

### Penerapan Probabilitas Bayes dalam Pengambilan Keputusan Akademik Siswa

Ainun Jariah<sup>1</sup>, Hilyatul Mufarrohah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Manajemen Pendidikan Islam, Universitas Islam Indragiri, Indonesia.

[ainunsyafiyah0420@gmail.com](mailto:ainunsyafiyah0420@gmail.com)<sup>1</sup>, [hilyahilyahilya781@gmail.com](mailto:hilyahilyahilya781@gmail.com)<sup>2</sup>

#### Abstract

*This study aims to provide a comprehensive overview of the application of Bayesian probability in supporting students' academic decision-making, encompassing graduation prediction, major selection, learning performance mapping, and the design of adaptive instructional interventions. This research employs a literature review method by examining national and international scientific publications from the last decade to obtain an in-depth understanding of the effectiveness of Bayesian approaches. In this study, Bayes' theorem functions as an analytical mechanism for updating prior information with new evidence, resulting in more accurate posterior estimations that realistically reflect students' academic conditions. The findings indicate that the Bayesian approach not only enhances the accuracy of academic outcome predictions but also minimizes bias in student assessment and strengthens the quality of individualized learning interventions. The integration of Bayesian probability with AI-based digital learning systems further supports the provision of personalized learning recommendations, real-time performance monitoring, and data-responsive academic decision-making. This study concludes that Bayesian probability holds significant potential as a foundation for developing modern academic decision-support systems that are more objective, adaptive, and aligned with students' individual learning needs.*

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai penerapan probabilitas Bayes dalam mendukung pengambilan keputusan akademik siswa melalui analisis prediksi kelulusan, penentuan jurusan, pemetaan performa belajar, hingga perancangan intervensi pembelajaran yang bersifat adaptif. Kajian ini dilaksanakan menggunakan metode studi literatur dengan menelaah berbagai penelitian ilmiah nasional maupun internasional dalam satu dekade terakhir untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas pendekatan Bayesian. Dalam penelitian ini, teorema Bayes digunakan sebagai mekanisme analitis untuk memperbarui pengetahuan awal (prior) melalui bukti baru (evidence), sehingga menghasilkan estimasi posterior yang lebih akurat dan mencerminkan kondisi akademik siswa secara aktual. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan Bayesian tidak hanya meningkatkan ketepatan prediksi terhadap capaian akademik, tetapi juga mampu mengurangi bias dalam evaluasi siswa serta memperkuat kualitas intervensi pembelajaran yang bersifat individual. Integrasi probabilitas Bayes dengan sistem pembelajaran

#### Kata Kunci: (3-5 kata)

Probabilitas Bayes  
Pengambilan Keputusan  
Prediksi Kelulusan  
Sistem Pendukung Keputusan

---

digital berbasis kecerdasan buatan turut mendukung penyediaan rekomendasi belajar yang dipersonalisasi, pemantauan performa secara real time, serta pengambilan keputusan yang responsif terhadap dinamika data akademik. Penelitian ini menegaskan bahwa probabilitas Bayes memiliki potensi besar sebagai fondasi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan akademik modern yang lebih objektif, adaptif, dan berfokus pada kebutuhan individual siswa.

---

***Corresponding Author:***

Hilyatul Mufarrohah  
Manajemen Pendidikan Islam  
Universitas Islam Indragiri  
[hilyahilyahilya781@gmail.com](mailto:hilyahilyahilya781@gmail.com)

---

## 1. PENDAHULUAN

Penerapan probabilitas Bayes dalam akademik siswa tidak hanya memberikan kerangka analitis yang kuat, tetapi juga membuka peluang untuk memahami proses pembelajaran secara lebih mendalam. Dalam pendidikan, data yang diperoleh dari berbagai asesmen, observasi, serta rekam jejak akademik sering kali bersifat dinamis dan berubah dari waktu ke waktu. Di sinilah nilai penting pendekatan Bayesian menjadi jelas, karena model ini mampu menyesuaikan estimasi secara berkelanjutan setiap kali informasi baru tersedia. Dengan demikian, keputusan akademik yang diambil tidak bersifat statis, melainkan selalu berkembang mengikuti perubahan data siswa. Hal ini membuat pendekatan Bayesian sangat relevan dalam sistem pendidikan modern yang menekankan personalisasi pembelajaran. Selain itu, metode Bayes memberikan fleksibilitas dalam menangani ketidakpastian yang sering muncul dalam proses evaluasi akademik. Ketidakpastian dapat berasal dari variasi performa siswa, kondisi psikologis, lingkungan belajar, hingga kualitas pengajaran. Dengan menggunakan prior berbasis data historis dan evidence berbasis data terbaru, pendekatan Bayesian membantu meminimalkan pengambilan keputusan yang bersifat spekulatif. Sebagai contoh, jika seorang siswa menunjukkan fluktuasi nilai, model Bayes dapat menghitung probabilitas konsistensi prestasi tersebut di masa depan dengan mempertimbangkan keseluruhan riwayat belajarnya. Kemampuan ini menjadikan model Bayes lebih unggul dibanding metode deterministik yang tidak mempertimbangkan dinamika perkembangan siswa.

Model Bayesian juga memungkinkan penerapan strategi pembelajaran adaptif yang selaras dengan kebutuhan individual siswa. Guru dan pengambil kebijakan memiliki landasan yang lebih kuat untuk memahami dinamika kemampuan siswa mulai dari minat, bakat, motivasi belajar, hingga konsistensi performanya ketika proses pembelajaran berlangsung secara optimal. Dalam praktiknya, guru tidak hanya berperan sebagai penyampai materi, tetapi juga sebagai fasilitator yang harus mampu membangun suasana belajar yang efektif dan menyenangkan. Penggunaan strategi pembelajaran yang tepat, perhatian terhadap siswa yang mengalami kesulitan memahami materi, serta upaya melibatkan siswa secara aktif menjadi aspek penting yang mendukung tercapainya hasil belajar yang lebih baik. Kemandirian belajar pun dapat berkembang ketika siswa diberi motivasi, media pembelajaran yang memadai, serta kesempatan untuk mengambil keputusan dalam proses belajarnya. Seluruh dinamika inilah yang menjadi sumber data berharga dalam pendekatan Bayesian, karena variasi perilaku belajar, interaksi siswa, dan respon terhadap strategi pembelajaran dapat dianalisis untuk memprediksi perkembangan akademik siswa secara lebih akurat. (Setiabudi et al., 2022) Sejalan dengan itu, peningkatan keaktifan belajar dapat diarahkan melalui penguatan kebiasaan berpikir yang konstruktif, pengembangan rasa percaya diri siswa, serta peningkatan kompetensi pendidik melalui pelatihan dan pengembangan profesional. (Ruyani & Sudiansyah, 2024) Dengan memanfaatkan prediksi probabilistik, guru dan konselor dapat merancang intervensi yang lebih spesifik, seperti pemberian materi tambahan, pendampingan belajar, atau penyesuaian metode pengajaran. Pendekatan ini sangat penting ketika siswa berada pada tahap kritis pengambilan keputusan akademik, seperti pemilihan jurusan. Dalam situasi tersebut, model Bayes dapat memadukan preferensi minat, hasil tes bakat, dan performa akademik untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih mendekati potensi sebenarnya. Dengan kata lain, metode ini tidak hanya memetakan kondisi yang terlihat saat ini, tetapi juga memprediksi kapasitas perkembangan siswa.

Dalam konteks analisis kebijakan pendidikan, penerapan probabilitas Bayes membantu sekolah memahami pola-pola yang muncul dari kumpulan data besar (big data). Melalui pembaruan probabilitas secara berkala, sekolah dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berkontribusi terhadap keberhasilan akademik, seperti intensitas belajar, keaktifan dalam kelas, atau kualitas interaksi siswa dan guru. Informasi ini dapat dimanfaatkan untuk merumuskan kebijakan yang lebih tepat sasaran, misalnya meningkatkan

layanan bimbingan konseling, memperkuat program remedial, atau mengembangkan kurikulum berbasis minat. Pendekatan Bayesian menjadikan seluruh proses pengambilan keputusan lebih terarah, akuntabel, dan berbasis bukti. Keterlibatan aktif semua pihak, penekanan pada proses yang sistematis, serta keputusan yang dibangun atas dasar data dan bukti empiris sejalan dengan prinsip Pendekatan Bayesian, yang membuat proses pengambilan keputusan menjadi lebih terstruktur, transparan, dan berlandaskan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan.(Wijiati et al., 2025)

Selain itu, model Bayes memiliki keunggulan lain yaitu kemampuannya bekerja dengan data yang tidak lengkap atau noise. Dalam pendidikan, data siswa jarang sepenuhnya akurat atau konsisten. Ada siswa yang nilai dan catatannya tidak lengkap, atau hasil asesmen yang memiliki variabilitas tinggi. Dengan metode Bayesian, kekurangan ini dapat diakomodasi melalui prior yang relevan sehingga estimasi tetap dapat dilakukan tanpa kehilangan makna analitis. Ketika data baru masuk, model akan kembali menyesuaikan posterior sehingga hasil akhir tetap mengikuti kondisi terbaru siswa. Hal ini membuat pendekatan Bayesian sangat praktis dan tahan terhadap ketidaksempurnaan data.

