

# DIAGNOSA PENYAKIT TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE WATERFALL DAN ALGORITMA DEPTH FIRST SEARCH

Mikhael Kristian<sup>1)</sup>, Septi Andryana<sup>2)</sup>, Aris Gunaryati<sup>3)</sup>

<sup>1, 2, 3)</sup>Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional

Jl. Sawo Manila No.61, RW.7, Pejaten Bar., Kec. Ps. Minggu, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12520

e-mail: [kristianmikhael667@gmail.com](mailto:kristianmikhael667@gmail.com)<sup>1)</sup>, [septi.andryana@civitas.unas.ac.id](mailto:septi.andryana@civitas.unas.ac.id)<sup>2)</sup>, [aris.gunaryati@civitas.unas.ac.id](mailto:aris.gunaryati@civitas.unas.ac.id)<sup>3)</sup>

## ABSTRAK

*Tumor merupakan sebuah benjolan dapat tumbuh di seluruh bagian tubuh manusia secara tidak abnormal, tumor memiliki sifat bagian yaitu bersifat jinak maupun ganas. Jika tidak segera ditangani lebih cepat, maka akan semakin memburuk bagi imunitas maupun di bagian tubuh. Gejala pada umumnya yang menyertai tumor otak seperti nyeri di bagian kepala. Namun gejala tersebut sering kali diabaikan dan tidak melakukan penanganan lebih cepat. Berdasarkan pada kasus tersebut, hal yang dibutuhkan dalam melakukan diagnose secara instan yaitu membutuhkan sistem pakar pendeteksi diagnose jenis penyakit tumor otak. Sistem pakar dikembangkan dengan menggunakan Framework Codeigniter, Bootstrap, dan MySQL. Dalam perancangan sistem ini dibentuk dalam pemodelan UML metode ini menggunakan metode Waterfall sebagai tahapan dalam melakukan tahapan analisis sistem dan algoritma Depth First Search sebagai penelusuran jalur dalam mencari jenis tumor tersebut. Dalam proses diagnose pada gejala manusia dimulai dari menampilkan seluruh data-data informasi terkait gejala tumor otak, kemudian menggambarkan kesimpulan, dan penelusuran pencarian fakta yang akurat dengan perintah IF-THEN. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode black box dan pengujian hasil diagnose. Hasil persentase dan interpretasi dari hasil kuisioner yang diperoleh yaitu 92,25% persentase dan interpretasi.*

**Kata Kunci:** Tumor Otak, Sistem Pakar, Metode Waterfall, Algoritma Depth First Search, Metode Black Box.

## ABSTRACT

*A tumor is a lump that can grow in all parts of the human body abnormally, the tumor has the characteristic of being benign or malignant. If it is not supported sooner, it will worsen immunity as well as in the body. Common symptoms that accompany brain tumors include pain in the head. However, these symptoms are often ignored and do not get treated sooner. Based on this case, what is needed in an instant diagnosis requires an expert system to detect the type of brain tumor. Expert systems are developed using Codeigniter Framework, Bootstrap, and MySQL. In designing this system, it is formed in the UML modeling. This method uses the Waterfall method as a stage in carrying out the stages of system analysis and the Depth First Search algorithm as path search in finding the type of tumor. In the process of diagnosing human symptoms, it starts from displaying all information data related to brain tumor symptoms, then drawing conclusions, and searching for accurate facts with the IF-THEN command. Tests carried out using black box method and testing the diagnostic results. The results of the proportion and interpretation of the results obtained from the questionnaire were 92,25% proportion and interpretation.*

**Keywords:** Brain Tumor, Expert System, Waterfall Method, Depth First Search Algorithm, Black Box Method.

## I. PENDAHULUAN

**S**ISTEM PAKAR merupakan sebuah sistem yang dapat menyelesaikan suatu permasalahan terkait kasus penyakit tumor otak. Suatu sistem pakar mampu menampung sebuah data yang berasal dari pengetahuan manusia, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis dalam membantu para tenaga medis untuk mendiagnosa jenis penyakit tumor pada masyarakat. Sebuah sistem pakar sangat banyak digunakan oleh para ahli khususnya pada dunia kesehatan yang sangat berguna dalam melakukan analisis, diagnose, konsultasi, membantu dalam pengambilan keputusan. Sistem pakar ini digunakan untuk mendeteksi jenis penyakit tumor otak [1].

Tumor otak merupakan sebuah pertumbuhan sel dalam bentuk benjolan atau jaringan yang tumbuh tidak terkendali yang dapat mengakibatkan gejala kanker atau tidak menimbulkan gejala kanker pada otak. Tumor pada otak adalah bagian dari tumor pada sistem saraf, di samping tumor spinal dan tumor sarafperifer [2]. Tumor memiliki dua jenis yang berbeda yaitu tumor jinak yang biasa disebut meningioma dan tumor ganas yang biasa disebut glioblastoma. Hal ini bukanlah penyakit biasa, pada kasus tersebut sangat membutuhkan penanganan yang lebih cepat agar dapat segera ditangani secara medis maupun terapis. Informasi dalam melakukan diagnose sangat dibutuhkan, Oleh karena itu sistem pakar dikembangkan untuk dapat mendeteksi jenis tumor otak dalam berbasis web agar masyarakat dapat mengakses untuk mendiagnosa penyakit tumor otak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh pendahulu pada diagnose penyakit tumor otak dilakukan pada penelitian yang berjudul Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Tumor Otak Menggunakan Metode Certainty Factor

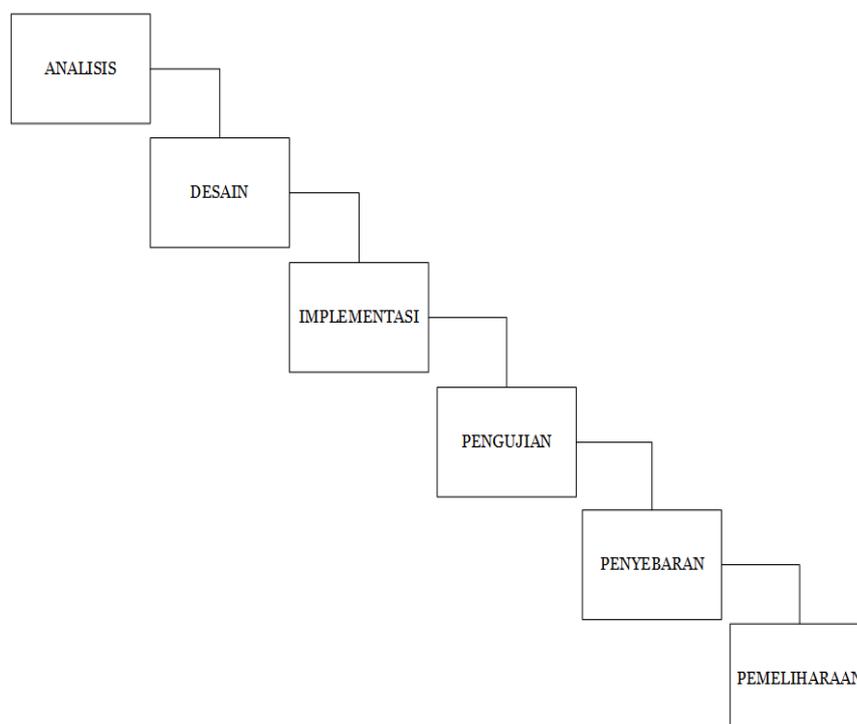
(CF). Tujuan dari pada penelitian ini yaitu menyelesaikan masalahnya atau hanya sekedar mencari informasi yang fakta dari beberapa para pakar di bidangnya [2]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh pendahulu yaitu berjudul Penerapan Metode Certainty Factor (CF) Dalam Pembuatan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tumor Otak. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui gejala-gejala yang terjadi terhadap suatu jenis penyakit tumor otak [3]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh pendahulu yaitu berjudul Segmentasi Citra Tumor Otak Menggunakan Support Vector Machine Classifier. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengenali citra atau objek yang sedang dipertimbangkan agar lebih mudah dipertimbangkan agar lebih mudah divisualkan [4].

