

Submit : 06 Juli 2024

# Analisis Kepuasan Pengguna Aplikasi Umsu Academy Menggunakan Metode Naïve Bayes

<sup>1</sup> Ade Ira Azzahra Simbolon, <sup>2</sup> Ferdy Riza

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

[adeiraazzahra28@gmail.com](mailto:adeiraazzahra28@gmail.com), [ferdyriza@umsu.ac.id](mailto:ferdyriza@umsu.ac.id)

## ABSTRAK

Transformasi digital dalam dunia pendidikan mendorong peningkatan kualitas sistem informasi akademik, khususnya melalui pemanfaatan aplikasi mobile. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengembangkan aplikasi UMSU Academy sebagai sarana pendukung administrasi akademik mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengklasifikasikan tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi tersebut menggunakan metode Naïve Bayes. Data diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang terdiri dari 25 indikator, dikelompokkan dalam lima variabel utama yaitu content, format, accuracy, timeliness, dan ease of use. Rata-rata dari indikator tersebut digunakan untuk menentukan kelas kepuasan pengguna. Sistem klasifikasi dibangun berbasis web menggunakan bahasa pemrograman Python dan framework Flask, serta dilengkapi dengan fitur input data, prediksi otomatis, evaluasi model, dan validasi perhitungan manual. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Naïve Bayes berhasil mengklasifikasikan tingkat kepuasan pengguna dengan tingkat akurasi sebesar 95,98%, serta divalidasi melalui perhitungan probabilitas posterior secara manual. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan evaluatif bagi pengembang dalam meningkatkan kualitas layanan akademik digital di lingkungan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

**Kata Kunci:** UMSU academy, kepuasan pengguna, naïve bayes, klasifikasi, sistem informasi akademik

## PENDAHULUAN

Dalam bidang pendidikan penggunaan teknologi sangat membantu dalam proses pembelajaran, salah satu contoh penggunaan teknologi dalam bidang pendidikan adalah menjadikan e-learning sebagai media untuk proses pembelajaran. Penggunaan e-learning dalam proses pembelajaran membantu mahasiswa dalam memahami materi ataupun pesan pembelajaran, tidak jarang beberapa universitas menggunakan e-learning sebagai sarana pembelajaran mahasiswa baik dalam jaringan atau luar jaringan yang disebut sebagai Hybrid Learning System. Dalam suatu universitas memiliki sistem informasi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas, dimulai dengan fungsional dan operasi administrasi. Sistem informasi sangat membantu dalam cakupan ilmu teknologi informasi dalam melakukan pekerjaan di berbagai bidang salah satu diantaranya seperti jadwal perkuliahan mahasiswa.

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara memiliki sebuah aplikasi sistem informasi akademik yang bernama UMSU Academy, sistem informasi akademik bertujuan untuk membantu perkuliahan mahasiswa. Sebelum adanya UMSU Academy, Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara memiliki aplikasi yang serupa dengan UMSU Academy yaitu UMSU Mobile. UMSU mobile melakukan pembaharuan dan evaluasi mengenai isi dan tampilan dari aplikasi tersebut, kini UMSU Mobile resmi berganti menjadi UMSU Academy. Aplikasi seperti sistem informasi akademik akan digunakan oleh mahasiswa dalam proses administrasi ataupun sebagai salah satu informasi

Kepuasan pengguna merupakan faktor krusial yang memengaruhi loyalitas dan keberhasilan implementasi sistem informasi. Penelitian ini menggunakan metode Naïve Bayes untuk mengukur dan mengklasifikasikan tingkat kepuasan pengguna, yang diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi developer dalam meningkatkan kualitas aplikasi.

Pada penelitian ini algoritma Naïve Bayes digunakan dalam menentukan kepuasan pengguna aplikasi UMSU Academy dengan melakukan klasifikasi tingkat kepuasan. Klasifikasi merupakan bentuk dari analisis data dengan menggunakan teknik untuk menentukan anggota kelompok berdasarkan data. Klasifikasi dengan menggunakan metode Naïve Bayes bertujuan untuk menentukan ataupun melihat akurasi data, untuk menentukan mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara merasa sangat tidak puas, tidak puas, cukup puas, puas dan sangat puas dalam penggunaan aplikasi UMSU Academy baik itu dari isi aplikasi maupun tampilan dari aplikasi tersebut.

Algoritma Naïve Bayes digunakan dalam menentukan kepuasan pengguna aplikasi UMSU Academy yang memiliki kendala dalam penerapan sistem atau terdapat permasalahan error pada laman yang di kunjungi, serta dapat di selesaikan dengan menentukan kepuasan pengguna yang apabila nantinya terdapat kendala pada aplikasi akan menjadi evaluasi untuk pihak developer. Dengan hasil akhir nilai akurasi kepuasan pengguna aplikasi UMSU Academy untuk mengetahui atau menentukan kepuasan mahasiswa terhadap penerapan sistem informasi akademik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berbasis mobile yang terdapat pada UMSU Academy.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Informasi Akademik

Sistem Informasi Akademik adalah sebuah sistem berbasis teknologi informasi yang dirancang untuk mengelola dan mengintegrasikan seluruh kegiatan akademik di lingkungan perguruan tinggi. Sistem ini mencakup pengelolaan data mahasiswa, dosen, mata kuliah, nilai, jadwal, dan berbagai aspek administrasi pendidikan lainnya secara terpadu dan terkomputerisasi.

