

Sistem Evaluasi Lahan Penentuan Tanaman menggunakan Metode *Forward Chaining*

**NADIA AYU SAFITRI¹, EDY ATTHOILLAH², AHMAD NANDA NAJAMUDDIN³,
HILMIY AHMAD FAUZI⁴, LAILATUL HIKMAH⁵, DAFIT ARI PRASETYO⁶,
ZILVANHISNA EMKA FITRI⁷**

^{1,2,7}Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri Jember

^{3,4}Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Negeri Jember

⁵Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Jember

⁶Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember

Email: nadiaayus31@gmail.com

Received 30 Juni 2024 | *Revised* 12 November 2024 | *Accepted* 31 Oktober 2024

ABSTRAK

Sistem Evaluasi Lahan merupakan sistem untuk menilai kesesuaian suatu lahan bagi berbagai jenis tanaman. Kurangnya pengetahuan petani tentang tingkat kesuburan tanah untuk jenis tanaman tertentu menyebabkan kegagalan dalam usaha pertanian mereka. Kandungan unsur NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) dalam tanah menentukan tingkat kesuburan lahan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem evaluasi lahan menggunakan teknologi pengolahan citra tanah dan metode forward chaining untuk menentukan kesesuaian lahan dan memberikan rekomendasi tanaman. Hasil penelitian menghasilkan tingkat akurasi dalam prediksi nilai kandungan Nitrogen sebesar 96,6%, Fosfor sebesar 91,03%, dan Kalium sebesar 94,69% serta memberikan rekomendasi tanaman yang tepat. Sistem evaluasi lahan ini diharapkan dapat membantu petani meningkatkan produktivitas pertanian mereka.

Kata kunci: *pertanian, unsur hara NPK, pengolahan citra, sistem pakar, forward chaining*

ABSTRACT

A land evaluation system is a system for assessing the suitability of land for different types of crops. The lack of farmers' knowledge about the soil fertility level for certain crops led to failure in their agricultural endeavors. The soil's content of NPK elements (Nitrogen, Phosphorus, and Potassium) determines soil fertility. The research aims to develop an evaluation system of soil using soil image processing technology and forward chaining methods to determine soil suitability and give plant recommendations. The results of the research yield accuracy in the prediction of nitrogen content values of 96.6%, phosphorus of 91.03%, and potassium of 94.69% and give the correct plant recommendation. This land evaluation system is expected to help farmers increase their agricultural productivity.

Keywords: *agriculture, NPK hara element, image processing, expert system, forward chaining*

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian Indonesia memainkan peran penting dalam perekonomian negara, Hasil pertanian meningkat sebesar 1,46% dan sekitar 13,57% dari produk domestik bruto (PDB) **(Tono, dkk, 2023)**. Kedaulatan pangan dan ketahanan pangan sangat bergantung pada pertanian, sehingga memerlukan pendekatan inovatif. Setiap daerah mengembangkan sektor pertanian sebagai bagian penting dari pembangunan ekonominya, mengingat banyak daerah memiliki lahan yang luas dan iklim yang sesuai untuk pengembangan berbagai komoditi pertanian yang unggul **(Pratama, dkk, 2024)**. Selain itu pentingnya kesehatan tanah pada lahan tidak bisa diabaikan. Keberadaan tanah sebagai tempat media tanam tumbuhan sangat penting bagi kelangsungan hidup semua organisme hidup **(Chusnah, dkk, 2023)**. Tanah yang baik memiliki tingkat keasaman dan kelembaban yang seimbang serta mengandung berbagai unsur kimiawi yang bermanfaat bagi tanaman. Untuk menjalankan fungsinya, tanah harus subur dan sehat. Kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara yang cukup dan seimbang dapat menjamin pertumbuhan dan produktivitas tanaman secara maksimal.

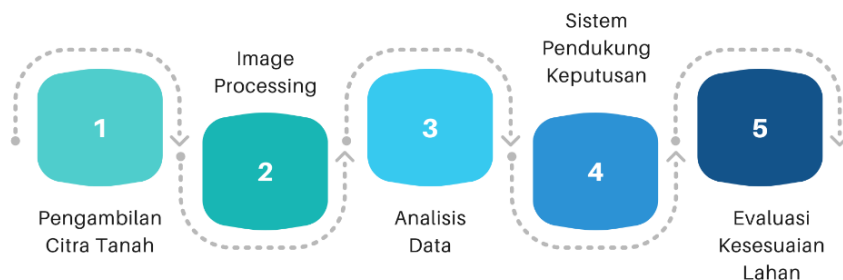
Tanah memiliki kandungan unsur hara makro salah satunya unsur hara Nitrogen, Fosfor, dan Kalium yang memiliki peran sangat penting bagi produktivitas tanaman untuk hidup. Umumnya unsur hara NPK dijadikan sebagai parameter pemupukan tanaman. Pada saat ini, pengecekan nilai kadar NPK masih dilakukan dengan manual dimana menggunakan alat ataupun Uji Laboratorium dengan waktu estimasi uji yang lama dan biaya yang relatif tinggi. Sehingga dibutuhkan teknologi untuk meningkatkan produktivitas pertanian dalam pengukuran kandungan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium (NPK) dalam tanah.

