

ANALISIS PROBALITAS NAÏVE BAYES BERBASIS LAPLACE SMOOTHING KEBUTUHAN RESTOCK FARMASI

Arga Fauzi Indratna¹; Adi Fajaryanto Cobantoro^{2*}; Ismail Abdurrozzaq Zulkarnain³

Program Studi Teknik Informatika^{1,2,3}
Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia^{1,2,3}
<https://teknik.umpo.ac.id>^{1,2,3}
argafauzi007@gmail.com¹, adifajaryanto@umpo.ac.id^{2*}, ismail@umpo.ac.id³

(*) Corresponding Author



Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-NonKomersial 4.0 Internasional.

Abstract— Drug inventory management plays a critical role in supporting hospital health services. Amal Sehat Wonogiri Hospital faces challenges in managing drug stocks due to manual recording processes prone to errors, data update delays, and inaccurate inventory information, creating risks of stock-out and overstock conditions. This study implements the Naive Bayes algorithm with Laplace Smoothing optimization to classify drug stock conditions into three categories: Safe (Aman), Low Stock (Menipis), and Needs Restocking (Restok). To address class imbalance in the dataset, this study applies SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) and provides a comparative analysis against the Decision Tree C4.5 algorithm. The system was developed using the Rapid Application Development (RAD) methodology with the Laravel framework and MySQL database, utilizing 38,531 historical pharmacy transaction records from January to October 2025. Following a stratified 80:20 train-test split, model evaluation on 7,707 test records yielded an accuracy of 84.04%, with weighted-average precision of 87% and recall of 84%. Five-fold cross-validation confirmed model stability with a mean accuracy of 83.16%. Comparative experiments demonstrated that although Decision Tree achieves higher overall accuracy (87.43%), Naive Bayes with Laplace Smoothing significantly outperforms Decision Tree in detecting the critical Low Stock class (F1-score: 54.73% vs 25.23%; recall: 70.69% vs 16.09%), proving its superiority in minimizing the risk of undetected stock shortages.

Keywords: Drug Stock Prediction, Laravel, Naïve Bayes, SMOTE, White Box Testing.

Abstrak—Pengelolaan stok obat di Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri masih menghadapi tantangan berupa risiko kekosongan dan penumpukan persediaan akibat sistem pencatatan yang belum terintegrasi secara optimal. Penelitian ini menerapkan algoritma Naive Bayes kategorikal dengan optimasi Laplace Smoothing untuk mengklasifikasikan kondisi stok obat ke dalam kategori Aman, Menipis, dan Perlu Restok. Untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas (class imbalance), penelitian ini menerapkan teknik SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) pada data latih dan melakukan analisis perbandingan dengan algoritma Decision Tree C4.5 untuk memvalidasi keunggulan pendekatan yang diusulkan. Sistem dikembangkan menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) berbasis framework Laravel dan database MySQL, memanfaatkan 38.531 rekam transaksi farmasi periode Januari-Oktober 2025. Evaluasi model menghasilkan akurasi 84,04% dengan rata-rata 5-fold cross-validation 83,16%. Eksperimen perbandingan menunjukkan bahwa meskipun Decision Tree mencapai akurasi keseluruhan lebih tinggi (87,43%), Naive Bayes dengan Laplace Smoothing secara signifikan mengungguli Decision Tree dalam mendeteksi kelas kritis Menipis (F1-score: 54,73% vs 25,23%; recall: 70,69% vs 16,09%), membuktikan keunggulannya dalam meminimalkan risiko stok menipis yang tidak terdeteksi. Pengujian struktural program melalui white box testing mengonfirmasi seluruh jalur logika berjalan valid.

Kata kunci: Prediksi Stok Obat, Laravel, Naïve Bayes, SMOTE, Pengujian White Box.

PENDAHULUAN

Pengelolaan stok obat merupakan salah satu aspek terpenting untuk mendukung kelancaran operasional pelayanan kesehatan di rumah sakit. Ketersediaan obat yang tepat waktu dan dalam jumlah yang memadai sangat menentukan keberhasilan terapi, pencegahan, serta pengobatan pasien. Hal ini sejalan dengan penelitian (Irawan et al., 2024), yang menegaskan bahwa ketersediaan obat merupakan faktor utama dalam mendukung keselamatan dan keberlanjutan terapi di fasilitas kesehatan.

Dalam praktik sehari-hari, Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri masih menghadapi kendala dalam pengelolaan stok obat, dimana proses pencatatan yang sebagian masih dilakukan secara manual menyebabkan kesalahan pada pencatatan obat masuk dan keluar, keterlambatan pembaruan data, serta menghasilkan informasi stok yang kurang akurat. Kondisi ini didukung oleh penelitian (Agustrino & Widajantie, 2023), yang menyatakan bahwa sistem inventori manual pada fasilitas kesehatan rentan terhadap *human error*, keterlambatan pembaruan informasi, dan ketidakakuratan data. Selaras dengan hal tersebut, (Syahidah et al., 2024) menegaskan bahwa ketidakefisienan dalam pengelolaan stok obat dapat berdampak signifikan terhadap kualitas layanan dan meningkatkan beban biaya operasional rumah sakit.

