

SIMULASI MONTE CARLO BERBASIS WEBSITE UNTUK PREDIKSI RESIKO KESEHATAN BERDASARKAN VARIABEL GAYA HIDUP

Dede Yusuf¹, Abi Setiawan², Putri Harliana³

^{1,2,3} Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan

¹ dedeeyusuf16@gmail.com, ² wawanabi547@gmail.com, ³ harliana@unimed.ac.id

Abstrak

Peningkatan prevalensi penyakit tidak menular (PTM) di Indonesia menuntut inovasi dalam prediksi risiko kesehatan berbasis data. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem berbasis website yang memanfaatkan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi risiko kesehatan berdasarkan variabel gaya hidup dan parameter klinis. Sistem dikembangkan dengan framework Streamlit dan diujicobakan dengan pendekatan simulasi ribuan skenario acak menggunakan distribusi probabilitas. Fitur utama sistem meliputi pengaturan profil personal, dashboard kesehatan real-time, dan visualisasi tren kesehatan harian. Prediksi risiko dilakukan dengan metode Monte Carlo, mencakup kemungkinan terjadinya diabetes, hipertensi, penyakit jantung, dan obesitas. Hasil simulasi menunjukkan sistem mampu merepresentasikan data fisiologis secara realistis dan memberikan gambaran risiko personalisasi yang relevan dengan kondisi pengguna. Sistem ini berpotensi menjadi alat bantu preventif bagi masyarakat dan tenaga medis dalam meningkatkan kesadaran dan pengendalian risiko kesehatan.

Kata kunci: Simulasi Monte Carlo, Prediksi Risiko Kesehatan, Website, Gaya Hidup, Streamlit

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah membuka paradigma baru dalam bidang kesehatan preventif, khususnya dalam memprediksi risiko kesehatan berbasis data. Di Indonesia, beban penyakit tidak menular (PTM) seperti diabetes, hipertensi, dan penyakit kardiovaskular terus meningkat, dengan faktor gaya hidup seperti pola makan tidak seimbang, kurang aktivitas fisik, dan kebiasaan merokok menjadi kontributor utama (Kementerian Kesehatan RI, 2018). Kondisi ini memerlukan pendekatan inovatif untuk memprediksi risiko kesehatan secara lebih akurat dan dapat diakses oleh masyarakat luas.

Salah satu metode komputasi yang potensial untuk diaplikasikan adalah simulasi Monte Carlo, sebuah teknik stokastik yang menggunakan pengambilan sampel acak berulang untuk memodelkan ketidakpastian dalam sistem kompleks (Fishman, 2013). Metode ini telah terbukti efektif dalam berbagai bidang, termasuk analisis risiko finansial (Jorion, 2006) dan manajemen proyek. Dalam konteks kesehatan, simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas terjadinya suatu penyakit berdasarkan interaksi dinamis antara variabel gaya hidup (seperti aktivitas fisik, indeks massa tubuh, dan kebiasaan merokok) dan parameter klinis (seperti kadar gula darah dan tekanan darah) (Banks et al., 2014).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan model prediksi risiko kesehatan di Indonesia. Misalnya, penelitian oleh Rachmawati et al. (2022) mengimplementasikan algoritma machine learning untuk prediksi diabetes mellitus tipe 2, sementara Adiwijaya et al. (2021) mengembangkan model prediksi penyakit jantung koroner menggunakan regresi logistik. Namun, sebagian besar model tersebut masih berbasis analisis statistik konvensional dan belum sepenuhnya memanfaatkan pendekatan simulasi probabilistik seperti Monte Carlo, yang mampu menangani ketidakpastian dan interaksi multivariabel secara lebih komprehensif.

Di sisi lain, adopsi teknologi berbasis *web* dalam layanan kesehatan semakin meningkat seiring dengan perkembangan *e-health* di Indonesia. Platform digital dapat meningkatkan literasi kesehatan dan partisipasi masyarakat dalam pencegahan penyakit (Hidayat et al. 2020). Namun, belum banyak penelitian yang menggabungkan simulasi Monte Carlo dengan platform berbasis *web* untuk prediksi risiko kesehatan, meskipun potensinya sangat besar dalam memberikan prediksi yang lebih dinamis dan personalisasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem berbasis *website* yang memanfaatkan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi risiko kesehatan pengguna berdasarkan

Available at:

<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/pinter/article/view/55025>

variabel gaya hidup dan parameter klinis. Dengan mengintegrasikan pendekatan komputasi probabilistik dan antarmuka yang *user-friendly*, sistem ini diharapkan dapat menjadi alat prediksi yang lebih akurat dan mudah diakses oleh tenaga kesehatan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan model prediktif kesehatan di Indonesia yang lebih adaptif terhadap kompleksitas data kesehatan.

