

Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Lambung Berdasarkan Gejala dan Citra Endoskopi Menggunakan Metode *Forward Chaining* dan CNN

Gian Gustin^{1*}, Hendra Marcos²

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto

Email: ^{1,*}giangustin123@gmail.com, ²hendra.marcos@amikompurwokerto.ac.id

^{*)} Email Penulis Utama

Abstrak—Penyakit lambung adalah masalah kesehatan yang sering terjadi di masyarakat, dan diagnosis tepat waktu sangat penting untuk perawatan yang cepat. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pakar yang mengintegrasikan informasi gejala klinis dan citra endoskopi untuk diagnosis penyakit lambung. Metode *forward chaining* digunakan untuk mengembangkan aturan inferensi berdasarkan gejala, sementara *convolutional neural network* digunakan untuk analisis citra endoskopi. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan gejala klinis yang dialami pasien, kemudian secara otomatis menerapkan aturan-aturan berbasis *forward chaining* untuk menentukan kemungkinan penyakit lambung. Selanjutnya, melalui pengolahan citra menggunakan *convolutional neural network* (CNN), sistem mampu mengekstrak fitur-fitur penting dari citra endoskopi dan mengidentifikasi pola-pola yang mendukung diagnosis. Pengujian sistem dilakukan menggunakan dataset gejala klinis dan citra endoskopi yang luas. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa integrasi metode *forward chaining* dan CNN memberikan tingkat akurasi diagnosis yang tinggi hingga 80,6%. Sistem ini mempercepat proses diagnosis dan meningkatkan akurasi dengan menggunakan data visual dari gambar endoskopi. Penelitian ini menunjukkan potensi sistem pakar sebagai alat bantu bagi praktisi medis dalam meningkatkan efisiensi dan keakuratan diagnosis penyakit lambung. Dengan menggabungkan pendekatan gejala klinis dan analisis citra, sistem ini dapat menjadi kontributor berharga dalam perawatan pasien dengan penyakit lambung, memungkinkan intervensi yang lebih cepat dan tepat.

Kata Kunci: *Forward Chaining*, CNN, Endoskopi, Dispepsia, Gastritis

Abstract—*Gastric diseases are common health issues in society, and rapid and accurate diagnosis is crucial for timely treatment. This research develops an expert system that integrates clinical symptom information and endoscopy images for gastric disease diagnosis. The Convolutional Neural Network is utilized for endoscopic image processing, and the forward chaining method is used to create inference rules based on symptoms. The system allows users to input clinical symptoms experienced by patients, then automatically applies forward chaining-based rules to determine possible gastric diseases. Furthermore, through image processing using Convolutional Neural Network, the system can extract crucial features from endoscopy images and identify patterns that support the diagnosis. System testing is conducted using a comprehensive dataset of clinical symptoms and endoscopy images. Experimental results demonstrate that the integration of forward chaining and Convolutional Neural Network methods provides a high level of diagnostic accuracy up to 80,6%. The system not only expedites the diagnosis process but also enhances accuracy by leveraging visual information from endoscopy images. This research highlights the potential of the expert system as an assisting tool for medical practitioners in improving the efficiency and accuracy of gastric disease diagnosis. By combining clinical symptom approaches and image analysis, this system can be a valuable contributor to patient care for gastric diseases, enabling more precise and rapid interventions.*

Keywords: *Forward Chaining*, CNN, Endoscopy, Dyspepsia, Gastritis

1. PENDAHULUAN

Dalam era modern ini, masalah kesehatan telah menjadi salah satu tantangan dan perhatian utama di seluruh dunia [1]. Salah satu aspek kesehatan yang penting adalah sistem pencernaan, Sebagai ilustrasi, penyakit lambung seperti Gastritis, Data dari World Health Organization (WHO) menunjukkan bahwa kasus gastritis mencapai 1,8 hingga 2,1 juta kasus per tahun di seluruh dunia. Angka ini bervariasi di berbagai negara, seperti Inggris (22 persen), Cina (31 persen), Jepang (14 persen), Kanada (35 persen), dan Prancis (29,5 persen). Sekitar 583.635 kasus diperkirakan terjadi setiap tahun di Asia Tenggara [2]. Di mana masalah seperti penyakit lambung seringkali menjadi sumber ketidaknyamanan dan masalah kesehatan serius bagi individu. Penyakit lambung, termasuk gastritis, tukak lambung, dan kanker lambung, dapat memiliki dampak serius terhadap kualitas hidup seseorang dan bahkan mengancam nyawa jika tidak terdiagnosis dan diobati dengan cepat. Akibatnya, diagnosis yang akurat dan tepat sangat penting dalam pengobatan penyakit lambung [3].