Teknologi pengukuran kandungan NPK dalam tanah menggunakan teknik pengolahan citra atau *Image Processing* dimana teknologi ini hanya dapat memprediksi kadar unsur hara NPK tanah yang tersedia **(Amri & Sumiharto, 2019)**. *Image processing* dilakukan untuk memahami bagaimana citra itu dibentuk, diproses, dan dianalisis untuk mengeluarkan output yang mudah dipahami **(Ratna, 2020)**. Untuk menentukan ketersediaan nutrisi NPK dalam tanah, teknik *image processing* menggunakan metode *Local Binary Pattern* untuk mengekstraksi fitur tekstur.

Penerapan teknologi tersebut melalui teknik pengolahan citra serta melibatkan ekstraksi fitur tekstur untuk memprediksi kadar unsur hara, dapat berperan penting dalam menentukan komoditas tanaman yang sesuai untuk lahan tertentu. Dalam hal ini, sistem penunjang keputusan dan sistem pakar dapat digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan data yang diperoleh dari pengolahan citra serta fakta yang ada di lapangan **(Masnur & Ali, 2021)**. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan teknik pengolahan citra dalam pengukuran NPK dengan metode *forward chaining* dalam sistem pakar, guna menentukan komoditas tanaman yang paling sesuai berdasarkan kondisi lahan yg dianalisis.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dikerjakan adalah pengambilan citra tanah, melakukan *image processing*, menganalisis data, sistem pengambilan keputusan, dan penentuan kesesuaian evaluasi lahan menggunakan metode *forward chaining* seperti Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Evaluasi Kesesuaian Lahan

2.1 Pengambilan Citra Tanah

Untuk menghindari gangguan pada gambar, proses pengambilan gambar dimulai dengan membersihkan permukaan tanah agar gambar tanah yang akan diproses menjadi lebih jelas. Tekstur citra yang diambil mencakup citra tanah subur dan tanah marginal. Gambar 2(a) merupakan tanah subur memiliki kandungan NPK yang bagus, menunjukkan tingkat kesuburan yang tinggi, sedangkan (b) menggambarkan tanah marginal yang memiliki kandungan NPK yang lebih rendah, yang mencerminkan kesuburan tanah yang kurang optimal.



Gambar 2. (a) Tanah Subur dan (b) Tanah Marginal

Selain melakukan pengambilan citra tanah, tanah dilakukan pengujian sampel tanah untuk mengetahui kadar NPK pada laboratorium Fisika dan Kimia Tanah PT. Perkebunan Nusantara XI Puslit Sukosari di Jatiroto, Lumajang. Proses ini digunakan sebagai pengambilan data sampel citra tanah dan kandungan NPK yang tersedia dalam tanah. Tabel 1 menunjukkan lokasi sampel tanah.

Tabel 1. Tempat Pengambilan Sample Citra Tanah

| No. | Sampel Tanah | Citra Tanah Subur | Citra Tanah Marginal |
|-----|---|-------------------|----------------------|
| 1. | Lahan Sawah Politeknik Negeri Jember | 10 | 10 |
| 2. | Lahan Sawah Jl. Tawangmangu, Tegal Gede, Summersari, Jember | 10 | 10 |
| 3. | Lahan Sawah Kelurahan Antirogo, Summersari, Jember | 10 | 10 |
| 4. | Lahan Sawah Kelurahan Tegal Besar, Kaliwates, Jember | 10 | 10 |
| 5. | Lahan Sawah Jl. Semeru, Summersari, Summersari, Jember | 10 | 10 |

2.2 Image Processing

Pada tahap ini, tiga langkah harus dilakukan. Pada langkah pertama, sampel citra yang diambil dengan ukuran pixel sebesar 3072 x 4080 dipotong menjadi ukuran sebesar 640 x 480 pixel. Ukuran ini dipilih karena mengurangi beban komputasi sehingga proses kinerja sistem lebih cepat secara signifikan. Setelah itu, gambar yang awalnya berformat RGB diubah menjadi grayscale. Terakhir, metode penyetaraan histogram dengan menambahkan gaussian filter pada citra untuk meminimalisir perubahan warna yang signifikan pada citra. Pada langkah berikutnya dilakukan *pre-processing* selain itu teknik Local Binary Pattern bertujuan untuk mengekstrak fitur tekstur dari gambar tanah menggunakan Persamaan (1) **(Amri & Sumiharto, 2019)**.

$$LBP_{P,R}(xyc) = \sum_{p=0}^{p=1} s(gp - gc)2^p \quad (1)$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 0, & x \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan:

x_c, y_c = titik pusat piksel
 p = titik circular sampling
 P = jumlah titik sampling
 g_p = nilai graylevel dari p
 g_c = piksel pusat
 s = nilai threshold

2.4 Analisis Data

Ekstraksi fitur tekstur pada citra tanah yang telah dilakukan menghasilkan value pixel dominan yang berfungsi sebagai parameter yang akan dibandingkan dengan hasil uji lab menggunakan analisis regresi. Pada tahap analisis regresi ini, dilakukan untuk memprediksi kadar unsur hara NPK yang ada dalam tanah. Persamaan (3) merupakan hasil transformasi data antara hasil LBP dan hasil laboratorium dilakukan dengan regresi linear **(Nisa, 2021)** sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