Sistem informasi akademik bertujuan meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi administrasi pendidikan. Aplikasi mobile menjadi media yang efektif dalam menyediakan akses informasi akademik yang cepat dan mudah bagi mahasiswa. Dengan implementasi sistem ini, perguruan tinggi dapat mengotomatisasi proses-proses manual yang sebelumnya memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan, sehingga meningkatkan kualitas layanan pendidikan secara keseluruhan.

Sistem ini memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak. Bagi mahasiswa, sistem informasi akademik memudahkan akses informasi nilai, jadwal kuliah, pengisian KRS online, transkrip nilai, dan informasi akademik lainnya kapan saja dan dimana saja melalui perangkat mereka. Dosen dapat memanfaatkan sistem untuk mempermudah proses input nilai, pencatatan absensi, dan monitoring perkembangan mahasiswa secara real-time. Pihak administrasi mendapatkan keuntungan berupa pengurangan beban kerja manual, minimalisasi kesalahan data, dan percepatan proses pengolahan informasi. Sementara itu, institusi secara keseluruhan dapat meningkatkan kualitas layanan pendidikan dan memudahkan pengambilan keputusan strategis berdasarkan data yang akurat dan terkini.

Fitur-fitur utama yang umumnya tersedia dalam sistem informasi akademik meliputi registrasi dan pendaftaran mahasiswa baru, Kartu Rencana Studi (KRS) online, monitoring kehadiran dan absensi, pengelolaan nilai dan transkrip, penjadwalan perkuliahan, informasi pembayaran dan keuangan, sistem notifikasi dan pengumuman, evaluasi dosen oleh mahasiswa, portal dosen untuk pengelolaan kelas, serta pelaporan dan analitik akademik. Semua fitur ini terintegrasi dalam satu platform yang memudahkan pengguna untuk mengakses berbagai layanan akademik tanpa perlu berpindah-pindah sistem.

Aplikasi mobile memberikan nilai tambah yang signifikan dengan menyediakan fleksibilitas akses yang lebih tinggi dibandingkan sistem berbasis web desktop. Pengguna dapat tetap terhubung dengan informasi akademik melalui smartphone mereka, menerima notifikasi real-time tentang perubahan jadwal, pengumuman penting, atau update nilai, serta melakukan berbagai transaksi akademik dengan lebih praktis dan efisien. Kemudahan akses ini mendorong partisipasi aktif sivitas akademika dan meningkatkan responsivitas terhadap kebutuhan informasi yang mendesak.

### **Kepuasan Pengguna**

Kepuasan pengguna merupakan suatu keadaan yang diputuskan setelah seseorang melakukan pengalaman dalam menggunakan suatu produk atau layanan. Dalam konteks aplikasi, kepuasan pengguna menjadi faktor yang sangat penting karena dapat memengaruhi loyalitas pengguna terhadap sebuah aplikasi. Kepuasan pengguna sering kali digunakan sebagai bahan evaluasi bagi developer dalam mengembangkan sebuah sistem ataupun aplikasi. Secara sederhana, kepuasan pengguna dapat didefinisikan sebagai kondisi dimana pengguna merasa puas ketika menggunakan aplikasi atau sistem informasi yang dapat memenuhi keinginan atau ekspektasi mereka. Salah satu contohnya adalah kepuasan mahasiswa terhadap kualitas pendidikan yang diberikan oleh sebuah institusi, baik dari segi sistem informasi akademik maupun informasi seputar pendidikan lainnya. Pengguna akan merasa tidak puas jika ekspektasi yang diharapkan tidak sesuai dengan kenyataan, sebaliknya jika pengguna merasa puas maka kinerja yang dicapai telah melebihi ekspektasi mereka.

Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna dalam menggunakan sebuah aplikasi. Pertama, kemudahan penggunaan (usability) yang merujuk pada sejauh mana aplikasi tersebut mudah dipahami dan digunakan, dimana aplikasi dengan antarmuka intuitif, navigasi sederhana, dan instruksi yang jelas akan lebih memuaskan pengguna. Kedua, kinerja aplikasi (performance) yang melibatkan kecepatan aplikasi berjalan dan stabilitas sistem, termasuk waktu muat, responsivitas, dan seberapa jarang aplikasi mengalami crash atau masalah teknis. Ketiga, desain antarmuka pengguna (UI Design) yang menarik dan nyaman akan meningkatkan kepuasan pengguna, dimana desain yang bersih, responsif, dan estetis memberikan pengalaman yang lebih menyenangkan. Keempat, fungsionalitas aplikasi yang mengacu pada kemampuan aplikasi menjalankan tugas sesuai kebutuhan pengguna dengan efektif dan menyediakan fitur yang berguna serta mudah diakses.

Kelima, pengalaman pengguna (User Experience - UX) yang mencakup keseluruhan perasaan atau emosi pengguna saat berinteraksi dengan aplikasi, mulai dari antarmuka hingga interaksi sehari-hari. Keenam, keamanan dan privasi yang merujuk pada seberapa baik aplikasi melindungi data pribadi dan informasi pengguna melalui fitur seperti enkripsi data dan kebijakan privasi yang jelas. Ketujuh, dukungan pelanggan yang mencakup berbagai cara aplikasi membantu penggunanya saat menghadapi masalah, baik melalui FAQ, chat support, atau email. Kedelapan, keandalan dan stabilitas yang mengacu pada konsistensi dan kemampuan aplikasi berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi tanpa sering mengalami gangguan. Kesembilan, pembaruan dan perbaikan yang dilakukan secara teratur untuk menambahkan fitur baru atau memperbaiki bug menunjukkan bahwa pengembang peduli terhadap pengalaman pengguna. Kesepuluh, harga atau biaya aplikasi yang harus sesuai dengan nilai yang ditawarkan kepada pengguna.

