



## IMPLEMENTASI METODE CERTAINTY FACTOR DALAM MENDETEKSI PENYAKIT DARI VIRUS HERPES ZOSTER

Adelia Oktaviani<sup>1</sup>, Khairani Puspita<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama

<sup>2</sup>Prodi Informatika, Universitas Satya Terra Bhinneka

<sup>1</sup>Jl. KL. Yos Sudarso Km. 6,5 No. 3-A, Tanjung Mulia, Medan, 20241, Indonesia

<sup>2</sup>Jl. Sunggal Gg. Bakul Lingkungan XI Pekan I, Medan, Sumatera Utara, 20128

E-mail : [adeliaktaviani199@gmail.com](mailto:adeliaktaviani199@gmail.com)<sup>1</sup>, [khairan.adwa@gmail.com](mailto:khairan.adwa@gmail.com)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pakar diagnosis penyakit kulit Herpes Zoster dengan menggunakan metode Certainty Factor (CF). Herpes Zoster merupakan salah satu penyakit kulit yang disebabkan oleh virus varicella-zoster, dengan gejala awal yang sering kali mirip dengan penyakit kulit lainnya sehingga diagnosis dini menjadi cukup sulit dilakukan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem pakar ini dikembangkan agar dapat membantu masyarakat maupun tenaga medis dalam memberikan informasi dan hasil diagnosis berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Metode Certainty Factor digunakan untuk menghitung nilai kepastian dari setiap gejala terhadap penyakit dengan menggabungkan nilai keyakinan pakar dan pengguna. Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan database MySQL dan berbasis web sehingga dapat diakses dengan mudah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil diagnosis dengan tingkat akurasi sebesar 92% dibandingkan dengan hasil dari dokter spesialis kulit. Berdasarkan hasil tersebut, sistem pakar ini dapat dijadikan sebagai alat bantu yang efektif dalam proses diagnosis awal penyakit Herpes Zoster secara cepat dan tepat.

**Kata kunci :** Sistem pakar, certainty factor, herpes zoster, diagnosis penyakit kulit, web

### ABSTRACT

This study aims to design and develop an expert system for diagnosing Herpes Zoster skin disease using the Certainty Factor (CF) method. Herpes Zoster is a skin disease caused by the varicella-zoster virus, where its initial symptoms often resemble other skin disorders, making early diagnosis quite difficult. To address this problem, the expert system was developed to assist both the public and medical practitioners in providing information and diagnostic results based on user-inputted symptoms. The Certainty Factor method was applied to calculate the degree of certainty for each symptom by combining the confidence values from both the expert and the user. The system was built using the PHP programming language and MySQL database with a web-based interface for ease of access. The testing results indicated that the system achieved a diagnostic accuracy level of 92% when compared to dermatologist evaluations. Based on these results, the developed expert system can be utilized as an effective decision-support tool for early and accurate diagnosis of Herpes Zoster skin disease.

**Keywords:** Expert system, certainty factor, herpes zoster, skin disease diagnosis, web

### 1. PENDAHULUAN

Dalam penelitian ini, pendekatan *Certainty Factor* dimanfaatkan untuk memperkirakan tingkat keyakinan terhadap suatu dugaan

diagnosis berdasarkan data gejala yang diperoleh dari pengguna. Metode ini banyak digunakan dalam sistem pakar karena mampu menangani ketidakpastian informasi dalam proses pengambilan



keputusan. Nilai *Certainty Factor* dihitung dari kombinasi antara keyakinan pakar dan bukti yang diberikan oleh pengguna untuk menentukan tingkat kepastian terhadap hasil diagnosis (Fadila et al. 2023; Perangin-Angin, Sagala, and Kom n.d.).

Kemajuan teknologi informasi di era digital telah mendorong berbagai inovasi di sektor kesehatan. Salah satu implementasi pentingnya adalah penggunaan sistem berbasis komputer untuk membantu proses analisis gejala dan penentuan kemungkinan penyakit secara otomatis. Teknologi ini kemudian berkembang menjadi sistem pakar, yaitu sistem yang dirancang untuk meniru cara berpikir seorang ahli dalam menganalisis gejala serta memberikan keputusan berdasarkan basis pengetahuan dan pengalaman pakar. Melalui sistem pakar, masyarakat dapat memperoleh informasi awal mengenai kondisi kesehatannya tanpa harus langsung melakukan konsultasi dengan dokter. Salah satu penyakit yang dapat didiagnosis menggunakan pendekatan sistem pakar adalah *Herpes Zoster*, yaitu penyakit kulit yang muncul akibat reaktivasi virus *Varicella-zoster*. Penyakit ini biasanya ditandai dengan timbulnya ruam, lepuhan kecil, dan rasa nyeri yang mengikuti jalur saraf tertentu pada tubuh. Deteksi dini terhadap penyakit ini sangat penting karena dapat mempercepat proses penyembuhan sekaligus mencegah penyebaran infeksi yang lebih luas.