Diagnosis penyakit lambung melibatkan identifikasi gejala klinis yang dialami pasien, dan dalam beberapa kasus, pemeriksaan lanjutan seperti endoskopi. Namun, diagnosis penyakit lambung seringkali memerlukan penilaian yang cermat dan akurat, karena gejala seringkali mirip di antara berbagai jenis penyakit lambung [4].

Banyak orang menyadari ketika ada masalah dengan kesehatan lambung mereka, namun sebagian besar dari mereka tidak mengetahui jenis penyakit lambung yang mereka alami dan cara mengatasi serta mencegahnya [5]. Dalam situasi seperti ini, sistem pakar dapat membantu dokter dan tenaga medis membuat diagnosis yang akurat dan cepat [6],[7].

Program komputer yang disebut sistem pakar bertujuan untuk meniru kemampuan membuat keputusan manusia yang didasarkan pada pengalaman dan pengetahuan [8]. Dalam konteks diagnosis penyakit lambung, sistem pakar dapat membantu dengan mengintegrasikan pengetahuan medis, data gejala pasien, dan hasil endoskopi untuk memberikan diagnosis yang lebih akurat. Selain itu, kemajuan dalam teknologi pengolahan citra, seperti *convolutional neural networks* (CNN), telah membuka peluang baru dalam memanfaatkan citra endoskopi untuk mendukung diagnosis penyakit lambung, CNN belakangan ini telah terbukti sangat berguna dalam bidang endoskopi, termasuk dalam pemeriksaan esofagogastroduodenoskopi (EGD), kolonoskopi, dan endoskopi kapsul (CE). Dalam EGD, program diagnostik yang menggunakan dasar CNN telah diuji guna mengidentifikasi lokasi anatomi dalam gambar EGD [8], [9]. Tidak diragukan lagi bahwa penyakit lambung merupakan masalah kesehatan yang signifikan di seluruh dunia. Namun, diagnosis yang akurat seringkali merupakan tantangan, terutama ketika gejala dan temuan endoskopi bervariasi. Bahkan pendekatan ini memerlukan keterampilan dan pengetahuan tingkat lanjut, dan beberapa tahun pelatihan diperlukan bagi *endoscopist* untuk mencapai keahlian diagnostik yang diperlukan [5], [7]. Oleh karena itu, pengembangan sistem pakar diagnosis penyakit lambung akan menjadi langkah penting dalam perbaikan diagnosis dan pengelolaan penyakit lambung.

Penelitian terkait telah dilakukan dalam bidang sistem pakar dan diagnosis penyakit menggunakan teknologi pengolahan citra. Namun, penelitian yang dilakukan akan menggabungkan pendekatan berbasis gejala dengan analisis citra endoskopi, menciptakan solusi yang komprehensif dan inovatif untuk diagnosis penyakit lambung. Solusi yang ditawarkan berpotensi mengurangi kesalahan diagnosis, mengurangi biaya pelayanan kesehatan, dan meningkatkan perawatan pasien [2], [10], [11]. Dalam lanjutan penelitian ini, akan dijelaskan lebih rinci tentang latar belakang penyakit lambung, metode *forward chaining* dan CNN yang akan digunakan, serta harapan mengenai pengembangan sistem pakar ini kedepannya. Selain itu, penelitian ini akan berbicara tentang metodologi yang akan digunakan dalam penelitian ini dan keuntungan yang diharapkan dari penerapan sistem pakar ini dalam praktik medis sehari-hari.

Penelitian terdahulu pernah dilakukan diantaranya oleh Samsudin dan Ratih Indriani (2018) menerapkan sistem pakar diagnosis dini penyakit lambung menggunakan metode *forward chaining*, penelitian tersebut membahas implementasi sistem pakar untuk diagnosis dini penyakit perut dengan penekanan pada aspek pendaftaran pengguna, akuisisi data, dan penggunaan UML dalam proses penelitian [8]. Penelitian terkait analisis citra endoskopi juga pernah dilakukan oleh Jun Ki Min, Min Seob Kwak, dan Jae Myung Cha (2019) tentang gambaran umum *deep Learning* dalam endoskopi saluran pencernaan, *deep learning* diharapkan membantu *endoscopist* memberikan diagnosis yang lebih akurat dengan mendeteksi dan mengklasifikasi lesi *endoscopists* secara otomatis. Salah satu faktor paling penting untuk pengembangan *deep learning* dalam endoskopi adalah ketersediaan jumlah besar gambar *endoscopists* berkualitas tinggi, serta pemahaman yang meningkat tentang teknologi tersebut oleh *endoscopists*. Oleh karena itu, penting bagi *endoscopists* untuk memusatkan perhatian pada teknologi baru ini [12], [13].