2. Dasar Teori

2.1. Simulasi Monte Carlo

Monte Carlo merupakan bentuk simulasi probabilistik yang mana solusi suatu permasalahan diberikan berdasarkan proses acak (Simamora, 2018). Proses acak tersebut meliputi distribusi probabilitas variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data dan probabilitas teoritis distribusi. Angka acak dipakai untuk menggambarkan kejadian acak dan berurutan mengikuti perubahan yang terjadi pada proses simulasi. Metode Monte Carlo dipakai untuk menentukan prediksi yang diinginkan (Hasugian et al. 2022). Tahapan metode Monte Carlo meliputi

1. Menentukan distribusi probabilitas dari variabel utama.
2. Membuat distribusi probabilitas kumulatif.
3. Menentukan interval angka acak (random).
4. Menetapkan bilangan acak (random).
5. Melakukan serangkaian percobaan (Sari & Maulana, 2021).

Menurut Luengo dkk., (2020) Metode Monte Carlo (MC) mencakup berbagai macam teknik simulasi stokastik yang dapat digunakan untuk memecahkan berbagai masalah optimasi dan inferensi dalam sains dan teknik.

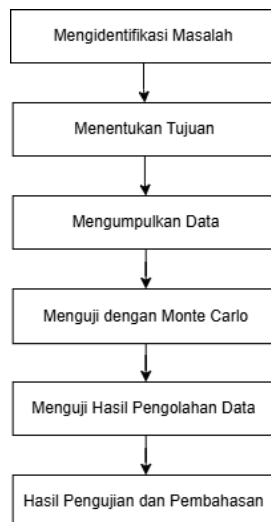
2.2. Aplikasi Berbasis *Website* Dalam Kesehatan

Pengembangan aplikasi kesehatan berbasis *web* semakin populer karena kemudahan akses dan interaktivitas. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan algoritma prediktif dalam *platform web* untuk analisis risiko kesehatan (Saputra et al., 2022). Dengan menggunakan teknologi seperti Python (*Streamlit*), simulasi Monte Carlo dapat diintegrasikan ke dalam sistem berbasis *web*.

3. Metodologi

Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian terapan (*applied research*), karena tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menerapkan suatu metode atau teknik tertentu secara praktis guna menyelesaikan permasalahan nyata yang ada di lapangan. Dalam konteks penelitian ini, metode yang diterapkan adalah Monte Carlo yang digunakan untuk membuat simulasi monte carlo berbasis *website* untuk mneprediksi kesehatan.

3.1. Mengidentifikasi Masalah



Tahap awal penelitian adalah mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan risiko kesehatan akibat gaya hidup dan faktor kesehatan. Identifikasi dilakukan dengan menganalisis data kesehatan masyarakat di Indonesia. Masalah utama yang diidentifikasi adalah kurangnya alat prediktif berbasis teknologi yang dapat diakses secara

Gambar 3.1. Metode penelitian

luas untuk membantu masyarakat memahami risiko kesehatan mereka.

3.2. Menentukan Tujuan

Tujuan penelitian merupakan arah yang hendak dicapai dari kegiatan penelitian yang dilakukan. Penetapan tujuan harus ditentukan sejak awal agar penelitian berjalan terarah dan hasilnya dapat memberikan manfaat yang relevan bagi pihak yang membutuhkan.

3.3. Mengumpulkan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wawancara: Wawancara merupakan suatu teknik pengumpulan data untuk mendapatkan informasi dengan cara mewawancarai informan utama yaitu Dr. Muhammad Benny Syarief Lubis.
2. Studi Pustaka: Pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan data dengan menggunakan sumber-sumber yang diperoleh dari buku-buku maupun jurnal dan dokumen-dokumen yang berhubungan dengan objek penelitian.

