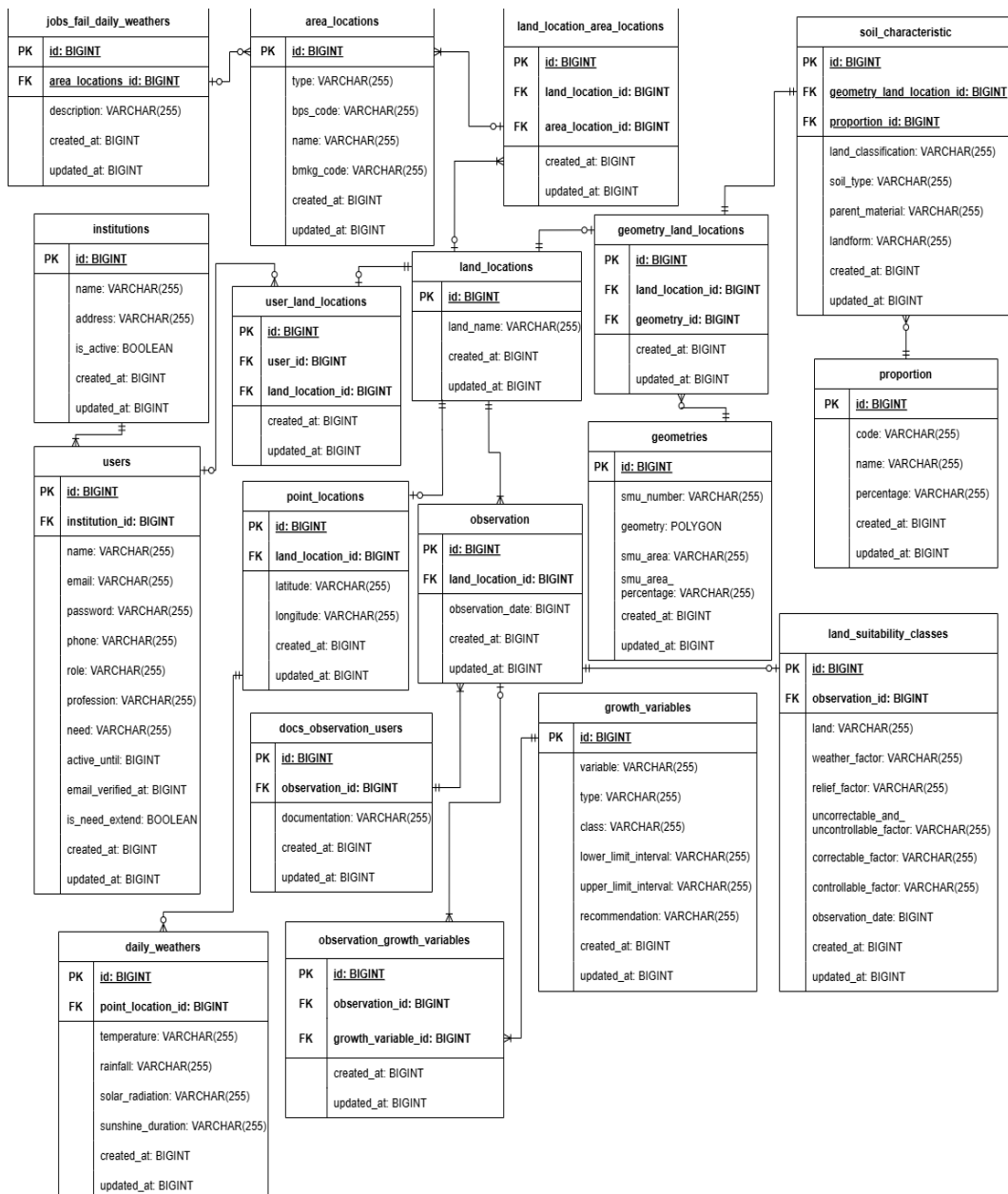
INA Agro-GARLIC juga menerapkan konsep sistem informasi geografis, sehingga mampu menerima, mengolah, menampilkan data geospasial, dan dapat membantu melakukan evaluasi kesesuaian lahan bawang putih. Sistem INA Agro-GARLIC memiliki modul *backend* untuk mengelola data geospasial dan data penilaian lahan yang divisualisasikan dan digunakan melalui modul *frontend* dan modul *mobile* yang dapat diakses oleh pengguna. Dengan pengembangan seperti itu, sistem ini memberikan kemudahan untuk pengguna dalam memahami informasi geografis terkait lahan bawang putih secara visual.

2.3 Modul Backend INA Agro-GARLIC pada Penelitian Lazuardi (2024)

Modul *backend* INA Agro-GARLIC yang telah dikembangkan oleh Lazuardi (2024) menjadikan *Application Programming Interface* (API) sebagai kunci utama untuk melakukan pertukaran informasi. Modul *backend* yang dilakukan kembangkan oleh Lazuardi (2024) ini menggunakan bahasa pemrograman JavaScript dengan mengimplementasikan framework Express.js dan menggunakan PostgreSQL sebagai sistem manajemen basis datanya. Untuk komunikasi antar modul dan bagaimana sistem bekerja pada penelitian Lazuardi (2024) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Arsitektur sistem INA Agro-GARLIC yang dibentuk Lazuardi (2024)



Gambar 2 Entity relationship diagram yang dibangun Lazuardi (2024)

Saat ini sistem INA Agro-GARLIC memiliki 42 API yang terbagi menjadi 5 bagian, yakni *user*, *land location*, *growth variable*, dan *area location*. Dokumentasi dari seluruh API pada sistem INA Agro-GARLIC tercatat lengkap menggunakan Swagger. 42 API yang ada saat ini digunakan untuk komunikasi antara client dengan basis data sistem. Struktur basis data yang digunakan pada penelitian Lazuardi (2024) dapat dilihat pada Gambar 2.

Penelitian Lazuardi (2024) dalam mengembangkan modul *backend* INA Agro-GARLIC berhasil menambahkan 3 API baru yang terbagi ke dalam dua pengembangan. Pengembangan pertama berhasil menambahkan API untuk mengambil data syarat tumbuh secara otomatis berdasarkan titik koordinat yang dikirim oleh pengguna. Rincian API tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rincian API pengembangan pertama Lazuardi (2024)

Endpoint	Method	Minimum Role	Deskripsi
/land-location/geometry/growth-variable	GET	user	Mendapat syarat tumbuh lahan secara otomatis.

Pengembangan kedua berhasil menambahkan kelompok API baru bernama “Daily Weather”. Kelompok API ini bertujuan untuk menangani kegagalan *cronjob* ketika proses pembaruan cuaca berjalan, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengolahan data informasi kegagalan *cronjob*. Rincian kelompok API “Daily Weather” dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rincian API pengembangan kedua Lazuardi (2024)

Endpoint	Method	Minimum Role	Deskripsi
/daily-weather	POST	admin	Update cuaca berdasarkan bpsCode dari area location serta tanggal yang dibutuhkan.
/daily-weather/fail	GET	admin	Mendapatkan daftar kegagalan pada proses cron job diurutkan pada hari terbaru.

Modul *backend* yang sudah dikembangkan, dilakukan pengujian menggunakan metode *blackbox testing* dengan tujuan memastikan semua kasus pengujian memberikan *output* yang sesuai dengan apa yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali, yakni pada lingkungan *development* oleh pengembang *backend* dan pada lingkungan *staging* oleh pengembang *frontend* dan *mobile*. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa setiap skenario baik dalam melakukan input cuaca harian dan mendapatkan penilaian lahan otomatis mendapatkan hasil yang diinginkan. Setelah pengujian berhasil, modul *backend* diunggah ke server tim peneliti dengan menggunakan *Docker* sebagai manajemen kontainerisasi.

III METODE PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data syarat tumbuh yang berguna untuk menentukan kesesuaian lahan bawang putih pada sistem INA Agro-GARLIC. Data syarat tumbuh dapat dilihat pada Tabel 3. Terdapat 12 variabel yang digunakan untuk menentukan kesesuaian lahan bawang putih dan terdapat dua format data, yakni tabular dan numerik. Data yang digunakan berasal dari tiga sumber utama, yakni Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), API Visual Crossing dan BMKG.

Tabel 3 Data penelitian syarat tumbuh bawang putih

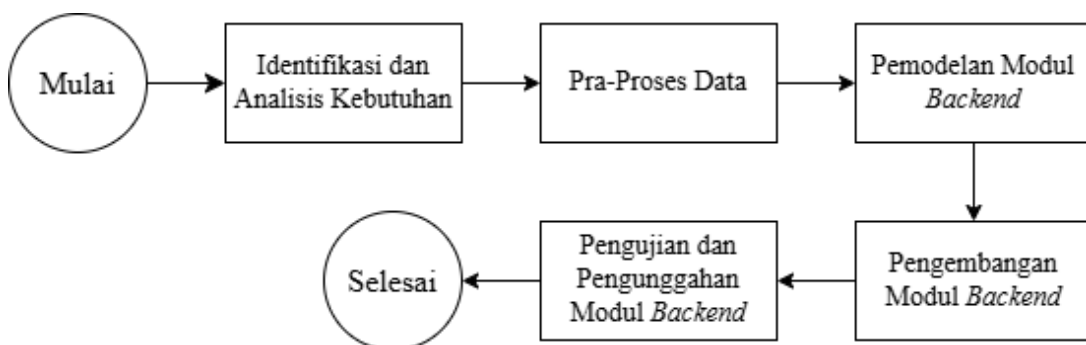
Variabel	Keterangan	Format	Sumber	Akuisisi
Drainase	Pengaruh laju perlokasi air ke dalam tanah terhadap aerasi udara dalam tanah.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Kapasitas Tukar Kation	Kapasitas tukar kation dari fraksilia.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Tekstur Tanah	Istilah dalam distribusi partikel tanah halus dengan ukuran <2 mm.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Kemasaman Tanah	Nilai pH tanah di lapangan.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Kejenuhan Basa	Jumlah basa-basa (NH ₄ OAc) yang ada dalam 100 g sampel tanah.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Kedalaman Mineral Tanah	Kedalaman mineral pada lapisan tanah.	Tabular	BBSDLP	File unduh
Curah Hujan	Curah hujan per hari (mm).	JSON	Visual Crossing	API
Temperatur	Temperatur harian (°F).	JSON	Visual Crossing	API
Radiasi Penyinaran	Radiasi penyinaran per hari (W/m ²).	JSON	Visual Crossing	API
Lama Penyinaran	Lama penyinaran per hari (jam).	Tabular	BMKG	API
Elevasi	Ketinggian tanah (mdpl)	JSON	Opentopodata	API
Relief	Perbedaan ketinggian maksimum dan minimum pada lahan tempat budidaya (%)	Tabular	BBSDLP	File unduh

Terdapat keterbatasan pada data yang diperoleh dari BMKG terkait data lama penyinaran matahari. Sering kali, data lama penyinaran untuk periode satu bulan yang dicari tidak tersedia secara lengkap atau tidak tercatat dengan baik. Meskipun demikian, karena tidak tersedianya sumber alternatif yang dapat

menyediakan data lama penyinaran matahari, data dari BMKG tetap dipilih sebagai sumber utama dalam penelitian ini.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dibagi ke dalam empat bagian utama, yakni identifikasi dan analisis kebutuhan pengguna, pra proses data, pemodelan modul *backend*, pengembangan modul *backend*, dan yang terakhir pengujian serta pengunggahan modul *backend*. Pada pelaksanaan setiap tahapannya nanti dapat dilakukan pengulangan ke tahapan yang sebelumnya sudah dilakukan jika terdapat hal-hal yang belum sesuai. Tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan penelitian

3.1.1 Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Pengguna

Dalam mengidentifikasi kebutuhan pengguna, dilakukan komunikasi dengan *stakeholders* dan tim peneliti untuk mengidentifikasi kebutuhan fitur yang dikembangkan. Hasil dari komunikasi ini memberikan gambaran awal mengenai kebutuhan pengguna yang harus segera dicapai seperti pada Tabel 4. Selanjutnya, dilakukan studi literatur penelitian sebelumnya, yaitu penelitian Reyhan (2023) dan Lazuardi (2024). Studi literatur dilakukan untuk menganalisis modul *backend* yang sudah dibuat pada sistem INA Agro-GARLIC. Studi literatur ini bertujuan mengetahui fungsionalitas utama dan kelemahan yang dimiliki sistem saat ini.

Tabel 4 Daftar tugas untuk pengembangan fitur pada sistem INA Agro-GARLIC

Tugas	Prioritas	Catatan
Pengambilan data cuaca	Mendesak	Mengambil data cuaca berdasarkan titik tengah dari setiap batas wilayah bukan lagi berdasarkan SPT.
Perhitungan penilaian kesesuaian lahan	Mendesak	Mengubah penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor statis dan dinamis.
Penggabungan rekomendasi lahan	Mendesak	Menggabungkan rekomendasi pada tiga faktor syarat tumbuh.
Penambahan tutupan lahan	Sedang	Menambahkan gambar tutupan lahan untuk informasi jenis lahan fisik suatu daerah

Tugas	Prioritas	Catatan
Pembuatan API informasi nama daerah	Sedang	Memindahkan API yang sebelumnya menggunakan <i>third party</i> API untuk mendapatkan data nama daerah

Untuk pengambilan data cuaca yang dilakukan adalah mengiris peta batas wilayah dengan grid berukuran tertentu. Ukuran grid dapat disesuaikan berdasarkan rasio yang tepat untuk mendapatkan akurasi data yang optimal. Setiap grid memiliki titik tengah yang berfungsi sebagai titik representasi dari kondisi cuaca pada area tersebut. Titik tengah koordinat grid ini yang digunakan dalam pengambilan data cuaca. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap grid mewakili satu nilai cuaca yang menggambarkan kondisi cuaca di area tersebut.

Ukuran grid yang diuji coba adalah 5 km × 5 km, 7,5 km × 7,5 km, 10 km × 10 km, dan 12,5 km × 12,5 km. Ukuran - ukuran grid tersebut dicobakan pada tiga kabupaten prioritas pengembangan bawang putih di Indonesia yang merepresentasikan wilayah terkecil, sedang, dan terluas. 3 kabupaten tersebut adalah Kabupaten Bangli (514 km²) sebagai wilayah terkecil, Kabupaten Buru Selatan (4272 km²) sebagai wilayah sedang, serta Kabupaten Banggai (8267 km²) sebagai wilayah terluas. Uji coba berbagai ukuran grid menghasilkan ukuran grid yang paling sesuai dan optimal untuk diterapkan dalam sistem pengambilan data cuaca ini.

Dalam penilaian kesesuaian lahan berbasis data Satuan Peta Tanah (SPT), terdapat dua jenis peta yang digunakan. Untuk faktor statis, seperti elevasi, relief, dan karakteristik tanah, peta yang ditampilkan adalah peta SPT, karena setiap poligon pada peta SPT merepresentasikan wilayah dengan karakteristik tanah yang serupa. Sementara itu, untuk faktor dinamis, seperti kondisi cuaca, peta yang digunakan adalah peta batas wilayah yang diiris dengan grid.

