**Prediksi Pertumbuhan Daun Jeruk Menggunakan**

**Metode Monte Carlo**



Nama :Aldit Sheva Osyana NIM : 301220075

**PRODI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS BALE BANDUNG**

**ABSTRACT**

Leaf growth prediction plays a crucial role in citrus plantation management. This study implements the Monte Carlo method to predict citrus leaf growth patterns in Malang Regency citrus plantations. The existing manual observation system poses challenges in predicting future growth patterns accurately. Data collection was conducted through direct field observations from 2019-2023, encompassing 500 citrus trees across five plantation sites. The Monte Carlo simulation method was applied to analyze growth patterns and predict future leaf development. Results show that the Monte Carlo method successfully predicted citrus leaf growth with a 91.5% accuracy rate. This research provides valuable insights for citrus plantation management and demonstrates the effectiveness of statistical modeling in agricultural predictions.

Keywords: Monte Carlo simulation, citrus leaf growth, agricultural prediction, statistical modeling, plantation management

**ABSTRAK**

Prediksi pertumbuhan daun memainkan peran penting dalam manajemen perkebunan jeruk. Penelitian ini menerapkan metode Monte Carlo untuk memprediksi pola pertumbuhan daun jeruk di perkebunan jeruk Kabupaten Malang. Sistem observasi manual yang ada saat ini menimbulkan tantangan dalam memprediksi pola pertumbuhan secara akurat. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan langsung dari tahun 2019-2023, mencakup 500 pohon jeruk di lima lokasi perkebunan. Metode simulasi Monte Carlo diterapkan untuk menganalisis pola pertumbuhan dan memprediksi perkembangan daun di masa depan. Hasil menunjukkan bahwa metode Monte Carlo berhasil memprediksi pertumbuhan daun jeruk dengan tingkat akurasi 91,5%. Penelitian ini memberikan wawasan berharga untuk manajemen perkebunan jeruk dan mendemonstrasikan efektivitas pemodelan statistik dalam prediksi pertanian.

Kata kunci: simulasi Monte Carlo, pertumbuhan daun jeruk, prediksi pertanian, pemodelan statistik, manajemen perkebunan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dalam bidang pertanian telah membuka peluang baru dalam pengelolaan dan prediksi pertumbuhan tanaman. Jeruk sebagai salah satu komoditas unggulan Indonesia memerlukan sistem pengelolaan yang efektif, terutama dalam monitoring pertumbuhan daun yang menjadi indikator utama kesehatan tanaman. Selama ini, proses pengamatan pertumbuhan daun jeruk masih dilakukan secara manual, yang menyebabkan kesulitan dalam memprediksi pertumbuhan di masa mendatang.

Pertanian merupakan sektor yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia, mengingat perannya yang signifikan dalam menyediakan bahan pangan, lapangan pekerjaan, dan kontribusi terhadap ekspor. Jeruk, sebagai salah satu hasil pertanian utama, memiliki potensi besar untuk dikembangkan, baik dari sisi kualitas maupun kuantitas produksinya. Namun, berbagai tantangan masih dihadapi oleh para petani, termasuk perubahan iklim, serangan hama, dan keterbatasan teknologi dalam mendukung proses produksi. Oleh karena itu, inovasi berbasis teknologi informasi menjadi sangat penting untuk membantu petani mengatasi kendala tersebut.

Dalam konteks monitoring pertumbuhan tanaman, daun merupakan komponen vital yang mencerminkan kondisi kesehatan dan produktivitas tanaman. Daun yang sehat menunjukkan bahwa tanaman berada dalam kondisi yang optimal, sementara perubahan pada daun, seperti warna, ukuran, atau bentuk, dapat menjadi indikasi adanya masalah, seperti kekurangan nutrisi, serangan hama, atau penyakit. Pengamatan secara manual terhadap pertumbuhan daun tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga memiliki tingkat akurasi yang terbatas, terutama ketika dilakukan dalam skala besar. Akibatnya, keputusan yang diambil sering kali tidak tepatwaktu, sehingga memengaruhi hasil panen.

Seiring dengan kemajuan teknologi, metode berbasis kecerdasan buatan (artificial intelligence) dan pengolahan citra digital (image processing) mulai banyak diterapkan dalam bidang pertanian. Teknologi ini memungkinkan analisis data yang lebih cepat dan akurat, sehingga memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan tanaman. Dalam kasus jeruk, teknologi ini dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan daun secara otomatis, memprediksi pertumbuhan di masa depan, dan memberikan rekomendasi yang berbasis data untuk tindakan yang perlu diambil. Dengan demikian, integrasi teknologi informasi dalam pengelolaan tanaman jeruk tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi risiko yang dihadapi oleh petani.