Penelitian ini akan mengusulkan sistem pakar diagnosis penyakit lambung yang didasarkan pada citra endoskopi dan gejala. Metode *forward chaining* dan CNN adalah pendekatan *data-driven* yang dimulai dengan informasi atau konsep dasar yang tersedia dan kemudian mencoba menarik kesimpulan [3]. Tujuannya untuk menyediakan alat yang dapat membantu dokter dalam mengidentifikasi penyakit lambung dengan lebih akurat dan efisien. Kami akan memanfaatkan metode *forward chaining* untuk memandu proses diagnosis berdasarkan gejala yang dilaporkan oleh pasien. Selain itu, kami akan menggunakan CNN untuk menganalisis citra endoskopi pasien. Integrasi metode ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi diagnosis dan mempercepat proses pengambilan keputusan medis.

Tujuan penelitian termasuk mengembangkan sistem pakar yang dapat memberikan diagnosis penyakit lambung berdasarkan gejala yang dilaporkan oleh pasien, menerapkan teknologi citra endoskopi dan CNN untuk mendukung proses diagnosis penyakit lambung, menggunakan metode *forward chaining* dalam proses inferensi untuk meningkatkan akurasi diagnosis penyakit lambung, dan memberikan alat yang dapat membantu dokter dan tenaga medis dalam mengidentifikasi pasien yang menderita penyakit lambung.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Forward Chaining

Dalam pemrograman berbasis pengetahuan dan sistem pakar, *forward chaining* adalah cara untuk mencapai solusi atau kesimpulan dengan memulai dari fakta atau informasi yang sudah ada (data awal) dan bergerak maju melalui aturan atau pengetahuan yang ada hingga mencapai kesimpulan akhir [2],[10]. Dengan kata lain, prosesnya dimulai dengan fakta-fakta yang ada dan berjalan melalui proses penalaran fakta-fakta menuju tujuan. Metode ini juga dikenal sebagai aturan *IF-THEN*, di mana premis (*IF*) menuju hasil (*THEN*). Penalaran dari bawah ke atas dalam suatu sistem pakar dapat disamakan dengan pemrograman konvensional dari bawah ke atas karena penalaran dari fakta pada level bawah menuju konklusi pada level atas didasarkan pada fakta [15].

Dalam sistem pakar yang menggunakan metode *forward chaining* untuk diagnosis penyakit lambung, proses inferensi memiliki tahapan yang mudah dipahami karena memanfaatkan ekspresi logika dalam aturan produksi. Sistem inferensi, sistem yang berdasarkan aturan, pemecahan masalah tingkah laku manusia, dan produksi sederhana semuanya telah menggunakan standar produksi ini. Sejak tahun 1943, metode produksi ini telah dikenal dan digunakan secara luas, seperti yang dilakukan oleh Post (1957) oleh Chomsky (1972) dan Alan Newell [2]. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam metode *forward chaining*:

1. Pengumpulan data awal (Fakta), proses dimulai dengan mengumpulkan data awal atau fakta tentang situasi atau masalah yang akan dipecahkan. Ini dapat berupa gejala atau informasi yang tersedia pada awal diagnosis, yang didapat dari jawaban dari pertanyaan yang diajukan kepada pengguna.
2. Basis pengetahuan, Sistem pakar memiliki basis pengetahuan yang mencakup fakta-fakta dan aturan yang berkaitan dengan masalah atau diagnosis. Basis pengetahuan ini digunakan untuk menghubungkan gejala dengan kemungkinan penyakit atau kesimpulan.
3. Inferensi awal, sistem pakar mulai dengan menganalisis data awal atau fakta yang telah dikumpulkan. Aturan-aturan yang sesuai dengan gejala awal diterapkan untuk mencapai kesimpulan awal.
4. Penentuan tindakan selanjutnya, berdasarkan hasil inferensi awal, sistem memutuskan langkah apa yang akan diambil selanjutnya. Ini dapat termasuk mengevaluasi gejala tambahan atau merumuskan pertanyaan lebih lanjut kepada pengguna.
5. Iterasi dan pengulangan, proses berlanjut dengan mengulangi langkah-langkah di atas untuk gejala tambahan atau informasi yang diperoleh selama proses. Sistem terus menerus menganalisis gejala dan aturan-aturan yang sesuai.
6. Kesimpulan akhir, setelah beberapa iterasi, sistem mencapai kesimpulan akhir berdasarkan gejala yang ditemukan dan aturan yang diterapkan. Kesimpulan ini mungkin berupa diagnosis penyakit atau rekomendasi tindakan selanjutnya.
7. Pengambilan keputusan, hasil kesimpulan akhir dapat digunakan sebagai panduan dalam pengambilan keputusan lebih lanjut, seperti pengujian lebih lanjut atau pengobatan.

