

Analisa Sistem Pakar Menggunakan Algoritma Teorema Bayes Untuk Mendiagnosa Penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP)

Muhammad Naufal Rifqi, Agus Iskandar*

Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Program Studi Informatika, Universitas Nasional, Jakarta, Indonesia

Email: ¹opalpapah10@gmail.com, ^{2,*}iskandaragus1005@gmail.com

Correspondence Author Email: iskandaragus1005@gmail.com

Submitted: 07/08/2023; Accepted: 21/08/2023; Published: 25/08/2023

Abstrak—Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) adalah penyakit langka yang disebabkan oleh kelainan genetik yang menyebabkan pembentukan tulang tidak normal di jaringan lunak tubuh. Mendiagnosis FOP menimbulkan tantangan karena langkanya kasus dan gejala awal yang ambigu. Kedua, karakteristik unik FOP menyulitkan membedakannya dari penyakit lain. Pemahaman terbatas tentang FOP dapat menyebabkan kesalahan diagnosis. Harapan muncul dengan kemajuan kecerdasan buatan, khususnya sistem pakar, yang membantu mendiagnosis FOP berdasarkan pengetahuan terprogram. Teorema Bayes, sebuah sistem kecerdasan buatan, digunakan untuk menghitung probabilitas diagnosis. Hasil diagnosa menunjukkan kemungkinan 74% pasien menderita FOP. Metode ini menggunakan data relevan untuk menghitung probabilitas secara akurat dan memberikan estimasi tingkat kepercayaan dalam mendiagnosis penyakit. Hasil ini panduan bagi dokter menyusun rencana perawatan yang sesuai dan efektif. Penerapan teknologi ini berpotensi meningkatkan manajemen pasien dan kualitas hidup mereka dengan FOP. Tetap diingat bahwa diagnosis medis memerlukan konfirmasi melalui pemeriksaan menyeluruh oleh para profesional kesehatan. Keberhasilan teknologi kecerdasan buatan dalam mendiagnosis FOP memberikan harapan bagi pengembangan lebih lanjut untuk kondisi langka ini.

Kata Kunci: Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP); Sistem Pakar; Algoritma *Teorema Bayes*

Abstract—Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) is a rare disease caused by a genetic abnormality that leads to abnormal bone formation in soft tissues of the body, such as muscles, tendons, and ligaments. Diagnosing FOP poses challenges due to its infrequent occurrence and ambiguous early symptoms. The unique characteristics of FOP make it difficult to differentiate from other diseases. Limited understanding of FOP can result in diagnostic errors. However, hope arises with advances in artificial intelligence, especially expert systems, which assist in diagnosing FOP based on programmed knowledge. The Teorema Bayes, an artificial intelligence system, is used to calculate diagnostic probabilities. The diagnostic results indicate a 74% likelihood of a patient having FOP. This method employs relevant data to accurately calculate probabilities and provide confidence level estimations in diagnosing the disease. The obtained results serve as a guide for doctors in formulating appropriate and effective treatment plans. Implementing this technology has the potential to improve patient management and their quality of life with FOP. It is important to note that medical diagnoses always require confirmation through thorough examinations conducted by healthcare professionals. The successful application of artificial intelligence technology in diagnosing FOP provides hope for further advancements in managing this rare condition

Keywords: Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP); Expert System; Bayes Theorem Algorithm

1. PENDAHULUAN

Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) adalah salah satu penyakit langka yang jarang terjadi. Ini disebabkan oleh kelainan genetik yang menyebabkan pembentukan tulang tidak normal dalam jaringan lunak tubuh seperti otot, tendon, dan ligamen. FOP dikategorikan sebagai gangguan skeletodermal, menandakan adanya kelainan pada tulang dan kulit. Walaupun dapat mempengaruhi berbagai aspek tubuh, termasuk sistem muskuloskeletal, penyakit ini bukanlah jenis umum dari gangguan tulang atau jaringan ikat[1]. FOP memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dari penyakit lain, terutama dalam pembentukan tulang di luar kerangka tulang normal. Keunikan ini menyebabkan perubahan fisik yang tidak dapat dihindari, sehingga menghadirkan tantangan tersendiri bagi para penderitanya. Meskipun belum ada pengobatan yang efektif, kesadaran dan penelitian lebih lanjut tentang FOP sangat penting untuk meningkatkan pemahaman dan dukungan bagi mereka yang terkena dampaknya[2].

