



Analisis Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap E-Learning Universitas Nurul Huda Menggunakan Algoritma C4.5

Miftakhul Rahman^{1*}, Pandu Dimas Pratama², Rafisyah Lutfi Hanif³,
Wardianto⁴, Thoha Firdaus⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Universitas Nurul Huda, Indonesia

⁵Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Nurul Huda, Indonesia

*Correspondence: E-mail: miftakhulr@student.unuha.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi sistem pendidikan, termasuk penerapan e-learning di Universitas Nurul Huda. Namun, efektivitas sistem ini bergantung pada tingkat kepuasan mahasiswa sebagai pengguna utama. Penelitian ini berupaya mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berdampak pada kepuasan mahasiswa dalam menggunakan e-learning UNUHA dengan memanfaatkan algoritma C4.5 yang dilandasi model SERVQUAL. Studi ini menerapkan metode kuantitatif dengan menggunakan survei berupa kuesioner yang disebarluaskan kepada 125 responden mahasiswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa atribut "penguasaan dosen terhadap materi dan teknologi pembelajaran" (AS3) menjadi faktor paling berpengaruh dengan gain ratio tertinggi (0,312723), diikuti oleh "personalisasi pembelajaran" (EP1) (0,309469). Model klasifikasi yang dihasilkan mencapai akurasi 84% dengan F1-score seimbang (Puas: 0,86; Tidak Puas: 0,82) dan konsistensi tinggi (F1-Macro 0,91 pada validasi silang). Temuan ini menegaskan pentingnya peningkatan kompetensi dosen dalam teknologi pembelajaran dan pengembangan fitur personalisasi sistem untuk meningkatkan kualitas e-learning. Penelitian ini memberikan rekomendasi strategis bagi institusi dalam mengoptimalkan layanan e-learning berbasis kebutuhan pengguna.

Artikel Info

Article History:

Submitted/Received:

08/05/2025

First Revised: /12/05/2025

Accepted: 16/05/2025

Publication Date: 30/05/2025

Kata Kunci:

Algoritma C4.5, E-Learning, Kepuasan Mahasiswa, SERVQUAL, Analisis.



Copyright (c) 2025. Miftakhul Rahman, Pandu Dimas Pratama, Rafisyah Lutfi Hanif, Wardianto, Thoha Firdaus

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah paradigma pendidikan tinggi, dengan transformasi digital menjadi pergeseran komprehensif dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam semua aspek operasional organisasi untuk meningkatkan efisiensi, penyampaian layanan, dan hasil secara keseluruhan (Nashrullah et al., 2025). Gerakan ini telah menjadi kebutuhan strategis untuk menarik dan mempertahankan mahasiswa serta staf berkualitas, mendapatkan pendanaan, dan berinovasi.

Dalam konteks transformasi digital ini, e-learning menjadi komponen integral dalam proses pembelajaran modern (Arika, 2023). E-learning didefinisikan sebagai penyampaian materi pembelajaran melalui platform elektronik seperti komputer atau perangkat mobile (Sediyono et al., 2022). E-learning meningkatkan akses pendidikan, literasi teknologi, serta pembelajaran sepanjang hayat dan menawarkan fleksibilitas dan aksesibilitas yang mendukung pembelajaran baik secara daring maupun sebagai pendukung pembelajaran tatap muka (Triandika et al., 2021). Adopsi strategis e-learning bertujuan membina lingkungan belajar yang terbuka, fleksibel, dan beragam (Risti, 2025) yang berpusat pada peserta didik, interaktif, dan adaptif (Rachman et al., 2023).

Universitas Nurul Huda (UNUHA) telah mengadopsi sistem e-learning sebagai platform utama untuk mendistribusikan materi, mengelola tugas, memfasilitasi diskusi, dan mengevaluasi pembelajaran. Meskipun demikian, kesuksesan penerapan e-learning bukan semata-mata ditentukan oleh tersedianya teknologi, melainkan juga dipengaruhi oleh tingkat kepuasan pengguna, terutama mahasiswa yang berperan sebagai pelaku utama dalam kegiatan belajar-mengajar (Apriliyanti & Ilham, 2022). Kepuasan mahasiswa terhadap e-learning menjadi indikator krusial dalam menilai efektivitas sistem (Bahar et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor kualitas sistem pendidikan atau pengajaran, kualitas pelajar dan kualitas sistem teknis secara signifikan memengaruhi kepuasan mahasiswa terhadap e-learning (Athaya et al., 2022). Berbagai model penelitian juga mengafirmasi bahwa faktor-faktor kritis yang memengaruhi kepuasan mahasiswa mencakup aspek-aspek yang berkaitan dengan sistem, konten, peserta didik, instruktur, dan interaksi.

Mutu dari sistem e-learning, yang dievaluasi menggunakan parameter SERVQUAL (aspek fisik, keandalan, daya tanggap, jaminan, dan empati), memiliki pengaruh penting dalam membangun pandangan pengguna (Nurhakim et al., 2024). Model SERVQUAL, yang diperkenalkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry pada tahun 1988, mengevaluasi kualitas layanan dengan mengidentifikasi kesenjangan antara ekspektasi pengguna dan persepsi mereka terhadap layanan yang benar-benar diterima (Syaputra & Nuruddin, 2024).

