

# Sistem Pakar Diagnosa Kelainan Sistem Ortopedi pada Manusia dengan Metode Forward Chaining dan Dempster Shafer

*(Expert System for Diagnosing Abnormalities of Human Orthopedics System using forward chaining and Dempster Shafer Method)*

Nurhaini Rahmawati, Fitri bimantoro\*

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA  
Email: nurhainir20@gmail.com, bimo@unram.ac.id

*\*Penulis Korespondensi*

**Abstract** - The bones and skeleton are very important parts of orthopedics and are the most vulnerable parts of the body. One of the obstacles in the diagnosis of orthopedic disorders is the distance from the hospital and the few orthopedic doctors. This study developed an expert system that runs on an Android-based smartphone to diagnose 13 types of abnormalities in the orthopedic system with 92 symptom input based on the knowledge of 3 experts using the forward chaining and dempster shafer methods to obtain conclusions about the type of orthopedic disorder suffered. Based on the test results with theoretical calculations, it is found that the system calculation results are in accordance with the results of manual calculations. In testing the accuracy of the system, from 30 examples of cases tested on 3 experts, the accuracy value was obtained based on the average expert weight of 81.11%, the weight of each expert in sequence is 80.00% for expert 1, 83.33% for expert 2, and 73.33% for expert 3, where this accuracy value shows that the performance of the dempster shafer method in diagnosing orthopedic disorders is good and it can be said that the dempster shafer method suitable to be applied in cases of orthopedic disorders. The MOS (Mean Opinion Score) test on 30 respondents resulted in an MOS value of 4.45 from a scale of 5 which indicates that the system is feasible to use and is categorized into a good system.

**Key words:** Expert system, orthopedics, forward chaining, Dempster Shafer, android

## I. PENDAHULUAN

Tulang dan kerangka merupakan bagian yang sangat penting di dalam bagian ortopedi, tidak hanya sebagai penguat tubuh tetapi juga merupakan bagian dari susunan sendi, sebagai pelindung tubuh, tempat melekatnya bagian ujung otot yang melekat pada tulang dan otot-otot yang menggerakkan kerangka tubuh [1]. Tulang, Otot dan Sendi (TOS) merupakan bagian tubuh yang sangat rentan mengalami gangguan.

Beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengenali kelainan ortopedi, salah satunya yakni dengan melakukan konsultasi dengan spesialis ortopedi yang diawali dengan proses wawancara singkat. Dalam beberapa kasus harus

dilakukan tes laboratorium dan pencitraan untuk mengonfirmasi diagnosis. Konsultasi disarankan ketika seseorang mengalami gejala seperti nyeri otot atau sendi kronis, kerusakan sendi, cedera tulang, nyeri punggung dan lainnya [2].

Pada kenyataannya konsultasi tidak selalu bisa dilakukan karena beberapa kendala, salah satu diantaranya adalah karena dokter ahli tulang yang jumlahnya sedikit serta mahalnya biaya konsultasi dengan dokter menjadikan seseorang malas berkonsultasi ke dokter [3]. Hal ini juga mengakibatkan masyarakat lebih memilih pengobatan-pengobatan tradisional seperti mengunjungi penyedia layanan terapi pijat/urut. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pakar yang mengadopsi pengetahuan pakar khusus di bidang ortopedi yang dapat membantu masyarakat untuk melakukan konsultasi tanpa perlu mengeluarkan biaya sekaligus menjadi solusi kurangnya jumlah dokter spesialis ortopedi. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam sistem pakar untuk perhitungan ketidakpastian, diantaranya adalah metode *Dempster Shafer* [4] dan dengan mesin inferensi *forward chaining*.

