

Model Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit Anemia Dengan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor

Raymond Sutjiadi^{*1}, Titasari Rahmawati², Michael Steven Kurniawan¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Informatika Indonesia Surabaya

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Informatika Indonesia Surabaya

E-mail: raymond@ikado.ac.id¹, tita@ikado.ac.id², michaelsteven1006@gmail.com¹

Abstrak. Anemia merupakan salah satu penyakit yang sering diabaikan oleh masyarakat karena memiliki gejala yang mirip dengan kondisi lain, seperti tekanan darah rendah, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan diagnosis dan penanganan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem pakar untuk diagnosis awal penyakit anemia menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. Sistem pakar dirancang untuk mengidentifikasi delapan jenis anemia berdasarkan gejala yang dirasakan pengguna, dengan tingkat keyakinan diagnosis yang dihitung berdasarkan nilai kepastian dari pakar dan pengguna. Pengetahuan sistem diperoleh melalui wawancara dengan dokter sebagai pakar medis, kemudian direpresentasikan dalam bentuk aturan (*rule-based system*). Proses inferensi dilakukan menggunakan metode *Forward Chaining* dengan pendekatan *Breadth-First Search*, sedangkan metode *Certainty Factor* digunakan untuk menangani ketidakpastian gejala yang saling tumpang tindih. Sistem dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* dan diuji menggunakan *black box testing*, *usability testing*, serta uji validasi terhadap hasil diagnosis pakar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik, tingkat *usability* mencapai 93,06%, dan tingkat validitas diagnosis sebesar 90,9%. Dengan demikian, sistem pakar ini dinilai layak digunakan sebagai sarana deteksi dini dan edukasi penyakit anemia, serta dapat membantu pengguna memperoleh diagnosis awal sebelum melakukan pemeriksaan lanjutan ke tenaga medis.

Kata kunci: sistem pakar; anemia; forward chaining; certainty factor; diagnosis penyakit

Abstract. Anemia is a disease that is often overlooked by the public due to its symptoms being similar to other conditions, such as low blood pressure, which may lead to delayed diagnosis and treatment. This study aims to develop an expert system for the early diagnosis of anemia using the *Forward Chaining* and *Certainty Factor* methods. The expert system is designed to identify eight types of anemia based on user-reported symptoms, with the level of diagnostic confidence calculated from both expert and user certainty values. Knowledge acquisition was conducted through interviews with a medical expert and represented in the form of rule-based knowledge. The inference process applies the *Forward Chaining* method with a *Breadth-First Search* approach, while the *Certainty Factor* method is used to manage uncertainty arising from overlapping symptoms. The system was developed using the *Rapid Application Development* methodology and evaluated through *black box testing*, *usability testing*, and validation against expert diagnoses. The results indicate that all system functionalities operate correctly, usability achieved a score of 93.06%, and diagnostic validity reached 90.9%. Therefore, the proposed expert system is considered effective as a tool for early anemia detection and education, and as a decision-support aid prior to further medical consultation.

Keywords: expert system; anemia; forward chaining; certainty factor; disease diagnosis

1. Pendahuluan

Faktor kesehatan menjadi sangat penting agar seseorang dapat menjalankan kegiatan sehari-hari dengan baik. Banyak masyarakat yang mengabaikan masalah kesehatan sejak dulu sehingga sering menjadi penyebab terlambatnya diagnosis dan menimbulkan masalah serius. Salah satu jenis penyakit yang sering diabaikan gejalanya oleh masyarakat adalah anemia. Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018 yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan, Republik Indonesia, sebanyak 26,8% anak usia 5-14 tahun dan 32% pada usia 15-24 tahun terdeteksi menderita anemia [1]. Penyakit anemia ini sering tidak dihiraukan oleh masyarakat karena dianggap sebagai penyakit ringan, bahkan terkadang penyakit ini sering dikaitkan dengan penyakit darah rendah. Penyakit anemia ini merupakan kondisi yang disebabkan oleh berkurangnya kadar hemoglobin atau sel darah merah yang mengakibatkan kurangnya kadar oksigen dalam darah [2]. Sedangkan darah rendah merupakan kondisi dimana tekanan darah di dalam pembuluh arteri rendah atau berada di bawah batas normal. Anemia dan darah rendah memiliki gejala yang mirip, namun berbeda penyebab dan penanganannya. Salah satu cara untuk menentukan diagnosis anemia adalah dengan melakukan pengecekan darah di laboratorium. Secara umum, orang didiagnosis penyakit anemia berdasarkan tiga parameter yaitu hemoglobin (Hb/protein dalam sel darah merah), hematokrit (Ht), dan eritrosit (sel darah merah) [3]. Terdapat beberapa jenis penyakit anemia diantaranya adalah aplastik [4], thalasemia [5], kronis [6], dan hemolitik [7]. Anemia memiliki berbagai macam gejala umum seperti pusing, lelah, dan lemas [8]. Gejala penyakit anemia yang diderita masyarakat biasanya ditangani dengan berobat ke puskesmas/klinik. Pemeriksaan yang dilakukan dengan mendatangi puskesmas/klinik tentunya memakan biaya dan tenaga dimana tidak semua masyarakat memiliki kemampuan finansial untuk berobat.

Penyakit anemia yang dapat diklasifikasikan dalam berbagai jenis/tipe perlu diketahui dengan lebih detail untuk memperoleh metode pengobatan yang lebih tepat. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem pakar untuk mendeteksi jenis penyakit anemia dengan lebih detail. Dimana sistem pakar yang dibuat nantinya dimulai dengan mengumpulkan pengetahuan dari pengguna yaitu berupa gejala yang dirasakan pengguna dan sistem akan melakukan proses penalaran maju (*forward chaining*) [9] dan perhitungan *certainty factor* [10] berdasarkan *rule* yang sudah disusun oleh pakar. Pakar yang dimaksud pada penelitian ini adalah seorang dokter yang bekerja sebagai dosen di salah satu kampus swasta di Surabaya. Sistem ini secara lengkap memberikan informasi tentang jenis penyakit anemia dan penjelasan mengenai jenis penyakit anemia yang diderita dan edukasi terkait penyakit yang diderita sesuai rekomendasi pengetahuan yang sudah valid. Sistem yang dikembangkan ini bebasis *desktop* dengan tampilan *user interface* (UI) yang mudah digunakan oleh pengguna saat datang ke klinik tertentu dan bisa dilanjutkan dengan konsultasi ke dokter untuk penanganan lebih lanjut.