Meskipun manfaatnya signifikan, implementasi e-learning menghadapi tantangan yang cukup besar, terutama dalam konteks dengan sumber daya terbatas. Indonesia, sebagai salah satu negara berkembang, menghadapi kesenjangan digital yang signifikan, yang ditandai oleh kesenjangan akses teknologi dan infrastruktur, dengan kecepatan akses internet di Indonesia termasuk yang paling rendah di dunia, bahkan di Asia Tenggara. Konteks ini sangat relevan bagi Universitas Nurul Huda, yang berlokasi di wilayah pedesaan dengan kendala infrastruktur teknologi.

Untuk menavigasi kompleksitas ini dan mengoptimalkan sistem e-learning, metode data mining, terutama algoritma C4.5, terbukti ampuh untuk mengenali faktor-faktor utama yang berdampak pada kepuasan dengan cara membangun struktur pohon keputusan yang tepat dan mudah dipahami (Widiastuti et al., 2022). Sebagai contoh, (Elvitaria et al., 2024) menerapkan algoritma C4.5 untuk mengukur kepuasan mahasiswa Universitas Abdurrahman terhadap e-learning, menemukan bahwa kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna merupakan faktor utama dengan nilai gain tertinggi (0,4861). Demikian pula, Bilqisth dan Amalia (Bilqisth & Amalia, 2022) menganalisis kepuasan mahasiswa UIN Semarang terhadap e-learning menggunakan C4.5 menunjukkan akurasi 84,76% dengan 73% mahasiswa puas, terutama karena kemudahan operasional dan relevansi materi.

Walaupun sejumlah studi sebelumnya telah membahas tingkat kepuasan dan persepsi mahasiswa terhadap platform e-learning berbasis algoritma klasifikasi seperti C4.5, penerapan

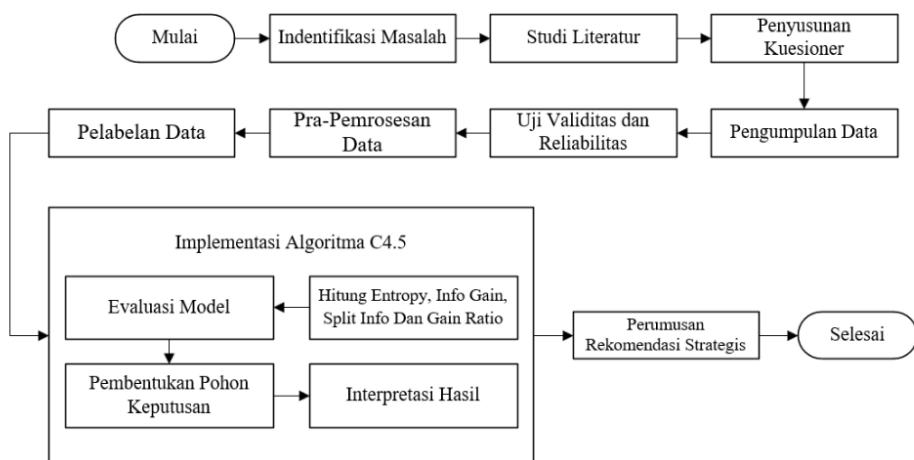
model ini dalam lingkungan institusi yang memiliki karakteristik khas seperti Universitas Nurul Huda yang berada di wilayah pedesaan dengan kendala infrastruktur teknologi masih belum banyak dijumpai. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menganalisis kepuasan mahasiswa UNUHA terhadap sistem e-learning menggunakan algoritma C4.5 berdasarkan dimensi SERVQUAL.

Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kepuasan mahasiswa, mengidentifikasi faktor penentu kepuasan, dan membangun model klasifikasi prediktif. Diharapkan hasil penelitian memberikan kontribusi strategis bagi pengembangan kualitas layanan e-learning di UNUHA dan dapat menjadi model bagi institusi pendidikan tinggi lain di Indonesia yang menghadapi tantangan infrastruktur digital serupa.

2. Metodologi

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksplorasi data melalui teknik data mining menggunakan algoritma C4.5. Tahapan penelitian meliputi: identifikasi masalah, studi literatur, penyusunan kuesioner berdasarkan model SERVQUAL, pengumpulan data, uji validitas dan reliabilitas, pra-pemrosesan data, implementasi algoritma C4.5, pembentukan pohon keputusan, evaluasi model, dan interpretasi hasil.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Gambar 1 menyajikan skema alur penelitian yang diawali dengan tahap perumusan masalah hingga kesimpulan akhir, mencakup pula proses uji validitas dan reliabilitas data sebelum memasuki tahap pra-pemrosesan. Langkah terakhir dalam alur ini adalah penyusunan rekomendasi strategi berdasarkan hasil analisis.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Populasi penelitian adalah mahasiswa Universitas Nurul Huda (UNUHA) yang aktif menggunakan e-learning (sudah entry KRS dan telah divalidasi oleh dosen wali), berjumlah 988 mahasiswa. Untuk mendapatkan sampel representatif dengan efisiensi penelitian, digunakan rumus Slovin dengan margin of error 10%.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