Diagnosa penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) merupakan suatu tantangan karena beberapa faktor. Pertama, FOP adalah penyakit yang sangat langka, dengan insidensi yang sangat rendah di populasi umum. Akibatnya, dokter dan profesional kesehatan mungkin kurang terbiasa dengan kondisi ini atau bahkan tidak mengenali gejalanya. Kedua, karakteristik unik FOP yang melibatkan pembentukan tulang di dalam jaringan lunak tubuh dapat menyebabkan gejala awal yang ambigu dan mirip dengan kondisi lain. Hal ini menyulitkan dalam membedakan FOP dari penyakit lain yang memiliki gejala serupa dan memerlukan pengetahuan mendalam serta pengalaman klinis yang luas untuk mencapai diagnosis yang tepat. Keterbatasan pengetahuan tentang FOP dapat menyebabkan kesalahan dalam diagnosis awal atau penundaan dalam diagnosis yang tepat, mengakibatkan dampak negatif pada penanganan pasien. Namun, harapan muncul dengan kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan, khususnya sistem pakar, yang telah membantu mengatasi tantangan dalam mendiagnosis Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP). Dengan bantuan sistem pakar yang memanfaatkan basis pengetahuan dari ahli dan analisis data, kemungkinan kesalahan dalam diagnosa dapat ditekan, sehingga

pasien dapat segera mendapatkan perawatan yang tepat dan lebih baik menghadapi kondisi yang langka ini. Dengan menggunakan algoritma dan aturan yang telah diprogram, sistem pakar dapat membantu dokter dalam mengidentifikasi kemungkinan FOP berdasarkan gejala yang ada. Ini membantu mempercepat proses diagnosis, mengurangi risiko kesalahan, dan memastikan penanganan yang tepat. Dengan kemampuan untuk menganalisis data dan informasi medis yang kompleks, sistem pakar dapat memberikan dukungan berharga kepada profesional kesehatan dalam mengenali FOP, mengingat langkah-langkah pencegahan yang tepat, dan memberikan perawatan yang sesuai.

Sistem pakar adalah serangkaian program komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan manusia dalam mendiagnosis masalah atau memberikan rekomendasi berdasarkan pengetahuan yang telah diinput ke dalam sistem tersebut[3]. Dengan menggunakan basis pengetahuan yang disimpan, sistem pakar dapat memberikan solusi yang cermat dan berharga dalam berbagai bidang, mulai dari kedokteran hingga teknologi. Teknologi ini terus berkembang untuk membantu pengguna dengan informasi yang tepat dan dapat diandalkan, sehingga menjadi alat yang sangat berharga dalam pengambilan keputusan di berbagai situasi kompleks[4]. Beberapa algoritma yang sering digunakan dalam sistem pakar meliputi Forward Chaining, Backward Chaining, Dempster-Shafer, Certainty Factor, Teorema Bayes, dan beberapa metode lainnya[3]. Masing-masing algoritma memiliki pendekatan yang berbeda dalam mengolah informasi dan mencapai kesimpulan yang akurat. Dengan algoritma, sistem pakar dapat memberikan hasil diagnosis atau rekomendasi yang lebih andal dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam berbagai bidang aplikasi. Dalam penelitian ini memanfaatkan algoritma sistem pakar yaitu Teorema Bayes. Teorema Bayes adalah sebuah sistem kecerdasan buatan yang dirancang dengan tujuan untuk meniru kemampuan seorang pakar atau ahli di bidang tertentu. Teknologi ini didasarkan pada prinsip teorema Bayes, yang memungkinkan sistem untuk menghitung probabilitas berdasarkan informasi yang ada[5]. Dengan menggabungkan data dan pengetahuan yang telah diinput, sistem ini mampu memberikan rekomendasi atau solusi yang akurat dalam berbagai situasi kompleks. Penggunaan teorema Bayes dalam sistem kecerdasan buatan menjadi alat yang sangat berharga dalam pengambilan keputusan, serta membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi di berbagai bidang seperti diagnostik medis, analisis data, dan lainnya[6].

Beberapa penelitian sebelumnya telah memberikan dukungan yang relevan bagi penelitian ini. Salah satunya adalah Salah satunya adalah penelitian Rizal dan Sera pada 2020 yang menggunakan algoritma Teorema Bayes untuk mendeteksi penyakit mata. Hasilnya menunjukkan tingkat kepastian 45% untuk Presbiopi. Potensi penggunaan Teorema Bayes dalam mendeteksi penyakit mata, terutama Presbiopi, dan memberikan informasi akurat dalam diagnosis mata[7]. Pada tahun 2020, dilakukan penelitian oleh Tugiono dkk. yang membahas tentang sistem pakar untuk diagnosa karies gigi dengan menggunakan algoritma teorema Bayes. Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa pasien mengalami karies gigi pada tingkat media dengan tingkat kepastian sebesar 71.00%. Penelitian ini menyoroti potensi penerapan algoritma teorema Bayes dalam pengembangan sistem pakar yang dapat membantu mendiagnosis masalah kesehatan gigi secara lebih akurat dan efisien[8]. Pada tahun 2020, dilakukan penelitian oleh Dicky dkk. yang membahas tentang diagnosa penyakit pertussis dengan menggunakan algoritma teorema Bayes. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma tersebut berhasil menghasilkan tingkat keyakinan sebesar 75% dalam mendiagnosis penyakit pertussis. Penemuan ini menunjukkan potensi aplikasi algoritma teorema Bayes dalam bidang medis untuk mendukung proses diagnosa dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, sehingga dapat membantu upaya pengobatan dan penanganan penyakit secara lebih efektif[9]. Penelitian 2020 oleh Naftali dan Arita menguji sistem pakar dengan algoritma Teorema Bayes untuk mendiagnosis anemia. Hasilnya menunjukkan pasien menderita Anemia Defisiensi Zat Besi dengan nilai hitung 0.7395 dan aturan interferensi hampir pasti. Penemuan ini menegaskan potensi algoritma Teorema Bayes dalam diagnosa anemia, membantu dokter dan tenaga medis dalam keputusan perawatan yang lebih tepat[10]. Penelitian Mukhlis dan Hendryan tahun 2019 fokus pada algoritma Teorema Bayes dalam sistem pakar untuk mendiagnosis fungsi kardiovaskular. Hasil menunjukkan tingkat akurasi 0,83 dalam mendiagnosis penyakit hipertensi. Penelitian ini mengungkap potensi Teorema Bayes dalam sistem pakar medis, khususnya pada diagnosis kardiovaskular[11].

