

Regresi Logistik Biner Untuk Klasifikasi Kesuburan Tanah Berdasar Lingkungan

Ibnul Imamul Muttaqin^{*1} | Lukman² | Rizki Yusliana Bakti²

1 Mahasiswa Program Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email:

ibnulimamulmuttaqin@gmail.com

2 Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email:

lukman@unismuh.ac.id

rizkiyusliana@unismuh.ac.id

Korespondensi:

*Ibnul Imamul Muttaqin

105841106120@student.unismuh.ac.id

ABSTRAK

Kesuburan tanah merupakan faktor penting dalam menunjang produktivitas pertanian. Penilaian kesuburan tanah yang dilakukan secara manual sering kali bersifat subjektif dan kurang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat kesuburan tanah menggunakan metode regresi logistik biner berdasarkan parameter lingkungan tanah. Variabel yang digunakan meliputi pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel independen, serta tingkat kesuburan tanah sebagai variabel dependen yang diklasifikasikan menjadi dua kelas, yaitu subur dan tidak subur. Data penelitian berjumlah 162 sampel yang diperoleh dari Desa Pabentengan, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa. Proses penelitian meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan, pemodelan, dan evaluasi kinerja model menggunakan *confusion matrix*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model regresi logistik biner mampu menghasilkan nilai akurasi sebesar 87,5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang dibangun memiliki kinerja yang baik dalam memprediksi kesuburan tanah. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan pengelolaan lahan secara lebih efektif dan berbasis data.

Kata Kunci:

Kesuburan Tanah, Regresi Logistik Biner, pH Tanah, Suhu Tanah, Kelembapan Tanah

ABSTRACT

Soil fertility is a crucial factor in supporting agricultural productivity. Manual soil fertility assessments are often subjective and inaccurate. This study aims to predict soil fertility using a binary logistic regression method based on soil environmental parameters. The variables used include soil pH, soil temperature, and soil moisture as independent variables, and soil fertility as the dependent variable, classified into two classes: fertile and infertile. The research data consisted of 162 samples obtained from Pabentengan Village, Bajeng District, Gowa Regency. The research process included data collection, pre-processing, modeling, and model performance evaluation using a confusion matrix. The test results showed that the binary logistic regression model was able to produce an accuracy value of 87.5%, thus it can be concluded that the model developed has good performance in predicting soil fertility. This system is expected to assist farmers in making more effective and data-driven land management decisions.

Keywords:

Soil Fertility, Binary Logistic Regression, Soil pH, Soil Temperature, Soil Moisture

1 | PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduk Indonesia berprofesi sebagai petani, seorang petani harus mengetahui beberapa pengetahuan dalam proses penanaman (Haris, 2025). Kualitas tanah merupakan faktor penting dalam proses pertanian, Setiap jenis tanah memiliki tingkat kesuburan yang berbeda, yang dapat diketahui dari sifat-sifat yang dimiliki tanah dari segi kimia, fisik, maupun biologi (Anggraeni, 2024). Oleh karena itu agar mengetahui kualitas tanah yang baik, maka dibutuhkan suatu aplikasi yang dapat memantau hasil dari kondisi tanah yang cocok buat tanaman sesuai dengan kondisi tanah tersebut (Santoso et al., 2022). Kualitas pada tanah untuk menanam suatu tanaman memiliki peran penting agar tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik, oleh karena itu petani yang akan menanam suatu tanaman perlu mengetahui kualitas tanah yang sesuai untuk penanaman tanaman tersebut (Talli et al., 2023).

Tanah merupakan hasil pelapukan atau erosi anorganik yang bercampur dengan bahan organik. Tanah mengandung partikel buatan atau mineral, bahan organik, cairan dan udara. Unsur utama pada tanah adalah mineral (Luden, 2025). Secara umum, tanah dapat dikatakan memiliki fungsi sebagai penyimpanan air dan nutrisi. Tanah memiliki peran yang

sangat vital bagi kehidupan di bumi. Kelembaban tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori tanah yang berada di atas water table (Nursita et al., 2024). Definisi yang lain menyebutkan bahwa kelembaban tanah menyatakan jumlah air yang tersimpan di antara pori-pori tanah sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah dan perkolasi (Adelia, 2024).

Kesuburan tanah yang rendah dan pengelolaan tanah yang tidak efisien telah menjadi tantangan utama yang dihadapi produktivitas di kalangan petani kecil terutama yang ada di Desa Pabenteng, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa pada umumnya (Pakaya et al., 2025). Dalam sistem pertanian campuran skala kecil, hilangnya kesuburan tanah diakibatkan oleh korosi tanah dan penambangan unsur hara yang berlebihan melalui pemanenan tanaman secara menyeluruh untuk pangan, pakan ternak, dan bahan bakar, tanpa penambahan yang memadai (Lisna et al., 2025). Topografi yang tidak rata serta tekanan manusia dan ternak yang besar, serta tindakan konservasi yang buruk juga berperan dalam memperburuk proses penurunan produktivitas lahan (Anthon et al., 2025). Meningkatnya pohon dan tutupan vegetasi di lanskap pertanian mengakibatkan tingginya tingkat erosi tanah, hilangnya kesuburan tanah dan kekurangan kayu bakar yang menyebabkan petani menggunakan kotoran sebagai bahan bakar dari pada menggunakannya untuk pemeliharaan kesuburan tanah (Yusuf et al., 2023).