*Dempster shafer* merupakan teori matematika untuk pembuktian berdasarkan fungsi kepercayaan untuk mengkombinasikan informasi terpisah, sedangkan *forward chaining* merupakan konsep umum pemikiran yang berfokus pada data yang diketahui [5]. Alasan menggunakan metode *Dempster Shafer* (DS) yaitu karena metode ini cocok digunakan untuk mengukur ketidakpastian dan tingkat keyakinan pakar. Perhitungan yang dilakukan pada metode ini juga dirasa mudah dan sederhana karena hanya menghitung probabilitas penyakit dari setiap gejala yang ada berdasarkan bobot yang diberikan oleh pakar. Alasan dipilihnya mesin inferensi *forward chaining* sebagai pencarian jalur penalaran yaitu karena metode ini cocok untuk sistem yang memiliki banyak hipotesa keluaran dan tepat digunakan jika fakta-fakta yang ada lebih banyak dibandingkan dengan kesimpulan yang akan dicari.

## II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian yang dijadikan sumber rujukan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan *Teorema Bayes* yang mendiagnosa 8 penyakit dan 35 gejala memperoleh akurasi 62,07% dan menyarankan penambahan daftar penyakit dan gejala serta sistem dibangun berbasis android [6]. Penelitian dengan metode *Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation* yang melibatkan 1 orang pakar dengan data 10 penyakit dan 42 gejala dengan akurasi tertinggi 90% menyarankan untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan jaringan syaraf tiruan yang berbeda dengan menambah jumlah *dataset* pelatihan dan dikembangkan dengan aplikasi berbasis *website* atau *mobile* [7], sedangkan dengan metode *Forward Chaining* untuk mendiagnosa *Osteoporosis* memperoleh akurasi sebesar 83,3% dan menyarankan penambahan metode lain untuk meningkatkan akurasi [8].

Penelitian yang menggunakan metode *Certainty Factor*, diantaranya untuk mendiagnosis penyakit *Arthritis Gout*, *Arthritis Reumatoid* dan *Osteoarthritis* dengan ditambahkan metode *Forward Chaining* memperoleh nilai *Certainty Factor* terbesar 0.984 [3], untuk mendeteksi risiko *Osteoporosis* dan *Osteoarthritis* yang melibatkan dua orang pakar dari rumah sakit yang berbeda memperoleh rata-rata akurasi mencapai 80% dari kedua pakar [9].

Selain beberapa penelitian di atas, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang meneliti tentang penggunaan metode *Dempster Shafer* dalam sistem pakar. Terdapat pula penelitian yang membandingkan metode *Dempster Shafer* dengan metode lain.

Penelitian sistem pakar dengan metode *Dempster Shafer* untuk mendiagnosa infeksi penyakit tropis dengan data sebanyak 9 jenis penyakit dan pengujian sistem dengan menggunakan 104 data sampel rekam medis memperoleh akurasi 94.23% [10]. Penelitian sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit tanaman jeruk memperoleh akurasi sebesar 90% dari pengujian 30 data uji [11] dan akurasi sebesar 95% dalam mendiagnosa gangguan mental pada anak [4].

Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang telah dijabarkan, maka penulis akan membangun sistem pakar yang dapat mendiagnosa kelainan ortopedi pada manusia dengan metode *forward chaining* sebagai mesin inferensi karena dinilai dapat menyelesaikan kasus dengan banyak potongan informasi yang saling terkait yang memiliki banyak hipotesa keluaran, dan menggunakan metode penarikan kesimpulan *dempster shafer* untuk mendapatkan nilai akhir kesimpulan yang tinggi sebagaimana pada penelitian sebelumnya.

### B. Dasar Teori

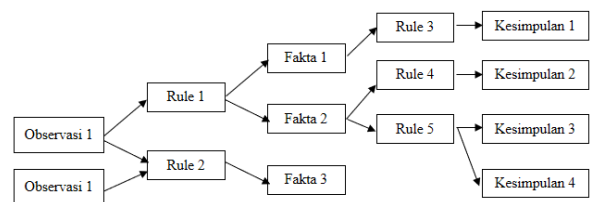
#### B.1. Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan aplikasi berbasis komputer yang mengadopsi pemahaman pakar dan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang tidak bisa diselesaikan oleh orang awam [1]. Sistem pakar terdiri dari dua lingkungan

yaitu lingkungan pengembang dan lingkungan konsultasi [12].

