



Sistem Pakar Untuk Mengetahui Tingkat Kesuburan Tanah Pada Jenis Tanaman Kopi Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus Kota Takengon)

Ira Zulfa¹, Richa Septima², Irwin Syah³

^{1,2,3}Universitas Gajah Putih, Aceh Tengah, Takengon, Indonesia

e-mail: ¹irazulfea@yahoo.com, ²richaseptima@gmail.com

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 15 April 2020
Direvisi 07 Mei 2020
Disetujui 29 Juni 2020
Dipublikasi 29 Juni 2020

Katakunci:

sistem pakar
fuzzy logic
moist detector analyzer

Keyword:

expert system
fuzzy logic
moist detector analyzer

DOI Artikel:

[10.35891/explorit.v12i1.1941](https://doi.org/10.35891/explorit.v12i1.1941)

ABSTRAK

Dengan majunya teknologi saat ini, sehingga mendorong penggunaan sebuah sistem dalam berbagai bidang ilmu, termasuk pada bidang pertanian khususnya di wilayah Aceh Tengah ini karena hampir seluruh lahannya digunakan untuk pertanian. Sistem pakar pada kesuburan tanah ini memakai unsur tanah sebagai dasar di dalam penentuan kecermatan ragam jenis tanaman kopi menggunakan metode fuzzy logic yang merupakan suatu algoritma perhitungan dari variabel kata, untuk mengganti perhitungan melalui bilangan. Sistem fuzzy bisa bekerja tanpa melalui komposisi dan dekomposisi fuzzy dengan integrasi antara alat moist detector analyzer berdasarkan rule-rule yang terdapat pada metode fuzzy logic. sistem pakar dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman php dan database mysql. Hasil pengujian dengan pengambilan sampel tanah pada jarak 100 meter dari titik nol lahan pertanian menggunakan perbedaan jarak tempuh, tanaman, bentuk tanaman, kelembaban dan keasaman dengan tekstur tanah, varietas dan suhu yang sama maka menghasilkan status yang berbeda-beda yang digolongkan dalam tiga kondisi yaitu sangat baik, baik dan cukup baik. Maka didapatkan hasil seperti pada titik 0, jika tanaman kopi ateng ilang pucuk di tanam, maka hasilnya akan sangat baik, dan begitu seterusnya..

ABSTRACT

With the advancement of technology today, so as to encourage the use of a system in various fields of science, including in agriculture, especially in the Central Aceh region because almost all of its land is used for agriculture. This expert system on soil fertility uses the soil element as a basis for determining the accuracy of various types of coffee plants using the fuzzy logic method which is an algorithm for the calculation of word variables, to substitute calculations through numbers. Fuzzy system can work without going through fuzzy composition and decomposition with the integration between the moist detector analyzer based on the rules contained in the fuzzy logic method. Expert system is built using PHP programming language and MySQL database. The test results by taking soil samples at a distance of 100 meters from the zero point of agricultural land using differences in mileage, plants, shape of plants, humidity and acidity with the same soil texture, variety and temperature produce different statuses classified under three conditions, namely very good, good and good enough. Then the results obtained as in point 0, if the top of the plant coffee ateng buds are planted, the results will be very good, and so on

©2020 diterbitkan oleh Prodi Teknik Informatika Universitas Yudharta Pasuruan

1. Pendahuluan

Unsur tanah pada area pertanian adalah salah satu penyebab paling krusial karena pada tiap wilayah pasti mempunyai frekuensi kesuburan tanah yang saling berlainan antara satu dan lainnya yang berpengaruh juga pada tata letak geografis dengan diikuti oleh bermacam-macam model tanah. Satu dari beberapa penunjang kesuksesan hasil pertanian adalah masalah kesuburan tanah dan minimnya ilmu yang dimiliki para petani tentang jenis tanah dan hal lain yang terkait dengan tanah yang berakibat pada penurunan hasil pertanian juga mengakibatkan para petani kesusahan dalam menemukan kategori tanaman yang cocok untuk ditanam pada wilayah mereka [1].

Kampung Sadong Juru Mudi merupakan salah satu kampung yang terdapat di daerah kabupaten Aceh Tengah, daerah yang berada di atas 1000 mdpl ini merupakan daerah yang mayoritas penduduknya adalah petani, hal ini dapat terlihat ketika memasuki wilayah yang bersuhu dingin ini. Melirik potensi alam yang melimpah tersebut maka banyak petani yang giat melakukan usaha bercocok tanam pada lahannya masing-masing. Namun, dibalik itu semua masih terdapat petani yang terlihat awam akan kesuburan tanah pada lahannya, tanaman yang di tanam terlihat tidak tumbuh sesuai

dengan yang diharapkan [2]. Alat bantu *moist detector analyzer* digunakan untuk membantu pengambilan sampel tanah yang akan diuji. Alat ini merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat keasaman atau sering disebut pH, alat ini juga dapat mengecek berapa persen kelembaban suatu tanah. Dengan menggunakan sensor yang terbuat dari tembaga pada ujung jarumnya maka alat ini dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan terkait bidang pertanian.

Dengan majunya teknologi saat ini, sehingga mendorong penggunaan sebuah sistem dalam berbagai bidang ilmu, termasuk pada bidang pertanian khususnya di wilayah Aceh Tengah ini karena hampir seluruh lahannya digunakan untuk pertanian, maka seiring perkembangan jaman yang terus berkembang pesat bahkan dalam hitungan detik mengharuskan para petani di Aceh Tengah ini dapat menerapkan penggunaan sistem sebagai penunjang dalam kesuksesan hasil pertaniannya [3]. Penerapan sistem pakar yang mewakili keahlian seorang pakar untuk menganalisa, menguji dan memberikan sebuah hasil berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan dipilih sebagai implementasi sistem yang diharapkan dapat dengan tepat dalam menunjang para petani untuk mengetahui tentang tingkat kesuburan tanah pada wilayah mereka agar meminimalisir terjadinya kesalahan pemilihan tanaman yang akan ditanami nantinya [4]. Resdi Hadi Prayoga membuat sistem pakar menggunakan forward chaining untuk mendeteksi penyakit pada ayam. Sistem pakar ini diharapkan dapat membantu para petani dalam memilih katagori tanaman yang sesuai sebelum mulai melakukan apapun terhadap lahan pertanian., dikhususkan untuk penelitian ini adalah tanaman jenis kopi karena dianggap tanaman yang paling produktif dengan berbagai macam jenisnya dan sangat dominan pada Wilayah Aceh Tengah ini. Pada penelitian sistem pakar yang diaplikasikan menggunakan metode logika fuzzy yang merupakan metodologi yang handal karena dari banyak penelitian yang terdahulu dapat dilihat bahwasannya pemilihan metode ini menghasilkan hasil yang mempunyai nilai keakuratan yang sangat tinggi pada data pengolahan yang datanya mengandung nilai data dengan ketidakpastian atau ambigu. Data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari kantor dinas pertanian Aceh Tengah karena harapan nantinya semau data *real* yang akan diolah pada sistem pakar dan mendekati seratus persen keakuratan hasilnya [5].

