

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesesuaian lahan merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan sumber daya alam dan pembangunan wilayah. Analisis kesesuaian lahan membantu menentukan potensi, keterbatasan, serta arahan penggunaan lahan secara berkelanjutan (FAO, 1976). Informasi ini sangat krusial dalam berbagai sektor, terutama pertanian, perkebunan, dan perencanaan tata ruang. Namun demikian, penyajian data kesesuaian lahan umumnya masih terbatas pada peta statis dalam laporan teknis. Hal ini menyebabkan data spasial tersebut kurang mudah diakses, dipahami, dan dimanfaatkan oleh masyarakat umum maupun pemangku kebijakan.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, kebutuhan akan sistem yang mampu menyajikan data geospasial secara interaktif, dinamis, dan dapat diakses secara luas semakin meningkat. Salah satu inovasi yang hadir adalah *Web Geographic Information System (WebGIS)*. *WebGIS* memungkinkan pengguna untuk menelusuri, memvisualisasikan, dan menganalisis data spasial secara langsung melalui internet, tanpa memerlukan perangkat lunak SIG konvensional yang relatif kompleks dan berlisensi mahal (Mansourian et al., 2024). Dengan keunggulannya, *WebGIS* menjadi solusi efektif untuk membuka akses data spasial bagi berbagai kalangan, mulai dari akademisi, pemerintah, hingga masyarakat.

Di sisi lain, perkembangan pesat di bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) juga telah menghasilkan berbagai aplikasi inovatif, salah satunya *chatbot*. *Chatbot* berbasis model bahasa besar (*Large Language Models/LLMs*) mampu memfasilitasi interaksi manusia–komputer melalui percakapan alami. Dalam konteks SIG, *chatbot* dapat membantu pengguna memahami data spasial secara lebih mudah dengan cara menanyakan informasi atau perintah dalam bentuk bahasa sehari-hari. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *chatbot* efektif dalam mendukung pembelajaran SIG dan pemrograman geospasial (Hochmair, 2025). Selain itu, integrasi AI dengan SIG telah terbukti mempercepat interpretasi data penginderaan jauh, klasifikasi penggunaan lahan, dan deteksi pola spasial yang kompleks (Rane et al., 2024). Lebih lanjut, perkembangan platform otomatisasi *workflow* seperti n8n turut membuka peluang baru dalam membangun *chatbot* yang dapat terhubung langsung dengan basis data spasial. Melalui pendekatan *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, *chatbot* dapat menjawab pertanyaan pengguna berdasarkan data geospasial yang tersimpan dalam sistem (Mihai et al., 2025). Pendekatan ini memperkuat integrasi antara AI dan WebGIS, menciptakan sistem yang lebih cerdas dan responsif terhadap kebutuhan pengguna.

Beberapa penelitian di Indonesia telah mengembangkan sistem WebGIS untuk mendukung pengelolaan sumber daya pertanian, seperti WebGIS lahan pertanian pangan berkelanjutan di Kabupaten Aceh Barat Daya (Rahmadi, 2023) dan pemetaan lahan produktif di Kabupaten Bireuen berbasis *WebGIS* (Mustafa, Amrullah, Zulfikar & Rahmat, 2024). Di sisi lain, penerapan *chatbot* berbasis AI juga mulai diimplementasikan dalam bidang layanan pertanian (Oktavia & Pribadi, 2025). Beberapa studi global telah

mulai mengeksplorasi integrasi geospasial dengan AI/chatbot (Mansourian et al., 2024; Cañada et al., 2025), dan pendekatan berbasis asisten percakapan multimodal untuk analisis lahan pertanian juga telah dikembangkan (Cañada et al., 2025). Namun, penelitian yang secara spesifik menggabungkan *WebGIS*, *chatbot AI*, dan analisis kesesuaian lahan di Indonesia maupun pada skala kabupaten masih sangat terbatas.

Kabupaten Barru memiliki potensi lahan yang beragam, sehingga diperlukan sistem informasi yang mampu menyajikan data kesesuaian lahan secara mudah, cepat, dan interaktif. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada integrasi sistem *WebGIS* dan *chatbot AI* dalam penyajian data kesesuaian lahan komoditas semangka di Kabupaten Barru, sebagai upaya untuk meningkatkan aksesibilitas, pemahaman, dan pemanfaatan informasi geospasial bagi berbagai pemangku kepentingan.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem *WebGIS* untuk menyajikan data kesesuaian lahan di Kabupaten Barru secara interaktif?
2. Bagaimana mengintegrasikan *chatbot AI* berbasis *workflow n8n* ke dalam *WebGIS* agar dapat meningkatkan interaktivitas pengguna dalam mengakses informasi kesesuaian lahan?
3. Bagaimana hasil evaluasi kinerja sistem yang dikembangkan dalam mendukung aksesibilitas, kemudahan penggunaan, dan fungsionalitas bagi pengguna?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sistem *WebGIS* yang dapat menyajikan data kesesuaian lahan untuk komoditas semangka di Kabupaten Barru secara interaktif.
2. Mengintegrasikan *chatbot AI* berbasis *workflow n8n* ke dalam *WebGIS* untuk meningkatkan interaktivitas dan membantu pengguna dalam memahami data kesesuaian lahan.
3. Mengevaluasi hasil implementasi sistem dari aspek fungsionalitas, aksesibilitas, serta kemudahan penggunaan oleh pengguna.

