

Program Pakar untuk Penentu Kesehatan Tanah dengan Metode Backward Chaining berbasis Landsat Normalized Difference Vegetation Index

Dian Pratama Putra^{a,1*}, Nanda Satya Nugraha^{b,1}, Betti Yuniasih^{c,1}, Teddy Suparyanto^{d,1}

¹ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

^adianswn@instiperjogja.ac.id*; ^bnandasatya@instiperjogja.ac.id; ^cbetty@instiperjogja.ac.id

^dteddy@instiperjogja.ac.id

*Correspondent Author

Received: 18 Februari 2023

Revised: 21 Agustus 2023

Accepted: 20 September 2023

KATAKUNCI

Kesehatan Tanah
Kesuburan Tanah
Backward Chaining
NDVI
Sistem Pakar

KEYWORDS

Soil Health
Soil Fertility
Backward Chaining
NDVI
Expert System

ABSTRAK

Tingkat kesuburan tanah semakin menurun setiap tahunnya, penurunan ini menjadikan tanah semakin tidak sehat dan berpotensi untuk menurunkan produktivitas tanah, sehingga ini juga akan mempengaruhi tingkat kesehatan tanah yang seiring dengan menurunnya kesuburan tanah. Usaha yang dilakukan tergolong masih kurang, kekurangan usaha ini disebabkan adanya disinformasi pengelolaan tanah/lahan, mitigasi yang tidak tepat, dan sangat kurangnya rekomendasi penanganan tanah terdegradasi. Hal ini menyebabkan perlakuan setiap lahan dan rekomendasi setiap penanganan lahan menjadi sesuatu yang sulit, padahal sangat mudah untuk dilakukan. Rekomendasi dapat menggunakan sistem pakar sebagai penentu pengelolaan lanjutan dan mitigasi terdegradasinya lahan. Metode Backward Chaining memilih beberapa kesimpulan yang mungkin dan mencoba membuktikan kesimpulan tersebut dari bukti-bukti yang ada. Strategi pengambilan keputusan atau kesimpulan dengan pencocokan fakta atau pernyataan sebagai bahan penalaran program dimulai dari hipotesis terlebih dahulu, dan untuk menguji kebenaran hipotesis tersebut harus dicari fakta-fakta yang ada dalam basis pengetahuan. Langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mendapatkan data Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dimana kategori output adalah warna dari lahan hasil citra satelit yang dibagi menjadi 3 kategori yaitu 1) red; 2) green; 3) blue; dimana setiap warna tersebut terdiri dari algoritma yang mengimplementasikan hasil dari tingkat kesehatan dan kesuburan tanah. Hasil penelitian menyatakan bahwa dari diimplementasikannya hasil survey dengan program pakar memberikan hasil yang sejalan dengan program pakar, dimana kesehatan tanah yang rendah dengan nilai NDVI -1 s/d 0, pada kesehatan tanah sedang nilai NDVI 0 s/d 0,33, dan pada kesehatan tanah tinggi nilai NDVI 0,33 s/d 0,66.

Expert Program for Determining Soil Health using Backward Chaining Method based on Landsat Normalized Difference Vegetation Index

ABSTRACT

The level of soil fertility is decreasing every year, this decrease makes the soil increasingly unhealthy and has the potential to reduce soil productivity, so this will also affect the level of soil health along with decreasing soil fertility. The efforts made are still lacking, the lack of effort is due to disinformation on lands management, inappropriate mitigation, and a very lack of recommendations for handling degraded land. This causes the treatment of its and recommendations for each land handling to be difficult, even though it is very easy to do. Recommendations can use an expert system to determine advanced management and mitigation of land degradation. The backward chaining method selects several possible conclusions and tries to prove these conclusions from the available evidence. Decision-making strategies or conclusions by matching facts or statements as material for program reasoning start with the hypothesis first, and to test the truth of the hypothesis, facts must be found in the knowledge base. The steps taken in this study were to obtain Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data where the output category is the color of the land resulting from satellite imagery which is divided into 3 categories, namely 1) Red; 2) Green; 3) Blue; where each color consists of an algorithm that implements the results of the health and soil fertility levels. The results of the study stated that the implementation of the survey results with the expert program gave results that were in line with the expert program, where soil health was low with an NDVI value of -1 to 0, in medium soil health the value was NDVI 0 to 0.33, and in high soil health NDVI value was 0.33 to 0.66.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Pendahuluan