Selanjutnya, untuk perhitungan kesesuaian lahan dilakukan perubahan fungsi penilaian kesesuaian lahan yang sudah ada sebelumnya pada penelitian Lazuardi (2024). Perubahan fungsi dilakukan untuk menyesuaikan rumus baru yang sudah disarankan pakar. Tabel penilaian kesesuaian lahan juga diubah untuk dapat menyimpan hasil dari penilaian faktor statis dan dinamis.

Terakhir, pada penggabungan rekomendasi untuk faktor kapasitas tukar kation, kemasaman tanah, dan kejenuhan basa. Penggabungan rekomendasi dilakukan dengan pengecekan input variabel ketika penilaian lahan sedang dilakukan. Pengecekan ini bertujuan untuk menentukan rekomendasi yang dihasilkan sistem untuk ketiga faktor tersebut.

3.1.2 Pra Proses Data

Data penelitian dilakukan pra proses sebelum diolah lebih lanjut dalam sistem INA Agro-GARLIC. Pra proses data merupakan langkah penting untuk bisa mengubah data ke dalam format yang sesuai agar bisa diolah dengan baik dalam sistem (Maharana *et al.* 2022). Pra proses yang dilakukan dimulai dengan mengubah data karakteristik tanah yang berasal dari peta SPT menjadi format yang sesuai. Format yang digunakan berasal dari penelitian Reyhan (2023) yang membutuhkan fail xlsx dengan 16 kolom karakteristik tanah yang perlu dipenuhi. Apabila suatu kolom terdapat *missing value*, maka kolom diisi dengan nilai karakteristik serupa yang berasal dari baris data lain.

3.1.3 Pemodelan Modul *Backend*

Tahap pemodelan dimulai dengan melakukan identifikasi opsi fitur yang paling memenuhi kebutuhan yang akan dikembangkan. Selanjutnya dilakukan desain basis data secara konseptual, lalu disesuaikan dengan *entity relationship diagram* (ERD) yang sudah dikerjakan pada penelitian Lazuardi (2024). Desain konseptual digunakan untuk pembuatan skema relasional. Skema relasional yang terbentuk dinormalisasi untuk memastikan integritas data yang disimpan. Hasil dari skema relasional setelah dinormalisasi diimplementasikan menjadi ERD.

3.1.4 Pengembangan Modul *Backend*

Pada tahap ini dilakukan implementasi fitur yang akan dilakukan pada modul *backend* dan basis data yang telah dikembangkan pada penelitian Lazuardi (2024). Proses implementasi fitur dan basis data akan dilakukan berdasarkan analisis kebutuhan dan rancangan yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya. Modul *backend* ini akan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *javascript* dengan *framework* *express.js* dalam *runtime environment* *node.js*.

3.1.5 Pengujian dan Pengunggahan Modul *Backend*

Perbandingan hasil penilaian berdasarkan faktor dinamis menggunakan peta SPT dengan peta batas wilayah dilakukan untuk mengetahui hasil perubahan meningkatkan akurasi penilaian. Hasil penilaian berdasarkan rumus perhitungan yang baru juga dibandingkan dengan yang sebelumnya untuk melihat perubahan yang dilakukan apakah meningkatkan hasil penilaian atau tidak. Selanjutnya, modul *backend* juga dilakukan pengujian fungsionalitas dan performa untuk mengetahui apakah sistem yang dikembangkan sudah layak digunakan untuk para pengguna.

Pengujian modul *backend* yang pertama dilakukan menggunakan metode *blackbox testing*. Metode *black box testing* digunakan untuk mengevaluasi fungsionalitas aplikasi secara menyeluruh. Metode ini berfokus pada validasi hasil yang diharapkan melalui pengujian input yang dikirim ke API dan output yang dihasilkan sebagai respons. Dengan pendekatan ini, diharapkan *output* yang dihasilkan sesuai dengan semua skenario pengujian yang dirancang (Syahroni *et al.* 2024). Metode *black box testing* dipilih karena lebih efektif dalam menguji fungsionalitas API karena orientasi pengujian berfokus pada validasi hasil yang didapatkan oleh pengguna. Dalam pengujian ini terdapat 42 skenario yang akan menguji fitur penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis, pengambilan informasi data daerah, dan tutupan lahan untuk peta.

Pengujian fungsionalitas dilakukan dalam dua lingkungan, yakni lingkungan pengembangan dan lingkungan pengujian atau *staging*. Pada lingkungan pengembangan, pengujian dilakukan oleh pengembang *backend*. Apabila pada pengujian pertama sudah mendapatkan hasil yang baik, maka dilanjutkan dengan pengujian pada lingkungan *staging*. Pada lingkungan kedua ini pengujian dilakukan oleh pengembang *frontend* dan *mobile*. Pengujian fungsionalitas dinyatakan berhasil jika semua fitur yang dikembangkan sudah mencapai skenario yang diinginkan.

Selanjutnya dilakukan *stress testing* untuk *endpoint* yang akan sering digunakan oleh pengguna, seperti pengambilan data hasil penilaian kesesuaian lahan faktor dinamis. *Stress testing* merupakan pengujian performa yang

menggunakan pengguna *virtual* untuk melebihi jumlah maksimum pengguna sehingga sistem mengalami *downtime* (Hendayun *et al.* 2023). Pengujian performa perlu dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah memberikan kenyamanan bagi pengguna dengan respon API yang cepat. Pengujian ini akan dilakukan selama 10 menit untuk setiap *endpoint* yang ditujukan untuk pengambilan data hasil penilaian kesesuaian lahan faktor dinamis.

Pengunggahan modul *backend* akan dilakukan ketika pengujian fungsionalitas dalam tahap *development* atau lokal selesai dilakukan oleh peneliti. Pengunggahan modul yang pertama dilakukan untuk masuk ke dalam fase *staging*. Fase ini ditujukan untuk integrasi dan pengujian fungsionalitas oleh pengembang *frontend* dan *mobile*. Apabila sudah selesai, maka pengunggahan dilakukan kembali untuk tahap *production* dimana pengguna sudah bisa mengakses sistem ini.

3.3 Lingkungan Pengembangan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras sebagai berikut:

1. Perangkat keras berupa laptop / *personal computer* dengan spesifikasi:
 - *Processor* Intel Core i5 11th gen
 - *Graphic card* Intel Iris Xe
 - RAM 16 GB
 - Penyimpanan SSD 237 GB
2. Perangkat lunak yang digunakan antara lain:
 - Sistem operasi Windows 11
 - Node.js sebagai *runtime environment*
 - PostgreSQL sebagai *Database Management System*
 - Express.js sebagai *framework backend*
 - Postman dan Swagger sebagai *API documentation*
 - ChatGPT sebagai *tools* tambahan dalam perancangan penulisan

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan fitur pada modul *backend* sistem INA Agro-GARLIC pada penelitian ini berfokus pada pembaharuan dan perbaikan beberapa bagian dari modul *backend* yang telah dikembangkan pada penelitian Lazuardi (2024). Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari empat bagian, meliputi identifikasi dan analisis kebutuhan pengguna, pemodelan modul *backend*, pengembangan modul *backend*, serta pengujian dan pengunggahan modul *backend*.

4.1 Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Pengguna

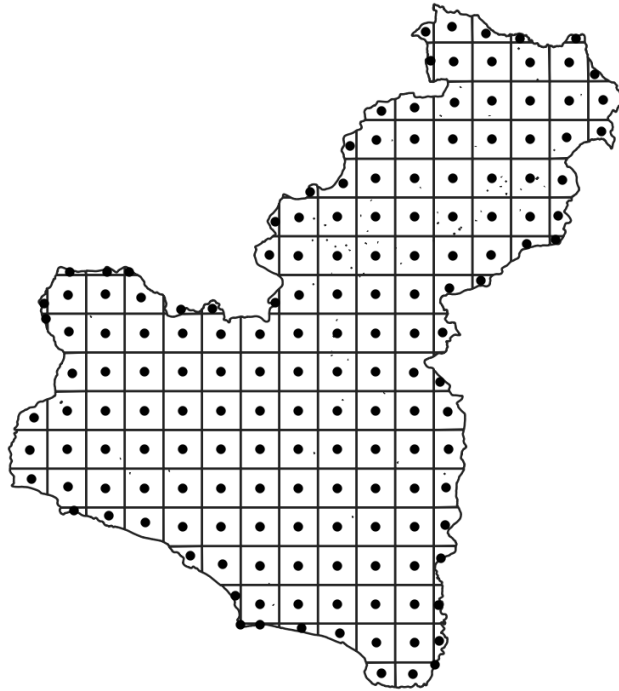
4.1.1 Identifikasi Opsi

Setelah menentukan daftar tugas yang harus dikerjakan pada penelitian ini, dilanjutkan dengan melakukan identifikasi opsi yang paling optimal untuk memenuhi kebutuhan dari fitur yang akan dikembangkan. Identifikasi dilakukan dengan mencari berbagai solusi yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan fitur. Hasil pencarian opsi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Daftar opsi dari setiap fitur

No	Tugas	Opsi	Terpilih
1	Pengambilan data cuaca	Data cuaca menggunakan peta batas wilayah yang diiris dengan suatu grid.	✓
2	Perhitungan penilaian kesesuaian lahan	Mengubah penilaian kesesuaian lahan yang sudah ada menggunakan rumus baru.	✓
3	Penggabungan rekomendasi lahan	Melakukan pengkondisian untuk tiga variabel tanpa mengubah basis data. Mengubah cara penyimpanan faktor syarat tumbuh dan rekomendasi pada basis data.	✓
4	Penambahan tutupan lahan	Menambahkan tutupan lahan dengan format gambar pada basis data. Menambahkan tutupan lahan dengan format raster pada basis data.	✓
5	Pembuatan API informasi nama daerah	Membuat tabel baru di basis data untuk menyimpan data kabupaten sampai desa dan melakukan migrasi data dari API ke tabel yang sudah dibuat.	✓

Terlihat pada Tabel 5, ada beberapa fitur yang memiliki dua opsi pengembangan. Maka dari itu diperlukan diskusi tim peneliti untuk dapat menentukan opsi terbaik bagi fitur yang akan dikembangkan. Untuk kebutuhan fitur pertama opsinya yaitu menggunakan peta batas wilayah kabupaten. Sebelumnya fitur pengambilan data cuaca masih menggunakan peta SPT, namun karena poligon - poligon peta tersebut menggabungkan wilayah yang memiliki karakteristik serupa sehingga seringkali hasilnya tidak sesuai.



Gambar 4 Peta batas wilayah Kab. Garut dengan grid beserta titik tengah



Gambar 5 Peta SPT Kab. Garut beserta titik tengah

Jika dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, peta batas wilayah Kab. Garut yang diterapkan grid memiliki 163 poligon sedangkan peta SPT menghasilkan 49 poligon. Walaupun peta batas wilayah menghasilkan poligon yang lebih banyak tetapi titik tengah yang dihasilkan tiap poligon akan lebih merepresentasikan semua wilayah Kab. Garut. Berbeda dengan peta SPT yang titik tengahnya tidak menyebar dan tidak merepresentasikan semua wilayah. Oleh karena itu, opsi yang akan dipilih

adalah menggunakan peta batas wilayah yang diterapkan grid untuk menilai kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis.

Untuk fitur penggabungan rekomendasi lahan, terdapat dua opsi yakni menambahkan pengkondisian untuk tiga variabel atau mengubah tabel penyimpanan faktor syarat tumbuh dan rekomendasi pada basis data saat ini. Opsi yang dipilih adalah opsi nomor dua. Hal ini dikarenakan opsi kedua memiliki tingkat kesulitan yang lebih ringan dikarenakan hanya perlu menambah pengkondisian ketika melakukan penilaian tanpa merombak basis data yang sudah ada sehingga akan jauh lebih mudah dan memangkas waktu pengerjaan fitur ini.

Untuk fitur keempat, opsi yang dipertimbangkan adalah menyimpan data tutupan lahan dalam format gambar atau raster pada basis data. Berdasarkan hasil diskusi dengan tim peneliti, termasuk pengembang frontend dan mobile, diputuskan bahwa penggunaan format raster kurang efisien. Hal ini disebabkan oleh ukuran data raster yang sangat besar, sekitar 50 MB per wilayah kabupaten, yang berpotensi membuat penyimpanan cepat penuh. Selain itu, format raster memerlukan waktu pemuatan yang lebih lama karena sistem harus memproses setiap poligon dari tutupan lahan secara terpisah. Sebagai alternatif, format gambar dipilih karena ukuran data yang lebih kecil, yaitu sekitar 5 MB per wilayah kabupaten, sehingga lebih hemat ruang penyimpanan dan memberikan waktu pemuatan yang lebih cepat dibandingkan format raster.

4.1.2 Identifikasi Hasil Observasi Ukuran Grid untuk Peta Batas Wilayah

Penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis yang menggunakan peta batas wilayah dengan grid memerlukan penentuan ukuran grid yang optimal untuk memastikan akurasi tinggi dan kecepatan sistem yang efisien. Observasi dilakukan pada tiga daerah prioritas pengembangan bawang putih di Indonesia dengan kategori luas berbeda, yakni besar, sedang, dan kecil. Ukuran grid yang diuji meliputi 5×5 Km, 7.5×7.5 Km, 10×10 Km, dan 12.5×12.5 Km. Kabupaten Banggai di Sulawesi Tengah, dengan luas 8,267 Km², mewakili wilayah terluas, Kabupaten Buru Selatan di Maluku, dengan luas 4,272 Km², mewakili wilayah sedang, dan Kabupaten Bangli di Bali, dengan luas 514 Km², mewakili wilayah terkecil. Hasil observasi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Hasil observasi *grid* 5×5 dan 7.5×7.5

Wilayah	Grid							
	5×5 Km ²				7.5×7.5 Km ²			
	Rows	Insert Geom (s)	Create Observation (s)	Fetch Data (s)	Rows	Insert Geom (s)	Create Observation (s)	Fetch Data (s)
Kab. Bangli	37	0,82	76	0,067	18	0,64	33	0,059
Kab. Buru Selatan	224	1	492	0,24	110	0,65	193	0,15
Kab. Banggai	414	2,4	818	0,36	196	1,4	380	0,29

Tabel 7 Hasil observasi *grid* 10 × 10 dan 12,5 × 12,5

Wilayah	<i>Grid</i>							
	10 × 10 Km ²				12,5 × 12,5 Km ²			
	<i>Rows</i>	<i>Insert Geom (s)</i>	<i>Create Observation (s)</i>	<i>Fetch Data (s)</i>	<i>Rows</i>	<i>Insert Geom (s)</i>	<i>Create Observation (s)</i>	<i>Fetch Data (s)</i>
Kab. Bangli	13	0,5	27	0,05	8	0,52	15	0,04
Kab. Buru Selatan	69	0,6	123	0,12	50	0,44	88	0,086
Kab. Banggai	121	1,1	226	0,24	84	0,8	162	0,2

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa semakin besar grid, jumlah baris data poligon yang dihasilkan akan semakin sedikit. Apabila melihat dari waktu pemrosesan, maka penentuan ukuran grid hanya terfokus kepada kecepatan sistem mengolah data. Namun, untuk memastikan hasil penilaian yang akurat, diperlukan observasi terhadap tingkat akurasi yang dihasilkan oleh berbagai ukuran grid. Hasil observasi menunjukkan bahwa grid berukuran 5 × 5 Km memberikan akurasi terbaik karena lebih mampu merepresentasikan wilayah kecil secara detail. Oleh karena itu, ukuran grid 5 × 5 Km dipilih sebagai standar untuk peta batas wilayah dalam penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis, karena memberikan keseimbangan antara kecepatan pemrosesan data dan akurasi hasil penilaian.