Rumus dasar teorema Bayes yang digunakan dalam penerapan akademik siswa adalah:  $P(A|B) = (P(B|A) \times P(A)) / P(B)$  Dalam konteks pendidikan, A dapat diartikan sebagai “kemungkinan siswa cocok pada jurusan tertentu”, sedangkan B merupakan “data performa terbaru siswa”. Dengan demikian, pendidik dapat menghitung probabilitas kecocokan siswa terhadap suatu jurusan berdasarkan bukti empiris yang terus diperbarui. Rumus ini menjadi landasan penting dalam seluruh proses analisis keputusan berbasis probabilitas.

Secara keseluruhan, penerapan probabilitas Bayes dalam pengambilan keputusan akademik siswa telah terbukti mampu meningkatkan ketepatan prediksi serta kualitas intervensi pendidikan. Pendekatan ini memberikan kerangka analitis yang memadukan pengetahuan awal dengan data baru sehingga sekolah dapat mengidentifikasi pola perkembangan siswa secara lebih akurat. Dengan demikian, guru dan pengambil kebijakan memiliki landasan yang lebih kuat untuk memahami dinamika kemampuan siswa, mulai dari minat, bakat, motivasi belajar, hingga konsistensi performa dalam berbagai kondisi evaluasi. Pendekatan Bayesian ini juga memungkinkan setiap keputusan akademik mempertimbangkan aspek individual siswa, bukan hanya nilai akhir yang bersifat angka, sehingga proses pembinaan menjadi lebih manusiawi dan tepat sasaran.

Selain itu, probabilitas Bayes sangat unggul dalam menangani kondisi ketidakpastian yang kerap muncul dalam data pendidikan. Data akademik sering kali bersifat tidak lengkap, tidak seimbang, dan berubah-ubah, sehingga metode prediksi konvensional cenderung menghasilkan estimasi yang kurang stabil. Dalam konteks ini, model Bayesian menawarkan fleksibilitas untuk memperbarui prediksi secara berkelanjutan seiring munculnya informasi baru, seperti nilai kuis, hasil ujian tengah semester, tingkat kehadiran, atau partisipasi dalam kegiatan akademik. Fleksibilitas ini memungkinkan sekolah mendeteksi lebih dini siswa yang berisiko remedial, membutuhkan pendampingan tambahan, atau siap menerima pengembangan lebih lanjut. Dengan kata lain, pendekatan Bayesian mampu mentransformasikan data mentah menjadi informasi yang relevan dan langsung dapat ditindaklanjuti.

Perkembangan teknologi telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari dunia pendidikan modern. Digitalisasi semakin mempermudah siswa maupun pendidik dalam mengakses berbagai sumber belajar melalui perangkat seperti komputer maupun aplikasi pembelajaran daring yang menawarkan fleksibilitas dalam proses belajar.(Dodi et al., 2025) Transformasi digital ini kemudian membuka ruang yang lebih luas bagi penerapan teknologi lanjutan dalam pendidikan, termasuk machine learning, artificial intelligence, dan analitik prediktif. Berbagai inovasi tersebut semakin memperkuat penggunaan metode Bayesian dalam pengolahan data akademik, karena sistem digital memungkinkan pengumpulan informasi secara lebih cepat, terintegrasi, dan berkelanjutan. Integrasi teknologi ini tidak hanya mendukung proses pembaruan probabilitas berdasarkan data terbaru, tetapi juga menjadikan model Bayesian lebih efektif dalam memantau perkembangan siswa. secara real time serta memberikan rekomendasi pembelajaran yang lebih adaptif dan terpersonalisasi. Banyak algoritma kecerdasan buatan yang digunakan saat ini secara langsung ataupun tidak langsung berakar pada prinsip-prinsip inferensi Bayes, terutama dalam proses pembaruan probabilitas dan pengambilan keputusan berbasis ketidakpastian. Melalui integrasi ini, model prediksi dapat mengolah data akademik dalam jumlah besar secara cepat, akurat, dan adaptif. Dengan dukungan konsep statistik yang matang dan kemampuan komputasi modern, teknologi AI dalam sistem pembelajaran digital kini mampu memberikan rekomendasi otomatis yang benar-benar dipersonalisasi. Rekomendasi tersebut dapat berupa saran materi tambahan yang sesuai kebutuhan, prediksi capaian kompetensi berdasarkan perkembangan terbaru siswa, hingga penyusunan rencana belajar individual yang disesuaikan dengan karakter dan gaya belajar masing-masing siswa.(Chyan et al., 2024) Dengan kemampuan tersebut, metode Bayesian berkontribusi dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih cerdas dan responsif.

Integrasi probabilitas Bayes ke dalam platform pembelajaran digital juga memungkinkan pemantauan perkembangan siswa secara real-time, sekaligus memperbarui prediksi secara instan ketika perilaku belajar mengalami perubahan. Hal ini sangat penting pada era digitalisasi sekolah yang menuntut proses evaluasi

berlangsung lebih cepat dan adaptif. Dashboard akademik yang dilengkapi model Bayesian dapat menampilkan indikator performa siswa secara komprehensif, sehingga guru dapat mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan efektif. Misalnya, ketika seorang siswa menunjukkan penurunan aktivitas belajar, sistem dapat memberikan peringatan dini sebelum kondisi tersebut berdampak pada nilai atau kelulusan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah *studi literatur*, yaitu penelaahan sistematis terhadap berbagai sumber ilmiah yang relevan dengan probabilitas bayes dan penerapannya dalam pengambilan keputusan akademik siswa. (Hermawan, 2019) Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada penguatan konsep, pemetaan teori, serta identifikasi perkembangan riset tanpa melakukan pengumpulan data lapangan. Melalui studi literatur, peneliti dapat menghimpun berbagai temuan ilmiah yang telah dipublikasikan dan menyusunnya menjadi analisis yang terstruktur serta berkontribusi pada pengembangan kajian terkait metode bayesian di bidang pendidikan.

Sumber data yang digunakan berasal dari *buku ilmiah* yang membahas statistika, probabilitas bayes, serta pengambilan keputusan di dunia pendidikan. Selain itu, penelitian memanfaatkan artikel dan jurnal. Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan *library research*, dimulai dari penelusuran kata kunci, seleksi relevansi melalui judul dan abstrak, hingga pengorganisasian dokumen menggunakan manajer referensi akademik. Sumber literatur juga dipilih berdasarkan kredibilitas penerbit serta keterbaruan publikasi agar analisis tetap relevan dengan perkembangan riset terkini. Peneliti memastikan bahwa setiap sumber yang digunakan memiliki kontribusi teoritis maupun metodologis terhadap kajian probabilitas Bayes dalam konteks pendidikan.

Data dianalisis menggunakan analisis isi (*content analysis*), yaitu teknik kualitatif dilakukan secara induktif, yang bertujuan mengidentifikasi, mengelompokkan, dan mensintesis tema-tema penting dari literatur. Proses ini mencakup kegiatan pengkodean untuk menemukan pola terkait konsep dasar probabilitas Bayes, model Bayesian dalam pengambilan keputusan, serta aplikasinya dalam konteks akademik. Hasil sintesis dari berbagai sumber kemudian diintegrasikan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai relevansi, manfaat, serta potensi penerapan probabilitas Bayes dalam mendukung pengambilan keputusan akademik siswa.