Degradasi lahan terjadi karena adanya kondisi lingkungan yang berubah dalam segi biofisik akibat adanya aktivitas manusia terhadap suatu bentang lahan. Terjadinya degradasi lahan ini kemudian mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. sehingga apabila tidak segera dicegah maka akan menimbulkan kerusakan secara sistemis dan dinamis [1]. Degradasi lahan juga menurunkan produktivas lahan, baik sementara ataupun tetap. Lahan yang terdegradasi berdampak juga pada kesehatan dan kesuburan tanah/lahan tersebut, perlunya penanganan secara terperinci dan komprehensif dibutuhkan dalam memberikan masukan yang tepat kepada masyarakat pembudidaya lahan tersebut.

Pada dasarnya, degradasi lahan disebabkan oleh penggunaan atau pengelolaan lahan yang kurang tepat. penyebab utama dari degradasi lahan tersebut adalah erosi pada lahan yang tidak tertutup oleh vegetasi. Prosesi degradasi tanah/lahan juga disebabkan oleh sifat fisik tanah, dimana terjadinya pemadatan dan pembentukan gumpalan tanah, pembentukan pengubah struktur remah tanah akibat erosi terus menerus yang kemudian menimbulkan kerusakan pada sektor daya sanggah tanah terhadap proses biologis yang kemudian

mempengaruhi ketersediaan humus serta perubahan makro, meso, dan mikro flora fauna tanah, terakhir berdampak pada kesuburan tanah itu sendiri [2].

Kasus degradasi lahan yang terjadi menimbulkan sebuah polemik yang meluas, karena penanganan perbaikannya salah, pengetahuan tidak tersampaikan, serta disinformasi yang membingungkan menjadi faktor utama dalam polemik yang terjadi. Saat ini, Indonesia memiliki lahan sub optimal seluas 136 juta hektar dan lahan siap pakai 34 juta hektar, tentu dalam kasus ini merupakan kasus degradasi lahan yang masif, sehingga besar kemungkinan terjadinya peningkatan degradasi lahan bertambah [3]. Oleh karena itu, perlu sebuah strategi yang tepat untuk menangani kasus degradasi lahan ini.

Dewasa ini, digitalisasi sudah mengubah cara konvensional menjadi sebuah sistem digital berupa teks, audio, angka, dan visual. Peran program pakar dalam hal ini, dapat sebagai digitalisasi yang menjadi kebutuhan mutlak yang tidak bisa dihindari dan haruslah dihadapi. Digitalisasi menjadikan seseorang yang tidak ahli menjadi seorang ahli hanya dengan bermodalkan gadget (gawai), tentu dengan adanya proses ini menjadikan sebuah pemikiran baru untuk memanfaatkan adanya digitalisasi tersebut. Proses digitalisasi tersebut berkembang menjadi sebuah sistem pakar, dimana sistem pakar ini merupakan sistem informasi berisi pengetahuan seorang pakar dan kemudian dimanfaatkan sebagai prosesi konsultasi [1]. Pengetahuan sistem pakar ini juga mendukung dalam dunia pertanian dimana sistem pakar yang diprogram untuk sektor pertanian dapat memberikan rekomendasi untuk pengambilan keputusan secara cepat dan efisien daripada sistem non-pakar dalam memecahkan masalah yang bersifat kompleks [4].

Pemanfaatan teknologi penginderaan jarak jauh dengan citra satelit atau drone merupakan salah satu cara menentukan suatu populasi tanaman penutup tanah serta penentu kesuburan dan kesehatan tanah, sehingga data yang didapatkan bisa digunakan sebagai data yang bisa diimplementasikan sebagai algoritma program pakar [4]. Menurut Yuniasih [5] indeks Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah salah satu bentuk indeks vegetasi yang digunakan sebagai evaluator dan monitoring kondisi tanaman, dalam kondisi ini NDVI sendiri juga dapat diimplementasikan sebagai tingkat kesehatan dan kesuburan tanah. Fungsi lainnya pada NDVI juga dapat digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi kondisi tanaman kelapa sawit dan dapat juga untuk mengestimasi produktivitas kelapa sawit [5], [6].