1.3.2 Manfaat

Hasil dari penelitian kemudian diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya dalam penerapan *WebGIS* dan integrasi kecerdasan buatan.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji integrasi SIG dengan AI untuk keperluan penyajian data spasial.
3. Memperluas kajian mengenai penggunaan *workflow automation (n8n)* dalam membangun sistem interaktif berbasis data spasial.

1.4 Landasan Teori

1.4.1 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data spasial beserta data atribut yang berkaitan dengan posisi di permukaan bumi. SIG memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial, pemodelan, serta visualisasi geografis guna mendukung pengambilan keputusan di berbagai bidang seperti perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam, pertanian presisi, dan mitigasi bencana (Liu dkk., 2022). Dalam konteks modern, SIG tidak lagi berdiri sebagai sistem analisis statis, melainkan telah berevolusi menjadi *platform* geospasial dinamis yang terintegrasi dengan *big data analytics*, *cloud computing*, dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*). Integrasi ini memungkinkan pemrosesan data dalam skala besar, analisis spasial yang cepat, serta penerapan model prediktif berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk mendukung pengambilan keputusan secara real-time (Alamri, 2024; Mete, 2023).

1.4.2 WebGIS

WebGIS adalah evolusi SIG yang menyajikan, menganalisis, dan mendistribusikan data spasial secara interaktif melalui web. Dengan arsitektur client–server, data spasial disimpan dan diproses di server sedangkan pengguna cukup mengakses lewat peramban sehingga tidak membutuhkan perangkat lunak desktop yang kompleks. Dalam praktik mutakhir, *WebGIS* telah menjadi *platform cloud-native* yang menggabungkan pemetaan *web*, analitik spasial, *dashboard* interaktif, dan integrasi API untuk otomatisasi alur kerja (misalnya dengan n8n) sehingga hasil analisis dapat diperbarui dan disebarluaskan nyaris *real-time* (Mete, 2023; Rachmawati dkk., 2024).

Dalam konteks pertanian dan kesesuaian lahan, *WebGIS* digunakan untuk menyajikan peta tematik, mengeksplorasi parameter (pH, tekstur, salinitas, kedalaman, lereng, curah hujan), dan menampilkan hasil klasifikasi S1–N secara interaktif. Studi di Indonesia menunjukkan pemanfaatan *WebGIS* telah diperuntukkan dalam perencanaan spasial dan layanan publik (Rachmawati dkk., 2024), pengelolaan data pertanian/LP2B (Rahmadi dkk., 2023), serta pengembangan aplikasi *WebGIS* untuk seleksi kesesuaian lahan pada komoditas pertanian (Rizaldi dkk., 2024). Dengan menggabungkan *WebGIS*, *Geo-AI*, dan otomatisasi *workflow* n8n, sistem dapat memberikan layanan analitik spasial yang adaptif, replikatif, dan mudah diakses tepat untuk studi kasus kesesuaian lahan semangka di Kabupaten Barru.

1.4.3 Database PostgreSQL/PostGIS, Supabase dan Qdrant untuk RAG

Basis data spasial memainkan peran penting dalam pengembangan sistem *WebGIS* karena memungkinkan penyimpanan, pengelolaan, dan pemrosesan data geometri secara efisien. PostgreSQL yang dipadukan dengan ekstensi PostGIS merupakan salah satu sistem manajemen basis data spasial yang paling banyak digunakan. PostGIS menyediakan berbagai fungsi spasial seperti *ST_Within*, *ST_Distance*, dan *ST_Intersection* yang memungkinkan analisis spasial dilakukan langsung di dalam basis data. Dengan demikian, data spasial seperti peta parameter kesesuaian lahan dan hasil analisis dapat dikelola secara terstruktur, akurat, dan siap digunakan untuk keperluan analisis lanjutan (Nguyen, 2009).

Dalam penelitian ini, PostgreSQL/PostGIS digunakan sebagai basis data utama untuk menyimpan dan mengelola data spasial. Namun, sistem chatbot AI yang terintegrasi dengan WebGIS membutuhkan mekanisme tambahan untuk menghubungkan pertanyaan pengguna dengan basis data. Pendekatan yang digunakan adalah *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), di mana model bahasa besar (*Large Language Model / LLM*) tidak hanya mengandalkan pengetahuan internal, tetapi juga mengambil informasi faktual dari basis data eksternal sebelum menyusun jawaban (Gao dkk., 2023).

