



Implementasi *Forward Chaining* Pada Sistem Pakar Deteksi Kesuburan Tanah Sebagai Media Tanah di Lahan Pertanian

Asri Mulyani¹, Asep Deddy Supriatna², Tegar Sukmawan³

¹Institut Teknologi Garut, Indonesia

*email: asrimulyani@itg.ac.id

Info Artikel

Dikirim: 7 Agustus 2023

Diterima: 16 Agustus 2023

Diterbitkan: 30 November 2024

Kata kunci:

Deteksi Kesuburan

Tanah;

Pertanian;

Sistem Pakar;

Forward Chaining;

Rational Unified

Process.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pakar deteksi kesuburan tanah berbasis web dengan menggunakan metode inferensi *Forward Chaining*. Metode perancangan yang digunakan adalah *Rational Unified Process* (RUP). Sistem pakar ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesuburan tanah pada lahan pertanian. Sistem pakar ini dikembangkan dengan melibatkan pengetahuan dari pakar tanah dan basis pengetahuan yang mencakup karakteristik tanah dan kebutuhan nutrisi tanaman. Hasil penelitian ini adalah aplikasi berbasis web yang menggunakan metode *inferensi Forward Chaining* untuk menentukan tingkat kesuburan tanah berdasarkan kondisi tanah yang diinputkan. Aplikasi ini melibatkan perancangan *use case diagram*, *Class Diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, struktur menu, dan *Interface*. Pengujian *Alpha testing* telah mengonfirmasi keakuratan sistem dalam menghasilkan rekomendasi pemupukan berdasarkan basis pengetahuan yang telah didefinisikan oleh pakar tanah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan metode *inferensi Forward Chaining* dalam sistem pakar deteksi kesuburan tanah memberikan efisiensi dan keakuratan dalam memberikan rekomendasi pemupukan. Dengan adanya sistem pakar deteksi kesuburan tanah yang melibatkan sumber basis pengetahuan dari para pakar tanah, petani dapat lebih efektif dalam memilih jenis tanaman yang tepat sesuai dengan kondisi tanah di lahan mereka. Hal ini diharapkan dapat mendukung peningkatan hasil panen dan keberlanjutan pertanian dalam menghadapi tantangan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan pangan yang semakin meningkat.

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang sangat penting dalam kehidupan manusia, mengaitkan aktivitas budidaya tumbuhan, ternak, serta pengelolaan sumber energi alam untuk memproduksi pangan, pakan, serat, serta bahan baku lainnya. Keberhasilan pertanian sangat tergantung pada kesuburan tanah, yang mempengaruhi hasil panen ataupun mutu tumbuhan yang kurang baik [1], [2]. Namun, kurangnya pengetahuan petani tentang keadaan dan kesuburan tanah dapat berdampak negatif pada produktivitas pertanian. Dalam upaya memastikan pertanian yang berkelanjutan, kesuburan tanah menjadi elemen penting yang memengaruhi hasil panen dan kualitas tumbuhan. Namun, tantangan terkait dengan perubahan lingkungan, pergeseran pola cuaca, dan tekanan produksi pertanian yang semakin meningkat, membuat kesuburan tanah menjadi isu yang memerlukan solusi inovatif [1].

Kesulitan utama yang dihadapi adalah kurangnya pengetahuan petani tentang kondisi dan kebutuhan tanah

mereka [3]. Para petani, yang merupakan tulang punggung pertanian, mungkin memiliki keterbatasan dalam memahami kompleksitas karakteristik tanah dan pemupukan yang optimal. Namun, peran para pakar tanah yang memiliki pengetahuan mendalam tentang kesuburan tanah tidak dapat diperluas dengan mudah untuk mencakup semua petani [4].

Pada konteks Indonesia, di mana variasi kesuburan tanah terjadi dalam berbagai wilayah geografis, pengembangan sistem pakar menjadi lebih relevan. Dengan memanfaatkan teknologi dan pengetahuan yang ada, sistem pakar deteksi kesuburan tanah memiliki kelayakan yang kuat [5]. Sistem ini dirancang untuk membantu para petani di Kabupaten Garut, dan secara luas di Indonesia, dalam mengevaluasi kesuburan tanah dan memilih tanaman yang tepat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian [6]. Wilayah Kabupaten Garut, sebagai salah satu wilayah pertanian penting di Indonesia, memiliki luas sekitar 306.519 Ha dengan mayoritas lahan digunakan untuk pertanian dan perkebunan [7]. Meskipun Indonesia secara umum memiliki tanah yang subur, masalah degradasi tanah dan kurangnya bahan organik mempengaruhi kesuburan tanah di beberapa daerah, termasuk di Kabupaten Garut [6], [7].