4.2 Pra Proses Data

Pra proses dilakukan dengan mengubah format fail karakteristik tanah yang dimiliki oleh peta SPT. Pada awalnya karakteristik tanah memiliki format fail yang berisi nomor SPT, kode proporsi, klasifikasi lahan, kedalaman tanah, drainase, tekstur tanah, kemasaman tanah, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, jenis tanah, bentuk lahan, bahan induk tanah, relief, dan luas lahan seperti pada Gambar 6.

LEGENDA SATUAN PETA TANAH KABUPATEN MAGELANG								
No. SPT	Satuan Tanah	Proporsi	Landform	Bahan Induk	Relief (% lereng)	Luas		
						Ha	%	
1	Gleisol Distrik, dalam, drainase terhambat, tekstur agak halus, pH agak masam, KTK tinggi, KB sedang (<i>Typic Endoaquepts</i>)	D	Jalur aliran	Endapan liat dan pasir	Agak datar (1-3)	2,388	2.11	
	Kambisol Distrik, dalam, drainase baik, tekstur agak halus, pH masam, KTK dan KB rendah (<i>Typic Dystrudepts</i>)	F						
2	Gleisol Distrik, dalam, drainase terhambat, tekstur agak halus, pH agak masam, KTK tinggi, KB sedang (<i>Typic Endoaquepts</i>)	D	Dataran koluvial	Endapan liat dan pasir	Agak datar (1-3)	2,103	1.86	
	Kambisol Distrik, dalam, drainase baik, tekstur agak halus, pH masam, KTK tinggi dan KB sedang (<i>Typic Dystrudepts</i>)	F						
3	Kambisol Distrik, dalam, drainase baik, tekstur agak halus, pH masam, KTK dan KB rendah (<i>Typic Dystrudepts</i>)	D	Dataran koluvial	Endapan liat dan pasir	Berombak (3-8)	1,558	1.38	
	Kambisol Gleik, dalam, drainase agak terhambat, tekstur agak halus, pH masam, KTK tinggi dan KB sedang (<i>Aquic Dystrudepts</i>)	F						

Gambar 6 Fail karakteristik tanah peta SPT

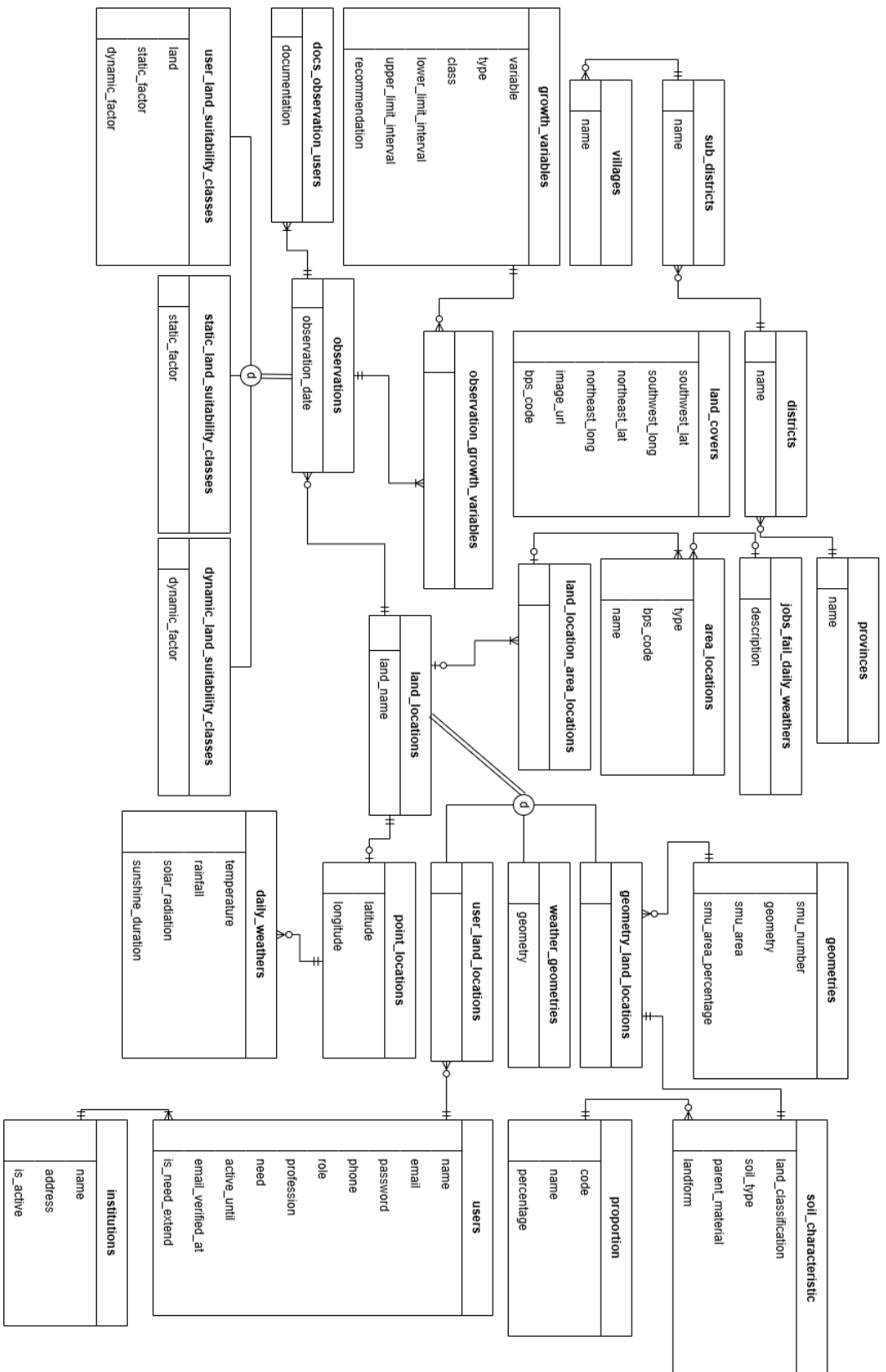
Dari format awal tersebut diubah formatnya menjadi lebih sederhana seperti pada Gambar 7. Tujuannya untuk memudahkan program mengolah informasi karakteristik tanah. Kolom satuan tanah pada Gambar 6 akan dipecah menjadi beberapa kolom pada fail baru, yakni kolom `landClassification`, `soilMineralDepth`, `drainage`, `soilTexture`, `soilAcidity`, `cationExchangeCapacity`, `baseSaturation`, dan `soilType`. Apabila setelah perubahan format terdapat kolom yang tidak terdapat nilainya, maka kolom akan diisi dengan melihat baris data lain yang memiliki karakteristik tanah yang serupa dengan baris data yang kosong tersebut.

no	smu	proportionCode	landClassification	soilMineralDepth	drainage	soilTexture	soilAcidity
1	1 D		Gleisol Distrik	dalam	terhambat	agak halus	agak masam
cationExchangeCapacity			baseSaturation	soilType	landform		
tinggi			sedang	Typic Endoaquepts	Dataran Banjir		
parentMaterial			relief	smuArea	smuAreaPercentage		
Endapan liat dan pasir			Datar	2,203	2.21		

Gambar 7 Fail karakteristik tanah hasil pra proses

4.3 Pemodelan Modul *Backend*

Pemodelan modul *backend* diawali dengan perancangan basis data yang akan digunakan. Perancangan dibuat berdasarkan persyaratan yang sudah ada pada penelitian Lazuardi (2024) dengan tambahan sesuai fitur yang akan dikembangkan. Setiap fitur dilihat apakah membutuhkan penambahan tabel atau terdapat modifikasi tabel yang sudah ada. Hal pertama yang akan dilakukan adalah pembuatan desain secara konseptual. Hasil dari desain konseptual dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Desain konseptual basis data

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

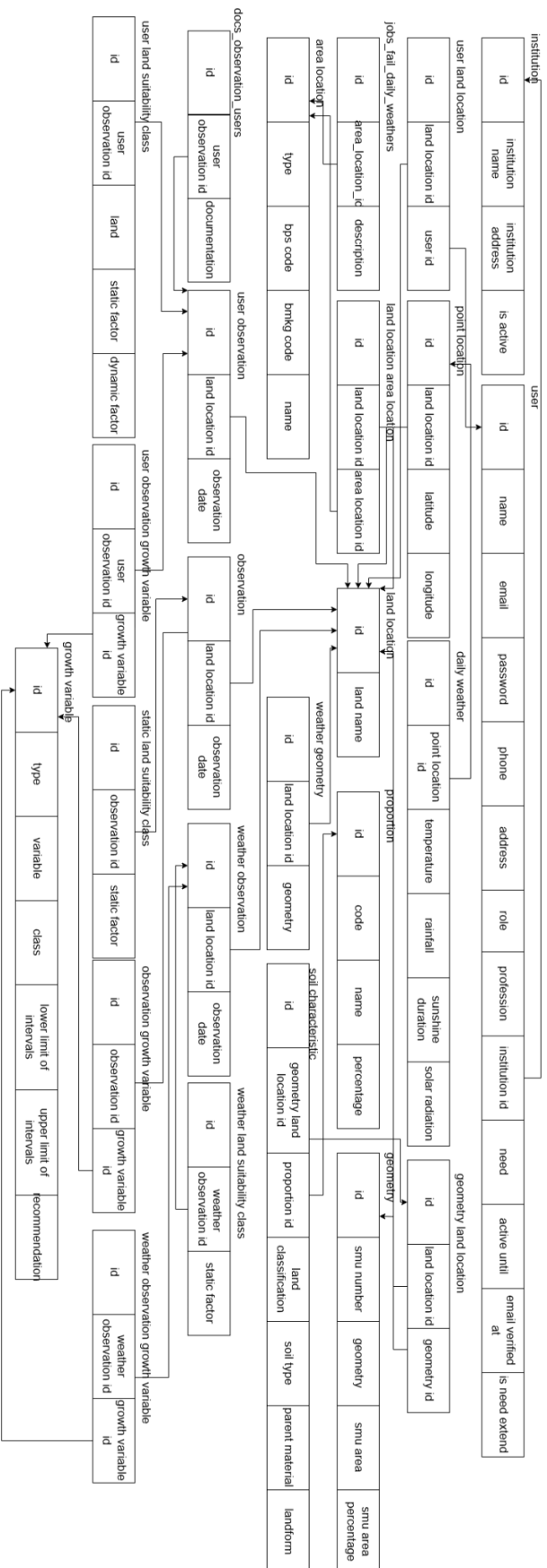
Beberapa perubahan signifikan dilakukan dalam tahapan desain konseptual. Tabel *weather_geometries* ditambahkan untuk menyimpan data geometri peta batas wilayah yang diterapkan *grid*. Selain itu, tabel *land_suitability_classes* yang sebelumnya tunggal dipisah menjadi tiga tabel, yaitu *user_land_suitability_classes* untuk menyimpan hasil penilaian kesesuaian lahan oleh pengguna, *static_land_suitability_classes* untuk menyimpan hasil penilaian berdasarkan faktor statis dari peta SPT, dan *dynamic_land_suitability_classes* untuk menyimpan hasil penilaian berdasarkan faktor dinamis dari peta batas wilayah dengan *grid*.

Tabel *land_locations* memiliki tiga *sub class* yang bersifat *disjoint* sehingga satu lokasi lahan hanya bisa menjadi bagian dari salah satu dari tiga *sub class*. Tabel *observations* juga memiliki tiga *sub class* yang bersifat *disjoint* mengikuti perbedaan jenis observasi yang dilakukan berdasarkan peta SPT, peta batas wilayah, dan penilaian pengguna. Sehingga satu data observasi hanya bisa menjadi salah satu dari *sub class*-nya.

Tabel *land_covers* dirancang untuk menyimpan data tutupan lahan dalam format gambar. Selain itu, tabel *provinces*, *districts*, *sub_districts*, dan *villages* ditambahkan untuk menyimpan informasi wilayah administratif dari tingkat provinsi hingga desa, guna mendukung API informasi nama daerah. Setelah perancangan konseptual selesai, desain ini dikonversi ke dalam skema relasional untuk memungkinkan normalisasi data, memastikan integritas data tetap terjaga. Normalisasi dilakukan pada skema yang sudah dibuat. Tujuan dari normalisasi adalah untuk memastikan bahwa struktur tabel dalam skema relasional memiliki integritas data yang baik serta meminimalkan terjadinya duplikasi data.

Proses ini diawali dengan menghilangkan atribut bernilai ganda atau *multivalued attributes* sehingga menjadi bentuk normal pertama (1NF). Normalisasi dilanjutkan dengan menghapus ketergantungan parsial, yaitu kondisi di mana atribut non-primer hanya bergantung pada salah satu kunci dari *composite primary key*. Sebagai contoh, apabila pada tabel *observation_growth_variable* memiliki dua *primary key*, *observation_id* dan *user_id*, dan terdapat attribute *username* yang hanya bergantung kepada *user_id*. Sehingga itu disebut ketergantungan parsial. Setelah proses ini dilakukan, skema relasional telah memenuhi bentuk normal kedua (2NF). Langkah berikutnya adalah menyempurnakan skema hingga mencapai bentuk normal ketiga (3NF), dengan cara menghilangkan ketergantungan transitif, yaitu ketergantungan tidak langsung antara atribut non-primer terhadap kunci utama melalui atribut non-primer lainnya. Contoh ketergantungan transitif ialah misal pada tabel *user* terdapat *primary key* yaitu *id*, dan terdapat *foreign key* *institution_id*, serta terdapat atribut *institution_name*. *Institution_name* hanya akan bergantung kepada *foreign key* sehingga itu dinamakan ketergantungan transitif yang perlu dihilangkan.