Untuk mendukung arsitektur RAG dalam konteks basis data spasial, penelitian ini memanfaatkan *Supabase* dan *Qdrant* sebagai komponen utama penyimpanan serta pencarian berbasis kemiripan vektor. *Supabase*, berbasis *PostgreSQL* dengan ekstensi *pgvector*, berfungsi menyimpan *embedding* dan melakukan pencarian vektor secara efisien (Supabase Docs, 2024). Sementara itu, *Qdrant* digunakan sebagai mesin basis data vektor berskala besar yang dioptimalkan untuk *retrieval* cepat dan akurat. *Qdrant* mendukung algoritma Approximate Nearest Neighbor (ANN) serta filter semantik untuk meningkatkan relevansi hasil pencarian (Qdrant Docs, 2025).

Kombinasi *PostgreSQL/PostGIS*, *Supabase (pgvector)*, dan *Qdrant* memungkinkan sistem WebGIS menghasilkan pencarian informasi spasial dan non-spasial yang lebih cepat, akurat, dan kontekstual, sekaligus memperkuat kemampuan chatbot AI dalam memberikan jawaban berbasis data secara real-time.

1.4.4 Kecerdasan Buatan dan *Chatbot*

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) adalah cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu meniru kemampuan berpikir manusia, termasuk penalaran, pembelajaran, dan interaksi bahasa alami. Salah satu bentuk aplikasi AI yang banyak digunakan adalah *chatbot*. *Chatbot* adalah program komputer yang dirancang untuk berinteraksi dengan pengguna melalui percakapan. Perkembangan terbaru memungkinkan chatbot berbasis *Large Language Models* (LLMs) untuk memahami dan merespons pertanyaan dengan lebih alami. Dalam konteks sistem informasi geografis (SIG), *chatbot* dapat digunakan untuk membantu pengguna memahami data spasial melalui interaksi percakapan. Sebagai contoh, Hartwig H. Hochmair (2025) menunjukkan bahwa *chatbot* menjadi alat bantu efektif dalam pembelajaran pemrograman GIS berbasis *Python*, terutama untuk tugas-spasial berkompleksitas tinggi.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa AI dapat mempercepat interpretasi data penginderaan jauh dan klasifikasi penggunaan lahan. Misalnya, studi oleh P. Mooney (2023) mengevaluasi kemampuan *ChatGPT* dalam memahami konsep geospasial melalui ujian GIS; sementara laporan oleh Ali Mansourian et al. (2024) memperkenalkan sistem *ChatGeoAI* yang memanfaatkan LLM untuk mengonversi pertanyaan bahasa alami menjadi kode geospasial yang dapat dieksekusi. Lebih jauh, konsep "*autonomous GIS*" mulai dikembangkan, di mana sistem seperti *GIS Copilot* dan kerangka kerja oleh Li & Ning (2023) mampu melakukan analisis spasial berdasarkan perintah bahasa alami dengan minimal intervensi manusia.

Dengan demikian, integrasi *chatbot* berbasis AI dan sistem SIG membuka peluang besar untuk meningkatkan aksesibilitas teknologi spasial, mempercepat proses analisis, dan

menyediakan antarmuka yang lebih ramah pengguna bagi pengguna dengan latar belakang non-teknis.

1.4.5 Workflow Automation n8n

Workflow automation merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan berbagai sistem, API, dan basis data sehingga alur kerja dapat berjalan otomatis. Platform n8n, sebagai solusi open-source untuk automasi alur kerja, banyak digunakan untuk menghubungkan aplikasi berbeda termasuk chatbot dan basis data spasial. Menurut dokumentasi resmi n8n, platform ini mendukung kombinasi integrasi data, pengolahan logika, dan AI sehingga memungkinkan otomasi proses yang kompleks secara visual dan terstruktur.

Dalam penelitian geospasial, pendekatan *workflow automation* sering dikombinasikan dengan konsep *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) agar *chatbot* dapat mengakses dan memperbarui data terkini secara otomatis. Sebagai contoh konsep “*autonomous GIS*”, dimana sistem mampu melakukan *query*, analisis spasial, dan menyajikan hasil langsung kepada pengguna tanpa intervensi manual (Li & Ning, 2023). Dengan demikian, dalam konteks penelitian ini, penggunaan n8n sebagai tool automasi memungkinkan alur: pengguna → pertanyaan *chatbot* → *workflow* n8n memanggil basis data spasial + *embedding* via vektor → sistem menghasilkan jawaban berbasis data secara *real-time* sehingga memperkuat interaksi *chatbot-GIS* dengan efisiensi dan respon yang cepat.