Berdasarkan penjelasan di atas, penulis melakukan penelitian mengenai diagnosa penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva(FOP) menggunakan algoritma Teorema Bayes. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan dukungan kepada pakar dalam mendiagnosis penyakit FOP berdasarkan gejala atau keluhan yang diungkapkan oleh pasien, tanpa memerlukan pertemuan langsung antara pakar dan pasien. Dengan memanfaatkan algoritma-algoritma tersebut dan informasi yang tersedia, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses diagnosa FOP. Penggunaan algoritma Teorema Bayes diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi tenaga medis dalam menghadapi penyakit langka seperti FOP, sehingga dapat memberikan perawatan yang tepat dan lebih baik bagi penderita.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian, sangat penting untuk mengikuti tahapan-tahapan yang telah ditetapkan sebelumnya agar menjaga objektivitas dan keakuratan penelitian. Tahapan-tahapan ini memastikan adanya logika dan sistematika dalam penelitian, serta memberikan hasil yang akurat. Adanya algoritma atau urutan tahapan yang sesuai menjadi suatu keharusan dalam penelitian, dimana setiap tahapan memiliki penjelasan yang mendetail. Dengan mengikuti tahapan yang tepat, penelitian dapat dilakukan secara objektif dan menghasilkan hasil yang akurat.

a. Studi Kepustakaan

Pada tahap awal penelitian, dilakukan studi kepustakaan yang mencakup pencarian berbagai sumber atau informasi yang relevan terkait dengan topik penelitian, termasuk permasalahan yang dihadapi dan algoritma yang akan digunakan. Dalam studi kepustakaan ini, peneliti mencari buku, artikel, dan publikasi lainnya yang memberikan wawasan serta pemahaman yang komprehensif tentang topik yang sedang diteliti. Tujuannya adalah untuk memahami penelitian-penelitian sebelumnya dalam bidang yang serupa, menemukan informasi yang relevan, dan mengidentifikasi celah pengetahuan yang mungkin menjadi fokus utama penelitian selanjutnya.

b. Analisis Algoritma

Pada tahap ini, terjadi evaluasi terhadap algoritma yang mencakup analisis permasalahan yang relevan dan proses analisis untuk setiap tahap yang digunakan dalam penelitian ini. Dilakukan analisis mendalam terhadap algoritma yang terpilih, menyelidiki bagaimana algoritma-algoritma tersebut berlaku dalam konteks penelitian, dan mengevaluasi kecocokan serta efektivitasnya dalam mengatasi permasalahan yang relevan. Dengan melakukan analisis yang teliti ini, diharapkan dapat memahami kelebihan dan kelemahan masing-masing algoritma, serta menghasilkan hasil penelitian yang akurat dan bermakna.

c. Penerapan Algoritma

Pada tahap ini, dilakukan implementasi algoritma-algoritma seperti Algoritma Teorema Bayes dengan menjalankan proses pada setiap langkah yang terkandung dalam algoritma tersebut. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan faktor keyakinan yang relevan dalam penelitian ini. Melalui implementasi algoritma tersebut, peneliti berharap dapat mendapatkan hasil analisis yang akurat dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait dengan penelitian yang sedang dijalankan.

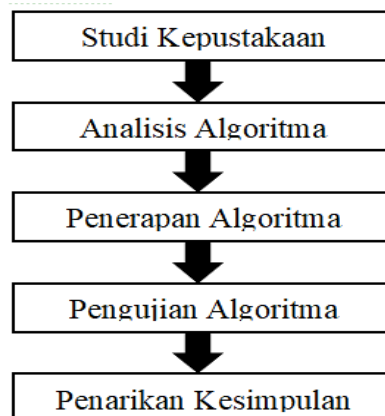
d. Pengujian Algoritma

Dalam penelitian ini, terdapat tahap pengujian algoritma yang khususnya menggunakan algoritma Teorema Bayes. Pada tahap pengujian ini, dilakukan evaluasi menyeluruh untuk menilai kinerja algoritma tersebut dalam menangani permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini.

e. Penarikan Kesimpulan

Pada akhir tahapan ini, dilakukan penarikan kesimpulan dari seluruh penelitian yang telah dilakukan, kemudian dirangkum menjadi satu paragraf kesimpulan. Dalam tahap ini, penulis merangkum hasil temuan dan temuan penting dari penelitian, memberikan evaluasi terhadap tujuan penelitian yang telah dicapai, serta menyoroti implikasi dari hasil penelitian tersebut. Kesimpulan ini menjadi titik akhir yang menyimpulkan nilai dan signifikansi dari penelitian tersebut, dan bisa memberikan arahan untuk penelitian lebih lanjut atau penerapan hasil penelitian dalam konteks yang lebih luas.