Gambar 9 Skema relasional

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

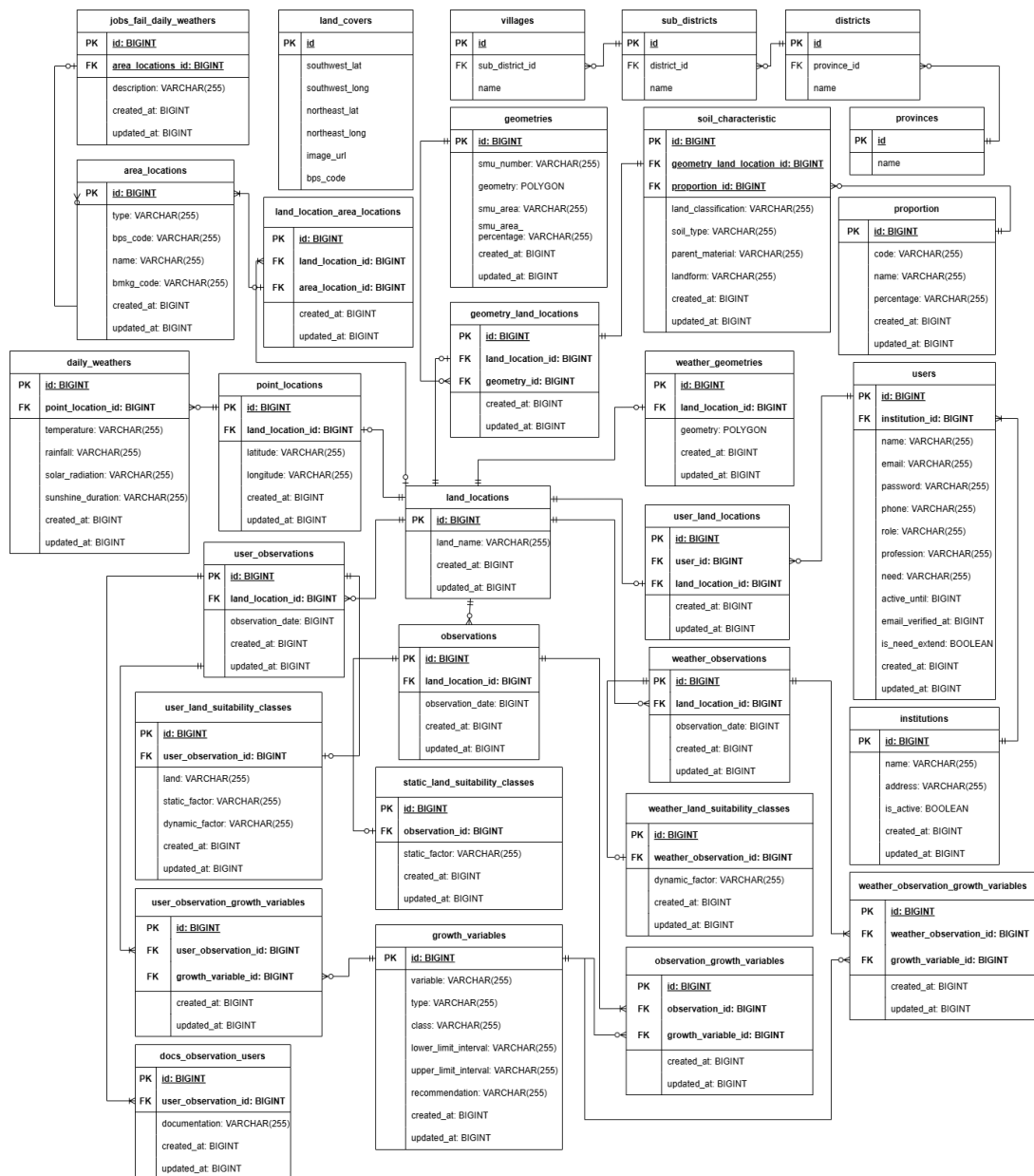
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



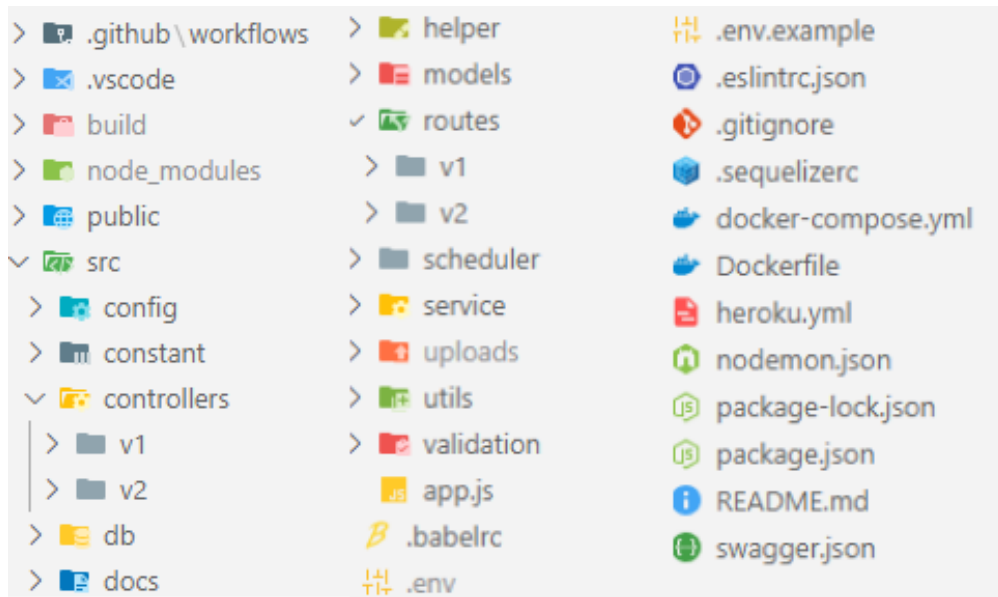


Gambar 10 Entity relationship diagram

Skema relasional yang dibuat telah memenuhi normalisasi bentuk ketiga. Pemodelan dilanjutkan dengan melakukan pembuatan *Entity Relationship Diagram* (ERD) berdasarkan skema relasional yang sudah dibuat. ERD yang telah dibuat pada Gambar 10 akan digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki basis data sistem INA Agro-GARLIC yang sudah ada sebelumnya. Setiap tabel pada ERD ditambahkan kolom *created_at* dan *updated_at* guna menyimpan waktu *input* dan *update* untuk setiap baris.

4.4 Pengembangan Modul *Backend*

Pengembangan modul *backend* diawali dengan mengimplementasikan rancangan basis data yang sudah dibuat sebelumnya. Lampiran 1 menampilkan diagram basis data sistem INA Agro-GARLIC yang sudah diubah sesuai dengan ERD yang dirancang. Pengembangan modul *backend* dilanjut dengan menyiapkan struktur kode program dari modul *backend* yang akan dikembangkan. Persiapan struktur kode program dilakukan untuk memisahkan atau menganalisis kode program lama dengan yang baru. Gambar 11 menampilkan struktur *folder* dari modul *backend* yang dikembangkan.



Gambar 11 Struktur *folder* dari modul *backend*

Kode program yang dikembangkan peneliti akan disimpan dalam folder yang sama dengan penelitian Lazuardi (2024) yakni di dalam *folder* v2. Hal ini dikarenakan perubahan yang dilakukan pada kode program sebelumnya tidak terlalu banyak, hanya penyesuaian penggunaan tabel dari basis data yang diubah. Penelitian ini melanjutkan pengembangan API yang telah berhasil dilakukan oleh Lazuardi (2024) yang tergabung ke dalam 6 bagian, yaitu *Area Location*, *Growth Variable*, *Land Location*, *Daily Weather*, *User*, dan *Daily Weather*.

Pada penelitian ini dilakukan perubahan pada kategori *Land Location*. Sebelumnya kategori tersebut menyimpan pengelolaan penilaian dari pengguna dan peta SPT, saat ini telah dipisah menjadi kategori *User Land Location* dan *Geometry Land Location*. Penambahan kategori API juga dilakukan untuk fitur yang dikembangkan pada penelitian ini. Penambahan ini mencakup *Land Cover* untuk mengelola tutupan lahan, *Location* untuk mengelola informasi daerah, dan *Weather Land Location* untuk mengelola penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis dari peta batas wilayah. Seluruh API yang dikembangkan memiliki *prefix endpoint* “/api/v2” dan setiap kelompok API memiliki prefix tambahan seperti untuk kelompok API “User Land Location” maka *prefix endpoint*-nya adalah “/api/v2/land-location/user”.

4.4.1 Kelompok API Weather Land Location

Kelompok API *Weather Land Location* memiliki 6 API. Tujuan kelompok API ini adalah untuk mengelola data penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis yang menggunakan peta batas wilayah. Rincian API yang ada pada kelompok ini dapat dilihat pada Tabel 8. *Prefix endpoint* pada kelompok ini adalah “api/v2/land-location/weatherGeometry”.

Tabel 8 Daftar rincian API kelompok weather land location

Endpoint	Metode	Minimum Role	Deskripsi
/	POST	Admin	Menambahkan data peta batas wilayah
/	DELETE	Admin	Menghapus data peta batas wilayah beserta penilaiannya
/createObservation	GET	Admin	Melakukan penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis menggunakan peta batas wilayah
/	GET	Tidak ada	Mendapatkan seluruh data kelas kesesuaian lahan dari peta batas wilayah
/detail	GET	Tidak ada	Mendapatkan seluruh data kelas kesesuaian lahan beserta rincian nilai setiap faktor penilaian dari peta batas wilayah
/elevation	GET	Tidak ada	Mendapatkan seluruh data elevasi dari peta batas wilayah

Secara umum kelompok API ini memiliki 2 tujuan. Tujuan pertama ialah untuk mengelola data penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis menggunakan peta batas wilayah. Pengelolaan data termasuk melakukan penambahan data peta, penilaian kesesuaian lahan, dan penghapusan data peta beserta penilaiannya. Tujuan kedua adalah untuk mengambil data hasil penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis. Terdapat tiga pilihan pengambilan data hasil penilaian, yakni pengambilan data secara umum atau hanya mengambil kelas kesesuaian setelah agregasi, pengambilan data secara detail dengan dapat melihat nilai setiap faktor syarat tumbuh, dan pengambilan data elevasi.

Ketiga API yang ditujukan untuk pengambilan data tidak membutuhkan otorisasi secara spesifik karena pengambilan data ini dapat dilihat seluruh pengguna tanpa harus melakukan otentikasi. Ketiga API ini memiliki dua *query* yang perlu diisi salah satunya untuk pengambilan data, yakni “bpsCode” dan “landLocationId”. Salah satu *Query* tersebut harus diisi untuk pengambilan data penilaian lahan secara spesifik untuk suatu lokasi. Apabila *query* tidak ada yang diisi, maka API akan mengembalikan pesan *error* yang dapat dilihat pada Gambar 12, dengan status kode 400 yang berarti *server* tidak bisa menerima permintaan karena tidak sesuai spesifikasi.

```

{
  "success": false,
  "errors": [
    {
      "source": "districtCode",
      "message": "Invalid value"
    },
    {
      "source": "landLocationId",
      "message": "Invalid value"
    }
  ]
}

```

Gambar 12 Contoh respon API apabila *query* dikosongkan

Apabila *query* diisi namun tidak sesuai dengan apa yang ada di basis data, maka *server* mengembalikan status kode 400 dengan pesan yang dapat dilihat pada Gambar 13. Selanjutnya, apabila permintaan yang dikirim sudah sesuai, maka *server* akan mengirimkan respon kode 200 dengan pesan yang mengembalikan data lahan beserta penilaiannya. Penilaian diletakkan dalam objek *weatherLandSuitabilityClass* yang ada di dalam objek *weatherObservation*. Rincian pesan dapat dilihat pada Gambar 14.

```

{
  "success": false,
  "errors": [
    {
      "source": "districtCode",
      "message": "Must Exists"
    }
  ]
}

```

Gambar 13 Contoh respon API apabila *query* tidak sesuai

Ketiga API akan memberikan respon sukses berisi informasi lengkap mulai dari nama lahan, data geometri, waktu penilaian, dan hasil penilaian kesesuaian lahan seperti pada Gambar 14. Ketiga API ini memiliki *query* yang kompleks karna memerlukan *join table* yang cukup banyak. Umumnya *Query* diawali dengan mencari data nama lahan yang dibutuhkan dari tabel *landLocations*, lalu dari id nama lahan tersebut dilakukan *join table* dengan tabel *weatherGeometry*, *areaLocations*, *pointLocations*, *weatherObservation*. Dari id *weatherObservation* yang didapatkan, dilakukan *join table* kembali dengan tabel *weatherLandSuitabilityClass*, *weatherObservationGrowthVariable*. Id dari *weatherObservationGrowthVariable* juga digunakan kembali untuk *join table* dengan *growthVariable*. Untuk API “/detail” akan menambahkan object “*weatherObservationGrowthVariable*”, dimana isinya adalah hasil penilaian untuk

setiap syarat tumbuh bawang putih untuk faktor dinamis. Pada API “/elevasi” akan mengubah object “weatherObservations” menjadi object “elevation” yang berisi nilai elevasi untuk lokasi tersebut.

```

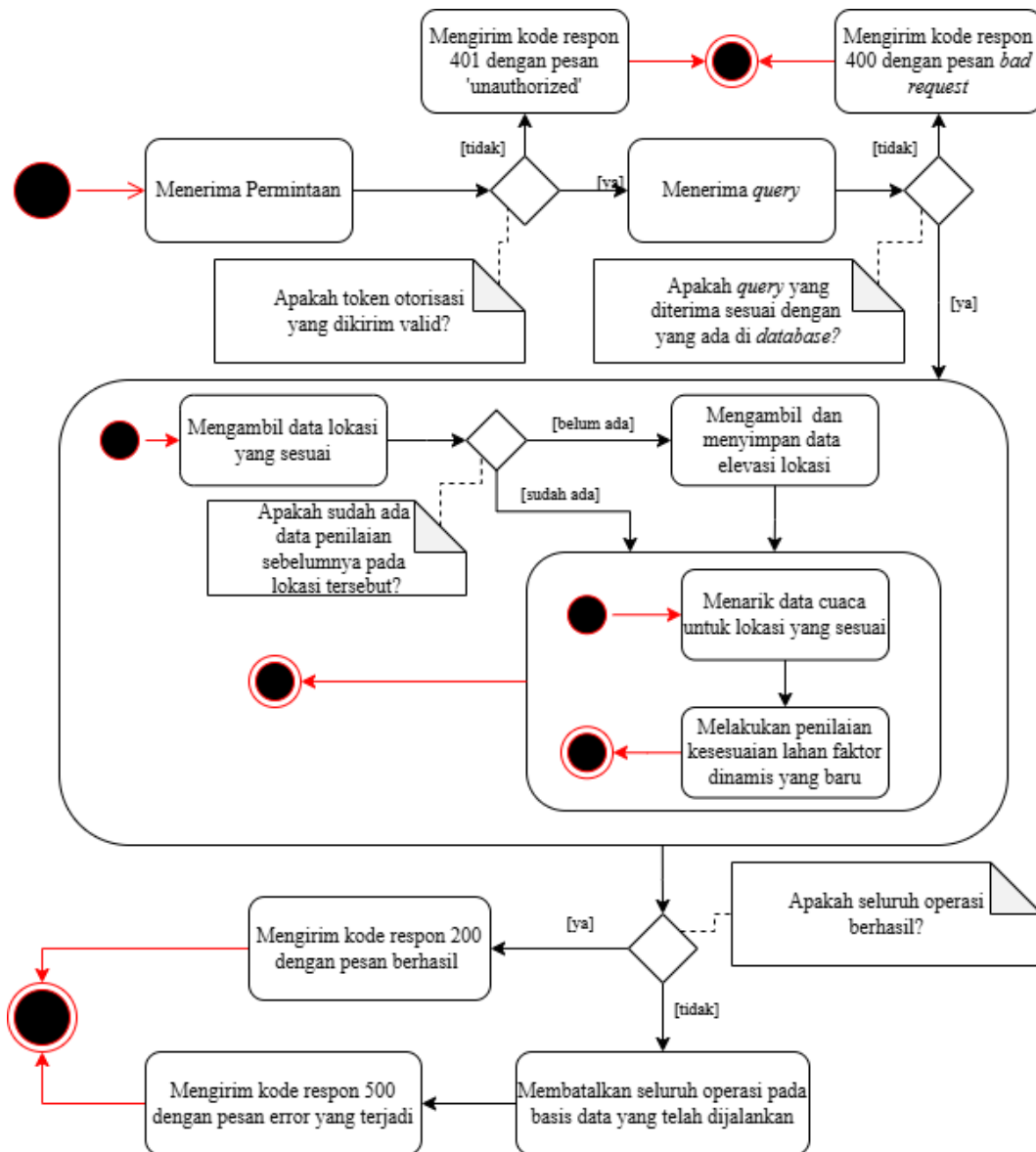
"success": true,
"data": {
  "landLocations": [
    {
      "id": "51240",
      "landName": "000-32-3205-29",
      "createdAt": "1733728880923",
      "updatedAt": "1733728880923",
      "weatherGeometry": {
        "geometry": { ... },
        "createdAt": "1733728880941",
        "updatedAt": "1733728880941"
      },
      "areaLocations": [ ... ],
      "pointLocation": { ... },
      "weatherObservations": {
        "id": "1418",
        "observationDate": "1733728881084",
        "createdAt": "1733728881100",
        "updatedAt": "1733728881100",
        "weatherLandSuitabilityClass": { ... }
      }
    }
  ],
  "weatherLandSuitabilityClass": { ... }
}

```

Gambar 14 Contoh respon berhasil dari API

Selanjutnya, untuk API penambahan data lahan dari peta batas wilayah, admin perlu mengirimkan beberapa data di dalam *request body*, seperti kode provinsi dan kabupaten, nama provinsi dan kabupaten, serta fail pendukung seperti fail shp, shx, dbf, dan prj untuk menyimpan data geometri yang dibutuhkan. Proses yang dijalankan API ini hanya melakukan penyimpanan data lokasi lahan beserta geometrinya. Untuk proses penilaian lahan dilakukan di API yang berbeda untuk mencegah API berjalan terlalu lama.