Lewat penggunaan aplikasi ini, pengguna akan mendapat diagnosis awal penyakit anemia secara mudah, sehingga pengguna dapat mengetahui penyakit yang dialami secara cuma-cuma tanpa harus mengantre dan mengeluarkan biaya saat ke dokter. Aplikasi ini tidak bermaksud mengganti peran dokter dalam proses penyembuhan penyakitnya, melainkan hanya untuk proses diagnosis awal. Dari sistem pakar ini diharapkan para pengguna bisa lebih berhati-hati dan lebih waspada terhadap penyakit anemia, baik ringan maupun berat, agar tidak berdampak buruk bagi kesehatan organ tubuh yang lain.

2. Tinjauan pustaka

2.1. Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan suatu program yang ingin meniru kecerdasan seorang pakar. Sistem tersebut menggunakan *database* pengetahuan ahli dalam memecahkan masalah yang biasanya dipecahkan oleh para ahli di bidangnya berdasarkan parameter dan perhitungan tertentu. Sistem pakar memiliki berbagai macam metode yaitu *forward chaining* [9], *certainty factor* [10], dan *teorema bayes* [11]. *Forward chaining* merupakan metode inferensi yang melakukan penalaran dari suatu masalah untuk mendapatkan solusinya, dimana jika suatu premis sesuai dengan situasi maka bernilai *true* dan proses akan menyatakan kesimpulan [12].

Sistem pakar merupakan cabang dari *Artificial Intelligence* (AI) yang cukup tua karena sistem ini mulai dikembangkan pada pertengahan 1960 [13]. Pada awal mulanya, sistem pakar dikembangkan

sebagai *general purpose problem solver* (GPS) oleh Newel dan Simon [14]. Sampai saat ini, sistem pakar banyak diterapkan untuk diagnosis penyakit, mengidentifikasi struktur molekul, dan lain sebagainya.

Tujuan utama dari sistem pakar bukanlah untuk menggantikan peran manusia sepenuhnya, melainkan untuk menyubstitusikan pengetahuan pakar ke dalam bentuk sistem, sehingga dapat digunakan oleh orang awam untuk memecahkan masalah yang rumit, atau digunakan oleh asisten pakar sebagai penunjang keputusan. Secara umum, arsitektur sistem pakar terdiri dari dua komponen utama, yaitu lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*) [15]. Komponen inti dalam sistem ini meliputi Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*), Mesin Inferensi (*Inference Engine*), dan Antarmuka Pengguna (*User Interface*).

2.2. Metode Inferensi Forward Chaining

Forward Chaining merupakan metode inferensi yang mengawali proses penalarannya dari sekumpulan fakta yang tersedia, lalu mencocokkan fakta-fakta tersebut dengan premis (bagian *IF*) pada aturan *IF-THEN* [16]. Bila ada fakta yang cocok dengan bagian *IF*, maka *rule* tersebut dieksekusi. Bila sebuah *rule* dieksekusi, maka sebuah fakta baru (bagian *THEN*) ditambahkan ke dalam *database*. Setiap kali pencocokan, dimulai dari *rule* teratas. Setiap *rule* hanya boleh dieksekusi sekali saja. Proses pencocokan berhenti bila tidak ada lagi *rule* yang bisa dieksekusi. Metode pencarian yang digunakan adalah *Depth-First Search* (DFS), *Breadth-First Search* (BFS) atau *Best First Search* [17].

Metode ini bersifat *data-driven*, artinya proses penalaran didorong oleh data yang tersedia. Mekanisme kerjanya adalah sebagai berikut: 1) Sistem mengumpulkan data atau fakta awal (misalnya: gejala yang dialami pasien). 2) Sistem mencari aturan (*rule*) dalam basis pengetahuan yang premisnya (*antecedent*) bernilai benar atau sesuai dengan fakta tersebut. 3) Jika ditemukan aturan yang sesuai, maka kesimpulan (*consequent*) dari aturan tersebut akan dieksekusi atau ditambahkan ke dalam fakta baru. 4) Proses ini berulang hingga mencapai tujuan akhir atau tidak ada lagi aturan yang dapat dieksekusi. Dalam konteks diagnosis penyakit, *Forward Chaining* sangat relevan karena dokter atau sistem biasanya memulai pemeriksaan dari gejala-gejala yang muncul untuk kemudian mengerucut pada kesimpulan jenis penyakit tertentu.

2.3. Certainty Factor

Pengolahan pengetahuan dalam sistem pakar memerlukan metode agar mendapatkan hasil kepastian yang sama dengan diagnosis pakar. Metode yang dapat digunakan adalah metode *certainty factor*. Metode *certainty factor* adalah metode yang mendefinisikan keyakinan terhadap suatu fakta atau aturan berdasarkan tingkat keyakinan seorang pakar [18]. Perhitungan metode *certainty factor* dilakukan dengan menghitung nilai perkalian antara nilai CF *user* dan nilai CF pakar dan menghasilkan nilai CF kombinasi. Nilai *certainty factor* kombinasi yang tertinggi menjadi hasil akhir dari proses perhitungan metode *certainty factor*. Rentang nilai CF adalah antara -1 (Sangat Tidak Yakin) hingga +1 (Sangat Yakin). Hasil akhir perhitungan biasanya dikonversi ke dalam bentuk persentase untuk memudahkan interpretasi tingkat keyakinan diagnosis.