Hasil penelitian di atas dapat direpresentasikan dalam sebuah kerangka penelitian yang tergambar dalam gambar 1 di bawah ini, sesuai dengan penjelasan sebelumnya. Kerangka penelitian ini menggambarkan proses algoritma Teorema Bayes, serta memberikan gambaran tentang bagaimana kedua algoritma tersebut dapat membantu dalam mendiagnosis penyakit dengan efektif:



Gambar 1. Kerangka Penelitian

2.2 Sistem Pakar

Sistem pakar adalah salah satu jenis sistem kecerdasan buatan yang mereplikasi pengetahuan dan kemampuan ahli manusia dalam suatu bidang khusus[12]. Sistem pakar, sebagai bentuk kecerdasan buatan yang khusus, menggandeng aturan-aturan dan informasi yang diperoleh dari para ahli manusia dalam suatu bidang spesifik. Dengan pendekatan ini, sistem mampu memberikan solusi atau rekomendasi yang sepadan dengan tingkat kualitas dan keakuratan yang dapat disampaikan oleh para ahli yang sebenarnya. Penggunaan pengetahuan yang telah ditetapkan sebelumnya menjadi kunci dalam menyelenggarakan fungsi sistem pakar ini untuk mengatasi beragam tantangan yang kompleks dan beragam di bidang domainnya[13]. Sistem pakar memiliki fokus yang tajam pada pengetahuan yang terkait dengan domain tertentu, dan ketergantungannya pada basis pengetahuan yang telah ditetapkan sebelumnya menjadi hal yang sangat penting dalam menghadapi situasi dan masalah yang kompleks dalam bidang yang spesifik tersebut. Di bidang kesehatan, sistem pakar memberikan kontribusi penting dengan memberdayakan dokter dalam proses diagnosa. Penggunaan sistem pakar memungkinkan dokter untuk memanfaatkan gejala yang dialami oleh pasien sebagai data masukan, sehingga proses diagnosa menjadi lebih efisien dan akurat[14]. Dengan basis pengetahuan yang telah ditetapkan sebelumnya, sistem pakar dapat menyajikan solusi dan rekomendasi yang sejajar dengan tingkat kualitas dan keakuratan yang dapat diberikan oleh para dokter berpengalaman dalam kondisi yang serupa. Dengan demikian, sistem pakar dapat menjadi alat bantu berharga dalam meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan dan mempercepat proses diagnosa bagi para pasien[15].

2.3 Penyakit *Fibrodysplasia Ossificans Progressiva* (FOP)

Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) merupakan penyakit langka yang menghadirkan tantangan serius bagi penderitanya. Kondisi ini ditandai oleh pembentukan tulang yang tidak normal di dalam jaringan lunak, seperti otot, tendon, dan ligamen[16]. Proses pembentukan tulang baru ini tidak terkontrol, sehingga menyebabkan perubahan postur tubuh, mobilitas yang terbatas, dan bahkan gangguan fungsi organ internal. FOP bersifat progresif, artinya kondisinya memburuk seiring berjalannya waktu, dan saat ini, belum ada pengobatan yang diketahui dapat menyembuhkan penyakit ini secara efektif. Penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva pertama kali dideskripsikan secara rinci oleh Dr. Guy Patin pada tahun 1692. Namun, istilah "Fibrodysplasia Ossificans Progressiva" baru diperkenalkan oleh Dr. Victor McKusick pada tahun 1972. Nama ini mencerminkan karakteristik utama penyakit ini, yaitu pembentukan tulang yang progresif di dalam jaringan lunak yang mengalami perubahan patologis. Sejak saat itu, istilah "Fibrodysplasia Ossificans Progressiva" secara luas digunakan dalam literatur medis dan ilmiah untuk menggambarkan kondisi ini[17].

Pencegahan untuk penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva saat ini belum diketahui karena kondisi ini bersifat genetik dan diwariskan. Penyakit ini disebabkan oleh mutasi genetik yang mempengaruhi regulasi pertumbuhan tulang, dan tidak ada tindakan pencegahan yang dapat mengubah atau menghentikan mutasi tersebut. Oleh karena itu, pendekatan utama dalam menghadapi FOP adalah melalui manajemen gejala, perawatan yang tepat, dan memberikan dukungan bagi penderita untuk meningkatkan kualitas hidup mereka[18]. Penting bagi penderita FOP untuk berkonsultasi dengan dokter atau ahli genetika yang berpengalaman dalam mengelola penyakit ini. Tim medis dapat memberikan informasi yang tepat tentang pengobatan dan manajemen gejala yang sesuai dengan kondisi setiap individu. Dukungan dari keluarga dan masyarakat juga sangat berarti dalam membantu penderita menghadapi tantangan yang dihadapinya. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang genetika dan ilmu kedokteran diharapkan dapat memberikan wawasan baru dan perbaikan dalam penanganan FOP. Meskipun tantangan yang dihadapi oleh penderita FOP besar, upaya kolektif dari para ilmuwan, dokter, keluarga, dan masyarakat dapat memberikan harapan dan dukungan bagi mereka yang terkena dampak penyakit ini[19].