1.4.6 Kesesuaian Lahan

Kesesuaian lahan didefinisikan sebagai tingkat kecocokan suatu lahan untuk penggunaan tertentu berdasarkan faktor fisik, lingkungan, dan sosial ekonomi. Sesuai dengan kerangka *Food and Agriculture Organization* (FAO) berjudul *Framework for Land Evaluation*, lahan diklasifikasikan berdasarkan kecocokannya terhadap penggunaan tertentu, kemudian dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu S1 (Sangat Sesuai) yaitu lahan tidak memiliki pembatas yg berarti, S2 (Cukup Sesuai), lahan memiliki beberapa pembatas yang dapat menurunkan produktivitas, S3 (Sesuai Marginal), lahan memiliki pembatas yang signifikan, dan N (Tidak Sesuai), lahan tidak memungkinkan untuk penggunaan tertentu (FAO, 1976). Evaluasi kesesuaian lahan bertujuan untuk mengidentifikasi potensi dan keterbatasan suatu wilayah dalam mendukung kegiatan tertentu, seperti pertanian atau perkebunan (Bilas dkk., 2022). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Seif-Ennasr dkk. (2020) menilai kesesuaian lahan pertanian di wilayah Chtouka Aït Baha, Maroko, dengan menggabungkan GIS dan MCDM untuk mengevaluasi kerentanan tanaman terhadap perubahan iklim. S tadi ini memperlihatkan bagaimana analisis kesesuaian lahan dapat diperluas dengan mempertimbangkan dinamika iklim dan produktivitas jangka panjang (Seif-Ennasr dkk., 2020).

Analisis kesesuaian lahan penting dalam perencanaan pembangunan daerah, khususnya dalam pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan data kesesuaian lahan ke dalam sistem *WebGIS* yang interaktif serta *chatbot AI*, aksesibilitas informasi dapat ditingkatkan sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data di tingkat lokal maupun regional (Arfiansyah dkk., 2024).

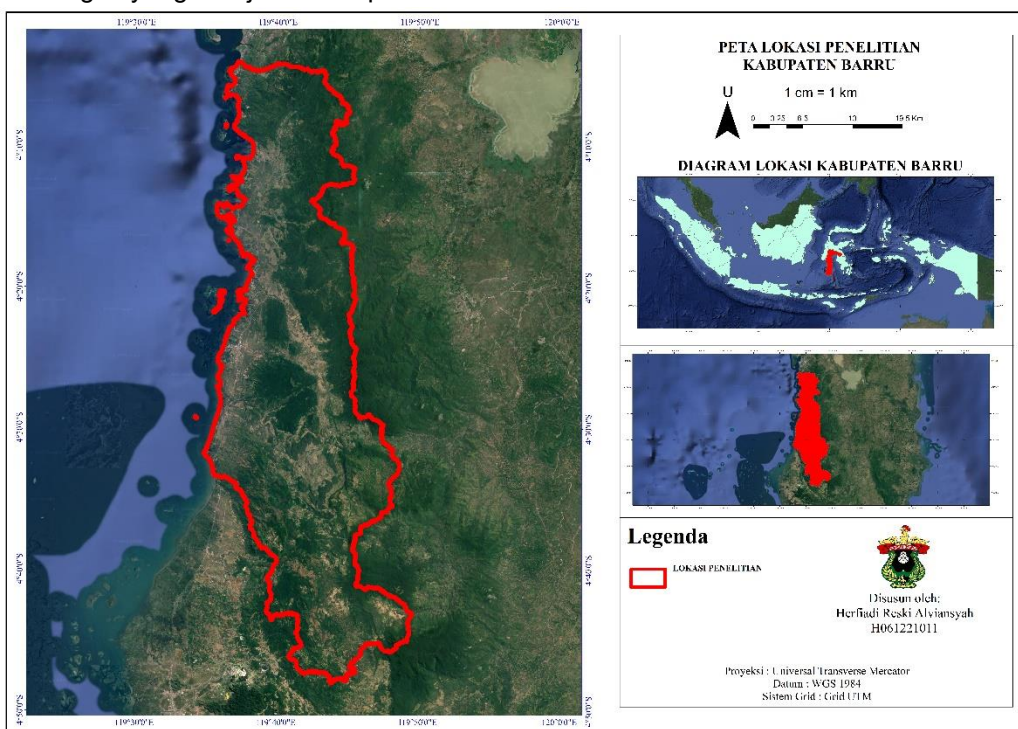
BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten Barru merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang secara geografis terletak pada koordinat sekitar 4°12'–4°47' Lintang Selatan dan 119°35'–119°59' Bujur Timur. Wilayah ini berbatasan sebelah Utara dengan Kabupaten Pinrang, sebelah Timur dengan Kabupaten Sidenreng Rappang dan Kabupaten Soppeng, sebelah Selatan dengan Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), serta sebelah Barat dengan Selat Makassar.

Kabupaten Barru memiliki topografi yang beragam, mulai dari daerah pantai, dataran rendah, hingga perbukitan dan pegunungan, sehingga memengaruhi kondisi tanah serta tingkat kesesuaian lahan untuk berbagai komoditas pertanian, termasuk tanaman semangka yang menjadi fokus penelitian ini.