Penelitian ini akan memanfaatkan pengetahuan dari penelitian sebelumnya yang telah menggunakan metode *Forward Chaining* dalam sistem pakar untuk mendeteksi jenis tanah, tanaman, dan kekurangan nutrisi pada tanaman [8], [1], [3], [9]. Implementasi sistem pakar ini diharapkan dapat membawa manfaat nyata bagi para petani dan pengelola lahan pertanian di Indonesia.

Sistem pakar yang dibangun memiliki peran utama sebagai alat bantu dan penasihat dalam mendukung pengambilan keputusan terkait kesuburan tanah dalam konteks pertanian. Fungsinya adalah untuk menyediakan rekomendasi pemupukan berdasarkan kondisi tanah dan jenis tanaman yang akan ditanam. Sistem pakar ini dirancang untuk digunakan oleh petani, pengelola lahan pertanian, dan mereka yang memiliki keterbatasan pengetahuan tentang aspek kesuburan tanah. Pengguna sistem ini dapat memasukkan informasi tentang karakteristik tanah mereka ke dalam sistem, dan sistem akan memberikan hasil dari deteksi kesuburan tanah. Sistem ini dapat dikelola oleh sekelompok ahli pertanian dan pengembang teknologi. pengelola berperan dalam mendefinisikan aturan-aturan dan basis pengetahuan yang diperlukan dalam sistem. Mereka juga dapat memperbarui dan memvalidasi informasi dalam sistem seiring berjalannya waktu untuk memastikan bahwa rekomendasi yang diberikan tetap akurat dan sesuai dengan perkembangan pengetahuan terbaru dalam bidang pertanian. aplikasi ini berfungsi sebagai pendamping *user* yang memiliki pengetahuan terbatas. Dengan membantu pengguna dalam mengambil keputusan yang lebih baik dalam hal pemupukan tanah dan pemilihan tanaman, berdasarkan rekomendasi yang terintegrasi dengan pengetahuan para pakar tanah. Sebagai hasilnya, aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian mereka secara efektif dan efisien.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk membantu para petani di Kabupaten Garut, dan secara luas di Indonesia, dalam mengevaluasi kesuburan tanah dan memilih tanaman yang tepat, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. Selain itu, penelitian ini juga berpotensi untuk mendukung upaya penyediaan pangan dunia menghadapi tantangan perkembangan penduduk yang pesat [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Forward Chaining

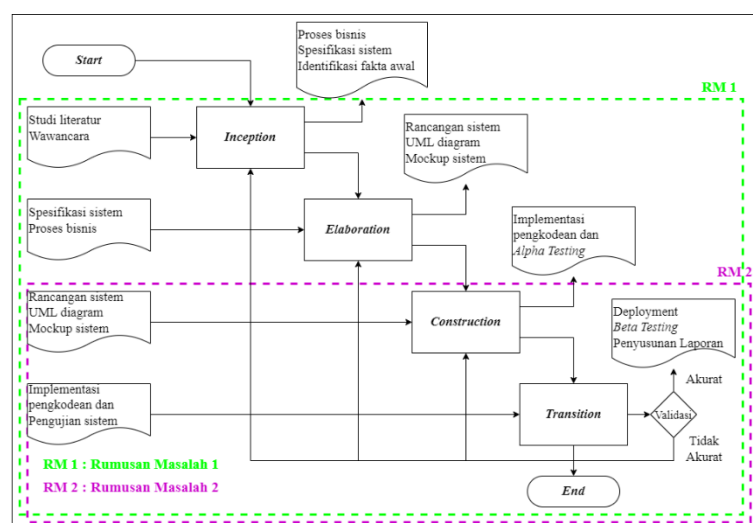
Metode *Forward Chaining*, juga dikenal sebagai *bottom-up reasoning*, adalah sebuah pendekatan untuk menyimpulkan dengan memulai dari data atau fakta yang ada dan melalui premis-premis menuju kesimpulan. Teknik ini sering digunakan untuk proses pemikiran yang dimulai dengan beberapa informasi dan data, dan akhirnya mencapai kesimpulan yang dapat ditarik dari informasi tersebut. Metode ini bergerak dari bagian *IF* ke bagian *THEN*, dan hasilnya berupa fakta baru atau kesimpulan yang dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut [10].

Implementasi metode *Forward Chaining* melibatkan beberapa tahapan kunci. Pertama, dilakukan identifikasi fakta awal yang menjadi dasar pengetahuan sebelum proses *Forward Chaining* dimulai. Kemudian, dibangun sebuah basis pengetahuan yang berisi aturan-aturan dan fakta-fakta dasar yang relevan. Setiap aturan terdiri dari satu atau lebih syarat (*premises*) yang harus dipenuhi sebelum kesimpulan dapat ditarik. Proses inferensi dimulai dengan mengambil fakta-fakta awal dan kemudian memeriksa aturan-aturan dalam basis pengetahuan untuk menentukan apakah syarat-syarat aturan terpenuhi. Jika syarat-syarat terpenuhi, kesimpulan aturan ditambahkan ke dalam basis pengetahuan sebagai fakta baru. Proses ini berulang sampai tidak ada aturan lagi yang dapat dieksekusi atau mencapai tujuan yang diinginkan. Hasil inferensi kemudian dievaluasi dan divalidasi untuk memastikan kebenaran dan kesesuaian dengan pengetahuan yang ada [11].