Selain itu, pengaruh faktor cuaca dan lingkungan seperti perubahan suhu, curah hujan, dan kelembapan tanah juga menyulitkan petani dalam menentukan kondisi tanah yang ideal untuk penanaman (Harahap et al., 2025). Hingga saat ini, penilaian kesuburan tanah masih banyak dilakukan secara manual dan berdasarkan pengalaman petani, sehingga hasilnya kurang akurat dan sulit digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang tepat (Sinuraya et al., 2026).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu solusi berupa sistem yang mampu membantu petani dalam memprediksi tingkat kesuburan tanah secara objektif berdasarkan parameter yang terukur (Laga et al., 2025). Pada penelitian ini, parameter yang digunakan untuk mengukur kesuburan tanah meliputi pH tanah, suhu, dan kelembapan tanah, yang merupakan faktor utama yang memengaruhi kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman.

Untuk mengolah dan menganalisis parameter tersebut, digunakan metode Regresi Logistik Biner, yang berfungsi untuk mengklasifikasikan tingkat kesuburan tanah ke dalam dua kategori, yaitu subur dan tidak subur (Dea Latifa, 2025). Metode ini dipilih karena mampu menangani data numerik serta memberikan hasil prediksi yang mudah diinterpretasikan.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan sebuah aplikasi prediksi kesuburan tanah yang dapat membantu petani dalam mengambil keputusan sebelum melakukan penanaman, sehingga produktivitas pertanian dapat meningkat dan pengelolaan lahan menjadi lebih efisien.

2 | METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental dan analitis. Penelitian dilakukan dengan mengolah data parameter tanah yang meliputi pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan algoritma regresi logistik biner untuk memprediksi tingkat kesuburan tanah ke dalam dua kelas, yaitu subur dan tidak subur. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan *confusion matrix* dan metrik evaluasi akurasi.

2.1 | Lokasi Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di Desa Pabenteng, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa. Waktu kegiatan penelitian dilakukan pada bulan Agustus - September 2025.

2.2 | Teknik Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dilakukan sebagai tahap awal dalam membangun sistem prediksi kesuburan tanah berbasis metode regresi logistik biner. Perancangan sistem bertujuan untuk menggambarkan bagaimana proses pengolahan data hingga menghasilkan informasi prediksi kesuburan tanah dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Dengan adanya perancangan sistem, alur kerja penelitian dapat dipahami secara jelas serta meminimalkan kesalahan pada tahap implementasi dan pengujian sistem.

Sistem yang dirancang pada penelitian ini berfungsi untuk mengolah data parameter lingkungan berupa pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel input. Data tersebut selanjutnya diproses menggunakan model regresi logistik biner untuk menghasilkan keluaran berupa prediksi tingkat kesuburan tanah. Perancangan sistem ini disesuaikan dengan tujuan penelitian, yaitu menghasilkan sistem yang mampu melakukan klasifikasi kesuburan tanah ke dalam dua kategori, yaitu tanah subur dan tanah tidak subur. Tahap perancangan sistemnya adalah sebagai berikut :

1. Tahap Awal

Tahap awal merupakan langkah pertama dalam proses pengujian sistem yang menandai dimulainya evaluasi terhadap model prediksi kesuburan tanah. Pada tahap ini, sistem dipersiapkan untuk melakukan analisis berdasarkan data yang telah tersedia.

2. Masukan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa parameter lingkungan yang mempengaruhi kesuburan tanah, yaitu pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah. Data tersebut dimasukkan ke dalam sistem sebagai dasar analisis dan pemodelan.

3. Pembagian Data Latih dan Data Uji

Data kesuburan tanah yang telah dikumpulkan kemudian dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk melatih model regresi logistik, sedangkan data uji digunakan untuk menguji kinerja model dalam memprediksi kesuburan tanah pada data yang belum pernah digunakan sebelumnya.

4. Pelatihan Model Regresi Logistik dengan Data Latih

Pada tahap ini, model regresi logistik biner dilatih menggunakan data latih. Proses pelatihan bertujuan untuk membangun model yang mampu mempelajari hubungan antara parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah terhadap tingkat kesuburan tanah.

5. Validasi Model dengan Data Uji

Model regresi logistik yang telah dilatih kemudian divalidasi menggunakan data uji. Validasi ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam memprediksi kondisi kesuburan tanah secara akurat pada data yang tidak terlibat dalam proses pelatihan.

6. Evaluasi Hasil

Setelah proses validasi, kinerja model dievaluasi menggunakan beberapa metrik evaluasi, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*. Evaluasi ini bertujuan untuk menilai sejauh mana model regresi logistik mampu mengklasifikasikan tanah ke dalam kategori subur dan tidak subur dengan benar.