Keterangan:

- n : Ukuran Sampel
- N : Jumlah populasi (988)
- e : Margin of error (10%)

$$n = \frac{988}{1 + 988 \times (0,1)^2} = \frac{988}{10,88} = 90,8 \quad (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh kebutuhan sampel sebanyak 90,8 dan dibulatkan menjadi 91 responden. Jumlah ini menjadi batas minimum responden dalam penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik simple random sampling untuk menghindari bias dan mencakup beragam karakteristik mahasiswa. Penelitian berhasil mengumpulkan data dari 125 responden melalui Google Form, melebihi batas minimum yang ditentukan karena tingginya tingkat respon. Jumlah responden yang lebih besar memperkuat representativitas dan keandalan data.

Selanjutnya data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui kuesioner via Google Form pada 29 April-4 Mei 2025. Kuesioner disusun berdasarkan model SERVQUAL yang dirancang untuk mengukur tingkat kepuasan mahasiswa terhadap sistem e-learning Universitas Nurul Huda. Instrumen yang digunakan berbentuk skala Likert lima poin, dengan rentang penilaian dari 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju). Setiap dimensi dalam model SERVQUAL tangibles (bukti fisik), reliability (keandalan), responsiveness (daya tanggap), assurance (jaminan), dan empathy (empati) diwakili oleh tiga butir pernyataan, sehingga total terdapat 15 pernyataan inti dalam kuesioner. Butir-butir pernyataan ini dirancang untuk mencerminkan persepsi mahasiswa terhadap kualitas layanan yang diberikan melalui sistem e-learning UNUHA.

Tabel 1. Item Kuesioner Berdasarkan Dimensi SERVQUAL

Dimensi	Code	Pernyataan
Tangibles	TN ₁	Tampilan antarmuka (interface) e-learning Universitas Nurul Huda terlihat modern dan menarik
	TN ₂	Materi pembelajaran tersedia dalam berbagai format media (teks, video, audio) yang mendukung gaya belajar berbeda
	TN ₃	E-learning dapat diakses dengan mudah dari berbagai perangkat dan browser
Reliability	RL ₁	Sistem e-learning dapat diakses kapan saja (24/7) tanpa kendala teknis yang berarti
	RL ₂	Kecepatan loading halaman e-learning cepat dan konsisten
	RL ₃	Proses upload/download tugas dan materi pembelajaran berjalan dengan lancar tanpa error
Responsiveness	RS ₁	Dosen memberikan umpan balik terhadap pernyataan atau tugas dengan cepat melalui e-learning
	RS ₂	Forum diskusi online mendukung interaksi yang aktif antar mahasiswa dan dosen
	RS ₃	E-learning memiliki sistem notifikasi yang efektif untuk mengingatkan deadline tugas
Assurance	AS ₁	Konten pembelajaran dalam e-learning disusun secara sistematis dan mudah dipahami
	AS ₂	Aktivitas pembelajaran berbasis e-learning dirancang untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan
	AS ₃	Dosen yang mengajar melalui e-learning menunjukkan penguasaan yang baik terhadap materi dan teknologi

	pembelajaran
Empathy	EP ₁ Sistem e-learning menyediakan opsi pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan mahasiswa
	EP ₂ Navigasi menu e-learning intuitif dan mudah dipahami oleh pengguna baru
	EP ₃ Universitas memberikan bantuan teknis khusus bagi mahasiswa yang mengalami kesulitan menggunakan e-learning

Pernyataan-pernyataan dalam kuesioner pada Tabel 1 digunakan sebagai acuan dalam mengukur kepuasan mahasiswa, yang kemudian dianalisis dengan pendekatan algoritma C4.5 guna menemukan pola serta faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap tingkat kepuasan mahasiswa terhadap sistem e-learning.

2.3 Uji Validitas dan Reliabilitas

Validitas dan reliabilitas seluruh item kuesioner diuji menggunakan IBM SPSS versi 27. Uji validitas menggunakan korelasi Pearson Product Moment, dengan item dinyatakan valid jika r hitung $> r$ tabel ($0,176$; $n=125$; $\alpha=5\%$). Reliabilitas diuji dengan Cronbach's Alpha, dan suatu dimensi dianggap reliabel jika nilainya $> 0,6$. Pengujian ini memastikan instrumen dapat mengukur kelima dimensi SERVQUAL secara akurat dan konsisten.

2.4 Pelabelan Data

Setelah pengisian kuesioner serta uji validitas dan reliabilitas, rata-rata skor dari seluruh pernyataan untuk tiap responden dihitung menggunakan Microsoft Excel. Label kepuasan ditentukan berdasarkan nilai rata-rata: $\geq 4,00$ dikategorikan sebagai "Puas" dan $< 4,00$ sebagai "Tidak Puas". Nilai ambang $4,00$ dipilih karena mencerminkan tingkat persetujuan yang tinggi dalam skala Likert 5 poin, di mana skor 4 menunjukkan kecenderungan setuju, dan skor 5 mengindikasikan persetujuan penuh. Oleh karena itu, responden dengan skor rata-rata $\geq 4,00$ dianggap memiliki kepuasan tinggi terhadap sistem e-learning.