Terdapat lima faktor utama yang mempengaruhi kepuasan pengguna, yaitu hubungan antara pengguna dengan sistem informasi, hubungan antara manajemen organisasi dengan sistem informasi, kualitas informasi yang diterima dari sistem, penyediaan layanan dari sistem informasi, serta fitur-fitur yang dimiliki oleh sistem informasi. Kesemua faktor ini saling berkaitan dan berkontribusi terhadap tingkat kepuasan pengguna secara keseluruhan, yang pada akhirnya akan menentukan keberhasilan dan keberlanjutan suatu aplikasi atau sistem informasi.

### **Algoritma Naïve Bayes**

Naïve Bayes adalah algoritma klasifikasi berbasis probabilitas yang menggunakan teorema Bayes dengan asumsi independensi antar fitur. Algoritma ini dinamakan "naïve" (naif) karena mengasumsikan bahwa setiap fitur atau atribut dalam dataset bersifat independen atau tidak saling mempengaruhi satu sama lain, meskipun dalam kenyataan asumsi ini jarang terjadi. Meskipun demikian, algoritma Naïve Bayes tetap menunjukkan performa yang sangat baik dalam berbagai aplikasi klasifikasi. Algoritma ini memiliki kelebihan dalam efisiensi komputasi, kemampuan menangani dataset besar, dan performa yang baik dengan data training terbatas.

Teorema Bayes yang menjadi dasar algoritma ini merupakan konsep probabilitas bersyarat yang digunakan untuk menghitung probabilitas suatu kejadian berdasarkan pengetahuan sebelumnya tentang kondisi yang terkait dengan kejadian tersebut. Dalam konteks machine learning, Naïve Bayes digunakan untuk memprediksi kategori atau kelas dari suatu data baru berdasarkan fitur-fitur yang dimilikinya dengan cara menghitung probabilitas data tersebut termasuk ke dalam setiap kelas yang ada, kemudian memilih kelas dengan probabilitas tertinggi sebagai hasil prediksi.

Rumus dasar Naïve Bayes dinyatakan sebagai  $P(C_k|X) = [P(C_k) \times \prod P(X_i|C_k)] / P(X)$ , dimana  $P(C_k|X)$  merupakan probabilitas posterior yang menunjukkan probabilitas kelas  $C_k$  setelah melihat data  $X$ ,  $P(C_k)$  adalah probabilitas prior yang menunjukkan probabilitas awal kelas  $C_k$  sebelum melihat data,  $P(X_i|C_k)$  adalah likelihood yang menunjukkan probabilitas fitur  $X_i$  muncul pada kelas  $C_k$ , dan  $P(X)$  adalah probabilitas total fitur  $X$  yang berfungsi sebagai normalisasi. Dalam praktiknya,  $P(X)$  sering diabaikan karena nilainya sama untuk semua kelas, sehingga perbandingan cukup dilakukan pada pembilang rumus saja.

Terdapat beberapa varian Naïve Bayes yang disesuaikan dengan jenis data yang digunakan. Gaussian Naïve Bayes digunakan untuk data kontinu yang mengikuti distribusi normal atau Gaussian, dengan asumsi bahwa fitur kontinu memiliki nilai yang terdistribusi normal. Multinomial Naïve Bayes cocok untuk data diskrit, terutama untuk klasifikasi teks atau dokumen dimana fitur merepresentasikan frekuensi kemunculan kata. Bernoulli Naïve Bayes digunakan untuk data biner yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai, seperti ada atau tidak ada, ya atau tidak, yang sering digunakan dalam klasifikasi dokumen dengan pendekatan keberadaan kata.

Kelebihan utama algoritma Naïve Bayes adalah kesederhanaan dan kecepatan dalam proses training dan prediksi, sehingga sangat efisien untuk dataset berukuran besar. Algoritma ini juga tidak memerlukan data training dalam jumlah besar untuk memberikan hasil yang baik, mampu menangani data dengan dimensi tinggi, dan tidak sensitif terhadap fitur yang tidak relevan. Selain itu, Naïve Bayes dapat menangani data yang hilang dengan baik dan memberikan estimasi probabilitas untuk setiap prediksi, bukan hanya label kelas saja. Namun, algoritma ini juga memiliki kelemahan, yaitu asumsi independensi antar fitur yang seringkali tidak realistis dalam data dunia nyata, serta performanya dapat menurun jika terdapat korelasi yang kuat antar fitur.

Algoritma Naïve Bayes banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti klasifikasi teks untuk spam filtering, analisis sentimen, dan kategorisasi dokumen. Dalam bidang medis, algoritma ini digunakan untuk diagnosis penyakit berdasarkan gejala yang ada. Di bidang e-commerce, Naïve Bayes dapat digunakan untuk sistem rekomendasi produk, sementara dalam analisis data sosial media, algoritma ini berguna untuk mendeteksi sentimen positif atau negatif dari komentar pengguna. Kemampuannya yang cepat dan akurat dalam menangani data kategorikal menjadikan Naïve Bayes sebagai salah satu algoritma klasifikasi yang paling populer dan banyak digunakan hingga saat ini.

## METODE PENELITIAN

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode klasifikasi menggunakan algoritma Naïve Bayes. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan kepada mahasiswa UMSU angkatan 2021 yang menggunakan aplikasi UMSU Academy.

## Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan 25 indikator yang dikelompokkan dalam lima variabel utama untuk mengukur kualitas dan kepuasan pengguna terhadap sistem informasi akademik. Kelima variabel utama tersebut dirancang untuk mencakup berbagai aspek penting yang mempengaruhi pengalaman pengguna secara komprehensif.

Variabel pertama adalah Content (C1-C5) yang berfokus pada kualitas konten atau isi informasi yang disajikan dalam sistem. Variabel ini mencakup lima indikator yaitu kesesuaian informasi dengan kebutuhan pengguna, kemudahan pemahaman informasi yang disajikan, kelengkapan informasi yang tersedia, kejelasan penyampaian informasi, serta pembaruan informasi yang dilakukan secara berkala. Variabel content sangat penting karena konten yang berkualitas akan menentukan seberapa efektif sistem dapat memenuhi kebutuhan informasi pengguna.

Variabel kedua adalah Format (F1-F5) yang mengukur aspek visual dan estetika tampilan sistem. Indikator dalam variabel ini meliputi desain warna yang menarik dan nyaman dipandang, tata letak yang terorganisir dengan baik, struktur menu yang logis dan mudah dipahami, pemilihan jenis dan ukuran font yang tepat, serta penggunaan bahasa yang sesuai dengan pengguna. Format yang baik akan meningkatkan kenyamanan visual dan memudahkan pengguna dalam berinteraksi dengan sistem.

Variabel ketiga adalah Accuracy (A1-A5) yang berfokus pada aspek keakuratan dan keandalan sistem. Variabel ini mencakup indikator kebenaran informasi yang disajikan, kesesuaian antara halaman dengan fungsinya, keamanan data dan privasi pengguna, minimnya error atau kesalahan sistem yang terjadi, serta kepatuhan terhadap standar operasi yang berlaku. Akurasi merupakan faktor krusial karena informasi yang tidak akurat dapat menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan dan menurunkan kepercayaan pengguna terhadap sistem.

Variabel keempat adalah Timeliness (T1-T5) yang mengukur aspek ketepatan waktu dalam penyediaan informasi dan layanan. Indikator yang termasuk dalam variabel ini adalah kecepatan akses sistem, frekuensi pembaruan informasi yang dilakukan secara berkala, penyajian informasi yang tepat waktu sesuai kebutuhan, kecepatan dalam proses input data, serta kecepatan download atau pengunduhan data dan dokumen. Ketepatan waktu sangat penting karena informasi yang terlambat disajikan dapat kehilangan nilai dan relevansinya bagi pengguna.

Variabel kelima adalah Ease of Use (E1-E5) yang mengukur kemudahan penggunaan sistem secara keseluruhan. Variabel ini mencakup indikator kenyamanan penggunaan sistem, aksesibilitas atau kemudahan dalam mengakses berbagai fitur, keberadaan peringatan error yang informatif untuk membantu pengguna mengatasi masalah, kecepatan loading halaman atau tampilan, serta struktur informasi yang terorganisir dengan baik. Kemudahan penggunaan menjadi faktor penentu apakah pengguna akan terus menggunakan sistem atau mencari alternatif lain yang lebih user-friendly. Kelima variabel ini saling berkaitan dan secara bersama-sama memberikan gambaran menyeluruh tentang kualitas sistem informasi akademik dari perspektif pengguna.

## Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari 1.092 responden mahasiswa UMSU menggunakan kuesioner dengan skala Likert (1-5). Data kemudian dibagi menjadi 80% data training (873 data) dan 20% data testing (219 data) dengan random state 42.

## Implementasi Sistem

Sistem klasifikasi kepuasan pengguna terhadap aplikasi sistem informasi akademik dibangun menggunakan berbagai tools dan teknologi yang terintegrasi untuk menghasilkan sistem yang efektif dan efisien. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembangunan sistem ini adalah Python, yang dipilih karena kemampuannya dalam pengolahan data dan machine learning yang sangat powerful serta memiliki ekosistem library yang lengkap. Untuk pengembangan antarmuka web, sistem ini menggunakan framework Flask yang merupakan micro web framework berbasis Python yang ringan, fleksibel, dan mudah dikembangkan, sehingga memungkinkan pengembangan aplikasi web yang cepat dan sederhana namun tetap powerful.

Proses pengembangan sistem dilakukan menggunakan Visual Studio Code sebagai integrated development environment (IDE) utama yang menyediakan berbagai fitur pendukung seperti syntax highlighting, debugging, dan extension yang memudahkan proses coding. Untuk implementasi algoritma machine learning dan pengolahan data, sistem ini memanfaatkan beberapa library Python yang powerful, yaitu scikit-learn untuk implementasi algoritma Naïve Bayes dan evaluasi model, pandas untuk manipulasi dan analisis data dalam bentuk dataframe, serta numpy untuk operasi numerik dan komputasi matematika yang efisien.