2.2 Rational Unified Process (RUP)

Metode *Rational Unified Process* (RUP) adalah sebuah cara untuk mengembangkan perangkat lunak yang banyak digunakan pada proyek besar. Metode ini menggunakan pendekatan berorientasi objek, iteratif, dan *incremental* dalam pengembangan perangkat lunak. RUP dapat memberikan pendekatan yang terstruktur dan terukur dalam pengembangan perangkat lunak sehingga memungkinkan pengembangan perangkat lunak dengan lebih terstruktur dan terorganisir, yang dapat meningkatkan kualitas, efisiensi, dan keberhasilan proyek. RUP memiliki beberapa tahap pengembangan, yaitu *inception*, *elaboration*, *construction*, dan *transition*.

Untuk mencapai setiap tahapan dalam *Rational Unified Process* (RUP), diperlukan kerangka penelitian sebagai rancangan kegiatan yang akan dilakukan. Kerangka penelitian ini disesuaikan dengan tahapan RUP yang digunakan. Berikut adalah rancangan kerangka penelitian yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 tahapan RUP dalam kerangka penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut [12]:

1) *Inception*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi proses bisnis dan spesifikasi sistem yang akan dibangun. Hasil dari tahapan ini adalah pemahaman tentang proses bisnis yang ingin diselesaikan oleh sistem serta kebutuhan sistem yang harus dipenuhi. Berikut aktivitas yang dilakukan dalam tahap ini:

- Identifikasi proses bisnis merupakan kegiatan untuk mengidentifikasi dan merancang alur bisnis dari sistem;
- Spesifikasi sistem merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan yang diperlukan dalam sistem; dan

- c. Identifikasi fakta awal merupakan kegiatan identifikasi awal mengenai pengetahuan yang sudah diketahui terkait subjek dalam hal ini adalah kondisi tanah.

2) *Elaboration*

Tahapan berikutnya merupakan tahapan perancangan model sistem secara detail yang dilakukan berdasarkan hasil dari tahapan sebelumnya. Berikut aktivitas yang dilakukan dalam tahap ini:

- a. Perancangan *knowledge base* kegiatan yang merancang struktur dan isi dari basis pengetahuan yang akan digunakan dalam sistem;
- b. Perancangan *rule base* kegiatan yang merancang aturan dalam sistem yang digunakan dalam sistem;
- c. Merancang *Class Diagram* kegiatan yang merancang diagram kelas dalam pemodelan berorientasi objek, yang menggambarkan struktur kelas, atribut, dan hubungan antar kelas yang akan digunakan dalam sistem;
- d. Merancang *use case diagram* adalah ketika membuat gambar yang menunjukkan bagaimana pengguna menggunakan sistem;
- e. Merancang *activity diagram* merupakan kegiatan untuk menghasilkan diagram aktivitas yang menggambarkan aliran kerja atau proses dalam sistem;
- f. Merancang *sequence diagram* merupakan bagian yang menghasilkan diagram Sequence untuk menggambarkan interaksi antara objek-objek dalam sistem;
- g. Merancang struktur *Menu* merupakan kegiatan yang digunakan untuk merancang struktur *Menu* dalam *Interface* pengguna sistem yang akan digunakan dalam sistem; dan
- h. Merancang *Interface* merupakan kegiatan yang digunakan untuk merancang mantarmuka pengguna dalam sistem yang akan digunakan dalam penelitian skripsi, yang meliputi tampilan, pengaturan, dan interaksi antara pengguna dengan sistem

3) *Constrution*

Selanjutnya tahapan pengimplementasian model sistem yang telah dirancang kedalam program sistem. Yang selanjutnya akan dilakukan *Alpha testing* untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik. Berikut aktivitas yang dilakukan pada tahapan ini:

- a. Implementasi tahapan ini melakukan pengimplementasian terhadap model sistem yang telah dibuat kedalam sistem dengan pengkodean sistem; dan
- b. *Alpha Testing* merupakan tahapan yang ditujukan untuk menguji sistem yang telah selesai di bangun oleh pengembang.