## 3. PEMBAHASAN

### Konsep Dasar Probabilitas Bayes

#### 1. Definisi Probabilitas

Probabilitas merupakan konsep dasar dalam statistika yang berkaitan dengan pengukuran tingkat kemungkinan terjadinya suatu peristiwa. Secara umum, probabilitas dapat diartikan sebagai peluang atau kemungkinan suatu kejadian terjadi di antara berbagai kemungkinan lain yang dapat muncul. Konsep ini digunakan untuk memahami dan memprediksi kejadian yang bersifat tidak pasti, terutama dalam situasi yang tidak dapat ditentukan secara pasti sebelumnya. Probabilitas merupakan konsep dasar dalam statistika yang digunakan untuk mengukur peluang terjadinya suatu peristiwa di masa depan. Secara sederhana, probabilitas dapat didefinisikan sebagai ukuran tingkat kemungkinan atau ketidakpastian dari suatu kejadian (event) yang dapat terjadi. (Shodiqin et al., 2022) Sistem pendukung keputusan yang menggunakan metode probabilitas membahas masalah penalaran dan pendukung keputusan terkomputerisasi dibawah ketidakpastian. Probabilitas suatu peristiwa dikaitkan dengan hubungan antar kejadian yang kemungkinan terjadi. Probabilitas adalah ukuran numerik yang digunakan untuk menggambarkan peluang atau kemungkinan suatu kejadian terjadi. Nilai probabilitas berada pada rentang antara 0 hingga 1. Apabila suatu kejadian memiliki probabilitas 0, maka dapat dipastikan peristiwa tersebut tidak akan terjadi. Sebaliknya, jika probabilitasnya bernilai 1, maka peristiwa tersebut pasti terjadi. Ada tiga hal penting dalam membicarakan probabilitas yaitu percobaan (*experiment*), hasil (*outcome*), dan peristiwa (*event*).

##### a. Percobaan (*Experiment*)

Percobaan merupakan suatu kegiatan atau aktivitas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu peristiwa tertentu. Dalam konteks probabilitas, percobaan tidak selalu berarti kegiatan di laboratorium, melainkan segala bentuk tindakan yang dapat menimbulkan hasil yang bervariasi. Misalnya, kegiatan melempar uang koin akan menghasilkan peristiwa munculnya sisi gambar atau angka. Dalam dunia pendidikan, seorang guru yang melakukan penilaian terhadap siswanya dapat dianggap sebagai percobaan karena akan menghasilkan peristiwa berupa nilai yang berbeda-beda, seperti cukup, baik, atau sangat baik. Demikian pula, dalam pertandingan olahraga, percobaan dapat berupa proses pertandingan yang melahirkan hasil menang, kalah, atau seri. Semua kegiatan tersebut disebut percobaan karena berpotensi melahirkan hasil yang tidak pasti.

b. Hasil (*Outcome*)

Hasil merupakan konsekuensi atau keluaran yang diperoleh dari suatu percobaan. Setiap percobaan pasti memiliki hasil tertentu, dan hasil ini bisa berbeda tergantung pada kondisi atau faktor yang memengaruhinya. Misalnya, dari kegiatan melempar koin akan diperoleh dua kemungkinan hasil, yaitu sisi angka atau sisi gambar. Dalam konteks pendidikan, hasil belajar siswa merupakan outcome dari proses pembelajaran yang telah dilakukan, di mana setiap siswa dapat memperoleh hasil yang berbeda sesuai dengan tingkat usahanya. Dengan demikian, hasil dapat diartikan sebagai semua kemungkinan yang dapat terjadi dari suatu aktivitas atau percobaan tertentu.

c. Peristiwa (*Event*)

Peristiwa merupakan kumpulan dari satu atau lebih hasil yang muncul dari suatu percobaan. Dengan kata lain, peristiwa adalah bentuk terjadinya hasil dari sebuah kegiatan yang dilakukan. Setiap percobaan hanya dapat menghasilkan satu peristiwa pada satu waktu. Misalnya, dalam pertandingan sepak bola, hanya ada satu hasil akhir yang mungkin tim menang, kalah, atau seri. Dalam pembelajaran di kelas, peristiwa dapat berupa seorang siswa berhasil memahami materi dengan baik atau sebaliknya mengalami kesulitan dalam memahami pelajaran. Oleh karena itu, peristiwa menjadi representasi nyata dari hasil yang diperoleh dalam setiap percobaan atau kegiatan. Pendekatan yang terstruktur untuk menilai frekuensi terjadinya suatu peristiwa tertentu serta dampak atau kerugian yang mungkin timbul akibat peristiwa tersebut. (Zefri et al., 2022)

Melalui penerapan konsep probabilitas, seseorang dapat menarik kesimpulan atau membuat prediksi terhadap karakteristik populasi berdasarkan data yang diperoleh dari sampel. Proses ini dikenal dengan pendekatan induktif, yaitu menarik kesimpulan umum dari data-data khusus yang diamati. Dalam konteks pengambilan keputusan, probabilitas membantu individu, maupun menganalisis data penelitian yang mengandung unsur ketidakpastian.

## 2. Identifikasi Probabilitas Bayes

Probabilitas bayes merupakan konsep sentral dalam statistika modern yang menyediakan kerangka formal untuk memperbarui keyakinan mengenai suatu peristiwa ketika bukti baru tersedia. Secara intuitif, pendekatan Bayesian memulai dari suatu *prior probability* yakni estimasi awal berdasarkan pengetahuan atau data historis kemudian mengkombinasikannya dengan bukti baru melalui Teorema Bayes untuk menghasilkan *posterior probability* yang lebih informatif dan kontekstual. Kerangka ini sangat cocok untuk konteks pendidikan, di mana penilaian terhadap siswa sering kali memerlukan integrasi berbagai jenis informasi yang datang secara bertahap, seperti riwayat nilai, asesmen formatif, observasi guru, dan faktor non-akademik.

Secara matematis, Teorema Bayes menyatakan bahwa probabilitas bersyarat suatu hipotesis  $H$  diberikan data  $D$  adalah proporsional terhadap likelihood data tersebut dikalikan dengan prior:  $P(H|D) \propto P(D|H)P(H)$ . Prinsip ini memungkinkan pengambil keputusan untuk menggabungkan bukti baru secara eksplisit dan mengkuantifikasi ketidakpastian dalam estimasi akhir. Dalam praktiknya, model Bayesian yang sederhana seperti *Bayesian logistic regression* atau *Bayesian hierarchical models* telah banyak diadopsi untuk memodelkan performa akademik yang berlapis (mis. siswa dalam kelas, kelas dalam sekolah), karena kemampuan model hierarkis untuk memisahkan variasi antar level dan menggabungkan informasi pada tingkat yang berbeda. (Mosia et al., 2025)

Dalam ranah pengambilan keputusan akademik, penerapan Bayes memberi beberapa keuntungan praktis. Pertama, Bayes menyediakan mekanisme formal untuk menggabungkan data yang heterogen dan tidak lengkap; misalnya, ketika nilai ujian tidak tersedia untuk semua siswa atau ketika informasi perilaku hanya berupa observasi kualitatif. Kedua, pendekatan Bayesian memudahkan pembaruan estimasi seiring bertambahnya data fitur yang penting untuk intervensi pendidikan yang bersifat adaptif. Ketiga, dengan memodelkan ketidakpastian secara eksplisit, Bayes membantu pengambil kebijakan menimbang risiko dan kepercayaan terhadap suatu sehingga keputusan menjadi lebih transparan dan berbasis bukti. (Haas et al., 2023)

Perkembangan metode Bayesian dalam berbagai disiplin, termasuk pendidikan. Kruschke, memberikan panduan praktis untuk menerapkan analisis Bayesian menggunakan perangkat lunak modern dan menekankan pendekatan tutorial yang mempermudah adopsi oleh peneliti terapan; sementara tulisan mengenai *Bayesian workflow*. Gelman, menekankan pentingnya iterasi model, pemeriksaan kecocokan model, dan validasi prediktif sebagai bagian dari praktik Bayesian yang baik. (Budiasto et al., 2025) Buku-buku terbaru dan monografi juga menyoroti bagaimana pendekatan Bayesian dipadukan dengan teknik komputasi sehingga aplikasi pada dataset pendidikan yang besar dan kompleks menjadi lebih mudah dilaksanakan.