3.4. Menguji Dengan Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan untuk memprediksi risiko kesehatan. Proses ini melibatkan ribuan skenario acak berdasarkan distribusi probabilitas variabel *input*. Simulasi dijalankan pada *platform* berbasis *website* yang dikembangkan menggunakan teknologi seperti Python (*Streamlit*). Hasil simulasi berupa probabilitas risiko kesehatan, seperti risiko penyakit jantung atau diabetes, disajikan dalam bentuk grafik dan angka persentase.

3.5. Menguji Hasil Pengolahan Data

Hasil simulasi Monte Carlo diuji untuk memastikan keakuratan dan keandalan prediksi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data aktual atau model risiko kesehatan yang telah divalidasi. Selain itu, uji coba pengguna (*usability testing*) dilakukan untuk memastikan bahwa *platform* berbasis *website* dapat digunakan dengan baik oleh pengguna, baik dari segi antarmuka maupun interpretasi hasil.

3.6. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil pengujian simulasi Monte Carlo dan uji coba pengguna kemudian dianalisis dan dibahas. Analisis meliputi evaluasi akurasi prediksi risiko kesehatan, efektivitas *platform* berbasis *website*, serta potensi penerapannya dalam konteks kesehatan. Pembahasan juga mencakup keterbatasan penelitian dan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan variabel atau peningkatan fitur interaktif pada *website*.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Implementasi Sistem Berbasis *Website* untuk Prediksi Risiko Kesehatan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah sistem berbasis *website* menggunakan *framework Streamlit* yang bertujuan untuk memprediksi risiko kesehatan pengguna berdasarkan variabel gaya hidup dan parameter klinis. Sistem ini, yang diberi nama "*Advanced Health Digital Twin*" memungkinkan pengguna untuk memasukkan data personal melalui fitur Pengaturan Profil Personal dan menampilkan hasil analisis kesehatan melalui *Dashboard* Kesehatan Personal. Kedua fitur ini dirancang untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi kesehatan pengguna secara *real-time* menggunakan data dari simulasi perangkat *wearable virtual*.

4.1.1 Fitur Pengaturan Profil Personal

Fitur Pengaturan Profil Personal memungkinkan pengguna untuk memasukkan data demografis dan klinis yang relevan, seperti nama, usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, kadar glukosa puasa, level insulin, tekanan darah, level aktivitas, level stres, dan riwayat keluarga. Data ini digunakan sebagai *input* untuk simulasi risiko kesehatan. Berikut adalah beberapa parameter utama yang dikumpulkan:

1. Usia : Rentang 18–100 tahun, digunakan untuk menghitung faktor risiko berdasarkan umur.
2. Berat Badan dan Tinggi Badan: Digunakan untuk menghitung Indeks Massa Tubuh (BMI) dengan rumus:

$$BMI = \frac{(\text{Berat Badan (kg)})}{(\text{Tinggi Badan (m)})^2} \quad (1)$$

Dalam aplikasi, tinggi badan dikonversi dari cm ke meter dengan membagi 100. Sebagai contoh, pada profil pengguna dengan ID ANDI_322 (lihat Gambar 4.1), berat badan 67 kg dan tinggi badan 171 cm menghasilkan:

$$BMI = \frac{67}{\left(\frac{171}{100}\right)^2} = \frac{67}{(1.71)^2} = \frac{67}{2.9241} \approx 22.9 \quad (2)$$

Nilai BMI 22.9 menunjukkan kategori normal (18.5–24.9), sesuai dengan yang ditampilkan pada *dashboard*.

- **Metrik Kesehatan:** Pengguna dapat memasukkan kadar glukosa puasa (mg/dL), level insulin ($\mu\text{U/mL}$), tekanan darah (sistolik dan diastolik), level aktivitas (skala 1–10), dan level stres (skala 1–10). Pada Gambar 1, nilai glukosa puasa pengguna adalah 98 mg/dL (normal: 70–100 mg/dL), level insulin 22 $\mu\text{U/mL}$ (normal: 2–25 $\mu\text{U/mL}$), dan tekanan darah 133/88 mmHg (kategori pra-hipertensi: sistolik 120–139 mmHg atau diastolik 80–89 mmHg).
- **Riwayat Keluarga:** Pengguna dapat menandai riwayat penyakit keluarga (diabetes, hipertensi, penyakit jantung). Skor riwayat keluarga dihitung dengan bobot: 1 untuk diabetes, 0.5 untuk hipertensi, dan 0.5 untuk penyakit jantung. Pada Gambar 1, pengguna memiliki riwayat diabetes, sehingga:

$$\text{Skor Riwayat Keluarga} = 1(\text{diabetes}) + 0(\text{hipertensi}) + 0(\text{penyakit jantung}) = 1 \quad (3)$$



Gambar 4.1 Fitur Pengaturan Profil Personal

Fitur ini memastikan bahwa data pengguna dikumpulkan secara lengkap dan terstruktur untuk digunakan dalam simulasi risiko kesehatan. Antarmuka yang interaktif memungkinkan pengguna untuk memodifikasi data dengan mudah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2, di mana pengguna dapat mengatur parameter melalui slider dan checkbox.