4) *Transition*

Tahap terakhir lebih berfokus pada beta testing yang akan dilakukan oleh pengguna dan pakar untuk memastikan sistem berjalan tanpa kendala dan sesuai dengan kebutuhan yang dirancang serta untuk memastikan keakuratan dari sistem sesuai arahan dari pakar. Berikut aktivitas yang dilakukan pada tahapan ini:

- a. *Deployment* tahapan yang dilakukan untuk menyerahkan sistem ketika sistem telah selesai di bangun;
- b. *Beta Testing* merupakan tahapan pengujian sistem yang dilakukan oleh *User* atau pengguna untuk mendapatkan hasil yang sesuai kebutuhan; dan
- c. Penyusunan dokumen dan laporan akhir merupakan tahap akhir untuk penyusunan dari dokumen dan laporan berdasarkan tahapan-tahapan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Setelah melalui beberapa tahapan dalam metode penelitian yang telah disajikan, diperoleh sistem pakar deteksi kesuburan tanah dengan hasil implementasi meliputi tahapan dalam sistem yaitu, *Use case diagram*, *Class Diagram*, *Activity diagram*, *Sequence diagram*, struktur *Menu*, dan *Interface*. Selain itu, juga dilakukan pengujian Alpha dan pengujian Beta. Untuk aktivitas yang telah terlaksana dapat disajikan sebagai berikut:

1) *Inception*

- a. Pada tahap identifikasi proses bisnis, dilakukan analisis dan pemahaman terhadap proses bisnis yang ingin diselesaikan oleh sistem pakar. Proses ini melibatkan langkah-langkah atau aktivitas yang terjadi dalam kegiatan eteksi kesuburan tanah.
- b. Pada tahap spesifikasi sistem, dilakukan pengumpulan data kebutuhan dan spesifikasi yang diperlukan untuk membangun sistem pakar. Spesifikasi sistem ini menjadi acuan dalam merancang dan mengimplementasikan sistem.
- c. pada tahap identifikasi fakta awal, dilakukan pengumpulan data dan informasi yang diperlukan sebagai fakta awal dalam proses deteksi kesuburan tanah. Fakta-fakta ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan inferensi dan memberikan rekomendasi yang tepat.

2) *Elaboration*

Pada tahap *elaboration* akan dibuat yang namanya *knowledge base* dan juga *rule base*, dimana data yang di peroleh untuk membangun kedua pengetahuan tersebut berasal dari hasil wawancara bersama pakar tanah yaitu bapak Aden Kurniawan SST., M.P.

- a. Pada Perancangan *knowledge base* dilakukan pembuatan struktur da nisi dari basis pengetahuan yang akan digunakan dalam sistem. Basis pengetahuan ini berisi aturan-aturan dan informasi penting yang akan digunakan dalam inferensi kesuburan tanah.
- b. Selanjutnya yaitu *rule base* yang dilakukan untuk membuat aturan-aturan yang akan digunakan dalam sistem. Aturan-aturan unu akan menjadi dasar dalam proses inferensi untuk mengidentifikasi kesuburan tanah.

Tabel 1. *Rule base* Sistem Pakar eteksi Kesuburan Tanah

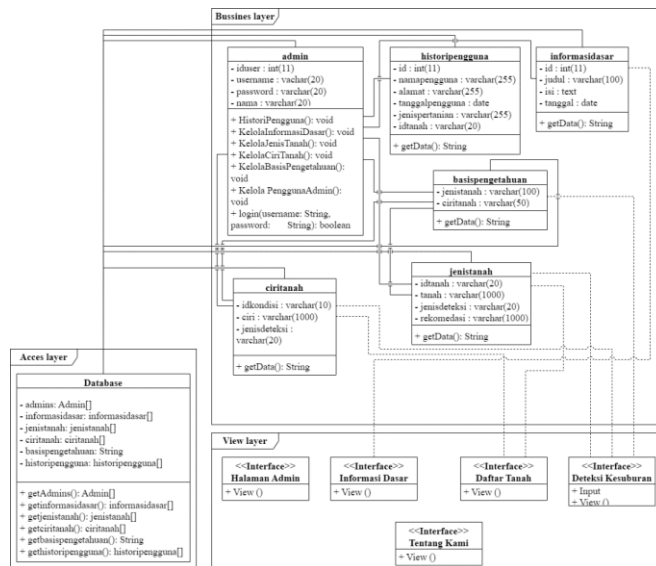
	Kode Kondisi	Tingkatan Kesuburan	Kesimpulan
Rule 1	K001, K005, K009, K013, K017, K021	Sangat Subur	Tanah sangat subur Cocok untuk ditanami padi, jagung, kacang hijau, sayuran hijau dan buah-buahan. Tanaman tersebut disarankan karena membutuhkan nutrisi yang tinggi dan cocok tumbuh di lahan yang sangat subur.
Rule 2	K002, K006, K010, K014, K018, K022	Subur	Tanah subur Cocok untuk ditanami kedelai, kacang tanah, jagung manis, tomat, bawang, wortel. Tanaman tersebut di sarankan karena dapat tumbuh dengan baik pada lahan subur yang memiliki nutrisi seimbang.
Rule 3	K003, K007, K011, K015, K019, K023	Kurang Subur	Tanah kurang subur Bisa ditanami singkong, ubi jalar, jeruk, apel, durian, dan manga. Tanaman ini direkomendasikan karena dapat tumbuh di tanah yang tidak subur dan memberikan hasil yang bagus.
Rule 4	K004, K008, K012, K016, K020, K024	Tidak Subur	Tanah tidak subur Disarankan untuk menanam tanaman kaktus, anggrek, dan mawar. Tanaman ini bisa tumbuh di tanah yang tidak subur dan tidak butuh banyak makanan.