Tujuan utama Bayesian adalah membangun suatu model yang merepresentasikan kondisi nyata guna memperoleh solusi atas permasalahan yang dihadapi. Kasus-kasus di lapangan umumnya bersifat kompleks karena mengandung banyak ketidakpastian serta kemungkinan munculnya variabel atau bukti baru. Untuk menggambarkan situasi tersebut secara lebih akurat, diperlukan suatu representasi berupa

model. Model berfungsi menyediakan kerangka yang membantu individu maupun organisasi memenuhi kebutuhan informasi terkait satu atau beberapa aspek dari objek tertentu, baik objek tersebut bersifat fisik maupun non-fisik. Metode machine learning modern guna memperbaiki performa prediksi pada kondisi data yang sparse atau noisy. (Andika et al., 2025)

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penerapan Bayes juga menuntut pertimbangan praktis: pemilihan prior yang sesuai, beban komputasi untuk model kompleks, serta kebutuhan transparansi ketika model digunakan untuk keputusan yang berdampak pada siswa. Oleh karena itu, penerapan Bayes di lingkungan pendidikan hendaknya diiringi dengan praktik validasi yang ketat dan komunikasi hasil yang mudah dipahami oleh pemangku kepentingan non-teknis. Secara keseluruhan, probabilitas Bayes menawarkan landasan teoritis dan alat praktis yang kuat bagi sistem pengambilan keputusan akademik. Dengan pendekatan yang benar memilih model yang tepat, menetapkan prior yang informatif, dan melakukan validasi Bayes dapat meningkatkan ketepatan dan akuntabilitas keputusan akademik, terutama dalam kondisi data yang kompleks dan dinamis.

## **Probabilitas Bayes dalam Sistem Pengambilan Keputusan**

### **1. Konsep Probabilitas Dalam Pengambilan Keputusan**

Dalam proses pengambilan keputusan, seseorang sering kali dihadapkan pada kondisi yang tidak pasti dan kompleks, di mana berbagai alternatif pilihan memiliki konsekuensi yang berbeda. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) muncul sebagai solusi teknologi yang membantu individu atau organisasi dalam menganalisis informasi dan menentukan pilihan terbaik berdasarkan data yang tersedia. Dalam konteks ini, konsep probabilitas menjadi dasar penting bagi sistem tersebut, karena mampu mengukur tingkat ketidakpastian dan memperkirakan kemungkinan hasil yang akan terjadi dari setiap alternatif keputusan.

#### **a. Sebagai Dasar Pertimbangan dalam Situasi Tidak Pasti**

Dalam proses pengambilan keputusan, ketidakpastian sering menjadi hambatan utama yang mempengaruhi kemampuan berpikir logis. Pendekatan berbasis probabilitas memberikan ukuran kuantitatif terhadap tingkat ketidakpastian tersebut, sehingga pengambil keputusan dapat menilai seberapa besar peluang munculnya suatu hasil. Dengan cara ini, keputusan tidak lagi semata-mata bergantung pada intuisi, tetapi berdasar pada analisis peluang yang lebih objektif. Selain itu, penggunaan probabilitas memungkinkan pengambil keputusan mengidentifikasi pola dari data historis. Pola tersebut kemudian dimanfaatkan untuk memperkirakan kondisi di masa mendatang, seperti proyeksi penjualan, permintaan pasar, ataupun kinerja lembaga. Dengan demikian, probabilitas tidak hanya menyediakan ukuran mengenai kemungkinan suatu peristiwa, tetapi juga meningkatkan kemampuan prediksi (*predictive intelligence*) dalam proses pengambilan keputusan.

#### **b. Membantu Evaluasi Risiko dan Alternatif**

Probabilitas juga sangat penting dalam analisis risiko pada setiap alternatif keputusan. Risiko dalam hal ini dipahami sebagai selisih antara hasil aktual dengan hasil yang diharapkan. Melalui pendekatan probabilistik, SPK dapat mengukur potensi risiko dari tiap alternatif menggunakan indikator seperti varians atau standar deviasi dari berbagai kemungkinan hasil. Sebagai ilustrasi, sektor perbankan menggunakan probabilitas untuk mengukur kemungkinan gagal bayar debitur berdasarkan data riwayat pinjaman. Dalam dunia pendidikan, pendekatan serupa digunakan untuk menilai tingkat risiko penerapan program baru misalnya kurikulum atau sistem pembelajaran digital dengan membandingkan peluang keberhasilan dan kegagalannya. Dengan demikian, probabilitas membantu pengambil keputusan menentukan opsi paling seimbang antara manfaat dan risiko yang dapat diterima. Selain itu, penilaian risiko berbasis probabilitas juga memperkuat prinsip kehati-hatian dalam manajemen organisasi. SPK dapat menghasilkan simulasi risiko yang akurat dari data probabilistik, sehingga membantu organisasi menentukan strategi mitigasi yang tepat. Dengan kata lain, analisis probabilitas menjadi instrumen penting dalam memperkuat fungsi manajerial dan pengendalian risiko di berbagai bidang.

#### **c. Meningkatkan Kualitas Keputusan**

Konsep probabilitas dalam SPK berkontribusi besar terhadap peningkatan kualitas keputusan, karena menyediakan dasar penilaian alternatif secara lebih terukur. Dengan mempertimbangkan peluang keberhasilan dan kemungkinan kegagalan, keputusan yang diambil menjadi lebih objektif dan mendekati hasil optimal. Probabilitas juga menjadi dasar dalam menghitung *expected value*, yaitu nilai rata-rata dari berbagai kemungkinan hasil keputusan. Dalam manajemen pendidikan, misalnya, probabilitas dapat dipakai untuk menilai efektivitas kebijakan sekolah melalui data capaian belajar siswa maupun tingkat kehadiran guru. Pada dunia bisnis, konsep ini digunakan untuk menentukan strategi produksi atau distribusi dengan memperhatikan fluktuasi permintaan konsumen. Melalui penerapan probabilitas, SPK mampu mengurangi subjektivitas dan memperkuat dasar analisis kuantitatif. Selain itu, kualitas keputusan meningkat karena probabilitas memungkinkan analisis

sensitivitas terhadap berbagai skenario. Pengambil keputusan dapat melihat bagaimana perubahan kecil pada variabel masukan berpengaruh pada hasil akhir. Oleh karena itu, probabilitas menjadikan keputusan lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika lingkungan yang terus berubah.

d. Sebagai Alat Bantu dalam Perencanaan Strategis

Dalam jangka panjang, pendekatan probabilistik memiliki peran vital dalam menyusun perencanaan strategis organisasi. Melalui analisis probabilitas, pengambil keputusan dapat memprediksi kecenderungan hasil masa depan dan menentukan arah kebijakan yang paling efektif. Dalam SPK, berbagai model probabilistik seperti *decision tree*, *Bayesian network*, atau *Monte Carlo simulation* sering digunakan untuk menyusun strategi di bawah kondisi ketidakpastian. Sebagai contoh, lembaga pendidikan dapat memanfaatkan analisis probabilitas untuk menetapkan strategi peningkatan mutu melalui proyeksi tingkat kelulusan, minat siswa, hingga ketersediaan sumber daya. Pada sektor bisnis, simulasi probabilistik digunakan manajer untuk merumuskan keputusan terkait ekspansi, investasi, ataupun pengembangan produk baru dengan tingkat risiko minimal. Selain memberikan arah kebijakan, pendekatan probabilitas dalam perencanaan strategis juga meningkatkan kemampuan organisasi dalam menghadapi perubahan lingkungan. SPK berbasis probabilistik membantu organisasi menyesuaikan strategi secara cepat dan akurat sesuai perkembangan pasar maupun teknologi. Dengan demikian, probabilitas menjadi fondasi penting dalam memastikan keberlanjutan dan daya saing organisasi di era digital.

## 2. Probabilitas Bayes Dalam Pengambilan Keputusan

Probabilitas Bayes memainkan peran penting dalam desain dan implementasi sistem pengambilan keputusan (*decision support systems*) di berbagai domain, termasuk pendidikan. Bayes merupakan penerapan dari teori probabilitas yang berfungsi sebagai pendekatan untuk merepresentasikan tingkat keyakinan atau informasi yang dimiliki terhadap kemungkinan terjadinya maupun telah terjadinya suatu peristiwa dalam proses pengambilan keputusan. (Rizqi et al., 2024) Dalam konteks SPK, pendekatan Bayesian menyediakan kerangka formal untuk menggabungkan bukti yang beragam dan ketidakpastian menjadi estimasi probabilistik yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Berbeda dengan metode deterministik, model Bayesian memberi keluaran dalam bentuk distribusi posterior yang memuat informasi mengenai kecenderungan dan tingkat ketidakpastian, sehingga pembuat kebijakan dapat menimbang opsi berdasarkan probabilitas dan risiko yang terukur.