2.4. Anemia

Anemia merupakan suatu kondisi medis yang ditandai dengan menurunnya kadar hemoglobin, hematokrit, atau jumlah eritrosit di dalam darah sehingga kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh menjadi berkurang. Secara klinis, anemia menyebabkan jaringan tubuh mengalami hipoksia yang dapat berdampak pada menurunnya fungsi organ dan performa fisik individu. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*), anemia didefinisikan sebagai kadar hemoglobin kurang dari 13 g/dL pada pria dewasa, kurang dari 12 g/dL pada wanita dewasa, dan kurang dari 11 g/dL pada wanita hamil [19].

Hemoglobin adalah protein yang terdapat dalam sel darah merah dan berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan perifer serta mengangkut karbon dioksida kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan. Penurunan kadar hemoglobin akan mengurangi kapasitas pengangkutan oksigen sehingga menimbulkan gejala seperti lemas, pusing, sesak napas, dan mudah lelah. Selain hemoglobin, parameter penting dalam diagnosis anemia adalah hematokrit, yaitu persentase volume sel darah merah dalam darah, serta jumlah eritrosit yang berperan langsung dalam transportasi oksigen.

Anemia dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain defisiensi zat besi, kekurangan vitamin B12 atau asam folat, gangguan produksi sel darah merah di sumsum tulang, peningkatan destruksi sel darah merah, serta kehilangan darah secara akut maupun kronis [20]. Berdasarkan penyebab dan mekanismenya, anemia diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis utama, antara lain anemia defisiensi zat besi, anemia defisiensi asam folat, anemia aplastik, anemia hemolitik, anemia perniosis, anemia sel sabit, anemia Fanconi, dan anemia thalasemia.

Anemia defisiensi zat besi merupakan jenis anemia yang paling umum dan disebabkan oleh kurangnya ketersediaan zat besi untuk proses eritropoiesis. Kondisi ini sering dijumpai pada anak-anak, remaja, dan wanita usia reproduktif. Anemia defisiensi asam folat dan vitamin B12 termasuk dalam kelompok anemia megaloblastik yang ditandai dengan gangguan pematangan inti sel eritrosit akibat terganggunya sintesis DNA [21]. Anemia aplastik terjadi akibat kegagalan sumsum tulang dalam memproduksi sel darah, sedangkan anemia hemolitik disebabkan oleh penghancuran sel darah merah yang lebih cepat dibandingkan pembentukannya.

3. Metodologi penelitian

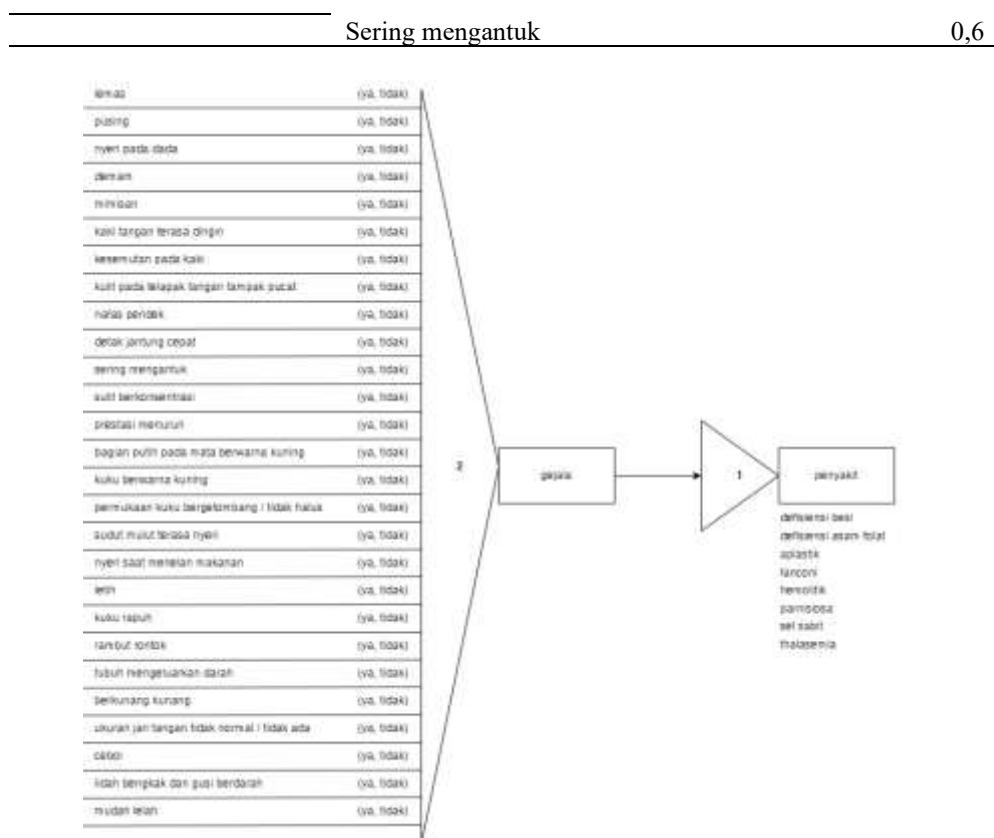
3.1. Wawancara Dengan Pakar dan Penentuan Nilai Certainty Factor

Pada tahap awal penelitian, dilakukan proses wawancara kepada pakar. Adapun pakar yang dimaksud disini adalah seorang dokter umum yang memiliki surat izin praktek resmi. Wawancara ini dimaksudkan untuk menggali informasi terkait jenis-jenis penyakit anemia, mencari tahu gejala-gejala dari masing-masing tipe penyakit anemia tersebut, prosedur diagnosis penyakit anemia, dan beberapa informasi lain yang bermanfaat untuk mendesain *rule* yang akan digunakan pada sistem pakar. Selain itu pakar juga dilibatkan dalam penentuan *certainty factor* untuk masing-masing gejala setiap penyakit.