2. Kajian Teori

Tanah adalah unsur paling utama dan sangat penting untuk dalam membantu sebuah kelayakan lahan pertanian pada pegimplementasiannya bagi petani. Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang secara wujudnya bermanfaat sebagai letak tumbuh dan berkembangnya akar-akar yang mendasari penahan kokohnya pertumbuhan suatu tanaman dengan persediaan keperluan terhadap air dan udara [6]. Kesuburan tanah merupakan satu aspek kondisi saat tanah dapat membantu pertumbuhan tanaman oleh beberapa unsur di dalamnya seperti kimia, biologi, dan fisika. Pada umumnya tidak sedikit yang mengira bahwasannya kesuburan tanah sama halnya dengan kesehatan tanah, padahal hal ini berbeda. Kesehatan tanah banyak diasumsikan sebagai kondisi tanah yang membantu dan penjamin tanaman bisa tumbuh serta berkembang secara maksimal tanpa ada hambatan dari banyak aspek.

Pengambilan sampel tanah dalam mendeteksi kondisi hara atau kesuburan tanah menggunakan sistem sampel campuran (*composite sample*), yaitu merupakan sample yang dipakai dari area tertentu. Pemakaian sampel tanah dilakukan saat mengintari lahan pertanian seraya mengambil sampel tanah sebanyak kumpulan tipis lapisan tanah dengan kedalaman sekitar 20 cm pada sebuah lahan pertanian dengan tingkat kesuburan dan cara penanaman yang relatif sama, sampel tanah yang diambil masing-masing sebanyak 100 gram kemudian tanah tersebut akan digabungkan dan diaduk dengan homogen, selanjutnya diambil lagi sampel tanah sebanyak 200 gram untuk kebutuhan analisis [7].

2.1 Tanaman Kopi

Menurut (Surip, Retno, Aris, Soekadar, Yusianto, 2008) sebaiknya sebelum melakukan perluasan lahan kopi, khususnya kopi dengan jenis Arabika perlu terlebih dulu dilakukan *survei* agar memahami tingkat kelayakan secara teknik dan kelayakan usaha yang berdampak pada perekonomian. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan tersebut seperti, iklim, ketinggian tempat, sifat fisik dan kimia tanah, kemiringan lahan serta faktor penghambat pertumbuhan yang lain. Secara umum pertumbuhan kopi dapat dilihat sebagai berikut :

- a. Iklim
 - Garis lintang 20° LS sampai 20° LU
 - Ketinggian tempat 1.000 s/d 2000 mdpl
 - Curah hujan 1.500 s/d 2500 mm/th
 - Musim kemarau dengan (curah hujan < 60 mm/bulan) 1-3 bulan
 - Suhu udara setiap hari dengan rata-rata 15-25° C
- b. Tanah

- Kemiringan tanah kurang dari 45 %
 - Kedalaman tanah dengan efektif yang lebih dari 100 cm
 - Tekstur tanah geluhan pada struktur tanah lapisan atas remah
 - Sifat kimiawi tanah (terutama pada lapisan 0-30cm)
 - Kadar bahan organik > 3,5% atau kadar C > 2%
 - Nisbah C/N 10-12
 - Daya tampung pertukaran kation (KPK) > 15 me/100 g tanah
 - Kejenuhan basa > 35 %
 - pH tanah 5,5-6,5
 - Kandungan unsur hara minimum sebesar N 0,28% P (Bray I) 32 ppm, K tertukar 0,50 me/100g, Ca tertukar 5,3 me/100g, Mg tertukar 1 me/100g
- c. Klasifikasi kesesuaian lahan
- Klasifikasi kesesuaian lahan didasarkan pada faktor-faktor teknis yang merupakan pembatas pertumbuhan, pada tabel 1 dibawah disajikan kriteria teknis tentang klas kesesuaian lahan kopi Arabika.
- d. Kesesuaian lahan kopi Arabika di gayo
- Pada saat ini luas lahan di daratan tinggi gayo sekitar 572.078 ha yang tersebar di beberapa wilayah kabupaten.berdasarkan hasil penelitian pada tahun 1995, luas lahan di dataran tinggi gayo yang tingginya antara 1000 s/d 2000 mdpl dan sesuai untuk kopi Arabika sekitar 322.160 ha. Lahan tersebut mempunyai kelerengan yang beraneka ragam mulai 0-65%.
- Ada empat kategori klas kesesuaian lahan di dataran tinggi gayo, yaitu:
1. SI (sangat sesuai) seluas 325.03 ha
 2. SII (cukup sesuai) seluas 56.478 ha
 3. SIII(kurang sesuai) seluas 153.304 ha
 4. N (tidak sesuai) seluas 361.971 ha

2.2 Metode Fuzzy Logic

Menurut (Agus Naba, 2009) pada umumnya *fuzzy logic* merupakan suatu algoritma perhitungan dari variabel kata, Untuk pengganti perhitungan melalui bilangan. Rangkaian kata yang dipergunakan pada *fuzzy logic* tidak seakurat dibandingkan bilangan, akan tetapi penggunaan kata jauh lebih mendekati naluri manusia yang mana manusia dapat secara langsung menjumpai nilai dari variabel-variabel kata yang telah digunakan setiap hari [8]. Sistem inferensi *fuzzy* adalah algoritma penalaran konstan, algoritma penalaran konstan dipakai sebagai dasar dalam cara asosiasi *fuzzy*, meskipun penalaran dengan memakai cara ini sudah sangat jarang penggunaannya, akan tetapi beberapa peneliti terkait lain masih menerapkan penskalaan *fuzzy*, dengan contoh kondisi Jika dua daerah direlasikan menggunakan implikasi penyederhanaan berikut :

IF y is a THEN z is b

Transfer fungsi:

$$Z = 2.2.f((y, a), b)$$

Jadi sistem *fuzzy* bisa bekerja tanpa melalui komposisi dan dekomposisi *fuzzy*. Hasil nilai output diprediksi secara langsung dengan standar keanggotaan yang mempunyai hubungan dengan antesendennya [9].