Setelah peneliti melakukan studi literature dan analisis terhadap jurnal-jurnal dari penelitian yang sejenis, belum dilakukan pengujian secara sistem kehandalan dengan menggunakan GT Metrix, dan pada jurnal penelitian terdahulu tidak lengkap dengan rekomendasi apa saja setelah terdiagnosa penyakit tersebut berdasarkan gejala yang diberikan, dan oleh karena itu, keterbaruan penelitian ini yaitu dilengkapi dengan rekomendasi yang diberikan seperti pada usulan ke dokter spesialis, rujukan rumah sakit, penanganan, pemeriksaan, dan pencegahan.

## II. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data penelitian dari aplikasi diagnosa jenis penyakit tumor otak yang digunakan dalam mendeteksi gejala penyakit yang dialami oleh manusia. Selain pengumpulan data berupa jurnal nasional, jurnal internasional, dan sumber-sumber data terpercaya, penelitian ini mempelajari setiap sistem pakar yang telah dibuat berdasarkan para penelitian sebelumnya. Berikut beberapa data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data yaitu, melakukan observasi yang dilakukan dalam pengumpulan data mengenai jenis penyakit tumor otak dengan cara melakukan pengamatan dari gejala-gejala yang dirasakan oleh pasien [5]. Kemudian melakukan wawancara yang dilakukan dalam pengumpulan data yang diperoleh dalam penelitian sebuah sistem dengan melakukan wawancara dan konsultasi secara online kepada dokter spesialis onkologi pada aplikasi Alodokter [5]. Dan kemudian melakukan studi literature yang dilakukan dalam pengumpulan data informasi terkait diagnosa jenis penyakit tumor otak terkait melalui berbagai sumber seperti jurnal medis, jurnal nasional, jurnal internasional, dan referensi yang terpercaya.

Penelitian ini, menggunakan Metode *Waterfall* sebagai tahapan dalam pengembangan sebuah sistem. Metode *Waterfall* yang sering disebut metode air terjun yang merupakan metode yang dapat melakukan dalam pembuatan sebuah pembaruan sistem yang berjalan. Metode *waterfall* bersifat sistematis, dan rangkaian sistem perancangan software dilakukan secara urutan. Metode *Waterfall* memiliki tahapan dalam membangun sebuah software yaitu dimulai dari tahapan analisis, desain, implementasi, pengujian, penyebaran, dan pemeliharaan. Berikut rangkaian alur dalam pengembangan sebuah sistem pakar menggunakan metode *Waterfall* pada Gambar 1 sebagai berikut [6].



Gambar 1. Model Metode Waterfall

### A. Analisis

Pengumpulan data berdasarkan validasi dari dokter terkait dengan penelitian yang didapat berupa analisa kebutuhan dalam melakukan wawancara, konsultasi, dan studi literature, sehingga sistem pakar diagnosa jenis penyakit tumor otak dapat memberikan sebuah hasil dalam melakukan tugas-tugas dalam mendiagnosa dari gejala tersebut. Data yang didapat dari referensi berupa data jenis penyakit tumor otak gejala, definisi, rujukan Rumah Sakit, penanganan, pemeriksaan, pencegahan, dan spesialis. Data jenis penyakit tumor yang didapat dari hasil penelitian sebanyak 8 jenis penyakit tumor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jenis Penyakit Tumor Otak

ID Penyakit	Nama Penyakit
P-01	Meningioma
P-02	Glioblastoma Multiforme (GBM)
P-03	Tumor Hipofisis (Adenoma Pituitari)
P-04	Neuroma Akustik
P-05	Craniopharyngioma
P-06	Karsioma Pleksus Koroid
P-07	Optic Glioma
P-08	Astrositoma

Data gejala jenis tumor otak merupakan data yang berisikan sebuah indikasi keberadaan penyakit tumor otak berdasarkan dari 8 jenis penyakit tumor otak. Masing-masing data gejala yang diperoleh dari jenis penyakit tumor otak berdasarkan hasil penelitian dari wawancara dan jurnal nasional maupun internasional yang didapat sekitar 51 data gejala yang diperoleh. Berikut hasil data gejala berdasarkan jenis penyakit tumor yaitu dari 8 jenis penyakit tumor otak.

Masing – masing data gejala berdasarkan kode gejala yaitu pada Gangguan ingatan (G-01). Penglihatan hilang (G-02). Kesadaran menurun (G-03). Nyeri kepala (G-04). Muntah dan mual (G-05). Nyeri kepala semakin memburuk (G-06). Kejang-kejang (G-07), Kebingungan mental (G-08). Nyeri kepala berat (G-09). Keluarnya cairan puting (G-10). Sakit kepala (G-11). Lemah pada salah satu anggota badan (G-12). Sering lupa (G-13). Mual dan muntah berlebihan (G-14). Epilepsy atau ayan (G-15). Perubahan drastis pada indera penglihatan (G-16). Susah berbicara (G-17). Siklus menstruasi irregular atau amenorrhea (amenore) (G-18). Disfungsi seksual pria (G-19). Penglihatan ganda (G-20). Tidak sadarkan diri (G-21). Pilek (G-22). Masalah pada indera penciuman (G-23). Cushing's syndrome (G-24). Penurunan pendengaran (G-25). Telinga berdengung / Tinitus (G-26). Gangguan keseimbangan (G-27). Gangguan sensasi pada wajah (G-28). Vertigo (G-29). Masalah koordinasi gerak tubuh (G-30). Perubahan mental muncul secara perlahan selama 1-2 tahun (G-31). Susah tidur (G-32). Masalah dengan penglihatan muncul secara perlahan selama 1-2 tahun (G-33). Sakit kepala muncul secara perlahan selama 1-2 tahun (G-34). Muntah dan mual muncul secara perlahan selama 1-2 tahun (G-35). Buang air kecil berlebihan (G-36). Kelelahan (G-37). Kelebihan cairan di otak (Hidrocefalus) (G-38), Lekas marah (G-39). Mual dan muntah (G-40), Sakit bagian kepala (G-41). Sakit kepala hebat dan kronis (G-42). Gerakan mata tidak disengaja (G-43). Gangguan memori bila menekan saraf dibagian temporal (G-44). Kehilangan selera makan (G-45). Keterlambatan pertumbuhan (G-46). Ketidakmampuan untuk melihat ke atas (G-47). Perubahan mental, misalnya linglung, disorientasi, penurunan kemampuan mengingat serta mudah tersinggung (G-48). Lemas pada otot lengan atau kaki salah satu sisi tubuh (G-49). Sakit kepala disertai mual dan muntah (G-50). Masalah penglihatan atau berbicara (G-51) [8]. Hasil data gejala telah diklasifikasikan dengan menggunakan algoritma Depth First Search. Sehingga data gejala dapat direlasikan dengan data jenis penyakit tumor otak.