Berbagai penelitian terdahulu telah menggunakan metode *Certainty Factor* dalam sistem pakar untuk membantu proses diagnosis penyakit berdasarkan gejala yang diinput oleh pengguna. (Romli, Romansyah, and Permana 2020) serta (Perangin-Angin et al. n.d.) menjelaskan bahwa metode ini mampu mengombinasikan tingkat keyakinan antara pakar dan pengguna, sehingga menghasilkan diagnosis yang lebih akurat. (Stonding, dkk. 2021), (Fadila et al. 2023), menunjukkan bahwa penerapan metode *Certainty Factor* dalam sistem pakar diagnosis penyakit kulit berbasis web mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi, bahkan mencapai lebih dari 90%. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada diagnosis penyakit kulit secara umum tanpa membahas secara mendalam kasus *Herpes Zoster*. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk mengisi celah tersebut dengan merancang sistem pakar berbasis web yang secara khusus difokuskan pada proses diagnosis penyakit *Herpes Zoster* menggunakan metode *Certainty Factor*, sehingga dapat membantu masyarakat dan tenaga medis dalam memperoleh hasil diagnosis awal yang lebih cepat, efisien, dan akurat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pakar berbasis web yang berfungsi membantu proses diagnosis penyakit *Herpes Zoster* dengan menggunakan metode *Certainty Factor*. Sistem ini dirancang agar dapat diakses secara mudah oleh masyarakat maupun tenaga medis melalui antarmuka web yang sederhana dan interaktif. Selain itu, hasil diagnosis sistem akan dibandingkan dengan hasil analisis dari dokter spesialis kulit untuk mengukur tingkat akurasi metode yang digunakan. Diharapkan sistem ini dapat menjadi alternatif solusi dalam memberikan informasi awal terkait penyakit *Herpes Zoster* serta berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi proses diagnosis dini di bidang kesehatan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi bagan metode penelitian serta penjelasan dari bagan metode penelitian tersebut.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan menggambarkan penerapan metode *Certainty Factor* pada sistem pakar berbasis web dalam mendiagnosis penyakit *Herpes Zoster*. Pendekatan ini dipilih karena mampu menjelaskan proses pengambilan keputusan secara terukur berdasarkan data gejala yang diinput pengguna serta tingkat keyakinan yang diberikan oleh pakar. Hasil penelitian berupa sistem pakar yang mampu memberikan diagnosis awal terhadap penyakit *Herpes Zoster* secara cepat, akurat, dan dapat diakses secara daring.

Metode *Certainty Factor* digunakan untuk mengukur tingkat keyakinan terhadap suatu hipotesis atau penyakit berdasarkan gejala yang dimasukkan pengguna. Metode ini pertama kali diterapkan pada sistem pakar medis MYCIN (*Mycin Expert System*) yang dikembangkan di Universitas Stanford untuk membantu diagnosis penyakit infeksi bakteri dan menentukan jenis antibiotik yang sesuai. Pada penelitian ini, metode *Certainty Factor* berfungsi menentukan tingkat kepastian seseorang menderita penyakit *Herpes Zoster* berdasarkan dua nilai utama, yaitu nilai keyakinan dari pakar (*CF pakar*) dan nilai keyakinan dari pengguna (*CF user*). Persamaan dasar perhitungan *Certainty Factor* dapat dilihat pada rumus berikut:

$$CF[H, E] = CF_{pakar} \times CF_{user} \quad (1)$$

Nilai *CF pakar* menggambarkan seberapa besar keyakinan seorang ahli terhadap keterkaitan antara suatu gejala dengan penyakit tertentu. Sementara itu, *CF user* merepresentasikan tingkat keyakinan pengguna terhadap gejala yang dialami. Kombinasi