Pengelolaan stok obat yang tidak optimal juga berpotensi menimbulkan dua permasalahan utama, yaitu kekosongan stok (*stock-out*) dan kelebihan stok (*overstock*). Penelitian yang dilakukan (Angraini et al., 2025) di gudang farmasi RSI Ibnu Sina Padang menemukan bahwa tingginya angka *stock-out* yang mencapai 29,3% disebabkan oleh keterbatasan sumber daya manusia, pencatatan stok yang tidak akurat, serta proses administrasi yang tidak efisien. Selain itu, stok stagnan atau *dead stock* dilaporkan mencapai 38,9%, yang menunjukkan bahwa pengelolaan persediaan belum berjalan optimal. Temuan serupa diperkuat oleh penelitian (Nadhifa et al., 2022), yang menyatakan bahwa *dead stock* dan *stock-out* merupakan indikator utama ketidakefisienan pengelolaan persediaan obat di fasilitas kesehatan.

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, rumah sakit memerlukan sebuah sistem yang tidak hanya berfungsi sebagai pencatat data, tetapi juga mampu melakukan analisis dan menghasilkan prediksi kebutuhan obat. (Siregar et al., 2024) menjelaskan bahwa sistem prediksi berbasis *machine learning* dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan, mengurangi risiko *stock-out*, serta mendukung pengambilan

keputusan restock yang lebih akurat berdasarkan data historis.

Algoritma Naïve Bayes telah terbukti efektif untuk tugas klasifikasi berbasis data historis pada berbagai konteks persediaan. (Octavia, 2024) membuktikan bahwa Naïve Bayes mampu mencapai akurasi 74,67% dalam mengklasifikasikan kategori produk berdasarkan pola data historis, sementara (Erni et al., 2025) berhasil mengklasifikasikan stok barang pada toko kebutuhan pokok dengan akurasi 72,48%. Pada konteks farmasi, (Pratiwi et al., 2024) mencapai akurasi 93% pada persediaan obat di Apotek Ritonga Farma, dan (Nurmaleni & Masdalipa, 2025) melaporkan akurasi 91% dalam klasifikasi data penggunaan obat di RSUD Kota Pagar Alam.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut secara konsisten menunjukkan kinerja Naive Bayes yang baik dalam klasifikasi persediaan, sebagian besar studi masih berfokus pada pengujian akurasi algoritma secara terpisah tanpa mengintegrasikannya ke dalam sistem informasi berbasis web yang dapat diakses secara real-time. Lebih lanjut, belum ada studi yang secara eksplisit membandingkan Naive Bayes dengan algoritma Decision Tree pada konteks farmasi rumah sakit, khususnya dalam menganalisis kemampuan deteksi kelas kritis (stok menipis) yang merupakan aspek paling penting dalam manajemen persediaan obat. Selain itu, penanganan ketidakseimbangan kelas (*class imbalance*) dengan teknik seperti SMOTE dan validasi keandalan struktural program melalui pengujian white box formal masih jarang diterapkan secara bersamaan dalam penelitian sejenis. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar dan motivasi utama penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) membangun model klasifikasi Naive Bayes berbasis Laplace Smoothing yang mampu mengklasifikasikan kondisi stok obat ke dalam tiga kategori (Aman, Menipis, dan Perlu Restok) menggunakan data historis transaksi farmasi; (2) menerapkan SMOTE untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dan menganalisis dampaknya terhadap performa klasifikasi kelas minoritas; (3) melakukan analisis perbandingan dengan Decision Tree C4.5 untuk memvalidasi keunggulan Naive Bayes dari aspek deteksi kelas kritis, efisiensi komputasi, dan interpretabilitas; (4) mengintegrasikan model ke dalam sistem informasi farmasi berbasis web sebagai instrumen pendukung keputusan pengadaan obat secara real-time; dan (5) memvalidasi struktur program melalui white box testing. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pembuktian empiris bahwa Naive Bayes dengan Laplace Smoothing secara signifikan lebih unggul dalam mendeteksi

kondisi stok menipis dibanding Decision Tree, dengan keunggulan tambahan pada efisiensi komputasi dan transparansi prediksi yang sangat relevan untuk penerapan pada sistem operasional farmasi rumah sakit di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian terapan (applied research) dengan tujuan mengembangkan sistem informasi berbasis website yang mampu memprediksi kondisi stok obat pada instalasi farmasi Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri. Penelitian terapan dipilih karena berfokus pada penyelesaian permasalahan praktis melalui pengembangan sistem informasi yang dapat langsung diimplementasikan dan dimanfaatkan oleh organisasi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan staf teknis kefarmasian Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri untuk memperoleh gambaran nyata mengenai proses pengelolaan stok obat yang berjalan, termasuk kendala pencatatan manual dan perbedaan batas minimum stok antarjenis obat. Data sekunder berupa data historis transaksi stok obat periode Januari–Oktober 2025 yang diperoleh dari sistem farmasi rumah sakit, terdiri atas 38.681 data transaksi dari 1.122 jenis obat, mencakup informasi stok awal, jumlah obat masuk, jumlah obat keluar, dan stok akhir. Penelitian ini menggunakan beberapa teknik pengumpulan data, yaitu:

1. Observasi, dilaksanakan untuk mengidentifikasi alur proses pengelolaan stok obat, mekanisme pencatatan transaksi, serta kendala yang dihadapi petugas farmasi pada sistem yang berjalan secara manual.
2. Wawancara, dilakukan dengan staf teknis kefarmasian untuk menggali kebutuhan sistem, standar stok minimum tiap obat, serta harapan pengguna terhadap sistem prediksi yang akan dibangun.
3. Studi dokumentasi, dilakukan untuk memperoleh data historis transaksi stok obat sebagai bahan pelatihan model klasifikasi. Contoh data yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1.