Dalam melaksanakan rancangan satu sistem *fuzzy* perlu dilaksanakan tahapan-tahapan sebagai berikut i:

1. Mendeskripsikan karakter model secara fungsional dan operasional Bagian ini penting untuk dilihat macam karakteristik apa yang dipunyai sistem pakar, selanjutnya diformulasikan karakteristik tersebut kedalam operasi pengolahan yang akan dipergunakan pada metode *fuzzy*.
2. Melaksanakan dekomposisi agar menjadi suatu himpunan *fuzzy* dari variabel yang telah diformulasikan, dibentuk suatu himpunan *fuzzy* yang saling berhubungan tanpa menyisihkan domainnya.
3. Merancang aturan *fuzzy* yang memperlihatkan bagaimana sebuah sistem berjalan dengan teknik penulisan aturan secara umum : If (YI is aI)... (Ya is an) then Z is b dengan (.) merupakan operator (OR dan AND), Y adalah scalar dan a adalah variabel linguistik.

Pada metode tsukamoto tiap konsekuen pada aturan dengan berbentuk IF-Then harus direpresentasikan pada sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang tetap. Sebagai keluaran hasil inferensi dari setiap aturan diberikan dengan tegas (*crisp*) yang didasari oleh α - predikat (*fire strength*), sehingga hasil akhir didapatkan dengan memakai rata-rata terbobot.

2.3 Analisis Data Aspek Tanah

Sistem pakar pada kesuburan tanah ini memakai unsur tanah sebagai dasar di dalam penentuan kecermatan ragam jenis tanaman kopi menggunakan metode *fuzzy logic*. Berikut ini merupakan lima faktor pada kesuburan tanah [10].

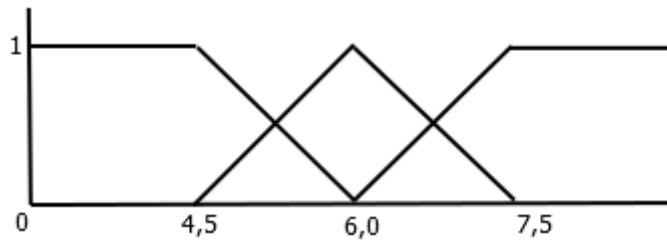
1. Variabel tingkat keasaman pada tanah

Tingkat keasaman pada tanah merupakan satu dari sekian banyak faktor, penilaian pH tanah netral sebesar 7, maka jika pH tanah < 7 dapat dinyatakan asam sedangkan > 7 adalah basa. Berikut merupakan daftar variable keasaman pada jenis kopi yang bersumber dari Rachman Sutanto (2005) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel Variabel Keasaman Tanah

Himpunan	Domain
Kopi robusta	4.5,5,5
Padi, Kopi arabika	5,5.6,5

Dari Tabel 1 yang berisikan daftar variable keasaman jenis kopi akan dihitung nilai y dari keasaman setiap tanah yang dapat dilihat apa Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kurva Nilai y Keasaman Tanah

Kurva pada Gambar 1 merupakan dasar perhitungan nilai y dari keasaman setiap tanah, dengan rumusan persamaan dibawah ini.

$$[y] \begin{cases} 1, & y = 0 \\ \frac{4,5-y}{4,5-0}, & 0 < y < 4,5, \dots\dots\dots(4) \\ 0, & y \geq 4,5 \end{cases}$$

$$[x] \begin{cases} 0, & y \leq 4,5 \\ \frac{y-4,5}{6,0-4,5} & 4,5 < y < 6,0 \\ 1, & y = 6,0 \dots\dots\dots(5) \\ \frac{7,5-y}{7,5-6,0} & 6,0 < y < 7,5 \\ 0, & y \geq 7,5 \end{cases}$$

$$[y] \begin{cases} 0, & y \leq 6,0 \\ \frac{y-6,0}{7,5-6,0}, & 6,0 < x < 7,5, \dots\dots\dots(6) \\ 1, & y \geq 7,5 \end{cases}$$

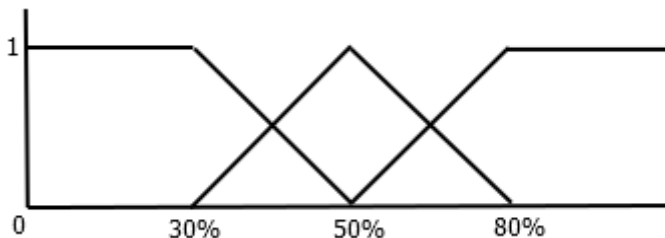
2. Variabel kelembaban tanah

Air didalam tanah merupakan hal yang sangat penting, karena berfungsi sebagai larutan didalam pemungutan dan pengangkutan unsur hara dari tanah ke tubuh tanaman. Variable dari kelembapan pada tanah bersumber dari (Rachman Sutanto 2005) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Variabel Kelembaban Tanah

Himpunan	Domain
Padi	61,70
Kopi arabika, Kopi robusta	71,80

Dari tabel 2 dapat dihitung nilai dari kelembapan tanah yang telah ditentukan nilainya seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. Kurva Kelembaban Tanah

Gambar 2 diatas berfungsi untuk menghitung nilai y dari kelembaban tanah dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$[y] \begin{cases} 1, & y = 0 \\ \frac{30-y}{30-0}, & 0 < y < 30, \dots\dots\dots(7) \\ 0, & y \geq 30 \end{cases}$$

$$[y] \begin{cases} 0, & y \leq 30 \\ \frac{y-30}{50-30} & 30 < y < 50 \\ 1, & y = 50 \dots\dots\dots(8) \\ \frac{80-y}{80-50} & 50 < y < 80 \\ 0, & y \geq 80 \end{cases}$$

$$[y] \begin{cases} 0, & y \leq 50 \\ \frac{y-50}{80-50}, & 50 < y < 80, \dots\dots\dots(9) \\ 1, & y \geq 80 \end{cases}$$

