

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Berbasis Metode *Naive Bayes* dengan Mekanisme *Adaptive Questioning* menggunakan Platform Web

Cherlis Meytha Pandoju¹, Gustam Efendi², Zaiman Makmur³, Sofarina⁴, Charles Butar Butar⁵, Hendriyanto⁶

^{1,2,3,4} Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal

^{1,2,3,4} Jl. Wahab Affan No.1, Medan Satria, Kota Bekasi, Jawa Barat 17132, Indonesia

^{5,6} Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Pranata Indonesia

^{5,6} Jl. Pengasinan Tengah No.100, Kec. Rawalumbu, Kota Bekasi, Jawa Barat 17115, Indonesia

¹ cherlismeytha.pandoju@student.stt-binatunggal.ac.id

² gustam.efendi@stt-binatunggal.ac.id

³ zaiman.makmur@stt-binatunggal.ac.id

⁴ sofarina@stt-binatunggal.ac.id

⁵ charles.butarbutar@pranataindonesia.ac.id

⁶ hendriyanto@pranataindonesia.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 23-11-2025
revisi : 01-12-2025
diterima : 25-12-2025
dipublish : 31-12-2025

ABSTRAK

Keterbatasan pemahaman masyarakat terhadap gejala penyakit sering menyebabkan keterlambatan penanganan medis. Di sisi lain, sebagian sistem pakar diagnosis masih menggunakan pola pertanyaan tetap sehingga proses konsultasi menjadi panjang dan kurang efisien. Penelitian ini bertujuan merancang aplikasi diagnosis awal penyakit berbasis web yang mampu menyesuaikan pertanyaan secara dinamis serta menghitung kemungkinan penyakit secara probabilistik. Metode *Naive Bayes* digunakan untuk menentukan tingkat peluang penyakit berdasarkan gejala yang dipilih pengguna, sedangkan mekanisme *adaptive questioning* berfungsi menyeleksi pertanyaan yang paling relevan sehingga konsultasi dapat dihentikan ketika tingkat keyakinan telah tercapai. Pengetahuan medis direpresentasikan dalam bentuk aturan dan bobot gejala yang disimpan pada struktur data JSON agar sistem ringan dan mudah diperbarui. Aplikasi dibangun menggunakan teknologi web sisi klien sehingga dapat dijalankan tanpa instalasi tambahan. Pengujian menunjukkan sistem mampu memberikan hasil diagnosis awal dengan jumlah pertanyaan lebih sedikit dibanding pendekatan konvensional, serta tetap mempertahankan ketepatan klasifikasi yang memadai. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat dimanfaatkan sebagai sarana skrining awal sekaligus media edukasi kesehatan sebelum pengguna berkonsultasi langsung dengan tenaga medis.

Kata kunci : sistem pakar, diagnosis penyakit, Naive Bayes, pertanyaan adaptif, aplikasi web.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi mendorong pemanfaatan kecerdasan buatan dalam bidang kesehatan, salah satunya melalui sistem pakar yang meniru proses penalaran ahli berdasarkan basis pengetahuan tertentu (Durkin, 1994). Sistem ini berperan sebagai alat bantu diagnosis awal berdasarkan gejala yang diberikan pengguna.

Kurangnya pemahaman masyarakat terhadap gejala penyakit sering menyebabkan keterlambatan penanganan medis, terutama pada penyakit umum seperti infeksi pernapasan, gangguan pencernaan, dan penyakit kulit (WHO, 2020). Namun, sebagian besar sistem pakar yang ada masih menggunakan pola pertanyaan statis sehingga proses konsultasi menjadi panjang dan tidak efisien (Giarratano & Riley, 2005). Metode probabilistik Naive Bayes mampu memperkirakan kemungkinan penyakit secara cepat dan cukup akurat (Zhang, 2004), sementara mekanisme *adaptive questioning* dapat mengurangi jumlah pertanyaan dengan memilih gejala paling relevan (Chandrasekaran et al., 2017).

Penelitian ini mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit berbasis web yang mengintegrasikan Naive Bayes dan *adaptive questioning*. Sistem menggunakan struktur data JSON agar ringan dan mudah diperbarui. Evaluasi dilakukan berdasarkan akurasi diagnosis, efisiensi jumlah pertanyaan, dan pengalaman pengguna sebagai media skrining awal sebelum konsultasi medis.