2.5 Metode Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penerapan algoritma C4.5, yang dikenal efektif dalam membentuk model klasifikasi berbasis pohon keputusan (Susliansyah et al., 2025). Proses analisis dimulai dengan tahap pre-processing data, yang mencakup pengimporan pustaka Python yang relevan melalui Google Colab, pemuatan dataset dalam format CSV, identifikasi serta penanganan jika terjadi missing value, dan eksplorasi distribusi data berdasarkan label target yaitu tingkat kepuasan mahasiswa. Selanjutnya, dilakukan perhitungan metrik-metrik utama yang digunakan dalam algoritma C4.5. Perhitungan dimulai dengan entropy untuk mengukur tingkat ketidakpastian dari suatu himpunan data, yang dirumuskan sebagai:

- Entropy untuk mengukur ketidakpastian data:

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (3)$$

Keterangan:

- S : himpunan data
- n : jumlah kelas dalam data
- p_i : proporsi data dalam kelas ke- i

- Information gain untuk mengukur pengurangan ketidakpastian:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \quad (4)$$

Keterangan:

- A : atribut yang dievaluasi
- $Values(A)$: nilai-nilai unik dari atribut A
- S_v : subset data di mana atribut $A = v$
- $|S_v|$: jumlah elemen di subset S_v
- $|S|$: jumlah total data

- split information untuk menghindari bias jumlah kategori:

$$SplitInfo(S, A) = - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \log_2 \frac{|S_v|}{|S|} \quad (5)$$

- Gain ratio untuk penentuan atribut terbaik:

$$GainRatio(S, A) = \frac{Gain(S, A)}{SplitInfo(S, A)}$$

Model prediksi dibangun dengan membagi data menjadi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian. Atribut dengan gain ratio tertinggi dipilih sebagai akar pohon, dan proses pemisahan dilanjutkan secara rekursif untuk mengklasifikasikan seluruh data. Pohon keputusan divisualisasikan untuk memudahkan interpretasi hasil. Evaluasi model meliputi pengukuran akurasi pada data pengujian, serta analisis menggunakan confusion matrix dan classification report untuk precision, recall, dan f1-score. Untuk memvalidasi keandalan model, dilakukan proses cross-validation untuk mengevaluasi performa algoritma pada berbagai subset data.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data dan Profil Responden

Penelitian ini menganalisis respons mahasiswa Universitas Nurul Huda terhadap sistem e-learning melalui kuesioner berbasis model SERVQUAL. Berikut adalah data kuesioner awal yang telah dikumpulkan.

Tabel 2. Data Respons Kuesioner Awal

Res	TN1	TN2	TN3	RL1	RL2	RL3	RS1	RS2	RS3	AS1	AS2	AS3	EP1	EP2	EP3
1	4	4	5	4	4	5	3	3	2	2	3	2	3	2	2
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5
6	3	2	4	4	2	3	2	3	2	4	2	3	3	3	3
7	3	4	4	5	4	4	3	3	4	3	2	3	4	4	4
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
...
125	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4

Data kuesioner awal pada tabel 2 mencerminkan respons 125 mahasiswa terhadap 15 butir pernyataan kualitas layanan e-learning, dengan tanggapan bervariasi pada skala 1-5. Tanggapan ini mencakup aspek seperti tampilan antarmuka, keandalan sistem, responsivitas dosen, kualitas konten, dan personalisasi pembelajaran, yang menjadi dasar untuk pelabelan dan analisis dengan algoritma C4.5 pada subbab berikutnya. Untuk memahami latar belakang responden, berikut adalah distribusi mereka berdasarkan program studi.

Tabel 3. Distribusi Responden Berdasarkan Program Studi

Program Studi	Jumlah
Informatika	74
Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia	16
Pendidikan Teknologi Informasi	15
Pendidikan Ekonomi	10
Sains Pertanian	3
Pendidikan Fisika	2
Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah	2
Pendidikan Bahasa Inggris	1
Pendidikan Agama Islam	1
Matematika	1
Total	125

Tabel 3 menunjukkan Program Studi Informatika mendominasi responden (74 mahasiswa, 59,2%), yang logis mengingat kedekatan bidang ini dengan teknologi. Program studi lain berkontribusi lebih kecil, seperti Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia (12,8%) dan Pendidikan Teknologi Informasi (12%), sementara Matematika, Pendidikan Bahasa Inggris, dan Pendidikan Agama Islam masing-masing menyumbang 0,8%. Keberagaman program studi ini memperkaya cakupan data, memungkinkan analisis komprehensif tentang kepuasan mahasiswa terhadap e-learning di Universitas Nurul Huda, sekaligus menunjukkan penggunaan e-learning yang merata meski dengan dominasi bidang teknologi informasi.