#### B.2. Metode Forward Chaining

Metode *forward chaining* merupakan salah satu metode penalaran dalam sistem pakar yang mulai bekerja dengan data yang tersedia dan menggunakan aturan inferensi untuk mendapatkan data yang lain sampai kesimpulan didapatkan [5]. Penelusuran dimulai dari fakta yang ada yakni berupa data gejala-gejala penyakit lalu bergerak maju melalui *rules* yang ada untuk menuju kesimpulan berupa penyakit yang dialami. Gambaran dari penelusuran yang dilakukan metode *forward chaining* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur penelusuran metode forward chaining

#### B.3. Dempster Shafer

Merupakan salah satu metode sistem pakar dengan teori matematika untuk membuktikan suatu informasi berdasarkan nilai *belief*. Secara umum teori *Dempster-Shafer* ditulis dalam suatu interval: [*Belief*, *Plausibility*]. *Belief* (Bel) adalah ukuran kekuatan *evidence* dalam mendukung suatu himpunan proposisi. Jika bernilai 0 maka mengindikasikan bahwa tidak ada *evidence*, dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian [10]. *Plausibility* (Pls) adalah ukuran ketidakpercayaan atau ketidakpastian terhadap suatu *evidence*. *Plausibility* (Pls) akan mengurangi tingkat kepastian dari *evidence*. *Plausibility* bernilai 0 sampai 1. Jika yakin akan X', maka dapat dikatakan bahwa  $Bel(X') = 1$ , sehingga nilai dari  $Pls(X) = 0$ . Fungsi *Belief* diformulasikan seperti pada Persamaan (1) dan fungsi *Plausibility* diformulasikan seperti pada Persamaan (2) [4].

$$Bel(X) = \sum_{Y \subseteq X} m_1(Y) \quad (1)$$

$$Pls(X) = 1 - Bel(X)$$

$$Pls(X) = 1 - \sum_{Y \subseteq X} m_1(Y) \quad (2)$$

Pada teori *Dempster Shafer* semesta pembicaraan dari sekumpulan hipotesis sering disebut *environment*, dinotasikan dengan simbol  $\Theta$  seperti pada Persamaan (3).

$$(\Theta) = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\} \quad (3)$$

Fungsi kombinasi  $m_1$  dan  $m_2$  sebagai  $m_3$  dibentuk dengan rumus pada Persamaan (4) [10]:

$$m_3(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_1(X).m_2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X).m_2(Y)} \quad (4)$$

Hasil akhir dari nilai kepercayaan dihitung dengan rumus pada Persamaan (5) [4]:

$$\text{nilai akhir kepercayaan pernyataan}(x) = \frac{(\text{nilai jawaban responden } 1 + \dots + \text{nilai jawaban responden } n)}{\text{jumlah responden}} \quad (5)$$

#### B.4. Kelainan Ortopedi

Terdapat 13 jenis kelainan ortopedi yang umumnya dialami oleh manusia yang menjadi objek dalam penelitian ini. Data 13 penyakit tersebut diperoleh dari hasil wawancara bersama pakar utama selama proses penelitian dan merupakan jenis kelainan yang sering dan umum diderita oleh masyarakat.