Sebelum digunakan untuk pelatihan model, dataset sebesar 38.681 rekam transaksi dibagi menjadi data latih (training) dan data uji (testing) menggunakan metode stratified random sampling dengan rasio 80:20. Stratifikasi dilakukan berdasarkan distribusi kelas target untuk memastikan proporsi kelas Aman, Menipis, dan

Perlu Restock pada data latih dan data uji mencerminkan distribusi populasi secara seimbang. Hasilnya, sebanyak 30.974 rekam data digunakan sebagai data latih untuk membangun model Naïve Bayes, sedangkan 7.707 rekam data digunakan sebagai data uji untuk mengevaluasi performa model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Tabel 1. Data Historis Stok Obat

Nama Obat	Awal	Masuk	Keluar	Akhir
JKN CEFTAZIDIME	90	0	30	60
SUCRALFATE SY	750	0	50	700
LERZIN SYR	95	0	1	94
CEFIXIME SY 5ML	80	0	10	70
CEFAZOLIN	60	0	9	51
GENERIK				
SANORINE HIJAU	22	0	5	17
80ML				
FARSIFEN SYR	11	0	10	1
KOMPOLAX	18	0	10	8
TRIDEX 27 B	48	0	24	24
ASTHAROL SY	55	0	10	45

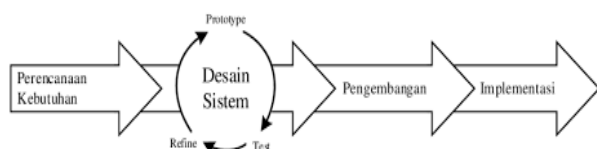
Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Pembagian data dilakukan dengan nilai `random_state=42` untuk menjamin reproduisibilitas eksperimen. Distribusi kelas hasil stratifikasi menunjukkan ketidakseimbangan (class imbalance) yang signifikan: Aman 57,28%, Restok 33,69%, dan Menipis hanya 9,03%. Untuk mengatasinya, penelitian ini menerapkan SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) (Sulistiyo et al., 2021) pada data latih, menyintesis sampel sintesis kelas minoritas hingga distribusi seimbang (masing-masing 17.655 sampel per kelas), tanpa memengaruhi data uji sehingga evaluasi tetap mencerminkan distribusi data nyata.

Algoritma Pembandingan. Untuk memvalidasi keunggulan Naive Bayes dengan Laplace Smoothing, penelitian ini membandingkannya dengan algoritma Decision Tree C4.5 yang membangun pohon keputusan berdasarkan information gain (Syarah, 2022). Perbandingan dilakukan pada kondisi yang adil dan terkontrol: dataset yang sama, keempat fitur yang telah didiskretisasi menggunakan quantile binning (4 bin per fitur), rasio pembagian data 80:20, dan metrik evaluasi yang seragam (akurasi, presisi, recall, F1-score, dan 5-fold cross-validation). Analisis perbandingan difokuskan tidak hanya pada akurasi keseluruhan, tetapi juga pada kemampuan deteksi kelas kritis Menipis yang paling relevan secara klinis, serta aspek efisiensi komputasi dan interpretabilitas hasil prediksi.

Pengembangan sistem dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Rapid Application Development (RAD), yang dipilih karena

menyediakan tahapan pengembangan yang iteratif, melibatkan pengguna secara intensif melalui sesi workshop desain, dan sesuai untuk pengembangan sistem berskala kecil dengan kebutuhan yang relatif terdefinisi dalam waktu pengembangan yang terbatas (Hidayat & Hati, 2021; Ruhayat & Nurfalah, 2025). Alur tahapan metode RAD yang diterapkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 2. Alur Metode *Rapid Application Development (RAD)*

Gambar 2 menunjukkan bahwa tahapan RAD dilaksanakan secara iteratif, di mana hasil dari satu tahap menjadi landasan bagi tahap berikutnya, dengan siklus prototipe, pengujian, dan penyempurnaan (refine) pada tahap desain sistem sebelum dilanjutkan ke tahap pengembangan. Pendekatan ini dinilai efektif dalam pengembangan sistem prediksi karena memungkinkan penyesuaian rancangan secara cepat berdasarkan umpan balik pengguna sebelum sistem dibangun secara penuh.

1. Tahap Perencanaan Kebutuhan (Requirements Planning)

Tahap ini diawali dengan identifikasi permasalahan pengelolaan stok obat di instalasi farmasi Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri berdasarkan hasil observasi dan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data historis transaksi stok. Berdasarkan data tersebut, ditentukan kebutuhan fungsional sistem, meliputi pengelolaan data obat, pencatatan stok masuk dan keluar, serta proses prediksi kondisi stok, dan kebutuhan nonfungsional berupa kemudahan penggunaan dan keandalan sistem. Pada tahap ini juga ditentukan empat atribut numerik (stok awal, stok masuk, stok keluar, stok akhir) sebagai fitur, serta tiga label kelas (Aman, Menipis, Perlu Restock) yang akan diklasifikasikan menggunakan algoritma Naïve Bayes.