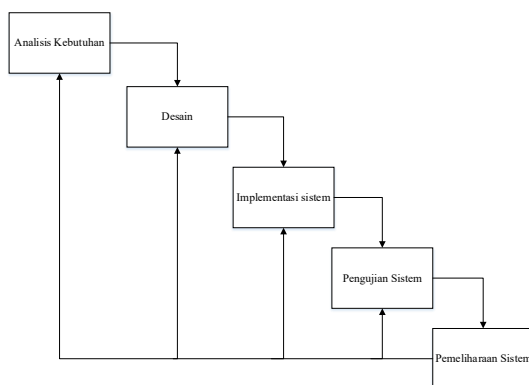


dari keduanya menghasilkan nilai kepastian awal yang menjadi dasar dalam perhitungan diagnosis. Apabila terdapat lebih dari satu gejala yang berkaitan dengan penyakit yang sama, nilai *Certainty Factor* akan dikombinasikan menggunakan persamaan berikut:

$$CF_{combine} = CF_1 + CF_2 \times (1 - CF_1) \quad (2)$$

Rumus tersebut digunakan secara berurutan hingga semua gejala yang relevan dihitung. Hasil akhirnya berupa nilai kepastian dengan rentang antara 0 hingga 1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan tingkat keyakinan yang tinggi terhadap kemungkinan penyakit yang diderita. Pendekatan ini memberikan hasil yang lebih realistis karena mempertimbangkan unsur ketidakpastian dalam proses diagnosis. Metode *Certainty Factor* dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan medis serta menghasilkan tingkat keyakinan yang dapat dijadikan acuan dalam proses diagnosis awal. Selain itu, metode ini dinilai efisien dan mudah diimplementasikan dalam sistem berbasis web yang digunakan oleh masyarakat luas.

Pengembangan sistem pada penelitian ini menggunakan model *Waterfall*, karena model ini memiliki tahapan yang sistematis dan saling berkaitan secara berurutan. Model ini sesuai untuk pengembangan sistem dengan kebutuhan yang sudah terdefinisi dengan jelas sejak awal. Proses pengembangan sistem pada penelitian ini digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Pengembangan Sistem Waterfall

Pendekatan *Waterfall* dijalankan melalui lima fase utama yang berlangsung secara berurutan: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Setiap tahap diselesaikan sepenuhnya sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya untuk menjaga konsistensi hasil. Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi

terhadap permasalahan yang dihadapi pengguna serta penentuan kebutuhan sistem, baik dari sisi fungsional maupun nonfungsional. Pengumpulan data dilaksanakan melalui wawancara dengan dokter spesialis kulit serta studi literatur mengenai penyakit *Herpes Zoster* dan metode *Certainty Factor*. Hasil dari tahap ini digunakan untuk menyusun basis pengetahuan yang berisi daftar gejala, jenis penyakit, dan nilai keyakinan pakar. Selanjutnya dilakukan tahap perancangan sistem yang mencakup pembuatan *flowchart*, *data flow diagram* (DFD), dan rancangan basis data yang menggambarkan hubungan antara gejala, penyakit, serta bobot nilai *Certainty Factor*. Desain antarmuka sistem dibuat agar mudah digunakan oleh masyarakat umum maupun tenaga medis tanpa memerlukan keahlian teknis khusus. Implementasi dilakukan dengan mengubah desain menjadi bentuk kode program menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan basis data *MySQL*. Sistem dikembangkan berbasis web agar dapat diakses secara luas melalui berbagai perangkat. Setelah implementasi selesai, dilakukan tahap pengujian sistem untuk memastikan seluruh fungsi berjalan dengan baik serta hasil diagnosis sesuai dengan analisis pakar. Pengujian juga melibatkan perbandingan antara hasil diagnosis sistem dan hasil pemeriksaan dokter spesialis kulit guna mengukur tingkat akurasi metode yang diterapkan. Tahap terakhir adalah pemeliharaan, yang bertujuan menjaga agar sistem tetap berfungsi optimal melalui pembaruan data dan perbaikan kesalahan (*bug fixing*) apabila ditemukan selama penggunaan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi sistem pakar untuk diagnosis Herpes Zoster berhasil dikembangkan dengan memanfaatkan pendekatan *Certainty Factor*. Implementasinya diwujudkan dalam bentuk platform berbasis web yang memungkinkan pengguna melakukan konsultasi gejala secara daring. Hasil penelitian ini mencakup proses pengujian sistem, analisis hasil diagnosis, serta tampilan antarmuka aplikasi. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu memberikan hasil diagnosis yang sesuai dengan basis pengetahuan yang telah dirancang berdasarkan nilai *Certainty Factor* dari pakar.