Salah satu kontribusi utama Bayesian untuk SPK adalah kemampuannya menangani data yang tidak lengkap atau heterogen. Di sekolah, data mengenai performa siswa seringkali tersebar dalam berbagai format nilai kuantitatif, observasi guru, hasil asesmen formatif, dan catatan kehadiran yang tidak selalu lengkap untuk setiap siswa. Model Bayesian, seperti jaringan Bayes (*Bayesian Networks*) atau model hierarkis Bayesian, memungkinkan integrasi data tersebut dengan menggunakan prior yang informatif dan likelihood yang sesuai, sehingga menghasilkan posterior yang lebih robust meskipun data awal terbatas. Pendekatan ini juga mendukung pembaruan berkelanjutan, ketika data baru masuk, posterior lama dapat diperbarui menjadi posterior baru tanpa perlu membangun ulang model dari awal.

Dalam praktiknya, aplikasi Bayesian dalam SPK pendidikan dapat membentuk sistem rekomendasi jurusan, prediksi kelulusan, identifikasi dini siswa berisiko, hingga penentuan intervensi pembelajaran. Misalnya, sebuah sistem rekomendasi dapat menggunakan priors berdasarkan data historis jurusan yang sukses, kemudian menggabungkannya dengan bukti individual siswa (minat, nilai, prestasi non-akademik) untuk menghitung probabilitas kesesuaian jurusan bagi tiap siswa. Hasil probabilistik ini memberikan dasar yang transparan untuk memberikan saran kepada siswa dan orang tua, serta memudahkan komunikasi mengenai tingkat keyakinan keputusan yang diambil.

Perkembangan komputasi dan perangkat lunak probabilistik dalam satu dekade terakhir telah menurunkan hambatan teknis penerapan Bayesian dalam SPK. Dengan alat-alat ini, peneliti dan praktisi pendidikan dapat membangun model kompleks seperti model hierarkis atau model campuran yang mempertimbangkan struktur data pendidikan dan variabel kontekstual lainnya. (Chen et al., 2024) Literatur terbaru juga menunjukkan integrasi Bayesian dengan teknik *machine learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi sekaligus mempertahankan interpretabilitas model, sebuah kombinasi yang sangat berharga untuk aplikasi pendidikan di mana transparansi keputusan menjadi penting.

Dalam penerapan Bayesian di SPK pendidikan tidak lepas dari tantangan. Pertama, pemilihan *prior* yang tidak tepat dapat mempengaruhi hasil posterior, terutama ketika data awal sangat terbatas; oleh karena itu, proses elicitation prior dan uji sensitivitas menjadi langkah penting dalam pengembangan model. Kedua, model Bayesian yang kompleks memerlukan sumber daya komputasi dan keahlian statistik yang memadai, yang mungkin menjadi kendala bagi lembaga pendidikan dengan kapasitas terbatas. Ketiga, interpretasi hasil probabilistik memerlukan komunikasi yang hati-hati agar pemangku kepentingan non-teknis (guru, orang tua, siswa) memahami arti probabilitas dan batasan model.

Untuk mengatasi tantangan ini, praktik terbaik yang direkomendasikan mencakup: (1) penggunaan prior yang transparan dan berbasis bukti; (2) validasi model melalui *posterior predictive checks* dan

teknik cross-validation; (3) penyederhanaan model bila perlu untuk menjaga keterbacaan; dan (4) pelatihan pemangku kepentingan mengenai interpretasi probabilitas. Dengan langkah-langkah tersebut, SPK berbasis Bayesian dapat meningkatkan kualitas keputusan akademik, mempercepat identifikasi intervensi yang efektif, serta memperkuat akuntabilitas proses pengambilan keputusan.

Untuk memperjelas mekanisme kerja pendekatan Bayesian dalam sistem pengambilan keputusan, rumus dasar Probabilitas Bayes dapat dituliskan sebagai berikut:  $P(A|B) = (P(B|A) \times P(A)) / P(B)$ . Rumus tersebut menunjukkan bahwa probabilitas suatu kejadian A setelah mempertimbangkan bukti B (disebut *posterior*) dihitung berdasarkan peluang munculnya bukti B jika A benar (*likelihood*), dikalikan dengan probabilitas awal A (*prior*), kemudian dibagi dengan probabilitas total terjadinya B. Dalam konteks pengambilan keputusan pendidikan, A dapat berupa “siswa cocok pada jurusan tertentu”, sedangkan B adalah bukti seperti nilai, minat, atau hasil asesmen bakat. Dengan demikian, sistem dapat memberikan rekomendasi yang tidak hanya mempertimbangkan data saat ini, tetapi juga informasi historis atau pola umum.

Probabilitas Bayes menawarkan pendekatan yang fleksibel dan kuat untuk SPK di bidang pendidikan: mampu mengintegrasikan data heterogen, memperbarui keyakinan secara dinamis, dan menyediakan keluaran yang kuantitatif terkait tingkat ketidakpastian. Meskipun memerlukan perhatian terhadap pemilihan prior, komputasi, dan komunikasi hasil, manfaat praktisnya dalam hal transparansi, akurasi prediksi, dan kemampuan adaptasi membuat pendekatan Bayesian layak dipertimbangkan dalam setiap upaya perbaikan sistem pengambilan keputusan akademik.

Model Bayesian juga memiliki kemampuan untuk mengakomodasi hubungan sebab akibat dalam sistem pendidikan. Misalnya, ketika sekolah ingin mengetahui faktor mana yang paling memengaruhi keberhasilan siswa dalam mata pelajaran tertentu, model Bayesian dapat menyusun struktur graf probabilistik yang memetakan potensi relasi antarvariabel seperti motivasi, kualitas pengajaran, kehadiran, serta kondisi psikososial siswa. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya menghasilkan prediksi, tetapi juga memungkinkan eksplorasi mekanisme yang mendasari fenomena pendidikan. Fitur ini sangat penting dalam konteks kebijakan berbasis bukti, ketika pengambil keputusan memerlukan pemahaman akan *mengapa* suatu intervensi mungkin efektif. Berdasarkan model Bayesian seperti *Item Response Theory* berbasis Bayes, sistem dapat menyesuaikan tingkat kesulitan soal berikutnya sesuai kemampuan siswa. Pendekatan adaptif ini telah terbukti meningkatkan efektivitas pembelajaran karena memberikan pengalaman asesmen yang lebih personal, akurat, dan efisien.

Pendekatan Bayesian juga dapat digunakan untuk penentuan alokasi sumber daya pendidikan. Misalnya, ketika sekolah ingin mengoptimalkan program bimbingan belajar untuk siswa dengan risiko gagal, model Bayesian mampu menghitung probabilitas risiko tiap siswa berdasarkan data historis dan bukti terbaru. Dengan demikian, sekolah dapat memprioritaskan intervensi secara lebih strategis, bukan sekadar berdasarkan intuisi atau penilaian subjektif. Implementasi seperti ini terbukti meningkatkan efisiensi program dan memaksimalkan dampak pendidikan terhadap kelompok sasaran. Dalam proses pengambilan keputusan, suatu permasalahan dapat diselesaikan dengan memilih alternatif yang menghasilkan dampak paling optimal. Melalui pendekatan keputusan preskriptif dan pemodelan jaringan Bayesian, jalur penyebab dapat ditelusuri kembali sehingga faktor-faktor risiko yang berpengaruh dapat diidentifikasi secara lebih sistematis.