Setiap data jenis penyakit tumor masing-masing memiliki definisi, yang merupakan suatu penjelasan secara detail terkait masing-masing 8 jenis penyakit tumor otak. Masing-masing data tersebut diperoleh dari hasil wawancara yang didapat sebanyak 8 data definisi dari masing-masing jenis penyakit tumor otak. Berikut data definisi berdasarkan pada data jenis penyakit tumor otak yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Definisi Dari Jenis Penyakit Tumor

ID Penyakit	Definisi Dari Jenis Penyakit Tumor Otak
P-01	Meningioma adalah tumor yang berasal dari selaput otak Bahasa medisnya meningens, meningioma sebagian besar bersifat jinak tapi jika dibiarkan akan semakin ganas
P-02	Glioblastoma Multiforme (GBM) adalah kanker ganas yang berasal dari sel-sel

	saraf otak yaitu astrosit dan oligodendrosit
P-03	Tumor Hipofisis (Adenoma Pituitary) adalah tumor jinak yang berasal dari kelenjar pituitari, lokasinya persis di belakang mata
P-04	Neuroma Akustik adalah tumor jinak pada saraf penghubung telinga dan otak
P-05	Craniopharyngioma adalah tumor jinak di regio sella atau supersella
P-06	Karsinoma Pleksus Koroid adalah keganasan pada pleksus chroid, pleksus chroid yang memproduksi cairan serebrospinal
P-07	Optic Glioma adalah glioma tumor jinak pada saraf optik
P-08	Astrositoma adalah tumor jinak adalah bias ganas tergantung gradanya, gradanya terdiri dari Grade 1-2 adalah jinak dan Grade 3-4 adalah tumor ganas

Setiap data jenis penyakit tumor memiliki rujukan rumah sakit yang berfungsi untuk mendapatkan pengobatan utama di rumah sakit yang telah direkomendasikan khusus untuk jenis penyakit tumor otak. Masing-masing data tersebut diperoleh berdasarkan hasil wawancara yang didapat sebanyak 8 data rujukan rumah sakit dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Data Rujukan Rumah Sakit

ID Penyakit	Rujukan Rumah Sakit
P-01	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, RSCM
P-02	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, Rumah Sakit Siloam, Rumah Sakit Dharmais, RSCM
P-03	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, RSCM
P-04	Rumah Sakit Kanker Dharmais
P-05	Rumah Sakit Kanker Dharmais
P-06	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, RSCM
P-07	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, RS Kanker Dharmais, RSCM
P-08	Rumah Sakit Pusat Otak Nasional, RS. Kanker Dharmais, RSCM

Setiap data jenis penyakit tumor memiliki penanganan medis untuk segera melakukan tindakan untuk mematikan sel jenis penyakit tumor otak dan pengangkatan tumor pada otak. Masing-masing data penanganan diperoleh dari hasil wawancara dan sumber data terpercaya yang didapat sebanyak 8 data dari masing-masing penanganan tersebut. Berikut data penanganan berdasarkan pada data jenis penyakit tumor otak yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Data Penanganan Dari Jenis Penyakit Tumor Otak

ID Penyakit	Penanganan Jenis Tumor Otak
P-01	Operasi Pengangkatan Tumor, Kemoterapi, Radioterapi
P-02	Operasi Kepala, Kemoterapi, Nanoparticle Therapy, Water Therapy, Terapi Radiasi
P-03	Terapi Radiasi, Operasi
P-04	Pembedahan Mikro, Radioterapi
P-05	Operasi Pembedahan, Terapi Radiasi, Kemoterapi
P-06	Operasi Bedah Saraf, Terapi Konservatif Medikamentosa

P-07	Pembedahan, Terapi Radiasi, Kemoterapi
P-08	Operasi Terapi Radiasi, Kemoterapi

Setiap data jenis penyakit tumor otak memiliki pemeriksaan lebih lanjut untuk segera mengetahui lebih detail lagi pada jenis penyakit tumor otak. Masing-masing data tersebut diperoleh dari hasil wawancara dan jurnal nasional yang didapat sebanyak 8 data. Berikut merupakan data pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Data Pemeriksaan Dari Jenis Penyakit Tumor Otak

ID Penyakit	Pemeriksaan Jenis Tumor Otak
P-01	CT Scan, MRI
P-02	MRI, Pemeriksaan Neurologis, Tindakan Biopsi
P-03	Tes darah maupun urin, MRI, Mengecek penglihatan untuk mengeliminasi
P-04	Tes pendengaran dengan audiometri, tes garpu tala, Electronystagmography untuk mendeteksi gangguan keseimbangan melalui bola mata, CT Scan, dan MRI.
P-05	Pemeriksaan Fisik Syaraf Kranial, Pemindaian Computed Tomography (CT) otak
P-06	Pemeriksaan Fisik Syaraf Kranial, Pemindaian
P-07	Pembedahan, Terapi Radiasi, Kemoterapi
P-08	Operasi Terapi Radiasi, Kemoterapi

Setiap data jenis penyakit tumor otak memiliki pencegahan agar dapat terhindar dari berbagai jenis penyakit tumor otak. Masing-masing data pencegahan diperoleh dari hasil wawancara dan sumber data terpercaya yang didapat sebanyak 8 data pencegahan. Berikut data pencegahan berdasarkan kode jenis penyakit tumor otak yaitu. Karena penyebab dari meningioma belum diketahui secara pasti, belum ada strategi pencegahan yang terbukti efektif dalam menghindari terjadinya meningioma (P-01). Berhenti mengonsumsi minuman beralkohol, makan makanan yang bergizi, berhenti merokok, mengurangi paparan radiasi di daerah kepala (P-02). Untuk saat ini pencegahannya belum diketahui (P-03). Tidak semua neuroma akustik dapat dicegah, terutama bila penyakit ini berkaitan dengan kelainan genetik diturunkan dari orang tua. Namun resiko terjadinya neuroma akustik dapat diturunkan dengan menghindari paparan suara bising, juga dengan melakukan konsultasi sebelum dan sesudah menjalani radioterapi (P-04). Untuk saat ini pencegahannya belum diketahui (P-05). Untuk saat ini pencegahannya belum diketahui (P-06). Pada saat ini tidak ada cara diketahui untuk mencegah atau mengurangi resiko glioma saraf optic pada anak (P-07). Mengikuti seluruh ketentuan yang diberikan oleh dokter pasca pengobatan, lakukan pemeriksaan ulang, secara berskala untuk memantau perkembangan penyakit serta kondisi kesehatan anda (P-08).

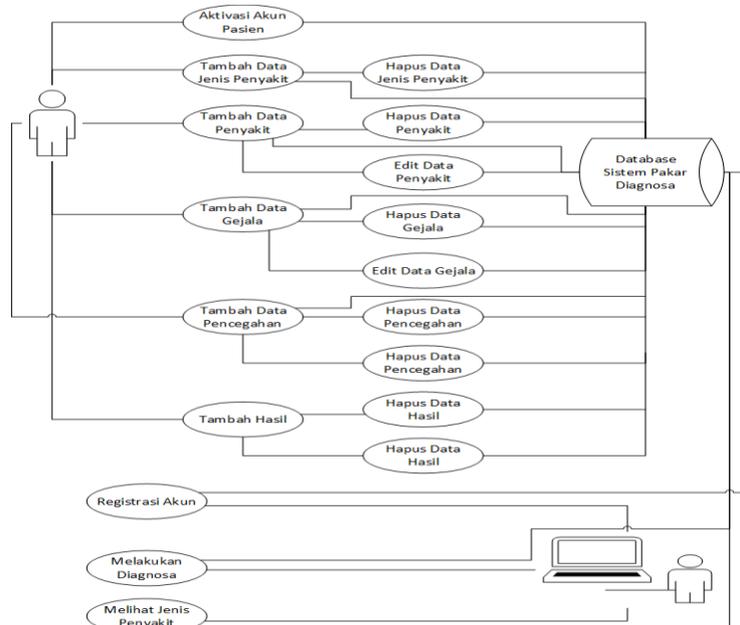
Setiap data jenis penyakit tumor memiliki dokter spesialis untuk melakukan konsultasi kepada dokter spesialis agar dapat mengetahui informasi lebih detail. Masing-masing data dokter spesialis diperoleh dari hasil wawancara yang didapat sebanyak 8 data dokter spesialis. Berikut data dokter spesialis dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Data Dokter Spesialis

ID Penyakit	Dokter Spesialis
P-01	Spesialis Onkologi Radiasi
P-02	Dokter Bedah Saraf
P-03	Spesialis Endokrinologi, Spesialis Bedah Saraf, Perawatan Utama, Oftalmologi, Dokter Onkologi Radiasi
P-04	Ahli Onkologi, Ahli Hematologi Anak, Ahli Hematologi
P-05	Ahli Bedah Saraf, Onkologi Radiasi, Hemato Onkologi, Radiologi
P-06	Spesialis Saraf, Spesialis Bedah Saraf
P-07	Spesialis Saraf, Spesialis Bedah Saraf, Spesialis Onkologi
P-08	Ahli Bedah Saraf, Ahli Onkologi, Ahli Onkologi Radiasi, Ahli Saraf