3.2 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dan reliabilitas dilakukan untuk menilai kualitas instrumen yang digunakan dalam mengukur kepuasan mahasiswa terhadap sistem e-learning. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Atribut	r Hitung	r Tabel	Keterangan
TN1	0,814	0,176	Valid
TN2	0,809	0,176	Valid
TN3	0,752	0,176	Valid
RL1	0,775	0,176	Valid
RL2	0,820	0,176	Valid
RL3	0,824	0,176	Valid
RS1	0,738	0,176	Valid
RS2	0,609	0,176	Valid
RS3	0,800	0,176	Valid

AS ₁	0,868	0,176	Valid
AS ₂	0,870	0,176	Valid
AS ₃	0,868	0,176	Valid
EP ₁	0,875	0,176	Valid
EP ₂	0,841	0,176	Valid
EP ₃	0,849	0,176	Valid

Berdasarkan hasil uji validitas yang tertera pada Tabel 4, semua item dalam kuesioner memiliki nilai r hitung yang melebihi r tabel (0,176). Ini menunjukkan bahwa setiap pernyataan pada instrumen dapat menggambarkan konstruk yang diukur dengan baik, sehingga seluruh item dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk analisis data selanjutnya.

Tabel 5. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

<i>Reliability Statistic</i>	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Item</i>
0,962	15

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha untuk 15 atribut SERVQUAL adalah 0,962, yang jauh melebihi nilai minimum 0,6, menandakan konsistensi internal yang sangat baik. Oleh karena itu, instrumen penelitian ini dapat dianggap valid dan reliabel untuk mengukur kepuasan mahasiswa.

3.3 Hasil Pelabelan Data dan Pembentukan Dataset

Proses pelabelan data dimulai dengan menghitung rata-rata dari seluruh item pernyataan untuk setiap responden. Penilaian didasarkan pada skala Likert 1-5. Berdasarkan rata-rata tersebut, setiap responden kemudian diklasifikasikan ke dalam dua kategori kepuasan.

Tabel 6. Hasil Pelabelan Kepuasan

Res	TN ₁	TN ₂	TN ₃	RL ₁	RL ₂	RL ₃	RS ₁	RS ₂	RS ₃	AS ₁	AS ₂	AS ₃	EP ₁	EP ₂	EP ₃	Rata-rata	Kepuasan
1	4	4	5	4	4	5	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3,20	Tidak Puas
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	Puas
3	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	5	4,27	Puas
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Tidak Puas
5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	4,73	Puas
6	3	2	4	4	2	3	2	3	2	4	2	3	3	3	3	2,87	Tidak Puas
7	3	4	4	5	4	4	3	3	4	3	2	3	4	4	4	3,60	Tidak Puas
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	Puas
...
125	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3,73	Tidak Puas

Seperti terlihat pada Tabel 6, responden dengan skor rata-rata $\geq 4,00$ diberi label "Puas", sedangkan $<4,00$ dikategorikan "Tidak Puas". Untuk melihat sebaran hasil pelabelan tersebut, berikut ditampilkan distribusi jumlah responden dalam masing-masing kategori kepuasan.

Tabel 7. Distribusi Kategori Kepuasan Mahasiswa

Kepuasan	Jumlah
Puas	67
Tidak Puas	58
Total	125

Pada Tabel 7, terlihat bahwa dari 125 responden, 67 mahasiswa (53,6%) termasuk dalam kategori "Puas" dan 58 mahasiswa (46,4%) berada dalam kategori "Tidak Puas". Setelah pelabelan, kolom rata-rata dihapus dari dataset karena tidak diperlukan sebagai prediktor. Untuk mempermudah pembacaan hasil pohon keputusan, skala Likert numerik diubah menjadi bentuk verbal, dengan 1 mewakili "Sangat Tidak Setuju", 2 untuk "Tidak Setuju", 3 untuk "Netral/Cukup", 4 untuk "Setuju", dan 5 untuk "Sangat Setuju".

Tabel 8. Hasil Transformasi Data

Res	TN1	TN2	TN3	RL1	RL2	RL3	RS1	RS2	RS3	AS1	AS2	AS3	EP1	EP2	EP3	Kepuasan
1	Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Cukup	Cukup	Tidak Setuju	Tidak Setuju	Cukup	Tidak Setuju	Cukup	Tidak Setuju	Tidak Setuju	Tidak Puas
2	Sangat Setuju	Puas														
3	Sangat Setuju	Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Setuju	Cukup	Setuju	Setuju	Setuju	Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Puas
4	Cukup	Tidak Puas														
5	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Sangat Setuju	Puas
6	Cukup	Tidak Setuju	Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Cukup	Tidak Setuju	Cukup	Tidak Setuju	Setuju	Tidak Setuju	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Tidak Puas
7	Cukup	Setuju	Setuju	Sangat Setuju	Setuju	Setuju	Cukup	Cukup	Setuju	Cukup	Tidak Setuju	Cukup	Setuju	Setuju	Setuju	Tidak Puas
8	Sangat Setuju	Puas														
...
125	Setuju	Cukup	Setuju	Setuju	Setuju	Setuju	Cukup	Setuju	Cukup	Setuju	Setuju	Cukup	Setuju	Setuju	Setuju	Tidak Puas

Transformasi ini memudahkan proses identifikasi pola data serta menghasilkan aturan pohon keputusan yang lebih intuitif dan mudah dipahami. Seperti ditunjukkan pada Tabel 8, perubahan nilai numerik skala Likert menjadi bentuk verbal membantu memperjelas makna tiap respons, sehingga interpretasi hasil model menjadi lebih bermakna dan informatif.