Sistem yang dibangun memiliki lima menu utama yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem secara keseluruhan. Menu pertama adalah Dashboard yang menampilkan ringkasan informasi dan visualisasi data secara umum. Menu kedua adalah Dataset yang berfungsi untuk mengelola dan menampilkan data yang akan digunakan dalam proses klasifikasi. Menu ketiga adalah Initial Process yang menangani tahapan preprocessing data dan pembagian dataset menjadi data training dan testing. Menu keempat adalah Performance yang menampilkan hasil evaluasi model berupa akurasi, precision, recall, dan confusion matrix untuk mengukur performa algoritma Naïve Bayes. Menu kelima adalah Predict yang berfungsi untuk melakukan prediksi kepuasan pengguna berdasarkan input data baru menggunakan model yang telah dilatih. Kelima menu ini dirancang dengan user interface yang intuitif sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan seluruh fungsi sistem klasifikasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Distribusi Data Kepuasan Pengguna

Tabel 4.1 Distribusi Data Kepuasan Pengguna

Kategori Kepuasan	Jumlah Responden	Persentase
Sangat Puas	238	21,79%
Puas	409	37,45%
Cukup Puas	160	14,65%
Tidak Puas	144	13,19%
Sangat Tidak Puas	141	12,91%
<b>Total</b>	<b>1.092</b>	<b>100%</b>

## Ringkasan Distribusi

Tabel 4.2 Ringkasam Distribusi

Kategori	Jumlah	Persentase
Responden Puas (Sangat Puas + Puas)	647	59,24%
Responden Cukup Puas	160	14,65%
Responden Tidak Puas (Tidak Puas + Sangat Tidak Puas)	285	26,10%
<b>Total</b>	<b>1.092</b>	<b>100%</b>

## Evaluasi Model

Model Naïve Bayes menghasilkan performa sebagai berikut:

Tabel 4.3 Evaluasi Performa Model Naïve Bayes

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
Sangat Puas	1,0000	0,9524	0,9756	42
Puas	0,9701	0,9155	0,9420	71
Cukup Puas	0,8800	1,0000	0,9362	44
Tidak Puas	0,9688	1,0000	0,9841	31
Sangat Tidak Puas	1,0000	0,9677	0,9836	31

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Naïve Bayes efektif dalam mengklasifikasikan kepuasan pengguna aplikasi UMSU Academy dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi mencapai 95,89%. Nilai akurasi ini mengindikasikan bahwa model mampu memprediksi dengan sangat baik pada berbagai kategori kepuasan, baik kelas mayoritas maupun minoritas, yang membuktikan bahwa algoritma Naïve Bayes sangat sesuai untuk diterapkan dalam kasus klasifikasi kepuasan pengguna sistem informasi akademik. Tingginya akurasi ini menunjukkan bahwa fitur-fitur yang digunakan dalam penelitian, yang terdiri dari lima variabel utama yaitu Content, Format, Accuracy, Timeliness, dan Ease of Use dengan total 25 indikator, mampu merepresentasikan karakteristik kepuasan pengguna dengan sangat baik dan memberikan informasi yang cukup bagi model untuk melakukan klasifikasi secara akurat.

Performa yang tinggi pada kelas "Cukup Puas", "Tidak Puas", dan "Sangat Tidak Puas" dengan nilai recall sempurna mencapai 1,0000 menunjukkan bahwa model tidak bias terhadap kelas mayoritas, melainkan mampu mengenali pola pada seluruh kategori dengan baik. Hal ini sangat penting karena dalam kasus klasifikasi dengan distribusi data yang tidak seimbang, model sering kali cenderung bias terhadap kelas mayoritas dan mengabaikan kelas minoritas. Kemampuan model dalam mendeteksi pengguna yang tidak puas dengan sempurna sangat bermanfaat bagi institusi untuk segera mengidentifikasi dan menangani masalah yang ada sebelum berdampak lebih luas pada kepuasan pengguna secara keseluruhan. Hasil ini memvalidasi bahwa algoritma Naïve Bayes dengan preprocessing data yang tepat dan pemilihan fitur yang sesuai mampu mengatasi masalah ketidakseimbangan kelas dan memberikan prediksi yang reliable untuk semua kategori kepuasan pengguna.

Berdasarkan distribusi data yang diperoleh dari 1.092 responden, 59,24% pengguna merasa puas atau sangat puas dengan aplikasi UMSU Academy, yang menunjukkan bahwa

secara umum aplikasi telah memberikan layanan yang cukup memuaskan bagi mayoritas pengguna. Pencapaian tingkat kepuasan di atas 50% ini merupakan indikator positif yang menunjukkan bahwa sistem informasi akademik yang ada telah memenuhi ekspektasi sebagian besar mahasiswa dalam mendukung kegiatan akademik mereka. Namun, masih terdapat 26,10% pengguna yang merasa tidak puas atau sangat tidak puas, yang mengindikasikan perlunya perbaikan pada beberapa aspek aplikasi untuk meningkatkan kepuasan pengguna secara keseluruhan. Selain itu, 14,65% pengguna berada dalam kategori cukup puas, yang berarti mereka memiliki potensi untuk pindah ke kategori puas jika dilakukan perbaikan yang tepat pada aspek-aspek yang menjadi perhatian mereka.

Berdasarkan analisis terhadap feedback dan evaluasi pengguna, terdapat beberapa fitur yang perlu mendapat perhatian khusus untuk meningkatkan kepuasan pengguna. Pertama, kecepatan loading dan performa aplikasi perlu ditingkatkan karena aplikasi yang lambat dan tidak responsif dapat menurunkan pengalaman pengguna secara signifikan, terutama ketika mereka membutuhkan akses informasi yang cepat. Kedua, kelengkapan dan kejelasan informasi akademik harus diperbaiki agar mahasiswa dapat dengan mudah menemukan informasi yang mereka butuhkan tanpa mengalami kebingungan atau kesulitan dalam memahami konten yang disajikan. Ketiga, stabilitas sistem untuk mengurangi error perlu menjadi prioritas karena error yang sering terjadi dapat mengganggu aktivitas akademik mahasiswa dan menurunkan kepercayaan mereka terhadap sistem. Perbaikan pada ketiga aspek ini diharapkan dapat meningkatkan persentase pengguna yang puas dan mengurangi jumlah pengguna yang tidak puas, sehingga aplikasi UMSU Academy dapat memberikan layanan yang lebih optimal dan mendukung efektivitas proses pembelajaran.

Penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode serupa dengan akurasi 89% pada klasifikasi kepuasan pengguna Google Classroom. Perbedaan akurasi sebesar 6,89% ini menunjukkan bahwa kualitas data dan pemilihan fitur yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa model klasifikasi. Dalam penelitian ini, penggunaan 25 indikator yang dikelompokkan dalam lima variabel utama yang komprehensif memungkinkan model untuk menangkap berbagai aspek kepuasan pengguna secara lebih detail dan akurat. Selain itu, proses preprocessing data yang baik, termasuk pembagian dataset dengan proporsi 80:20 dan penggunaan random state yang konsisten, juga berkontribusi terhadap stabilitas dan reliabilitas model. Hasil perbandingan ini menegaskan bahwa meskipun algoritma yang digunakan sama, implementasi yang cermat dalam hal persiapan data, pemilihan fitur, dan tuning parameter dapat menghasilkan perbedaan performa yang signifikan. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi penelitian selanjutnya dalam menunjukkan bahwa fokus pada kualitas data dan pemilihan fitur yang relevan sama pentingnya dengan pemilihan algoritma itu sendiri dalam menghasilkan model klasifikasi yang akurat dan reliable.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa algoritma Naïve Bayes sangat efektif dalam mengklasifikasikan tingkat kepuasan pengguna aplikasi UMSU Academy dengan akurasi yang sangat tinggi mencapai 95,89%, serta menunjukkan performa yang konsisten pada seluruh kategori kepuasan dengan nilai macro average precision 96,37%, recall 96,71%, dan F1-score 96,43%. Berdasarkan hasil analisis, mayoritas pengguna sebesar 59,24% merasa puas atau sangat puas dengan aplikasi, namun masih terdapat ruang perbaikan untuk meningkatkan kepuasan kelompok pengguna yang merasa tidak puas, dan

sistem berbasis web yang dikembangkan dapat digunakan sebagai tools evaluasi berkelanjutan untuk monitoring kepuasan pengguna. Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan kepada pengembang aplikasi untuk fokus pada peningkatan kecepatan loading, stabilitas sistem, dan kelengkapan informasi akademik, sementara untuk penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk memperluas cakupan responden ke berbagai angkatan dan program studi, melakukan perbandingan dengan algoritma klasifikasi lain seperti Decision Tree atau Support Vector Machine, serta mengimplementasikan metode ensemble untuk meningkatkan akurasi prediksi, dan bagi universitas disarankan untuk melakukan sosialisasi dan pelatihan berkelanjutan kepada mahasiswa mengenai penggunaan optimal fitur-fitur aplikasi agar dapat memaksimalkan manfaat sistem informasi akademik yang tersedia.

## REFERENSI

- Afrianto, I., Heryandi, A., Finadhita, A., & Atin, S. (2021). Work From Home Program. *International Journal of Information System & Technology Akreditasi*, 5(3), 270–280. <https://tt-el.my.id/>.
- Ahmad, & Muslimah. (2021). Memahami Teknik Pengolahan dan Analisis Data Kualitatif. *Proceedings*, 1(1), 173–186.
- Bisono, A.T., & Zulherry, A. (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 4 (2), 183-193
- Aulia, S. (2021). Klasterisasi Pola Penjualan Pestisida Menggunakan Metode K-Means Clustering (Studi Kasus Di Toko Juanda Tani Kecamatan Hutabayu Raja). *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v1i1.964>
- Azis, H., Tangguh Admojo, F., & Susanti, E. (2020). Analisis Perbandingan Performa Metode Klasifikasi pada Dataset Multiclass Citra Busur Panah Performance Comparison Analysis of Classification Methods on the Multiclass Dataset of Bows. In *Agustus* (Vol. 19, Issue 3).
- Chan, V. H. Y., Chiu, D. K. W., & Ho, K. K. W. (2022). Mediating effects on the relationship between perceived service quality and public library app loyalty during the COVID-19 era. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2022.102960>
- Chen, H., Hu, S., Hua, R., & Zhao, X. (2021). Improved naive Bayes classification algorithm for traffic risk management. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, 2021(1). <https://doi.org/10.1186/s13634-021-00742-6>
- Basri, M., & Zulherry, A. (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhammadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam* 5 (1)
- Criollo-C, S., Guerrero-Arias, A., Jaramillo-Alcázar, Á., & Luján-Mora, S. (2021). Mobile learning technologies for education: Benefits and pending issues. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(9). <https://doi.org/10.3390/app11094111>
- Dari, W., & Elen Tania Hanayah. (2023). Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Aplikasi Ojek Online Dengan Metode Naive Bayes. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(1), 221–232. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i1.1693>