Keterangan:

Y = garis regresi/ *variable response*
 a = konstanta (*intersep*), perpotongan dengan sumbu *vertical*
 b = konstanta regresi (*slope*)
 X = *variable* bebas atau prediktor

Untuk menentukan persamaan regresi, data dibandingkan antara hasil image processing dan hasil uji laboratorium. Analisis regresi dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan hasilnya akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan perhitungan peramalan **(Jumrianto, dkk, 2019)** menggunakan Persamaan (4) :

$$X_{baru} = \frac{X_{lama}}{Sum X} \quad (4)$$

Variabel X_{lama} adalah nilai x lama yang belum dilakukan proses normalisasi sedangkan X_{baru} adalah nilai normalisasi dan $Sum X$ adalah jumlah dari nilai X . Selanjutnya dilakukan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menggunakan Persamaan (5) :

$$MAPE = \frac{\sum \left(\frac{|aktual - forecast|}{aktual} \right) \times 100}{n} \quad (5)$$

Variabel n merupakan banyaknya periode atau data yang digunakan. Semakin rendah nilai MAPE maka semakin baik kinerja model prediktif yang digunakan. Evaluasi efektivitas model prediktif dapat di nilai dari kriteria yang dijabarkan dalam Tabel 2 (Maricar, 2019).

Tabel 2. Deskripsi Nilai Range MAPE (Maricar, 2019)

| Range MAPE | Deskripsi |
|------------|-----------------------------|
| < 10 % | Model peramalan sangat baik |
| 10 – 20% | Model peramalan baik |
| 20 – 50% | Model peramalan layak |
| >50% | Model peramalan buruk |

2.4 Sistem Pengambilan Keputusan

Nilai NPK diperoleh pada tahap sistem keputusan dengan menggunakan hasil ekstraksi fitur tekstur LBP dan analisis regresi, dan digunakan sebagai parameter untuk menentukan kesesuaian lahan pertanian melalui *forward chaining* (Anna, dkk, 2022). Metode ini merupakan pendekatan yang menarik kesimpulan berdasarkan fakta yang ada dan menguji keabsahannya dalam bentuk hipotesis (Zaki, dkk, 2023). Pada penelitian ini, metode *forward chaining* digunakan juga dalam sistem untuk menentukan saran tanaman. berikut ini merupakan data kesesuaian lahan dan kesuburan tanah.

2.4.1 Kesesuaian lahan

Dalam penilaian tingkat kesuburan tanah terdapat beberapa kriteria yang menunjukkan tingkat kesesuaian lahan. Tingkat kesesuaian dibedakan menjadi beberapa kriteria antara lain (S1) sangat sesuai, (S2) cukup sesuai, (S3) sesuai marginal, dan (N) lahan yang dianggap tidak sesuai (Wahyunto, dkk, 2016) seperti yang dijabarkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah (LPT, 1984)

| | |
|----------------------|--|
| Sangat Sesuai (S1) | Produksi tanaman di lahan ini tidak dikurangi secara signifikan oleh hambatan kecilnya. |
| Cukup sesuai (S2) | Produksi tanaman di lahan ini memiliki hambatan yang mempengaruhi produktivitasnya namun masih bisa diatasi oleh petani |
| Sesuai marginal (S3) | Produksi tanaman di lahan ini memiliki hambatan yang signifikan yang mempengaruhi produktivitasnya sehingga memerlukan lebih banyak input daripada lahan S2. Untuk mengatasi hambatan ini, diperlukan bantuan atau intervensi dari pemerintah atau swasta. |
| Tidak sesuai (N) | Lahan ini tidak cocok untuk penanaman tanaman karena terdapat faktor pembatas yang sangat besar yang sulit diatasi. |

2.4.2 Kesuburan Tanah

Tabel 4 menunjukkan kriteria penilaian kesuburan tanah, dengan tiga unsur hara makro yang paling banyak dikonsumsi oleh tanaman.

Tabel 4. Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah (LPT, 1984)

| Sifat Tanah | Sangat Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi | Sangat Tinggi |
|---|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| N (%) | < 0,10 | 0,10-0,20 | 0,21-0,50 | 0,51-0,75 | >0,75 |
| K ₂ O HCl 25 % (mg/100gr) | < 10 | 10 – 20 | 21 – 40 | 41 – 60 | > 60 |
| P ₂ O ₅ Olsen (ppm) | < 10 | 10 – 25 | 26 – 45 | 46 – 60 | > 60 |

*) Penilaian ini hanya didasarkan pada sifat umum tanah secara empiris dan belum dihubungkan dengan kebutuhan tanaman