Implementasi NDVI dengan memberikan peta hasil citra satelit yang dikombinasikan dengan program pakar dapat menjadi solusi untuk memberikan informasi secara komprehensif kondisi kesehatan dan kesuburan tanah pada suatu kenampakan lahan tertentu. Selain itu, hasil dari pembacaan program pakar dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan rekomendasi, strategi pengelolaan, dan aktifitas kelola pada lahan tersebut. Penggunaan

Metode Backward Chaining dapat mendukung adanya pengambilan keputusan yang baik secara komprehensif, pengambilan keputusan ini didasari dari beberapa kesimpulan yang mungkin dan mencoba membuktikan kesimpulan tersebut dari bukti-bukti yang ada. Strategi pengambilan keputusan atau kesimpulan dengan pencocokan fakta atau pernyataan sebagai bahan penalaran program dimulai dari hipotesis terlebih dahulu, dan untuk menguji kebenaran hipotesis tersebut harus dicari fakta-fakta yang ada dalam basis pengetahuan.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra et al., (2020) menyatakan bahwa kehilangan unsur hara juga dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, salah satunya adalah faktor dari tekstur tanah sangat mempengaruhi ketersediaan hara dan memengaruhi daya simpan hara tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, hasil analisa menyatakan bahwa perlakuan pemberian pupuk 100% akan hilang dalam waktu sekitar 3 bulan dengan tanah yang memiliki tekstur yang didominasi pasir. Pada penelitian tersebut juga dijelaskan bahwa kehilangan nutrisi dalam pupuk yang diaplikasikan sebesar 54% dimana 15% kehilangan akibat terlindi (eluviasi), 21% terbawa aliran atas tanah (Runoff), dan 18% kehilangan karena penguapan. Hasil penelitian kemudian dibuat sistem pakarnya berbasis android yang kemudian memberikan pengetahuan tentang kehilangan unsur hara didalam tanah berdasarkan kapasitas dari tekstur tanah.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra et al., (2021b) juga menyatakan pada tanaman kelapa sawit yang terkena defisiensi akan merusak warna daun, merusak klorofil, tertutupnya stomata tanaman, dan memberikan kenampakan secara langsung pada daun sehingga sangat mudah terdeteksi secara visual. Pada penelitian tersebut metode HPF (High Pass Filter) dan edge detection memberikan hasil yang akurat, dimana defisiensi tanaman terlihat secara jelas baik titik klorosis dan tepian daun yang membuat algoritma pada program berjalan dengan baik. Pada metode HPF dan edge detection dapat menggunakan sistem NDVI dimana NDVI akan mentransformasi gambar dalam bentuk pewarnaan RGB atau sRGB sehingga dapat mendukung algoritma yang nantinya akan digunakan sebagai bahan - bahan pembuatan program pakar. Penelitian mengenai NDVI yang juga dilakukan oleh Yuniasih & Adjie, (2022) mendukung penelitian ini, dimana hasil survey yang dilakukan pada perkebunan sawit menunjukkan hasil bahwa kerapatan tanaman kelapa sawit termasuk dalam kategori tinggi dan tingkat kesehatannya termasuk dalam kategori sangat sehat. Kelas kerapatan tinggi hasil pengelompokan indeks NDVI sesuai dengan kondisi kerapatan tanaman di blok kebun kelapa sawit yang memiliki nilai rerata Satuan Pohon per Hektar (SPH) 118 pohon/hektar. Kelas kesehatan tanaman hasil NDVI sesuai dengan data Leaf Sampling Unit (LSU) yang menunjukkan nilai kandungan makronutrien dan mikronutrien dalam jumlah yang cukup tinggi.