2. Tahap Desain Sistem (RAD Design Workshop)

Pada tahap ini dilakukan perancangan model sistem dengan melibatkan pengguna secara langsung melalui sesi diskusi dan pembuatan prototipe antarmuka. Perancangan dituangkan ke dalam flowchart, use case diagram, data flow diagram, dan entity relationship diagram (Pulungan

et al., 2023) yang menggambarkan empat tabel basis data utama, yaitu users, obat, transaksi_obat, dan prediksi_stok. Pada tahap ini pula dirancang prosedur diskretisasi fitur numerik ke dalam tiga bin (Rendah, Sedang, Tinggi) berdasarkan standar stok minimum rumah sakit, serta skema perhitungan probabilitas prior dan likelihood dengan Laplace Smoothing (Supriadi & Fatmasari, 2021; Wahyudi et al., 2022) yang menjadi dasar algoritma Naïve Bayes kategorikal pada tahap berikutnya. Prototipe yang dihasilkan didemonstrasikan kepada petugas farmasi untuk memperoleh umpan balik sebelum desain disempurnakan secara iteratif.

3. Tahap Pengembangan dan Implementasi (Construction)

Tahap construction merupakan tahap implementasi teknis, yaitu menerjemahkan desain yang telah disepakati ke dalam kode program menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, sebagaimana juga diterapkan oleh (Pangestu et al., 2025) dalam pengembangan sistem berbasis Naïve Bayes untuk klasifikasi dan rekomendasi berbasis data.. Implementasi mencakup pembuatan modul autentikasi, modul pengelolaan data obat, modul transaksi stok, dan modul prediksi yang mengimplementasikan algoritma Naïve Bayes kategorikal. Pendekatan berbasis web dipilih karena mampu meningkatkan aksesibilitas dan transparansi informasi inventaris bagi seluruh pemangku kepentingan tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak khusus (Rasendah & Andriani, 2025). Pada fase ini juga dilakukan pengujian internal terhadap setiap modul untuk memastikan tiap bagian berjalan sesuai spesifikasi yang telah dirancang.

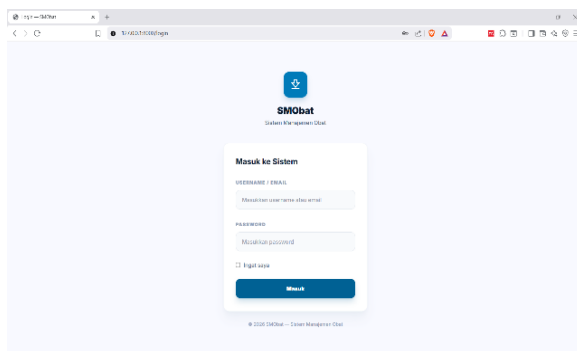
4. Tahap Pengujian Sistem

Untuk memvalidasi keandalan struktur program yang telah dibangun, penelitian ini menerapkan metode pengujian white box dengan teknik basis path testing (Putra & Nuryasin, 2024; Sie et al., 2022). Pengujian difokuskan pada dua fungsi utama sistem, yaitu autentikasi pengguna (login) dan proses prediksi Naïve Bayes. Pengujian dilakukan dengan menyusun flowgraph dari flowchart program, menghitung nilai cyclomatic complexity, mengidentifikasi jalur independen, kemudian menyusun skenario pengujian (test case) untuk memastikan setiap jalur eksekusi program berjalan sesuai dengan rancangan logika yang telah ditetapkan. Hasil tahap ini menjadi dasar bagi proses evaluasi dan pemeliharaan sistem sebelum diterapkan secara operasional di instalasi farmasi rumah sakit.

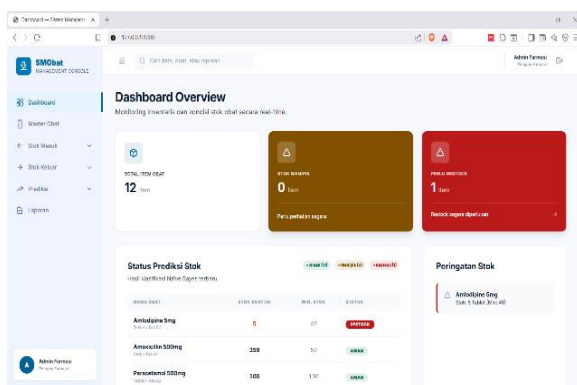
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Sistem prediksi stok obat dikembangkan berbasis website menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, dengan nama aplikasi SMObat yang dibangun untuk mendukung pengelolaan stok obat pada instalasi farmasi Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri. Pengguna sistem dibatasi pada peran petugas farmasi yang bertugas mengelola data obat, mencatat transaksi stok masuk dan keluar, mengunggah data pelatihan, serta menjalankan proses prediksi. Halaman login pada Gambar 2 berfungsi sebagai gerbang autentikasi pengguna sebelum mengakses fitur-fitur utama sistem, sedangkan Gambar 3 menunjukkan antarmuka dashboard yang menyajikan ringkasan kondisi stok secara real-time, termasuk jumlah obat dengan status Aman, Menipis, dan Perlu Restock.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)
Gambar 3. Halaman Login Sistem



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)
Gambar 4. Antarmuka Dashboard Sistem

Selain fitur autentikasi dan dashboard, sistem juga menyediakan menu Master Obat untuk mengelola data induk obat, menu Stok Masuk dan Stok Keluar untuk mencatat transaksi pergerakan obat beserta riwayatnya, menu Prediksi untuk mengunggah data pelatihan dan menjalankan

klasifikasi, serta menu Laporan untuk menampilkan ringkasan pergerakan stok. Basis data sistem dirancang dengan empat tabel utama, yaitu tabel users untuk autentikasi, tabel obat untuk data induk, tabel transaksi_obat untuk mencatat riwayat stok masuk dan keluar, serta tabel prediksi_stok untuk menyimpan hasil klasifikasi beserta nilai probabilitas tiap kelas, sehingga riwayat prediksi dapat digunakan kembali sebagai bahan evaluasi.