LANDASAN TEORI

Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan bagian dari kecerdasan buatan yang dirancang untuk meniru kemampuan penalaran seorang ahli dalam menyelesaikan masalah berbasis pengetahuan tertentu (Durkin, 1994). Sistem ini memanfaatkan basis pengetahuan dan mekanisme inferensi untuk menghasilkan rekomendasi atau diagnosis dengan tingkat performa mendekati pakar manusia (Giarratano & Riley, 2005). Berbeda dengan pendekatan pembelajaran mesin yang bergantung pada data historis dalam jumlah besar, sistem pakar mengandalkan akuisisi pengetahuan eksplisit dari pakar sehingga proses pengambilan keputusan dapat dijelaskan secara logis (Turban & Aronson, 2001). Dalam konteks penelitian ini, sistem pakar digunakan untuk melakukan diagnosis awal penyakit berdasarkan gejala yang diberikan pengguna dengan pendekatan probabilistik menggunakan metode Naive Bayes.

Representasi Pengetahuan

Representasi pengetahuan merupakan proses mengubah pengetahuan pakar ke dalam bentuk formal agar dapat diproses oleh komputer (Russell & Norvig, 2010). Pada sistem diagnosis penyakit, pengetahuan umumnya dinyatakan dalam bentuk aturan produksi karena mudah dipahami dan sesuai untuk memodelkan hubungan antara gejala dan penyakit (Jackson, 1998). Namun, gejala medis sering bersifat tidak pasti sehingga aturan

deterministik perlu dikombinasikan dengan pendekatan probabilistik. Dalam penelitian ini, setiap gejala memiliki bobot peluang yang akan memperbarui nilai kemungkinan penyakit secara bertahap berdasarkan jawaban pengguna. Seluruh pengetahuan disimpan dalam format JSON sehingga sistem menjadi ringan, fleksibel, dan mudah diperbarui tanpa ketergantungan basis data kompleks.

Mesin Inferensi

Mesin inferensi merupakan komponen yang melakukan proses penalaran berdasarkan fakta dan aturan dalam basis pengetahuan (Giarratano & Riley, 2005). Pada sistem diagnosis berbasis gejala, proses inferensi dimulai dari fakta yang diberikan pengguna menuju kesimpulan penyakit sehingga pendekatan forward chaining lebih sesuai digunakan. Untuk mengatasi ketidakpastian gejala, penelitian ini menggunakan metode Naive Bayes yang menghitung peluang penyakit berdasarkan kombinasi gejala yang dipilih pengguna. Metode ini dipilih karena memiliki kompleksitas rendah, kecepatan komputasi tinggi, serta mampu memberikan tingkat akurasi yang memadai pada klasifikasi medis dengan data terbatas.

Metode Naive Bayes secara matematis dinyatakan sebagai probabilitas posterior suatu penyakit.

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E)}$$

$P(H|E)$ berdasarkan gejala yang diamati, sehingga probabilitas penyakit dihitung berdasarkan akumulasi peluang setiap gejala terhadap penyakit tertentu.

Implementasi Aplikasi Web

Sistem dikembangkan berbasis web agar dapat diakses tanpa instalasi tambahan dan dapat digunakan pada berbagai perangkat. Aplikasi dibangun menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript, sedangkan basis pengetahuan disimpan dalam format JSON dan diproses di sisi klien sehingga menghasilkan respons cepat dan beban komputasi rendah. Desain antarmuka dibuat sederhana dan responsif untuk meningkatkan kemudahan penggunaan oleh masyarakat umum serta mendukung proses konsultasi mandiri.