Tabel 2. Relasi Kondisi Tanah dengan Kesuburan Tanah

No.	Kode Kondisi	Kode Kesuburan			
		Sangat Subur	Subur	Kurang Subur	Tidak Subur
1.	K001	•			
2.	K002		•		
3.	K003			•	

No.	Kode Kondisi	Kode Kesuburan			
		Sangat Subur	Subur	Kurang Subur	Tidak Subur
4.	K004				•
5.	K005	•			
6.	K006		•		
7.	K007			•	
8.	K008				•
9.	K009	•			
10.	K010		•		
11.	K011			•	
12.	K012				•
13.	K013	•			
14.	K014		•		
15.	K015			•	
16.	K016				•
17.	K017	•			
18.	K018		•		
19.	K019			•	
20.	K020				•
21.	K021	•			
22.	K022		•		
23.	K023			•	
24.	K024				•

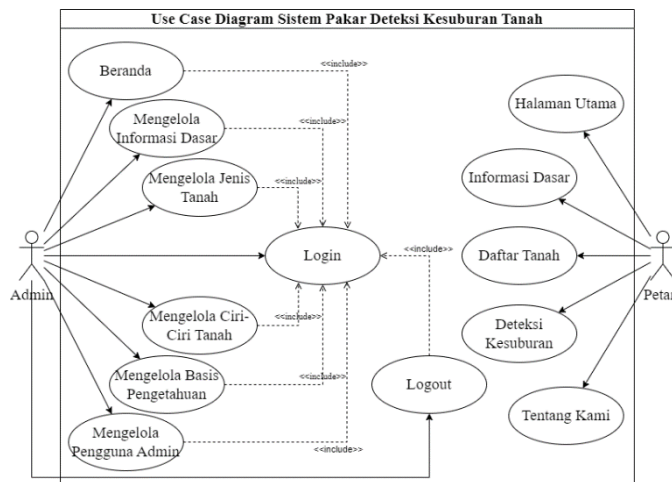
- c. Merancang *Class Diagram* yang digunakan untuk menggambarkan struktur kelas, atribut, dan hubungan antara kelas yang akan digunakan dalam sebuah sistem. Berdasarkan rancangan sistem telah dibuat *Class Diagram* yang tersaji pada gambar 2.



Gambar 2. Class Diagram Sistem Pakar Deteksi Kesuburan Tanah

Dalam Class Diagram tersebut, sistem terbagi menjadi tiga lapisan (layer) yaitu: Access Layer, Business Layer, dan View Layer.

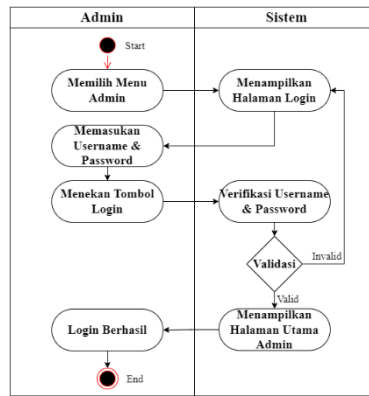
- d. Merancang Use case diagram dilakukan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna (user) dengan sistem sendiri. Berdasarkan analisis kebutuhan pengguna maka use case diagram yang berhasil dirancang tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Use case diagram Sistem Pakar Deteksi Kesuburan Tanah

Dari Use case diagram sistem pakar deteksi kesuburan tanah, terdapat 2 aktor yang terlibat, yaitu User dan Admin, dengan total 13 use case yang digunakan.

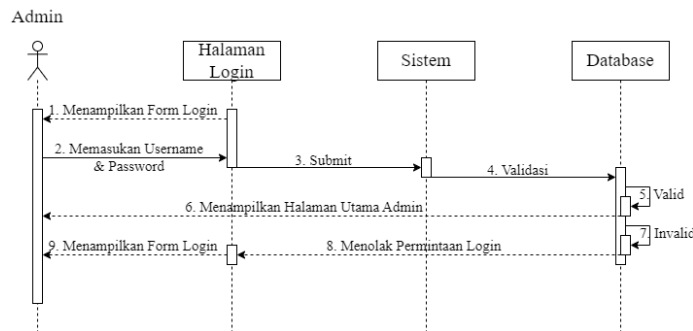
- e. Merancang Activity diagram akan digunakan untuk menggambarkan bagaimana kerja dari proses berjalannya sebuah sistem. Berdasarkan rencana pembuatan model sistem, activity diagram tersaji pada gambar 4.



Gambar 4. Activity diagram Login

Rancangan *activity diagram* pada gambar 4 menggambarkan algoritma dalam mengakses fitur *Login* dengan cara yang sederhana namun dapat dipahami.