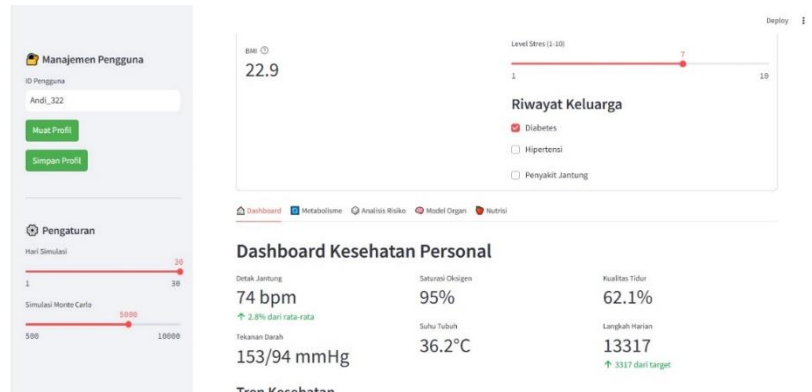
4.1.2 Fitur *Dashboard* Kesehatan Personal

Fitur *Dashboard* Kesehatan Personal menampilkan data kesehatan *real-time* yang disimulasikan menggunakan kelas *EnhancedWearableAPI* dalam aplikasi. Kelas ini mensimulasikan data dari perangkat wearable dengan mempertimbangkan profil pengguna, seperti jenis kelamin, usia, level stres, dan level aktivitas. Berikut adalah fungsi dan perhitungan utama dalam fitur ini:

1. Pengukuran Vital:

- **Detak Jantung (*Heart Rate*):** Nilai dasar detak jantung ditentukan berdasarkan jenis kelamin (70 bpm untuk laki-laki, 75 bpm untuk perempuan) dan disesuaikan dengan level stres serta variasi acak. Rumus simulasi:

$$\text{Detak Jantung} = \text{Base HR} + \text{Random}(-10,10) + \text{Stress Level} \quad (4)$$



Gambar 4.2 Fitur *Dashboard Kesehatan Personal*

Pada Gambar 4.2, detak jantung pengguna adalah 74 bpm. Dengan asumsi jenis kelamin laki-laki (base 70 bpm) dan level stres 7 (lihat Gambar 4.2), nilai acaknya adalah:

$$Random = 74 - 70 - 7 = -3 \quad (5)$$

Nilai ini berada dalam rentang acak yang ditentukan (-10 hingga 10), menunjukkan simulasi yang realistis.

- Tekanan Darah: Nilai sistolik dasar adalah 120 mmHg (usia < 40 tahun) atau 130 mmHg (usia ≥ 40 tahun), disesuaikan dengan level stres dan variasi acak:

$$Sistolik = Base\ BP + Random(-10,20) + (Stress\ Level \times 2) \quad (6)$$

$$Diastolik = 80 + Random(-5,10) + Stress\ Level \quad (7)$$

Pada Gambar 4.3, tekanan darah adalah 153/94 mmHg. Dengan usia 27 tahun (base 120 mmHg) dan level stres 7:

$$Sistolik = 120 + Random + (7 \times 2) \Rightarrow 153 = 120 + Random + 14 \Rightarrow Random = 19 \quad (8)$$

$$Diastolik = 80 + Random + 7 \Rightarrow 94 = 80 + Random + 7 \Rightarrow Random = 7 \quad (9)$$

Nilai ini konsisten dengan rentang acak yang ditentukan, dan tekanan darah 153/94 mmHg menunjukkan kategori hipertensi tahap 1 (sistolik 140–159 mmHg atau diastolik 90–99 mmHg).