Gambar 1. Peta Lokasi

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Perangkat Keras
 - a) Laptop
2. Perangkat Lunak
 - a) ArcGIS 10.8

- b) Visual Studio Code
- c) N8n automation
- d) Supabase
- e) Qdrant

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini berupa data skunder yang berisi informasi parameter lahan diantaranya:

1. Data Kemiringan Lereng
Kemiringan lereng merupakan salah satu parameter fisik penting dalam evaluasi kesesuaian lahan karena memengaruhi tingkat erosi, kemampuan drainase, dan kemudahan pengolahan tanah. Lahan dengan kemiringan rendah (0–8%) umumnya lebih sesuai untuk budidaya tanaman semangka karena risiko erosi yang rendah serta mempermudah kegiatan olah tanah. Sebaliknya, lereng curam meningkatkan potensi kehilangan tanah dan air, serta membatasi akses mekanisasi pertanian (Acksan dkk., 2023; AbdelRahman dkk., 2025).
2. Data Batuan Permukaan
Batuan permukaan digunakan untuk menentukan persentase kerikil atau batuan yang menutupi lapisan tanah. Kandungan batuan yang tinggi dapat membatasi pertumbuhan akar, mengurangi volume tanah efektif, serta menyulitkan pengolahan lahan. Oleh karena itu, semakin tinggi persentase batuan permukaan, semakin rendah tingkat kesesuaian lahan (Dzokou dkk., 2025).
3. Data Drainase
Drainase merupakan faktor penting bagi tanaman semangka yang tidak toleran terhadap genangan. Drainase buruk menyebabkan akumulasi air di sekitar perakaran, meningkatkan risiko penyakit busuk akar, dan menurunkan hasil panen. Tanah dengan drainase baik mendukung aerasi optimal dan ketersediaan oksigen untuk pertumbuhan akar (Baroudy dkk., 2020; UPNYK, 2022).
4. Data salinitas
Salinitas tanah memengaruhi pertumbuhan semangka karena kadar garam tinggi menghambat penyerapan air dan nutrisi. Tanaman semangka tergolong peka terhadap salinitas tinggi, sehingga lahan dengan nilai salinitas rendah lebih sesuai untuk pengembangannya (Dewi dkk., 2022; AbdelRahman dkk., 2025).
5. Data kedalaman tanah
Kedalaman efektif tanah menunjukkan ketebalan lapisan yang dapat ditembus akar tanaman. Semakin dalam lapisan tanah, semakin baik perkembangan akar dalam menyerap air dan unsur hara. Tanah dengan kedalaman dangkal (<50 cm) menjadi faktor pembatas serius dalam pertumbuhan semangka (Mujiyo, 2022; AbdelRahman dkk., 2025).
6. Data kapasitas tukar kation
Kapasitas tukar kation (KTK) menggambarkan kemampuan tanah menahan dan menukar unsur hara. Nilai KTK tinggi menunjukkan tanah yang subur dan mampu menyediakan nutrisi yang cukup bagi tanaman semangka. Sebaliknya, nilai KTK rendah menandakan tanah miskin hara dan memerlukan penambahan bahan organik (Mishra, 2019; Acksan dkk., 2023).

7. Data tekstur tanah

Tekstur tanah menentukan sifat drainase dan kemampuan menahan air. Tanah berpasir memiliki drainase baik namun cepat kehilangan air, sementara tanah liat menahan air berlebihan. Tanaman semangka tumbuh optimal pada tekstur lempung berpasir hingga lempung berdebu karena memiliki keseimbangan antara aerasi dan retensi air (Baroudy dkk., 2020; UPNYK, 2022).

8. Data C organik

Kandungan bahan organik berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan struktur tanah, peningkatan daya menahan air, dan penyediaan unsur hara esensial. Tanah dengan kadar C-organik rendah cenderung kurang subur dan menurunkan produktivitas tanaman (Dzokou dkk., 2025; Acksan dkk., 2023).

9. Data pH tanah

pH tanah menentukan ketersediaan unsur hara. Tanaman semangka tumbuh optimal pada pH 5,5–7,0. Nilai pH terlalu rendah menyebabkan defisiensi unsur makro (P, Ca), sedangkan pH tinggi menurunkan ketersediaan unsur mikro seperti Fe dan Zn (AbdelRahman dkk., 2025; Mujiyo, 2022).

10. Data curah hujan

Curah hujan merupakan faktor iklim utama yang menentukan ketersediaan air, kelembapan tanah, dan aktivitas mikroba. Distribusi curah hujan yang baik mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah. Sebaliknya, curah hujan ekstrem menyebabkan genangan atau kekeringan yang menurunkan hasil (Wang dkk., 2022; Awoonor dkk., 2023).

2.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Barru. Data tersebut mencakup beberapa parameter penting dalam analisis kesesuaian lahan, antara lain pH tanah, salinitas, kemiringan lereng, kedalaman tanah, kapasitas tukar kation (KTK), kondisi drainase, batuan permukaan, tekstur tanah, serta kandungan C-organik. Seluruh parameter ini digunakan untuk menilai tingkat kesesuaian lahan terhadap komoditas semangka. Selain itu, proses pengumpulan data juga dilengkapi dengan studi literatur melalui penelusuran jurnal, buku, dan artikel ilmiah yang relevan. Studi literatur ini bertujuan untuk memperkuat dasar teori serta mendukung analisis yang dilakukan dalam penelitian, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

2.4 Pengolahan Data

Adapun tahap pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data spasial dan basis data, yang meliputi beberapa langkah sebagai berikut:

1. Pengolahan data spasial

Tahapan pengolahan data spasial dalam penelitian ini difokuskan pada proses klasifikasi atau pencocokan (*matching*) antara nilai aktual parameter biofisik dengan syarat tumbuh tanaman semangka menurut kriteria evaluasi lahan FAO. Pengklasifikasian ini diimplementasikan langsung melalui modifikasi tabel atribut pada masing-masing *layer* parameter. Prosesnya dilakukan dengan menambahkan

kolom indikator untuk setiap kelas kesesuaian, yaitu Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Sesuai Marginal (S3), dan Tidak Sesuai (N). Penentuan kelas kesesuaian direpresentasikan menggunakan sistem nilai biner, di mana atribut bernilai 1 diberikan jika karakteristik area memenuhi kriteria kelas tertentu, dan bernilai 0 jika tidak memenuhi kriteria tersebut.

2. Pembuatan sistem WebGIS

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah perancangan dan pembangunan sistem *Web Geographic Information System* (WebGIS). Tahapan ini bertujuan untuk mengintegrasikan data spasial yang telah melalui proses klasifikasi ke dalam sebuah platform informasi keruangan berbasis web. Langkah awal yang dilakukan meliputi pembangunan sistem basis data spasial (*spatial database*). Basis data ini dikonfigurasi secara spesifik untuk menyimpan, mengelola, serta merelasikan data geometri beserta tabel atribut dari setiap *layer* parameter biofisik lahan.

3. Pembuatan peta kesesuaian lahan

Tahapan dilanjutkan dengan pengembangan arsitektur pemrosesan di *backend*. Pada tahap ini, sistem *backend* diprogram untuk mengeksekusi logika operasi geospasial berupa tumpang susun (*intersect*). Algoritma *intersect* tersebut akan menumpangsusunkan seluruh *layer* parameter biofisik secara komputasional guna mengevaluasi syarat tumbuh tanaman secara simultan berdasarkan klasifikasi yang telah ditentukan. Hasil akhir dari eksekusi logika pada *backend* ini merupakan peta final tingkat kesesuaian lahan komoditas semangka, yang kemudian ditransmisikan dan dirender ke dalam antarmuka pengguna (*frontend*) sebagai peta tematik interaktif.

Tabel 1 Kriteria Kesesuaian Lahan

Karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Curah hujan(mm)	1.000-2.000	500-1.000 2.000-3.000	250-500 3.000-6.000	<250 >6.000
Drainase	sedang	terhambat	terhambat, agak cepat	Sangat terhambat, cepat
Tekstur	halus, agak halus, sedang	-	Agak kasar	kasar
KTK liat	>16	≤16	-	-
pH	5,5-7,8	5,0-5,5 7,8-8,0	<5,0 >8,0	-
C-organik (%)	>1,2	0,8-1,2	<0,8	-
Salinitas (dS/m)	<4	4-6	6-8	>8
Lereng (%)	<8	8-16	16-30	>30
Batuan di permukaan (%)	<5	5-15	15-40	>40
Kedalaman tanah (cm)	>100	75-100	50-75	<50

4. Manajemen *database* spasial

Hasil pengolahan data spasial, baik berupa peta parameter maupun peta kesesuaian lahan, disimpan dan dikelola dalam sistem basis data yang terintegrasi, yaitu *Qdrant*, *Supabase*, dan *Supabase/PostgreSQL* dengan ekstensi *PostGIS* sebagai basis data spasial. Integrasi ketiga platform ini memungkinkan penyimpanan data geospasial sekaligus representasi vektor (*embedding*) untuk mendukung pencarian berbasis kesamaan semantik. Pengelolaan data dalam *database* ini mempermudah proses *query*, meningkatkan efisiensi integrasi dengan sistem *WebGIS*, serta mendukung komunikasi dinamis antara basis data dan *chatbot AI* dalam arsitektur *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*.

5. Pembuatan *workflow* n8n

Proses pembuatan *chatbot* berbasis *RAG (Retrieval-Augmented Generation)* dilakukan dengan membangun tiga komponen utama pada *workflow* n8n, yaitu *Data Ingestion*, *Retriever Flow*, dan *Database Integration*. Pada tahap *Data Ingestion*, data hasil pengolahan (misalnya dokumen atau teks) dimasukkan ke dalam *vector store* menggunakan *Qdrant*. Sebelum disimpan, data diproses oleh *Default Data Loader* dan dibagi menjadi potongan teks menggunakan *Recursive Character Text Splitter*. Setiap potongan teks kemudian dikonversi menjadi *embedding vector* melalui *Google Gemini Embeddings*, sehingga dapat direpresentasikan dalam bentuk numerik yang siap digunakan untuk pencarian semantik.