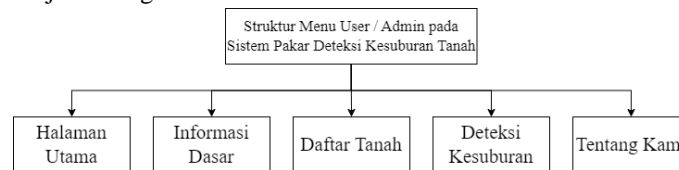
- f. Merancang *Sequence diagram* adalah gambaran dari bagaimana objek-objek dalam sistem berinteraksi satu sama lain. Berdasarkan rencana pembuatan model sistem untuk *sequence diagram* tersaji pada gambar 5.



Gambar 5. Sequence diagram Login

Gambar 5. memperlihatkan bagaimana *Admin* mengakses halaman *Login*, sistem memverifikasi kredensial dengan mengubah database, dan hasil autentikasi dikembalikan ke halaman *Login*.

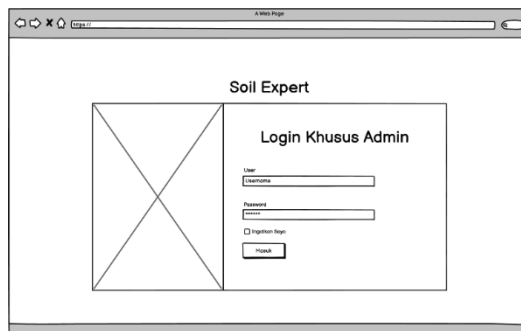
- g. Merancang Struktur *Menu* untuk memudahkan pengguna dalam mengakses fitur-fitur sistem agar pengguna dapat berinteraksi dengan mudah. Untuk itu rancangan struktur *Menu* tersaji dalam gambar 6.



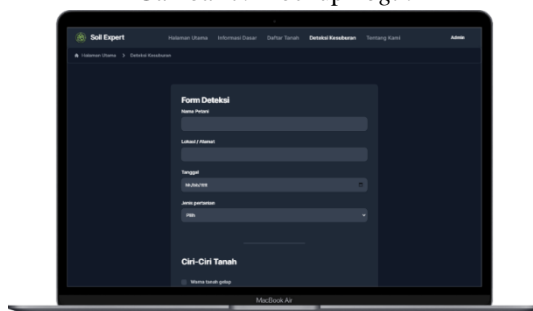
Gambar 6. Struktur MenuUser/Admin

Dari rancangan di atas diperlihatkan bahwa terdapat 5 fitur *Menu* yang dapat diakses oleh pengguna.

- h. Merancang *Interface* merupakan tahapan kunci dalam pengembangan aplikasi web. *Interface* terbagi menjadi mockup dan *Interface*. Untuk tampilan mockup dan *Interface* tersaji pada gambar 7. dan 8.



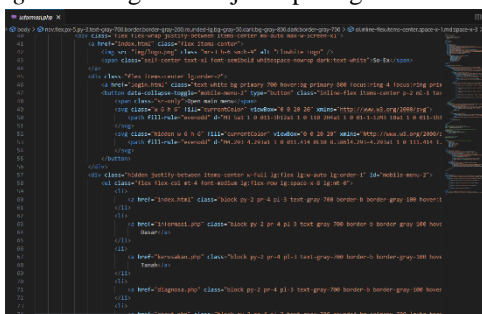
Gambar 7. Mockup Login



Gambar 8. Interface Deteksi Kesuburan

3) *Contraction*

- 1) Implementasi yaitu rancangan sistem yang diubah kedalam kode program untuk membangun aplikasi web deteksi kesuburan tanah. Dengan menggunakan *PHP* dan *framework codeigniter*. Program disajikan pada gambar 9.



Gambar 9. Implementasi Program

Gambar 9 Menunjukkan program dari fitur *Menu* informasi dasar yang diimplementasikan ke dalam bahasa pemrograman *php*.

- b. *Alpha testing* dilakukan untuk menguji fungsional dan kinerja sistem sebelum sampai ke pengguna. *Alpha testing* dilakukan dengan menguji sistem tanpa mengetahui bagaimana sistem dibangun secara detail metode ini disebut *black box testing*.

4) *Transition*

Dalam tahap *transition* lebih di fokuskan kepada beta testing, dimana pengujian ini terbagi menjadi 2 yaitu *user beta testing* dan *expert beta testing*, pengujiannya menggunakan metode kuisioner dan perhitungan likert untuk mendapatkan hasil akhir dalam bentuk persen.

- a. Dalam pengujian kegunaan (*user beta testing*), dilakukan pada 10 pengguna dari berbagai kelompok. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kebutuhan pengguna serta mengidentifikasi potensi masalah kegunaan sebelum peluncuran resmi.