Dalam perancangan sistem yang akan dibuat, diperlukan analisis data untuk mengategorikan data tersebut agar mempermudah analisis lanjutan, fakta awal merujuk pada informasi yang diperoleh setelah mengamati dan mewawancarai [10]. Informasi tersebut disajikan dalam bentuk tabel gejala (Tabel 1) dan tabel penyakit (Tabel 2).

Tabel 1. Jenis jenis penyakit

| Kode | Nama Penyakit |
|------|---------------|
| P01 | Dispepsia |
| P02 | Gastritis |
| P03 | Gerd |

Tabel 2. Jenis jenis gejala

| Kode | Nama Gejala |
|------|--------------------------|
| G01 | Rasa nyeri di perut |
| G02 | Rasa Mual dan muntah |
| G03 | Gangguan pencernaan |
| G04 | Perut terasa kembung |
| G05 | Berkurangnya nafsu makan |
| G06 | Tinja berwarna hitam |
| G07 | Penurunan berat badan |
| G08 | Wajah pucat |
| G09 | Terasa lemah |

| | |
|-----|-----------------------------------|
| G10 | Berkeringat dingin |
| G11 | Bersendawa |
| G12 | Rasa penuh pada perut |
| G13 | Setelah makan perut tidak nyaman |
| G14 | Rasa perih pada perut bagian atas |
| G15 | Lambung mengeluarkan cairan |
| G16 | Lambung sakit dan perih |
| G17 | Mulas |
| G18 | Sering BAB |
| G19 | Feses encer dan lembek |
| G20 | Kram perut |
| G21 | Demam |
| G22 | Pegal-pegal |
| G23 | Dehidrasi |
| G24 | Tubuh terasa lemas |

Aturan produksi untuk desain dengan metode *forward chaining* diformulasikan sebagai kondisi *IF* (premis) *THEN* (hasil). Premis adalah gejala jenis penyakit lambung. Dalam sistem pakar ini, satu aturan dapat mencakup lebih dari satu gejala, dan pernyataannya dihubungkan dengan operator logika *AND*:

Aturan 1: *IF* Anda mengalami nyeri perut selain muntah dan mual

AND masalah pencernaan, perut kembung, nafsu makan berkurang, tinja hitam, berat badan menurun, kulit tampak pucat, kelemahan, keringat dingin, dan sering bersendawa, *THEN* adalah jenis penyakit Gastritis.

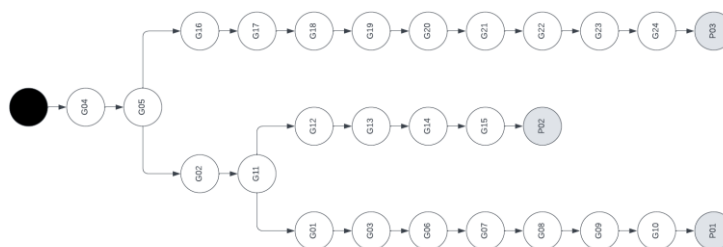
Aturan 2: *IF* Anda merasa penuh dan tidak nyaman setelah makan

AND perih di perut bagian atas, kembung, mual, muntah, sering bersendawa, nafsu makan menurun, dan keluarnya cairan dari lambung, *THEN* adalah penyakit dispepsia.

Aturan 3: *IF* Anda mengalami rasa sakit dan perih di lambung dan sering mengalami mulas

AND buang air besar terus-menerus, tinja lembek dan encer, kram perut, kembung, demam, rasa pegal, dehidrasi, kelelahan, dan penurunan nafsu makan *THEN* jenis penyakit *Gastroesophageal Refluks Esofagus* (GERD).

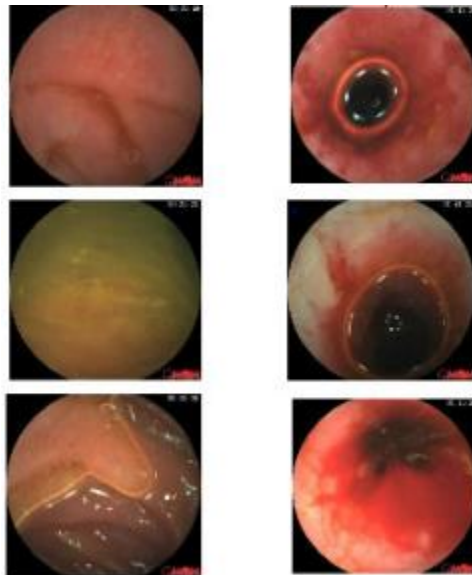
Pohon keputusan, yang digambarkan di sini, adalah representasi grafis dari hubungan antara objek yang dihubungkan oleh garis berlabel "ya" atau "tidak". Pohon keputusan digunakan karena mudah dipahami. Pohon keputusan berikut dibuat untuk membantu sistem pakar mendiagnosa penyakit lambung: kode penyakit lambung, gejala, dan pengobatannya.