Untuk API yang melakukan proses penilaian lahan, admin cukup memasukkan kode kabupaten dalam *query* yang disiapkan dan proses akan mengikuti *activity diagram* pada Gambar 15. API nanti akan melakukan pengecekan apakah daerah tersebut sudah ada penilaian sebelumnya. Jika sudah, maka proses yang dilakukan cukup melakukan penilaian ulang. Namun, jika belum pernah melakukan penilaian, maka proses pengambilan data elevasi untuk daerah itu akan dilakukan terlebih dahulu.



Gambar 15 Activity diagram API untuk melakukan penilaian faktor dinamis

Untuk melakukan penghapusan data lokasi lahan, admin cukup memasukkan kode kabupaten dan provinsi yang ingin dihapus ke dalam *request body*. Penghapusan data lokasi lahan juga termasuk menghapus penilaian yang sudah pernah dilakukan pada lokasi tersebut. Hal ini ditujukan agar ukuran basis data tetap terjaga, tidak ada data yang tidak digunakan namun tetap disimpan.

4.4.2 Kelompok API Land Cover

Kelompok API ini memiliki 3 API. Tujuan dari kelompok API ini adalah untuk melakukan pengelolaan data peta tutupan lahan. Peta tutupan lahan merupakan peta yang menampilkan informasi spasial mengenai tipe lahan pada lokasi tersebut. Rincian API yang dikembangkan pada kelompok ini dapat dilihat pada Tabel 9. *Prefix endpoint* pada kelompok ini adalah *"/api/v2/land-cover"*

Tabel 9 Daftar rincian API kelompok *land cover*

Endpoint	Metode	Minimum Role	Deskripsi
/	POST	Admin	Menambahkan data peta tutupan lahan
/ {bpsCode}	DELETE	Admin	Menghapus data peta tutupan lahan
/	GET	Admin	Mendapatkan seluruh data peta tutupan lahan yang tersedia pada basis data

Dalam melakukan penambahan data peta tutupan lahan, admin perlu mengirimkan beberapa data ke dalam *request body*. Data yang perlu dikirim diantaranya fail gambar tutupan lahan suatu kabupaten, informasi kode kabupaten, dan informasi koordinat *bounding box* untuk wilayah tersebut. Koordinat *bounding box* dibutuhkan untuk bisa meletakkan lapisan tutupan lahan yang sesuai pada *basemap* yang digunakan. Data yang dikirim tidak divalidasi di dalam sistem karena yang melakukan penambahan data peta ini adalah pengguna yang terotorisasi sebagai admin.

Apabila *request body* tidak diisi sempurna, maka API akan mengembalikan pesan *error* mengikuti apa yang tidak ada dalam *request body* seperti pada Gambar 16. Apabila kode kabupaten yang dikirim sudah ada data tutupan lahannya, maka API akan mengembalikan pesan yang dapat dilihat pada Gambar 17. Apabila *request body* yang dikirim sesuai, maka API akan mengirimkan respon sukses yang dapat dilihat pada Gambar 18. Gambar peta tutupan lahan yang berhasil dikirim, disimpan ke dalam *cloud storage*.

```
{
  "success": false,
  "errors": [
    {
      "source": "southwestLat",
      "message": "Must not null"
    }
  ]
}
```

Gambar 16 Contoh respon API apabila *request body* tidak lengkap

```
{
  "success": false,
  "errors": [
    {
      "source": "bpsCode",
      "message": "Already Exist!"
    }
  ]
}
```

Gambar 17 Contoh respon API apabila data sudah ada dalam basis data

```

{
  "success": true,
  "data": {
    "id": "24",
    "bpsCode": "3215",
    "southwestLat": "-6.84366497091094",
    "southwestLong": "109.921828137967",
    "northeastLat": "-7.20318105496878",
    "northeastLong": "110.356680781706",
    "imageUrl": "dev/1742478025716-landCover-3215-bangli-2071620.png",
    "updatedAt": "1742478025717",
    "createdAt": "1742478025717"
  }
}

```

Gambar 18 Contoh respon sukses dari API

Selanjutnya, untuk menghapus data tutupan lahan, admin cukup mengirimkan kode kabupaten yang ingin dihapus ke dalam parameter API. Apabila kode kabupaten tidak sesuai dengan apa yang ada di basis data, maka API akan mengembalikan kode status 400 dengan pesan *error* seperti pada Gambar 19. Ketidaksesuaian kode kabupaten bisa terjadi karena dua hal, yakni tidak ada data tutupan lahan untuk kode tersebut atau kode kabupaten tidak valid. Apabila kode kabupaten sesuai dan data tutupan lahan untuk kabupaten tersebut tersedia, API akan mengembalikan kode status 200 dengan pesan yang menginformasikan bahwa data berhasil dihapus seperti pada Gambar 20.

```

{
  "success": false,
  "errors": [
    {
      "source": "bpsCode",
      "message": "Land Cover Must Exists/Wrong BPS Code"
    }
  ]
}

```

Gambar 19 Contoh respon API dengan kode kabupaten yang tidak sesuai

```

{
  "success": true,
  "data": "Success delete land cover for 3215"
}

```

Gambar 20 Contoh respon sukses dari API

Selanjutnya, API untuk mendapatkan seluruh data peta tutupan lahan dapat digunakan oleh admin saja. Otorisasi admin diperlukan karena API ini hanya dibutuhkan oleh admin untuk memvalidasi ketersediaan data peta tutupan lahan. Respon dari API ini berupa *list* data peta tutupan lahan yang ada dalam basis data. Setiap list berisi informasi kode kabupaten, koordinat *bounding box*, dan dokumentasi gambar. Detail dari respon API dapat dilihat pada Gambar 21.

```

{
  "success": true,
  "data": [
    {
      "id": "1",
      "bpsCode": "3324",
      "southwest": [
        "-6.84366497091094",
        "109.921828137967"
      ],
      "northeast": [
        "-7.20318105496878",
        "110.356680781706"
      ],
      "imageUrl": "documentation-garlic/1729168947934-landCover-3324-kendal-1293517.png"
    },
    ...
  ],
}

```

Gambar 21 Contoh respon API pengambilan data peta tutupan lahan

4.4.3 Kelompok API *Location*

Kelompok API lokasi memiliki 4 API. Setiap API bertujuan untuk mengambil informasi daerah yang dicari. Informasi daerah digunakan oleh pengguna dalam melakukan penilaian suatu lahan. Pengguna perlu memasukkan nama daerah dari lokasi tersebut, mulai dari nama provinsi, kabupaten atau kota, kecamatan, dan desa. Sebelumnya, sistem menggunakan *third-party* API untuk mengambil informasi daerah yang dibutuhkan. Namun, API tersebut seringkali non-aktif tanpa sebab sehingga membuat pengguna tidak bisa melakukan pengisian informasi daerah. Oleh karena itu, sebelum membuat kelompok API lokasi, peneliti melakukan migrasi semua informasi daerah dari API tersebut ke dalam basis data INA Agro-GARLIC. Setelah migrasi dilakukan, API dibuat untuk tiap level informasi daerah mulai dari provinsi hingga desa. Rincian API yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 10. *Prefix endpoint* pada kelompok ini adalah “/api/v2/location”.

Tabel 10 Daftar rincian API kelompok *location*

Endpoint	Metode	Minimum Role	Deskripsi
/province	GET	User	Mendapatkan data provinsi yang tersedia
/district/{provinceId}	GET	User	Mendapatkan data kabupaten atau kota yang tersedia
/subdistrict/{districtId}	GET	User	Mendapatkan data kecamatan yang tersedia
/village/{subDistrictId}	GET	User	Mendapatkan data desa atau kelurahan yang tersedia

Untuk pengambilan data provinsi, tidak ada *query* atau parameter yang perlu diisi oleh pengguna. API akan mengembalikan semua data provinsi yang ada di Indonesia. Respon dari API provinsi dapat dilihat pada Gambar 22.

```

{
  "success": true,
  "data": [
    {
      "id": "11",
      "name": "Aceh"
    },
    {
      "id": "12",
      "name": "Sumatera Utara"
    },
    {
      "id": "13",
      "name": "Sumatera Barat"
    },
    { ...
  ],
}

```

Gambar 22 Contoh respon API pengambilan data provinsi

Pada Gambar 22, API mengirimkan 2 jenis data, yakni id dan nama provinsi. Id akan digunakan kembali pada pengambilan data selanjutnya, yakni data kabupaten. Pada *endpoint* kabupaten, pengguna perlu memasukkan id provinsi yang dipilih sebelumnya. Tujuannya adalah untuk melakukan penyaringan data kabupaten dalam basis data. Sehingga *endpoint* hanya akan mengirimkan kabupaten yang berada dalam provinsi tersebut. Pengguna perlu memasukkan parameter id provinsi ke dalam *path* API. Untuk dua *endpoint* lain, kecamatan dan desa, pengguna juga perlu memasukkan parameter id dari wilayah di atasnya. Dan respon yang dikembalikan oleh API memiliki format yang sama, yakni terdapat id dari daerah tersebut, id wilayah di atasnya, dan nama daerah.

4.4.4 Perubahan Perhitungan Penilaian Kesesuaian Lahan

Perubahan perhitungan dilakukan dengan mengubah rumus yang berada dalam sistem menjadi yang terbaru setelah berdiskusi dengan pakar. Penilaian yang sebelumnya dilakukan berdasarkan 3 kelompok faktor diubah menjadi berdasarkan 2 faktor saja, yakni faktor statis dan faktor dinamis. Pembobotan diubah oleh pakar, Prof. Dr. Ir. Sobir, M.Si, dimana faktor dinamis memiliki bobot 15% sedangkan faktor statis memiliki bobot 85% seperti pada Gambar 23. Gambar 24 menunjukkan fungsi penilaian telah diubah menjadi berdasarkan faktor dan pembobotan yang baru. Setelah itu hasil penilaian kesesuaian lahan merupakan gabungan dari faktor statis dan dinamis.

Faktor	Variabel Syarat Tumbuh	Bobot
Faktor Statis (85%)	Elevasi	25%
	Kejuhan Basa	12%
	Kedalaman Mineral Tanah	12%
	Kemasaman Tanah	12%
	Drainase	12%
	Kapasitas Tukar Kation	12%
	Tekstur Tanah	12%
	Relief	3%
Faktor Dinamis (15%)	Temperatur	35%
	Curah Hujan	35%
	Lama Penyinaran	15%
	Radiasi Penyinaran	15%

Gambar 23 Rumus penilaian faktor statis dan dinamis

```

export function classificationUser(growthVariables) {
  const {
    soilMineralDepth, drainage, soilTexture, soilAcidity, cationExchangeCapacity,
    baseSaturation, relief, temperature, sunshineDuration, solarRadiation, elevation, rainfall,
  } = growthVariables;

  const staticFactor = Number((elevation * 0.25 + baseSaturation * 0.12 + soilMineralDepth * 0.12
    + soilAcidity * 0.12 + drainage * 0.12 + cationExchangeCapacity * 0.12 + soilTexture * 0.12 + relief * 0.03).toFixed(2));
  const dynamicFactor = Number((rainfall * 0.35 + sunshineDuration * 0.35 + solarRadiation * 0.15 + temperature * 0.15).toFixed(2));
  let classificationResult = Number((staticFactor*0.85 + dynamicFactor*0.15).toFixed(2));

  if (elevation == 0){
    classificationResult = 1
  }

  return {
    staticFactor,
    dynamicFactor,
    land: classificationResult,
  };
}

```

Gambar 24 Fungsi penilaian setelah perubahan

Lalu karena penilaian kesesuaian lahan pada sistem saat ini menggunakan dua peta yang berbeda, faktor statis menggunakan peta SPT dan faktor dinamis menggunakan peta batas wilayah, maka terdapat dua fungsi penilaian baru khusus untuk melakukan penilaian per faktor. Masing-masing fungsi penilaian per faktor mengikuti faktor penilaian yang sudah ada, hanya saja mengambil cara penilaian untuk satu faktor saja. Masing - masing fungsi dapat dilihat pada Gambar 25 dan Gambar 26.

```

export function staticClassification(growthVariables) {
  const {
    soilMineralDepth, drainage, soilTexture, soilAcidity, cationExchangeCapacity,
    baseSaturation, relief
  } = growthVariables;

  const staticFactor = Number((baseSaturation * 0.16 + soilMineralDepth * 0.16 + soilAcidity * 0.16 + drainage * 0.16
    + cationExchangeCapacity * 0.16 + soilTexture * 0.16 + relief * 0.04).toFixed(2));

  return {
    staticFactor
  }
}