METODOLOGI

Rancangan Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada prinsip ilmiah yang mengedepankan aspek replikabilitas dan reproduksibilitas, di mana seluruh prosedur diuraikan secara komprehensif agar dapat diuji kembali dengan hasil yang konsisten. Pendekatan yang digunakan adalah rekayasa perangkat lunak yang difokuskan pada pengembangan sistem pakar berbasis web untuk identifikasi awal penyakit. Struktur metodologi mencakup deskripsi mendalam mengenai desain sistem, prosedur pelaksanaan, kriteria penarikan sampel data, definisi operasional variabel, hingga teknik analisis data. Fokus utama dari rancangan ini adalah mengintegrasikan pengetahuan pakar medis ke dalam arsitektur digital yang mampu memberikan keputusan diagnosis secara akurat dan terukur.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Proses pengembangan sistem pakar ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan terstruktur. Langkah awal dimulai dengan studi literatur untuk membedah landasan teoretis terkait representasi pengetahuan dan mesin inferensi. Selanjutnya, dilakukan fase perencanaan yang mencakup identifikasi kebutuhan sistem serta penentuan batasan masalah agar pengembangan tetap relevan. Tahap perancangan menjadi krusial karena melibatkan penyusunan basis pengetahuan, alur kerja mesin inferensi, serta desain antarmuka pengguna. Data kemudian dikumpulkan melalui proses konsultasi dengan pakar medis di Puskesmas untuk mendapatkan aturan produksi yang valid. Data tersebut kemudian diolah melalui tahap pembersihan, pengkodean gejala, dan pemberian bobot probabilitas. Tahap akhir adalah analisis data yang bertujuan untuk mengevaluasi akurasi sistem serta performa aplikasi web yang telah dikembangkan.

Landasan Teoretis dan Kajian Pustaka

Eksplorasi teoretis dilakukan untuk memperkuat fundamental penelitian dengan merujuk pada berbagai literatur ilmiah otoritatif. Kajian difokuskan pada empat pilar utama, yakni struktur sistem pakar berbasis aturan, mekanisme mesin inferensi, teknologi pengembangan web, dan komparasi dengan penelitian terdahulu. Dalam aspek penalaran, penelitian ini mendalami metode *forward chaining* dan logika probabilistik seperti *Certainty Factor* atau *Bayesian* untuk menentukan teknik yang paling presisi dalam kasus penyakit kulit. Selain itu, aspek *usability* pada teknologi HTML, CSS, dan JavaScript turut dikaji untuk memastikan antarmuka yang dihasilkan memenuhi standar pengalaman

pengguna. Hasil dari tahapan ini menjadi acuan utama dalam menyusun metode inferensi yang terstandarisasi.

Perencanaan dan Analisis Kebutuhan

Fase perencanaan dilakukan untuk memetakan solusi atas kendala sulitnya akses masyarakat terhadap diagnosis awal penyakit kulit. Tujuan utama dari sistem ini adalah menyediakan platform konsultasi kesehatan yang mampu memberikan output diagnosis berdasarkan aturan *IF-THEN* dengan efisiensi tinggi melalui *probabilistic scoring*. Analisis kebutuhan mencakup dua aspek, yaitu kebutuhan fungsional yang berkaitan dengan pemrosesan input gejala dan output diagnosis, serta kebutuhan non-fungsional yang menekankan pada keamanan data, kecepatan respon, dan aksesibilitas. Spesifikasi teknis ditetapkan dengan memanfaatkan teknologi sisi klien yang responsif dan manajemen data yang efisien guna menunjang performa sistem secara keseluruhan.

Arsitektur dan Perancangan Sistem

Perancangan sistem diarahkan untuk membangun cetak biru aplikasi yang mengintegrasikan basis pengetahuan dengan mekanisme inferensi yang dinamis. Unsur unik dalam rancangan ini adalah penggunaan file JSON sebagai media penyimpanan data penyakit dan gejala, yang memungkinkan sistem beroperasi secara statis namun tetap memiliki integritas data yang kuat. Basis pengetahuan disusun menggunakan tabel bobot jawaban yang mencakup rentang nilai dari kondisi "sangat sesuai" hingga "netral". Selain itu, tabel perancangan penyakit mengalokasikan probabilitas dasar dan jumlah gejala spesifik

untuk setiap jenis gangguan kesehatan, mulai dari infeksi saluran pernapasan hingga penyakit kulit. Pemetaan gejala dilakukan dengan memberikan kode unik pada setiap indikator klinis untuk memudahkan proses komputasi pada mesin inferensi.