Dalam penelitian ini, sistem pakar yang dibuat dapat memberikan hasil diagnosis untuk 8 (delapan) jenis penyakit anemia sebagai berikut: anemia defisiensi zat besi, anemia defisiensi asam folat, anemia aplastik, anemia fanconi, anemia hemolitik, anemia perniosis, anemia sel sabit, dan anemia thalasemia. Terdapat 5 (lima) nilai *certainty factor*, yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8; dimana nilai 0 menunjukkan gejala yang tidak parah dan nilai 0,8 menunjukkan gejala yang sangat parah. Tabel 1 merupakan contoh jenis gejala beserta penentuan nilai *certainty factor* untuk anemia defisiensi besi dan thalasemia. Selain itu pada Gambar 1 juga ditampilkan *dependency diagram* untuk sistem pakar yang akan dibuat.

Tabel 1. Daftar Gejala dan Nilai *Certainty Factor* untuk Anemia Defisiensi Besi dan Thalasemia

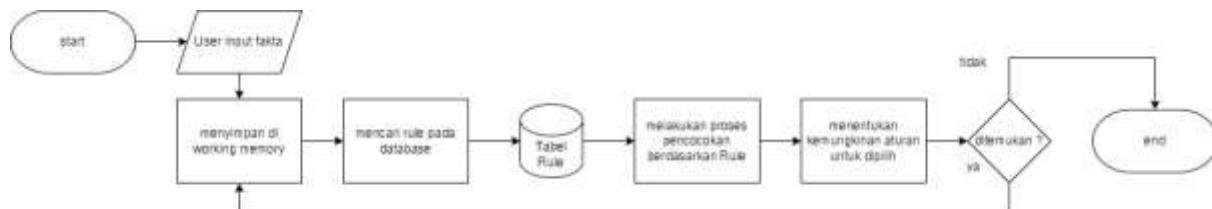
Jenis Anemia	Gejala	Nilai CF
Anemia Defisiensi Besi	Lemas	0,2
	Pusing	0,6
	Letih	0,4
	Kulit telapak tangan pucat	0,2
	Permukaan kuku bergelombang	0,2
	Sudut mulut nyeri	0,8
	Nyeri saat menelan makanan	0,8
	Rambut rontok	0,4
	Kuku rapuh	0,2
	Menstruasi berlebihan	0,2
Anemia Thalasemia	Lemas	0,8
	Pusing	0,2
	Kulit pada telapak tangan tampak pucat	0,8
	Napas pendek	0,2
	Detak jantung cepat	0,8



Gambar 1. Dependency Diagram Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit Anemia

3.2. Proses Forward Chaining

Forward chaining atau penalaran maju adalah proses dalam sistem pakar yang berisi fakta dan berakhir pada kesimpulan. Proses *forward chaining* pada sistem ini akan menggunakan metode *Breadth-first Search* (BFS) digambarkan pada *flowchart* pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Alur Forward Chaining

Pada *flowchart* di atas proses pertama adalah fakta yang diinput *user* disimpan di *working memory*, lalu fakta akan diproses pada modul penalaran. Modul penalaran akan melakukan pencocokan berdasarkan *rule* yang terdapat pada basis data dengan metode BFS atau melakukan pencarian dengan melintasi struktur *tree/graph*. Sistem akan melakukan pencarian kemungkinan aturan untuk dipilih. Jika ditemukan maka sistem akan melakukan penyimpanan pada *working memory* dan dilakukan berulang kali hingga tidak ditemukan *rule* lagi.

3.3. Penghitungan Certainty Factor

Berikut pada Tabel 2 adalah contoh ilustrasi menghitung manual algoritma *certainty factor* untuk mendapatkan nilai CF dengan studi kasus untuk penyakit anemia defisiensi besi.

Tabel 2. Daftar Gejala Pilihan User dan Penghitungan CF untuk Anemia Defisiensi Besi

Gejala	Pilihan User	CF User (H)	CF Pakar (E)	CF(H,E)
Lemas	Lumayan	0,6	0,4	0,24
Demam	Lumayan	0,6	0,6	0,36
Nyeri pada dada	Parah	0,8	0	0
Mimisan	Sangat parah	0,6	0,6	0,36

Rule tersebut akan dihitung nilai CF pakar & CF user menggunakan Persamaan 1 untuk mendapatkan nilai CF(H,E).

$$CF(H, E) = CF(user) \times CF(pakar) \quad (1)$$

Langkah yang terakhir adalah mengombinasikan nilai CF dari masing-masing rule dari CF 1 sampai CF 4 dengan Persamaan 2-4.