1. Fraktur tertutup, merupakan jenis fraktur yang tidak berhubungan dengan dunia luar dan tidak terdapat luka [3].
2. Fraktur terbuka, merupakan jenis fraktur yang berhubungan dengan dunia luar melalui kulit [3].
3. *Spondylitis* TB, merupakan penyakit yang disebabkan oleh kuman tuberkulosis dimana pada penyakit ini terjadi peradangan pada ruas tulang belakang [13].
4. *Osteomyelitis* Kronis, merupakan infeksi tulang yang menyebabkan kerusakan tulang dan pembentukan tulang baru. Osteomyelitis ada dua macam, yaitu osteomyelitis kronis dan akut [3].
5. *Osteoarthritis*, merupakan penyakit yang menyerang sendi besar dan terkadang mengenai sendi-sendi kecil pada tangan dan kaki [9].
6. *Osteoporosis*, merupakan kelainan yang disebabkan penurunan massa tulang dan kebiasaan mengkonsumsi obat-obatan dalam jangka panjang yang dapat merusak tulang seperti obat anti kejang dan hormone tiroid yang diresepkan dalam dosis tinggi [9].
7. *Gout arthritis*, merupakan kelainan metabolik yang terjadi sebagai akibat dari *hyperuricemia* yang berlangsung lama yang disebabkan oleh penumpukan purin atau reaksi asam urat yang kurang dari ginjal [3].
8. *Rheumatoid arthritis*, merupakan penyakit yang ditandai dengan terdapatnya sinovitis erosive simetrik terutama pada jaringan persendian dan sering melibatkan organ tubuh lainnya [3].
9. *Osteosarcoma*, merupakan jenis kanker tulang yang umumnya terjadi pada anak-anak dan remaja dan cenderung dialami oleh pria. Osteosarcoma umumnya adalah tumor yang agresif [14].
10. *Osteochondroma*, merupakan tumor jinak pada tulang berupa penonjolan tulang yang dilingkupi lapisan tulang rawan [15].
11. *Ricketsia*, merupakan kelainan tulang yang disebabkan karena kekurangan vitamin D, kalsium dan fosfat dan menyerang tulang lengan, kaki, panggul dan tulang belakang.
12. *Scoliosis* terbagi menjadi dua yaitu non struktural dan struktural. Gejala *scoliosis* biasanya dirasakan saat kondisi parah dan pada kondisi ini dirasakan adanya

ketidakseimbangan posisi *thorax*, *scapula* yang menonjol pada satu sisi, bahu tidak horizontal [16].

#### B.5. Android

Android merupakan sistem operasi berbasis linux untuk telepon seluler *smartphone* dan tablet. Android juga menyediakan *platform* terbuka bagi pengembang untuk membuat aplikasi sendiri. Antarmuka pengguna android umumnya menggunakan layar sentuh dengan tindakan menggeser, mengetuk dan mencubit.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

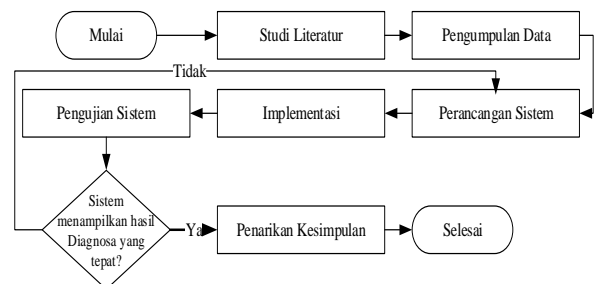
#### A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama proses pembangunan system pakar kelainan ortopedi meliputi:

1. Toshiba Satellite *processor* Intel inside *core i5* dan memori RAM 8 GB.
2. *Smartphone* Android (Huawei Y6II *Marsmellow 6.0 version*)
3. Sistem Operasi Windows 10 Pro-64-bit
4. *Microsoft Office* 2010
5. Android Studio
6. Literatur-literatur pendukung tentang deskripsi penyakit tulang, otot dan sendi.
7. Data gejala dan jenis-jenis penyakit tulang, otot dan sendi.
8. Data relasi atau bobot antar gejala dan penyakit
9. Data solusi pencegahan kelainan ortopedi

#### B. Proses Penelitian

Penelitian sistem pakar diagnosa penyakit tulang, otot dan sendi ini dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang disajikan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

Proses penelitian sistem pakar diagnosa penyakit TOS berdasarkan Gambar 2 terdiri atas beberapa tahapan diantaranya:

#### B.1. Studi Literatur

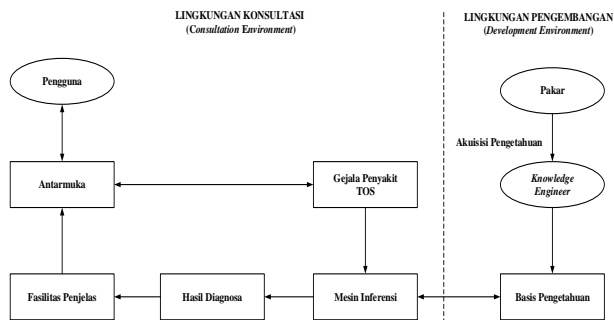
Merupakan proses mengumpulkan sumber-sumber yang terkait dengan sistem pakar, kelainan ortopedi pada manusia, serta penerapan metode *forward chaining* dan *Dempster Shafer* melalui jurnal ilmiah, skripsi, paper dan sumber lainnya untuk melihat kekurangan serta kelebihan yang ada sebagai acuan dalam penelitian yang akan dilakukan.