7. Penilaian Performa Model Regresi Logistik dalam Prediksi Kesuburan Tanah

Tahap terakhir adalah penilaian performa model regresi logistik secara keseluruhan dalam memprediksi kesuburan tanah. Penilaian ini didasarkan pada hasil evaluasi yang diperoleh dari data uji dan digunakan untuk menentukan apakah model yang dibangun telah memenuhi tujuan penelitian atau masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

2.3 | Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini digunakan untuk mengolah dan menganalisis data parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap kesuburan tanah, sehingga dapat dihasilkan suatu model prediksi yang akurat. Data yang dianalisis terdiri dari parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel independen, serta kesuburan tanah sebagai variabel dependen yang diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu tanah subur dan tanah tidak subur. Proses analisis data diawali dengan tahap *pre-processing* berupa pemeriksaan, pembersihan data dari nilai kosong ataupun pencilan, serta standarisasi data menggunakan metode *Z-Score Normalization*. Standarisasi ini wajib dilakukan guna menyamakan skala dan rentang nilai dari ketiga parameter lingkungan yang berbeda satuan agar tidak ada variabel tertentu yang mendominasi proses pembelajaran model. Setelah seluruh data berada pada skala yang sama, analisis dilanjutkan dengan pembentukan fungsi logit atau persamaan linear regresi logistik biner, yang mengombinasikan nilai konstanta (*intercept*) dengan koefisien regresi dari masing-masing variabel independen.

2.4 | Prinsip dan Konsep *Eco-Cultural Design*

Evaluasi hasil dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja model regresi logistik biner dalam memprediksi tingkat kesuburan tanah berdasarkan parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model terhadap data aktual pada data uji, sehingga dapat diketahui tingkat keakuratan dan keandalan model yang dibangun. Tahap evaluasinya adalah sebagai berikut :

1. *Confusion matrix*

Confusion matrix digunakan untuk menggambarkan perbandingan antara hasil prediksi model dan kondisi aktual kesuburan tanah. Matriks ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu:

- True Positive* (TP) : Jumlah data tanah subur yang diprediksi sebagai subur.
- True Negative* (TN) : Jumlah data tanah tidak subur yang diprediksi sebagai tidak subur.
- False Positive* (FP) : Jumlah data tanah tidak subur yang diprediksi sebagai subur.
- False Negative* (FN) : Jumlah data tanah subur yang diprediksi sebagai tidak subur.

2. Akurasi (*Accuracy*)
Akurasi menunjukkan tingkat ketepatan model dalam memprediksi kesuburan tanah secara keseluruhan.
3. Presisi (*Precision*)
Presisi mengukur kemampuan model dalam memprediksi tanah subur secara tepat dari seluruh data yang diprediksi sebagai subur.
4. Recall (*Sensitivity*)
Recall menunjukkan kemampuan model dalam mendeteksi seluruh data tanah subur yang sebenarnya.
5. *F-1 Score*
F1-score merupakan nilai rata-rata harmonik antara presisi dan recall, yang digunakan untuk menilai keseimbangan antara keduanya

3 | HASIL

Hasil prediksi kesuburan tanah diperoleh dari penerapan model regresi logistik biner yang telah dilatih menggunakan data latih. Model ini memanfaatkan parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel independen untuk menentukan tingkat kesuburan tanah. Prediksi dilakukan terhadap data uji yang belum pernah digunakan dalam proses pelatihan model, sehingga hasil yang diperoleh dapat mencerminkan kemampuan model dalam melakukan generalisasi.

3.1 | Pengumpulan Data

Data yang diperoleh mencakup 162 data suhu tanah, pH tanah, dan kelembapan tanah yang diambil dari penelitian langsung yang dilakukan di desa Pabentengan Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa.

3.2 | Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan data merupakan tahapan awal yang sangat penting dalam penelitian ini sebelum dilakukan pemodelan menggunakan regresi logistik biner. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan memiliki kualitas yang baik, bebas dari kesalahan, dan siap dianalisis sehingga dapat meningkatkan kinerja dan akurasi model prediksi kesuburan tanah.

3.3 | Pembagian Data Uji dan Data Latih

Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang dibangun tidak hanya mampu mengenali pola pada data yang digunakan untuk pelatihan, tetapi juga memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru yang belum pernah digunakan sebelumnya.

Dataset kesuburan tanah yang telah melalui tahap pra-pemrosesan selanjutnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk melatih model regresi logistik biner agar dapat mempelajari hubungan antara parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah terhadap tingkat kesuburan tanah. Sementara itu, data uji digunakan untuk menguji kinerja model dalam memprediksi kesuburan tanah secara objektif. Pada table 1, data latih yang berjumlah 14 data digunakan untuk membangun model regresi logistik biner

TABEL 1 Data Latih

Ph	Suhu	Kelembapan	Status Kesuburan
4.26	35.88	38	Cukup Subur
7.17	32.12	59	Cukup Subur
6.79	28.44	55	Subur
7.13	33.94	61	Cukup Subur
7.71	31.06	35	Subur
9.7	32.25	31	Cukup Subur
7.17	31.44	51	Cukup Subur
5.13	28.62	34	Subur
7.27	30.25	36	Subur
8.15	25.38	37	Sangat Subur