2.4 Algoritma *Teorema Bayes*

Teorema Bayes adalah salah satu algoritma yang digunakan dalam sistem pakar. Algoritma ini dianggap sebagai pilihan yang baik karena kemampuannya yang relatif mudah dan efisien dalam melakukan pembelajaran dari data yang tersedia[20]. Pendekatan algoritma ini didasarkan pada dasar probabilitas, memungkinkan sistem pakar untuk memberikan rekomendasi atau prediksi berdasarkan informasi yang ada dengan tingkat keakuratan yang dapat diandalkan. Penggunaan *Teorema Bayes* dalam sistem pakar telah membantu meningkatkan efisiensi dan kualitas pengambilan keputusan di berbagai bidang, mulai dari kedokteran hingga analisis data. Algoritma *Teorema Bayes* dapat digunakan untuk menghasilkan estimasi parameter dengan menggabungkan berbagai informasi dari sampel yang telah ada sebelumnya. Prinsip dasar algoritma ini adalah ketika ada tambahan bukti atau informasi baru (evidence), maka nilai estimasinya dapat diperbaiki. Dalam konteks ini, algoritma *Teorema Bayes* berfungsi untuk mengupdate dan memperbaiki nilai probabilitas berdasarkan evidence tambahan, sehingga memberikan estimasi yang lebih akurat dan terpercaya[21]. Dengan menggunakan algoritma ini, sistem dapat menggabungkan data dari berbagai sumber dan mengambil keputusan yang lebih baik berdasarkan informasi yang terkini. Dengan fleksibilitasnya, *Teorema Bayes* telah menjadi alat yang berharga dalam berbagai aplikasi seperti analisis data, sistem pakar, dan kecerdasan buatan. Adapun rumus dari perhitungan *Teorema Bayes* sebagai berikut[22]:

$$P(H_i|E) = \frac{P(E|H)_i * P(H)_i}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i}$$

Dengan keterangan:

$P(H|E)_i$ = probabilitas hipotesa untuk *evidence* ke-i

$P(E|H)_i$ = Probabilitas *evidence* untuk hipotesis ke-i benar.

$P(H)_i$ = Probabilitas hipotesis ke-i.

n = Jumlah kemungkinan hipotesis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data Penyakit *Fibrodysplasia Ossificans Progressiva* (FOP)

Dalam tahap ini, dilakukan usaha untuk menghimpun pengetahuan dari sejumlah pakar yang memiliki keahlian khusus dalam bidang *Fibrodysplasia Ossificans Progressiva* (FOP). Mereka bekerja keras untuk memastikan pengetahuan yang terkini dan relevan diintegrasikan dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk dengan cermat memperoleh diagnosis penyakit secara obyektif dan terstruktur, dengan berlandaskan pada gejala-gejala yang muncul dan dialami oleh para pasien, sehingga hasilnya dapat memberikan informasi yang akurat dan menyeluruh bagi penanganan kondisi kesehatan yang kompleks ini. Sejumlah gejala dan penilaian dari para pakar telah berhasil dikumpulkan sebagai hasil akhir dari penelitian ini, dan semuanya tertera dalam tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Data nilai pakar terhadap gejala

Kode Gejala	Keterangan	Nilai Pakar
G1	Ossifikasi abnormal	0.9
G2	Pembengkakan dan peradangan	0.8
G3	Gerakan sendi terbatas	0.7
G4	Kaku dan nyeri	0.8
G5	Kulit kemerahan	0.6
G6	Pengurangan mobilitas	0.8
G7	Kesulitan bernapas	0.5
G8	Deformitas tubuh	0.9
G9	Gangguan penglihatan atau pendengaran	0.5
G10	Risiko cedera tinggi	0.9
G11	Nyeri gigi atau gusi	0.5
G12	Perubahan fisik progresif: Sangat tinggi	0.9

Data nilai user terhadap gejala merujuk pada informasi yang dikumpulkan dari pengguna terkait seberapa sering atau kuat gejala tertentu yang mereka alami. Data ini dapat digunakan untuk analisis, pengembangan sistem pakar, atau pemahaman lebih lanjut tentang kesehatan atau pengalaman pengguna terkait suatu kondisi. Berikut ini jawaban dari user yang dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Data nilai user terhadap gejala