Model Bayesian relatif lebih mudah dijelaskan kepada pemangku kepentingan. Nilai prior, likelihood, dan pembaruan posterior dapat dijelaskan secara terbuka sehingga menghasilkan sistem pengambilan keputusan yang lebih akuntabel. Transparansi ini menjadi isu penting dalam pendidikan, mengingat keputusan yang dihasilkan misalnya terkait rekomendasi jurusan atau evaluasi keberhasilan siswa dapat berdampak langsung pada masa depan peserta didik. Meskipun memerlukan perhatian terhadap pemilihan prior, komputasi, dan komunikasi hasil, manfaat praktisnya dalam hal transparansi, akurasi prediksi, dan kemampuan adaptasi membuat pendekatan Bayesian layak dipertimbangkan dalam setiap upaya perbaikan sistem pengambilan keputusan akademik dan metode bayes mempercepat proses pengambilan keputusan. (Sudrajat et al., 2022)

### Penerapan Probabilitas Bayes dalam Akademik Siswa

Penerapan probabilitas Bayes dalam konteks akademik siswa menawarkan pendekatan kuantitatif yang fleksibel dan informatif untuk berbagai masalah keputusan pendidikan. Secara umum, model Bayesian memungkinkan integrasi antara pengetahuan awal (*prior*) dengan bukti baru (data observasi) sehingga menghasilkan estimasi probabilistik yang dapat dipakai untuk mengambil keputusan berbasis risiko dan tingkat keyakinan. Di bawah ini dipaparkan beberapa contoh penerapan yang relevan di lingkungan sekolah dan lembaga pendidikan.

#### 1. Prediksi Kelulusan

Prediksi kelulusan dalam konteks pendidikan merupakan proses yang kompleks dan memerlukan analisis multidimensional, sehingga pendekatan Bayesian menjadi sangat relevan untuk



menghasilkan estimasi yang lebih akurat dan berlapis. Dengan mempertimbangkan prior berupa data historis seperti nilai rapor, catatan kehadiran, konsistensi tugas, hingga riwayat remedial, model bayesian mampu menghasilkan gambaran awal tentang peluang keberhasilan siswa pada mata pelajaran tertentu atau kelulusan akhir. Model bayes yang dirancang untuk memprediksi kelulusan tepat waktu dengan tingkat akurasi yang baik. (Julkarnain & Yustiardin, 2024) Ketika data baru masuk misalnya nilai ujian harian, progres tugas proyek, atau hasil penilaian formatif model secara otomatis memperbarui nilai posterior sehingga prediksi menjadi lebih tepat dan mencerminkan kondisi terkini siswa. Selain itu, pendekatan ini juga bermanfaat dalam mengidentifikasi faktor risiko yang tidak terlihat dalam analisis tradisional, seperti pola penurunan performa bertahap atau ketidaksesuaian antara kemampuan akademik dan tingkat kesulitan materi. Penggunaan model Bayesian dalam prediksi kelulusan juga memberikan fleksibilitas untuk memasukkan variabel lingkungan, seperti dukungan keluarga, kondisi psikologis, atau stabilitas sosial, sehingga keputusan intervensi lebih tepat sasaran. Dengan demikian, estimasi probabilitas kelulusan tidak hanya menjadi angka, tetapi informasi strategis bagi guru dan sekolah untuk merancang intervensi lebih dini.

Prediksi Kelulusan Rumus umum teorema Bayes adalah:  $P(A|B) = (P(B|A) P(A)) / P(B)$   
 Rumus khusus untuk prediksi kelulusan adalah:  $P(Lulus|Data) = (P(Data|Lulus) P(Lulus)) / P(Data)$   
 Dalam konteks pendidikan, variabel dalam rumus tersebut dimaknai sebagai berikut:

- A = kondisi siswa yang ingin diprediksi (misalnya: siswa akan lulus).
- B = bukti atau data baru yang diperoleh (nilai, kehadiran, tugas, ujian).
- P(A) = prior atau peluang awal siswa lulus berdasarkan data historis.
- P(B|A) = peluang munculnya bukti B jika siswa memang berpotensi lulus.
- P(A|B) = posterior atau peluang akhir setelah bukti baru diperhitungkan.

Dalam contoh prediksi kelulusan, rumus ini bekerja sebelum menentukan apakah siswa lulus atau tidak, dengan memperbarui probabilitas berdasarkan bukti terbaru. Misalnya, jika nilai sebelumnya menunjukkan peluang 0,7 untuk lulus, kemudian siswa memperoleh hasil ujian yang tinggi (bukti kuat), maka posterior  $P(Lulus|Data)$  meningkat dan memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai status akademik siswa. Penjelasan tambahan: Rumus Bayes membantu pendidik menilai probabilitas kelulusan secara objektif. Data seperti konsistensi nilai, pola tugas, atau kehadiran menjadi bukti (B) yang memperbarui prior kelulusan. Semakin kuat bukti mendukung performa positif, semakin besar posterior  $P(Lulus|Data)$ , sehingga guru dapat memberikan intervensi lebih tepat sasaran.

## 2. Penentuan Jurusan

Penentuan jurusan merupakan keputusan penting yang berdampak jangka panjang pada jalur akademik dan karier siswa, sehingga penerapan probabilitas Bayes memberikan nilai tambah signifikan dalam proses ini. Permasalahan yang kerap muncul adalah banyak siswa mengalami kesulitan dalam menentukan jurusan yang akan dipilih. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman mengenai karakteristik jurusan serta tujuan yang ingin dicapai, sehingga menyulitkan mereka dalam menyesuaikan pilihan jurusan dengan minat dan target pendidikan. (Suharyanto & Zein, 2022) Dengan memanfaatkan data awal berupa minat siswa, kecenderungan akademik, nilai mata pelajaran tertentu, hasil asesmen bakat, serta jejak keberhasilan alumni, model dapat membentuk prior yang representatif. Ketika siswa mengikuti tes tambahan atau menunjukkan perkembangan dalam mata pelajaran tertentu, bukti baru tersebut memperbarui posterior sehingga rekomendasi jurusan menjadi lebih personal dan akurat. Tidak hanya itu, model Bayesian juga memungkinkan lembaga pendidikan menilai kecocokan siswa terhadap jurusan berdasarkan pola historis kesuksesan, misalnya apakah siswa dengan karakteristik tertentu biasanya berhasil pada jurusan IPA, IPS, atau keagamaan. Pendekatan ini membantu mengurangi subjektivitas konselor dan orang tua, karena keputusan didasarkan pada probabilitas yang dapat diverifikasi, bukan sekadar persepsi. Dengan demikian, penentuan jurusan berbasis Bayesian tidak hanya memberikan rekomendasi yang kuat, tetapi juga meningkatkan kepercayaan siswa melalui keputusan yang transparan dan terukur.

Prediksi Pemilihan Jurusan Rumus umum Bayes:  $P(A|B) = (P(B|A) P(A)) / P(B)$   
 Rumus khusus untuk penentuan kecocokan jurusan:  $P(Jurusan|Data) = (P(Data|Jurusan) P(Jurusan)) / P(Data)$   
 Makna variabel dalam konteks pendidikan:

- A = kondisi yang ingin diprediksi (misalnya “siswa cocok jurusan IPS/IPA/Keagamaan”).
- B = bukti atau data baru (nilai mapel tertentu, minat, hasil tes bakat, gaya belajar).
- P(A) = prior kecocokan jurusan berdasarkan riwayat nilai atau pola kemampuan.
- P(B|A) = peluang munculnya bukti jika siswa memang cocok jurusan tersebut.
- P(A|B) = posterior atau peluang akhir setelah bukti terbaru dianalisis.

Rumus ini bekerja sebelum menentukan kecocokan jurusan dengan memperbarui peluang berdasarkan data baru. Misalnya, seorang siswa memiliki prior 0,5 cocok jurusan IPA berdasarkan nilai sains. Setelah masuk bukti berupa hasil tes logika tinggi (B), maka posterior  $P(\text{IPA}|\text{B})$  meningkat. Pendekatan ini memberi rekomendasi jurusan yang lebih objektif dan adaptif terhadap bukti empiris. Sebagai contoh, jika seorang siswa memiliki prior peluang 0,6 untuk cocok pada jurusan IPA berdasarkan nilai sebelumnya, dan nilai tes bakat terbaru memberi bukti kuat, maka posterior akan meningkat sehingga rekomendasi jurusan menjadi lebih meyakinkan. Proses pembaruan ini dapat terus berlangsung setiap kali data baru masuk. Pendekatan Bayesian memungkinkan keputusan bersifat adaptif, berbasis data, dan minim bias subjektif.