2.4.3 Kriteria Kesesuaian Lahan

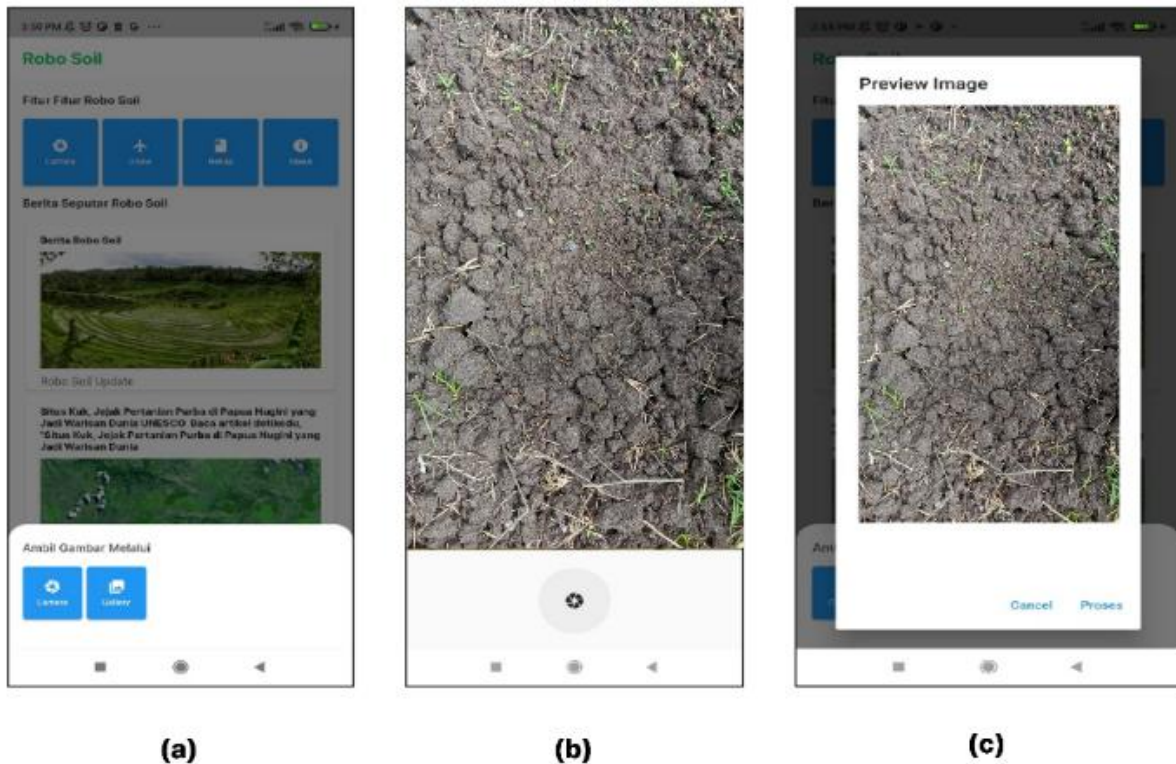
Tabel 5 menunjukkan kriteria kesesuaian lahan untuk padi sawah irigasi. Kelas sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), sesuai marginal (S3) dan tidak sesuai (N) digunakan untuk menyesuaikan kriteria ini.

Tabel 5. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Padi Sawah Irigasi

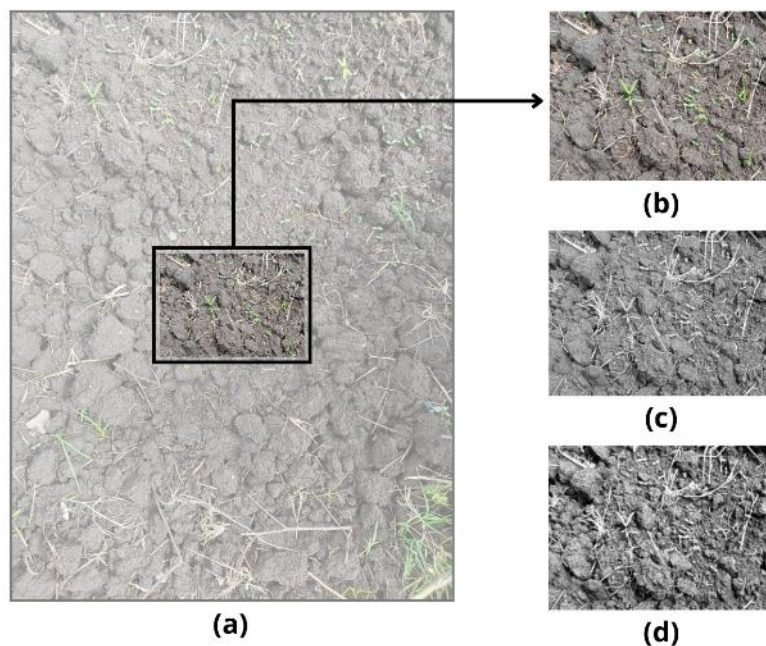
| Karakteristik Lahan | Kelas kesesuaian lahan | | | |
|--|------------------------|------------------------|----------------------|---|
| | S1 | S2 | S3 | N |
| Retensi hara (nr) | | | | |
| KTK tanah (cmol) | > 16 | 5 - 16 | < 5 | - |
| Kejenuhan basa (%) | >50 | 35 - 50 | < 35 | - |
| pH H ₂ O | 5,5 - 7,0 | 4,5 - 5,5 7,0 - 8,0 | < 4,5 > 8,0 | - |
| C-organik (%) | > 1,2 | 0,8 - 1,2 | < 0,8 | - |
| Hara tersedia (nr) | | | | |
| N total (%) | sedang | rendah | sangat rendah | - |
| P ₂ O ₅ (mg/100 g) | tinggi | sedang | rendah-sangat rendah | - |
| K ₂ O (mg/100 g) | sedang | rendah | sangat rendah | - |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan ekstraksi fitur menggunakan metode *Local Binary Pattern* yang digunakan untuk pendeteksian unsur hara NPK tanah, memberikan output kadar unsur hara tanah kualitas lahan serta perbaikan lahan. Gambar 3 menunjukkan (a) citra asli didapatkan dari proses *capture* citra tanah menggunakan kamera *smartphone*. (b) proses pengambilan citra sendiri ditentukan jarak antara tanah dengan kamera sebesar 70 cm diatas permukaan tanah karena pada ketinggian tersebut memiliki tingkat akurasi pendeteksian optimal. Selanjutnya (c) citra tersebut juga dapat dilakukan proses *review* untuk menampilkan citra tanah dengan ruang warna RGB yang nantinya dilakukan proses *pre-processing* untuk mengolah data seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