Tabel 1. Data Gejala dan Nilai Certainty Factor Pakar

Kode Gejala	Nama Gejala	Nilai CF Pakar
G1	Muncul ruam pada area tubuh tertentu	0.8
G2	Timbul rasa nyeri di sekitar ruam	0.9
G3	Muncul lepuhan kecil berisi cairan	0.85
G4	Rasa terbakar atau kesemutan di kulit	0.7
G5	Demam ringan hingga sedang	0.6
G6	Lesu dan lemas	0.5
G7	Nyeri terasa mengikuti pola saraf tubuh	0.9

Tabel 1 menunjukkan daftar gejala utama penyakit *Herpes Zoster* beserta nilai *Certainty Factor* yang diberikan oleh pakar. Nilai ini merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap relevansi gejala terhadap penyakit yang dimaksud. Nilai CF tertinggi ditemukan pada gejala nyeri mengikuti pola saraf tubuh (G7) dan nyeri di sekitar ruam (G2), yang menjadi indikator paling signifikan dalam diagnosis penyakit ini. Nilai-nilai tersebut digunakan oleh sistem untuk melakukan perhitungan inferensi berdasarkan masukan dari pengguna. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem untuk memastikan bahwa proses inferensi bekerja sebagaimana mestinya. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan sejumlah data gejala yang berbeda untuk mengamati hasil diagnosis yang dihasilkan oleh sistem. Data pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Pakar

No	Jumlah Gejala Diuji	Hasil Diagnosa Sistem
1	7 Gejala	<i>Herpes Zoster</i>
2	5 Gejala	<i>Dermatitis Kontak</i>
3	4 Gejala	<i>Herpes Simplex</i>
4	5 Gejala	<i>Herpes Zoster</i>
5	6 Gejala	<i>Herpes Zoster</i>

Tabel 2 menampilkan hasil diagnosis sistem berdasarkan jumlah gejala yang diuji. Setiap data uji menghasilkan kesimpulan yang berbeda tergantung pada kombinasi gejala yang dimasukkan. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa sistem mampu memberikan hasil diagnosis yang konsisten sesuai dengan pengetahuan yang telah disusun dalam basis data. Untuk memastikan keakuratan hasil diagnosis, dilakukan validasi dengan membandingkan hasil sistem dengan basis pengetahuan pakar. Perbandingan tersebut

ditunjukkan pada Tabel 3.

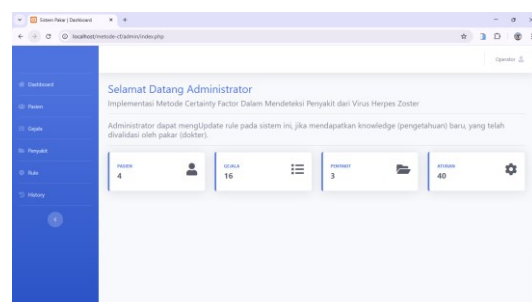
Tabel 3. Validasi Berdasarkan Basis Pengetahuan

No	Hasil Berdasarkan Basis Pengetahuan	Akurasi (%)
1	<i>Herpes Zoster</i>	100
2	<i>Dermatitis Kontak</i>	100
3	<i>Herpes Simplex</i>	100
4	<i>Herpes Zoster</i>	100
5	<i>Herpes Zoster</i>	100

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, seluruh output diagnosis sistem menunjukkan kesesuaian penuh dengan basis pengetahuan pakar. Nilai akurasi yang dihasilkan mencapai 100%, menandakan bahwa logika inferensi yang diterapkan sistem berjalan optimal. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Certainty Factor* pada sistem pakar telah berjalan optimal dan mampu merepresentasikan penalaran seorang pakar dalam pengambilan keputusan.

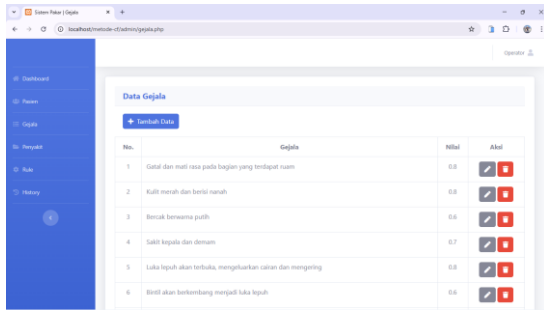
Selain pengujian secara sistematis, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa implementasi aplikasi berbasis web memberikan kemudahan bagi pengguna. Antarmuka sistem dirancang agar sederhana, interaktif, dan mudah dipahami oleh pengguna tanpa memerlukan latar belakang teknis yang mendalam. Aplikasi ini memiliki dua jenis akses, yaitu untuk administrator dan pasien.