Tujuan dari pemanfaatan citra satelit Sentinel 2 dapat menjadi alternatif untuk evaluasi

kondisi kebun kelapa sawit secara cepat dan efisien sehingga pengambilan keputusan dalam memitigasi kerusakan dari lahan dan menjaga kesuburan lahan tersebut dengan berbagai macam pemanfaatan lahan.

Metode

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilaksanakan berdasarkan beberapa tahapan, yaitu:

1. Persiapan penelitian meliputi persiapan perizinan lokasi penelitian, penentuan titik lokasi tim surveyor lapangan, mengidentifikasi masalah pada lapangan, dan pengaturan parameter pengambilan data berdasarkan masalah yang teridentifikasi.
2. Pembuatan algoritma dari data sekunder citra satelit dengan mengambil data peta yang sudah diaplikasikan NDVI dan memetakan RGB-nya.
3. Pengambilan sampel tanah dari lapangan oleh tim surveyor dengan teknik *stratified sampling* dengan pengelompokan komoditas tanaman.
4. Analisa Nitrogen, Fosfat, dan Kalium sampel tanah oleh tim laboratorium dengan metode (Kjendahl untuk Nitrogen Total, Spektrofotometri untuk Kalium Tersedia, dan Bray-Olsen untuk Fosfat Tersedia)
5. Pembuatan peta tanah disesuaikan dengan jenis tanah dan batas wilayahnya bersamaan untuk peng-implementasian RGB sebagai penentu logika berfikir dari program.
6. Implementasi sistem pakar pada program dengan membuat logika berfikir program.
7. Pembuatan program pakar oleh tim programmer.
8. Uji coba program pakar.
9. Penyelesaian Program.

Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini adalah bulan Juli 2023 s/d Agustus 2023. Tempat penelitian merupakan taman kehati, dimana taman kehati dibawah perusahaan Danone Indonesia yaitu Taman Kehati AQUA Klaten dan Taman Kehati Eroniti Gunung Kidul.

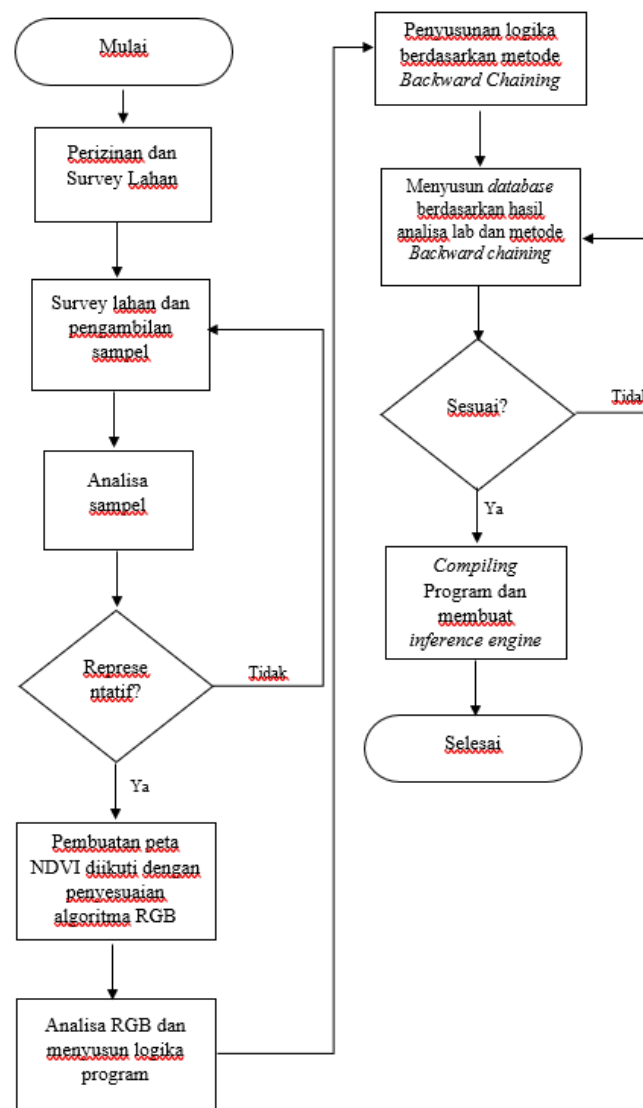
Metode Program yang digunakan dan Rancangan