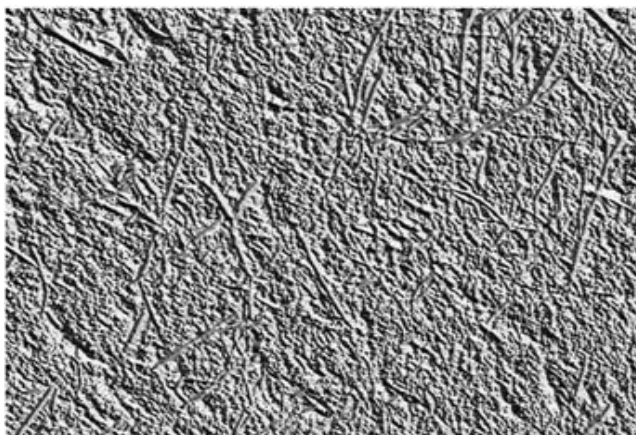
Gambar 3. (a) Input Pengambilan Citra, (b) Pengambilan Citra, (c) Preview Citra



Gambar 4. (a) Citra Asli, (b) Cropping 640*480px, (c) Konversi Grayscale, (d) Gaussian Filtering

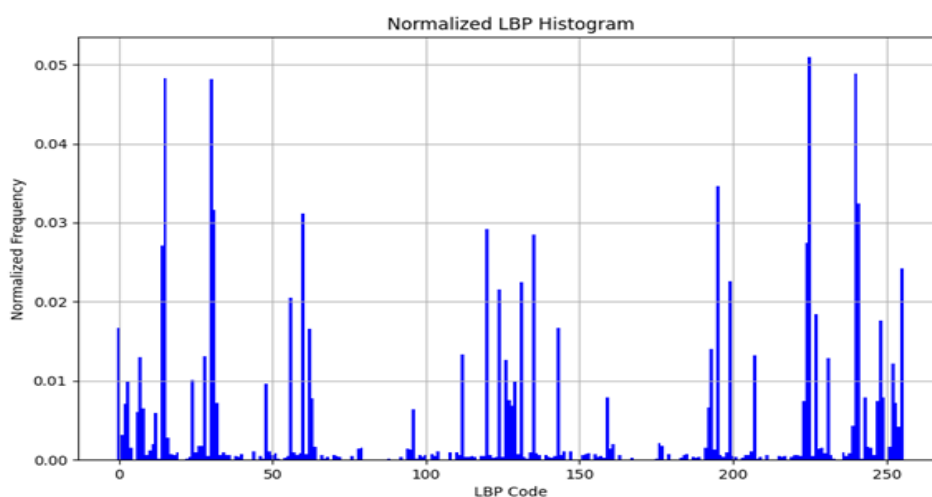
Gambar 4 menunjukkan proses *pre-processing* diawali dengan (a) Cropping image dengan ukuran 640 x 480 pixel untuk efisiensi durasi pengolahan citra tanah pada pusat citra. Selanjutnya dilakukan (b) konversi ke grayscale untuk penyederhanaan dan efisiensi komputasi, karena hanya perlu memproses satu kanal data. Tahapan berikutnya yaitu

dilakukan (c) penyetaraan histogram menggunakan *gaussian filtering* pada citra untuk meminimalisir perubahan warna yang signifikan pada citra tanah. Selanjutnya proses ekstraksi fitur dengan menggunakan metode *Local Binary Pattern* yang menghasilkan output citra grayscale dengan nilai 8 bit dari perbandingan nilai graylevel pada piksel pusat citra dengan piksel ditetangganya (*neighborhood*) (Retnoningrum dkk., 2019) sesuai dengan Persamaan (1).