3.4 Hasil Analisis Gain Ratio

Analisis gain ratio merupakan langkah krusial dalam pembuatan pohon keputusan menggunakan algoritma C4.5. Gain ratio diperoleh dari perhitungan entropy dan information gain untuk setiap atribut, kemudian dinormalisasi dengan menggunakan split information. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi atribut yang paling informatif dalam membedakan kategori kepuasan mahasiswa. Hasil dari analisis gain ratio disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Gain Ratio Atribut

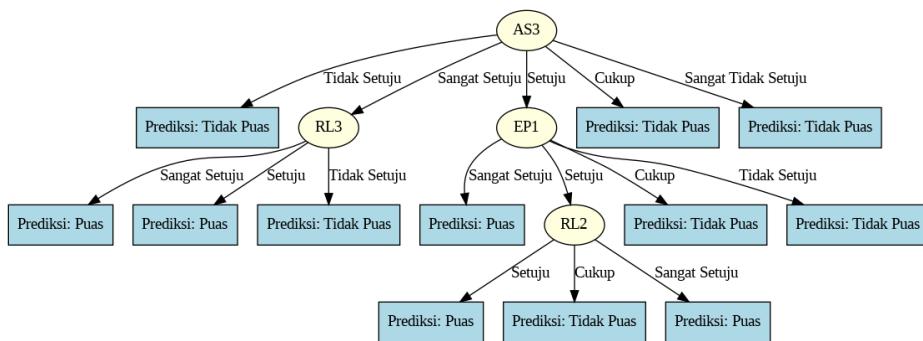
Atribut	Information_Gain	Split_Info	Gain_Ratio
AS3	0,549559	1,757335	0,312723
EP1	0,559451	1,807776	0,309469
AS2	0,529582	1,775281	0,298309
RL3	0,517309	1,740168	0,297275
EP2	0,541201	1,865327	0,290137
TN1	0,542554	1,897473	0,285935
TN2	0,506866	1,773523	0,285796
EP3	0,488599	1,827315	0,267386
RL1	0,453764	1,844264	0,246041
AS1	0,443383	1,827030	0,242680
RL2	0,432597	1,900760	0,227591
TN3	0,358700	1,704207	0,210479

RS ₃	0,383031	1,832239	0,209051
RS ₁	0,322027	1,765887	0,182360
RS ₂	0,170634	1,715953	0,099440

Tabel 9 menampilkan nilai information gain, split info, dan gain ratio untuk setiap atribut dalam pernyataan. Atribut AS₃ (dosen menunjukkan penguasaan yang baik terhadap materi dan teknologi pembelajaran) memiliki nilai gain ratio tertinggi, yaitu 0,312723, diikuti oleh EP₁ (sistem e-learning menyediakan opsi pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan mahasiswa) dengan nilai 0,309469, serta AS₂ (aktivitas pembelajaran berbasis e-learning dirancang untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan) dengan nilai 0,298309.

3.5 Struktur Pohon Keputusan (C4.5)

Algoritma C4.5 menghasilkan struktur pohon keputusan dengan total 16 simpul dan kedalaman maksimum tiga tingkat. Akar pohon (root node) ditempati oleh atribut AS₃ (dosen menunjukkan penguasaan yang baik terhadap materi dan teknologi pembelajaran), yang sebelumnya juga tercatat sebagai atribut dengan nilai gain ratio tertinggi. Hal ini menegaskan bahwa atribut tersebut merupakan faktor paling dominan dalam membedakan tingkat kepuasan mahasiswa terhadap sistem e-learning. Gambar 2 berikut menyajikan visualisasi lengkap dari pohon keputusan yang terbentuk. Setiap simpul internal mewakili atribut yang digunakan dalam proses pemisahan data (splitting), sementara simpul daun menunjukkan hasil prediksi kategori "Puas" atau "Tidak Puas". Visualisasi ini dihasilkan menggunakan pustaka Graphviz dalam Python.



Gambar 2. Struktur Pohon Keputusan Algoritma C4.5

Struktur pohon pada gambar 2 menunjukkan bahwa apabila mahasiswa memberikan tanggapan "Sangat Setuju" terhadap AS₃, maka proses klasifikasi akan dilanjutkan ke atribut RL₃ (Proses upload/download tugas dan materi pembelajaran berjalan dengan lancar tanpa error). Jika mahasiswa menjawab "Sangat Setuju" atau "Setuju" terhadap RL₃, maka sistem secara langsung memprediksi bahwa mahasiswa merasa puas. Namun, jika mahasiswa menjawab "Tidak Setuju" terhadap RL₃, maka diprediksi tidak puas.