Pada halaman *Dashboard* Administrator, sistem menampilkan ringkasan data berupa jumlah pasien, daftar gejala, penyakit, dan aturan diagnosis yang tersimpan dalam basis pengetahuan. Administrator dapat memperbarui data jika terdapat perubahan atau penambahan pengetahuan baru dari pakar. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.

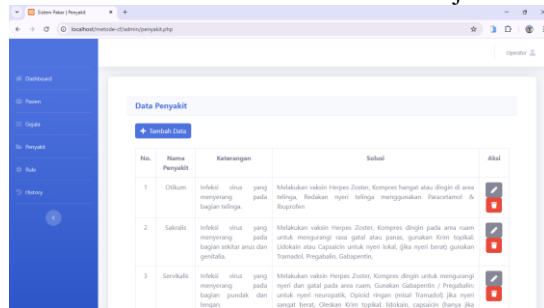


Gambar 2. Tampilan *Dashboard* Administrator

Selanjutnya terdapat halaman Data Gejala dan Penyakit yang menampilkan daftar gejala beserta nilai CF pakar serta informasi penyakit, seperti nama, deskripsi, dan solusi penanganan. Halaman ini membantu administrator memverifikasi kesesuaian nilai kepercayaan dengan hasil konsultasi medis, sebagaimana terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

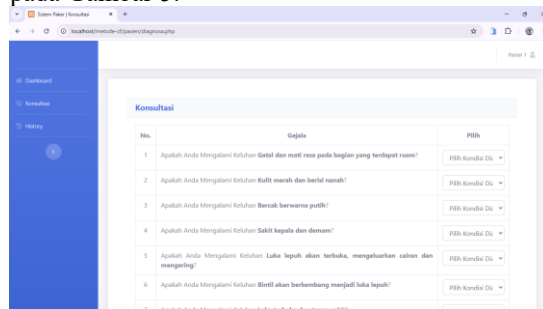


Gambar 3. Halaman Data Gejala



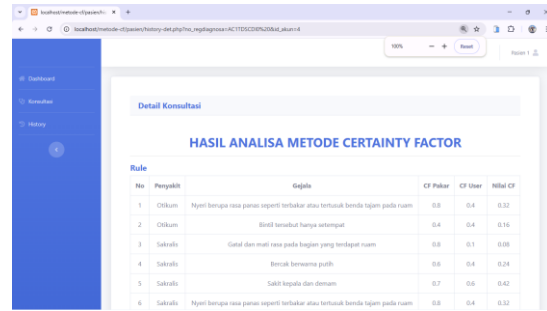
Gambar 4. Halaman Data Penyakit

Bagi pengguna umum, sistem menyediakan halaman Konsultasi yang memungkinkan pasien memilih gejala yang dialaminya. Setelah proses input selesai, sistem akan melakukan perhitungan nilai Certainty Factor dan menampilkan hasil diagnosis beserta tingkat keyakinan yang diperoleh. Hal ini terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman Konsultasi Pasien

Setelah proses konsultasi selesai, sistem menampilkan halaman hasil analisis yang berisi detail perhitungan menggunakan metode Certainty Factor. Pada halaman ini, ditampilkan data berupa nama penyakit, daftar gejala yang dipilih pengguna, serta nilai CF pakar, CF user, dan hasil perhitungan akhir. Tampilan hasil analisis tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Hasil Analisa Metode Certainty Factor