Implementasi Algoritma Naïve Bayes.

Model klasifikasi dibangun dari 38.681 data historis transaksi periode Januari–Oktober 2025 yang terbagi ke dalam tiga kelas, yaitu Aman sebanyak 23.574 data, Restock sebanyak 13.102 data, dan Menipis sebanyak 2.005 data. Probabilitas posterior tiap kelas pada dasarnya diperoleh dari hasil kali probabilitas prior dan probabilitas likelihood seperti dirumuskan pada Persamaan (1), sedangkan probabilitas prior tiap kelas k dihitung menggunakan Persamaan (2) dengan penerapan Laplace Smoothing untuk menghindari nilai probabilitas nol.

$$\text{Posterior}(C) \propto \text{Prior}(C) \times \text{Likelihood}(C) \quad (1)$$

$$P(C_k) = \frac{(n_k + 1)}{(N + K)} \quad (2)$$

Keterangan: n_k adalah jumlah data pada kelas k , N adalah total seluruh data pelatihan, dan K adalah jumlah kelas ($K = 3$). Berdasarkan Persamaan (2), diperoleh nilai prior $P(\text{Aman}) = 0,6093$; $P(\text{Restock}) = 0,3388$; dan $P(\text{Menipis}) = 0,0518$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar data historis stok obat berada pada kondisi Aman, sedangkan proporsi data dengan kategori Menipis relatif kecil.

Tahap selanjutnya adalah diskretisasi keempat fitur numerik (stok awal, stok masuk, stok keluar, stok akhir) ke dalam tiga bin berdasarkan standar prosedur operasional stok minimum rumah sakit (minimum = 10 satuan), yaitu Rendah (≤ 10), Sedang (11–20), dan Tinggi (> 20). Hasil distribusi frekuensi tiap bin terhadap masing-masing kelas ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Fitur Stok Obat berdasarkan Kategori

Fitur	Bin	Aman	Menipis	Restock
Stok Awal	Rendah	943	401	10.476
	Sedang	4.243	1.002	1.965
	Tinggi	18.388	602	661
Stok Masuk	Rendah	3.772	802	9.172

Fitur	Bin	Aman	Menipis	Restock
Stok Keluar	Sedang	12.966	1.203	3.275
	Tinggi	6.836	0	655
	Rendah	3.772	802	9.172
Stok Akhir	Sedang	12.966	1.203	3.275
	Tinggi	6.836	0	655
	Rendah	0	0	13.102
	Sedang	0	2.005	0
	Tinggi	23.574	0	0

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Probabilitas likelihood $P(\text{bin}|\text{C}_k)$ dihitung menggunakan Persamaan (3) dengan Laplace Smoothing untuk mencegah probabilitas nol pada kombinasi fitur yang tidak muncul pada data pelatihan.

$$P(\text{bin} | \text{C}_k) = (\text{nbin}, k + 1) / (\text{nk} + B) \quad (3)$$

Keterangan: nbin, k adalah jumlah data pada bin tertentu untuk kelas k , dan B adalah jumlah bin ($B = 4$). Nilai posterior tiap kelas dihitung sesuai Persamaan (4), kemudian kategori akhir ditentukan berdasarkan aturan argmax pada Persamaan (5).

$$P(\text{C}_k | X) \propto P(\text{C}_k) \times P(x_1 | \text{C}_k) \times P(x_2 | \text{C}_k) \times P(x_3 | \text{C}_k) \times P(x_4 | \text{C}_k) \quad (4)$$

$$\hat{Y} = \text{argmax} \{P(\text{Aman} | X), P(\text{Menipis} | X), P(\text{Restock} | X)\} \quad (5)$$

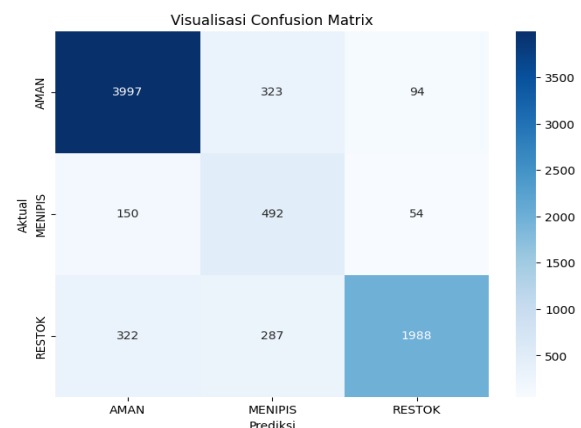
Evaluasi Performa Model.

Evaluasi dilakukan terhadap 7.707 data uji (20% dari total dataset). Confusion matrix hasil klasifikasi ditunjukkan pada Gambar 5 dan ringkasan metrik performa per kelas disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Metrik Performa Klasifikasi per Kelas

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
Aman	0,89	0,91	0,90	4.414
Menipis	0,45	0,71	0,55	696
Restock	0,93	0,77	0,84	2.597
Accuracy (overall)			0,84	7.707
Macro Avg	0,76	0,79	0,76	7.707
Weighted Avg	0,87	0,84	0,85	7.707

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 5. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi Naive Bayes

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 3, model Naive Bayes menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 84,04% pada data uji. Kelas Aman mencapai F1-score tertinggi (0,90) dengan recall 0,91, menunjukkan bahwa model sangat andal dalam mengidentifikasi obat yang kondisinya aman. Kelas Restock juga menunjukkan presisi yang tinggi (0,93) meskipun recall-nya lebih moderat (0,77), yang berarti ketika model memprediksi Restock, prediksi tersebut hampir selalu benar, namun terdapat sejumlah kasus Restock yang salah diklasifikasikan sebagai Aman (322 kasus) atau Menipis (287 kasus). Kelas Menipis memiliki F1-score paling rendah (0,55) dengan presisi 0,45, yang mengindikasikan bahwa kelas ini merupakan yang paling sulit diklasifikasikan.