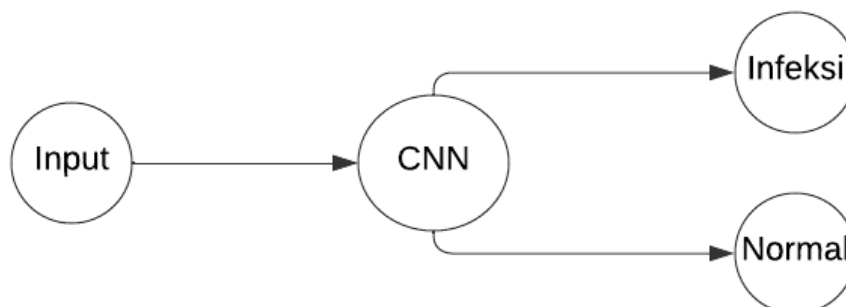
Gambar 1. Pohon keputusan

2.2 Convolutional Neural Network

Penelitian ini menggunakan pendekatan *deep learning* untuk mengembangkan model yang diusulkan. *Deep learning* merupakan subkelas kecerdasan buatan yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (ANNs) untuk melatih model pembelajaran. Beberapa jenis jaringan saraf dalam deep learning telah dikembangkan dan diimplementasikan, Namun, jaringan saraf ulang (RNN) dan jaringan saraf convolutional (CNN) adalah dua jaringan saraf yang paling banyak digunakan [16]. Model CNN telah digunakan secara luas dalam berbagai fungsi visi komputer, seperti deteksi objek, klasifikasi gambar, dan sebagainya, dan terbukti unggul dibandingkan dengan model *deep learning* lainnya [11]. Meskipun penggunaan model machine learning tradisional seperti *random forest*, *support vector machine*, *logistic regression*, dll., dalam klasifikasi gambar medis dimulai sudah lama, namun kelemahan dari model-model tradisional ini adalah kinerjanya jauh dari standar praktis, dan peningkatan serta pengembangannya cukup lambat dalam beberapa tahun terakhir. Ekstraksi fitur dan pemilihan fitur untuk model-model tradisional memerlukan waktu yang sangat lama dan bervariasi tergantung pada tujuan yang diinginkan [16]. Di sisi lain, model berbasis CNN telah menunjukkan kinerja yang signifikan dalam tugas klasifikasi gambar [17]. Kinerja yang dicapai oleh CNN dalam penelitian medis setara dengan kinerja manusia. Sebagai contoh, arsitektur berbasis CNN seperti model CheCKNet dengan 121 lapisan dapat sebaik empat radiolog rata-rata pada dataset gambar sinar-X dada sebanyak 100.000 gambar [16]. Begitu pula, model CNN yang digunakan untuk mengklasifikasikan 108.309 gambar tomografi koherensi optik mencapai tingkat kesalahan rata-rata tertimbang yang setara dengan kinerja enam ahli manusia [18]. Sebagai hasil dari kinerja seperti itu, penelitian ini mempertimbangkan penggunaan model berbasis CNN untuk mengklasifikasikan gambar endoskopi kapsul (WCE).



Gambar 2. Data Sample Gambar Endoscopy.

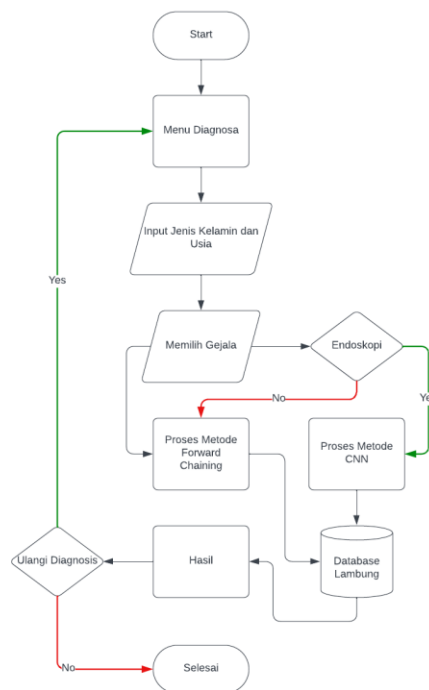


Gambar 3. Proses CNN.