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode Backward Chaining. Metode ini adalah pelacakan/pencarian kebelakang yang memulai logika berfikir program dari kesimpulan yang terdiri dari fakta - fakta dan hipotesis suatu masalah. Metode Backward Chaining memiliki aturan - aturan pembacaan berbentuk IF-THEN dan proses - proses

pencarian yang dimulai dari tujuan kemudian mencari solusi dari masalah yang dihadapi. Dalam penerapan metode Backward Chaining dilakukan langkah – langkah untuk penyelesaian masalah, yaitu: 1) Membuat basis pengetahuan; 2) Menentukan tabel keputusan pakar; 3) Menentukan rule/aturan; 4) Menentukan goal/solusi. Rancangan percobaan pada penelitian ini mengacu pada rancangan percobaan Panel.

Diagram Alir Penelitian

Percobaan Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Parameter Penelitian

Dalam penelitian ini, parameter penelitian yang digunakan sebagai bahan penentu algoritma penyusunan program pakar. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini

adalah:

1. Karakteristik spektrum panjang gelombang

Karakteristik dari spektrum panjang gelombang citra satelit sentinel 2 tersaji pada table 1 dibawah ini:

Tabel 1. Karakteristik spektrum panjang gelombang dan resolusi spasial dari Citra Satelit Sentinel 2

Band	Spektrum	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial
1	Coastal Aerosol	0.433-0.453	60
2	Blue	0.458-0.523	10
3	Green	0.543-0.578	10
4	Red	0.650-0.680	10
5	Vegetation Red Edge 1	0.698-0.713	20
6	Vegetation Red Edge 2	0.733-0.748	20
7	Vegetation Red Edge 3	0.765-0.785	20
8	Near Infrared (NIR)	0.785-0.900	10
9	Vegetation Red Edge 4	0.855-0.875	20
10	Water Vapour	0.855-0.875	60
11	SWIR-Cirus	1.365-1.385	60
12	SWIR 1	1.565-1.655	20
13	SWIR 2	2.100-2.280	20

Sumber: Yuniasih & Adjie, (2022)

2. Sumber data yang digunakan

Sumber data ini merupakan sumber data pra penelitian, sumber data ini akan lebih meningkat apabila penelitian sudah dimulai. Adapun sumber data tersebut tersaji pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Sumber data penelitian

No	Data	Sumber
1	Citra satelit Sentinel 2 (data terbaru dari pihak Laman USGS: https://earthexplorer.usgs.gov , Sentinel)	
2	Peta Taman Kehati AQUA Klaten	PT. Tirta Investama Pabrik Klaten
3	Peta Taman Kehati Eroniti Gunung Kidul	PT. Sarihusada Mahardhika Jogja Factory
4	Satuan angka RGB untuk Penentu Kesehatan dan Kesuburan tanah	Literasi Jurnal [1][2][3]–[6][7][8]
5	Klasifikasi tingkat kesehatan tanaman (NDVI)	Lillesand [8]
6	Klasifikasi kerapatan tanaman (NDVI)	Lillesand [8]

3. Menghitung Indeks NDVI untuk refleksi kondisi lapangan

Indeks NDVI dapat dihitung dengan software ArcGIS, penghitungan nilai – nilai NDVI ini menggunakan parameter *Raster Calculator*.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Pada NIR merupakan nilai reflektansi band inframerah dekat (*Near Infrared*) dan R merupakan nilai reflektansi band merah [8].