Gambar 5. Citra Hasil Local Binary Pattern

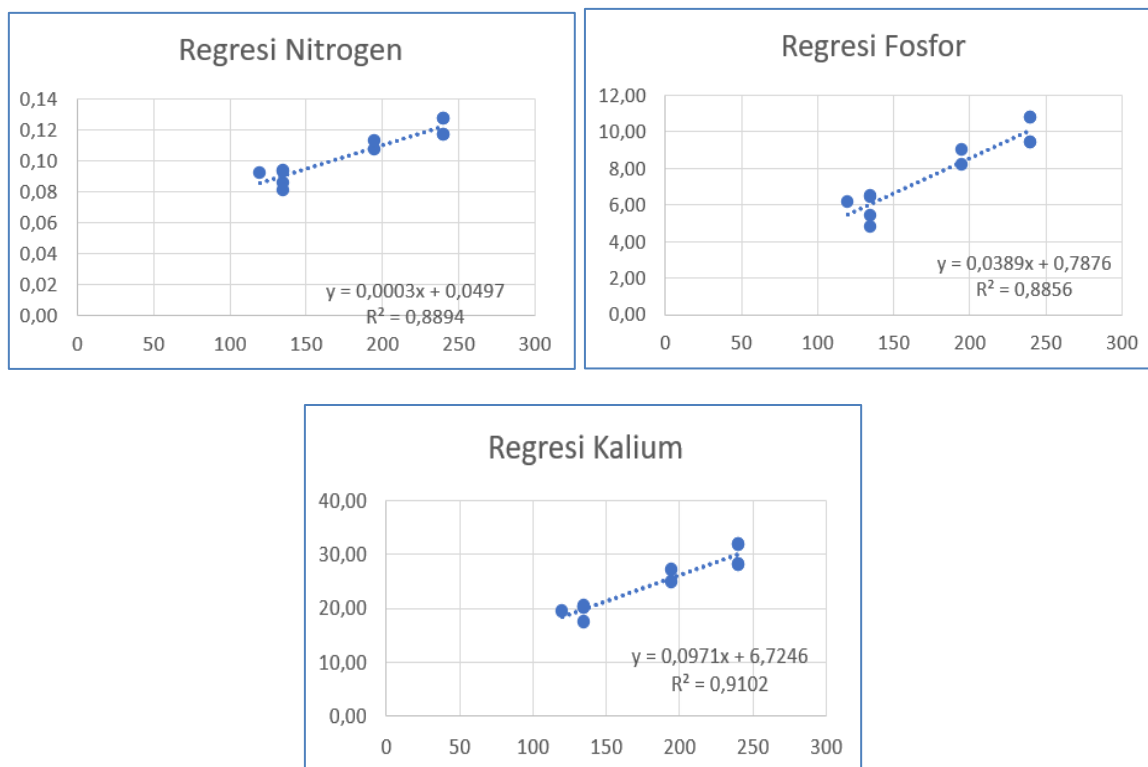
Gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan citra menggunakan python Django menggunakan library OpenCV dengan metode *Local Binary Pattern* yang menghasilkan output berupa angka biner dari hasil perbandingan nilai pixel citra tanah dengan 8 pixel tetangganya sesuai dengan Persamaan (1).



Gambar 6. Normalisasi LBP

Gambar 6 menunjukkan hasil normalisasi angka biner dari hasil *Local Binary Pattern*. X_{axis} merupakan nilai dari ciri konversi dari angka biner ke desimal dengan rentang nilai mulai dari 0 hingga 255 dan Y_{axis} merupakan banyaknya frekuensi kemunculan. Setelah dilakukan proses normalisasi, pixel dengan frekuensi kemunculan paling dominan akan dijadikan acuan atau parameter yang akan di regresikan dengan hasil uji lab sehingga dihasilkan regresi data seperti pada Gambar 7.

Sistem Evaluasi Lahan Penentuan Tanaman Menggunakan Metode *Forward Chaining*



Gambar 7. Regresi Data

Tabel 6. Data Parameter NPK Berdasarkan Hasil *Image Processing*

| Lokasi | Nilai LBP(X) | Uji Nitrogen(Y) | Uji Fosfor(Y) | Uji Kalium(Y) |
|--------------------------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| Lahan Sawah Jl. Tawangmangu | 240 | 0,13 | 10,77 | 31,88 |
| Lahan Sawah Jl. Tawangmangu | 240 | 0,13 | 10,77 | 31,88 |
| Lahan Sawah Jl | 240 | 0,12 | 9,38 | 28,09 |
| Lahan Sawah Jl. Tawangmangu | 240 | 0,12 | 9,38 | 28,09 |
| Lahan Sawah Jl. Tawangmangu | 195 | 0,11 | 8,18 | 24,95 |
| Lahan Sawah Kelurahan Antirogo | 195 | 0,11 | 9,00 | 27,02 |
| Lahan Sawah Kelurahan Antirogo | 120 | 0,09 | 6,17 | 19,45 |
| Lahan Sawah Jl. Semeru | 135 | 0,09 | 5,40 | 17,30 |
| Lahan Sawah Jl. Semeru | 135 | 0,09 | 6,49 | 20,31 |
| Lahan Sawah Jl. Semeru | 135 | 0,09 | 6,41 | 20,16 |
| Lahan Sawah Kelurahan Antirogo | 135 | 0,08 | 4,81 | 20,09 |
| Total | 2010 | 1,15 | 86,75 | 269,22 |