Gambar input yang telah mendapatkan hasil akan diolah lagi dengan menggabungkan hasil dari proses *forward chaining* sebelumnya untuk memperkuat hasil diagnosis, sebagai contoh suatu pasien mengalami gejala tertentu dan telah melakukan endoskopi, maka dengan hasil endoskopi tersebut diagnosis penyakit akan menjadi lebih terperinci dan fokus, contohnya

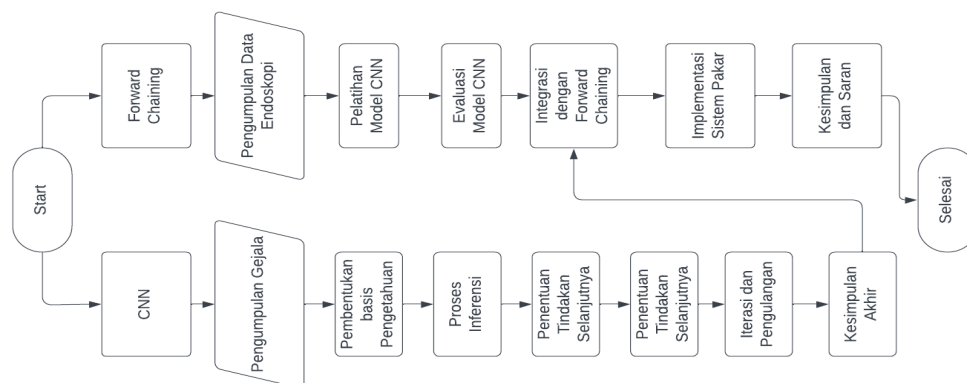
IF Anda mengalami perut penuh, tidak nyaman, dan perih di bagian atas perut setelah makan *AND* perut kembung, mual, muntah, sering bersendawa, nafsu makan berkurang, keluarnya cairan dari lambung, dan endoskopi normal, *THEN* adalah jenis penyakit dispepsia fungsional.

IF Anda mengalami perut penuh, tidak nyaman, dan perih di bagian atas perut setelah makan *AND* perut kembung, mual, muntah, sering bersendawa, nafsu makan berkurang, keluarnya cairan dari lambung, infeksi endoskopi, *THEN* penyakitnya adalah dispepsia organik.



Gambar 4. Diagram Alur Sistem Aplikasi

Proses diagnosis dalam aplikasi sistem pakar diagnosis penyakit lambung dimulai dengan mengisi data pasien seperti umur dan jenis kelamin lalu memasukan gejala yang dialami atau dirasakan, dan jika telah melakukan endoskopi maka bisa memasukan foto hasil dari endoskopi, setelah semua data diinputkan maka sistem akan bekerja dan menentukan penyakit yang diderita oleh pasien.



Gambar 5. Bagan Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data dengan metode yang telah tersedia, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikannya ke dalam sistem pakar menggunakan bahasa pemrograman [19]. Halaman utama sistem diagnosis penyakit lambung adalah tampilan awal saat sistem dijalankan. Ketika pengguna pertama kali menjalankan sistem pakar, mereka akan melihat halaman utama dengan tampilan sebagai berikut:

3.1 Tampilan Website

Halaman Login berfungsi sebagai antarmuka untuk mengakses atau memverifikasi masuknya pengguna ke dalam sistem. Pengguna diminta memasukkan username dan password untuk dapat masuk, dan informasi tersebut akan disimpan ke dalam database yang telah disediakan.



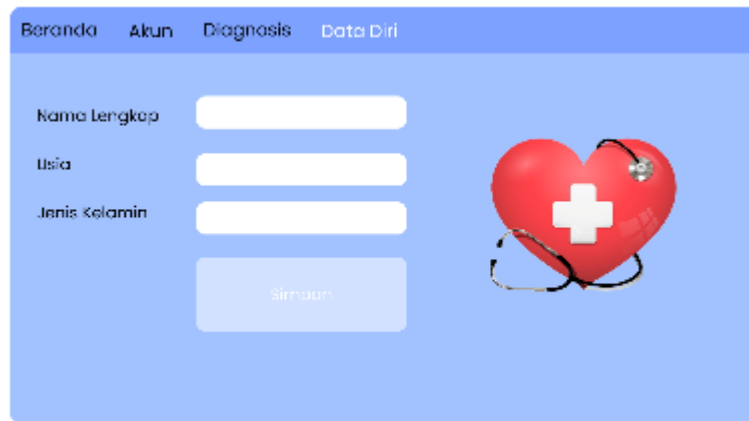
Gambar 5. Tampilan Beranda Website.

Setelah pengguna berhasil masuk ke dalam sistem, proses selanjutnya bisa memanfaatkan fitur yang tersedia.




Gambar 6. Tampilan Daftar Pengguna.

Pengguna harus mengisi data diri terlebih dahulu sebelum masuk ke menu diagnosis untuk membuat hasil diagnosis lebih akurat.