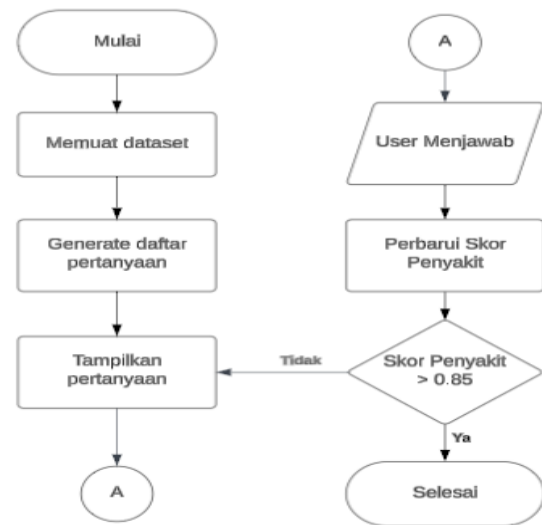
Mekanisme Inferensi dan Penarikan Kesimpulan

Untuk meningkatkan efisiensi konsultasi, sistem menerapkan mekanisme adaptive questioning yang memilih pertanyaan berdasarkan nilai informasi tertinggi. Pemilihan pertanyaan dilakukan dengan mempertimbangkan kontribusi gejala terhadap perubahan probabilitas penyakit.

Setiap gejala G_i dievaluasi berdasarkan nilai kontribusinya terhadap distribusi probabilitas, sehingga pertanyaan berikutnya dipilih dari gejala dengan nilai diskriminatif tertinggi. Proses dihentikan ketika probabilitas maksimum telah melampaui ambang batas (threshold) sebesar 0,85:

$$\max P(H | E) \geq 0.85$$

Pendekatan ini memungkinkan pengurangan jumlah pertanyaan tanpa mengurangi akurasi diagnosis secara signifikan.



Gambar 1. Flowchart Sistem

Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis untuk membangun basis pengetahuan (*knowledge base*) yang akurat melalui integrasi sumber primer dan sekunder. Data klinis mengenai gejala dan jenis penyakit kulit diperoleh melalui wawancara terstruktur dan observasi langsung terhadap praktik diagnostik di Puskesmas, serta diperkuat dengan studi literatur dermatologi untuk menjamin validitas teoretis. Akuisisi pengetahuan dari pakar medis dilakukan untuk menyusun aturan produksi (*rule base*) melalui teknik *structured* dan *unstructured interview* guna menangkap pengetahuan tekstual maupun pengalaman klinis (*tacit knowledge*). Selain itu, dilakukan analisis rekam medis untuk memvalidasi pola keputusan diagnosa dalam kasus nyata. Terakhir, data pengguna dikumpulkan melalui uji coba aplikasi (*user testing*) yang melibatkan tenaga kesehatan dan masyarakat umum untuk mengevaluasi aspek fungsionalitas, *usability* menggunakan skala Likert, serta konsistensi

output diagnosis sistem dibandingkan dengan diagnosa pakar.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 300 data uji yang merepresentasikan 10 jenis penyakit umum dengan distribusi yang seimbang. Data diperoleh dari kombinasi hasil konsultasi pakar dan simulasi berbasis aturan medis. Setiap data terdiri dari kombinasi gejala yang telah diberi bobot probabilitas.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui tahapan rekayasa pengetahuan dan evaluasi sistem untuk memastikan presisi mesin inferensi. Pada tahap awal, data gejala diklasifikasikan berdasarkan tingkat kemunculan dan relevansi klinis, di mana gejala patognomonis diberikan bobot lebih tinggi dalam struktur basis data. Analisis aturan produksi dilakukan melalui prosedur *rule validation* dan *consistency checking* untuk menghindari konflik logika atau redundansi antar aturan *IF-THEN*. Validitas aturan dipastikan melalui *expert judgment* oleh tenaga medis guna menjamin kesesuaian dengan standar prosedur operasional diagnosa. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif antara hasil inferensi sistem dengan diagnosis manual pakar melalui serangkaian skenario uji coba untuk mengukur tingkat akurasi. Data non-fungsional dari pengguna dianalisis secara deskriptif untuk mengukur tingkat kepuasan dan efektivitas antarmuka web, sehingga menghasilkan sistem pakar yang valid secara medis dan ergonomis secara teknis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mencapai tingkat akurasi sebesar 83% dengan nilai F1-score sebesar 0,81. Nilai ini menunjukkan bahwa model memiliki keseimbangan yang baik antara precision dan recall dalam mengklasifikasikan penyakit berdasarkan gejala yang diberikan.