X = Hasil pengolahan citra menggunakan LBP dan Y = Value Nitrogen/Fosfor/Kalium. dari data di atas akan dihitung terlebih dahulu ΣX , ΣY , ΣX^2 dan ΣXY di setiap unsur hara.

a. Regresi Linear Kadar Nitrogen

$$\text{Nilai a} = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = 0,0497; \text{ Nilai b} = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} = 0,0003$$

b. Regresi Linear Kadar Fosfor

$$\text{Nilai a} = 0,7876; \text{ Nilai b} = 0,038850$$

c. Regresi Linear Kadar Kalium

$$\text{Nilai a} = 6,72457; \text{ Nilai b} = 0,097140$$

Maka diperoleh satuan Equation dari Regresi Linear untuk peramalan kandungan unsur hara tanaman berdasarkan output dari pengolah yang dimasukkan sebagai nilai x pada satuan berikut

a. Nitrogen = $0,0497 + (0,0003 x)$

b. Fosfor = $0,7876 + (0,03885 x)$

c. Kalium = $6,67246 + (-0,0971 x)$

Tabel 7. Perhitungan Persentase *Mean Absolute Error* (MAPE)

| Nilai Nitrogen | Uji Nitrogen | Error Nitrogen | Nilai Fosfor | Uji Fosfor | Error Fosfor | Nilai Kalium | Uji Kalium | Error kalium |
|------------------------|--------------|----------------|----------------------|------------|--------------|----------------------|------------|--------------|
| 0,122 | 0,13 | 6,384% | 10,12 | 10,77 | 6,04% | 30,03 | 31,88 | 5,80% |
| 0,122 | 0,13 | 6,384% | 10,12 | 10,77 | 6,04% | 30,03 | 31,88 | 5,80% |
| 0,122 | 0,12 | 1,666% | 10,12 | 9,38 | 7,88% | 30,03 | 28,09 | 6,90% |
| 0,122 | 0,12 | 1,666% | 10,12 | 9,38 | 7,88% | 30,03 | 28,09 | 6,90% |
| 0,108 | 0,11 | 1,818% | 8,37 | 8,18 | 2,32% | 25,66 | 24,95 | 2,84% |
| 0,108 | 0,11 | 1,818% | 8,37 | 9,00 | 7,00% | 25,66 | 27,02 | 5,03% |
| 0,086 | 0,09 | 4,444% | 5,46 | 6,17 | 11,5% | 18,38 | 19,45 | 5,50% |
| 0,0902 | 0,09 | 0,222% | 6,04 | 5,40 | 11,8% | 19,83 | 17,30 | 14,62% |
| 0,0902 | 0,09 | 0,222% | 6,04 | 6,49 | 6,93% | 19,83 | 20,31 | 2,05% |
| 0,0902 | 0,09 | 0,222% | 6,04 | 6,41 | 5,77% | 19,83 | 20,16 | 1,63% |
| 0,0902 | 0,08 | 12,75% | 6,04 | 4,81 | 25,5% | 19,83 | 20,09 | 1,29% |
| MAPE (Nitrogen) | | 3,42% | MAPE (Fosfor) | | 8,97% | MAPE (Kalium) | | 5,31% |

Setelah sistem berhasil dibuat dilakukan pengujian sistem untuk menguji tingkat akurasi dengan menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan membandingkan antara output hasil pengolahan citra dengan uji kandungan dari Nitrogen, Fosfor dan Kalium sesuai dengan (Tabel 7). Persamaan perhitungan MAPE dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5). Berdasarkan hasil MAPE pada masing-masing parameter yaitu 3,42% untuk MAPE Nitrogen, 8,97% untuk MAPE Fosfor dan 5,31% untuk MAPE Kalium. Jika merujuk pada hasil Tabel 2, nilai MAPE ketiga parameter tersebut berada di rentang nilai $< 10\%$, hal ini menunjukkan bahwa nilai prediksi dari parameter NPK pada sistem pengolahan citra **sangat baik**. Tentunya hal ini juga berbanding lurus dengan tingkat akurasi pada sistem dalam memprediksi nilai NPK pada citra tanah yaitu Nitrogen sebesar 96,6%, Phosfor sebesar 91,03%, dan pada Kalium sebesar 94,69%.

Selanjutnya untuk penentuan evaluasi kesesuaian lahan, digunakan basis aturan seperti yang dijabarkan pada Tabel 8, dimana basis aturan tersebut berdasarkan nilai parameter NPK yang didapatkan dari sistem. Selanjutnya, apabila sistem sudah mampu menunjukkan nilai parameter NPK, sistem akan mengeluarkan output berupa kelas kesesuaian lahan seperti S1 untuk **Sangat Sesuai**, S2 untuk **Sesuai**, S3 untuk **Sesuai Marginal** dan N untuk **Tidak Sesuai** seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 8. Tabel Rule

| No | Rule | Kesimpulan |
|----|--|----------------------|
| 1. | If N $\geq 0,21\%$ dan P ≥ 46 ppm dan K ≥ 21 mg/100gr | S1 (Sangat Sesuai) |
| 2 | If N 0,10 - 0,20 % dan P 26 - 45 ppm dan K $\geq 10 - 20$ mg/100gr | S2 (Sesuai) |
| 3 | If N $< 0,10\%$ dan P 10 - 25 ppm dan K < 10 mg/100gr | S3 (Sesuai Marginal) |
| 4 | If data tidak sesuai | N (Tidak Sesuai) |