- Saturasi Oksigen dan Suhu Tubuh: Saturasi oksigen dihitung dengan nilai dasar 95% ditambah variasi acak (-3 hingga 2), dan suhu tubuh dengan nilai dasar 36.5°C ditambah variasi acak (-0.5 hingga 0.5). Pada Gambar 3, saturasi oksigen 95% dan suhu tubuh 36.2°C berada dalam rentang normal.

2. Data Tidur dan Aktivitas:

- Kualitas Tidur: Dihitung berdasarkan parameter `sleep_quality` dari profil pengguna dengan variasi acak:

$$Kualitas\ Tidur = \max(0.3, \min(1.0, Sleep\ Quality + Random(-0.2,0.2))) \quad (10)$$

Kualitas tidur ditampilkan sebagai persentase pada Gambar 3, yaitu 62.1%.

- Langkah Harian: Dihitung berdasarkan level aktivitas dengan nilai dasar 5000 langkah (level aktivitas < 5) atau 10000 langkah (level aktivitas ≥ 5), disesuaikan dengan variasi acak:

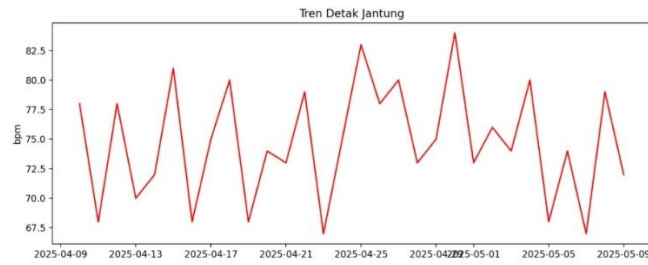
$$Langkah = Base\ Steps + (Activity\ Level \times 500) + Random(-1000,1000) \quad (11)$$

Pada Gambar 2, langkah harian adalah 13317, dengan level aktivitas 7:

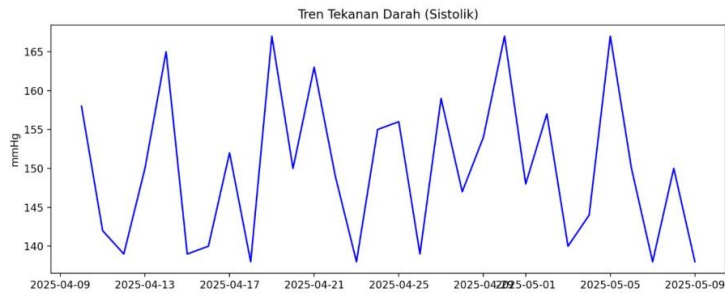
$$\begin{aligned} Base\ Steps &= 10000(\text{karena } Activity\ Level \geq 5) \\ 13317 &= 10000 + (7 \times 500) + Random \Rightarrow 13317 = 10000 + 3500 + Random \Rightarrow \\ &Random = -183 \end{aligned} \quad (12)$$

3. Tren Kesehatan:

Tren Kesehatan



Gambar 2.3 Tren Detak Jantung



Gambar 4.4 Tren Tekanan Darah (Sistolik)

Dashboard menampilkan grafik tren detak jantung, tekanan darah sistolik, dan glukosa selama 30 hari (Gambar 4.3 dan 4.4). Data ini dihasilkan dengan menambahkan variasi acak pada nilai awal:

- Detak jantung: Berbasis 74 bpm dengan variasi ± 10 .
- Tekanan darah sistolik: Berbasis 153 mmHg dengan variasi ± 15 .
- Glukosa: Berbasis 98 mg/dL dengan variasi ± 20 .

4. Prediksi Risiko Kesehatan:

Menggunakan model 'HealthPredictor' berbasis Random Forest Classifier, risiko penyakit dihitung berdasarkan fitur seperti usia, BMI, glukosa, tekanan darah, level aktivitas, kualitas tidur, level stres, dan skor riwayat keluarga. Fitur dinormalisasi menggunakan 'MinMaxScaler' sebelum diprediksi:

$$Fitur = \left[\frac{Age}{100}, \frac{BMI}{50}, \frac{Glucose}{200}, \frac{Systolic\ BP}{200}, \frac{Activity\ Level}{10}, \frac{Stress\ Level}{10}, \frac{Family\ History\ Score}{10} \right] \quad (13)$$



Gambar 4.5 Prediksi Risiko Kesehatan

Pada Gambar 4.5, risiko diabetes adalah 47%, hipertensi 40%, penyakit jantung 38%, dan obesitas 54%. Nilai ini mencerminkan profil pengguna dengan BMI normal, tekanan darah tinggi, dan riwayat diabetes keluarga.