5.37	29.25	42	Subur
6.38	30.12	43	Cukup Subur
6.71	30.68	40	Cukup Subur
5.43	27.88	41	Subur

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data uji kesuburan tanah yang berisi parameter lingkungan berupa kelembapan tanah, suhu tanah, dan pH tanah. Ketiga parameter tersebut digunakan sebagai variabel input untuk memprediksi tingkat kesuburan tanah menggunakan regresi logistik biner. Hasil prediksi berupa nilai Probabilitas kesuburan tanah ($P = 1$) yang selanjutnya diklasifikasikan ke dalam dua kelas, yaitu tanah subur (1) dan tanah tidak subur (0) berdasarkan ambang batas 0,5. Data ini digunakan untuk menguji kemampuan model dalam melakukan klasifikasi kesuburan tanah secara objektif dan berbasis data. **Tabel 2** berikut adalah data yang sudah dibagi menjadi data uji.

TABEL 2 Data Uji

No.	pH Tanah	Suhu Tanah	Kelembapan Tanah
1	4.26	35.88	38
2	7.17	32.12	59
3	6.79	28.44	55
4	7.13	33.94	61
5	7.71	31.06	35
6	9.7	32.25	31
7	7.17	31.44	51
.....			
37	6.11	30.06	59
38	6.45	31.25	59
39	6.71	27	54
40	7.46	31.25	57

3.4 | Penerapan Metode Regresi Logistik Biner

Pemodelan regresi logistik biner dalam penelitian ini digunakan untuk memprediksi tingkat kesuburan tanah berdasarkan parameter lingkungan, yaitu pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah. Metode regresi logistik dipilih karena variabel dependen pada penelitian ini bersifat dikotomis, yaitu tanah subur dan tidak subur, sehingga sesuai untuk permasalahan klasifikasi biner. Algoritma Pemodelan regresi logistik biner tersebut terdapat pada **Gambar 1** berikut :

```
# (INFERENSI)
# =====
def process_excel_predict(path, model, scaler):
    """
    Melakukan prediksi kesuburan tanah menggunakan model Regresi Logistik.

    Rumus Regresi Logistik:
    1. Fungsi Linear (Logit):
        $Z = B_0 + B_1 \times \text{kelembapan}_s + B_2 \times \text{suhu}_s + B_3 \times \text{pH}_s$ 
       (X_s adalah nilai yang sudah distandarisasi)

    2. Probabilitas (Sigmoid):
        $P(\text{Subur}) = 1 / (1 + e^{(-Z)})$ 

    3. Keputusan:
       Prediksi = 1 (Subur) jika  $P(\text{Subur}) \geq 0.5$ , atau 0 (Tidak Subur) jika
        $P(\text{Subur}) < 0.5$ 
    """
    # --- Baca data
    df = pd.read_excel(path)
    df = df.rename(columns=normalize_column_names(df))

    # HANYA kolom fitur yang wajib dicek
    required_features = {"kelembapan", "suhu", "pH"}
    if not required_features.issubset(df.columns):
        raise ValueError(f"Kolom wajib: {', '.join(required_features)}")

    # Ambil kolom fitur, hapus baris dengan nilai hilang (NaN)
    df_predict = df[list(required_features)].dropna().reset_index(drop=True)

    # --- Ekstrak fitur
    X_predict = df_predict[["kelembapan", "suhu", "pH"]]

    # --- Standarisasi menggunakan scaler yang sudah dilatih
    X_predict_s = scaler.transform(X_predict)

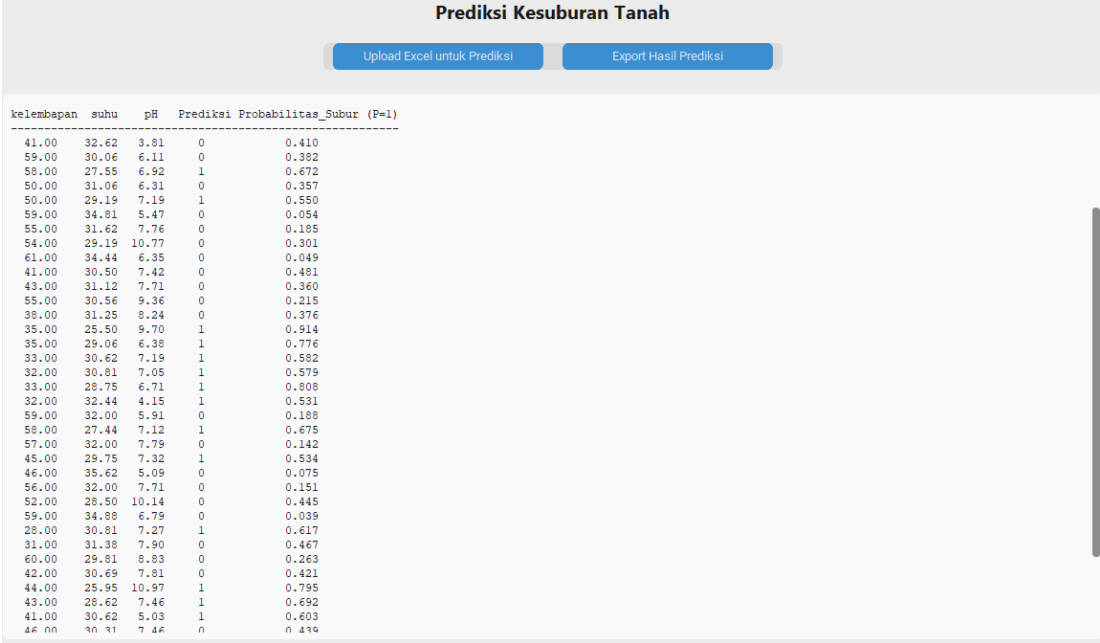
    # --- Prediksi
    y_pred = model.predict(X_predict_s)
    y_prob = model.predict_proba(X_predict_s)[:, 1]
```