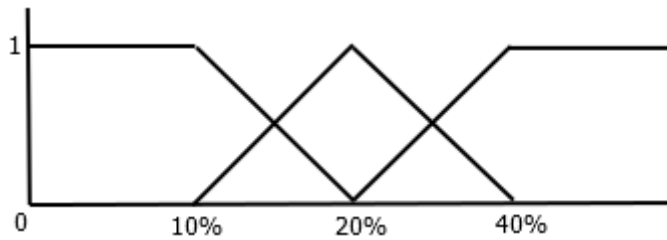
3. Variabel suhu tanah

Suhu tanah adalah gabungan dari emisi panjang gelombang dan aliran panas didalam tanah. Suhu tanah yang rendah bisa berpengaruh terhadap serapan air pada pertumbuhan tanaman [3], [11]. Apabila suhu tanah sangat rendah maka akan mengakibatkan terjadinya dehidrasi atau kekurangan air pada tumbuhan [12], [13], . Daftar variabel suhu tanah bersumber dari Rachman Sutanto (2005) yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Variabel Suhu Tanah

Himpunan	Domain
Kopi arabika, kopi robusta	15-25
Padi	23-27

Dari Tabel 3 dapat kita hitung nilai dari variable suhu tanah yang ada pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Kurva Suhu Tanah

Gambar 3 merupakan kurva untuk menghitung nilai y dari suhu tanah, dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$[y] \begin{cases} 1, & y = 0 \\ \frac{10-y}{10-0}, & 0 < x < 10, \dots\dots\dots(10) \\ 0, & y \geq 10 \end{cases}$$

$$[y] \begin{cases} 0, & y \leq 10 \\ \frac{y-10}{20-10} & 10 < y < 20 \\ 1, & y = 20 \dots\dots\dots(11) \\ \frac{40-y}{40-20} & 20 < y < 40 \\ 0, & y \geq 40 \end{cases}$$

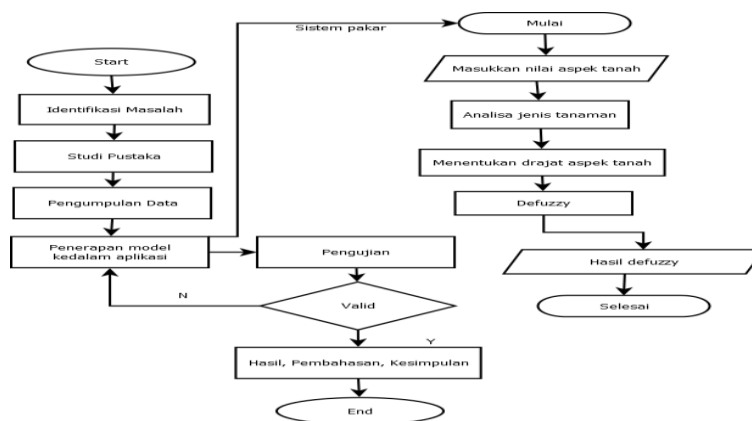
$$[y] \begin{cases} 0, & y \leq 20 \\ \frac{y-20}{40-20}, & 20 < x < 40, \dots\dots\dots(12) \\ 1, & y \geq 40 \end{cases}$$

4. Variabel tekstur tanah

Tekstur pada tanah dipergunakan untuk penyesuaian terhadap keadaan tanaman. (Rachman Sutanto 2005)

3. Metode Penelitian

Secara umum diperlukan beberapa langkah kegiatan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Dibawah ini merupakan *flowchart* langkah proses sistem yang telah dibangun.



Gambar 4. Flowchart Sistem Pakar yang telah dibangun

Penjelasan dari setiap simbol pada Gambar 4 dapat dijabarkan beberapa bagian sebagai berikut :

1. Start : awal mulanya penelitian dilakukan.
2. Identifikasi masalah : mengidentifikasi masalah yang terjadi.
3. Studi pustaka : melakukan pencarian sumber referensi dan kajian pustaka untuk proses penelitian.

4. Pengumpulan data : melakukan pencarian data-data terkait kesuburan tanah dari berbagai literatur dan sumber terkait.
5. Penerapan model kedalam aplikasi : penerapan metode fuzzy logic kedalam sistem pakar.
6. Pengujian: melakukan pengujian perhitungan berdasarkan data-data yang telah tersedia sebelumnya untuk di analisa oleh sistem.
7. Valid : jika perhitungan akurat maka langkah akan berlanjut ketahap selanjutnya
8. Tidak valid : jika perhitungan tidak sesuai maka akan kembali melakukan pengujian.
9. Hasil dan pembahasan : berisi tentang hasil akhir dari penelitian serta pembahasan sistem pakar tingkat kesuburan tanah pada tanaman kopi.
10. End : berakhirnya penelitian

Adapun penjelesan untuk flowchart sistem pakar adalah sebagai berikut:

1. Mulai : memulai untuk memasukkan jenis tanaman yaitu kopi dan padi.
2. Masukkan aspek nilai tanah : data didapatkan dari sampel tanah berupa kadar oksigen tanah, kelembaban tanah, keasaman tanah, tekstur tanah dan suhu tanah.
3. Analisa jenis tanaman : sistem akan menganalisa jenis tanaman yang telah di masukkan sebelumnya sesuai dengan sampel tanah.
4. Menentukan drajat kriteria tanah : dari hasil analisa jenis tanaman sistem akan memperoleh drajat keanggotaan dari kadar oksigen, kelembaban tanah, keasaman tanah, tekstur tanah dan suhu tanah yang nanti akan di defuzzifikasikan.
5. Defuzzifikasi : sistem akan mendefuzzifikasikan semua nilai aspek aspek tanah.
6. Hasil proses : setelah melewati semua proses, akan didapatkan rekomendasi jenis tanaman pada kondisi tanah tertentu sesuai dengan tanah yang telah dianalisa.
7. Selesai : berakhirnya pengujian oleh sistem pakar.

Rule fuzzy yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pealatan bantu untuk menguji tanaman yang cocok terhadap keadaan tanah yang hendak dianalisa. Peraturan atau *rule* pada bentuk (IF-THEN). Berikut urutan dari *rule* yang akan dibentuk dari data kopi, bersumber dari Rachman Sutanto (2005).