Kode Gejala	Keterangan	Nilai User
G1	Ossifikasi abnormal	0.5
G2	Pembengkakan dan peradangan	0.7
G3	Gerakan sendi terbatas	0.5
G4	Kaku dan nyeri	0.4
G5	Kulit kemerahan	0.9
G6	Pengurangan mobilitas	0.5
G7	Kesulitan bernapas	0.9
G8	Deformitas tubuh	0.7
G9	Gangguan penglihatan atau pendengaran	0.8
G10	Risiko cedera tinggi	0.5
G11	Nyeri gigi atau gusi	0.7
G12	Perubahan fisik progresif: Sangat tinggi	0.4

Aturan Bayes adalah konsep statistik yang digunakan untuk memperbarui atau memperbaiki probabilitas suatu kejadian berdasarkan bukti baru atau informasi tambahan yang muncul. Ini digunakan dalam berbagai bidang seperti data mining, sistem pakar, dan kecerdasan buatan untuk mengambil keputusan berdasarkan probabilitas yang diperbarui. Berikut ini aturan bayes dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Aturan Pakar

No	Nilai	Keterangan
1	0 – 0.2	Tidak Ada
2	0.3 – 0.4	Mungkin
3	0.5 – 0.6	Kemungkinan Besar
4	0.7 – 0.8	Hampir Pasti
5	0.9 - 1	Pasti

3.2 Penerapan Algoritma Teorema Bayes

Dasar informasi dalam sistem ini terbentuk dari nilai-nilai pakar dan nilai-nilai user terkait dengan gejala-gejala yang telah diketahui sebelumnya. Dengan menggunakan informasi ini, langkah-langkah metode Teorema Bayes dapat diimplementasikan. Pendekatan ini memungkinkan probabilitas untuk diperbarui secara berkesinambungan dan menghasilkan kesimpulan yang lebih akurat berdasarkan data baru yang diterima dari pengguna atau sumber lainnya. Kemampuan untuk menggabungkan data dari berbagai sumber dan menghitung probabilitas terbaru membuat metode Teorema Bayes menjadi alat yang efektif dalam pengambilan keputusan, serta meningkatkan ketepatan dan keandalan dalam berbagai aplikasi seperti sistem pakar, analisis data, dan kecerdasan buatan.

Menghitung nilai probabilitas $P(H)_i$

$$\begin{aligned}
 P(H)_1 &= \frac{H_1}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.9}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.9}{8.8} \\
 &= 0.102 \\
 P(H)_2 &= \frac{H_2}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.8}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.8}{8.8} \\
 &= 0.091 \\
 P(H)_3 &= \frac{H_3}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.7}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.7}{8.8} \\
 &= 0.080 \\
 P(H)_4 &= \frac{H_4}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.8}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.8}{8.8} \\
 &= 0.091 \\
 P(H)_5 &= \frac{H_5}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.6}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.6}{8.8} \\
 &= 0.068 \\
 P(H)_6 &= \frac{H_6}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.8}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.8}{8.8} \\
 &= 0.091 \\
 P(H)_7 &= \frac{H_7}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.5}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.5}{8.8} \\
 &= 0.057 \\
 P(H)_8 &= \frac{H_8}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.9}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.9}{8.8} \\
 &= 0.102 \\
 P(H)_9 &= \frac{H_9}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.9}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.9}{8.8} \\
 &= 0.057 \\
 P(H)_{10} &= \frac{H_{10}}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.9}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.9}{8.8} \\
 &= 0.102 \\
 P(H)_{11} &= \frac{H_{11}}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.5}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} \\
 &= \frac{0.5}{8.8}
 \end{aligned}$$

$$P(H)_{12} = \frac{H_{12}}{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7+H_8+H_9+H_{10}+H_{11}+H_{12}} = \frac{0.9}{0.9+0.8+0.7+0.8+0.6+0.8+0.5+0.9+0.5+0.9+0.5+0.9} = \frac{0.9}{8.8} = 0.102$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan perkalian antara nilai probabilitas hipotesis ke-i dengan probabilitas bukti pada hipotesis ke-i. Tindakan ini merupakan bagian penting dalam metode Teorema Bayes yang memungkinkan peningkatan akurasi dan keandalan estimasi berdasarkan bukti yang ada