$$CF(A) = CF(1) + CF(2) * (1 - CF(1)) = \quad (2)$$

$$0,24 + 0,36 * (1 - 0,24) = 0,5136$$

$$CF(B) = CF(3) + CF(A) * (1 - CF(3)) = \quad (3)$$

$$0,0 + 0,5136 * (1 - 0) = 0,5136$$

$$CF(C) = CF(4) + CF(B) * (1 - CF(4)) = \quad (4)$$

$$0,6 + 0,5136 * (1 - 0,36) = 0,9287$$

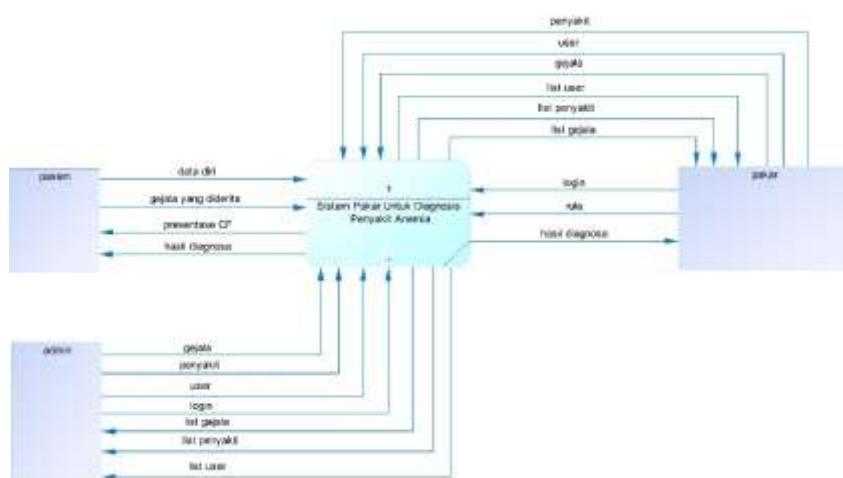
Dari perhitungan secara manual, didapatkan nilai *Certainty Factor* dari masukan gejala yang mengarah ke penyakit anemia defisiensi besi dengan nilai CF 0,9287. Proses dilanjutkan dengan menghitung nilai CF untuk penyakit anemia lainnya dengan proses yang sama. Nilai CF tertinggi yang akan diambil sebagai kesimpulan hasil diagnosis sistem pakar.

3.4. Pengembangan Perangkat Lunak Dengan Rapid Application Development

Pengembangan perangkat lunak sistem pakar untuk diagnosis penyakit anemia berbasis situs web dilakukan dengan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD). Dalam pembuatan sistem pakar ini akan dibagi menjadi beberapa modul untuk memudahkan penggerjaan sistem dengan lebih terstruktur. Berikut adalah pembagian 6 (enam) modul sistem:

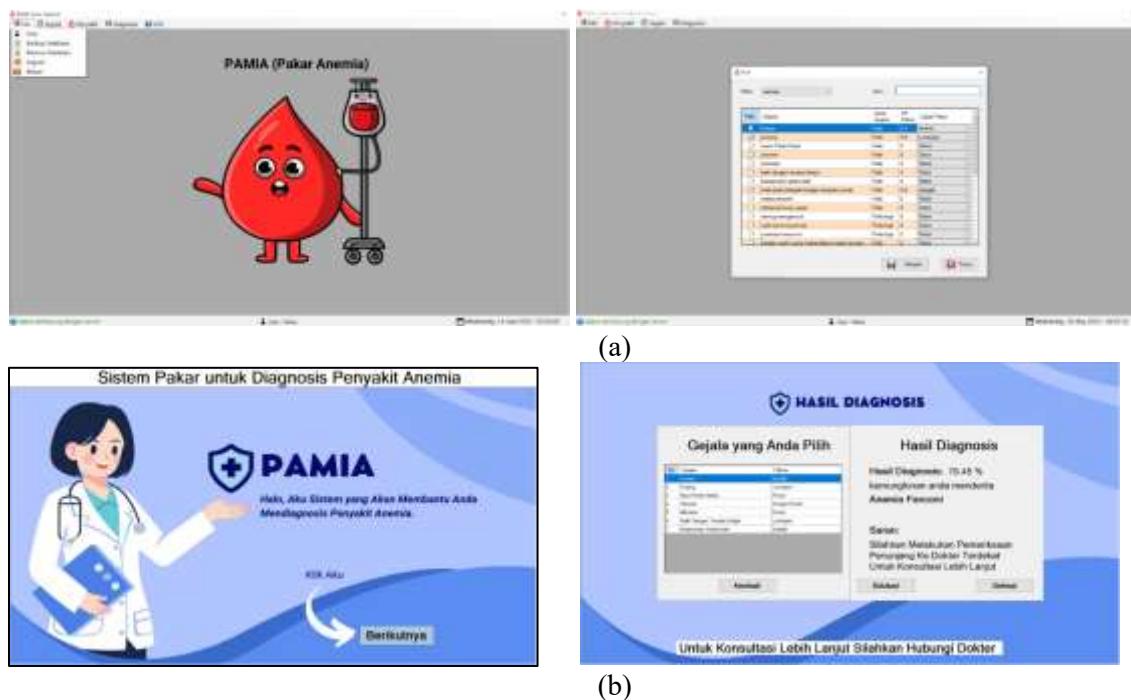
- Manajemen user: Manajemen user akan terdiri dari *insert*, *read*, dan *delete user*.
- Manajemen data master penyakit: Manajemen penyakit terdiri dari *read*, *insert*, *update*, dan *delete* penyakit.
- Manajemen data master gejala: Manajemen gejala terdiri dari *read*, *insert*, *update*, dan *delete* gejala.
- Manajemen rule: Manajemen rule terdiri dari *read*, *insert*, dan *update rule*.
- Manajemen konsultasi: Manajemen konsultasi terdiri dari *read*, *insert*, dan detail konsultasi.
- Proses *login*: Proses pengisian *username*, dan *password* sebelum masuk ke dalam sistem sesuai hak akses masing-masing.

Terlihat pada Gambar 3 adalah diagram konteks untuk sistem pakar yang dibuat. Terdapat 3 entitas yang berhubungan dengan sistem pakar untuk diagnosis penyakit anemia menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*, yaitu pasien, admin, dan pakar. Entitas pasien dapat memasukkan data diri dan gejala yang diderita, lalu pasien akan menerima hasil diagnosis dan persentase *Certainty Factor*. Untuk entitas pakar akan mendapatkan informasi *users*, informasi penyakit, informasi gejala, informasi *rule* dan informasi konsultasi pasien. Pakar juga dapat melakukan *login*, manajemen penyakit, manajemen gejala, manajemen *rule*, manajemen konsultasi, dan manajemen *user*. Untuk entitas admin akan mendapatkan informasi *users*, informasi penyakit, dan informasi gejala. Entitas admin juga dapat melakukan *login*, manajemen penyakit, manajemen gejala, dan manajemen *user*.