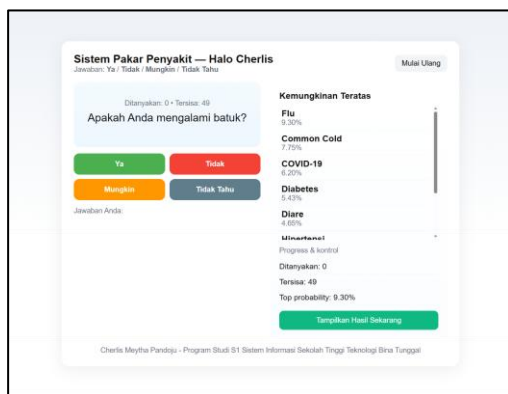
Implementasi Arsitektur Sistem

Tahap implementasi merealisasikan rancangan sistem pakar ke dalam platform web interaktif dengan mengintegrasikan teknologi HTML, CSS, dan JavaScript. Arsitektur sistem mengadopsi pendekatan *client-side processing*, di mana seluruh logika inferensi dan kalkulasi probabilitas dieksekusi langsung pada peramban pengguna. Strategi ini dipilih untuk meminimalisir latensi dan ketergantungan pada *server-side*, sehingga proses diagnosis berjalan lebih responsif. Seluruh basis pengetahuan yang mencakup relasi gejala-penyakit dan bobot probabilitas dikapsulasi dalam format JSON. Penggunaan JSON memastikan struktur data tetap ringan, mudah diperbarui, dan memiliki interoperabilitas yang tinggi saat diakses oleh mesin inferensi JavaScript dalam memetakan input gejala pengguna menjadi kesimpulan medis yang akurat.

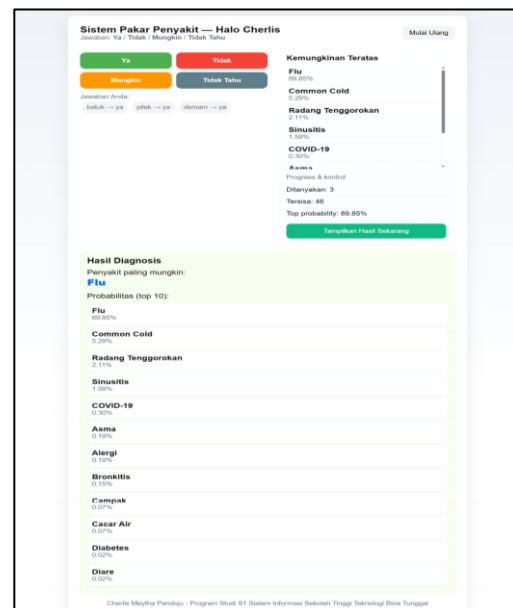
Tampilan Antarmuka dan Alur Kerja Pengguna

Antarmuka pengguna dirancang secara minimalis untuk menjamin aksesibilitas dan kemudahan navigasi bagi masyarakat awam. Implementasi CSS difokuskan pada tata letak yang responsif agar aplikasi dapat diakses melalui berbagai perangkat secara optimal. Secara fungsional, pengguna berinteraksi melalui

modul konsultasi yang menyajikan rangkaian pertanyaan gejala. Setiap respons pengguna diproses secara *real-time* oleh mesin inferensi menggunakan metode *forward chaining*. Hasil akhir diagnosa ditampilkan secara otomatis setelah sistem mencapai ambang batas probabilitas yang ditentukan, lengkap dengan informasi penyakit dan saran medis awal. Integrasi antara logika pemrograman dan desain antarmuka ini menghasilkan alat bantu diagnosis yang efisien, transparan, dan mampu mensimulasikan proses penalaran pakar secara digital.