GAMBAR 1. Skrip Perhitungan Regresi Logistik Biner

Pada tahap pemodelan, data latih yang berjumlah 14 data digunakan untuk membangun model regresi logistik biner. Variabel independen dalam model ini terdiri dari pH tanah (X1), suhu tanah (X2), dan kelembapan tanah (X3), sedangkan variabel dependen (Y) adalah tingkat kesuburan tanah yang dikodekan dalam bentuk biner, yaitu nilai 1 untuk tanah subur dan nilai 0 untuk tanah tidak subur.

3.5 | Hasil Pengujian

Hasil prediksi kesuburan tanah diperoleh dari penerapan model regresi logistik biner yang telah dilatih menggunakan data latih. Model ini memanfaatkan parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel independen untuk menentukan tingkat kesuburan tanah. Prediksi dilakukan terhadap data uji yang belum pernah digunakan dalam proses pelatihan model, sehingga hasil yang diperoleh dapat mencerminkan kemampuan model dalam melakukan generalisasi. Berikut dibawah ini adalah tampilan interface dari hasil pengujian :



The screenshot shows a web application titled "Prediksi Kesuburan Tanah". It has two buttons at the top: "Upload Excel untuk Prediksi" and "Export Hasil Prediksi". Below the buttons is a table with the following columns: "kelembapan", "suhu", "pH", "Prediksi", and "Probabilitas_Subur (P=1)". The table contains 30 rows of data, showing various input values and their corresponding predicted probabilities and classifications (0 for not fertile, 1 for fertile).

kelembapan	suhu	pH	Prediksi	Probabilitas_Subur (P=1)
41.00	32.62	3.81	0	0.410
59.00	30.06	6.11	0	0.382
58.00	27.55	6.92	1	0.672
50.00	31.06	6.31	0	0.357
50.00	29.19	7.19	1	0.550
59.00	34.81	5.47	0	0.054
55.00	31.62	7.76	0	0.185
54.00	29.19	10.77	0	0.301
61.00	34.44	6.35	0	0.049
41.00	30.50	7.42	0	0.481
43.00	31.12	7.71	0	0.360
55.00	30.56	9.36	0	0.215
38.00	31.25	8.24	0	0.376
35.00	25.50	9.70	1	0.914
35.00	29.06	6.38	1	0.776
33.00	30.62	7.19	1	0.582
32.00	30.81	7.05	1	0.579
33.00	28.75	6.71	1	0.808
32.00	32.44	4.15	1	0.531
59.00	32.00	5.91	0	0.188
58.00	27.44	7.12	1	0.675
57.00	32.00	7.79	0	0.142
45.00	29.75	7.32	1	0.534
46.00	35.62	5.09	0	0.075
56.00	32.00	7.71	0	0.151
52.00	28.50	10.14	0	0.445
59.00	34.88	6.79	0	0.039
28.00	30.81	7.27	1	0.617
31.00	31.38	7.90	0	0.467
60.00	29.81	8.83	0	0.263
42.00	30.69	7.81	0	0.421
44.00	25.95	10.97	1	0.795
43.00	28.62	7.46	1	0.692
41.00	30.62	5.03	1	0.603
46.00	30.31	7.46	0	0.439

GAMBAR 2. Hasil pada tampilan GUI

Hasil prediksi menyajikan keluaran model klasifikasi kesuburan tanah yang diperoleh melalui penerapan regresi logistik biner. Data pada file tersebut memuat parameter lingkungan tanah berupa kelembapan tanah, suhu tanah, dan pH tanah sebagai variabel masukan, serta hasil klasifikasi kesuburan tanah dan nilai Probabilitas tanah subur ($P = 1$) sebagai variabel keluaran. Nilai Probabilitas menunjukkan tingkat peluang suatu sampel tanah dikategorikan sebagai tanah subur berdasarkan pola yang dipelajari model. Selanjutnya, berdasarkan ambang batas keputusan sebesar 0,5, model menetapkan kelas kesuburan tanah, di mana sampel dengan Probabilitas $\geq 0,5$ diklasifikasikan sebagai tanah subur, sedangkan sampel dengan Probabilitas $< 0,5$ diklasifikasikan sebagai tanah tidak subur. Hasil ini digunakan untuk menggambarkan kemampuan model dalam mengidentifikasi kondisi kesuburan tanah berdasarkan parameter lingkungan yang diamati serta menjadi dasar dalam analisis dan pembahasan hasil penelitian seperti yang ditunjukkan pada **tabel 3**.