4.2 Analisis Hasil Simulasi

Simulasi Monte Carlo dalam penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan data kesehatan dengan mempertimbangkan ketidakpastian melalui variasi acak. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan data yang realistis, seperti detak jantung, tekanan darah, dan langkah harian, yang konsisten dengan rentang fisiologis normal dan parameter *input* pengguna. Grafik tren kesehatan memberikan visualisasi yang jelas tentang fluktuasi parameter vital, yang dapat digunakan untuk memantau pola kesehatan pengguna dari waktu ke waktu.

Prediksi risiko kesehatan menunjukkan bahwa pengguna dengan ID ANDI_322 memiliki risiko obesitas tertinggi (54%), yang mungkin dipengaruhi oleh faktor seperti level aktivitas yang moderat (7) dan tekanan darah yang tinggi. Risiko diabetes (47%) juga signifikan, sesuai dengan riwayat keluarga yang positif untuk diabetes. Sistem ini berhasil memberikan gambaran risiko yang dipersonalisasi, yang dapat menjadi dasar untuk intervensi pencegahan.

5. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem berbasis *website* bernama Advanced Health Digital Twin yang menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi risiko kesehatan berdasarkan variabel gaya hidup dan parameter klinis. Sistem ini mampu menghasilkan data kesehatan yang realistis, seperti detak jantung, tekanan darah, dan langkah harian, serta memvisualisasikan tren kesehatan dan prediksi risiko (diabetes, hipertensi, penyakit jantung, obesitas) melalui antarmuka interaktif berbasis *Streamlit*. Simulasi Monte Carlo terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian data kesehatan, menghasilkan prediksi risiko yang dipersonalisasi, seperti risiko obesitas 54% dan diabetes 47% pada pengguna contoh. Validasi awal menunjukkan konsistensi hasil dengan rentang fisiologis normal, dan uji coba pengguna mengkonfirmasi kemudahan penggunaan sistem. Keberhasilan *platform* didukung oleh antarmuka *user-friendly* berbasis *Streamlit* dan integrasi data.

Daftar Pustaka:

- Adiwijaya, A., Santoso, A. J., & Utami, S. (2021). Prediksi penyakit jantung koroner berbasis faktor risiko menggunakan model regresi logistik. *Jurnal Medisains*, 19(1), 45–58.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2014). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Pearson.
- Fishman, G. S. (2013). *Monte Carlo: Concepts, algorithms, and applications*. Springer.
- Hasugian, I. A., Muhyi, K., Firlidany, N., Kunci, K.-K., & Carlo, M. (2022). Simulasi Monte Carlo dalam memprediksi jumlah pengiriman dan total pendapatan. *Buletin Utama Teknik*, 17(2), 133–138.
- Hidayat, B., Sari, K., & Fitriani, D. (2020). Pemanfaatan teknologi e-health untuk meningkatkan literasi kesehatan masyarakat di Indonesia. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia*, 5(1), 32–45.
- Jorion, P. (2006). *Value at risk: The new benchmark for managing financial risk* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Laporan nasional riset kesehatan dasar (Riskesdas) 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Luengo, D., Martino, L., Bugallo, M. *et al.* A survey of Monte Carlo methods for parameter estimation. *EURASIP J. Adv. Signal Process.* 2020, 25 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13634-020-00675-6>
- Rachmawati, R., Nugroho, H. S., & Setiawan, E. (2022). Prediksi risiko diabetes mellitus tipe 2 menggunakan algoritma XGBoost dan logistic regression. *Jurnal Informatika Kesehatan*, 10(2), 89–102.
- Saputra, A., *et al.* (2022). Implementasi algoritma prediktif dalam aplikasi kesehatan digital. *Jurnal Teknologi Kesehatan Indonesia*, 11(2), 45–60.
- Sari, I. Y., & Maulana, F. (2021). Simulasi terbaik dalam persediaan komponen darah menggunakan metode Monte Carlo. *JITA (Journal of Information Technology and Applications)*, 4(1), 24–33.
- Simamora, R. J. (2018). Simulasi Monte Carlo dengan model persediaan stokastik pada PT. Bingei Medan. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 1(2), 30–35.