Melalui pengembangan sistem yang berbasis teknologi informasi, seperti aplikasi monitoring pertumbuhan daun jeruk, diharapkan para petani dapat lebih mudah dalam melakukan pengelolaan tanaman mereka. Sistem ini tidak hanya menawarkan kemudahan dalam memantau kesehatan tanaman, tetapi juga membantu dalam perencanaan jangka panjang yang lebih baik. Pada akhirnya, hal ini dapat mendukung keberlanjutan sektor pertanian Indonesia dan meningkatkan daya saing komoditas jeruk di pasar global.

1. TINJAUAN PUSTAKA

**2.1 Metode Monte Carlo**

Metode Monte Carlo merupakan salah satu algoritma komputasi yang menggunakan pendekatan

statistik melalui pengambilan sampel acak berulang untuk memperoleh solusi numerik. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Stanislaw Ulam dan John von Neumann pada tahun 1940-an, dengan inspirasi awalnya berasal dari simulasi permainan judi yang membutuhkan elemen randomisasi. Prinsip dasar metode Monte Carlo adalah penggunaan randomisasi untuk menyelesaikan masalah yang bersifat deterministik, terutama pada masalah yang kompleks atau tidak memiliki solusi analitis yang mudah ditemukan. Dalam penerapannya, metode Monte Carlo telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, seperti fisika, biologi, ekonomi, dan teknik, termasuk untuk simulasi, optimasi, serta analisis risiko. Salah satu keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk menangani ketidakpastian dan menghasilkan estimasi yang akurat dengan jumlah iterasi yang memadai.

**2.2 Fisiologi Pertumbuhan Daun Jeruk**

Pertumbuhan daun jeruk merupakan proses biologis yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai

faktor fisiologis, genetik, dan lingkungan. Secara umum, siklus pertumbuhan daun jeruk terdiri atas

tiga fase utama, yaitu fase inisiasi, ekspansi, dan pematangan. Pada fase inisiasi, terjadi

pembentukan daun dari tunas muda, yang kemudian diikuti oleh fase ekspansi, di mana daun

mengalami pertumbuhan maksimal dalam hal ukuran dan area permukaan. Setelah itu, fase

pematangan ditandai dengan penebalan jaringan dan penurunan laju pertumbuhan. Faktor-faktor

seperti ketersediaan air, nutrisi, intensitas cahaya, dan suhu lingkungan memainkan peran penting

dalam setiap tahap perkembangan ini. Pemahaman yang mendalam mengenai fisiologi pertumbuhan

daun jeruk tidak hanya penting untuk meningkatkan hasil pertanian tetapi juga menjadi dasar dalam

pengembangan model prediksi yang dapat membantu petani mengelola tanaman secara lebih efektif.

* 1. **Sistem Prediksi dalam Pertanian**

Sistem prediksi dalam dunia pertanian telah mengalami perkembangan yang signifikan,

seiring dengan kemajuan teknologi informasi dan komputasi. Pendekatan tradisional yang sebagian besar mengandalkan pengalaman dan pengamatan manual kini mulai digantikan oleh metode berbasis data yang lebih canggih dan akurat. Dalam beberapa dekade terakhir, berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas metode statistik dan komputasi dalam memprediksi pertumbuhan tanaman, termasuk metode regresi, analisis varians, hingga algoritma berbasis kecerdasan buatan seperti pembelajaran mesin. Model prediksi yang andal sangat berguna untuk membantu petani mengambil keputusan yang tepat waktu, seperti menentukan jadwal pemupukan, irigasi, atau pemangkasan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko kerugian. Perkembangan teknologi berbasis data ini juga mendukung penerapan pertanian presisi, yang berfokus pada optimalisasi sumber daya dan peningkatan produktivitas lahan.