Gambar 3. Diagram Konteks Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit Anemia

Pada Gambar 4 di bawah ini adalah contoh antar muka dari aplikasi sistem pakar yang dihasilkan. Antar muka dibuat dengan berbasiskan *desktop* dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic dan basis data Microsoft SQL. Antar muka dibuat dalam bahasa Indonesia dan terdapat 2 halaman utama yang berbeda, yaitu halaman untuk admin yang digunakan untuk menginputkan data dari pakar serta halaman untuk *user* yang digunakan untuk menginputkan gejala dan mendapatkan hasil diagnosis.



Gambar 4. Implementasi Antar Muka Halaman Admin (a) dan Halaman User (b).

4. Hasil dan Pembahasan

Uji coba yang dilakukan pada sistem pakar untuk diagnosis penyakit anemia menggunakan metode *black box testing*. *Black box testing* adalah pengujian yang dilakukan dengan mengamati proses yang berjalan pada sistem untuk mencari kesalahan atau kegagalan yang terjadi dalam operasi pemrosesan tingkat tinggi yang dijalankan. Metode uji coba *black box* berfokus pada pengujian fungsionalitas dari sistem yang dibuat. Dengan menggunakan metode ini pengujian dapat mengetahui apakah sistem dapat menghasilkan *output* yang diinginkan dari *input* yang diberikan. Pengujian ini dapat menemukan kesalahan pada fungsi yang hilang atau tidak sesuai.

Selain penggunaan metode *blackbox testing*, sistem pakar ini juga diuji coba menggunakan metode *usability testing* untuk menilai pengalaman pengguna dalam menggunakan perangkat lunak. Kuesioner merupakan metode pengumpulan data dimana akan diberikan sejumlah pernyataan kepada pengguna. Kuesioner digunakan untuk menguji manfaat dan kegunaan dari sistem ini terhadap pengguna.

4.1. Proses pengujian dengan metode blackbox testing

Proses uji coba *blackbox testing* dilakukan dengan cara menguji fitur-fitur dari perangkat lunak yang dihasilkan. Uji coba dilaksanakan oleh pengembang sendiri dengan mencoba berbagai kemungkinan input pada modul yang ada. Tabel 3 adalah hasil uji coba blackbox testing pada perangkat lunak sistem pakar.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Blackbox Testing

No.	Skenario	Input	Output	Hasil
Modul Tambah Gejala				
1.	Mengosongkan seluruh <i>text box</i> dan klik <i>button simpan</i> .	Semua <i>input Input</i> : -.	Menampilkan pesan peringatan berupa <i>message box</i> bahwa data harus diisi.	Berhasil
2.	Mengisi nama gejala yang sudah terdapat pada basis data.	Nama gejala -lemas.	Menampilkan pesan berupa <i>message box</i> bahwa nama gejala sudah terdaftar.	Berhasil
Modul Tambah Penyakit				
1.	Mendapatkan informasi gejala.	Klik tombol info.	Menampilkan pesan Keterangan gejala secara singkat.	Berhasil
2.	Memilih tingkat keyakinan pada salah satu gejala.	Klik <i>check box 'sedikit'</i> .	<i>Check box 'tidak'</i> menjadi tidak aktif dan <i>check box 'sedikit'</i> menjadi aktif.	Berhasil
3.	Melakukan diagnosis sebelum memilih 4 gejala atau lebih.	Memilih gejala -Lemas- sedikit, -Pusing-sedikit, -Letih - sedikit	Menampilkan pesan <i>warning</i> gejala yang dipilih harus 4 atau lebih.	Berhasil
4.	Melakukan <i>reset</i> atau memilih gejala ulang.	Klik tombol hapus.	Menampilkan ulang halaman pilih gejala dengan tingkat keyakinan kembali menjadi 'tidak'.	Berhasil
Modul Halaman Rule				
1.	Mengaktifkan <i>check box</i> salah satu gejala.	Mengaktifkan <i>check box</i> gejala lemas.	<i>Combo box</i> label pakar berubah menjadi 'sedikit' dan nilai <i>certainty factor</i> (CF) pakar berubah menjadi '0.4'.	Berhasil
2.	menonaktifkan <i>check box</i> salah satu gejala.	menonaktifkan <i>check box</i> gejala lemas.	<i>Combo box</i> label pakar berubah menjadi 'tidak' dan nilai CF pakar berubah menjadi '0'.	Berhasil
3.	Mengubah <i>combo box</i> dalam kondisi <i>check box</i> tidak aktif.	Mengubah <i>combo box</i> 'tidak' dengan <i>check box</i> tidak aktif.	<i>Isi combo box</i> dan nilai CF pakar berubah dan <i>check box</i> menjadi aktif.	Berhasil
4.	Mengubah rubah <i>combo box</i> dalam kondisi <i>check box</i> aktif.	Mengubah <i>combo box</i> dengan kondisi <i>check box</i> aktif.	<i>Isi combo box</i> berubah menjadi 'tidak' dan nilai CF pakar berubah menjadi '0' dan <i>check box</i> menjadi tidak aktif.	Berhasil

Dari hasil uji coba *blackbox testing* dapat disimpulkan bahwa semua fitur pada perangkat lunak dapat dioperasionalkan dengan baik dan berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Dengan demikian perangkat lunak tersebut layak untuk digunakan oleh pengguna, dalam hal ini pakar (dokter) dan *user* (pasien).

4.2. Proses Pengujian dengan Metode Usability Testing

Berikut ini akan dijelaskan proses *usability testing* dengan menggunakan kuesioner yang akan dibagikan kepada responden. Responden yang dimaksud terdiri dari 10 orang pasien, 2 orang admin, dan 2 orang pakar. Responden dapat mengisi kuesioner dengan memilih jawaban yang sesuai. Kuesioner yang akan diterima oleh responden memiliki beberapa aspek penilaian yaitu:

1. *Learnability*: *Learnability* berkaitan dengan kemampuan pengguna dalam memperoleh keahlian untuk menggunakan aplikasi.
2. *Efficiency*: Efisiensi berkaitan dengan kemampuan pengguna untuk mencapai tujuan berdasarkan kecepatan dan akurasi
3. *Memorability*: *Memorability* berkaitan dengan kemampuan pengguna dalam menguasai penggunaan aplikasi secara efektif.
4. *Information*: terkait dengan kelengkapan atau kemudahan informasi yang dibaca oleh pengguna.
5. *Error*: terkait dengan kesalahan yang dibuat oleh pengguna, dapat segera dipulihkan oleh sistem.