### 3. Analisis Nilai Ujian

Analisis nilai ujian menggunakan model Bayesian memberikan keunggulan dalam memetakan kemampuan siswa secara lebih komprehensif dan akurat, terutama ketika kualitas butir soal atau proses evaluasi mengandung ketidakpastian. Penerapan analisis nilai ujian berbasis model Bayesian menjadi langkah penting dalam memprediksi mahasiswa yang berpotensi unggul mata kuliah. Dengan menjadikan nilai ujian sebagai bukti utama yang terus memperbarui estimasi kemampuan siswa, model Bayesian mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Melalui pendekatan ini, proses identifikasi dapat dilakukan lebih dini karena sistem tidak hanya bergantung pada satu nilai semata, tetapi memanfaatkan pola performa siswa secara probabilistik. (Irfan et al., 2024) Dalam pendekatan ini, setiap nilai ujian dipandang sebagai bukti yang memperbarui estimasi kemampuan siswa secara bertahap, bukan sekadar hasil tunggal yang berdiri sendiri. Model Bayesian seperti *Item Response Theory* (IRT) versi Bayesian memungkinkan sekolah untuk menilai apakah suatu nilai mencerminkan kompetensi siswa secara konsisten atau dipengaruhi faktor lain seperti tingkat kesulitan soal, konteks pembelajaran, atau kondisi psikologis saat ujian. Selain itu, pendekatan ini membantu mendeteksi adanya butir soal bias, misalnya yang terlalu mudah atau terlalu sulit untuk siswa tertentu, sehingga instrumen penilaian dapat diperbaiki. Bahkan, dalam sistem asesmen adaptif komputerisasi (CAT), Bayesian digunakan untuk memilih soal berikutnya berdasarkan kemampuan yang sedang diperkirakan, sehingga hasil akhir jauh lebih akurat dan efisien. Hal ini memastikan bahwa nilai ujian benar-benar mencerminkan kemampuan siswa, bukan sekadar angka dari tes sesaat.

### 4. Penentuan Siswa Remedial

Penentuan siswa remedial seringkali menjadi tantangan di sekolah karena memerlukan data yang akurat untuk memastikan bahwa intervensi diberikan kepada siswa yang benar-benar membutuhkan. Pendekatan Bayesian mempermudah proses ini karena mampu memadukan berbagai bukti seperti nilai harian, proses pengerjaan tugas, catatan observasi guru, serta tingkat pemahaman konsep yang ditunjukkan siswa. Dengan memanfaatkan prior berdasarkan performa sebelumnya dan memperbaruinya dengan data terkini, sekolah dapat mengetahui probabilitas seorang siswa mengalami kesulitan pada kompetensi tertentu. Hal ini memungkinkan guru memprioritaskan intervensi secara lebih objektif dan menghindari bias penilaian. Tidak hanya itu, Bayesian juga memungkinkan sekolah mengevaluasi efektivitas remedial secara real time: jika performa siswa meningkat setelah intervensi, posterior akan berubah dan menurunkan tingkat risiko. Dengan demikian, program remedial dapat disesuaikan secara bertahap berdasarkan kebutuhan siswa, sehingga pembelajaran menjadi jauh lebih efektif dan personal.

Rumus khusus:  $P(\text{Risiko Mengulang}|\text{Data}) = \frac{P(\text{Data}|\text{Risiko Mengulang}) \cdot P(\text{Risiko Mengulang})}{P(\text{Data})}$  Makna variabel:

- A = kondisi risiko akademik.
- B = bukti baru (rekap tugas, tingkat ketuntasan kompetensi, frekuensi remedial).
- $P(A)$  = prior risiko mengulang dari data historis.
- $P(B|A)$  = peluang munculnya bukti jika siswa memang berisiko.
- $P(A|B)$  = posterior risiko setelah bukti terbaru masuk

Jika data historis menunjukkan prior 0,3 bahwa seorang siswa berisiko mengulang, tetapi data terbaru menunjukkan hasil remedial yang sering dan kehadiran rendah, maka  $P(B|A)$  tinggi dan posterior meningkat. Guru dapat memberi intervensi lebih cepat karena analisis berbasis probabilitas yang terus diperbarui.

### 5. Evaluasi Performa Siswa

Evaluasi performa siswa melalui kerangka Bayesian menawarkan cara yang lebih luas dalam memahami perkembangan belajar, karena mampu mengintegrasikan berbagai sumber data secara dinamis. Selain menggabungkan nilai atau skor kuantitatif, pendekatan ini memungkinkan memasukkan data kualitatif seperti catatan observasi guru, portofolio pekerjaan siswa, refleksi belajar, hingga aspek perilaku serta kondisi psikososial siswa dan partisipasi kelas. (Praditya et al., 2025) Seluruh data tersebut dipandang sebagai bukti yang memperbarui estimasi kemampuan siswa

secara bertahap. Keunggulan lain adalah kemampuan Bayesian untuk menampilkan *range of uncertainty* sehingga guru tidak hanya melihat skor akhir, tetapi juga tingkat kepastian atau ketidakpastian dari estimasi tersebut. Ini penting dalam konteks pendidikan yang seringkali sarat variabel psikologis dan sosial. Selain itu, kerangka Bayesian juga dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas strategi pengajaran atau modul pembelajaran dengan membandingkan posterior dari kelompok siswa tertentu sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya bermanfaat dalam evaluasi individual, tetapi juga dalam pengambilan keputusan tingkat kurikulum atau manajemen sekolah.

Secara praktik, prediksi kelulusan merupakan salah satu aplikasi yang paling umum: model Bayesian menggunakan data historis (mis. nilai semester, absensi, hasil asesmen formatif) sebagai prior, lalu memperbarui estimasi ketika muncul data terbaru (mis. nilai ujian akhir atau hasil remedial). Pendekatan ini memberi probabilitas kelulusan per siswa ketimbang keputusan biner, sehingga sekolah dapat mengidentifikasi siswa dengan risiko tinggi lebih dini dan merancang intervensi yang tepat. Studi-studi learning analytics juga menunjukkan bahwa model Bayesian mampu memberikan prediksi yang tahan terhadap data yang hilang dan lebih stabil pada sampel kecil dibandingkan metode frekuentis.

Penerapan probabilitas Bayes dalam konteks akademik siswa memberikan alat yang kuat untuk meningkatkan ketepatan, transparansi, dan responsivitas dalam proses pengambilan keputusan pendidikan. Dengan menggabungkan data historis, observasi terbaru, dan faktor-faktor kontekstual, pendekatan ini mampu menghasilkan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kondisi belajar siswa. Selain itu, Bayes tidak hanya membantu menghasilkan estimasi probabilistik, tetapi juga memberikan tingkat keyakinan atas setiap keputusan sehingga guru, konselor, maupun pihak sekolah dapat menyusun strategi yang lebih tepat sasaran.

Selain itu, pendekatan Bayesian juga dapat dikembangkan lebih jauh melalui integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) dan *machine learning* dalam konteks pendidikan modern. Model-model Bayesian hierarkis, misalnya, memungkinkan sekolah dan guru memahami variasi performa siswa tidak hanya pada level individu, tetapi juga pada level kelas, kelompok belajar, atau bahkan kurikulum. Dengan memasukkan struktur hierarkis ini, evaluasi menjadi jauh lebih akurat karena mempertimbangkan perbedaan lingkungan belajar dan kualitas pengajaran. Hal ini sangat penting mengingat performa siswa sering kali dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal seperti gaya mengajar guru, fasilitas belajar, maupun kondisi sosial ekonomi.

Kemajuan teknologi juga memungkinkan Bayesian digunakan dalam sistem *early warning* akademik. Melalui pembaruan posterior secara berkala, sekolah dapat mendeteksi pola penurunan performa yang mungkin tidak terlihat oleh guru dalam observasi sehari-hari. Misalnya, seorang siswa yang sebelumnya stabil menunjukkan kecenderungan menurun dalam beberapa minggu terakhir bisa teridentifikasi melalui perubahan probabilitas yang signifikan. Sistem seperti ini membantu sekolah memberikan pendampingan psikologis, akademik, atau konseling sebelum masalah berkembang menjadi lebih kompleks. Pendekatan Bayesian memungkinkan personalisasi pembelajaran (*personalized learning*) secara optimal.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, penerapan probabilitas Bayes terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengambilan keputusan akademik siswa. Melalui kemampuan teorema bayes dalam memperbarui informasi awal dengan bukti baru, metode ini mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat terkait aspek-aspek penting seperti kelulusan, penentuan jurusan, analisis nilai akademik, dan identifikasi kebutuhan remedial. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan ketepatan evaluasi, tetapi juga meminimalkan bias dalam proses penilaian serta memberikan dasar yang kuat bagi sekolah untuk mengambil keputusan secara objektif dan berbasis data. Dengan demikian, probabilitas Bayes dapat dipandang sebagai pendekatan yang relevan dan adaptif dalam memetakan perkembangan akademik siswa secara menyeluruh. Selain itu, integrasi metode bayesian dalam sistem pendidikan memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap pola perkembangan siswa secara berkelanjutan.