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i &= (0.5 \times 0.102) + (0.7 \times 0.091) + (0.5 \times 0.080) + (0.4 \times 0.091) + (0.9 \times 0.068) + (0.5 \times 0.091) + (0.9 \times 0.057) + (0.7 \times 0.102) + (0.8 \times 0.057) + (0.5 \times 0.102) + (0.7 \times 0.057) + (0.4 \times 0.102) \\ &= 0.051 + 0.064 + 0.040 + 0.036 + 0.061 + 0.045 + 0.051 + 0.072 + 0.045 + 0.051 + 0.040 + 0.041 \\ &= 0.598 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_1 &= \frac{P(E|H)_1 * P(H)_1}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.051}{0.598} \\ &= 0.086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_2 &= \frac{P(E|H)_2 * P(H)_2}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.064}{0.598} \\ &= 0.106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_3 &= \frac{P(E|H)_3 * P(H)_3}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.040}{0.598} \\ &= 0.067 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_4 &= \frac{P(E|H)_4 * P(H)_4}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.036}{0.598} \\ &= 0.061 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_5 &= \frac{P(E|H)_5 * P(H)_5}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.061}{0.598} \\ &= 0.103 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_6 &= \frac{P(E|H)_6 * P(H)_6}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.045}{0.598} \\ &= 0.076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_7 &= \frac{P(E|H)_7 * P(H)_7}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.051}{0.598} \\ &= 0.086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_8 &= \frac{P(E|H)_8 * P(H)_8}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.072}{0.598} \\ &= 0.120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_9 &= \frac{P(E|H)_9 * P(H)_9}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.045}{0.598} \\ &= 0.076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_{10} &= \frac{P(E|H)_{10} * P(H)_{10}}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.051}{0.598} \\ &= 0.086 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(H|E)_{11} &= \frac{P(E|H)_{11} * P(H)_{11}}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\ &= \frac{0.040}{0.598} \\ &= 0.067 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(H|E)_{12} &= \frac{P(E|H)_i * P(H)_i}{\sum_{i=1}^n P(E|H)_i * P(H)_i} \\
 &= \frac{0.041}{0.598} \\
 &= 0.068
 \end{aligned}$$

Hasil penelitian disusun dalam bentuk persentase untuk memberikan gambaran tingkat kemungkinan seorang pasien mengalami penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP). Presentase ini menggambarkan seberapa besar probabilitas kondisi tersebut berdasarkan informasi dan data yang dikumpulkan. Penggunaan bentuk persentase membantu dalam memberikan informasi yang lebih mudah dipahami dan mempermudah interpretasi hasil diagnosa. Dengan cara ini, tingkat kemungkinan dapat lebih jelas diinterpretasikan dan dapat membantu dokter atau tenaga medis dalam mengambil keputusan yang tepat mengenai diagnosis dan penanganan pasien.

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil Diagnosa} &= \text{Bayes1} + \text{Bayes2} + \text{Bayes3} + \text{Bayes4} + \text{Bayes5} + \text{Bayes6} + \text{Bayes7} + \text{Bayes8} + \text{Bayes9} + \\
 &\quad \text{Bayes10} + \text{Bayes11} + \text{Bayes12} \times 100\% \\
 &= (0.086 \times 0.9) + (0.106 \times 0.8) + (0.067 \times 0.7) + (0.061 \times 0.8) + (0.103 \times 0.6) + (0.076 \times 0.8) + \\
 &\quad (0.086 \times 0.5) + (0.120 \times 0.9) + (0.076 \times 0.5) + (0.086 \times 0.9) + (0.076 \times 0.5) + (0.086 \times 0.9) \times \\
 &\quad 100\% \\
 &= 0.077 + 0.085 + 0.047 + 0.049 + 0.062 + 0.061 + 0.043 + 0.108 + 0.038 + 0.077 + 0.033 + \\
 &\quad 0.062 \times 100\% \\
 &= 0.740 \times 100\% \\
 &= 74\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diagnosa menggunakan algoritma Teorema Bayes, didapatkan kesimpulan bahwa seorang pasien memiliki tingkat kemungkinan 74% untuk mengalami penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP). Metode ini menggunakan data dan informasi yang relevan untuk menghitung probabilitas secara akurat dan memberikan estimasi tingkat kepercayaan dalam mendiagnosis penyakit. Hasil ini dapat menjadi panduan bagi dokter atau tenaga medis dalam menyusun rencana perawatan yang sesuai dan efektif untuk pasien tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mendiagnosa penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) menggunakan algoritma Teorema Bayes, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam situasi di mana seorang pasien mengalami keluhan atau beberapa gejala yang memerlukan diagnosis, penerapan algoritma ini dapat mempermudah dan mempercepat proses diagnosa yang dilakukan oleh dokter atau pakar medis. Dengan menggunakan sistem pakar dan mengandalkan informasi gejala yang dialami pasien, diagnosis menjadi lebih efisien dan objektif. Melalui penerapan algoritma Teorema Bayes, peneliti memperoleh hasil diagnosa berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Dengan memanfaatkan sistem pakar, tingkat kemungkinan pasien menderita penyakit Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) dapat dihitung dan ditampilkan dalam bentuk persentase. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai persentase kemungkinan pasien tersebut menderita FOP adalah sebesar 74%. Penelitian ini membantu dokter dan tenaga medis dalam diagnosa FOP. Sistem pakar dengan algoritma Teorema Bayes meningkatkan akurasi dan pelayanan medis, tetapi konfirmasi dokter tetap diperlukan.