```

Gambar 25 Fungsi penilaian faktor statis


```
const { temperature, sunshineDuration, solarRadiation, rainfall } = growthVariables;

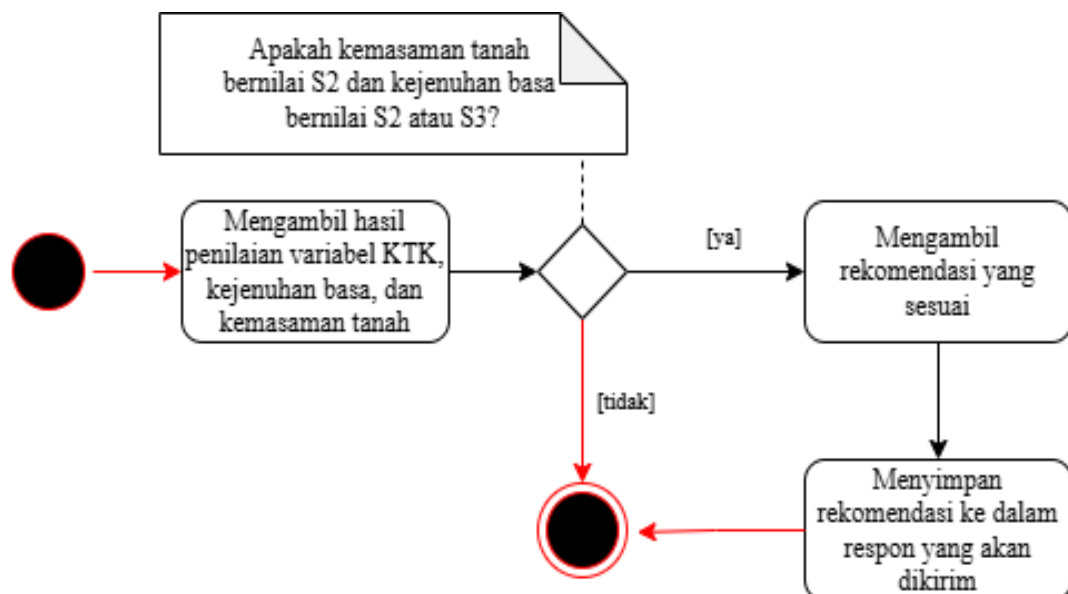
const dynamicFactor = Number((rainfall * 0.35 + sunshineDuration * 0.35 + solarRadiation * 0.15 +
    temperature * 0.15).toFixed(2));

return {
    dynamicFactor
};
```

Gambar 26 Fungsi penilaian faktor dinamis

4.4.5 Penggabungan Rekomendasi Lahan

Penggabungan rekomendasi lahan dimulai ketika proses penilaian lahan pengguna dimulai. Tiga faktor yakni, kapasitas tukar kation, kemasaman tanah, dan kejenuhan basa, akan masuk ke dalam pengecekan untuk mengetahui apakah penggabungan rekomendasi diperlukan atau tidak. Proses pemberian rekomendasi gabungan dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27 Activity diagram penggabungan rekomendasi lahan

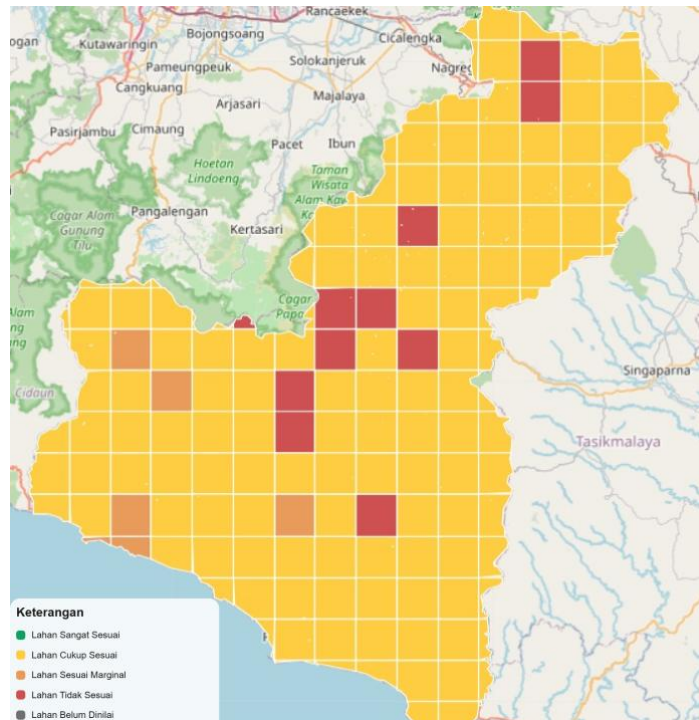
Penggabungan rekomendasi lahan yang dilakukan tidak mengubah informasi di dalam basis data. Manipulasi respon yang dikirim oleh server lebih memudahkan dan mempercepat pengerjaan fitur dibandingkan dengan mengubah basis data untuk menyesuaikan rekomendasi untuk kasus tertentu. Pengambilan rekomendasi dilakukan dengan cara mengambil rekomendasi dari data rekomendasi yang dibuat. Data rekomendasi disusun dalam bentuk *nested object*, di mana tingkat pertama adalah nilai dari variabel KTK dan tingkat kedua adalah nilai dari variabel kejenuhan basa. Setiap kombinasi nilai memiliki rekomendasi spesifik yang sudah ditentukan sebelumnya berdasarkan diskusi oleh pakar.

4.5 Pengujian dan Pengunggahan Modul *Backend*

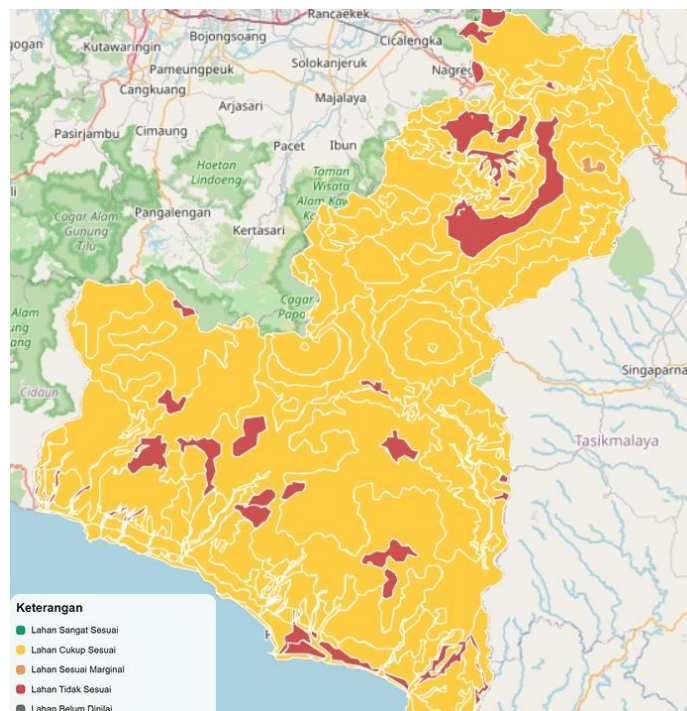
4.5.1 Pengujian Modul *Backend*

Pengujian pertama dilakukan untuk fitur pengambilan data cuaca dengan membandingkan hasil data cuaca berdasarkan dua pendekatan peta yang berbeda,

yaitu menggunakan peta batas wilayah yang telah diterapkan grid dan peta SPT. Perbandingan dimulai dengan melakukan input data peta batas wilayah dan peta SPT wilayah Kab. Garut dan mengambil data cuaca untuk dua peta tersebut. Selanjutnya, penilaian kesesuaian lahan dilakukan untuk kedua peta tersebut. Perbandingan hasil penilaian difokuskan pada satu parameter, yaitu curah hujan, yang dinilai pada bulan September 2024.



Gambar 28 Penilaian faktor curah hujan peta batas wilayah



Gambar 29 Penilaian faktor curah hujan peta SPT

Berdasarkan Gambar 28 dan 29, dapat dilihat bahwa perbedaan hasil penilaian sangat terlihat. Agar memastikan perubahan peta yang dilakukan tepat dan meningkatkan akurasi penilaian, maka dilakukan pengambilan data untuk beberapa titik pada peta garut seperti Gambar 30 dan dilakukan perbandingan peta mana yang lebih akurat dan sesuai pada titik itu.



Gambar 30 Pengambilan suatu titik pada peta Kab. Garut

Pengambilan data curah hujan dilakukan menggunakan lima titik uji seperti Gambar 30. Titik pertama berada di paling atas sampai titik kelima berada di paling bawah. Hasil dari pengambilan data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil pengambilan curah hujan beberapa titik

Titik Uji	Total Curah Hujan (mm)	Kelas
Titik 1	138,778	S2
Titik 2	142,445	S2
Titik 3	132,5	S2
Titik 4	129,7	S2
Titik 5	38,5	N

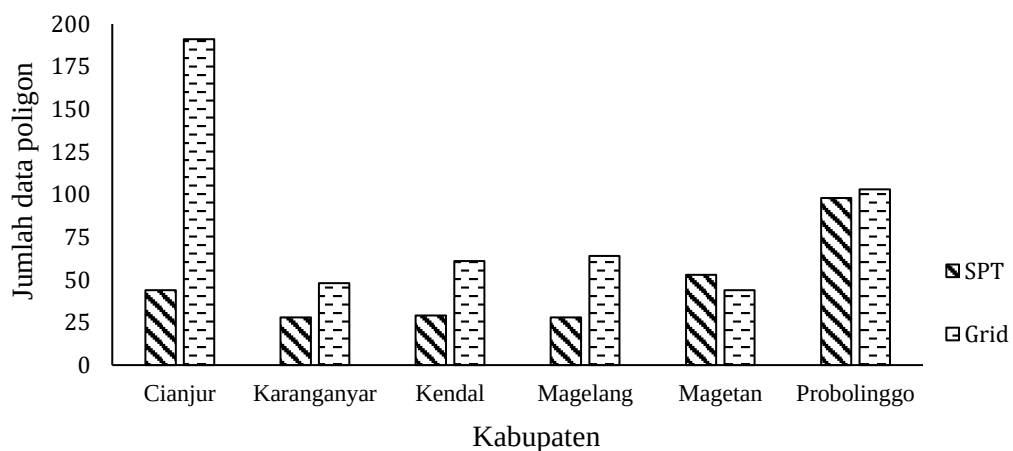
Dari 5 titik yang diuji, jika dibandingkan menggunakan dua peta di atas, maka empat titik pertama sesuai dengan hasil peta batas wilayah menggunakan grid, yakni sama-sama menghasilkan nilai S2 yang jika divisualisasikan akan berwarna kuning. Dan titik kelima sesuai dengan peta SPT karena bernilai N yang divisualisasikan berwarna merah. Untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih kuat, dilakukan pengujian perbandingan waktu dan akurasi antara peta batas wilayah

dengan peta SPT dalam penilaian kesesuaian lahan berdasarkan faktor dinamis menggunakan beberapa wilayah.

Tabel 12 Hasil observasi jenis peta beberapa wilayah

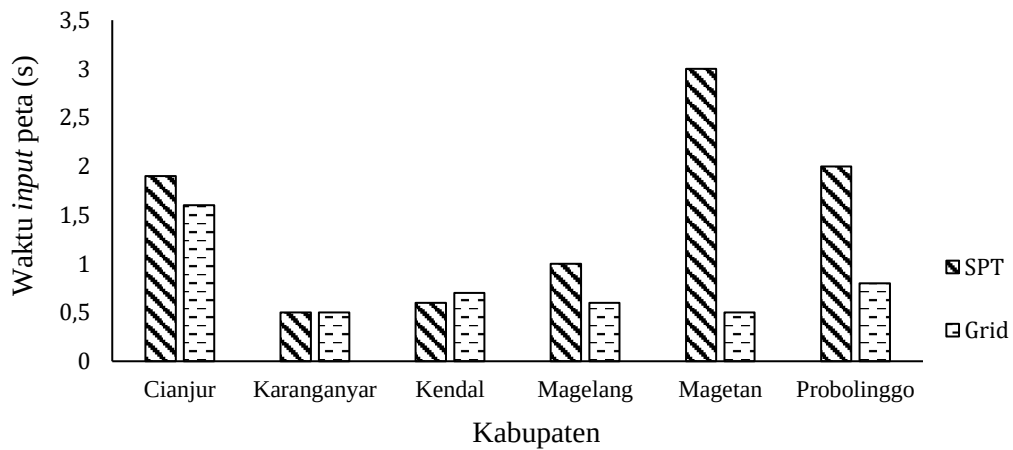
Kabupaten	Jenis Peta	Rows	Input Peta (s)	Daily Weather (s)	Create Observation (s)	Fetch Detail Data (s)
Cianjur	SPT	44	1,9	22	22	0,6
	Grid	191	1,6	60	14	0,6
Karanganyar	SPT	28	0,5	10,5	0,5	0,2
	Grid	48	0,5	20	1,3	0,3
Kendal	SPT	29	0,6	11	0,4	0,3
	Grid	61	0,7	22	1,1	0,3
Magelang	SPT	28	1	12	0,5	0,5
	Grid	64	0,6	24	1,5	0,2
Magetan	SPT	53	3	18	1	0,5
	Grid	44	0,5	17,5	0,8	0,1
Probolinggo	SPT	98	2	35	3	0,8
	Grid	103	0,8	36	3	0,2

Untuk pengujian waktu, digunakan 6 kabupaten yang tersedia, yakni Kab. Cianjur, Kab. Karanganyar, Kab. Kendal, Kab. Magelang, Kab. Magetan, Kab. Probolinggo. Enam kabupaten ini dimasukkan ke dalam sistem dengan 2 jenis peta yang berbeda yakni, SPT dan batas wilayah. Perbandingan dilakukan untuk 5 parameter yakni jumlah data poligon yang dihasilkan, waktu *input* peta ke dalam sistem, waktu pengambilan data cuaca, waktu penilaian kesesuaian lahan, dan waktu pengambilan data penilaian secara rinci dari API. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 12.



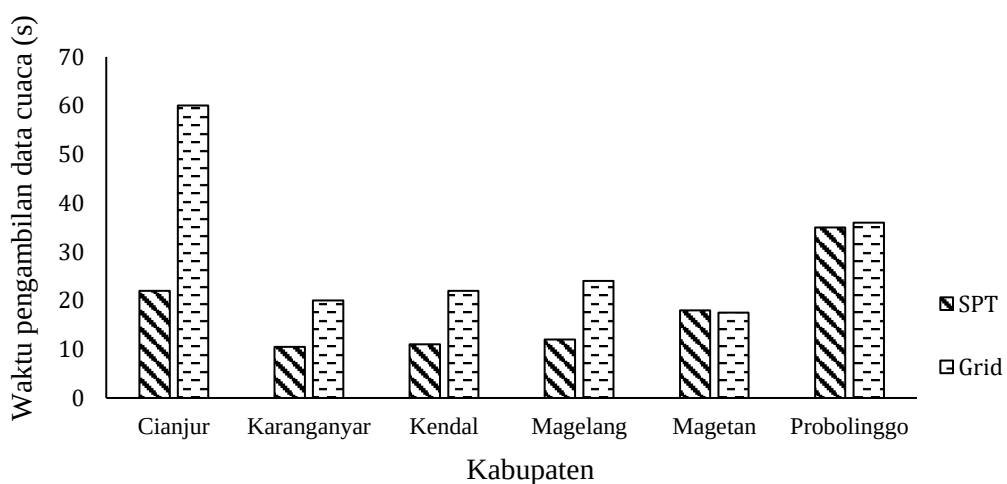
Gambar 31 Grafik perbedaan jumlah data poligon

Berdasarkan Gambar 31, secara umum jumlah poligon pada peta *grid* lebih banyak dibandingkan peta SPT di setiap wilayah. Seperti Kab. Cianjur, poligon peta *grid* menghasilkan 191 data, yang mana ini naik lebih dari 300% dibandingkan poligon SPT yang hanya 44 data. Kabupaten lain juga rata-rata terjadi kenaikan 100% dari data peta sebelumnya. Kenaikan terjadi karena metode *grid* menghasilkan lebih banyak wilayah kecil dibandingkan peta sebelumnya.