Perbandingan Algoritma

Untuk memperkuat reliabilitas model, dilakukan 5-fold cross-validation yang menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 83,16% dengan standar deviasi 0,92% (rentang 81,41%-83,91%), membuktikan bahwa performa model stabil dan tidak overfit terhadap data latih tertentu. Analisis Penanganan Class Imbalance dengan SMOTE. Ketidakseimbangan kelas yang signifikan (Menipis hanya 9,03%) menjadi perhatian utama karena berpotensi menyebabkan model bias terhadap kelas mayoritas. Penerapan SMOTE pada data latih menghasilkan distribusi seimbang (17.655 sampel per kelas).

Setelah SMOTE, recall kelas Menipis meningkat dari 70,69% menjadi 77,87%, menunjukkan bahwa model menjadi lebih sensitif dalam mendeteksi kondisi stok menipis. Meskipun akurasi keseluruhan sedikit menurun dari 84,04% menjadi 83,20%, peningkatan recall kelas kritis ini lebih bernilai secara klinis karena kegagalan mendeteksi

stok menipis (false negative) berpotensi mengganggu ketersediaan obat bagi pasien.

Tabel 4. Perbandingan Algoritma

Algoritma	Akurasi	CV Mean (5-fold)	Presisi- wt	Recall-wt
Naive Bayes + Laplace Smoothing	84,04%	83,16% ± 0,92%	86,62%	84,04%
Decision Tree C4.5	87,43%	87,16% ± 0,47%	85,48%	87,43%
NB + Laplace + SMOTE	83,20%	79,76% ± 0,46%	88,63%	83,20%
DT C4.5 + SMOTE	86,75%	83,34% ± 0,39%	89,86%	86,75%

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

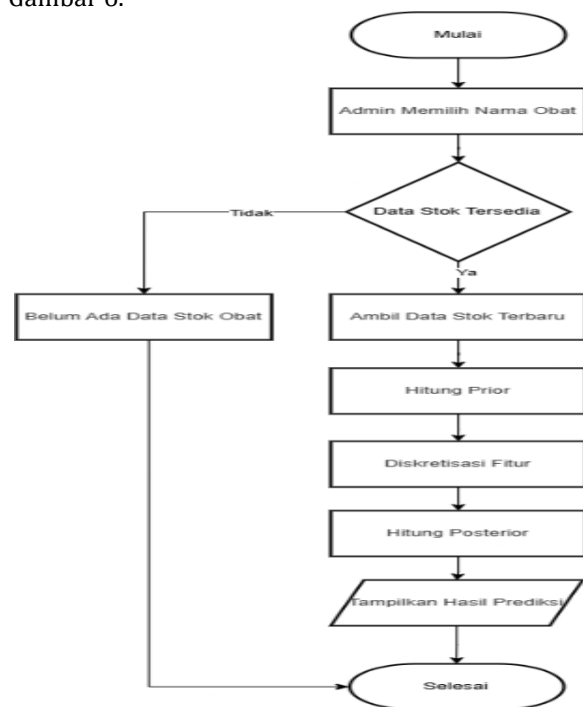
Tabel 4 menunjukkan bahwa perbandingan dilakukan antara Naive Bayes dengan Laplace Smoothing dan Decision Tree C4.5, menggunakan fitur dan kondisi yang identik. Dari sisi akurasi keseluruhan, Decision Tree mencapai 87,43% yang lebih tinggi dibanding Naive Bayes (84,04%). Namun, analisis per kelas mengungkapkan keunggulan fundamental Naive Bayes pada deteksi kelas kritis Menipis. Naive Bayes mencapai F1-score 54,73% dan recall 70,69% untuk kelas Menipis, yang berarti mampu mendeteksi sekitar 7 dari 10 kondisi stok menipis. Sebaliknya, Decision Tree hanya mencapai F1-score 25,23% dan recall 16,09% untuk kelas yang sama, artinya hanya mampu mendeteksi kurang dari 2 dari 10 kondisi stok menipis.

Perbedaan recall sebesar 54,60% ini sangat signifikan dalam konteks farmasi rumah sakit, di mana kegagalan mendeteksi stok menipis (false negative) dapat mengakibatkan kekosongan obat yang membahayakan keselamatan pasien. Selain keunggulan pada deteksi kelas kritis, Naive Bayes dengan Laplace Smoothing juga unggul pada dua dimensi penting lainnya. Pertama, efisiensi komputasi: Naive Bayes memiliki kompleksitas $O(n \cdot d)$ yang linier terhadap jumlah data dan fitur, lebih efisien dibanding Decision Tree $O(n \cdot d \cdot \log n)$ perbedaan yang signifikan untuk sistem yang harus memproses ribuan transaksi harian secara real-time. Kedua, interpretabilitas: Naive Bayes menghasilkan probabilitas posterior $P(\text{Aman}|x)$, $P(\text{Menipis}|x)$, $P(\text{Restok}|x)$ yang langsung dapat dibaca dan dipahami oleh petugas farmasi sebagai tingkat keyakinan prediksi, mendukung pengambilan keputusan yang lebih transparan dan akuntabel. Jika dibandingkan dengan penelitian sejenis, akurasi model penelitian ini (84,04%) konsisten dengan skala dataset yang jauh lebih besar (38.681 transaksi dari 1.122 jenis obat) dan

ketidakseimbangan kelas yang lebih ekstrem. Akurasi ini dikonfirmasi oleh cross-validation (83,16%) yang menunjukkan daya generalisasi yang konsisten dan dapat diandalkan.