Setelah responden melakukan pengujian, masing-masing responden akan mengisi kuesioner dengan metode penilaian menggunakan skala *likert* dengan rentang nilai 1-5 yang terdiri dari tidak setuju (TS), kurang setuju (KS), cukup (C), setuju (S), dan sangat setuju (SS), dimana kuesioner tersebut bertujuan untuk mengetahui tanggapan pengguna terhadap kemudahan penggunaan sistem yang telah dibuat.

Kelima aspek di atas dibuat menjadi berapa pertanyaan. Untuk pertanyaan dan jawaban responden dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Kuesioner *Usability Testing*

No.	Pertanyaan	Aspek Penilaian	Jawaban				
			SS	S	C	KS	TS
1.	Tampilan sistem mudah dipahami.	<i>Learnability</i>	11	4	-	-	-
2.	Tampilan sistem nyaman dan tidak membosankan.	<i>Memorability</i>	10	4	1	-	-
3.	Tampilan menu sistem mudah dipahami.	<i>Memorability</i>	9	5	1	-	-
4.	Mudah dalam mengakses fitur.	<i>Efficiency</i>	10	4	1	-	-
	Sangat terbantu untuk deteksi dini dan edukasi terkait						
5.	penyakit anemia lewat penggunaan ‘sistem pakar anemia’.	<i>Information</i>	14	1	-	-	-
6.	Simbol pada aplikasi mudah dipahami.	<i>Information</i>	11	3	1	-	-
7.	Informasi yang diberikan mudah dipahami.	<i>Learnability</i>	9	5	1	-	-
8.	Mudah dalam mencari halaman yang diinginkan.	<i>Learnability</i>	11	4	-	-	-
9.	Sistem mudah dioperasikan.	<i>Errors</i>	10	4	1	-	-
10.	Jenis, dan ukuran huruf dalam tampilan aplikasi mudah dibaca.	<i>Efficiency</i>	11	2	2	-	-
Rata-rata			106	36	8	-	-
Persentase:			$\frac{(106x5)+(36x4)+(8x3)}{5x10x15} \times 100\% = 93,06\%$				

Pada Tabel 4 di atas dapat dilihat hasil kuesioner yang telah dibagikan pada para responden memiliki nilai rata-rata 93,06% sehingga dapat disimpulkan sistem pakar untuk diagnosis penyakit anemia memiliki status nilai sangat layak.

4.3. Proses Pengujian Validasi Sistem

Uji coba ini dilakukan untuk menilai validitas sistem pakar dalam mendiagnosis penyakit anemia yang diderita pasien dibandingkan dengan hasil diagnosis langsung dari pakar (dokter). Ada 11 pasien yang menjadi responden uji coba ini dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji Validasi Sistem

ID Pasien	Hasil sistem	Hasil Pakar	Kesimpulan
1169	Anemia Fanconi	Anemia Fanconi	Valid
1170	Anemia Parnisiosa	Anemia Parnisiosa	Valid
1171	Anemia Parnisiosa	Bukan Anemia	Tidak Valid
1172	Anemia Defisiensi Zat Besi	Anemia Defisiensi Zat Besi	Valid

1173	Anemia Hemolitik	Anemia Hemolitik	Valid
1174	Anemia Defisiensi Asam Folat	Anemia Defisiensi Asam Folat	Valid
1175	Anemia Defisiensi Zat Besi	Anemia Defisiensi Zat Besi	Valid
1176	Anemia Defisiensi Zat Besi	Anemia Defisiensi Zat Besi	Valid
1177	Anemia Parnisiosa	Anemia Parnisiosa	Valid
1178	Anemia Defisiensi Zat Besi	Anemia Defisiensi Zat Besi	Valid
1179	Anemia Defisiensi Asam Folat	Anemia Defisiensi Asam Folat	Valid

Berdasarkan Tabel 5 di atas, dari 11 data pasien yang berhasil dikumpulkan dapat dilihat bahwa 10 data mendapatkan validasi sesuai dengan hasil yang didapat oleh pakar dan 1 data dinyatakan tidak sesuai. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa validitas dari sistem pakar mencapai 90.9% dan memiliki performa yang baik untuk digunakan.

5. Kesimpulan

Sistem pakar anemia yang dikembangkan menggunakan *certainty factor* dirancang untuk mengatasi suatu ketidakpastian dari gejala-gejala yang terdapat pada masing-masing penyakit. Hal ini dikarenakan pada suatu penyakit memiliki beberapa gejala yang sama, sehingga *certainty factor* menjadi parameter pakar untuk menentukan tingkat keyakinan gejala dari suatu penyakit.

Berdasarkan hasil uji coba para responden mayoritas menyatakan sangat setuju bahwa lewat penggunaan sistem pakar dapat membantu untuk deteksi dini dan edukasi terkait penyakit anemia. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan sebagai sarana untuk deteksi dini dan edukasi penyakit anemia dengan cukup efektif.

Selain itu dari hasil uji coba validasi sistem pakar untuk diagnosis penyakit anemia, sebanyak 90.9% pengguna berhasil menggunakan sistem ini dan memiliki kecocokan hasil diagnosis sistem pakar dengan jenis penyakit anemia yang diderita. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan sebagai sarana untuk deteksi penyakit anemia secara akurat.