Gambar 2. Tampilan awal Sistem Pakar



Gambar 3. Hasil Prediksi Sistem Pakar

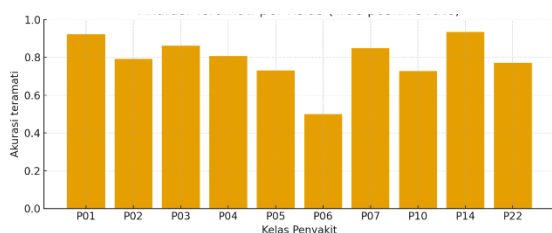
Mekanisme Inferensi Probabilistik

Mesin inferensi pada sistem ini mengimplementasikan pendekatan *Probabilistic Naive Bayes Scoring* untuk mengatasi ketidakpastian dalam diagnosis medis. Berbeda dengan aturan deterministik kaku, metode ini mengintegrasikan probabilitas gejala dengan bobot jawaban pengguna untuk menghasilkan skor keyakinan. Pembobotan variabel jawaban dikategorikan secara numerik, di mana respons "Ya" memiliki bobot tertinggi (0,95) sebagai pendukung kuat penyakit, sementara "Tidak" (0,05) berfungsi sebagai variabel penolak. Respon "Mungkin" (0,50) berperan sebagai bukti netral, dan "Tidak Tahu" (1,00) ditetapkan agar tidak mempengaruhi kalkulasi probabilitas. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan hasil yang lebih fleksibel dan mendekati intuisi klinis pakar dalam menghadapi variasi gejala pasien.

Analisis Kinerja Model Diagnosis

Pengujian performa model dilakukan untuk mengukur efikasi klasifikasi sistem terhadap realitas klinis (*ground truth*). Evaluasi menggunakan 300 sampel data simulasi yang terdistribusi secara seimbang ke dalam 10 kategori penyakit utama guna menghindari bias kelas. Metrik evaluasi mencakup akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, yang divalidasi melalui *confusion matrix* untuk mengidentifikasi distribusi kesalahan prediksi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai akurasi keseluruhan tidak mencapai angka mutlak 100%. Fenomena ini dinilai valid secara saintifik mengingat adanya tumpang tindih (*overlap*) gejala antar penyakit kulit yang memiliki kemiripan klinis tinggi. Ketidaktepatan akurasi justru menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan ambiguitas medis secara objektif. Analisis terhadap *confusion matrix* mengungkapkan bahwa sebagian besar kesalahan klasifikasi terjadi pada penyakit dengan etiologi serupa, namun secara umum, sistem menunjukkan konsistensi yang tinggi dalam membedakan entitas penyakit yang memiliki gejala patognomonis yang kontras.



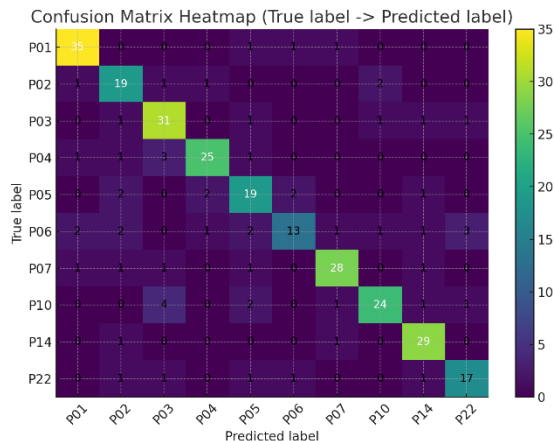
Gambar 4. Akurasi pada masing-masing Kelas Penyakit

Evaluasi Metrik Per Kelas dan Karakteristik Penyakit

Analisis performa spesifik per kelas dilakukan melalui metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk mengidentifikasi kapabilitas model dalam mendeteksi variabilitas penyakit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penyakit dengan manifestasi klinis unik, seperti P01 (Flu) dan P14 (Konjungtivitis), mencapai nilai *precision* dan *recall* tertinggi. Hal ini berkorelasi dengan adanya gejala patognomonis yang kontras dalam basis pengetahuan, seperti mata merah pada P14, yang meminimalkan ambiguitas pada mesin inferensi. Sebaliknya, performa moderat pada rentang (0,75) hingga (0,85) tercatat pada kelas P04, P05, dan P22. Kesalahan prediksi pada kelompok ini umumnya dipicu oleh keberadaan gejala non-spesifik seperti nyeri kepala atau mual yang memiliki bobot probabilitas serupa antar kelas, sehingga menyebabkan sedikit bias pada distribusi skor.