- Ichsan, A., Zulherry, A., Lubis, T.A., & Shahnaz, B.A.Z. (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 2 (1)
- Erlich, Z., & Zviran, M. (2003). Measuring IS User Satisfaction: Review and Implications. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 81–103.
- Fakhrudin, A. M., Putri, L. O., Rizqi, P., Sudirman, A. T., Annisa, R. N., Khalda, R., As, B., Studi, P., Guru, P., & Dasar, S. (2022). Efektivitas LMS (Learning Management System) untuk Mengelola Pembelajaran Jarak Jauh pada Satuan Pendidikan.
- Febriani, S. (2022). Analisis Data Hasil Diagnosa Untuk Klasifikasi Gangguan Kepribadian Menggunakan Algoritma C4.5 Siska Febriani Sistem Informasi \* ) Rohmansyah@gmail.com. 2(9), 1–9.
- Zulherry, A. (2023) Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)* 6 (3), 155-159
- Firdaus, D. (2017). Penggunaan Data mining dalam kegiatan pembelajaran. *Jurnal Format* Volume 6 Nomor 2 Tahun 2017, 6(2), 91–97.
- Hendrian, S. (2018). Algoritma Klasifikasi Data Mining Untuk Memprediksi Siswa Dalam Memperoleh Bantuan Dana Pendidikan. *Faktor Exacta*, 11(3), 266–274. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v11i3.2777>
- Kamil, M., & Cholil, W. (2020). Analisis Perbandingan Algoritma C4.5 dan Naive Bayes pada Lulusan Tepat Waktu Mahasiswa di Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang. *Jurnal Informatika*, 7(2), 97–106. <https://doi.org/10.31294/ji.v7i2.7723>
- Zulherry, A., Siregar, F.A., Gultom, Z.A., & Raihan, E.A. (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Science Research* 3 (5), 357-363
- Kinanti, N., Putri, A., & Dwi, A. (2021). Penerapan PIECES Framework sebagai Evaluasi Tingkat Kepuasan Mahasiswa terhadap Penggunaan Sistem Informasi Akademik Terpadu (SIKADU) pada Universitas Negeri Surabaya. *JEISBI*, 02. <https://siakadu.unesa.ac.id>
- Larasati, I., Yusril, A. N., & Zukri, P. Al. (2021). Systematic Literature Review Analisis Metode Agile Dalam Pengembangan Aplikasi Mobile. *Sistemasi*, 10(2), 369. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i2.1237>
- Lattu, A., Sihabuddin, & Jatmika, W. (2022). 115-Article Text-391-1-10-20220210. *JURNAL RISET SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI (JURSIKTEKNI)*, Vol 4 No 1, 39 – 50.
- Zulherry, A., Gunawan, T.S., & Wanayumini, W. (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2021
- Li, Q., Li, Z., & Han, J. (2021). A hybrid learning pedagogy for surmounting the challenges of the COVID-19 pandemic in the performing arts education. *Education and Information Technologies*, 26(6), 7635–7655. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10612-1>
- Lukman Santoso, & Juni Amanullah. (2022). Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Website Menggunakan Metode Rapid Application Development (Rad). *Elkom: Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 15(2), 250–259. <https://doi.org/10.51903/elkom.v15i2.943>

- Normah, Rifai, B., Vambudi, S., & Maulana, R. (2022). Analisa Sentimen Perkembangan Vtuber Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis SMOTE. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 8(2), 174–180. <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>
- Nurohman, & Nurhayati. (2021). NUROHMAN & NURHAYATI ACADEMIC INFORMATION SYSTEM USER SATISFACTION MODEL USING TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM) WITH END USER COMPUTING SATISFACTION (EUCS) MODIFICATION.
- Oman Sumantri, S. R. G. W. S. (2015). 102820. 67, 1–7.
- Panggabean, D. S. O., Buulolo, E., & Silalahi, N. (2020). Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Pemesanan Bibit Pohon Dengan Regresi Linear Berganda. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 7(1), 56. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i1.1947>
- Parras-Burgos, D., Fernández-Pacheco, D. G., Barbosa, T. P., Soler-Méndez, M., & Molina-Martínez, J. M. (2020). An augmented reality tool for teaching application in the agronomy domain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103632>
- Perez, J. G., & Perez, E. S. (2021). Predicting Student Program Completion Using Naïve Bayes Classification Algorithm. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 13(3), 57–67. <https://doi.org/10.5815/IJMECS.2021.03.05>
- Pidie, B. K. (2023). *Jurnal administrasi dan sosial sains*. 2(September), 44–51.
- Prasetyo Utomo, A., & Mariana, N. (2023). Evaluasi Keberhasilan Sistem Informasi Universitas. 10(1), 565–579. <http://jurnal.mdp.ac.id>
- Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. *Proceeding International Seminar on Islamic Studies 5 (1)*, 1668-1676
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. 2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 486-491
- Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 1-4
- Putro, H. F., Vlandari, R. T., & Saptomo, W. L. Y. (2020). Penerapan Metode Naive Bayes Untuk Klasifikasi Pelanggan. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIKomsin)*, 8(2). <https://doi.org/10.30646/tikomsin.v8i2.500>
- Putry, N. M. (2022). Komparasi Algoritma Knn Dan Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus. *EVOLUSI : Jurnal Sains Dan Manajemen*, 10(1). <https://doi.org/10.31294/evolusi.v10i1.12514>
- Rahmi, A. N., & Mikola, Y. A. (2021). Implementasi Algoritma Apriori Untuk Menentukan Pola Pembelian Pada Customer (Studi Kasus: Toko Bakoel Sembako). *Information System Journal*, 4(1), 14–19. <https://jurnal.amikom.ac.id/index.php/infos/article/view/561>
- Rais, Z., Hakiki, F. T. T., & Aprianti, R. (2022). Sentiment Analysis of Peduli Lindungi Application Using the Naive Bayes Method. *SAINSMAT: Journal of Applied Sciences, Mathematics, and Its Education*, 11(1), 23–29. <https://doi.org/10.35877/sainsmat794>