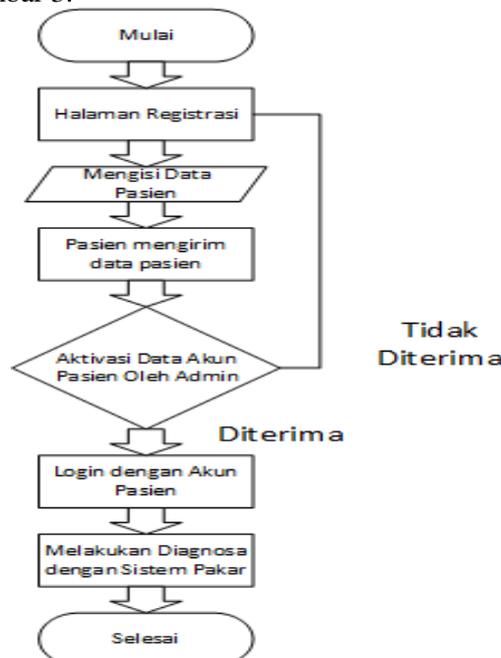
**B. Desain**

Gunakan satu Proses desain pada aplikasi sistem pakar diagnosa yang memerlukan syarat untuk memenuhi kebutuhan sebuah perancangan aplikasi yang bertujuan dalam pembuatan desain tampilan aplikasi, arsitektur perangkat lunak, representasi antar muka, dan sebelum melakukan pengkodean. Tahapan yang dilakukan dalam kebutuhan perancangan aplikasi yang dibutuhkan yaitu melakukan perancangan *usecase*, *flowchart*, dan ERD. Berikut struktur *usecase* pada admin dan pasien dalam berinteraksi dengan sistem pakar dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut [7].



Gambar 2. Perancangan Usecase Admin dan Pasien

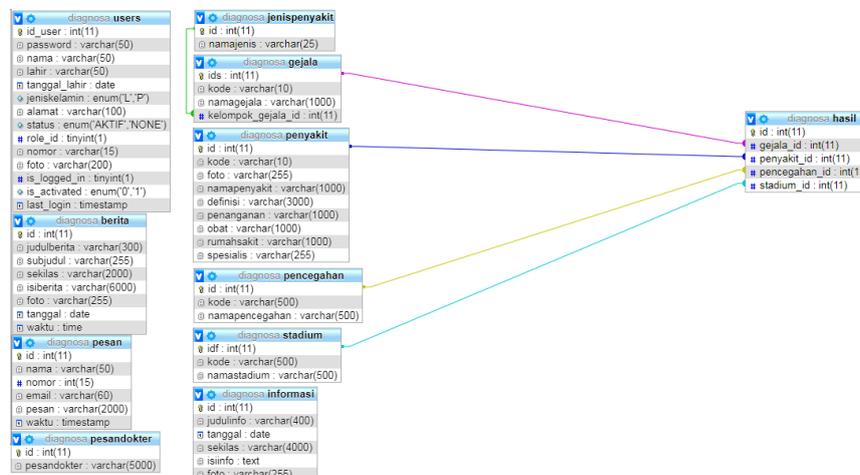
Dalam melakukan diagnosa dengan sistem pakar hal yang dilakukan oleh pasien sebelum diagnosa yaitu pasien harus memiliki akun agar dapat melakukan diagnosa dan disetujui oleh admin sistem pakar. Pasien dapat melakukan pendaftaran terlebih dahulu untuk dapat melakukan diagnosa. Berikut alur pendaftaran pasien dalam penggunaan sistem pakar pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Proses Pendaftaran Akun Pasien

Berdasarkan alur flowchart pada Gambar 3 menjelaskan alur pendaftaran alur pendaftaran akun pasien yang diminta oleh sistem untuk mengisi seluruh form biodata pasien, sehingga pasien dapat mengakses sistem pakar diagnosa dengan akun yang telah didaftar dan disetujui oleh admin. Pasien diminta untuk memilih gejala yang tersedia di sistem pakar diagnosa jenis penyakit tumor otak. Setelah pasien memilih gejala yang dirasakan, hasil

jawaban tersebut akan diproses berdasarkan aturan yang dirancang sistem pada data yang diperoleh dengan mengimplementasikan Algoritma *Depth First Search*. Berdasarkan Gambar 4 yang menunjukkan relasi hubungan tiap masing-masing tabel dalam database yang akan digunakan dalam penyimpanan data admin maupun data pasien [7].



Gambar 4. Hubungan Relasi Database atau ERD

### C. Sistem Pakar

Sistem pakar biasa disebut dengan *expert system* merupakan sebuah sistem yang memiliki pengetahuan sama dengan manusia yang diciptakan dalam sebuah bentuk program, agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan [9]. Sistem pakar mampu meniru dalam penyelesaian suatu masalah dari seperti para ahli. Dengan menggunakan sistem pakar, pengguna yang awampun mampu mencari solusi yang sulit ditemukan tanpa harus diselesaikan oleh bantuan para ahli. Para ahli sangat menyetujui dengan adanya sistem pakar, karena sistem pakar sangat membantu dalam aktivitasnya sebagai pendamping yang berpengalaman.

### D. Algoritma Depth First Search

Setiap alur Pertanyaan pada data gejala yang diperoleh dalam sistem yang ditampilkan, dilakukan dengan proses pencarian pada semua turunannya sebelum melakukan pencarian terhadap setiap node yang sejenis [10]. Proses pencarian dilakukan mulai dari node akar yang sejenis yang lebih tinggi, pencarian tersebut akan melakukan perulangan hingga mendapatkan hasil tujuan. Setelah mendapatkan hasil tujuan maka proses pencarian akan berhenti melakukan perulangan, meskipun terdapat tujuan lainnya.

Dalam pencarian jenis penyakit tumor otak dilakukan dengan membuat simpul sebagai titik pertama, kemudian titik-titik tersebut akan melalui hingga ke titik berakhir dimana titik tersebut merupakan titik tujuan akhir atau sebagai jenis penyakit tumor otak yang dicari. Dengan menggunakan algoritma *Depth First Search*, simpul yang telah dilalui akan tersimpan ke dalam suatu tumpukan yang disebut dengan *stack*. Setiap antrian berfungsi untuk menyesuaikan berbagai simpul yang akan dilalui dengan sesuai dengan urutan *stack*. Berdasarkan pencarian data pada algoritma *Depth First Search* memiliki cara kerja yang dilakukan dalam pencarian suatu node dan solusi dalam pencarian akhir [11].

Berikut penjelasan *pseudocode* dalam penggunaan algoritma *Depth First Search* sebagai berikut. Pada fungsi *init()*, algoritma DFS dapat menjalankan sebuah fungsi pada node tersebut [12]. karena grafik tersebut kemungkinan mempunyai dua bagian yang terputus sehingga dapat dipastikan bahwa algoritma DFS mencakup pada tiap simpul. Penggunaan dalam algoritma DFS dapat menjalankan pada tiap simpul.