Hasil dan Pembahasan

Penentuan klasifikasi kesehatan dan kesuburan tanah berdasarkan analisa laboratorium. Klasifikasi ini berdasarkan hasil literasi jurnal yang ditulis oleh Putra et al., (2020); Saragih et al., (2019); Suwarno, (2018). Adapun hasil tersebut tersaji pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Klasifikasi kesehatan dan kesuburan tanah

No	Parameter (Satuan)	Nilai Rujukan	Nilai Minimum
1	Nitrogen Total (%)	0.5-1.12 (+)*	<0.5(-)**
2	Fosfat Tersedia (ppm)	32-35(+)*	<32(-)**

3	Kalium Tersedia (meq/100g)	0.80-1.00(+)*	<0.80(-)**
4	C - Organik (%)	5(+)*	<5(-)**
5	KPK/KTK (cmol(+)/kg)	30 - 35(+)*	<30(-)**

*(+): Nilai rujukan tanah yang sehat dan subur

**(-): Nilai rujukan tanah yang tidak sehat dan kesuburan rendah

Pada pengklasifikasian ini juga akan didukung dengan data primer hasil analisa langsung dilaboratorium, kemudian hasil tersebut disesuaikan dengan kondisi dilapangan.

Reklasifikasi kesehatan dan kesuburan tanah berdasarkan RGB. Reklasifikasi digunakan sebagai dasar penentu algoritma pada sistem pewarnaan dari NDVI yang dikombinasikan dengan hasil analisa laboratorium dan survey lapangan. Adapun nilai reklasifikasi tersebut tersaji pada tabel 4, tabel 5, dan tabel 6 dibawah ini:

Tabel 4. Reklasifikasi kesehatan dan kesuburan tanah berdasarkan RGB yang didapatkan dari peta NDVI

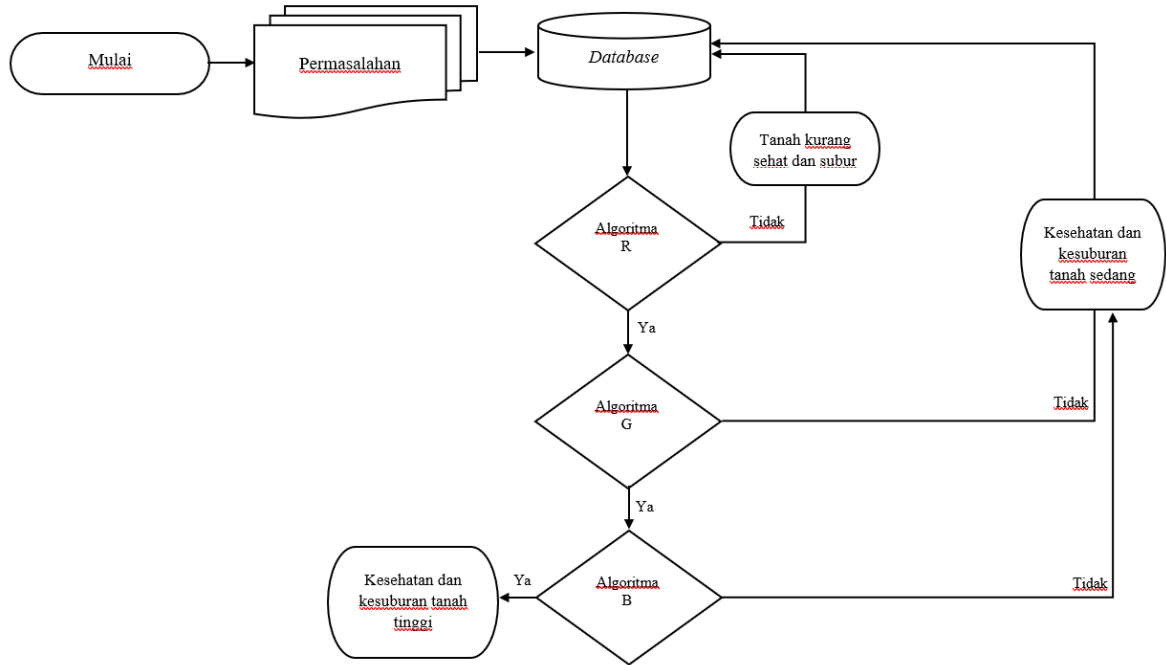
No	Parameter	Nilai NDVI	Nilai R	Nilai G	Nilai B
1	Kesehatan dan kesuburan rendah	-1 s.d 0	227	8	9
2	Kesehatan dan kesuburan sedang	0 s.d 0.33	145	224	40
3	Kesehatan dan kesuburan tinggi	0.33 s.d 0.66	56	167	0

Sumber: Yuniasih & Adjie, (2022), Putra et al., (2020), Firmansyah et al., (2021), dan Hasil Analisa Laboratorium.