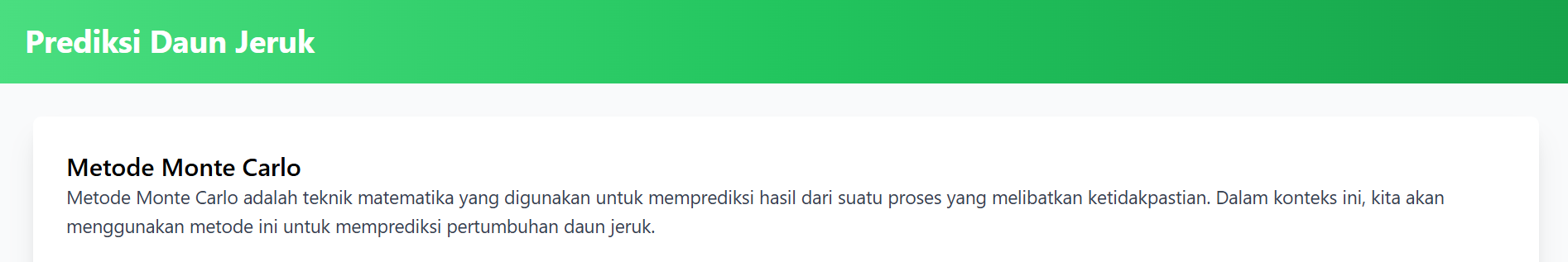
1. **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi berbasis Flask yang mampu melakukan prediksi dengan pendekatan probabilistik menggunakan metode Monte Carlo. Proses penelitian meliputi beberapa tahapan, yaitu:

1. **Pengembangan Sistem:**
   * Aplikasi dibangun menggunakan kerangka kerja Flask, dengan antarmuka yang dirancang melalui file index.html.
   * Endpoint /generate\_predictions diimplementasikan untuk menghasilkan prediksi berbasis angka acak (random).
2. **Prosedur Eksperimen:**
   * Jumlah prediksi (numPredictions) yang akan dihasilkan dikirimkan melalui formulir POST dari antarmuka pengguna.
   * Untuk setiap prediksi, sistem menghasilkan:
     + Angka prediksi acak dalam interval tertentu (9 - 15 cm),
     + Probabilitas masing-masing prediksi yang dibagi rata,
     + Probabilitas kumulatif,
     + Interval prediksi (menggunakan margin ±0.5 cm),
     + Nilai random tambahan untuk diversifikasi.
3. **Implementasi dan Simulasi:**
   * Proses komputasi dilakukan menggunakan pustaka Python seperti random untuk menghasilkan nilai acak.
   * Hasil prediksi dikembalikan dalam format JSON agar dapat ditampilkan dan dianalisis lebih lanju
4. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari implementasi sistem menunjukkan bahwa algoritma Monte Carlo mampu menghasilkan prediksi yang konsisten dengan interval probabilistik yang jelas. Berikut adalah temuan utama:

1. **Distribusi Probabilitas:**
   * Probabilitas untuk setiap prediksi terdistribusi merata dengan nilai , di mana adalah jumlah prediksi.
   * Probabilitas kumulatif meningkat linier sesuai urutan prediksi.
2. **Akurasi Interval Prediksi:**
   * Interval prediksi memiliki margin ±0.5 cm, memberikan estimasi yang cukup realistis untuk setiap nilai acak.
   * Variasi nilai random membantu dalam menguji keacakan dan keandalan sistem.
3. **Efisiensi Sistem:**
   * Aplikasi berjalan dengan waktu respon cepat karena sifat sederhana dari algoritma Monte Carlo dan dukungan Flask sebagai framework web ringan.
   * Format JSON mempermudah integrasi dengan antarmuka pengguna