TABEL 3 Hasil Prediksi Setelah di ekstrak ke Excel

Kelembapan	Suhu	Ph	Prediksi	Probabilitas_Subur (P=1)	Keterangan_Prediksi
41	32.62	3.81	0	0.41	Tidak Subur
59	30.06	6.11	0	0.382	Tidak Subur
58	27.55	6.92	1	0.672	Subur
50	31.06	6.31	0	0.357	Tidak Subur
50	29.19	7.19	1	0.55	Subur
59	34.81	5.47	0	0.054	Tidak Subur
55	31.62	7.76	0	0.185	Tidak Subur

54	29.19	10.77	0	0.301	Tidak Subur
61	34.44	6.35	0	0.049	Tidak Subur
41	30.5	7.42	0	0.481	Tidak Subur
43	31.12	7.71	0	0.36	Tidak Subur
55	30.56	9.36	0	0.215	Tidak Subur
38	31.25	8.24	0	0.376	Tidak Subur
35	25.5	9.7	1	0.914	Subur
35	29.06	6.38	1	0.776	Subur
33	30.62	7.19	1	0.582	Subur
32	30.81	7.05	1	0.579	Subur
33	28.75	6.71	1	0.808	Subur
32	32.44	4.15	1	0.531	Subur
59	32	5.91	0	0.188	Tidak Subur
58	27.44	7.12	1	0.675	Subur
57	32	7.79	0	0.142	Tidak Subur
45	29.75	7.32	1	0.534	Subur
46	35.62	5.09	0	0.075	Tidak Subur
56	32	7.71	0	0.151	Tidak Subur
52	28.5	10.14	0	0.445	Tidak Subur
59	34.88	6.79	0	0.039	Tidak Subur
28	30.81	7.27	1	0.617	Subur
31	31.38	7.9	0	0.467	Tidak Subur
60	29.81	8.83	0	0.263	Tidak Subur
42	30.69	7.81	0	0.421	Tidak Subur
44	25.95	10.97	1	0.795	Subur
43	28.62	7.46	1	0.692	Subur
41	30.62	5.03	1	0.603	Subur
46	30.31	7.46	0	0.439	Tidak Subur
41	28.38	5.57	1	0.815	Subur
43	32.5	4.89	0	0.342	Tidak Subur
59	31.25	6.45	0	0.233	Tidak Subur
54	27	6.71	1	0.78	Subur
57	31.25	7.46	0	0.211	Tidak Subur

3.6 | Evaluasi Model

1. Parameter Kesuburan

Ini adalah tahap awal di mana sistem menerima data mentah (*raw data*) hasil pengukuran langsung dari sensor di lapangan.

Berikut adalah Parameternya :

Ph Tanah : 6.92
 Suhu Tanah (°C) : 27.55
 Kelembapan Tanah (%) : 58

2. Model dan koefisien Regresi yang digunakan

Untuk melakukan prediksi, metode Regresi Logistik Biner membutuhkan rumus fungsi linear (z) dengan nilai koefisien (bobot) dan konstanta (*intercept*) yang didapatkan dari hasil *training* model sebelumnya.

$$z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$\beta_0 \text{ intercept} = -0.0112$$

$$\beta_{\text{suhu}} = -1.3491$$

$$\beta_{\text{pH}} = -0.3498$$

$$\beta_{\text{kelembapan}} = -0.4852$$

3. Standardisasi Data

Sebelum data mentah dari Tahap 1 dimasukkan ke dalam rumus regresi, data tersebut harus disamakan skalanya (Standardisasi). Mengapa? Karena satuan pH (skala 1–14), Suhu (°C), dan Kelembapan (%) memiliki rentang angka yang sangat jauh berbeda. Proses ini biasanya menggunakan rumus *Z-score normalization*. Hasil standardisasi datanya adalah:

$$X' = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Hasil Standardisasinya adalah sebagai berikut :

Kelembapan	: 0.7769
Suhu	: -0.2106
Ph	: 0.1323

4. Perhitungan Fungsi Logit

Setelah data distandardisasi, nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan fungsi linear regresi logistik (z).

$$z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$

$$z = -0.0112 + (-0.4852 \times 0.7769) + (-1.3491 \times -0.2106) + (-0.3498 \times 0.1323)$$

$$z = 0.7167$$

5. Menghitung Probabilitas Kesuburan

Nilai (z) dari Tahap 4 masih berupa angka linear bebas. Agar berubah menjadi nilai peluang/Probabilitas dengan rentang 0 sampai 1 (0% - 100%), nilai \$z\$ dimasukkan ke dalam Fungsi *Sigmoid*.