Keberhasilan penerapan probabilitas bayes dalam bidang pendidikan menunjukkan bahwa metode ini memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan sebagai fondasi sistem pendukung keputusan akademik yang modern. Integrasinya dengan teknologi digital dan kecerdasan buatan memperkuat kemampuan model bayesian dalam menyediakan rekomendasi belajar yang dipersonalisasi, serta memungkinkan adanya pembaruan prediksi secara real time. Pengembangan sistem pembelajaran adaptif berbasis Bayesian dapat membantu sekolah menciptakan strategi intervensi yang lebih cepat, akurat, dan

sesuai dengan kebutuhan perkembangan siswa. Pendekatan Bayesian mendukung adaptasi metode belajar sesuai kebutuhan dan potensi masing-masing siswa. Dengan demikian, probabilitas bayes berpotensi menjadi pilar utama dalam transformasi digital pendidikan di masa yang akan datang.

Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan bahwa probabilitas bayes memiliki efektivitas tinggi sebagai metode analitis yang mampu memberikan dukungan keputusan secara komprehensif dalam konteks akademik. Kemampuannya dalam mengolah data yang tidak lengkap, memperbarui probabilitas secara dinamis, serta menghasilkan estimasi yang mendekati kondisi nyata menjadikan pendekatan ini sangat relevan bagi lembaga pendidikan yang bergerak menuju sistem berbasis data. Bayesian berpotensi menjadi fondasi utama bagi pengembangan ekosistem pendidikan yang lebih prediktif, responsif, dan berbasis bukti. Penelitian selanjutnya dapat memperluas implementasi Bayes pada konteks yang lebih beragam, seperti asesmen diagnostik, pemetaan risiko akademik, dan pengembangan model prediksi jangka panjang agar manfaatnya dalam meningkatkan mutu pendidikan semakin optimal.

#### 4.2 Saran/Rekomendasi

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas variabel yang digunakan dalam penerapan probabilitas Bayes, seperti faktor psikologis, lingkungan belajar, serta motivasi siswa agar model prediksi menjadi lebih komprehensif.
2. Lembaga pendidikan diharapkan mulai mengintegrasikan sistem pendukung keputusan berbasis Bayes ke dalam platform akademik digital guna meningkatkan ketepatan prediksi dan kualitas intervensi pendidikan.
3. Pengembangan aplikasi atau dashboard analitik berbasis Bayesian juga direkomendasikan agar guru dan konselor dapat memantau perkembangan siswa secara real time dan memberikan tindak lanjut yang lebih tepat sasaran.

#### REFERENSI

- Andika, A. Wira, Nurhakim, L., & Andas, Netty Huzniati. (2025). Penggunaan Deep Learning Untuk Memprediksi Kinerja Akademik dan Memberi Dukungan yang Tepat Bagi Siswa. *Jurnal Ilmiah Bidang Sosial Ekonomi Budaya Teknologi Dan Pendidikan*, 4(7), 1647–1664. <https://doi.org/https://doi.org/10.54443/sibatik.v4i7.3152>
- Budiasto, J., Purnama, S. G., Rianty, E., Minarsi, A., Juansa, A., Romli, I., & Saputra, O. (2025). *Data Science Technology*. Star Digital Publishing.
- Chen, A. M., Palacci, A., Vélez, N., Hawkins, R. D., & Gershman, S. J. (2024). A Hierarchical Bayesian Model of Adaptive Teaching. *Cognitive Science*, 48(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cogs.13477>
- Chyan, P., Gustiana, Z., & Arni, S. (2024). *Pengantar Data Science mengambil keputusan berdasarkan data* (cetakan pe). Mifandi Mandiri Digital.
- Dodi, S., Zuliana, Sari, N. K., & Setiabudi, A. (2025). Evaluasi Kegunaan Teknologi Terhadap Kualitas Pembelajaran Di MA Miftahul Huda Kecamatan Enok Abstrak. *Jurnal Pelita Manajemen Pendidikan*, 2(2).
- Haas, M. R., Caprani, C., & van Beurden, B. T. (2023). Bayesian Generative Modelling of Student Results in Course Networks. *Journal of Learning Analytics*, 10(3), 135–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.18608/jla.2023.7957>
- Hermawan, I. (2019). *Metodologi Penelitian Pendidikan (Kualitatif, Kuantitatif, Mixed Method)* (Cetakan Pe). Hidayatul Quran Kuningan.
- Irfan, D., Ramadani, P., Fitriyani, I. N., Damanik, R. S., & Hasibuan, Y. I. M. (2024). Prediksi Risiko Mahasiswa Mengulang Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Naïve Bayes. *Jurnal Media Informatika*, 5(2), 271–278. <https://doi.org/10.55338/jumin.v5i2.6086>
- Julkarnain, M., & Yustiardin, M. (2024). Penerapan Algoritma Naïve Bayes Dalam Memprediksi Lulus Tepat Waktu Mahasiswa. *Digital Transformation Technology*, 4(2), 848–858. <https://doi.org/org/10.47709/digitech.v4i2.4963>
- Mosia, M., Egara, F. O., Nannim, F. A., & Basitere, M. (2025). Bayesian Hierarchical Modelling of Student Academic Performance: The Impact of Mathematics Competency, Institutional Context, and Temporal Variability. *Education Sciences*, 15(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/educsci15020177>
- Praditya, A. D., Triyasri, N., Octa, M. R., & Rahardi, A. (2025). Perbandingan Performa Model Naïve Bayes dan Regresi Logistik dalam Klasifikasi Kecanduan Media Sosial pada Siswa. *Journal of Data Science Methods and Applications*, 01(02), 92–101. <https://doi.org/10.30873/jodmapps.v1i2.pp92-101>
- Rizqi, I. D., Wardhani, R., & Zamroni, M. R. (2024). Implementasi Algoritma Naïve Bayes pada Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Wisata di Lamongan. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN SAINS*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.29407/stains.v3i1.4078>

- Ruyani, S., & Sudiansyah. (2024). Pengaruh Kualitas Pendidik , Habit of Mind , Self Convidence terhadap Keaktifan Belajar Matematika Siswa SMKN 4 Pontianak. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(8), 7686–7696. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i8.5687>
- Setiabudi, A., Suharsono, & Fitriya, N. (2022). Peran Guru PAI dalam Meningkatkan Keaktifan Belajar Siswa Pada Pembelajaran Daring di SMPN 2 Wedarijaksa. *HEUTAGOGIA: Journal of Islamic Education*, 2(1), 33–44. <https://doi.org/10.14421/hjie.21-03> Peran
- Shodiqin, A., Nuraini, A., & Wulandari, D. (2022). Profil Berpikir Probabilistik dalam Pemecahan Materi Peluang Kejadian Berdasarkan Self-efficacy. *Jurnal Nasional Pendidikan Matematika*, 6(2), 229–246. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v6i2.5550> Profil
- Sudrajat, A., Mulyani, N., & Marpaung, N. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kelayakan Penangguhan Kredit Nasabah menggunakan Naïve Bayes. *Edumatic : Jurnal Pendidikan Informatika*, 6(2), 205–214. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v6i2.6298>
- Suharyanto, E., & Zein, A. (2022). Analisis Data Minat Calon Mahasiswa Universitas Pamulang Dengan Menggunakan Algoritma Naive Bayes Classifier. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 32(3), 70–76. <https://doi.org/10.37277/stch.v32i3.1434>
- Wijiati, L., Sari, Y., Ningrum, I. K., & Komariyah, L. (2025). Pengambilan Keputusan Berdasarkan Fakta dalam Sistem Manajemen Mutu di Sekolah. *Jurnal Mahasiswa Humanis*, 5(2), 1168–1182. <https://doi.org/10.37481/jmh.v5i2.1459>
- Zefri, R., Wulandari, D. A., & Suripin. (2022). Analisis Resiko Kegagalan Bendungan Paselloreng Dengan Metode Pohon Kejadian (Even Tree). *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 149–160. <https://doi.org/10.31849/siklus.v8i2.10574>