Tabel 4. Tabel Data Kopi

<i>Rule</i>	Tekstur (mm)	Kelembaban (%)	Suhu (C)	Keasaman (pH)	Jenis tanaman
1.	Tanah Lembung	75-90	15-25	5,5-7	Kopi Arabika LongBerry
2.	Tanah Lembung	65-75	15-25	5,5-7,5	Kopi Arabika Ateng Super
3.	Tanah Lembung	60-70	15-25	5,5-7	Kopi Arabika Ateng Ilang pucuk
4.	Tanah Lembung	71-75	15-22	5,5-7,5	Kopi Arabika Ateng Janda
5.	Tanah Lembung	71-80	15-25	5,5-7,5	Kopi Arabika Tim Tim
6.	Tanah Lembung	55-65	15-25	4,5-6,5	Kopi Robusta
7.	Tanah Lembung	61-70	23-27	5,6-6,5	Padi

Dari Tabel 4 yang berisikan urutan *rule* selanjutnya *rule-rule* akan dirubah menjadi beberapa kondisi seperti yang terlihat apada tabel dibawah ini yang bersumber dari (Rachman Sutanto 2005).

Tabel 5. Tabel *Rule*

Rule	Kelembaban	Suhu	Keasaman	Hasil
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman rendah	Cukup baik
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman sedang	Cukup baik
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman tinggi	Cukup baik
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman rendah	Cukup baik
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman tinggi	Cukup baik
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman sedang	baik
IF	Kelembaban sedang	Suhu rendah	Keasaman rendah	Cukup baik
IF	Kelembaban sedang	Suhu sedang	Keasaman sedang	Sangat baik
IF	Kelembaban sedang	Suhu rendah	Keasaman sedang	Sangat baik
IF	Kelembaban sedang	Suhu rendah	Keasaman tinggi	Cukup baik
IF	Kelembaban sedang	Suhu rendah	Keasaman rendah	Cukup baik
IF	Kelembaban tinggi	Suhu sedang	Keasaman rendah	baik
IF	Kelembaban tinggi	Suhu sedang	Keasaman sedang	Sangat baik
IF	Kelembaban tinggi	Suhu tinggi	Keasaman rendah	Cukup baik
IF	Kelembaban tinggi	Suhu rendah	Keasaman rendah	Cukup baik

Pada Tabel 5 terlihat perubahan *rule* menjadi urutan kondisi sesuai dengan kelembaban, suhu, dan keasaman untuk memperoleh hasil penilaian secara variable kata dengan tiga kelompok katagori yaitu sangat baik, baik dan cukup baik.

3.1 Analisa Data Tanah pada Kawasan Penelitian

Berikut ini merupakan data variabel tanah yang didapat ketika peneliti melakukan uji pengambilan contoh pH tanah (tingkat keasaman) suatu lahan perkebunan milik peneliti pada kampung Sadong Juru Mudi. Sebagai alat bantu untuk mengukur tingkat keasaman tanah tersebut, peneliti menggunakan alat *moist detector analyzer* pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Pengujian Pertama Alat Moist Detector Analyzer



Gambar 6. Peneliti Menguji Alat *Detector Analyzer*

Pada Gambar 5 dan 6 peneliti melakukan uji pengambilan data pada lahan seluas 900 m², sehingga data yang dihasilkan berbeda-beda dengan memperoleh sampel tanah sebagai data awal dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Data Penelitian Lapangan

Jarak (m ²)	Kelembaban (%)	Keasaman (pH)	Suhu (C)	Tekstur (mm)
0-100	71	8	20	Lembung
101-200	71	6	20	Lembung
201-300	73	5	20	Lembung
301-400	68	7	20	Lembung
401-500	77	8	20	Lembung
501-	70	7	20	Lembung

600				
601-700	71	6	20	Lambung
701-800	60	7	20	Lambung
801-900	90	5	20	Lambung

Berdasarkan Tabel 6 terlihat pada area suatu perkebunan dengan luas mencapai 900 m² memiliki tingkat keasaman relatif sama yaitu pH 7 – pH 8, hal ini terbukti dengan menggunakan alat bantu yaitu *detector analyzer*. Tingkat keasaman yang mencapai pH 7 merupakan tingkat keasaman yang netral, hal ini dikarenakan terdapat efek dari curah hujan dan menyebabkan tingkat keasaman tanah menjadi netral [14]. Kemudian dilakukan lagi pengujian untuk kelembapan tanah dengan jarak yang lebih jauh, dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 7. Pengujian Kelembaban Pada Jarak 401 Meter



Gambar 8. Foto Ph Tanah Pada Jarak 501 Meter

Dari hasil pengujian pada Gambar 7 dan 8 terlihat jelas perbedaan kontras ketika peneliti melakukan uji tingkat keasaman tanah pada kampung yang sama akan tetapi berbeda lahan perkebunan. Selanjutnya pengujian kedua coba dilakukan lagi dengan alat bantu seperti terlihat apada gambar dibawah.



Gambar 9. Pengujian Kedua Alat Moist Detector Analyzer

Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa pH (tingkat keasaman) tanah lahan tersebut tepat berada di angka pH 6,5. Hal ini membuktikan bahwa tanaman kopi dapat tumbuh di lahan tersebut. Dengan membandingkan perbedaan hasil pengujian tingkat keasaman tanah serta kelembaban tanah pada kampung yang sama dan berbeda lahan pertanian, maka dapat diambil kesimpulan bahwa tanaman kopi dapat tumbuh diantara pH netral yaitu pH 7, namun memiliki syarat yakni melakukan tindakan untuk menjadikan lahan tidak terlalu mengarah ke basa pH > 7 agar tanaman kopi dapat terus tumbuh. Hasil wawancara bersama penyuluh pertanian yakni pH untuk tanaman kopi adalah berkisar antara 4,5-7,5 pada wilayah Aceh Tengah. dengan tingkat keasaman seperti itu maka dapat dikatakan bahwa Aceh Tengah merupakan tanah yang subur. Namun dengan tingkat pH yang mencapai 7 (netral) untuk mensiasati lahan pertanian menjadi sedikit asam ialah dengan menggunakan ampas dari kulit buah kopi tersebut, dengan menaburkan secara rutin ampas kulit buah kopi tersebut maka lahan pertanian yang memiliki tingkat keasaman pH 7 (netral) dapat menjadi pH 5,5-6,6.