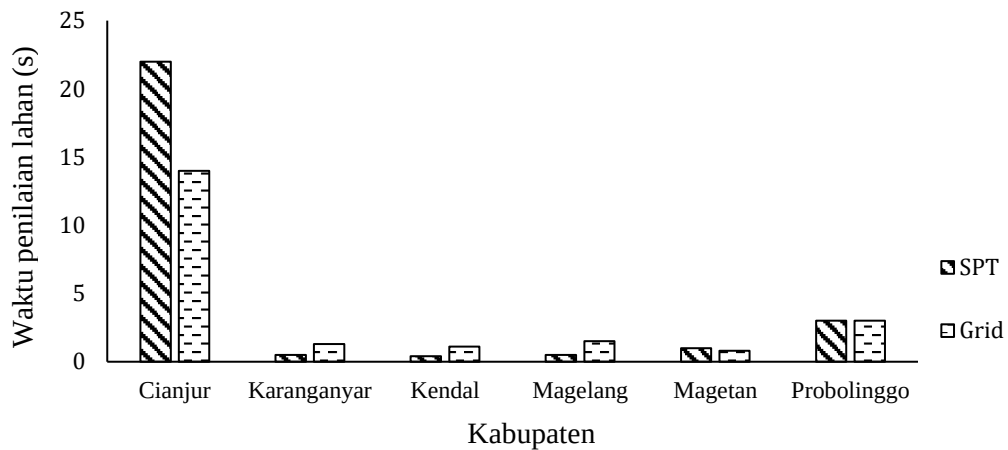


Gambar 32 Grafik perbedaan waktu *input* peta

Selanjutnya berdasarkan Gambar 32, waktu yang dibutuhkan untuk *input* peta ke dalam sistem menunjukkan variasi. Secara umum, peta *grid* memberikan waktu *input* yang lebih kecil atau sama dengan waktu yang dibutuhkan peta SPT. Sebagai contoh, peta *grid* pada Kab. Magetan membutuhkan waktu yang lebih sedikit, 0,5 detik, dibandingkan peta SPT-nya yang membutuhkan 3 detik. Namun, peta *grid* di Kab. Kendal membutuhkan waktu 0,1 detik lebih lama dibandingkan peta SPT. Secara keseluruhan, peta *grid* rata-rata lebih cepat 25%.



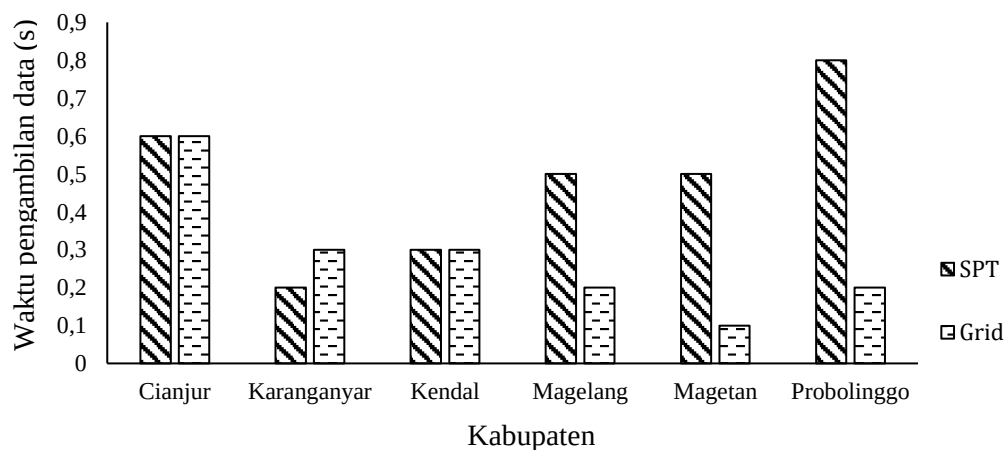
Gambar 33 Grafik perbedaan waktu pengambilan data cuaca



Gambar 34 Grafik perbedaan waktu penilaian kesesuaian lahan faktor dinamis

Berdasarkan Gambar 33, untuk parameter pengambilan data cuaca, waktu yang dibutuhkan peta *grid* lebih lama dibandingkan peta SPT. Seperti pada Kab. Cianjur, waktu yang dibutuhkan peta *grid* meningkat 172% dari 22 detik yang digunakan peta SPT menjadi 60 detik waktu yang dibutuhkan. Secara keseluruhan, rata-rata waktu yang dibutuhkan peta SPT ialah 18 detik, sedangkan peta *grid* ialah 29,9 detik. Hal ini menunjukkan bahwa peta *grid* lebih lambat 65,5% dibandingkan peta SPT.

Selanjutnya, berdasarkan Gambar 34, waktu yang dihasilkan untuk melakukan penilaian kesesuaian lahan bervariasi, namun tiga dari enam peta yang diuji menunjukkan peta *grid* membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan peta SPT. Secara umum, peta *grid* membutuhkan waktu 3,6 detik, sedangkan peta SPT membutuhkan 4,6 detik untuk melakukan penilaian kesesuaian lahan. Sehingga dapat dikatakan bahwa peta *grid* membutuhkan 20% waktu yang lebih sedikit dibandingkan peta SPT.



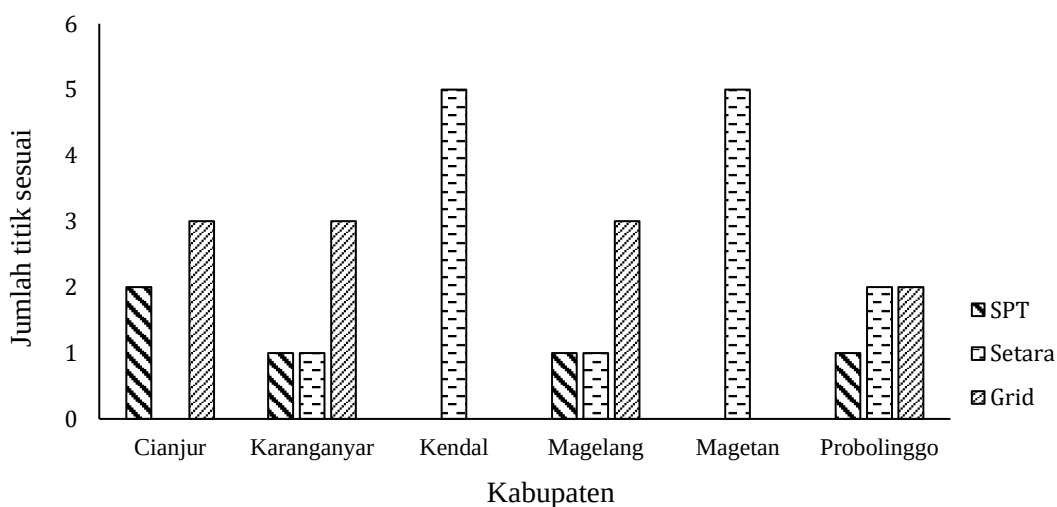
Gambar 35 Grafik perbedaan waktu pengambilan data penilaian secara detail

Berdasarkan Gambar 35, grafik perbedaan waktu pengambilan data penilaian secara *detail* antara peta *grid* dengan peta SPT menunjukkan rata-rata peta *grid* 27,5% lebih cepat dibandingkan dengan peta SPT. Seperti pada Kab. Probolinggo, peta *grid* lebih cepat 0,6 detik dalam mengambil data penilaiannya. Namun, pada Kab. Cianjur dan Kab. Kendal memiliki waktu yang sama dalam pengambilan data penilaian.

Secara keseluruhan, peta *grid* menunjukkan keunggulan dalam efisiensi waktu dibandingkan peta SPT. Proses *input* peta *grid* rata-rata lebih cepat 25%, dan dalam penilaian kesesuaian lahan, peta *grid* juga membutuhkan 20% waktu yang lebih sedikit dibandingkan peta SPT. Selain itu, pengambilan data penilaian secara rinci menunjukkan bahwa peta *grid* lebih cepat 27,5%. Meskipun pengambilan data cuaca pada peta *grid* lebih lambat karena jumlah poligon yang lebih banyak, keunggulannya dalam efisiensi pemrosesan data lain seperti data spasial yang lebih seragam membuatnya lebih unggul dalam hal waktu dibandingkan peta SPT.

Tabel 13 Hasil pengujian akurasi beberapa wilayah

Kabupaten	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5
Cianjur	S2	S1	S2	S1	S2
Karanganyar	N	S2	S2	S2	S2
Kendal	S3	S3	S3	S3	S3
Magelang	N	N	S3	N	N
Magetan	S3	S3	S3	S3	S3
Probolinggo	N	N	S2	N	N



Gambar 36 Grafik perbandingan kesesuaian titik terhadap peta

Setelah pengujian performa waktu pemrosesan dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian akurasi dari tiap peta yang digunakan. Pengujian dimulai dengan melakukan penilaian kedua jenis peta untuk setiap wilayah. Lalu, dilakukan penilaian untuk 5 titik setiap kabupaten yang hasilnya tercantum pada Tabel 1. Berdasarkan Gambar 36, secara umum akurasi yang dihasilkan cenderung meningkat ketika menggunakan peta *grid*. Pada Kab. Kendal dan Kab. Magetan, kelima titik yang diuji menghasilkan nilai yang sesuai dengan kedua peta. Hal ini dikarenakan hasil pengambilan data cuaca untuk curah hujan di kedua kabupaten

tersebut semuanya bernilai S3. Dari 6 peta yang diuji, 3 peta *grid* memiliki akurasi yang sesuai terhadap titik yang diujikan dan secara keseluruhan peta *grid* meningkatkan akurasi 36,8% dari penggunaan peta SPT.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan peta batas wilayah yang diterapkan *grid* meningkatkan performa dari segi waktu dan akurasi penilaian kesesuaian lahan. Walaupun jumlah data yang dihasilkan memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan peta SPT, tetapi peta *grid* tetap dapat lebih unggul karena standarisasi data poligon yang dilakukan memudahkan komputasi dalam sistem. Namun, penggunaan peta batas wilayah juga memiliki kekurangan yakni bentuk kotak - kotak pada peta akibat penerapan *grid* kurang sesuai untuk visualisasi karena pewarnaan peta yang ditampilkan dalam website menjadi kurang halus.

Pengujian dilakukan terhadap semua API yang dikembangkan kecuali kelompok API lokasi. Kelompok API lokasi dikembangkan untuk menggantikan *third-party* API dan digunakan sebagai daftar daerah pada *form* penilaian sehingga penggunaannya terbatas. Pengujian dilakukan menggunakan dua metode, yakni metode *blackbox testing* dan *stress testing*.

Pengujian dengan metode *blackbox* dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama dilakukan oleh peneliti pada lingkungan lokal untuk memastikan API yang dikembangkan sudah berjalan dengan baik sebelum melakukan penggabungan dengan sistem yang sedang berjalan. Pengujian kedua dilakukan secara langsung oleh dua pengembang *backend* dengan mengujicobakan skenario yang sudah dirancang.

Total *endpoint* yang diujicobakan menggunakan metode *blackbox* adalah 10 *endpoint*. Dari jumlah *endpoint* tersebut, terbangun 42 skenario pengujian yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap skenario sudah mendapatkan hasil yang diharapkan. Setelah mengujicobakan fungsionalitas API yang dikembangkan, pengujian dilakukan kembali untuk menguji performa API yang dikembangkan.

Pengujian mengenai performa suatu API dilakukan dengan metode *stress testing*. Pengujian ini dilakukan hanya pada tiga *endpoint*, yakni *endpoint* dengan tujuan untuk melakukan pengambilan data hasil penilaian lahan yang akan sering digunakan bersamaan oleh pengguna, yaitu *‘/api/v2/weatherGeometry’*, *‘/api/v2/weatherGeometry/detail’*, dan *‘/api/v2/weatherGeometry/elevation’*. Dalam *stress testing*, ketiga *endpoint* tersebut diberikan *query* yang sama untuk mengambil data wilayah Kabupaten Bima. Pengujian dilakukan menggunakan Postman dengan kecepatan internet 5 MB per detik dengan jumlah virtual user yang mencoba akses adalah 100.

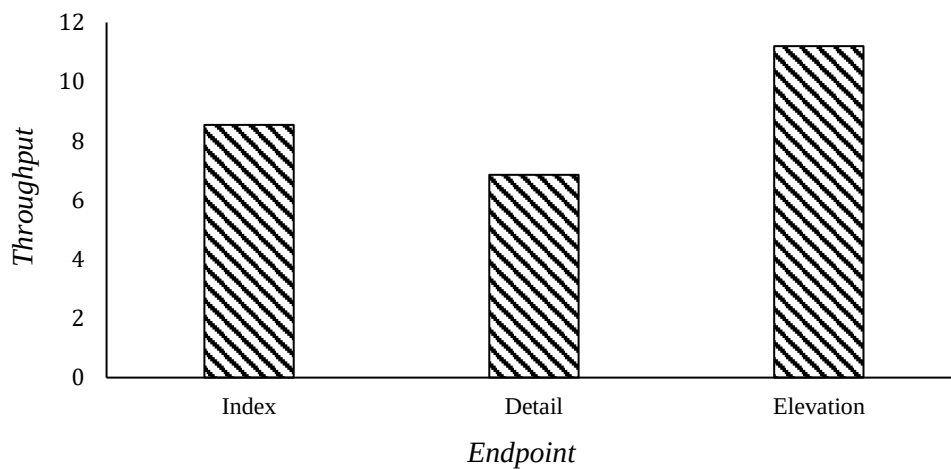
Tabel 14 Hasil pengujian *stress testing*

<i>Endpoint</i>	<i>Total requests</i>	<i>Throughput (req/s)</i>	<i>Average response time (ms)</i>	<i>Min response time (ms)</i>	<i>Max response time (ms)</i>	<i>Error rate (%)</i>
<i>Index</i>	5.178	8,54	9.626	524	139.951	0
<i>Detail</i>	4.163	6,85	12.857	773	114.038	0
<i>Elevation</i>	6.799	11,2	11.494	489	111.613	0

Dapat dilihat pada Tabel 14, secara garis besar server memiliki stabilitas yang baik dengan persentase *error* yang terjadi adalah 0%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menangani semua permintaan tanpa kegagalan. Namun, rata-

rata waktu respon yang dihasilkan ketiga *endpoint* tergolong tinggi, yakni 9,6 detik hingga 12,857 detik, yang jauh dari standar waktu respon ideal untuk API, yakni di bawah 1 detik. Hal ini dapat memengaruhi pengalaman pengguna. Waktu respon yang tinggi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti query yang dijalankan cukup kompleks, ukuran data yang dikembalikan terlalu besar, kecepatan internet selama pengujian yang hanya 5 Mbps, latensi jaringan, dan kurangnya optimasi API. Selain itu, waktu respon maksimum yang sangat tinggi, mencapai 141,038 ms, menunjukkan adanya kasus ekstrim di mana server mengalami antrian permintaan panjang atau *bottleneck* pada bagian tertentu, seperti *query database* atau pengelolaan *thread*.

Untuk hasil *throughput*, atau seberapa banyak data yang dapat dikirim, hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Dapat dilihat pada Gambar 37 bahwa *endpoint* ketiga memiliki *throughput* terbaik dengan 11,20 permintaan per detik, yang menunjukkan bahwa *query* yang digunakan lebih ringan atau ukuran data yang dikembalikan lebih kecil dibandingkan API lainnya. Sementara itu, *throughput* API pertama dan kedua masih berada di bawah 10 permintaan per detik (masing-masing 8,54 dan 6,85), yang dapat disebabkan oleh kompleksitas *query* yang lebih berat atau kapasitas *resource server* yang terbatas. Perbedaan ini mengindikasikan pentingnya optimasi *query* dan pengelolaan ukuran respons untuk meningkatkan *throughput*.