Diagram alir logika berfikir program dibuat untuk mendapatkan hasil bagaimana tingkat kesehatan tanah, dalam penerapannya akan dicocokkan dengan pembacaan program Bahasa pemograman sehingga akan memberikan ketentuan yang sah saat berhubungan dengan hasil analisa yang dilakukan. Parameter kesehatan tanah yang mewakili kesuburan lahan adalah faktor-faktor fisik, kimia, dan biologi yang mempengaruhi produktivitas tanaman dan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik. Menurut Putra [9] menyatakan bahwa kandungan organik tanah merupakan materi bahan organik dalam tanah sangat penting. Bahan organik mempengaruhi struktur tanah, kapasitas menahan air, ketersediaan nutrisi, dan aktivitas mikroba.

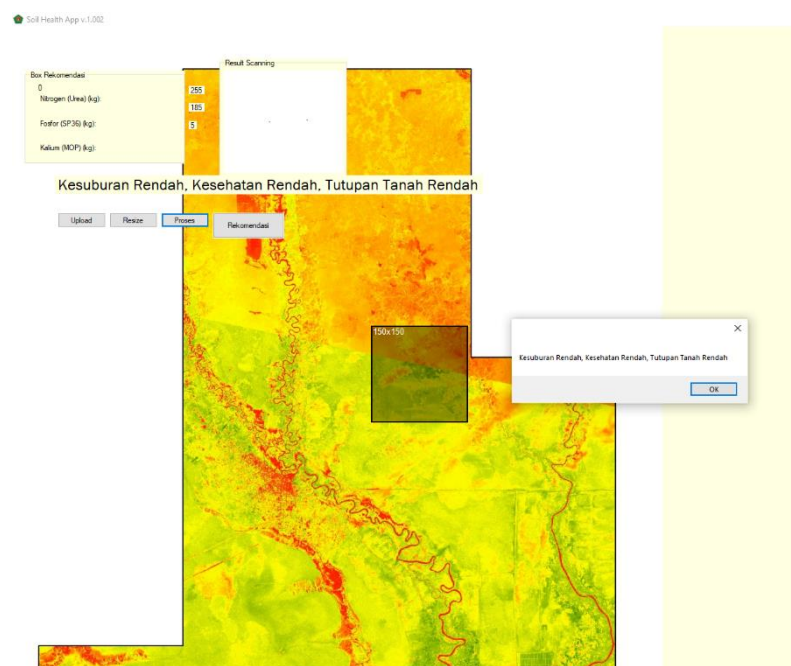
Tanah dengan kandungan organik yang tinggi cenderung lebih subur. Kemudian ketersediaan nutrisi juga mencakup ketersediaan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur hara makro dan mikro lainnya. Aktivitas mikroba

berperan sebagai penguraian bahan organik, sirkulasi nutrisi, dan pembentukan struktur tanah yang baik [9]. Berdasarkan hal diatas, maka diambil kesimpulan dalam diagram alir logika berfikir program dibawah ini:



Gambar 3. Diagram alir logika berfikir program

Berdasarkan hasil analisa dan mengikuti diagram alir logika berfikir program, didapatkan hasil program komputer berbasis windows, program ini diharapkan mampu memberikan informasi yang valid dan komprehensif dengan bagaimana cara mengetahui kesehatan tanah berdasarkan nilai dari NDVI dan pengolahan RGB nya. Berikut ini merupakan gambar analisa



peta NDVI pada sampel yang dibuat:

Gambar 4. Gambar hasil analisa pada program

Program pakar ini, kemudian dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang membutuhkan termasuk pada beberapa jenis perkebunan yang bersifat monokultur yang dimana tiap perlakuan pada lahan ini sangat berbeda daripada lahan dengan perlakuan multikultur. Pada lahan – lahan monokultur terbaginya nutrisi pada tanaman akan berpusat pada suatu kondisi yang labil akan ketersediaan C-Organik dan lamanya periode dalam perlakuan budidaya monokultur [10].