3.2 Alogaritma Fuzzy Logic

Peneliti menguji disebuah lahan yang berukuran 900 m2, dan pada jarak tertentu yaitu pada jarak ke 501 m dari titik 0 peneliti mengambil sampel data menggunakan alat *detector analyzer*, pada alat tersebut menampilkan tingkat keasaman tanah dan juga kelembaban tanah sehingga hasil yang didapat adalah sebagai berikut

$$\frac{x - \alpha}{b - \alpha}$$

Keterangan

x = Nilai inputan

α = batas bawah nilai kriteria aspek tanah

b = batas atas nilai kriteria aspek tanah

Dalam pengujian ini dimisalkan nilai unsur aspek tanah sebagai berikut:

- Keasaman Tanah : 7
- Kelembaban Tanah : 70
- Tekstur Tanah : (tanah liat/lembung)
- Suhu : 20

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai unsur tanah menggunakan rumus kriteria tanah

$$\text{Keasaman tanah} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{7-4,5}{7,5-4,5} = 0,833$$

$$\text{Kelembaban tanah} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{70-30}{80-30} = 0,8$$

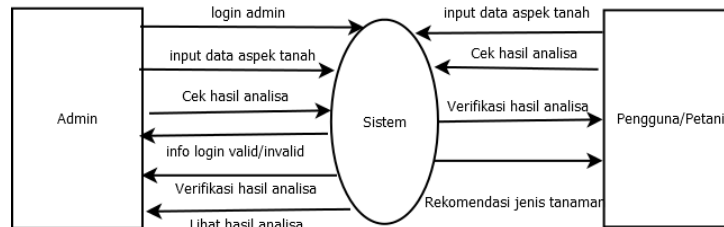
$$\text{Suhu tanah} = \frac{x-a}{b-a} = \frac{20-15}{40-15} = 0,2$$

$$\text{Hasil} = \frac{\text{hasil perhitungan per unsur aspek tanah}}{\text{jumlah unsur tanah}} = \frac{0,833+0,8+0,2}{3} = 0,61$$

Berdasarkan data yang telah dihitung maka hasilnya adalah 0,61, tanaman yang peneliti akan tanam adalah kopi Ateng Super dengan varietas Arabika dan biji berbentuk bulat besar.

4. Hasil dan Pembahasan

Diagram konteks merupakan diagram yang terbentuk dari sebuah proses dengan gambaran lingkup area suatu sistem. Seluruh input dan output sistem sesuai dengan pengguna sebagai admin dan user yang lebih lanjut dapat dilihat apada gambar berikut ;



Gambar 10. Diagram Konteks Sistem

Pada Gambar 10 menampilkan *input* dan *output* yang didapatkan oleh dua pemakai yaitu ada admin sebagai pemegang kendali sistem dan ada *user* sebagai pengguna sistem yang telah dibuat, masing-masing mempunyai hak akses yang berbeda pula. Implementasi rancangan tampilan dan fungsi menu pada sistem yang sudah dibangun dapat dilihat pada tampilan gambar-gambar berikut :

- Implementasi halaman beranda admin

Gambar berikut ini merupakan halaman beranda utama yang diakses dengan mesin pencari, pada menu navigasi terdapat menu untuk masuk kedalam sistem.



Gambar 11. Halaman Beranda Admin Sistem Pakar

Pada Gambar 11 ketika username dan password telah berhasil di masukkan, maka selanjutnya akan ditampilkan halaman beranda admin, pada menu navigasi pengguna dapat menguji tanaman, memasukkan data *rule*, penjelasan tentang navigasi.

- Implementasi halaman uji tanaman

Berikut ini merupakan halaman untuk melakukan pengujian tanaman dengan tingkat kesuburan tanah yang didapat menggunakan alat *detector analyzer*. Pada kolom jarak adalah kolom untuk mengisi jarak tanaman yang akan ditanam tanaman kopi dan sebelumnya alat *detector analyzer* di masukkan pada posisi jarak tersebut. Pada kolom bentuk tanaman merupakan bentuk daripada tanaman yang akan di tanam dan varietas merupakan jenis dari tanaman tersebut.

The screenshot shows a web interface for plant testing. At the top, there is a navigation bar with 'HOME', 'UJI TANAMAN', 'DATA TANAMAN', 'DATA RULE', and 'LOGOUT'. The main content area contains several input fields:

- JARAK TANAM UNTUK TANAMAN :** A text input field with the placeholder 'Jarak Tanam Untuk Tanaman Dalam Hitungan Meter'.
- TANAMAN:** A text input field with the placeholder 'Tanaman Contoh Kopi Longberry Atau Padi'.
- TEKSTUR:** A text input field with the placeholder 'Isi Jenis Tanah Pertanian'.
- BENTUK TANAMAN :** A dropdown menu with the placeholder '-Pilih Bentuk Tanaman-'.
- VARIETAS :** A dropdown menu with the placeholder '-Pilih Varietas Tanaman-'.
- KELEMBABAN TANAH (%) :** A text input field with the value '20% - 90%'.
- SUHU TANAH (DRAJAT CELCIUS) :** A text input field with the value '10 C - 40 C'.
- KEASAMAN TANAH (PH) :** A text input field with the value '0 - 10'.

Gambar 12. Halaman Uji Data Tanaman

pada kolom kelembaban merupakan kolom yang diisi kelembaban tanah yang didapatkan menggunakan alat *detector analyzer*, semua hasil yang didapatkan menggunakan alat *detector analyzer* akan dimasukkan kedalam sistem pakar yang menggunakan logika fuzzy sehingga nantinya tanaman yang akan ditanam akan sesuai atau tidak pada tahap perhitungan logika fuzzy selesai. Sama halnya dengan kolom suhu tanah dan tingkat keasaman tanah, pada suhu tanah lebih cenderung mengikuti suhu udara yang ada pada wilayah penelitian dan berkisar diantara 15 sampai dengan 25 drajat celcius. Sedangkan pada tingkat keasaman didapatkan dengan menggunakan alat *detector analyzer*.