Untuk mahasiswa yang memberikan tanggapan "Setuju" terhadap AS₃, keputusan selanjutnya dipengaruhi oleh atribut EP₁ (sistem e-learning menyediakan opsi pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan mahasiswa). Jika mahasiswa sangat setuju terhadap EP₁, maka diprediksi puas. Namun, jika mahasiswa menjawab "Cukup" atau "Tidak Setuju" terhadap EP₁, maka dikategorikan tidak puas. Pada kondisi mahasiswa yang menjawab "Setuju" terhadap EP₁, maka keputusan selanjutnya dipengaruhi oleh atribut RL₂ (Kecepatan loading halaman e-learning cepat dan konsisten). Mahasiswa yang menjawab "Setuju" atau "Sangat Setuju" terhadap RL₂ akan diklasifikasikan sebagai puas, sedangkan jika hanya menjawab "Cukup" maka dikategorikan tidak puas.

Sementara itu, apabila mahasiswa menjawab "Cukup", "Tidak Setuju", atau "Sangat Tidak Setuju" terhadap AS₃ sejak awal, maka sistem secara langsung memprediksi ketidakpuasan.

Hal ini menunjukkan bahwa atribut AS₃ menjadi faktor penentu utama dalam klasifikasi kepuasan mahasiswa terhadap sistem e-learning, dengan atribut RL₃, EP₁, dan RL₂ sebagai faktor pendukung pada jalur-jalur keputusan tertentu.

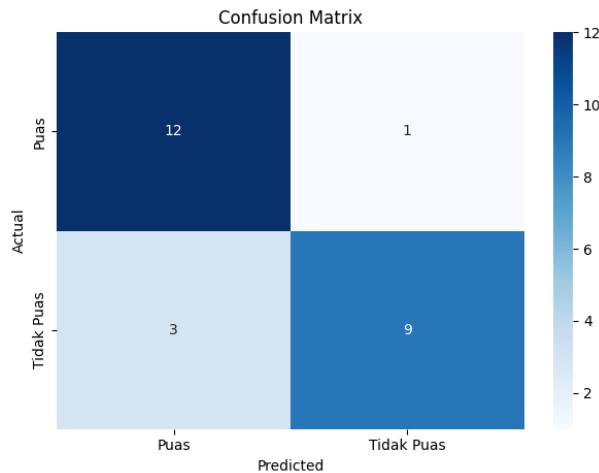
3.6 Evaluasi Kinerja Model

Model klasifikasi Decision Tree dievaluasi dengan menggunakan metrik akurasi, precision, recall, F1-score, confusion matrix, dan cross-validation. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kinerja Model Klasifikasi

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
Puas	0,80	0,92	0,86	13
Tidak Puas	0,90	0,75	0,82	12
Accuracy			0,84	25
Macro Avg	0,85	0,84	0,84	25
Weighted Avg	0,85	0,84	0,84	25

Model mencapai akurasi 84% pada data pengujian. F1-score untuk kelas Puas sebesar 0,86 dan Tidak Puas sebesar 0,82, menunjukkan keseimbangan kinerja dalam memprediksi kedua kategori. Detail klasifikasi ditampilkan dalam Gambar 3 melalui confusion matrix.



Gambar 3. Confusion Matrix Kinerja Model Klasifikasi

Dari confusion matrix pada gambar 4, diketahui bahwa model berhasil mengklasifikasikan 12 dari 13 data Puas dengan benar, dan 9 dari 12 data Tidak Puas juga diklasifikasikan dengan benar. Ini mengindikasikan bahwa model memiliki performa klasifikasi yang cukup andal terhadap kedua kelas. Selanjutnya, untuk mengukur stabilitas dan konsistensi performa model, dilakukan evaluasi menggunakan teknik 5-fold cross-validation. Hasil F1-Macro untuk setiap fold disajikan dalam Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Hasil Validasi Silang 5-Fold (F1-Macro Score)

Fold	F1 Macro Score
1	1,00
2	0,96
3	0,96
4	0,87

5	0,79
Rata-rata	0,91

Rata-rata F1-Macro yang diperoleh adalah 0,91, yang mencerminkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang tinggi dan dapat memberikan hasil yang stabil pada data yang berbeda.

4. Simpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi kepuasan mahasiswa terhadap e-learning UNUHA, dengan atribut "penguasaan dosen terhadap materi dan teknologi pembelajaran" (AS3) sebagai faktor paling berpengaruh (gain ratio 0,312723). Faktor penting lainnya adalah "personalisasi pembelajaran" (EP1) dengan gain ratio 0,309469 dan "aktivitas pembelajaran e-learning dirancang untuk meningkatkan pemahaman" (AS2) dengan gain ratio 0,298309. Model klasifikasi yang dihasilkan menggunakan algoritma C4.5 mencapai akurasi 84% dengan performa seimbang untuk kedua kelas (F1-score: "Puas" 0,86; "Tidak Puas" 0,82). Validasi silang 5-fold menghasilkan rata-rata F1-Macro 0,91, menunjukkan konsistensi dan kemampuan generalisasi model yang baik pada berbagai subset data. Secara keseluruhan, 53,6% mahasiswa menyatakan puas dengan sistem e-learning UNUHA, sedangkan 46,4% menyatakan tidak puas, mengindikasikan perlunya peningkatan pada aspek-aspek tertentu.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan penuh sepanjang pelaksanaan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Apriliyanti, M., & Ilham. (2022). Penerimaan E-Learning Dengan Technology Acceptance Model Pada Uin Sunan Ampel Surabaya. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Ilmu*, 1(3), 285-296. <https://melatijournal.com/index.php/Metta/article/view/162>
- Arika, S. (2023). Peran dan Tantangan Penggunaan E-Learning sebagai Pendukung Proses Pembelajaran di Perguruan Tinggi: Sebuah Tinjauan Literatur. *Cognoscere: Jurnal Komunikasi Dan Media Pendidikan*, 1(1), 12-18. <https://doi.org/10.61292/cognoscere.vii.21>
- Athaya, H., Purwandari, B., Eitiveni, I., & Purwaningsih, M. (2022). Faktor Faktor Berpengaruh Kepada Kepuasan Mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia (Fasilkom UI) Terhadap Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) Melalui Student-Centered E-Learning Environment (SCELE). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(7), 1597-1606. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022976753>
- Bahar, D. A., Sutejo, H., & Tatuhey, E. L. (2024). Analisa Kepuasan Pengguna E-Learning Universitas Sepuluh Nopember Papua Menggunakan Metode Servqual. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 13(2), 993. <https://doi.org/10.35889/jutisi.v13i2.1942>
- Bilqisth, S. C., & Amalia, F. (2022). Analisis Kepuasan Mahasiswa UIN Semarang Terhadap E-Learning Menggunakan Algoritma C.45. *Jurnal Informatika Upgris*, 8(1), 120-122. <https://doi.org/10.26877/jiu.v8i1.11588>
- Elvitaria, L., Salamun, & Malau, E. (2024). Penerapan Algoritma C4.5 Dalam Mengukur Tingkat Kepuasan Pengguna E-Learning Pada Mahasiswa Universitas Abdurrah. *JEKIN* -

Jurnal Teknik Informatika, 4(2), 391-397. <https://doi.org/10.58794/jekin.v4i2.898>

Nashrullah, M., Syaiful Rahman, Abdul Majid, Nunuk Hariyati, & Budiyanto. (2025). Transformasi Digital dalam Pendidikan Indonesia: Analisis Kebijakan dan Implikasinya terhadap Kualitas Pembelajaran. *Mudir: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 7(1), 52-59. <https://doi.org/10.55352/mudir.v7i1.1290>

Nurhakim, B., Rinaldi Dikananda, A., Hamonangan, R., & Ryan Agung Prasetyo, R. (2024). Optimalisasi Evaluasi Kepuasan Mahasiswa Pada Mata Kuliah Data Manajemen Berbasis Machine Learning. *INFORMATION SYSTEM FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: Journal of Information System*, 9(2), 161. <https://doi.org/10.51211/isbi.v9i2.3197>

Rachman, A., Farhan, O., Ahmad, N., Rukhmana, T., Muhammad, D., Hasyim, & Dhaniswara, E. (2023). 21145-Article Text-67588-1-10-20231114. *Pengembangan Aplikasi E-Learning Dengan Fitur Interaktif Dan Adaptive Learning*, 6(2), 1610-1614. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp>

Risti, S. (2025). Sistem E-Learning Berbasis Moodle. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(1), 79-85. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i1.358>

Sediyono, E., A. Hasibuan, Z., Setyawan, I., Purnama Harahap, E., & Darmawan, A. (2022). Pelatihan Pemanfaatan Website E-Learning Sebagai Media Pembelajaran Online dengan Content Management System. *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 64-73. <https://doi.org/10.34306/adimas.v3i1.815>

Susliansyah, S., Wargiyo, S. Y., Sumarno, H., Priyono, H., & Maulida, L. (2025). Rancangan Aplikasi Algoritma C4.5 pada Stunting Balita Menggunakan Bahasa Phyton. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 9(1), 254-265. <https://doi.org/10.33395/remik.v9i1.14426>

Syaputra, A. F., & Nuruddin, M. (2024). Pengukuran Kepuasan Pelanggan Terhadap Pelayanan Km Express Bahari Rute Gresik - Bawean Dengan Metode Servqual Dan Ipa. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 5(2), 169-177. <https://journal.umg.ac.id/index.php/justi/article/view/9351>

Triandika, L. S., Rachmaningsih, D. M., & Wijaya, A. F. (2021). Pengukuran Kepuasan Pengguna Situs E-Learning Universitas Terbuka Dengan Metode End User Computing Satisfaction (Eucs). *Sebatik*, 25(2), 598-603. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v25i2.1212>

Widiastuti, T., Karsa, K., & Juliane, C. (2022). Evaluasi Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap Pelayanan Akademik Menggunakan Metode Klasifikasi Algoritma C4.5. *Technomedia Journal*, 7(3), 364-380. <https://doi.org/10.33050/tmj.v7i3.1932>