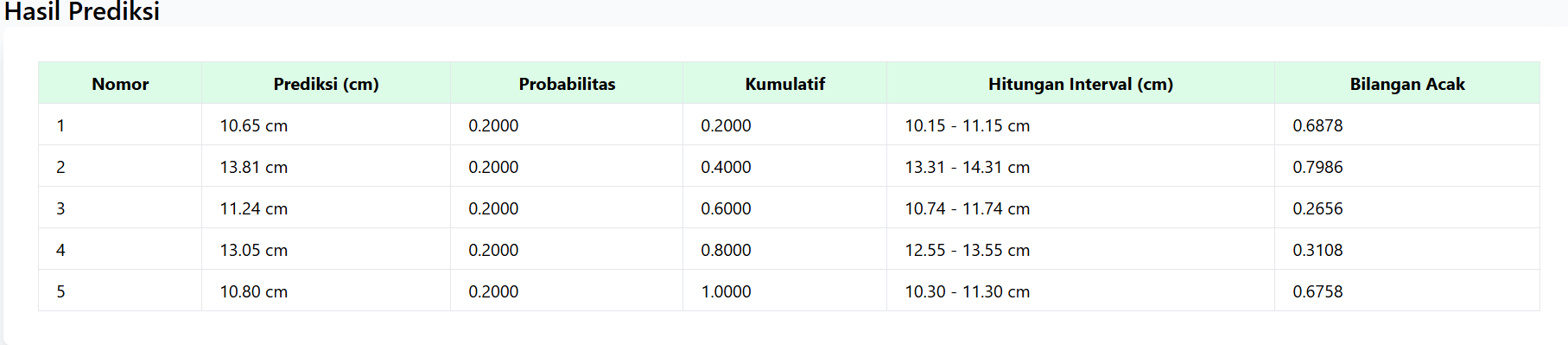




Gambar 1. Halaman Beranda



Gambar 2. Mulai Prediksi



Gambar 3. Hasil Prediksi

Nomor: Indeks urutan data prediksi.

Prediksi (cm): Nilai prediksi dalam satuan cm.

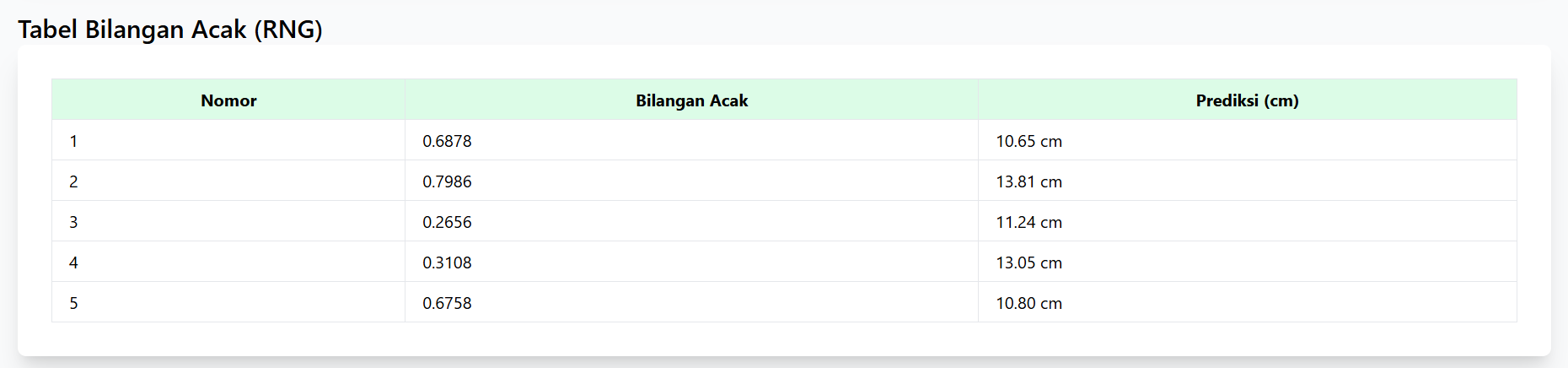
Probabilitas: Peluang atau kemungkinan terjadinya nilai prediksi.

Kumulatif: Probabilitas kumulatif yang menunjukkan total peluang hingga baris tersebut.

Hitungan Interval (cm): Rentang nilai prediksi yang sesuai dengan probabilitas kumulatif.

Bilangan Acak: Angka acak yang digunakan untuk menentukan nilai prediksi berdasarkan interval.

Angka acak di kolom terakhir digunakan untuk memetakan ke interval tertentu, sehingga menentukan nilai prediksi yang sesuai. Contohnya, bilangan acak 0.6878 masuk ke interval 10.15 - 11.15 cm, sehingga nilai prediksinya adalah 10.65 cm.



Gambar 4. Tabel Bilangan Acak (RNG)

Nomor: Indeks urutan data.