Tahap berikutnya, *Retriever Flow*, menangani interaksi antara pengguna dan *chatbot AI*. Saat pesan diterima, *Google Gemini Chat Model* bekerja sama dengan memori percakapan yang disimpan dalam *PostgreSQL* untuk memahami konteks. Node *AI Agent* kemudian melakukan proses *retrieval* ke *vector store* (*Qdrant*) untuk mencari informasi yang paling relevan berdasarkan *embedding similarity*. Tahap terakhir adalah *Database Integration*, di mana hasil pencarian dari *Qdrant* dikaitkan dengan data spasial atau tabular dalam *Supabase/PostgreSQL*. Integrasi ini memungkinkan *chatbot* memberikan jawaban kontekstual yang tidak hanya bersumber dari teks, tetapi juga dari basis data spasial *WebGIS*. Dengan arsitektur ini, sistem *chatbot* mampu merespons pertanyaan pengguna secara cerdas, berbasis data aktual yang tersimpan dalam database.

6. Integrasi ke *webGIS*

Hasil peta kesesuaian lahan yang telah dihasilkan kemudian disajikan dalam bentuk *WebGIS* dengan memanfaatkan bahasa pemrograman *Python* melalui pustaka *Folium* dan *Leaflet* untuk visualisasi interaktif, serta *Supabase/PostgreSQL* dengan ekstensi *PostGIS* sebagai basis data spasial. Integrasi antara komponen tersebut memungkinkan data spasial ditampilkan secara dinamis melalui peramban (*web browser*), sehingga pengguna dapat melakukan eksplorasi, analisis, dan interpretasi peta kesesuaian lahan secara interaktif dan efisien.

7. Implementasi *Chatbot AI* dengan n8n

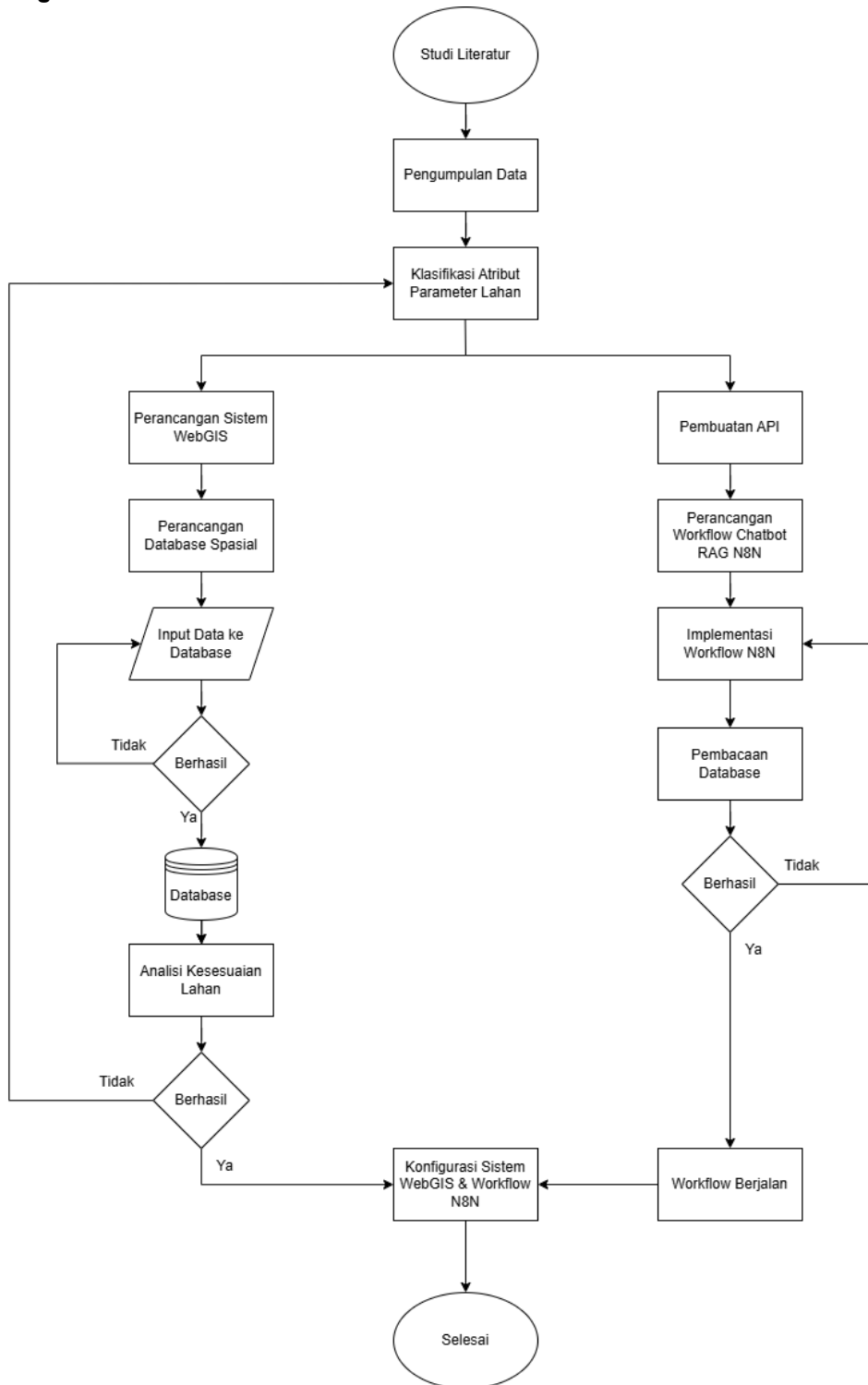
WebGIS selanjutnya diintegrasikan dengan *chatbot AI* berbasis n8n yang dirancang untuk memfasilitasi interaksi pengguna melalui percakapan berbentuk tanya jawab terkait data kesesuaian lahan. Integrasi ini memungkinkan sistem memberikan respons cerdas dan kontekstual berdasarkan data spasial yang tersimpan dalam