#### Pseudocode Pada Algoritma DFS

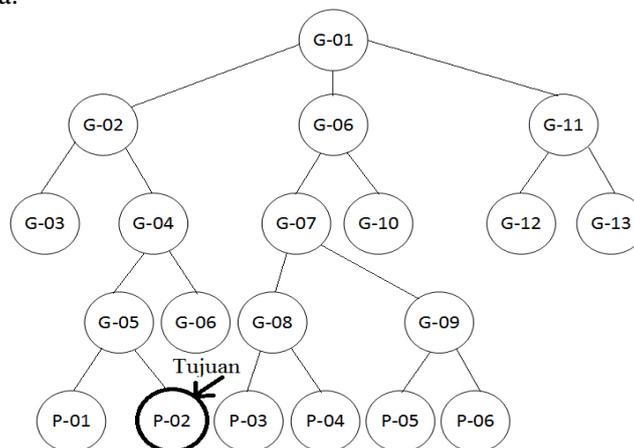
```

Depth (A, B)
  B.visited = true
  for each i ∈ A.Adj[B]
    if i.visited == false
      Depth (A, i)
Init () {
  for each B ∈ A
    B.visited = false
  for each B ∈ G
    Depth (A, B)
}

```

Berikut cara kerja pada algoritma Depth First Search pada langkah-langkah yang ditentukan berdasarkan cara kerjanya yaitu pada langkah pertama memasukkan sebuah simpul pada ujung akar ke dalam *Stack*. Langkah kedua

mengambil simpul dari *stack* teratas, kemudian melakukan pengecekan Apakah sifat tersebut merupakan tujuan atau solusi. Langkah ketiga, apabila simpul adalah tujuan atau solusi, maka proses pencarian terhadap node berhenti dan keluaran tersebut akan dikembalikan. Langkah keempat apabila simpul bukan tujuan atau solusi, maka seluruh masukkan dari simpul yang bertetangga pada simpul anak ke dalam *stack*. Langkah kelima apabila *stack* tidak memiliki tumpukan antrian dan simpul telah dicek, maka pencarian terhadap node akan berhenti dan keluaran tersebut akan dikembalikan sebagai hasil tujuan atau solusi yang tidak diketahui. Langkah keenam mengulangi pada pencarian dari Langkah kedua.



Gambar 5. Pohon Keputusan Algoritma Depth First Search

Pohon keputusan merupakan perancangan yang digunakan untuk mengaplikasikan dalam bentuk keputusan dengan algoritma *Depth First Search*. Tujuan menggunakan pohon keputusan yaitu untuk proses pencarian yang dilakukan hingga node akar terakhir sebagai hasil tujuan. Berdasarkan pada Gambar 5 pengurutan dalam penelusuran yaitu : G-01 – G-02 – G-03 – G-04 – G-05 – P-01 – P-02 – G-06 – G-06 – G-07 – G-08 – P-03 – P-04 – G-09 – P-05 – P-06 – G-10 – G-11 – G-12 – G-13.

Mencari tujuan pada hasil akhir yang didapat oleh *expand node* dari *node list* pada node-node akar berdasarkan tabel pencarian. Pada kode G-01 memiliki keturunan yaitu G-02, G-06, G-11. Kemudian G-02 memiliki keturunan yaitu G-03, G-04, G-06, G-11. Kemudian kode G-03 tidak memiliki keturunan, maka dilanjutkan ke kode G-04, kemudian dari kode G-04 memiliki keturunan yaitu G-05, G-06, G-11. Setelah itu dilanjutkan pada kode G-05 yang memiliki keturunan P-01, P-02. Maka hasil *expand node* sebagai solusinya yaitu pada kode P-02. Berikut tabel yang dapat dilakukan dalam penelusuran pada simpul dapat dilihat pada Tabel 7 [13].

Tabel 7. Mencari Tujuan Berdasarkan Tabel

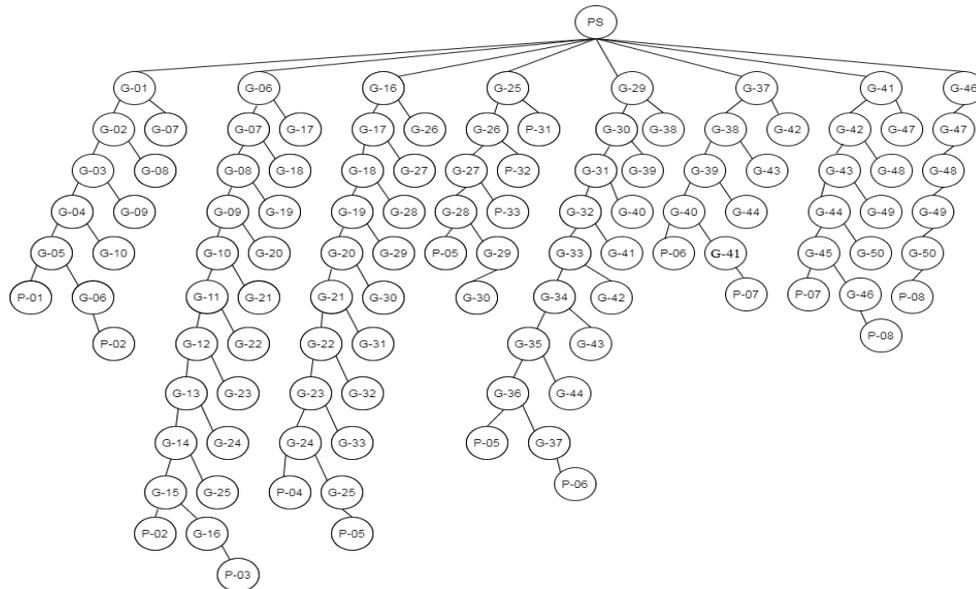
Expand Node	Node List
	{G-01}
G-01	{G-02, G-06, G-11}
G-02	{G-03, G-04, G-06, G-11}
G-03	-
G-04	{G-05, G-06, G-11}
G-05	{P-01, P-02}
P-02	Not Expand

### E. Data Kasus yang Dialami Pasien

Berdasarkan kasus yang dialami oleh pasien terhadap jenis penyakit tumor otak memiliki jenis penyakit tumor otak yang berbeda – beda dari beberapa kasus yang dialami oleh pasien. Dalam pengujian tingkat akurasi sistem dari uji terhadap kasus pasien sebanyak 8 kasus pasien. Pengujian tingkat akurasi sistem dengan menggunakan sistem yang diperoleh dari hasil yang sama dengan pengujian secara manual maupun berdasarkan wawancara dokter.

Hasil akurasi sistem yang diperoleh dari hasil wawancara dokter, referensi jurnal dan sumber data terpercaya sebesar 100%. Hasil tersebut menyatakan bahwa pasien yang melakukan diagnosa dengan menggunakan sistem pakar yaitu sesuai dengan hasil dari konsultasi dokter. Hal ini sistem pakar untuk mendiagnosa jenis penyakit tumor otak sangatlah akurat untuk melakukan diagnosa.

### F. Aturan IF-THEN Pada Algoritma Depth First Search



Gambar 6. Pohon Penelusuran Algoritma Depth First Search

Pohon penelusuran pada Gambar 6 merupakan sebuah analisis algoritma *Depth First Search* terhadap jenis penyakit tumor otak berdasarkan data yang telah diperoleh [14]. Setelah pengumpulan data, maka penelusuran terhadap jenis penyakit tumor otak dapat dibuat sebagai himpunan kaidah dengan menggunakan aturan *IF THEN*, aturan ini meliputi *IF* sebagai pasien yang akan memilih gejala tersebut dan *THEN* sebagai solusi. Berikut contoh kasus menggunakan pohon penelusuran dalam aturan *IF THEN* sebagai berikut [15].