Gambar 37 Grafik perbandingan hasil *throughput*

4.5.2 Pengunggahan Modul *Backend*

Pengunggahan modul menggunakan metode yang sama seperti penelitian Lazuardi (2024). Pengunggahan dilakukan dengan metode *Continuous Integration/Continuous Deployment* (CI/CD) menggunakan Github Actions. Sistem kontainerisasi menggunakan *Docker* digunakan pada server untuk memastikan *dependencies* yang modul *backend* butuhkan tetap terjaga. CI/CD akan dijalankan secara otomatis setiap kali perubahan terjadi pada *branch* ‘dev’ atau ‘master’. Tahapan CI/CD yang diterapkan ada dua, yakni tahap *build* dimana sistem akan membangun *image* menggunakan DockerFile lalu mengunggah *image* tersebut ke Docker Hub, lalu dilanjut tahap *deployment* melalui SSH ke server.

Nama domain yang digunakan modul *backend* adalah *ina-garlic.site*. Domain tersebut dikonfigurasi melalui DNS *records*. Layanan Cloudflare juga digunakan sebagai *reverse proxy* untuk meningkatkan keamanan modul *backend*.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan perbaikan pada mekanisme pengambilan data cuaca harian, yang semula berbasis pada peta Satuan Peta Tanah (SPT), menjadi berbasis pada peta batas wilayah dengan pendekatan sistem *grid*. Selain itu, telah dilakukan penyesuaian terhadap rumus penilaian serta pemberian rekomendasi yang lebih terarah, sesuai dengan masukan dari pakar di bidang terkait. Dari hasil pengujian *blackbox*, seluruh fungsionalitas sistem dinyatakan berjalan dengan baik tanpa ditemukan kesalahan. Namun, hasil *stress testing* terhadap modul *backend* dari sistem INA Agro-GARLIC menunjukkan bahwa kinerja sistem masih perlu ditingkatkan, khususnya dalam hal waktu respons, agar dapat mencapai performa yang lebih optimal.

5.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa aspek yang perlu dioptimalkan. Proses pengambilan data hasil penilaian masih tergolong lambat. Beberapa wilayah memiliki ukuran data yang sangat besar, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut pada algoritma pengolahan data dan mekanisme penyimpanan untuk meningkatkan efisiensi sistem dan kepuasan pengguna secara keseluruhan. Penggabungan hasil faktor statis dari peta SPT dengan hasil faktor dinamis dari peta batas wilayah juga perlu dilakukan untuk mendapatkan penilaian akumulatif. Perubahan data informasi lokasi provinsi hingga desa masih dilakukan secara manual di dalam basis data, sehingga diperlukan penambahan API untuk memudahkan perubahan data informasi lokasi. Penggunaan grid pada peta membuat interpolasi spasial untuk hasil penilaian kesesuaian dibutuhkan untuk menjadikan tampilan dan informasi warna kelas kesesuaian pada peta lebih halus dilihat oleh pengguna. Penambahan sumber alternatif untuk data lama penyinaran matahari juga perlu dilakukan untuk menangani apabila sumber utama tidak memiliki data yang lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa A, Agmalaro MA, Mustafidah H, Noormandiri FI, Reyhan M, Sitanggang IS, Semadi IPD, Sobir S. 2024. Development of the backend module of the agroecological land suitability assessment system for garlic. *International Journal of Geoinformatics*. 20(4):100–115. <https://doi.org/10.52939/ijg.v20i4.3157>.
- Chang K-T. 2019. Geographic Information System. Di dalam: *International Encyclopedia of Geography*. hlm 1–10.
- Cholidhazia P, Sitanggang IS. 2021. Sistem Pendukung Keputusan Spasial untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Bawang Putih.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division. FAO Soil Bulletin No. 32. FAO-UNO, Rome.
- Hendayun M, Ginanjar A, Ihsan Yoan. 2023. Analysis of application performance testing using load testing and stress testing methods in API service. *Jurnal Sisfotek Global*. 13(1): 28-34. doi: <http://dx.doi.org/10.38101/sisfotek.v13i1.2656>.
- Keenan PB, Jankowski P. 2019. Spatial Decision Support Systems: Three decades on. *Decis Support Syst*. 116:64–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.10.010>.
- Lazuardi L. 2024. Pengembangan fitur penilaian lahan otomatis dan penanganan potensi kegagalan cron job pada modul backend INA Agro-GARLIC [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Maharana K, Mondal S, Nemade B. 2022. A review: data pre-processing and data augmentation techniques. *Global Transitions Proceedings*. 3(2022): 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.04.020>.
- Naufal RA, Sitanggang IS, Annisa. 2022. Pengembangan Modul Backend pada Sistem Pendukung Keputusan Spasial Kesesuaian Lahan Bawang Putih. Bogor.
- Nurkholis A, Sitanggang IS, Annisa A, Sobir S. 2021. Spatial decision tree model for garlic land suitability evaluation. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. 10(3):666. doi:10.11591/ijai.v10.i3.pp666-675.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2022. Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2022. Jakarta (ID): Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Reyhan M. 2023. Pengembangan Fitur pada Modul Backend Sistem Pendukung Keputusan Spasial Kesesuaian Lahan Bawang Putih [skripsi]. Bogor.
- Singha C, Swain KC. 2016. Land suitability evaluation criteria for agricultural crop selection: A review. *Agricultural Reviews*. 37(2). doi:10.18805/ar.v37i2.10737.
- Syahroni AW, Dewi NP, Ramadhani N, Ubaidi, Said B. Uji keamanan backend aplikasi berbasis website menggunakan metode black box testing. *Processor: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*. 19(2): 215-226. <https://doi.org/10.33998/processor.2024.19.2.1752>.

LAMPIRAN



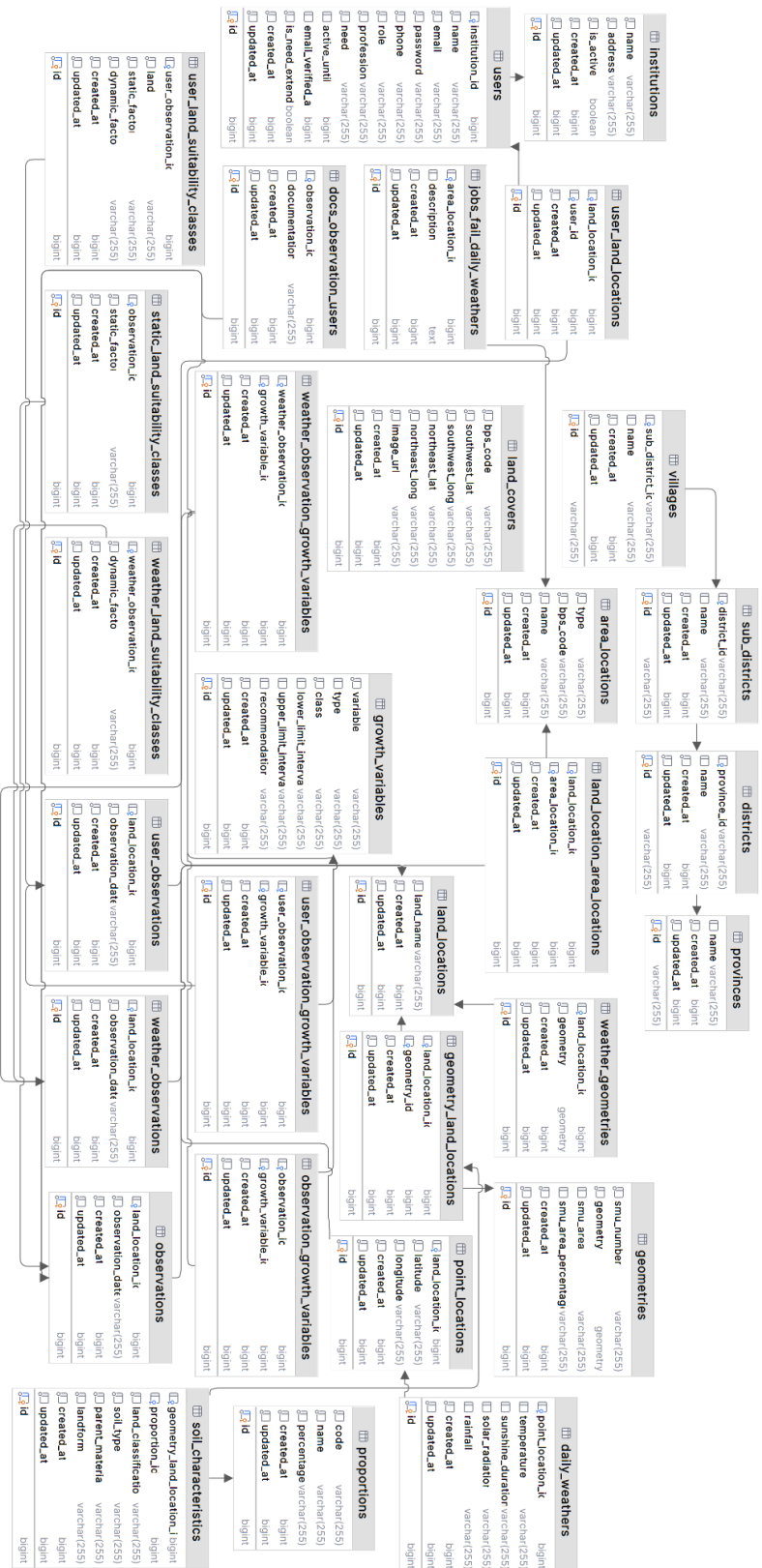
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1 Diagram struktur basis data sistem INA Agro-GARLIC



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Lampiran 2 Daftar skenario pengujian *blackbox testing*

Deskripsi API	No Skenario	Tipe	Code
Weather Geometry (Insert)	1 Admin melakukan input data peta cuaca tanpa melakukan login	Negatif	401
	2 Admin melakukan input data peta cuaca yang sudah ada di database sebelumnya (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	3 Admin melakukan input data peta cuaca dengan data yang tidak lengkap (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	4 Admin melakukan input data peta cuaca dengan data yang tidak sesuai (<i>logged in</i>)	Negatif	400
Weather Geometry (Insert)	5 Admin melakukan input data peta cuaca dengan data yang lengkap (<i>logged in</i>)	Positif	200
Daily Weather (Create)	6 Admin melakukan penambahan data cuaca untuk daerah yang dituju tanpa melakukan login	Negatif	401
	7 Admin melakukan penambahan data cuaca untuk daerah yang belum ada di database (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	8 Admin melakukan penambahan data cuaca dengan data tanggal yang tidak sesuai (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	9 Admin melakukan penambahan data cuaca dengan data yang sesuai (<i>logged in</i>)	Positif	200
	10 Admin melakukan observasi data cuaca tanpa melakukan login	Negatif	401
Weather Observation (Create)	11 Admin melakukan observasi data cuaca tanpa memasukkan kode daerah (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	12 Admin melakukan observasi data cuaca dengan kode daerah yang belum ada di database (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	13 Admin melakukan observasi data cuaca dengan kode daerah yang sesuai (<i>logged in</i>)	Positif	200
Weather Geometry (Index)	14 Pengguna mengambil index data cuaca menggunakan kode kabupaten	Positif	200

Weather Geometry (Index)	15	Pengguna mengambil index data cuaca menggunakan id lokasi lahan	Positif	200
	16	Pengguna mengambil index data cuaca menggunakan kode kabupaten yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	17	Pengguna mengambil index data cuaca menggunakan id lokasi lahan yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	18	Pengguna mengambil index data cuaca tanpa menggunakan kode apapun	Negatif	400
Weather Geometry (Detail)	19	Pengguna mengambil detail data cuaca menggunakan kode kabupaten	Positif	200
	20	Pengguna mengambil detail data cuaca menggunakan id lokasi lahan	Positif	200
	21	Pengguna mengambil detail data cuaca menggunakan kode kabupaten yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	22	Pengguna mengambil detail data cuaca menggunakan id lokasi lahan yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	23	Pengguna mengambil detail data cuaca tanpa menggunakan kode apapun	Negatif	400
Weather Geometry (Elevation)	24	Pengguna mengambil data elevasi menggunakan kode kabupaten	Positif	200
	25	Pengguna mengambil data elevasi menggunakan id lokasi lahan	Positif	200
	26	Pengguna mengambil data elevasi menggunakan kode kabupaten yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	27	Pengguna mengambil data elevasi menggunakan id lokasi lahan yang salah / tidak tersedia	Negatif	400
	28	Pengguna mengambil data elevasi tanpa menggunakan kode apapun	Negatif	400
Weather Geometry (Delete)	29	Admin melakukan delete data peta cuaca tanpa melakukan login	Negatif	401
	30	Admin menghapus data peta cuaca tanpa memasukkan kode daerah (<i>logged in</i>)	Negatif	400

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



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

Weather Geometry (Delete)	31	Admin menghapus data peta cuaca dengan kode daerah yang belum ada di database sebelumnya (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	32	Admin menghapus data peta cuaca dengan kode provinsi yang berbeda dengan kode kabupaten (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	33	Admin menghapus data peta cuaca dengan kode daerah yang sudah ada di database (<i>logged in</i>)	Positif	200
Land Cover (Insert)	34	Admin memasukkan data tutupan lahan tanpa melakukan login	Negatif	401
	35	Admin memasukkan data tutupan lahan dengan data yang tidak sesuai (<i>logged in</i>)	Negatif	400
	36	Admin memasukkan data tutupan lahan dengan data yang sesuai (<i>logged in</i>)	Positif	200
	37	Admin memasukkan data tutupan lahan dengan data daerah yang sudah ada tutupan lahannya (<i>logged in</i>)	Negatif	400
Land Cover (Delete)	38	Admin menghapus data tutupan lahan tanpa melakukan login	Negatif	401
	39	Admin menghapus data tutupan lahan dengan kode daerah yang tidak ada di database (<i>logged in</i>)	Negatif	400
Land Cover (Delete)	40	Admin menghapus data tutupan lahan dengan kode daerah yang sesuai (<i>logged in</i>)	Positif	200
Land Cover (Index)	41	Mengambil seluruh data tutupan lahan (Database kosong)	Negatif	404
	42	Mengambil seluruh data tutupan lahan (Database terisi)	Positif	200

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kabupaten Bogor pada tanggal 6 Juni 2003 yang merupakan anak ke 3 dari pasangan Bapak Santoso dan Ibu Nur. Pendidikan sekolah menengah atas (SMA) penulis ditempuh di SMAN 9 Kota Bogor, dan lulus pada 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S1) di Program Studi Ilmu Komputer IPB.

Selama mengikuti program S1, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi dan kepanitiaan dalam atau luar kampus. Penulis pernah menjabat sebagai ketua pelaksana Pekan Ilkomerz 2023, wakil ketua divisi Internal HIMALKOM Kabinet CONNECT 2022/2023, dan staff di kepanitiaan CPSC 2022-2023 serta ITTODAY 2023.

@Hak cipta milik IPB University

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