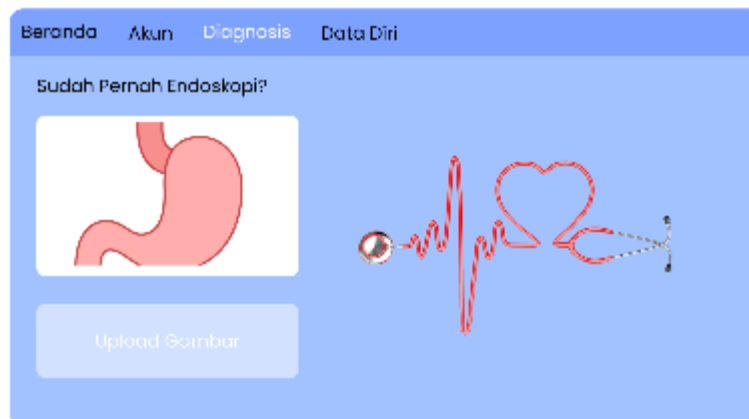
Gambar 7. Tampilan Data Diri Pengguna.

Pada halaman ini, pengguna akan memilih gejala-gejala yang mereka alami dengan mencentang pada gejala yang mereka rasakan.



Gambar 8. Tampilan Gejala Pengguna.

Jika pengguna pernah melakukan endoskopi, pengguna dapat memasukan hasilnya dalam halaman ini untuk membuat hasil diagnosis lebih akurat.



Gambar 9. Tampilan Gambar Endoskopi.

Setelah pengguna memasukan data-data yang ada, akan muncul hasil diagnosis berupa jenis penyakit lambung yang diderita dan beberapa saran untuk menjaga kondisi lambung penderita.



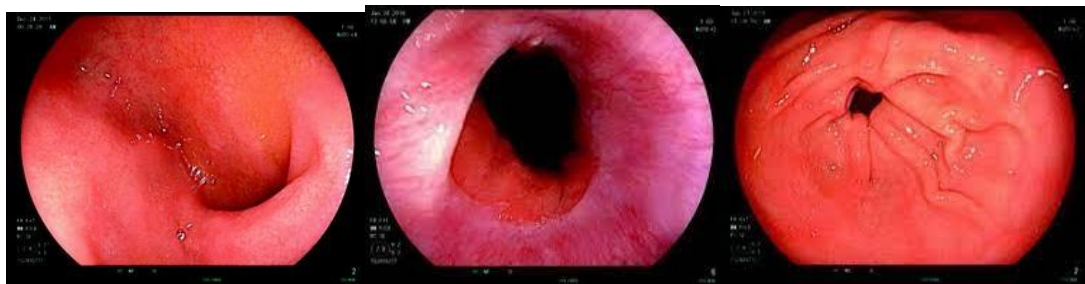
Gambar 10. Tampilan Hasil Diagnosis.

3.2 Implementasi

Berikut data gejala yang dipilih oleh penderita penyakit lambung, berdasarkan metode Forward Chaining dari gejala-gejala yang dipilih pengguna, sistem pakar mendeteksi penyakit lambung yang dialami penderita adalah dispepsia, selanjutnya ditambah data dari gambar endoskopi yang telah dilakukan pengguna sebagai berikut.

Tabel 3. Tabel Gejala Pengguna

| Kode Gejala | Nama Gejala |
|-------------|-----------------------|
| G02 | Mual dan muntah |
| G04 | Perut kembung |
| G05 | Nafsu makan berkurang |
| G11 | Sering bersendawa |
| G03 | Gangguan pencernaan |



Gambar 10. Tampilan Hasil Diagnosis.

Hasil deteksi citra endoskopi menggunakan metode CNN mendapatkan hasil dinding lambung normal maka

IF Anda mengalami penurunan nafsu makan, perut kembung, mual, dan muntah *AND* sering bersendawa, kurang nafsu makan, dan endoskopi normal, *THEN* penyakitnya adalah dispepsia fungsional.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan sistem pakar untuk diagnosis penyakit lambung menggunakan metode Forward Chaining. Pendekatan ini memungkinkan sistem secara proaktif menganalisis gejala berdasarkan urutan tertentu untuk memberikan panduan logis dalam diagnosis. Pemanfaatan citra endoskopi dan Convolutional Neural Network (CNN) meningkatkan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi tanda-tanda visual yang sulit diinterpretasi manusia, dengan hasil diagnosa yang akurat. Integrasi informasi dari gejala dan citra endoskopi memberikan hasil yang konsisten dengan pengetahuan medis, mendukung proses perawatan pasien dengan diagnosis cepat dan akurat.

Namun demikian, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk pengembangan lebih lanjut. Peningkatan jumlah data pelatihan dan validasi dapat meningkatkan performa sistem. Kolaborasi lebih lanjut dengan praktisi medis juga dapat membantu dalam menyesuaikan sistem agar lebih sesuai dengan kebutuhan klinis sehari-hari. Dengan demikian, hasil positif dari penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan kegunaan dan keandalan sistem pakar ini dalam praktek klinis.