#### Role IF THEN Pada Algoritma DFS

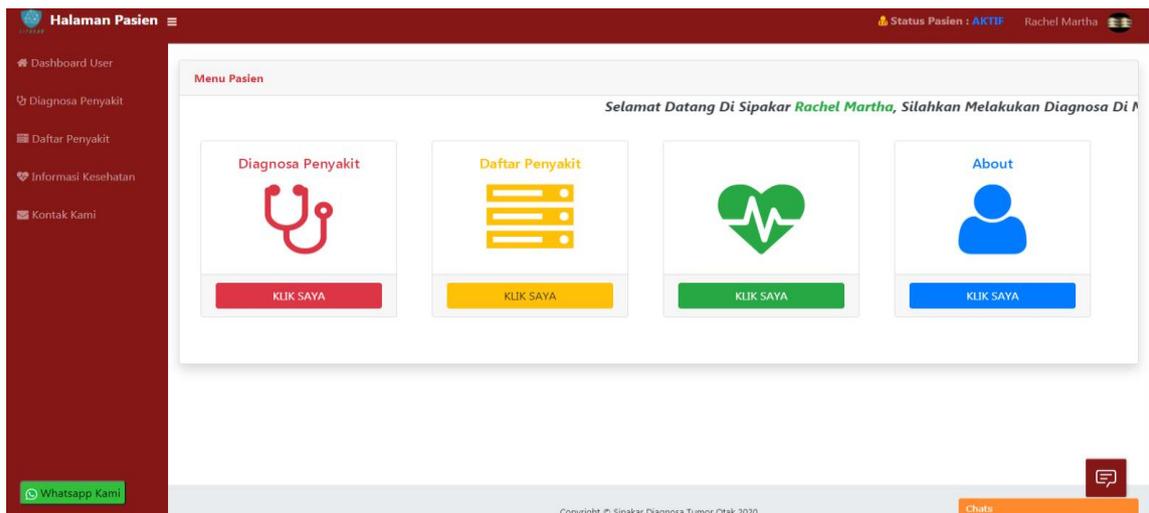
IF Sakit Kepala (G-37)  
AND Lekas Marah (G-38)  
AND Kelebihan Cairan di Otak (hidrosefalus) (G-39)  
AND Mual atau Muntah (G-40)  
THEN Karsinoma Pleksus Koroid (P-06)

Analisa menggunakan sebuah aturan IF-THEN terhadap sistem pakar yang dibangun berdasarkan aturan yang diterapkan pada algoritma *Depth First Search*. Penggunaan aturan *IF THEN* berfungsi sebagai pencarian yang akan dicari sebagai node tujuan dengan menggunakan aturan *IF THEN*. Aturan *IF THEN* akan melakukan suatu tindakan kondisi yang dapat mengevaluasi benar atau salahnya pada tindakan suatu pernyataan. Berdasarkan aturan diatas hasil tersebut menunjukkan JIKA Sakit Kepala DAN Lekas Marah DAN Kelebihan cairan di otak (hidrosefalus) DAN Mual dan muntah, Maka jenis penyakit tumor terdeteksi Karsinoma Pleksus Koroid.

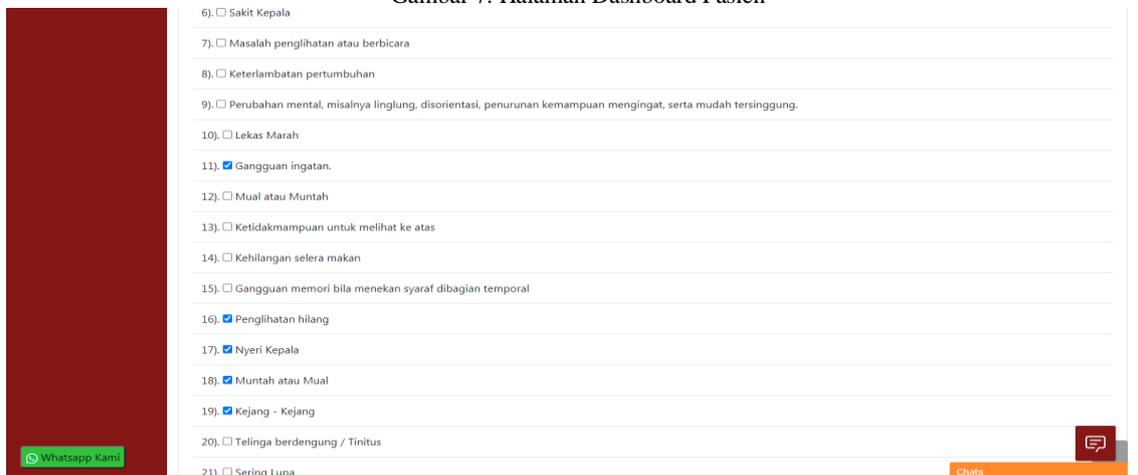
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Implementasi

Implementasi merupakan tahapan dalam menerapkan fasilitas yang ada dari tahapan desain sistem yang telah dikembangkan berdasarkan tahapan metode *Waterfall*. Implementasi dapat dirancang dalam bentuk program aplikasi yang digunakan untuk kebutuhan dari user pada penggunaan aplikasi diagnosa penyakit tumor otak [16]. Hasil implementasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 sebagai hasil pada tampilan yang berjalan dengan baik sesuai dengan harapan ataupun memerlukan penelitian yang lebih lanjut.



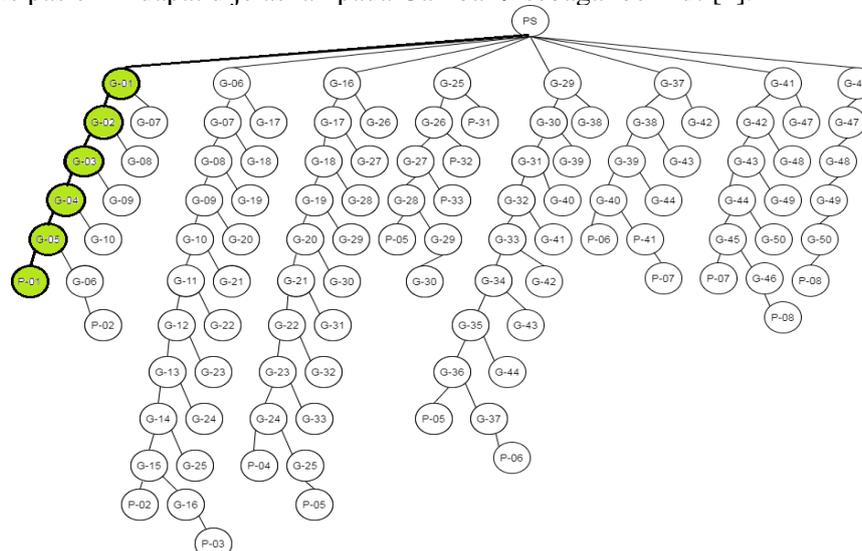
Gambar 7. Halaman Dashboard Pasien



Gambar 8. Halaman Diagnosa Penyakit Tumor Otak

### B. Pengujian Sistem Pakar

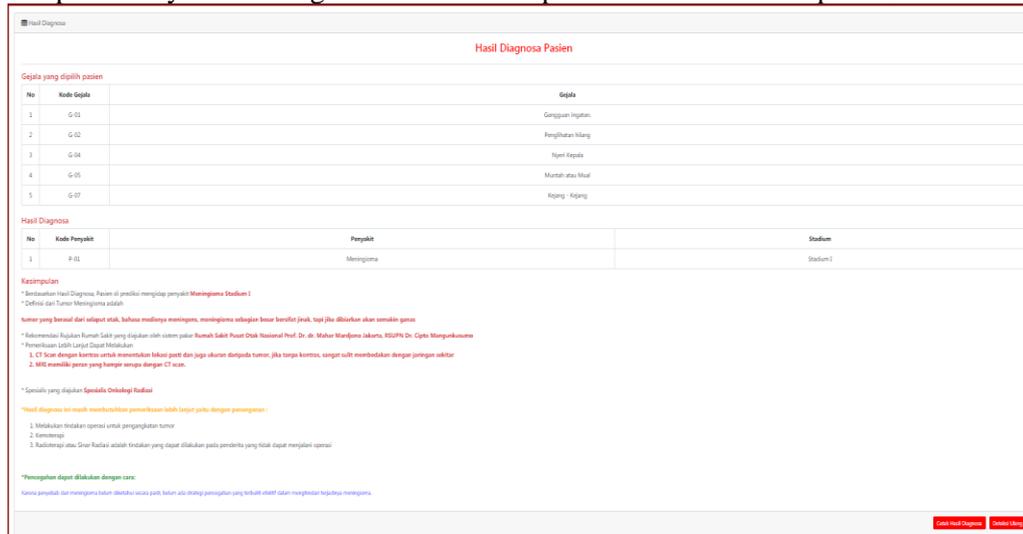
Tahapan pengujian dengan menggunakan sistem pakar berdasarkan salah satu pasien dengan contoh kasus pasien A, hasil pemeriksaan dengan perbandingan menggunakan sistem pakar untuk mengetahui ketepatan dalam hasil diagnosa terhadap jenis penyakit tumor otak. Pengujian terhadap sistem pakar dapat menggunakan metode pencarian terhadap node yang sejenis yaitu menggunakan algoritma *Depth First Search*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap contoh kasus pasien A dapat dijelaskan pada Gambar 9 sebagai berikut [1].