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-0.7167}} = 0.619$$

6. Hasil Akhir Klasifikasi

Tahap ini adalah penentuan kelas prediksi (apakah tanah masuk kategori Subur atau Tidak Subur) dengan cara membandingkan nilai Probabilitas dengan batas ambang (*Threshold*). Berikut dibawah ini adalah hasil klasifikasinya :

Probabilitas Subur	: 0.672 (67.2%)
<i>Threshold</i>	: 0.5
Kelas Prediksi	: 1 (Subur)

4 | PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa parameter lingkungan tanah berupa pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah memiliki pengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data numerik hasil pengamatan lapangan yang kemudian diolah melalui tahapan pra-pemrosesan sebelum digunakan sebagai data latih dan data uji. Penentuan nilai optimum untuk setiap parameter dilakukan berdasarkan distribusi data lapangan, sehingga nilai yang digunakan lebih merepresentasikan kondisi aktual dibandingkan dengan pendekatan teoritis umum. Hal ini bertujuan agar model yang dibangun mampu memberikan hasil prediksi yang lebih realistis dan sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Penerapan algoritma regresi logistik biner dalam penelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kesuburan tanah ke dalam dua kelas, yaitu subur dan tidak subur. Regresi logistik biner dipilih karena mampu menangani permasalahan klasifikasi dua kelas serta menghasilkan model yang mudah diinterpretasikan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kombinasi parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah dapat digunakan sebagai variabel input untuk memprediksi kesuburan tanah. Model yang dihasilkan mampu mempelajari pola hubungan antara parameter lingkungan tanah dengan kelas kesuburan yang ditetapkan.

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan *confusion matrix* untuk mengetahui tingkat akurasi prediksi yang dihasilkan. Berdasarkan hasil evaluasi, model regresi logistik biner mampu mengklasifikasikan data dengan tingkat ketepatan

yang cukup baik. Nilai akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa model dapat digunakan sebagai alat bantu dalam memprediksi kesuburan tanah berdasarkan parameter lingkungan. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa data yang mengalami kesalahan klasifikasi, yang dapat disebabkan oleh variasi kondisi tanah yang tidak sepenuhnya terwakili oleh parameter yang digunakan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan machine learning menggunakan regresi logistik biner dapat diterapkan untuk memprediksi kesuburan tanah secara sederhana dan efektif. Penggunaan parameter pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sudah cukup memberikan gambaran awal mengenai kondisi kesuburan tanah. Namun, untuk meningkatkan akurasi dan keandalan model di masa mendatang, penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter lain seperti kandungan unsur hara atau jenis tanah, serta menggunakan jumlah data yang lebih besar agar model yang dihasilkan menjadi lebih optimal.

5 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian sistem, dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan secara umum bahwa penerapan metode Regresi Logistik Biner terbukti efektif dan dapat diandalkan untuk memprediksi tingkat kesuburan tanah secara objektif dan berbasis data. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil memanfaatkan parameter lingkungan yang dinamis, yaitu pH tanah, suhu tanah, dan kelembapan tanah sebagai variabel independen (*predictor*) untuk menentukan status kesuburan tanah sebagai variabel dependen. Melalui fungsi transformasi sigmoid, model matematika yang dibangun mampu mengklasifikasikan kondisi tanah ke dalam dua kategori biner secara tegas, yaitu Kelas 1 untuk tanah subur dan Kelas 0 untuk tanah tidak subur, sehingga dapat meminimalisasi subjektivitas dalam penilaian kualitas lahan pertanian.

Lebih lanjut, pengujian performa model yang dilakukan secara empiris menggunakan *Confusion Matrix* terhadap 40 data uji independen menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dengan persentase nilai akurasi mencapai 87,50%. Evaluasi mendalam terhadap tiap kelas klasifikasi memperlihatkan nilai *recall* untuk kelas tanah subur sebesar 92,31%, yang menandakan bahwa model memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dan hampir tidak melewatkan lahan yang secara aktual memang subur di lapangan. Di sisi lain, nilai presisi untuk kelas tanah tidak subur yang menyentuh angka 95,83% menegaskan tingkat keandalan dan akurasi yang tinggi ketika sistem memberikan klaim bahwa suatu lahan dalam kondisi kritis atau tidak subur. Kombinasi metrik evaluasi yang tinggi ini membuktikan bahwa pemodelan regresi logistik biner yang diintegrasikan dengan data sensor dari perangkat IoT (*Internet of Things*) layak dijadikan sebagai alat bantu penentu kebijakan atau rekomendasi awal pemeliharaan tanah bagi petani secara praktis, sederhana, dan mudah untuk diinterpretasikan.

Namun demikian, di balik performa akurasi yang tinggi tersebut, terdapat beberapa batasan krusial yang menjadi kekurangan dalam penelitian ini dan perlu diperhatikan secara saksama. Kekurangan pertama terletak pada keterbatasan dimensi variabel input yang digunakan; model prediksi ini murni hanya mengandalkan tiga parameter fisik-kimia makro permukaan (pH, suhu, dan kelembapan), sehingga belum mampu menggambarkan status biokimia tanah yang lebih komprehensif. Aspek-aspek vital seperti kandungan unsur hara makro esensial (Nitrogen, Fosfor, Kalium), kapasitas tukar kation, serta kandungan bahan organik tanah sama sekali belum tercakup di dalam perhitungan matematis model ini.