Pengujian Sistem

Pengujian white box dengan teknik basis path dilakukan pada dua fitur utama, yaitu login dan prediksi Naive Bayes. Diagram alir proses prediksi yang menjadi dasar pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 6. Diagram Alir Proses Prediksi Naive Bayes

Hasil identifikasi flowgraph pada fitur login menghasilkan tujuh node dan tujuh edge sehingga diperoleh nilai cyclomatic complexity $V(G) = E - N + 2 = 7 - 7 + 2 = 2$, sedangkan pada fitur prediksi Naive Bayes diperoleh sepuluh node dan sepuluh edge dengan $V(G) = 10 - 10 + 2 = 2$. Nilai $V(G) = 2$ pada kedua fitur menunjukkan terdapat dua jalur independen yang harus diuji pada masing-masing fitur. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Pengujian White Box Testing

Fitur	Node	Edge	$V(G)$	Jml. Path	Hasil
Login	7	7	2	2	Berhasil
Prediksi NB	10	10	2	2	Berhasil

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Berdasarkan Tabel 5, seluruh jalur independen pada kedua fitur berhasil dieksekusi sesuai dengan rancangan logika program. Pada fitur Berdasarkan Tabel 3, seluruh jalur independen pada kedua fitur berhasil dieksekusi sesuai rancangan logika program, sehingga struktur internal sistem dinyatakan valid. Nilai $V(G) = 2$ menunjukkan bahwa masing-masing fungsi memiliki dua jalur eksekusi yang mungkin: pada fitur login, satu jalur untuk autentikasi berhasil dan satu jalur untuk autentikasi gagal; pada fitur prediksi, satu jalur untuk kondisi data tidak tersedia dan satu jalur untuk proses prediksi lengkap.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem informasi farmasi berbasis web yang mengintegrasikan algoritma Naive Bayes kategorikal dengan Laplace Smoothing sebagai mesin klasifikasi kondisi stok obat di Rumah Sakit Amal Sehat Wonogiri. Evaluasi pada 7.707 data uji menghasilkan akurasi 84,04% yang dikonfirmasi oleh 5-fold cross-validation (83,16%), membuktikan stabilitas dan daya generalisasi model. Eksperimen perbandingan dengan Decision Tree C4.5 membuktikan keunggulan fundamental Naive Bayes pada deteksi kelas kritis Menipis: F1-score 54,73% vs 25,23% dan recall 70,69% vs 16,09%, yang berarti Naive Bayes mampu mendeteksi 4,4 kali lebih banyak kondisi stok menipis dibanding Decision Tree. Keunggulan ini krusial dalam konteks farmasi karena meminimalkan risiko kekosongan obat yang dapat membahayakan keselamatan pasien. Penerapan SMOTE terbukti meningkatkan sensitivitas deteksi kelas Menipis (recall naik dari 70,69% menjadi 77,87%), memberikan fleksibilitas bagi operator dalam menyesuaikan strategi klasifikasi. Dari perspektif kontribusi ilmiah, penelitian ini mengisi kesenjangan literatur melalui: (1) bukti empiris bahwa Naive Bayes secara signifikan mengungguli Decision Tree dalam mendeteksi kelas kritis pada data farmasi dengan class imbalance, meskipun akurasi keseluruhan sedikit lebih rendah; (2) integrasi penanganan class imbalance berbasis SMOTE dalam sistem prediksi stok farmasi; dan (3) validasi struktural formal melalui white box testing yang mengonfirmasi seluruh jalur logika sistem berjalan valid. Secara praktis, sistem ini memberikan nilai tambah nyata bagi instalasi farmasi rumah sakit dalam mengotomatisasi deteksi kebutuhan restock, mengurangi risiko kekosongan stok kritis, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih transparan melalui output probabilitas posterior. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk

mengeksplorasi teknik oversampling adaptif seperti ADASYN, menambahkan fitur berbasis deret waktu untuk menangkap pola musiman konsumsi obat, serta mempertimbangkan threshold tuning pada probabilitas posterior untuk mengoptimalkan trade-off antara sensitivitas dan spesifisitas deteksi stok menipis.