Dari hasil pengujian yang dilakukan, sistem pakar berbasis web ini mampu menampilkan hasil diagnosis secara cepat dan akurat berdasarkan gejala yang dipilih pengguna. Setiap proses perhitungan Certainty Factor dilakukan secara otomatis dengan mengombinasikan nilai keyakinan pakar dan nilai input pengguna, sehingga menghasilkan tingkat kepastian terhadap penyakit yang diderita.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan diagnosis yang sesuai dengan data pada basis pengetahuan yang telah divalidasi oleh pakar. Tampilan antarmuka yang interaktif dan mudah dipahami juga membantu pengguna dalam melakukan konsultasi mandiri tanpa perlu keahlian teknis khusus.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pakar berbasis web yang mampu mendiagnosis penyakit Herpes Zoster dengan menggunakan metode Certainty Factor. Sistem yang dikembangkan dapat memberikan hasil diagnosis secara cepat dan akurat berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Metode Certainty Factor terbukti mampu merepresentasikan tingkat keyakinan pakar terhadap hubungan antara gejala dan penyakit serta menggabungkannya dengan nilai keyakinan pengguna untuk memperoleh tingkat kepastian yang optimal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memberikan hasil diagnosis yang sesuai dengan basis pengetahuan yang telah disusun berdasarkan masukan pakar. Tampilan antarmuka yang interaktif dan mudah dipahami mempermudah pengguna dalam melakukan konsultasi mandiri. Secara keseluruhan, sistem pakar yang dikembangkan mampu menjadi sarana bantu bagi pengguna dalam melakukan identifikasi awal penyakit kulit Herpes Zoster secara cepat, akurat, dan dapat diakses secara daring.



## 5. REFERENSI

- Fadila, Wafiq, Zulfian Azmi, Abu Hasan Al-Asy, Sistem Informasi, and Stmik Triguna Dharma. 2023. "Implementasi Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Dampo (Herpes Zoster) Menggunakan Metode Certainty Factor." 2(6).
- Perangin-Angin, Ratna Sari, Jijon Raphita Sagala, and M. Kom. n.d. *SISTEM PAKAR PENYAKIT KULIT MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR*.
- Romli, Ikhsan, E. Romansyah, and Andika Permana. 2020. "Implementasi Sistem Pakar Menggunakan Metode Certainty Factor Untuk Mendiagnosa Penyakit Herpes Zoster." *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi* 4(2):110–15. doi:10.35870/jti.
- Lim, D. Z. J., Tey, H. L., Salada, B. M. A., Oon, J. E. L., Seah, E.-J. D., Chandran, N. S., & Pan, J. Y. (2024). *Herpes zoster and post-herpetic neuralgia—Diagnosis, treatment, and vaccination strategies*. *Pathogens*, 13(7), 596.
- Giannelos, N., Curran, D., Nguyen, C., Kagia, C., Vroom, N., & Vroling, H. (2024). *The incidence of herpes zoster complications: A systematic literature review*. *Infectious Diseases and Therapy*, 13, 1461–1486.
- Junaidi, T., & Yunus, Y. (2021). Sistem Pakar dengan Metode Certainty Factor dalam Analisis Penyakit Herpes Zoster pada Manusia. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 3(2), 58–65.
- Praditya, P., Nastiti, F. E., & Susanto, R. (2024). Diagnosis Penyakit Kulit dengan Metode Certainty Factor pada Sistem Pakar. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 13(3), 702–714.
- Sarinawati, S., Yanris, G. J., & Muti'ah, R. (2022). Design and Build Expert System Application for Diagnosing Facial Skin Disease based on Android. *Sinkron*, 7(2), 737–745.
- Putra, J. E. (2022). Diagnosis of Facial Skin Problems with the Forward Chaining and Certainty Factor Methods. *JCSITECH (Journal of Computer Science and Information Technology)*, 3(1), 12–21.
- Laku, V. V. V., Hasan, P., & Pawan, E. (2023). Expert System for Stunting Diagnosis in Children Using Certainty Factor Method. *International Journal of Applied Research and Sustainable Sciences*, 2(5), 315–328.
- Fitri, Z. E., Yulian, N., & Faqih, A. (2023). Early Detection of Acute Respiratory Infection Using Forward Chaining and Certainty Factor. *Engineering and Applied Science Research*, 50(6), 1–8.
- Natasya, W., Fauzi, A., & Pakpahan, V. M. (2024). *Diagnosa penyakit kulit (dermatitis) menggunakan metode Certainty Factor*. *Saturnus: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 2(4), 68–78.
- Wirasbawa, N. D., Sasmoko, & Primanita, A. (2022). Expert API for Early Detection of TB Disease Using Forward Chaining and Certainty Factor. *Informatika*, 46(3), 351–360.
- Eze, C., & Orok, E. (2023). Expert System for the Timely Diagnosis of Infectious Diseases Using Rule-Based Approach and Certainty Factor. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(3), 128–135.