REFERENCES

- [1] F. S. Kaplan, M. Al Mukaddam, A. Stanley, O. W. Towler, and E. M. Shore, "Fibrodysplasia ossificans progressiva (FOP): A disorder of osteochondrogenesis," *Bone*, vol. 140, p. 115539, 2020.
- [2] E. M. W. Eekhoff *et al.*, "Gene Therapy for Fibrodysplasia Ossificans Progressiva: Feasibility and Obstacles," *Hum. Gene Ther.*, vol. 33, no. 15–16, pp. 782–788, 2022.
- [3] A. L. Kalua, H. Veronika, and D. T. Salaki, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria dengan Certainty Factor dan Forward Chaining," *J. Inf. Technol. Softw. Eng. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–34, 2023.
- [4] D. Puspita, "Penerapan Metode Forward Chaining untuk Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Rabies Pada Manusia," *Sains, Apl. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 70–77, 2023.
- [5] P. Purwadi and A. H. Nasyuha, "Implementasi Teorema Bayes Untuk Diagnosa Penyakit Hawar Daun Bakteri (Kresak) Dan Penyakit Blas Tanaman Padi," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 4, p. 777, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i4.4350.
- [6] F. Bangun, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Tbc Menggunakan Metode Teorema Bayes," *J. Tek. Dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 23–29, 2019.
- [7] R. Rachman, "Sistem Pakar Deteksi Penyakit Refraksi Mata Dengan Metode Teorema Bayes Berbasis

- Web,” *J. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 68–76, 2020, doi: 10.31311/ji.v7i1.7267.
- [8] H. Hafizah, T. Tugiono, and A. Azlan, “Sistem Pakar Untuk Pendiagnosaan Karies Gigi Menggunakan Teorema Bayes,” *J-SISKO TECH (Jurnal Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD)*, vol. 4, no. 1, p. 103, 2021, doi: 10.53513/jsk.v4i1.2625.
- [9] D. Nofriansyah, R. Gunawan, and E. Elfitriani, “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Pertussis (Batuk Rejan) Dengan Menggunakan Metode Teorema Bayes,” *J-SISKO TECH (Jurnal Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD)*, vol. 3, no. 1, p. 41, 2020, doi: 10.53513/jsk.v3i1.194.
- [10] N. Sulardi and A. Witanti, “Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Anemia Menggunakan Teorema Bayes,” *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2020.
- [11] M. Ramadhan and H. Winata, “Sistem Pakar Mendiagnosa Ganggana Fungsi Kardiovaskular Dengan Metode Theorema Bayes,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, Aug. 2019, Accessed: Mar. 25, 2023. [Online]. Available: <http://prosiding.seminar-id.com/index.php/sensasi/article/view/355>.
- [12] D. Daniel and G. Virginia, “IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSIS PENYAKIT DENGAN GEJALA DEMAM MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR,” *J. Inform.*, vol. 6, no. 1, Apr. 2010, doi: 10.21460/INF.2010.61.82.
- [13] I. R. Mahreza, N. D. Natashia, F. Teknologi, S. Informasi, and U. Nasional, “Penerapan Metode Forward Chaining dan Algoritma Certainty Factor Untuk Mendiagnosa Penyakit Pada Kucing Berbasis Web,” vol. 6, pp. 627–634, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3535.
- [14] S. Komputer, M. Busthomi, N. Nafi, and N. Q. Nawafilah, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kolesterol pada Remaja dengan Metode Certainty Factor,” vol. 15, no. 1, pp. 23–29, 2020.
- [15] R. Manik, A. Azanuddin, and Z. Panjaitan, “Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Mad Cow Disease (Sapi Gila) Menggunakan Metode Certainty Factor,” *J. Cyber Tech*, vol. 2, no. 9, 2019.
- [16] R. J. Pignolo *et al.*, “Plasma-Soluble Biomarkers for Fibrodysplasia Ossificans Progressiva (FOP) Reflect Acute and Chronic Inflammatory States,” *J. Bone Miner. Res.*, vol. 37, no. 3, pp. 475–483, 2022.
- [17] S. Aykul *et al.*, “Anti-ACVR1 antibodies exacerbate heterotopic ossification in fibrodysplasia ossificans progressiva (FOP) by activating FOP-mutant ACVR1,” *J. Clin. Invest.*, vol. 132, no. 12, 2022.
- [18] O. W. Towler and E. M. Shore, “BMP signaling and skeletal development in fibrodysplasia ossificans progressiva (FOP),” *Dev. Dyn.*, vol. 251, no. 1, pp. 144–157, 2022.
- [19] R. J. Pignolo *et al.*, “Palovarotene for fibrodysplasia ossificans progressiva (FOP): results of a randomized, placebo-controlled, double-blind phase 2 trial,” *J. Bone Miner. Res.*, vol. 37, no. 10, pp. 1891–1902, 2022.
- [20] S. N. Arif, I. Zulkarnain, H. Winata, J. Hutagalung, and P. S. Ramadhan, “Sistem Pakar Dalam Mendiagnosa Penyakit Cholelithiasis Menggunakan Metode Teorema Bayes,” *J. Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD*, vol. 6, no. 1, pp. 227–234, 2023.
- [21] N. Sulardi and A. Witanti, “Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Anemia Menggunakan Teorema Bayes,” *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2020, doi: 10.20884/1.jutif.2020.1.1.12.
- [22] A. Wenda, K. Kraugusteeliana, A. A. Suryanto, S. N. Alam, and K. Suhada, “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Paru-Paru dengan Menggunakan Metode Teorema Bayes,” *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 7, no. 1, pp. 82–88, 2023.