The screenshot shows the results of the fuzzy logic process. At the top, there is a navigation bar with 'HOME', 'UJI TANAMAN', 'DATA TANAMAN', 'DATA RULE', and 'LOGOUT'. The main content area contains three text input fields:

- KELEMBABAN TANAH (%) :** A text input field with the value '20% - 90%'.
- SUHU TANAH (DRAJAT CELCIUS) :** A text input field with the value '10 C - 40 C'.
- KEASAMAN TANAH (PH) :** A text input field with the value '0 - 10'.

 Below these fields is a 'SUBMIT' button. At the bottom, there is a dark blue footer section with the following text:

- Logika Fuzzy** adalah suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidaktegasan yang berlimpah.
- Sistem Pakar Kesuburan Tanah Menggunakan Fuzzy Logic**
- Program Aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah masyarakat Kampung Sadong Juru Mudi Kab. Aceh Tengah dalam hal mengetahui tingkat kesuburan tanah untuk

 There are also two statistics displayed: '3 TOTAL DATA TANAMAN' and '15 BERDASARKAN ATURAN RULE'.

Gambar 13. Halaman uji data tanaman bagian dua

- Implementasi halaman data tanaman

Pada gambar berikut ini merupakan halaman ketika proses fuzzyfikasi selesai, semua tanaman yang di uji dengan tingkat kesuburan tanah pada area penelitian akan tampil pada halaman ini. Pengguna dapat mencoba fuzzyfikasi dengan kembali mengubah salah satu data. Nantinya proses fuzzyfikasi akan muncul mulai dari himpunan hingga defuzzyfikasi.

Tanggal	Jarak	Tanaman	Tekstur	Bentuk	Varietas	Kelembaban	Suhu	Keasaman	Status	Action
2020-02-19	0 Meter - 100 M	Kopi Aleng Ilang Pucuk	Lembung	Bulat Kecil	Arabika	71	20	8	sangatbaik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	101 Meter - 200 Meter	Kopi Aleng Ilang Pucuk	Lembung	Bulat Besar	Arabika	71	20	6	baik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	201 Meter - 300 Meter	Kopi Longberry	Lembung	Bulat Besar	Arabika	73	20	5	cukupbaik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	301 Meter - 400 Meter	Kopi Longberry	Lembung	Bulat Besar	Arabika	68	20	7	baik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	401 Meter - 500 Meter	Kopi Aleng Ilang Pucuk	Lembung	Bulat Kecil	Arabika	77	20	8	sangatbaik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	501 Meter - 600 Meter	Kopi Aleng Super	Lembung	Bulat Besar	Arabika	70	20	7	sangatbaik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	601 Meter - 700 Meter	Kopi Longberry	Lembung	Lonjong	Arabika	71	20	6	baik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	701 Meter - 800 Meter	Kopi Aleng Super	Lembung	Bulat Besar	Arabika	60	20	7	cukupbaik	Print / Edit / Delete
2020-02-19	801 Meter -	Kopi Aleng	Lembung	Lonjong	Arabika	90	20	5	cukupbaik	Print / Edit /

Gambar 14. Halaman Data Tanaman Tersimpan

Berikut ini merupakan halaman untuk mengubah data tanaman yang telah tersimpan, ketika data baru telah disiapkan pada form yang tersedia maka selanjutnya mengklik tombol submit untuk memverifikasi data tersebut dan nantinya akan kembali kepada halaman data tanaman tersimpan.

Gambar 15. Halaman Ubah Data Tanaman

- Implementasi halaman *rule*

Berikut ini merupakan halaman untuk menambah data *rule* baru, pada kolom masing-masing variabel terdapat beberapa tingkatan yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hal ini dikarenakan agar memudahkan tahap pengcodengan sistem pakar dengan mengelompokkan beberapa data dalam satu tingkatan. Contoh, pada kelembaban apabila tinggi berarti kelembaban tanah tersebut terlalu berair dan apabila rendah maka kelembaban tanah tersebut dikatakan kering.

Gambar 16. Halaman Aturan *Rule*

Pada gambar berikut ini merupakan daftar *rule* yang telah penulis rangkum dan di kelompokkan menjadi, rendah, sedang, dan tinggi. Jika pengguna ingin mengubah data *rule* maka klik tombol edit maka dapat terlihat tampilan seperti pada gambar dibawah ini.

	Kelembaban	Suhu	Keasaman	Hasil	
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman rendah	cukupbaik	Edit / Delete
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman sedang	cukupbaik	Edit / Delete
IF	Kelembaban rendah	Suhu rendah	Keasaman tinggi	cukupbaik	Edit / Delete
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman rendah	cukupbaik	Edit / Delete
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman tinggi	cukupbaik	Edit / Delete
IF	Kelembaban rendah	Suhu sedang	Keasaman sedang	baik	Edit / Delete
IF	Kelembaban sedang	Suhu rendah	Keasaman rendah	cukupbaik	Edit / Delete

Gambar 17. Halaman Daftar *Rule*

Hasil sistem pakar dari sample data uji lapangan yang terdiri oleh beberapa aspek penting terlihat apada gambar dibawah ini.

Tabel 7. Tabel Daftar Pengujian

No.	Jarak	Tanaman	Tekstur Tanah	Bentuk Tanaman	Varietas	Kelembaban	Suhu	Keasaman	Status
1	0 Meter - 100 M	Kopi Ateng Ilang Pucuk	Lembu ng	Bulat Kecil	Arabika	71	20	8	Sangat baik
2	101 Meter - 200 Meter	Kopi Ateng Ilang Pucuk	Lembu ng	Bulat Besar	Arabika	71	20	6	Baik
3	201 Meter - 300 Meter	Kopi Longberry	Lembu ng	Bulat Besar	Arabika	73	20	5	Cukup baik
4	301 Meter - 400 Meter	Kopi Longberry	Lembu ng	Bulat Besar	Arabika	68	20	7	Baik
5	401 Meter - 500 Meter	Kopi Ateng Ilang Pucuk	Lembu ng	Bulat Kecil	Arabika	77	20	8	Sangat baik

6	501 Meter - 600 Meter	Kopi Ateng Super	Lembu ng	Bulat Besar	Arabika	70	20	7	Sangat baik
7	601 Meter - 700 Meter	Kopi Longberry	Lembu ng	Lonjong	Arabika	71	20	6	Baik
8	701 Meter - 800 Meter	Kopi Ateng Super	Lembu ng	Bulat Besar	Arabika	60	20	7	Cukup baik
9	801 Meter - 900 Meter	Kopi Ateng Super	Lembu ng	Lonjong	Arabika	90	20	5	Cukup baik

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat hasil percobaan menggunakan perbedaan jarak tempuh, tanaman, bentuk tanaman, kelembaban dan keasaman dengan tekstur tanah, varietas dan suhu yang sama maka menghasilkan status yang berbeda-beda yang digolongkan dalam tiga kondisi yaitu sangat baik, baik dan cukup baik.