REFERENSI

- Agustrino, M. A., & Widajantie, T. D. (2023). Faktor Kesalahan Pengelolaan Persediaan Medis Terhadap Perhitungan Beban Persediaan Medis Puskesmas X. *Jurnal Masyarakat Mengabdi Nusantara*, 2(4), 101–110. <https://doi.org/10.58374/jmmn.v2i4.216>
- Angraini, D., Novitri, A., & Irawan, B. (2025). Analisis Faktor Penyebab Stock Out Obat di Gudang Farmasi RSI Ibnu Sina Padang. *SEHATMAS: Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 307–321. <https://doi.org/10.55123/sehatmas.v4i1.3453>
- Erni, E., Kamarudin, & Windarsyah. (2025). Klasifikasi Stok Barang Menggunakan Naive Bayes Untuk Optimalisasi Persediaan Toko Ahmad Adam. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 5(2), 292–303. <https://doi.org/10.51903/juritek.v5i2.3918>
- Hidayat, N., & Hati, K. (2021). Penerapan Metode Rapid Application Development (RAD) dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Rapor Online (SIRALINE). *Jurnal Sistem Informasi*, 10(1), 8–17. <https://doi.org/10.51998/jsi.v10i1.352>
- Irawan, Y. H., Rostikarina, N. A., & Rahmawati, Y. (2024). Kajian Literatur Pengelolaan Obat Di Rumah Sakit. *ASSYIFA : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 2(2), 336–342. <https://doi.org/10.62085/ajk.v2i2.100>
- Nadhifa, A., Zakaria, M., & Irwansyah, D. (2022). Analisis Metode Abc (Always, Better, Control) Dan Eoq (Economic Order Quantity) Dalam Pengendalian Persediaan Obat Pada Klinik Vinca Rosea. *Industrial Engineering Journal*, 11(2). <https://doi.org/10.53912/iej.v11i2.945>
- Nurmaleni, & Masdalipa, R. (2025). Klasifikasi Data Penggunaan Obat Dengan Algoritma Naive Bayes Di Rumah Sakit Umum Daerah (Rsud) Kota Pagar Alam. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA[JUMIN]*, 6(2), 1169–1184. <https://doi.org/10.55338/jumin.v6i2.5470>
- Octavia, P. (2024). Implementasi Algoritma Naive Bayes Dalam Klasifikasi Produk-Produk Terlaris Article Info Abstrak. *JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*, 7(2), 411–

414. <https://doi.org/10.36085/jsai.v7i2.7280>
Pangestu, A. G., Fajaryanto C, A., & Prasetyo, A. (2025). Penerapan Algoritma Naive Bayes pada Pemilihan Jenis Pelatihan Kerja. *SenarFe7*, 7(1), 171–192. <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/758>
- Pratiwi, K. W., Supiyandi, & Lubis, A. H. (2024). Implementasi Data Mining Pada Persediaan Obat Di Apotek Ritonga Farma Menggunakan Algoritma Naive Bayes. *Journal of Science and Social Research*, 4307(1), 281–286.
- Pulungan, S. M., Febrianti, R., Lestari, T., Gurning, N., & Fitriana, N. (2023). Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram Dalam Perancangan Database. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis (JEMB)*, 1(2), 98–102. <https://doi.org/10.47233/jemb.v1i2.533>
- Putra, A. P., & Nuryasin, I. (2024). Pengujian Sistem Informasi Monitoring Dava Kebab Menggunakan White Box Testing Dengan Teknik Basis Path. *INFOTECH: Jurnal Informatika & Teknologi*, 5(1), 63–75. <https://doi.org/10.37373/infotech.v5i1.1147>
- Rasendah, R., & Andriani, H. (2025). Analisis Faktor Penyebab Stock Out Dan Stagnant Pada Pelayanan Farmasi Rumah Sakit Di Indonesia Serta Upaya Pencegahannya. *Jurnal Sosial Dan Sains*, 5(7), 3238–3245. <https://doi.org/10.59188/jurnalsosains.v5i7.32402>
- Ruhiyat, Y., & Nurfalalah, R. (2025). Implementasi Metode Rapid Application Development dan Pengujian Katalon Pada Aplikasi Laporan Barang Rusak. *INTI NUSA MANDIRI*, 19(2), 154–163.
- Sie, J. B. L., Izmy Alwiah Musdar, & Syamsul Bahri. (2022). Pengujian White Box Testing Terhadap Website Room Menggunakan Teknik Basis Path. *KHARISMA Tech*, 17(2), 45–57. <https://doi.org/10.55645/kharismatech.v17i2.235>
- Siregar, P. I., Andrianto, R., Irawan, R., Informasi, S., Teknologi, I., Padang, S., & Utara, L. (2024). Pengembangan Aplikasi Prediksi Stok Obat Berbasis Machine Learning Single Moving Average untuk Manajemen Persediaan (Studi Kasus: RSUD Gunung Tua). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8, 33467–33478.
- Sulistiyono, M., Pristyanto, Y., Adi, S., & Gumelar, G. (2021). Implementasi Algoritma Synthetic Minority Over-Sampling Technique untuk Menangani Ketidakseimbangan Kelas pada Dataset Klasifikasi. *Sistemasi*, 10(2), 445. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i2.1303>
- Supriadi, A., & Fatmasari. (2021). Implementasi Metode Klasifikasi Naive Bayes Pada Sistem Analisis Opini Pengguna Twitter Berbasis Web. *Jurnal Sistem Informasi*, 10(1), 46–54. <https://doi.org/10.51998/jsi.v10i1.356>
- Syahidah, P. N., Sariatmi, A., & Arso, S. P. (2024). Challenges and Implementation of Drug Inventory Control in Hospitals: Literature Review. *Eduvest - Journal of Universal Studies*, 4(11). <https://doi.org/10.59188/eduvest.v4i11.44768>
- Syarah, M. siti. (2022). Klasifikasi Penderita Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma Decision TreeC4.5. *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, 4(1), 8–15.
- Wahyudi, A., Ovelia Tampubolon, S., afrilia Putri, N., Ghassa, A., Rasywir, E., & Kisbianty, D. (2022). Penerapan Data Mining Algoritma Naive Bayes Clasifier Untuk Mengetahui Minat Beli Pelanggan Terhadap INDIHOME. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer(JAKAKOM)*, 2(2), 240–247. <https://doi.org/10.33998/jakakom.2022.2.2.111>