Gambar 9. Pencarian Secara Manual Terhadap Node yang Sejenis

Keterangan berdasarkan pada Gambar 9 yaitu PS sebagai pasien pada kasus A. Hal ini dilakukan dengan pencarian secara manual terhadap node yang sejenis, sehingga menghasilkan tujuan akhir dari node tersebut. Berdasarkan kasus gejala yang telah dipilih oleh pasien A berdasarkan pencarian secara manual sebagai berikut. Gejala pada G-01 : Gangguan ingatan, G-02 : Penglihatan hilang, G-03 : Nyeri kepala, G-04 : Muntah dan mual, dan G-05 : Kejang – kejang.

Berdasarkan gejala tersebut maka hasil pencarian terhadap node yang sejenis yaitu menderita penyakit Meningioma Stadium I. Kemudian dilanjutkan pembuktian dengan menggunakan sistem pakar diagnosa jenis penyakit tumor otak, dengan paparan pertanyaan dari masing-masing gejala, pasien A sebagai pasien di sistem pakar harus mengisi gejala yang dirasakan. Hasil tersebut merupakan hasil diagnosa pada penyakit tumor otak dengan penyakit yang diderita oleh pasien A yaitu Meningioma Stadium I dapat dilihat berdasarkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Diagnosa Berdasarkan Sistem Pakar

Pengujian terhadap *user* dalam melakukan pengisian kuisioner dari 8 pertanyaan terhadap 25 responden dari *user* yang menggunakan sistem pakar. Perhitungan pada persentase dari setiap pertanyaan yang dipaparkan untuk mengetahui hasil dalam bentuk diagram. Berikut perhitungan dari persentase dari pertanyaan yang dipaparkan sebagai berikut. Hasil jawaban oleh responden pada pertanyaan pertama yaitu Sangat Setuju sebanyak 9 orang, Setuju sebanyak 5 orang, Tidak Setuju 0 orang, dan Sangat Tidak Setuju sebanyak 0 orang [7]. Berdasarkan persamaan dari i, ii, iii, dan iv yaitu sebagai berikut.

$$\text{Skor tertinggi} = 4 \times 25 = 100$$

$$\text{Skor terendah} = 1 \times 25 = 25$$

$$\text{Hasil} = (18 \times 4) + (7 \times 3) + (0 \times 2) + (0 \times 1)$$

$$\text{Hasil} = 72 + 21 + 0 + 0 = 93$$

$$\text{Persentase Interpretasi} = \frac{93 \times 100\%}{100} = 93 \%$$

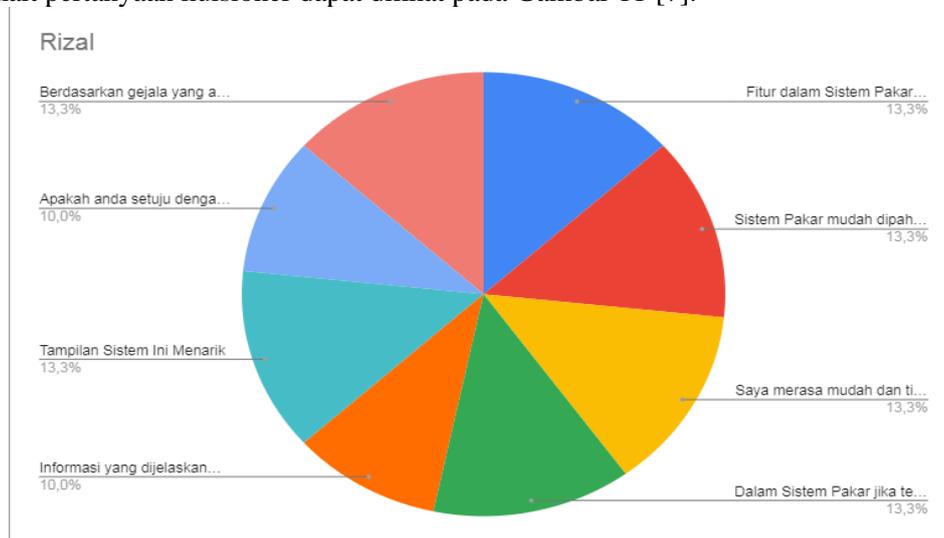
Maka hasil dari persentase interpretasi dari pertanyaan pertama yaitu 93 %. Hasil tersebut akan memberikan sebuah hasil dari pengujian sistem pakar terhadap *user* dalam pemakaian sebuah sistem. Hasil perhitungan selanjutnya dari pertanyaan kuisioner secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Penilaian Kuisioner Terhadap User

Pertanyaan	Jawaban Responden				Jumlah Hasil	Persentase Interpretasi
	STS (1)	TS (2)	S (3)	SS (4)		
Fitur dalam sistem pakar memudahkan saya	0	0	7	18	93	93 %
Sistem pakar mudah dipahami	0	0	10	15	90	90 %
Pengoperasian sistem pakar sangat mudah	0	0	8	17	92	92 %
Sistem pakar memberikan pesan	0	2	5	18	95	95 %

kesalahan jika terjadi error						
Informasi yang sangat jelas	0	0	9	16	91	91 %
Tampilan sistem menarik	0	0	4	21	96	96 %
Mendiagnosa secara akurat	0	0	7	17	89	89 %
Hasil diagnosa sesuai berdasarkan gejala	0	1	6	18	92	92 %
Total					738	92,25 %

Berdasarkan pada Tabel 8 yang merupakan hasil dari perhitungan pada persentase dari setiap pertanyaan dalam kuisioner. Hasil jawaban oleh responden dari total jumlah hasil sebanyak 738 dan rata-rata persentase interpretasi sebanyak 92,25 %. Dapat disimpulkan rata-rata jawaban responden sangat menyetujui terkait pada sistem pakar yang digunakan dalam melakukan diagnose jenis penyakit tumor otak. Berikut diagram lingkaran pada salah satu seorang *user*, terkait pertanyaan kuisioner dapat dilihat pada Gambar 11 [7].



Gambar 11. Diagram Lingkaran Salah Satu User

Pengujian dengan menggunakan metode *Black Box* terhadap sistem. Metode *Black Box* merupakan pengujian yang dilakukan terhadap fungsional pada web sistem pakar. Pengujian terhadap metode *Black Box* dengan menguji menu-menu di setiap sistem pakar dan melakukan input data. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 8 yang merupakan pengujian terhadap menu-menu dibagian halaman pasien sebagai berikut [17].

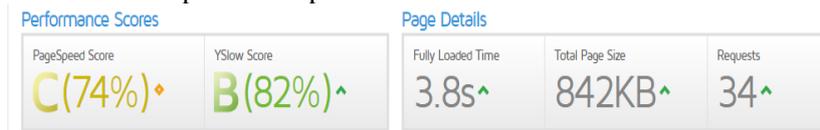
Tabel 9. Pengujian Metode Black Box Terhadap Halaman Pasien

Menu	Masukkan	Keluaran	Keterangan
Dashboard User	-	Halaman Dashboard User ditampilkan	Sukses
Diagnosa Penyakit	Mengisi form data gejala	Menampilkan hasil penyakit	Sukses
Daftar Penyakit	-	Menampilkan daftar penyakit	Sukses
Informasi Kesehatan	-	Menampilkan informasi kesehatan	Sukses
Kontak Kami	Mengisi form pesan masukan pasien kepada admin	Pesan masukan berhasil masuk ke admin	Sukses

Chat	Menanyakan atau konsultasi kepada dokter	Pesan masuk berhasil terkirim ke dokter	Sukses
Chatbot	Menanyakan terkait informasi tumor otak dengan percakapan secara virtual	Pesan berhasil terkirim ke database chatbot dan pesan dapat dibales secara otomatis	Sukses

Pengujian aplikasi sistem berbasis website dilakukan tahapan testing menggunakan GTMetrix yang merupakan salah satu *tools online* yang dapat digunakan untuk menganalisa performance dari sebuah website yang akan diuji. Dengan menggunakan matriks sebuah website dapat dinilai dari tingkat performa sebuah website Berdasarkan sistem dan sebagian besar berasal dari open source milik Google. GTMetrix mampu memberikan sebuah hasil nilai dan rekomendasi dari setiap web yang dicek, dengan menggunakan kombinasi *PageSpeed* dan *YSlow*.