5. Kesimpulan

Simpulan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan menggunakan alat detector analyzer dan sistem pakar dengan menggunakan metode fuzzy logic menghasilkan setiap jarak penanaman tanaman kopi tidak lah sama. Artinya, tingkat kesuburan satu titik dan titik lainnya hampir berbeda. hal ini dibuktikan dengan penggunaan alat detector analyzer yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban dan keasaman tanah. Pada pengujian tersebut peneliti mengambil sampel pada setiap 100 meter dari titik nol lahan pertanian. Seperti pada titik 0, jika tanaman kopi ateng ilang pucuk di tanam, maka hasilnya akan sangat baik, dan begitu seterusnya. Penggunaan alat bantu *detector analyzer* berfungsi untuk mengetahui tingkat keasaman dan kelembaban tanah sangatlah bermanfaat dalam penelitian ini, dengan alat tersebut memudahkan untuk mendapatkan data suatu tanah secara cepat. Akan tetapi alat ini tidak memiliki jangkauan area dalam mendeteksi tingkat kelembaban dan keasaman tanah, alat ini hanya dapat menguji suatu titik dari area yang akan ditanami tanaman. Usulan untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah diperlukannya penggunaan alat lain, seperti alat untuk mengetahui jumlah kadar air dalam tanah untuk membantu kelancaran proses penyeleksian *rule* yang diterapkan pada sistem yang telah dikembangkan dan objek penelitian baru seperti tanaman selain kopi, seperti tanaman palawija, alpukat, nanas dan lainnya.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Kartika, "Identifikasi Tingkat Keasaman Tanah Gambut Menggunakan Logika Fuzzy Inference Sistem (FIS)," *Jurnal Ilmu Informatika*, vol. 6, no. 02, Art. no. 02, Sep 2018.
- [2] ا. غلامرضا, "متداولترین گیاهان سنتی ایران," hlm. 300, 1384.
- [3] N. Novianti, D. Pribadi, dan R. A. Saputra, "Sistem Pakar Diagnosa Pulmonary TB Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Repository Universitas Bina Sarana Informatika (RUBSI)*, hlm. 228–236, 2018. doi: <https://doi.org/10.31311/ji.v5i2.3927>.
- [4] S. R. A. K. Yustina Retno Wahyu Utami, "Implementasi Fuzzy Logic Dalam Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Penyakit Kanker Serviks," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 15, no. 1, hlm. 27–38, 2017, doi: 10.30646/sinus.v15i1.259.
- [5] N. Firmansyah dan A. T. Johar, "Sistem Pakar Identifikasi Pengecekan Kualitas Kopi Berbasis Web dengan Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal Rekursif*, vol. 5, no. 3, hlm. 298–306, 2017.
- [6] Nidomudin, A. P. Nugroho, dan M. N. Cholis, "Sistem Pakar Deteksi Tingkat Kesuburan Tanah Menggunakan Fuzzy Logic," *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, vol. 2, no. 2, hlm. 79–84, 2017, doi: <https://doi.org/10.31328/jointecs.v2i2.474>.
- [7] H. Karamina, W. Fikrinda, dan A. T. Murti, "Kompleksitas pengaruh temperatur dan kelembaban tanah terhadap nilai pH tanah di perkebunan jambu biji varietas kristal (*Psidium guajava* l.) Bumiaji, Kota Batu," *Kultivasi*, vol. 16, no. 3, hlm. 430–434, 2018, doi: <https://doi.org/10.24198/kltv.v16i3.13225>.

- [8] C. S. Mukminin, Amiril, Heru Agus Santoso, "Analisis Dan Perancangan Model Fuzzy," *Jurnal Cyberku*, vol. 13, hlm. 20–29, 2017.
- [9] Nidomudin, A. P. Nugroho, dan M. N. Cholis, "Sistem Pakar Deteksi Tingkat Kesuburan Tanah Menggunakan Fuzzy Logic," *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, vol. 2, no. 2, hlm. 91–95, 2017, doi: <https://doi.org/10.31328/jointecs.v2i2.474>.
- [10] M. Yusida, D. Kartini, R. A. Nugroho, dan M. Muliadi, "Implementasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Penentuan Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Karet Dan Kelapa Sawit," *Klik - Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 2, hlm. 233, 2017, doi: <https://doi.org/10.20527/klik.v4i2.115>.
- [11] N. Jannah, "Analisis Sebaran Potensi dan Manifestasi Panas Bumi Pegunungan Ijen Berdasarkan Suhu Permukaan dan Geomorfologi," Apr 2019, Diakses: Nov 02, 2020. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/90035>.
- [12] S. A. Nio dan P. Torey, "Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman (Root morphological characters as water-deficit indicators in plants)," *JURNAL BIOS LOGOS*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Feb 2013, doi: <https://doi.org/10.35799/jbl.3.1.2013.3466>.
- [13] A. Harist, W. Wawan, dan W. Wardati, "Sifat Fisik Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell. Arg) Pada Beberapa Kondisi Penutupan Lahan Dengan *Mucuna Bracteata*," *JOM FAPERTA UNRI*, vol. 4, no. 2, hlm. 1–14, Okt 2017.
- [14] I. Raharjo, I. Zulkarnain, dan S. Suprpto, "Pengaruh Curah Hujan terhadap Kualitas Air Sungai Way Kuripan sebagai Sumber Air Baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Way Rilau," *TEKNIK PERTANIAN*, vol. 5, no. 2, Art. no. 2, 2013.
- [15] A. Jupri, A. Muid, dan - Muliadi, "Rancang Bangun Alat Ukur Suhu, Kelembaban, dan pH pada Tanah Berbasis Mikrokontroler ATMega328P," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Sep 2017, doi: <https://doi.org/10.26418/jp.v3i2.21210>.