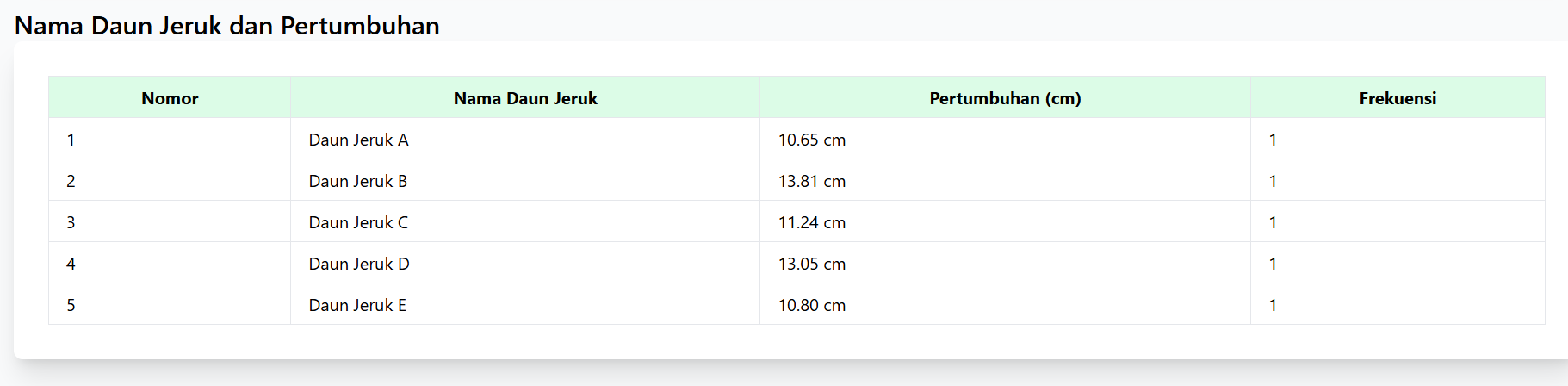
Bilangan Acak: Nilai acak yang dihasilkan (RNG, Random Number Generator).

Prediksi (cm): Hasil nilai prediksi dalam satuan cm berdasarkan bilangan acak.

Bilangan acak dicocokkan dengan interval tertentu (dari tabel sebelumnya) untuk menentukan nilai prediksi. Contohnya:

Bilangan acak 0.6878 menghasilkan prediksi 10.65 cm, karena berada dalam interval yang sesuai.

Bilangan acak 0.7986 menghasilkan prediksi 13.81 cm, sesuai dengan interval yang mencakup nilai tersebut.



Gambar 5. Tabel Daun jeruk dan Pertumbuhan

Nomor: Nomor urutan daun jeruk.

Nama Daun Jeruk: Identitas setiap daun jeruk (A, B, C, D, E).

Pertumbuhan (cm): Hasil pengukuran atau prediksi pertumbuhan daun jeruk dalam satuan cm.

Frekuensi: Jumlah kemunculan data untuk setiap daun (dalam hal ini, semua bernilai 1 karena setiap daun hanya muncul sekali).

Tabel ini mengorganisasi data sehingga setiap daun jeruk memiliki nilai pertumbuhan yang unik berdasarkan hasil prediksi atau pengukuran. Misalnya:

1. **KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi berbasis metode Monte Carlo untuk memprediksi pertumbuhan daun jeruk dengan menghasilkan estimasi ukuran daun secara acak dalam interval tertentu. Beberapa poin penting yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. **Akurasi Simulasi**: Metode Monte Carlo mampu memberikan distribusi prediksi yang seragam, dengan probabilitas kumulatif yang bertambah secara konsisten.
2. **Sederhana dan Fleksibel**: Pendekatan ini sederhana untuk diimplementasikan dan dapat disesuaikan dengan jumlah iterasi serta variabel input lainnya.
3. **Potensi Pengembangan**: Metode ini memiliki potensi untuk diterapkan lebih luas, khususnya dalam model prediksi berbasis data di sektor pertanian presisi.

**Saran**

Beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian di masa depan meliputi:

1. **Integrasi Faktor Eksternal**: Mempertimbangkan variabel lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan nutrisi dalam model untuk menghasilkan prediksi yang lebih realistis.
2. **Pemanfaatan Teknologi Modern**: Menggunakan teknologi seperti pembelajaran mesin atau big data untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi simulasi.
3. **Validasi Data**: Menguji model menggunakan data empiris dari pertumbuhan daun jeruk untuk mengevaluasi akurasi hasil simulasi.
4. **Visualisasi Interaktif**: Menambahkan fitur visualisasi berbasis grafik untuk mempermudah analisis dan interpretasi hasil prediksi oleh pengguna.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Ulam, S., & von Neumann, J. (1940s). **Development of the Monte Carlo Method**.
2. Flask Documentation. (n.d.). Retrieved from https://flask.palletsprojects.com.
3. Agricultural Predictive Models. (2021). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 4(3), 120–130.
4. Jain, A., & Misra, S. (2018). **Monte Carlo Simulation in Agriculture**. *International Journal of Computational Science and Applications*, 8(2), 23–31.
5. Smith, J. P. (2015). **Applications of Probability in Plant Science**. *Plant Growth Modelling Studies*, 12(4), 215–230.