Simpulan

Menggunakan sistem pakar sebagai penentu kesehatan dan kesuburan tanah untuk memecahkan masalah terjadinya degradasi lahan. NDVI sebagai penentu algoritma dari pewarnaan RGB pada peta untuk menentukan kesehatan dan kesuburan tanah. Gabungan hasil algoritma dari NDVI dibaca oleh program pakar berdasarkan hasil survey yang dilakukan, hasil survey menggunakan 3 jenis kerapatan untuk penentu kesuburan tanah yaitu pada kerapatan rendah, sedang, dan tinggi yang kemudian diimplementasikan dan disesuaikan dengan hasil analisa laboratorium untuk unsur - unsurnya. Program pakar ini menganalisa hasil kesehatan tanah rendah dengan nilai NDVI -1 s/d 0, nilai NDVI 0 s/d 0,33 pada kesehatan tanah sedang, dan nilai NDVI 0,33 s/d 0,66 pada kesehatan tanah tinggi. Kemudian, dalam penentu kesehatan tanah diikuti dengan analisa RGB dengan nilai R: 227, nilai G: 8, dan nilai B: 9 untuk kesehatan dan kesuburan rendah, kemudian kesehatan dan kesuburan sedang RGB dengan nilai R: 145, nilai G: 224, dan nilai B: 40, sedangkan pada kesehatan dan kesuburan tinggi nilai R: 56, nilai G: 167, dan nilai B:0. Berdasarkan hasil penelitian, penentuan kesehatan tanah ini dapat memberikan keputusan pada suatu bidang lahan dan menentukan sejauh mana tingkat kesuburannya dengan harkat kesuburan rendah, sedang, dan tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] D. P. Putra, M. P. Bimantio, A. A. Sahfitra, T. Suparyanto, and B. Pardamean, "Simulation of Availability and Loss of Nutrient Elements in Land with Android-Based Fertilizing Applications," in *2020 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 2020, pp. 312–317.
- [2] D. P. P. Saragih, A. Ma'as, and S. Notohadisuwarno, "Various Soil Types, Organic Fertilizers and Doses with Growth and Yields of Stevia rebaudiana Bertoni M," *Ilmu Pertanian. (Agricultural Sci.*, vol. 3, no. 1, p. 57, 2019, doi: 10.22146/ipas.33176.
- [3] D. P. P. Suwarno, "Technosol Tanah Masa Depan," *AGROISTA J. Agroteknologi*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [4] D. P. Putra, P. Bimantio, T. Suparyanto, and B. Pardamean, "Expert System for Oil Palm Leaves Deficiency to Support Precision Agriculture," in *2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 2021, vol. 1, pp. 33–36, doi: 10.1109/ICIMTech53080.2021.9535083.
- [5] B. Yuniasih and A. R. P. Adjie, "Evaluasi Kondisi Kebun Kelapa Sawit Menggunakan Indeks NDVI dari Citra Satelit Sentinel 2," *Teknotan J. Ind. Teknol. Pertanian.*, vol. 16, no. 2, pp. 127–132, 2022.

-
- [6] E. Firmansyah, B. Pardamean, C. Ginting, H. G. Mawandha, D. P. Putra, and T. Suparyanto, "Development of Artificial Intelligence for variable rate application based oil palm fertilization recommendation system," in *2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 2021, vol. 1, pp. 6–11.
 - [7] A. Ferhat *et al.*, "A Geoelectric Approach for Karst Groundwater Analysis," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 998, no. 1, p. 12012.
 - [8] T. Lillesand, R. W. Kiefer, and J. Chipman, *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2015.
 - [9] D. P. Putra, R. A. Widyowanti, R. A. Renjani, and A. W. Krisdiarto, "Perombakan Bahan Limbah Kelapa Sawit Dengan Metode Vermikompos," *BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 9, no. 1, 2020.
 - [10] A. Kusumawati, E. Hanudin, B. H. Purwanto, and M. Nurudin, "Composition of organic C fractions in soils of different texture affected by sugarcane monoculture," *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 66, no. 1, pp. 206–213, 2020, doi: 10.1080/00380768.2019.1705740.