Robo Soil



Gambar 6. Output Hasil Pengolahan Citra pada Aplikasi Mobile

Dari hasil pengolahan citra maka *resource image* akan tersimpan dalam database dengan hasil pengolahan *image processing* yang memiliki nilai atau hasil citra yang nantinya akan dikaitkan dengan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Hasil dari *Image Processing* antara lain kandungan nilai NPK dari tanah. Untuk kualitas lahan dan saran komoditas ditentukan berdasarkan pada Tabel 5. Dari hasil perbandingan nilai citra yang sudah terintegrasi dengan nilai NPK lalu dibandingkan dengan parameter nilai NPK yang dibutuhkan tanaman.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan, di dapatkan kesimpulan bahwa sistem evaluasi kesesuaian lahan untuk penentuan tanaman menggunakan metode forward chaining berhasil. Sehingga diharapkan dapat membantu masyarakat, terutama petani, dalam mengevaluasi kesesuaian lahan dengan komoditas pertanian yang cocok. Penilaian kesesuaian lahan dilakukan dengan mengamati karakteristik kualitas unsur hara tanah melalui pengolahan citra didapatkan tingkat akurasi pada Nitrogen sebesar 96,6%, pada Fosfor sebesar 91,03%, dan pada Kalium sebesar 94,69%. menggunakan metode Local Binary Pattern. Untuk menampilkan kesesuaian karakteristik lahan terhadap penanaman padi sawah irigasi dilakukan menggunakan metode forward chaining. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan sensor NPK guna mendapatkan data kandungan unsur hara yang lebih akurat. Dengan penambahan sensor NPK, sistem diharapkan dapat meningkatkan keakuratan analisis dan rekomendasi, sehingga memberikan manfaat yang lebih besar bagi petani dalam mengelola lahan pertanian mereka secara efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini dalam Program Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun Anggaran 2023.

DAFTAR RUJUKAN

- Amri, M. M., & Sumiharto, R. (2019). Sistem Pengukuran Nitrogen, Fosfor, Kalium Dengan Local Binary Pattern Dan Analisis Regresi. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 9(2), 107. <https://doi.org/10.22146/ijeis.34132>
- Anna, E. I., Sukri, H., & Yudiarto, H. (2022). Sistem Pakar Pertumbuhan Dan Perkembangan Pada Tanaman Cabai Dengan Metode Forward Chaining. *Jurnal Teknologi dan Informatika (JEDA)*, 3(2), 1–7. <https://doi.org/10.57084/jeda.v3i2.998>
- Jumrianto, Wahyudi, & Syakur, A. (2019). Kalibrasi Sensor Tegangan dan Sensor Arus dengan Menerapkan Rumus Regresi Linear menggunakan Software Bascom AVR. *Information Technology*, 1(1), 1–14.
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 13(2), 36–45.

- Masnur, M., & Ali, M. (2021). Sistem Penunjang Keputusan Penentuan Kesesuaian Budidaya Tanaman Padi Pulu' Mandoti Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Sintaks Logika*, 1(3), 146–152. <https://doi.org/10.31850/jsilog.v1i3.1084>
- Nisa, K. (2021). Analisa Pengaruh Jumlah Penduduk terhadap Jumlah Angkatan Kerja pada Kota Bekasi Menggunakan Metode Regresi Linear. *Information Management For Educators And Professionals: Journal of Information Management*, 5(2), 21. <https://doi.org/10.51211/imbi.v5i2.1468>
- Pratama, I., Yulia, R., & Junaidi, J. K. (2024). *Perkembangan Sektor Pertanian Kabupaten Kerinci 2009-2019*. 8.
- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(3), 181. <https://doi.org/10.31602/tji.v11i3.3294>
- Retnoningrum, D., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. (2019). Ekstraksi Ciri Pada Telapak Tangan Dengan Metode Local Binary Pattern (LBP). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2611–2618.
- Tono, Ariani, M., & Suryana, A. (2023). Kinerja Ketahanan Pangan Indonesia: Pembelajaran Dari Penilaian Dengan Kriteria Global dan Nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 21(1), 1–20.
- Wahyunto, Hikmatullah, Suryani, E., Tafakresnanto, C., Ritung, S., Mulyani, A., Sukarman, Nugroho, K., Sulaeman, Y., Apriana, Y., Suciantini, Pramudia, A., Suparto, Subandiono, R. E., Sutriadi, T., & Nuryamsi, D. (2016). *Petunjuk Teknis Pedoman Penilaian Kesesuaian Lahan Untuk Komoditas Pertanian Strategis Tingkat Semi Detail Skala 1:50.000*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Zaki, A., Defit, S., Sumijan, S., & Fauzana, R. (2023). Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Mendeteksi Kerusakan Jaringan Internet (Studi Kasus: Di Layanan Internet Diskominfo Sumatera Barat). *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(3), 227–236. <https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v9i3.2023.227-236>