Performa terendah terdeteksi pada kelas P06 (Pneumonia) dan P10 (Maag), yang ditandai dengan penurunan nilai *recall* yang signifikan. Fenomena ini disebabkan oleh tingginya tingkat tumpang tindih (*overlap*) klinis; gejala sesak napas pada P06 dan lemas pada P10 bersifat terlalu umum (*common symptoms*) sehingga sistem cenderung menyebarkan bobot probabilitas ke berbagai diagnosis diferensial lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun pendekatan *Probabilistic Naive Bayes Scoring* sangat efektif dalam mengenali pola gejala spesifik, akurasinya tetap bergantung pada tingkat keunikan data yang tersimpan dalam basis pengetahuan. Hasil ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan sistem pakar medis bahwa penguatan pada variabel gejala pembeda

(diskriminan) sangat krusial untuk meningkatkan reliabilitas diagnosis pada kasus dengan gejala generik.



Gambar 5. Confusion Matrix Meatmap

Analisis akurasi per kelas (*observed accuracy*) mengonfirmasi adanya disparitas performa yang signifikan antar entitas penyakit. Penyakit P01, P03, dan P14 mencatatkan tingkat akurasi melampaui 90%, mempertegas hipotesis bahwa keunikan gejala klinis berbanding lurus dengan ketepatan pemetaan probabilitas sistem. Sebaliknya, penurunan akurasi pada kelas P06, P10, dan P22 menunjukkan batasan model dalam memproses gejala yang memiliki redundansi tinggi atau tumpang tindih secara klinis.

Visualisasi melalui *heatmap confusion matrix* memberikan wawasan mendalam mengenai pola kesalahan klasifikasi sistem. Intensitas warna pada diagonal utama merepresentasikan frekuensi prediksi benar yang konsisten, membuktikan bahwa mesin inferensi mampu mengenali pola mayoritas penyakit saat gejala kunci terpenuhi. Namun, terdapat kluster kesalahan yang terdeteksi, seperti identifikasi P04 yang sering terklasifikasi

sebagai P05, serta tumpang tindih antara P06, P05, dan P07. Secara medis, fenomena ini bersifat natural karena kelompok penyakit tersebut berbagi spektrum gejala pernapasan yang hampir identik. Selain itu, kesalahan prediksi P10 sebagai P01 atau P03 menunjukkan bahwa gejala sistemik non-spesifik seperti mual dan lemas sering kali mengaburkan batas antara gangguan pencernaan dan infeksi umum.

Secara keseluruhan, hasil pengujian memvalidasi bahwa sistem pakar berbasis *Probabilistic Naive Bayes Scoring* ini memiliki reliabilitas yang memadai sebagai instrumen diagnosis awal. Efektivitas sistem sangat menonjol pada kasus dengan manifestasi klinis yang distingtif, sementara tantangan pada gejala tumpang tindih menjadi indikasi diperlukannya pengayaan variabel diskriminan pada basis pengetahuan. Temuan ini memberikan fondasi kuat bahwa pendekatan probabilistik web-statis mampu mensimulasikan logika pakar secara akurat, sekaligus menawarkan solusi deteksi dini kesehatan yang aksesibel dan responsif bagi masyarakat luas.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem pakar berbasis *Probabilistic Naive Bayes Scoring* efektif digunakan sebagai alat diagnosis awal dengan akurasi total sebesar 83% dan *F1-score* 0,81. Performa tertinggi dicapai pada kelas penyakit dengan gejala spesifik (P01 dan P14) dengan nilai *precision* mencapai 0,94. Meskipun terdapat tantangan pada penyakit dengan gejala tumpang tindih seperti P06 dan P10 yang menurunkan nilai *recall* ke rentang 0,55–0,70, pola kesalahan yang terjadi tetap konsisten secara medis. Secara