Tabel 3. Hasil Kuisioner *User Beta Testing*

No	Pertanyaan	SS	S	N	TS	STS
Pertanyaan Umum						
1.	Sistem ini mudah digunakan untuk mendeteksi kesuburan tanah.	7	2	1	0	0
2.	Hasil identifikasi kesuburan tanah yang diberikan oleh sistem ini akurat.	5	3	2	0	0
Pertanyaan Tentang Masalah Bug / Error						
3.	Saya mengalami kesulitan atau bug saat menggunakan sistem untuk mendeteksi kesuburan tanah.	0	0	0	2	8
4.	Sistem berjalan dengan stabil dan tidak mengalami masalah <i>bug</i> atau <i>error</i> .	7	3	0	0	0
5.	Sistem memberikan pesan atau petunjuk yang jelas ketika terjadi kesalahan atau masalah.	8	2	0	0	0
Pertanyaan Tentang Fitur & Fungsional						
6.	Sistem ini menyediakan fitur-fitur yang saya butuhkan untuk mendeteksi kesuburan tanah.	5	4	1	0	0
7.	Saya puas dengan variasi dan kualitas fitur yang disediakan dalam sistem.	5	5	0	0	0
Pertanyaan Tentang Kemanfaatan Sistem						
8.	Sistem ini memberikan informasi yang berguna dan relevan terkait kesuburan tanah.	5	3	2	0	0
9.	Sistem ini membantu meningkatkan pemahaman saya tentang kesuburan tanah dan pertanian secara umum.	6	4	0	0	0

Digunakan perhitungan *likert* untuk menggabungkan data dari seluruh penguji. Perhitungan dilakukan dengan memberikan nilai dari 5 – 1 untuk respon (sangat setuju – sangat tidak setuju) dalam setiap pertanyaan. Berikut hasil akhir perhitungan likert:

Bagian 1: Total Nilai

$$\text{Total Nilai Sangat Setuju (5)} = 5 \times 48 = 240$$

$$\text{Total Nilai Setuju (4)} = 4 \times 26 = 104$$

$$\text{Total Nilai Netral (3)} = 3 \times 6 = 18$$

$$\text{Total Nilai Tidak Setuju (2)} = 2 \times 2 = 4$$

$$\text{Total Nilai Sangat Tidak Setuju (1)} = 1 \times 8 = 8$$

$$\text{Total Nilai} = 240 + 104 + 18 + 4 + 8 = 374$$

Bagian 2: Nilai Tertinggi

$$\text{Nilai Tertinggi} = 5 \times 9 \times 10 = 450$$

Bagian 3: Hasil Akhir

$$\text{Hasil Akhir} = \frac{\text{Total Nilai}}{\text{Nilai Tertinggi}} \times 100\% = \frac{374}{450} \times 100\% = 83.11\%$$

Dengan demikian, hasil akhir mayoritas memberikan respon positif dengan presentase sekitar 83.11%. dengan hasil akhir di atas 80% dapat dianggap bahwa sistem pakar deteksi kesuburan tanah telah lulus uji *beta*.

- b. Dalam pengujian keakuratan (*expert deta testing*), dilakukan oleh pakar secara langsung. Dengan membandingkan *inferensi* sistem pakar deteksi kesuburan tanah dengan keputusan dari pakar tanah. Pengujian masih menggunakan metode kuisioner dimana pakar akan mengisi beberapa pertanyaan terkait ke akuratan *inferensi* sistem dengan keputusan pakar.

Tabel 4. Hasil *Expert Beta Testing*

No	Pertanyaan	SA	A	CA	TA	STA
1	Seberapa akurat hasil deteksi sistem pakar dalam mengidentifikasi tingkat kesuburan tanah pada lahan pertanian?	0	1	0	0	0
2	Seberapa akurat sistem pakar ini dalam memberikan rekomendasi pemupukan dan perawatan tanaman?	1	0	0	0	0
3	Seberapa baik sistem pakar ini memberikan penjelasan atau justifikasi atas hasil deteksinya?	1	0	0	0	0
4	Seberapa efektif sistem pakar ini dalam memberikan solusi terkait masalah kesuburan tanah?	1	0	0	0	0
5	Seberapa akurat sistem pakar ini dalam memberikan informasi relevan tentang kesuburan tanah?	1	0	0	0	0

Metode perhitungan *likert* tetap diterapkan seperti sebelumnya, dengan memberikan nilai skala dari 5 - 1 untuk setiap respon (Sangat Akurat – Sangat Tidak Akurat) dalam setiap pertanyaan. Berikut hasil akhir perhitungan likert:

Bagian 1: Total Nilai

$$\text{Total Nilai Sangat Akurat (5)} = 5 \times 4 = 20$$

$$\text{Total Nilai Akurat (4)} = 4 \times 1 = 4$$

$$\text{Total Nilai Cukup Akurat (3)} = 3 \times 0 = 0$$

$$\text{Total Nilai Tidak Akurat (2)} = 2 \times 0 = 0$$

$$\text{Total Nilai Sangat Tidak Akurat (1)} = 1 \times 0 = 0$$

$$\text{Total Nilai} = 20 + 4 + 0 + 0 + 0 = 24$$

Bagian 2: Nilai Tertinggi

$$\text{Nilai Tertinggi} = 5 \times 5 \times 1 = 25$$

Bagian 3: Hasil Akhir

$$\text{Hasil Akhir} = \frac{\text{Total Nilai}}{\text{Nilai Tertinggi}} \times 100\% = \frac{24}{25} \times 100\% = 96\%$$

Hasil akhir *Menunjukkan* pakar memberikan respon positif sebesar 96% terhadap sistem. Dengan hasil di atas 80% sistem pakar telah lulus uji beta.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan aplikasi sistem pakar deteksi kesuburan tanah berbasis web dengan metode *inferensi Forward Chaining*. Penggunaan metode RUP dalam pengembangan sistem memastikan proses berjalan terstruktur melalui tahapan *Inception, Elaboration, Construction, dan Transition*. Hasil implementasi aplikasi ini mencakup perancangan *Use case diagram, Class Diagram, Activity diagram, Sequence diagram, struktur Menu, dan Interface*.

Melalui pengujian *Alpha Testing*, aplikasi sistem pakar ini berhasil menghasilkan hasil identifikasi yang akurat sesuai dengan aturan dan basis pengetahuan yang telah ditentukan. Penggunaan metode *inferensi Forward Chaining* dalam sistem pakar deteksi kesuburan tanah ini memberikan efisiensi dan keakuratan dalam memberikan rekomendasi pemupukan, sehingga berkontribusi pada peningkatan produktivitas dalam sektor pertanian.

REFERENSI

- [1] R. N. Ramadhan and Suprianto, "Expert System to Diagnose Soil and Plant Types According to The Web-Based Forward Chaining Method," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 2–8, 2022, doi: 10.21070/pels.v2i0.1181.
- [2] I. Zulfa, R. Septima, and I. Syah, "Sistem Pakar Untuk Mengetahui Tingkat Kesuburan Tanah Pada Jenis Tanaman Kopi Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus Kota Takengon)," *J. Keilmuan san Apl. Inform.*, vol. 5, no. 36, pp. 37–52, 2020.

- [3] A. Fauzi, D. Andreswari, and B. G. Murcito, “Sistem Pakar Menentukan Kekurangan Unsur Hara Dan Penggunaan Pupuk Pada Tanaman Jagung Pasca Penanaman Menggunakan Metode Forward Chaining (FC),” *Pseudocode*, vol. 6, no. 2, pp. 104–113, 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.2.104-113.
- [4] J. Kuswanto, “Sistem Pakar Untuk Perlindungan Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining,” *EduTic - Sci. J. Informatics Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 31–39, 2020, doi: 10.21107/edutic.v7i1.8805.
- [5] I. Akil Program Studi Manajemen Administrasi ASM BSI Jakarta Jl Jatiwaringin Raya No and J. Timur, “Analisa Efektifitas Metode Forward Chaining Dan Backward Chaining Pada Sistem Pakar,” *J. Pilar Nusa Mandiri*, vol. 13, no. 1, p. 35, 2017.
- [6] D. P. Sadewa, D. Heryadi, and T. Hidayat, “Pengaruh Keterlibatan Food and Agriculture Organization (FAO) dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Pertanian Pasca-Konflik Krisis Pangan Etnis Rohingya di Myanmar,” *Insign. J. Int. Relations*, vol. 7, no. 1, p. 57, 2020, doi: 10.20884/1.ins.2020.7.1.2243.
- [7] D. Pertanian, “PENYULUHAN PERTANIAN TAHUN 2022,” no. 183, 2022.
- [8] P. P. Dicky Pinoza, Ernawati, “Sistem Pakar Klasifikasi Taksonomi Tanah Tingkat Ordo Dan Sub Ordo Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web,” *Rekursif J. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 90–99, 2020.
- [9] D. Chairunnisa, Z. Azmi, W. Ristamaya, and M. Kom, “Penerapan Metode Certainty Factor Dalam Mendiagnosa Kerusakan Struktur Tanah Untuk Tanaman Karet Pada PT. Socfin Indonesia,” *J. CyberTech*, 2020.
- [10] Gunawan, M. Bangun, Poningsih, S. R. Andani, and Solighun, “Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Transmisi RBS,” p. 68, 2020.
- [11] S. Mujiyono, I. Adhawiyah, and Abdul Rohman, “Implementasi Metode Forward Chaining Dalam Sistem Pakar Pendeteksi Gangguan... - Google Books,” Penerbit Lakeisa.
- [12] J. Rumbaugh, I. Jacobson, and G. Booch, *The Unified Modeling Language Reference Manual*, vol. 53, no. 9. 2021.