Hasil dari pengujian *PageSpeed* dari aplikasi Sistem Pakar Deteksi Penyakit Tumor Otak adalah pada bagian *Serve Scaled Images* dan *Minify JavaScript*, yang mana pada bagian tersebut menampilkan hasil grade paling terendah dalam pengujian *PageSpeed*. Pada bagian *Serve Scaled Images* menjelaskan untuk mengoptimalkan gambar-gambar pada sistem pakar untuk mengurangi ukurannya sebesar 225.8 KiB atau pengurangan sekitar 95%. Sedangkan pada bagian *Minify JavaScript* menjelaskan untuk mengurangi ukurannya hingga 82,6 KiB atau pengurangan sekitar 49%. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 12. Pengujian Sistem Pakar Menggunakan GTMetrix

*Performance scores* merupakan sebuah halaman dalam analisa website yang berisikan hasil dari PageSpeed Score dan YSlow Score yang diuji dengan GTMetriks. Pengujian Performance scores dapat memberikan rekomendasi dimana terdapat kekurangan pada sebuah website dari kecepatan dalam mengakses sistem pakar. Berikut penjelasan pada Gambar 11 mengenai pengujian sistem pakar sebagai berikut.

*PageSpeed Score* pada sistem pakar memiliki *score* C(74%). Rekomendasi berdasarkan analisis GTMetrix adalah dengan melakukan optimasi pada sistem pakar yang memiliki hasil terendah. Sementara *Y slow* pada sistem pakar memiliki skor B(80%). Pada sistem pakar ini menunjukkan bahwa sistem pakar menyebabkan penurunan performa. Hasil tersebut memberikan rekomendasi untuk meningkatkan performa pada halaman sistem pakar dan memberikan secara rinci statistis pada halaman sistem pakar.

*Page details* merupakan sebuah halaman dalam analisa website yang berisikan jangka waktu dalam memuat sebuah halaman website, ukuran data dalam website, dan akses permintaan terhadap pengguna. *Page details* juga memberikan solusi dan rekomendasi terhadap kekurangan dalam website. Berikut penjelasan pada Gambar 11 mengenai pengujian sistem pakar sebagai berikut.

*Fully Loaded Time* pada sistem pakar memiliki waktu untuk memuat halaman yaitu 3.8 detik. Kemudian pada *Total Page Size* pada sistem pakar memiliki ukuran total halaman yaitu 842Kb. Kemudian pada *Request* pada sistem pakar memiliki aktivitas dimana seorang pasien maupun admin meminta ke server yaitu 34.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil kesimpulan dari penelitian ilmiah yang dilakukan antara lain, diagnosa jenis penyakit tumor otak menggunakan *Algoritma Depth First Search* dapat memudahkan dalam mencari jenis tumor otak dengan akurat. Sistem memberikan rekomendasi terkait tempat pemeriksaan, penanganan, pencegahan, rujukan rumah sakit dan dokter spesialis yang terbaik di Indonesia secara mudah. Pengembangan sebuah sistem menggunakan metode *Waterfall* sehingga sebuah pembaharuan sistem yang berjalan dapat dilakukan dengan cara berurutan dalam pembangunan sebuah sistem.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. Permadi, Harun Mukhtar, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT KANKER PAYUDARA MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING DAN DEPTH FIRST SEARCH," vol. 5, no. 2, pp. 49–55, 2016.
- [2] Y. Lestari, Mesran, Suginam, and Fadlina, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Tumor Otak Menggunakan Metode Certainty Factor ( CF )," *Infotek*, vol. 2, no. 1, pp. 82–86, 2017, [Online]. Available: <https://ejurnal.amikstiekomsu.ac.id/index.php/infotek/article/view/98>.

- [3] K. D. Prebiana and L. G. Astuti, "Penerapan Metode Certainty Factor ( CF ) Dalam Pembuatan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tumor Otak," vol. 8, no. 3, pp. 315–324, 2020.
- [4] A. N. Rais and D. Riana, "Segmentasi Citra Tumor Otak Menggunakan Support Vector Machine Classifier," *Semin. Nas. Inov. dan Tren 2018*, pp. 152–155, 2018.
- [5] D. S. Dwi Putra, "Expert System Diagnosis of Television Damage with Depth First Search Method Using Vb.Net Programming Language," *Tech-E*, vol. 1, no. 2, p. 50, 2018, doi: 10.31253/te.v1i2.24.
- [6] Ridwansyah, "Aplikasi Program untuk Mendiagnosa Penyakit Kandungan Menggunakan Metode Waterfall," *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. III, no. 2, pp. 7–11, 2017.
- [7] E. M. Sari, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Depth First Search Berbasis Web," p. 15, 2017.
- [8] D. Susanti and Suhendri, "Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Mangga Dengan Algoritma Depth First Search Berbasis Mobile," *Sintak*, pp. 24–32, 2017.
- [9] G. R. Syahputra, M. Irsan, and I. Harsadi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Aedes Aegypti Berbasis Web," *JIMTEK J. Ilm. Mhs. Fak. Tek.*, vol. 1, pp. 55–59, 2020.
- [10] H. Noviyarto and Y. S. Sari, "Analysis And Design Expert System To Identify Injuries Because Of Sports," *Int. Educ. J. Sci. ....*, pp. 1–6, 2019, [Online]. Available: <http://iejse.com/journal/index.php/iejse/article/view/45>.
- [11] A. T. Kusuma, C. Suhery, and Y. Brianorman, "Aplikasi Pendukung Keputusan Panduan Wisata Berbasis Mobile Menggunakan Metode Pencarian Buta dan Terbimbing (Studi Kasus: Kota Pontianak)," *Coding J. Komput. dan Apl. Untan*, vol. 03, no. 2, pp. 23–32, 2017.
- [12] M. Y. Syuhada, "JOURNAL OF INFORMATICS AND Perbandingan Algoritma Greedy Search dan Algoritma Depth-First- Search pada Pencarian Kota dengan Graph Romania Problem Comparison of Greedy Search Algorithm and Depth-First-Search Algorithm on City Search with Romanian Graph Pr," vol. 1, no. 2, pp. 58–60, 2018.
- [13] M. J., R. L., and S. P., "Comparative Analysis of Search Algorithms," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 179, no. 50, pp. 40–43, 2018, doi: 10.5120/ijca2018917358.
- [14] J. Sundari *et al.*, "Expert System to Detect Human's Skin Diseases Using Forward Chaining Method Based on Web Mobile," *MATEC Web Conf.*, vol. 218, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821802015.
- [15] P. Studi, M. Informatika, P. Ayam, and F. Chaining, "Expert Sistem Untuk Mendiagnosa Penyakit Ayam Menggunakan Metode Forward Chaining," vol. 1, no. 4, pp. 269–278, 2020.
- [16] R. A. Sihombing, "Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Gangguan pada Sistem Hepatobiliaris Berbasis Android Mobile," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 3, no. 1, p. 98, 2018, doi: 10.30998/string.v3i1.2736.
- [17] E. Rahmawati, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Paru-Paru Menggunakan Metode Forward Chaining," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 64–69, 2016, doi: 10.15294/jte.v8i2.7436.