basis data. Dengan demikian, *chatbot* berperan sebagai antarmuka interaktif yang membantu pengguna memahami informasi geospasial secara lebih intuitif dan efisien melalui percakapan alami.

8. Penyajian dan Uji Coba Sistem

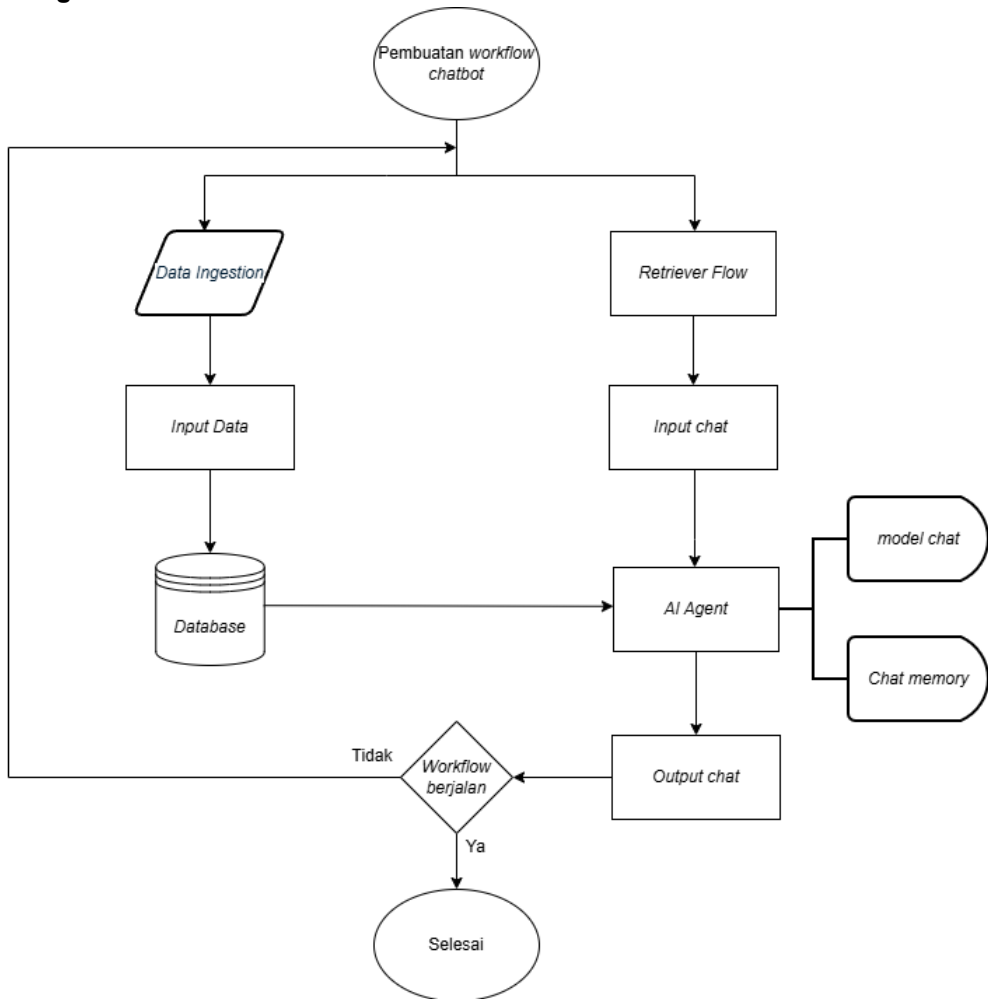
Sistem *WebGIS* yang telah dikembangkan kemudian diuji untuk memastikan ketepatan dan keandalan penyajian data spasial, mulai dari data parameter hingga hasil analisis kesesuaian lahan. Pengujian dilakukan dengan memeriksa akurasi tampilan peta, keterhubungan antar layer spasial, serta kesesuaian atribut yang ditampilkan. Selain itu, pengujian juga dilakukan terhadap *chatbot AI* dengan memberikan berbagai pertanyaan yang berkaitan dengan analisis spasial kesesuaian lahan semangka. Uji fungsional ini bertujuan untuk menilai kemampuan *chatbot* dalam memberikan respons yang relevan dan informatif berdasarkan data yang tersimpan dalam basis data spasial.

2.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

2.6 Bagan Alir Workflow Chatbot RAG



Gambar 3. Bagan Alir *Workflow Chatbot RAG*