Daftar Pustaka

- Adelia, D. B. (2024). *Analisis Suhu Permukaan Tanah Dan Kelembaban Tanah Menggunakan Interpretasi Citra Landsat 8 Oli Di Perkebunan Nanas Pt. Great Giant Pineapple*.
- Anggraeni, I. (2024). *Kualitas Tanah: Persepsi Dan Praktik Oleh Petani Sayuran Di Kelurahan Pattapang–Gowa Dan Desa Pekalobean–Enrekang, Sulawesi Selatan= Soil Quality: Perceptions And Practices By Vegetable Farmers In Pattapang Sub-District–Gowa And Pekalobean Village–Enrekang, South Sulawesi*. Universitas Hasanuddin.
- Dea Latifa, A. (2025). *Peluang Perubahan Status Ketahanan Pangan Tingkat Kabupaten Di Pulau Papua Tahun 2019-2023: Pendekatan Regresi Logistik Biner*.
- Harahap, L. M., Sitanggang, C. B., Tambunan, D. M., Pinem, D. A., & Hasugian, A. B. (2025). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Strategi Manajemen Agribisnis: Studi Kasus Di Wilayah Pertanian Indonesia (the Effect of Climate Change on Agribusiness Management Strategies: a Case Study in Indonesian Agriculture). *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, 3(3), 451–462.
- Haris, R. (2025). Kontribusi Usaha Tani Cabai Dalam Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Di Kelurahan Mariorennu Kecamatan Gantarang Kabupaten Bulukumba. *Journal of Education Sciences: Fondation & Application*, 4(1), 74–86.
- Anthon Monde, M. P., Feriadi, M. S., Ir Abdul Rahman, S. P., Ir Danang Widjajanto, M. S., Ir Suhardi, S., Novriani, S. P., Ir Muhammad Nathan, M., Asmita Ahmad, S. T., Ir Uswah Hasanah, M., & Ir Ni Luh Kartini, M. S. (2025). *Konservasi Tanah Dan Air*. Azzia Karya Bersama.

- Laga, M. M., Kelen, Y. P. K., Seran, K. J. T., & Peter, G. L. (2025). Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kesehatan Tanah Pada Tanaman Produktif Dilahan Kering Dengan Metode Fuzzy Mamdani. *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Dan Sains*, 15(2), 253–267.
- Lisna Oktariani, S. P., Permatasari, R. A., S TP, M. T., Aulia, N. I., S TP, M. T., Ginting, I. F., SP, M. S., Iffah Izzatuddinillah, S. P., Kertasari, I. V. D., & Rahma, M. Y. (2025). *Degradasi Lahan dan Solusi Berkelanjutan Untuk Pertanian Indonesia*. LSO Creative.
- Luden, H. D. (2025). *Perbandingan Sifat Fisik dan Kimia Tanah Pada Sistem Agorisilvikultur Berdasarkan Jenis Komoditi Penyusunnya Di Kecamatan Mengkendek Kabupaten Tana Toraja= Comparison of Physical and Chemical Properties of Soil in Agorisilviculture Systems Based on Commodity Types in Mengkendek District, Tana Toraja Regency*. Universitas Hasanuddin.
- Nursita, P., Anugreni, F., Khairuman, K., Candra, R. A., & Fardiansyah, F. (2024). Rancangan Alat Pengukur Suhu Kelembaban Tanah Sebagai Alat Bantu Penentu Benih Sayuran Yang Akan Dibudidayakan. *Suliwa: Jurnal Multidisiplin Teknik, Sains, Pendidikan Dan Teknologi*, 1(1), 18–27.
- Pakaya, P., Baderan, D. W. K., & Hamidun, M. S. (2025). Efektivitas Sistem Agroforestri dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah dan Produktivitas Pertanian. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(2), 12–27.
- Santoso, G., Hani, S., & Putra, U. D. (2022). Monitoring kualitas tanah lahan pertanian Desa Sidorejo menggunakan sensor pH tanah dan Internet of Things. *Jurnal Nusantara Mengabdi*, 2(1), 1–10.
- Sinuraya, J., Syechu, W., Banjarnahor, W. S. A., Atsauri, M. R., & Siregar, Y. S. (2026). Penerapan Alat Ukur PH Tanah Digital Otomatis dan Aplikasi Pendukung Bagi Masyarakat Tani Gabungan Kelompok Tani Sri Karya Desa Pematang Setrak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat IPTEK*, 6(1), 1–9.
- Talli, W. I. S. A., Irawan, J. D., & Ariwibisono, F. X. (2023). Rancang bangun sistem monitoring kualitas tanah untuk tanaman cabai berbasis IoT (Internet of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4), 2428–2435.
- Yusuf, W. A., Susilawati, H. L., Wihardjaka, A., Harsanti, E. S., Adriany, T. A., Dewi, T., Pramono, A., Kurnia, A., Ferry, I., & Al Viandari, N. (2023). *Kerusakan dan pencemaran lingkungan pertanian: karakteristik dan penanggulangannya*. UGM PRESS.