REFERENCES

- [1] M. Karatas, L. Eriskin, M. Deveci, D. Pamucar, and H. Garg, "Big Data for Healthcare Industry 4.0: Applications, challenges and future perspectives," *Expert Syst. Appl.*, vol. 200, p. 116912, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2022.116912.
- [2] A. Nurkholis, "SISTEM PAKAR PENYAKIT LAMBUNG MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING," vol. 13, no. 1, 2017.
- [3] S. Aminah, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Asam Lambung Menggunakan Metode Teorema Bayes," 2020.
- [4] R.-A. Vulpoi, M. Luca, A. Ciobanu, A. Olteanu, O.-B. Barboi, and V. L. Drug, "Artificial Intelligence in Digestive Endoscopy—Where Are We and Where Are We Going?," *Diagnostics*, vol. 12, no. 4, p. 927, Apr. 2022, doi: 10.3390/diagnostics12040927.
- [5] R. Ardiansyah, F. Fauziah, and A. Ningsih, "SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSA AWAL PENYAKIT LAMBUNG MENGGUNAKAN METODE DEMPSTER-SHAFER BERBASIS WEB," *J. Ilm. Teknol. Dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 182–196, 2019, doi: 10.35760/tr.2019.v24i3.2395.
- [6] S. Sotnik, Z. Deineko, and V. Lyashenko, "Key Directions for Development of Modern Expert Systems," vol. 6, no. 5, 2022.
- [7] S. Das, M. Sanyal, R. Rano, and R. Choudhury, "An Expert System for Screening and Prognosis of Diseases: An Instance of Healthcare Management," *Asia-Pac. J. Manag. Technol.*, vol. 03, no. 04, pp. 56–68, 2023, doi: 10.46977/apjmt.2023.v03i04.006.
- [8] K. Kirman, A. Saputra, and J. Sukmana, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Lambung Dan Penanganannya Menggunakan Metode Dempster Shafer," *Pseudocode*, vol. 6, no. 1, pp. 58–66, Apr. 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.1.58-66.
- [9] A. G. J. Iain A M Hennessey, *Diagnosis Klinis MacLeod*.
- [10] R. Indriani, "PENERAPAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA DINI PENYAKIT LAMBUNG MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING," vol. 7, 2018.
- [11] M. Umer, S. Sadiq, M. Ahmad, S. Ullah, G. S. Choi, and A. Mehmood, "A Novel Stacked CNN for Malarial Parasite Detection in Thin Blood Smear Images," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 93782–93792, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994810.
- [12] J. K. Min, M. S. Kwak, and J. M. Cha, "Overview of Deep Learning in Gastrointestinal Endoscopy," *Gut Liver*, vol. 13, no. 4, pp. 388–393, Apr. 2019, doi: 10.5009/gnl18384.
- [13] dr. M. M. dr. Yudith Annisa Ayu Rezkitha, Sp.PD dr. Yudith Annisa Ayu Rezkitha, Sp.PD dr. Yudith Annisa Ayu Rezkitha, Sp.PD dr. Yudith Annisa Ayu Rezkitha, Sp.PD M. Kes. ., Sp. PD-KGEH. ., Ph. D., *Buku Ajar Aspek Klinis Gastritis*.
- [14] D. Kartika and A. Junaidi, "APLIKASI DIAGNOSA PENYAKIT LAMBUNG DENGAN METODE FORWARD CHAINING," *J. Teknol. Inform. Dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 71–77, Sep. 2018, doi: 10.37012/jtik.v4i2.266.
- [15] E. Rahmanita, W. Agustiono, and R. Juliyanti, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT SALURAN PENCERNAAN DENGAN PERBANDINGAN METODE FORWARD CHAINING DAN DEMPSTER SHAFER," *J. Simantec*, vol. 7, no. 2, pp. 82–89, Jun. 2019, doi: 10.21107/simantec.v7i2.6743.
- [16] F. Rustam *et al.*, "Wireless Capsule Endoscopy Bleeding Images Classification Using CNN Based Model," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 33675–33688, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3061592.
- [17] M. S. Ayyaz *et al.*, "Hybrid Deep Learning Model for Endoscopic Lesion Detection and Classification Using Endoscopy Videos," *Diagnostics*, vol. 12, no. 1, p. 43, Dec. 2021, doi: 10.3390/diagnostics12010043.
- [18] D. S. Kermany *et al.*, "Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning," *Cell*, vol. 172, no. 5, pp. 1122–1131.e9, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.cell.2018.02.010.
- [19] R. T. Aldisa, "Sistem Pakar Mendeteksi Kondisi Kesehatan Mental Dengan Metode Forward Chaining Berbasis Android," *JURIKOM J. Ris. Komput.*, vol. 9, no. 2, p. 396, Apr. 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.4029.