- Ramadhani, A. A., Saputra, R. A., & Ningrum, I. P. (2024). Klasifikasi Tingkat Kepuasan Pengguna Google Classroom dalam Pembelajaran Online Menggunakan Algoritma Naïve Bayes. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 8(2), 310. <https://doi.org/10.26798/jiko.v8i2.1221>
- Randi Rian Putra<sup>1</sup>, C. W. (2018). Implementasi Data Mining Pemilihan Pelanggan Potensial Menggunakan Algoritma K Means. 1(1).
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A, Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 402-412
- Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 128-135
- Razak, N., & Nasution, J. (2022). Analisis Efektivitas Penatausahaan Barang Milik Negara Melalui Aplikasi SIMAK-BMN. *ALEXANDRIA (Journal of Economics, Business, & Entrepreneurship)*, 3(2), 39–41. <https://doi.org/10.29303/alexandria.v3i2.177>
- Rinanda, P. D., Delvika, B., Nurhidayarnis, S., Abror, N., & Hidayat, A. (2022). Perbandingan Klasifikasi Antara Naive Bayes dan K-Nearest Neighbor Terhadap Resiko Diabetes pada Ibu Hamil. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 2(2), 68–75. <https://doi.org/10.57152/malcom.v2i2.432>
- Rizky Fadilla, A., & Ayu Wulandari, P. (2023). Literature Review Analisis Data Kualitatif: Tahap Pengumpulan Data. *Mitita Jurnal Penelitian*, 1(No 3), 34–46.
- S Willermark, N Pantic, H. P. (2021). Subjectively Experienced Time and User Satisfaction: An Experimental Study of Progress Indicator Design in Mobile Application. <https://hdl.handle.net/10125/71160>
- Sajiatmojo, A., Negeri, S., & Selor, T. (2021). PENGGUNAAN E-LEARNING PADA PROSES PEMBELAJARAN DARING. 1(3), 229.
- Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (1), 331-338
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 2 (1), 139-144
- Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 156-163
- Setiawan, H., & Novita, D. (2021). Analisis Kepuasan Pengguna Aplikasi KAI Access Sebagai Media Pemesanan Tiket Kereta Api Menggunakan Metode EUCS. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi*, 2(2), 162–175. <https://doi.org/10.35957/jtsi.v2i2.1375>
- Sholeh, M., Nurnawati, E. K., & Lestari, U. (2023). Penerapan Data Mining dengan Metode Regresi Linear untuk Memprediksi Data Nilai Hasil Ujian Menggunakan

- RapidMiner. JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga), 8(1), 10–21. <https://doi.org/10.14421/jiska.2023.8.1.10-21>
- Sinaga, S., Sembiring, R. W., & Sumarno, S. (2022). Penerapan Algoritma Naive Bayes untuk Klasifikasi Prediksi Penerimaan Siswa Baru. *Journal of Machine ...*, 1(1), 55–64. <https://journal.fkpt.org/index.php/malda/article/view/162%0Ahttps://journal.fkpt.org/index.php/malda/article/download/162/115>
- Sobral, S. R. (2020). Mobile learning in higher education: A bibliometric review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(11), 153–170. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i11.13973>
- Sudipa, I. G. I., Asana, I. M. D. P., Atmaja, K. J., Santika, P. P., & Setiawan, D. (2023). Analisis Data Kepuasan Pengguna Layanan E-Wallet Gopay Menggunakan Metode Naïve Bayes Classifier Algorithm. *Kesatria : Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer Dan Manajemen)*, 4(3), 726–735. <https://tunasbangsa.ac.id/pkm/index.php/kesatria/article/view/219%0Ahttps://tunasbangsa.ac.id/pkm/index.php/kesatria/article/download/219/218>
- Suwandi, S. (2022). Analisis Data Research dan Development Pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education El Madani*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.55438/jiee.v1i1.11>
- Wahyu, A., & Rushenda. (2022). Klasterisasi Dampak Bencana Gempa Bumi. *JEPIN (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika)*, 8(1), 175–179. <https://doi.org/10.26418/jp.v8i1>
- Widyadara, M. A. D., & Irawan, R. H. (2019). Implementasi Metode Naïve Bayes dalam Penentuan Tingkat Kesejahteraan Keluarga. *RESEARCH : Computer, Information System & Technology Management*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.25273/research.v2i1.4259>
- Wijayanto, C., & Susetyo, Y. A. (2022). IMPLEMENTASI FLASK FRAMEWORK PADA PEMBANGUNAN APLIKASI SISTEM INFORMASI HELPDESK (SIH).
- Wu, W. T., Li, Y. J., Feng, A. Z., Li, L., Huang, T., Xu, A. D., & Lyu, J. (2021). Data mining in clinical big data: the frequently used databases, steps, and methodological models. *Military Medical Research*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40779-021-00338-z>
- Zai, C. (2022). Implementasi Data Mining Sebagai Pengolahan Data. *Jurnal Portal Data*, 2(3), 1–12. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/107>
- Indah Purnama Sari. *Algoritma dan Pemrograman*. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- Andi Zulherry, Muhammad Basri, Muhammad Haris, Ferdy Riza, Zuli Agustina Gultom, Farid Akbar Siregar, Okvi Nugroho, Mahardika Abdi Prawira Tanjung. *Komunikasi Data dan Jaringan Komputer*. Medan: UMSU Press, 2025, pp. 202.