6. Referensi

- [1] Kemenkes, *Laporan Nasional Riskesdas 2018*. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (LPB), 2019. Accessed: Jan. 12, 2026. [Online]. Available:
<https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514/1/Laporan%20Riskesdas%202018%20Nasional.pdf>
- [2] R. A. Rahman and N. A. Fajar, "Analisis Faktor Risiko Kejadian Anemia pada Remaja Putri: Literatur Review," *Jurnal kesehatan komunitas (Journal of community health)*, vol. 10, no. 1, pp. 133–140, Apr. 2024, doi: 10.25311/keskom.Vol10.Iss1.1403.
- [3] S. Helmyati, F. C. Hasanah, F. Putri, T. Sundjaya, and C. Dilantika, "Indikator Biokimia untuk Identifikasi Anemia Defisiensi Besi di Indonesia," *Amerta Nutrition*, vol. 7, no. 3SP, pp. 62–70, Feb. 2024, doi: 10.20473/amnt.v7i3SP.2023.62-70.
- [4] K. D. P. Sutanegara and D. Rahmadhona, "Anemia Aplastik: Dari Awitan Hingga Tatalaksana," *Unram Medical Journal*, vol. 11, no. 3, pp. 1094–1099, Sep. 2022, doi: 10.29303/jk.v11i3.4716.
- [5] E. Suryani, W. Wiharto, and K. N. Wahyudiani, "Identifikasi Anemia Thalasemia Beta (β) Mayor Berdasarkan Morfologi Sel Darah Merah," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 15–27, Feb. 2016, doi: 10.15294/sji.v2i1.4525.
- [6] Jessica Novia Hadiyanto, Margareth Gracia, Alius Cahyadi, and Mario Steffanus, "Anemia Penyakit Kronis," *Journal Of The Indonesian Medical Association*, vol. 68, no. 10, pp. 443–450, Apr. 2020, doi: 10.47830/jinma-vol.68.10-2018-216.
- [7] H. Nurmuliani, A. S. Dewi, and M. Rizki, "Autoimmune Hemolytic Anemia (AIHA)," *Unram Medical Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 1364–1371, Mar. 2023, doi: 10.29303/jk.v12i1.4349.

- [8] A. Ananda, R. Cholidah, and E. Amalia, "Risk Factor Analysis of Influence of Diet on Incidence of Anemia," *Jurnal Biologi Tropis*, vol. 25, no. 4, pp. 4821–4827, Oct. 2025, doi: 10.29303/jbt.v25i4.10174.
- [9] A. Sholihin and S. C. Hidayati, "A Forward Chaining Expert System for Personalized Programming Language Selection," in *2024 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)*, IEEE, Nov. 2024, pp. 324–328. doi: 10.1109/3ict64318.2024.10824631.
- [10] K. Kovas and I. H. Is, "Generation of Rule-Based Expert Systems with Certainty Factors from Datasets," in *2023 IEEE 35th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*, IEEE, Nov. 2023, pp. 234–241. doi: 10.1109/ICTAI59109.2023.00042.
- [11] F. A. Setiawan, F. Riana, and S. Aisyah, "Application of Bayes' Theorem in an Expert System for Diagnosing Mangosteen Diseases and Pests," in *Proceedings of the 2022 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2022, pp. 235–239. doi: 10.1145/3575882.3575927.
- [12] R. Diana and R. R. Fiska, "Metode Forward Chaining untuk Diagnosa dan Penanganan Penyakit Stroke dengan Sistem Pakar," *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 5, pp. 338–350, Aug. 2024, doi: 10.61132/merkurius.v2i5.351.
- [13] P. R. N. Saputra, "Sistem Pakar Psikologi Perkembangan Anak Menggunakan Algoritma Cosine," *Jikom: Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 13, no. 1, pp. 40–48, Apr. 2023, doi: 10.55794/jikom.v13i1.97.
- [14] B. D. Cahyono, Irwanto, and A. Jatnika, "Sistem Pakar Penanganan Jaringan Komputer Berbasis Delphi," *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 1, no. 4, pp. 469–475, Oct. 2022, doi: 10.54259/diajar.v1i4.1220.
- [15] R. Rusito and T. W. A. Putra, "Perancangan Sistem Pakar Untuk Mendekripsi Kerusakan Komputer Dengan Metode Certainty Factor," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 13, no. 1, pp. 70–81, Mar. 2022, doi: 10.51903/jtikp.v13i1.307.
- [16] F. Nuraeni, W. Baswardono, and R. Rahadian, "Implementasi Forward Chaining Dalam Sistem Pakar Diagnosa Kecanduan Pada Game Online," *Jurnal Algoritma*, vol. 22, no. 1, pp. 914–925, May 2025, doi: 10.33364/algoritma/v.22-1.1979.
- [17] A. Muhardono, "Penerapan Algoritma Breadth First Search dan Depth First Search pada Game Angka," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 171–182, Mar. 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i1.12340.
- [18] S. Chandra, Y. Yunus, and S. Sumijan, "Sistem Pakar Menggunakan Metode Certainty Factor untuk Estetika Kulit Wanita dalam Menjaga Kesehatan," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, Dec. 2020, doi: 10.37034/jidt.v2i4.70.
- [19] M. Nasir, H. M. Ayele, R. Aman, and K. Hussein, "Magnitude of anemia and associated factors among pregnant women attending antenatal care in governmental health facilities of Shashemene Town, Oromia region, Ethiopia," *Front Public Health*, vol. 12, Sep. 2024, doi: 10.3389/fpubh.2024.1409752.
- [20] Yunita Dyah Kusumaningrum, "Anemia pada Penyakit Kanker," in *Mengenal Anemia: Patofisiologi, Klasifikasi, dan Diagnosis*, Penerbit BRIN, 2023. doi: 10.55981/brin.906.c807.
- [21] I. K. G. Andhika, "Etiology and Pathogenesis of Macrocytic Anemia," *Jurnal Biologi Tropis*, vol. 23, no. 4, pp. 238–243, Sep. 2023, doi: 10.29303/jbt.v23i4.5560.