keseluruhan, sistem ini terbukti memiliki kualitas inferensi yang logis dan reliabel untuk memberikan diagnosa awal yang akurat bagi masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal Bekasi atas dukungan fasilitas penelitian. Apresiasi setinggi-tingginya disampaikan kepada tim medis Puskesmas selaku pakar yang telah membantu dalam proses akuisisi pengetahuan dan validasi aturan medis. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi teknis sehingga sistem pakar ini dapat diimplementasikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., & Wibowo, H. (2022). Implementasi sistem pakar berbasis web untuk pendeteksian kerusakan motor menggunakan metode forward chaining. *Jurnal Sistem Informasi*, 14(3), 225–234.
- Chandrasekaran, M., Subramanian, R., & Murthy, S. (2017). Dynamic question generation for efficient medical diagnosis using adaptive reasoning. *Journal of Medical Systems*, 41(8), 112.
- Duckett, J. (2014). *HTML & CSS: Design and Build Websites*. Wiley.
- Durkin, J. (1994). *Expert Systems: Design and Development*. Prentice Hall.
- Feigenbaum, E. A., Buchanan, B. G., & Lederberg, J. (1971). On generality and problem solving: A case study using the DENDRAL program. *Machine Intelligence*, 6, 165–190.
- Flanagan, D. (2020). *JavaScript: The Definitive Guide* (7th ed.). O'Reilly

Media.

- Freeman, E., & Robson, E. (2018). *Head First JavaScript Programming*. O'Reilly Media.
- Giarratano, J. C., & Riley, G. (2005). *Expert Systems: Principles and Programming* (4th ed.). Thomson Course Technology.
- Grigorik, I. (2013). *High Performance Browser Networking*. O'Reilly Media.
- Hayes-Roth, F., Waterman, D. A., & Lenat, D. B. (1983). *Building Expert Systems*. Addison-Wesley.
- Jackson, P. (1998). *Introduction to Expert Systems* (3rd ed.). Addison-Wesley.
- Lestari, D., & Gunawan, A. (2021). Rancang bangun aplikasi web untuk konsultasi kesehatan berbasis rule-based expert system. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 6(1), 45–54.
- Lipton, Z. C. (2018). The mythos of model interpretability. *Communications of the ACM*, 61(10), 36–43.
- Meyer, E. (2017). *CSS: The Definitive Guide* (4th ed.). O'Reilly Media.
- Mozilla Developer Network. (2022). IndexedDB API documentation. <https://developer.mozilla.org/>
- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. Nielsen Norman Group.
- Nugroho, D. (2023). Aplikasi web diagnosa kerusakan laptop menggunakan metode backward chaining. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi*, 7(1), 32–41. OWASP. (2021). OWASP Top 10 Security Risks. <https://owasp.org/>
- Putra, A. W. (2021). Sistem pakar diagnosa

- hama tanaman berbasis web dengan metode certainty factor. Seminar Nasional Teknologi Informasi, 3(1), 210–218.
- Putri, R., & Santoso, B. (2023). Pengembangan web service untuk sistem pakar diagnosa gizi buruk pada balita.
- Prosiding Seminar Nasional Informatika, 11(1), 98–105.
- Rachman, I., Kurniawan, F., & Putra, Y. (2022). Pengembangan sistem informasi konsultasi online menggunakan framework React dan API backend. Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia, 9(2), 67–76.
- Rahadian, F., Pratama, A., & Yusuf, M. (2023). Sistem pakar penyakit umum menggunakan Node.js dan MongoDB. Jurnal Sistem Komputer, 12(1), 55–63.
- Richardson, L., & Ruby, S. (2007). RESTful Web Services. O'Reilly Media.
- Rich, E., & Knight, K. (1991). Artificial Intelligence (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Russell, A. (2016). Progressive Web Apps. Google Developers.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.). Prentice Hall.
- Sari, N. M. (2022). Sistem pakar deteksi penyakit ibu dan anak berbasis Android dan web. Jurnal Informatika dan Sistem Cerdas, 5(2), 144–155.
- Shortliffe, E. H. (1976). Computer-Based Medical Consultations: MYCIN. Elsevier.
- Siregar, R., Ahmad, T., & Nasution, M. (2020). Sistem pakar diagnosis penyakit kulit menggunakan metode forward chaining. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, 8(2), 115–123.
- Turban, E., & Aronson, J. E. (2001). Decision Support Systems and Intelligent Systems (6th ed.). Prentice Hall.
- W3C. (2018). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. W3C.
- Wijaya, A. (2024). Sistem pakar berbasis web untuk klasifikasi penyakit kulit menggunakan integrasi AI dan rule-based. Jurnal Teknologi Cerdas, 3(1), 12–22.
- World Health Organization. (2020). Global health estimates 2020. WHO Press.
- Zhang, H. (2004). The optimality of Naive Bayes. In Proceedings of the Seventeenth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS) (pp. 562–567).