**B.2. Pengumpulan Data**

Proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan pakar sebelum dan selama membangun sistem. Dilakukan sebelum membangun sistem tujuannya yaitu untuk mengetahui jenis kelainan ortopedi yang paling sering menyerang masyarakat, sedangkan selama membangun sistem untuk melengkapi data penelitian. Pakar dalam penelitian ini yaitu dokter spesialis ortopedi yang berjumlah 3 orang.

**B.3. Perancangan Sistem**

Perancangan sistem terdiri dari perancangan arsitektur dan perancangan antarmuka sistem. Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama, yaitu lingkungan pengembangan dipakai pengembang untuk mengenalkan pengetahuan kepada *knowledge base* dan lingkungan konsultasi dipakai oleh *user* untuk mendapatkan suatu pengetahuan keahlian pakar. Ilustrasi arsitektur sistem pakar diagnosa kelainan ortopedi yang akan dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur sistem pakar diagnosa kelainan sistem ortopedi[17].

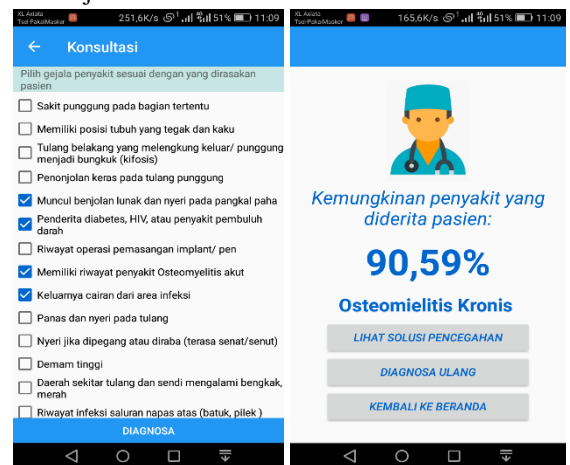
Elemen-elemen dari arsitektur sistem pakar diagnosa kelainan sistem ortopedi pada manusia pada Gambar 3 terdiri atas:

1. Pengguna sistem, yaitu masyarakat umum sebagai pengguna aplikasi dan melakukan konsultasi penyakit serta mendapatkan informasi solusinya.
2. Antarmuka, yaitu mekanisme untuk berkomunikasi antara pengguna dan sistem yang ditampilkan berupa aplikasi Android.
3. Gejala Penyakit TOS, digunakan sebagai masukan pada sistem untuk diproses untuk kemudian dikeluarkan output berupa hasil diagnosa penyakit yang diderita.
4. Pakar, merupakan salah satu komponen dalam sistem pakar yang memiliki peranan penting, karena merupakan sumber pengetahuan yang akan digunakan dalam sistem. Pakar pada penelitian ini yaitu dokter spesialis ortopedi yang berjumlah 3 orang pakar.
5. Akuisisi Pengetahuan adalah akumulasi, transfer dan transformasi keahlian dalam menyelesaikan masalah ke dalam program komputer dari sumber pengetahuan.
6. *Knowledge Engineer*, yaitu berperan sebagai penerjemah pengetahuan pakar ke dalam basis pengetahuan untuk dijadikan dasar pembentukan aturan pada sistem yang akan dibangun.

7. Basis Pengetahuan, merupakan kumpulan pengetahuan yang diperoleh dari pakar maupun sumber lain.
8. Mesin Inferensi, yaitu bagian yang berperan dalam proses menghasilkan informasi berdasarkan data fakta yang ada atau proses penalaran. Mesin inferensi yang digunakan pada sistem ini adalah *forward chaining*.
9. Hasil Diagnosa, merupakan hasil akhir yang diperoleh sistem berdasarkan masukan dari pengguna yang telah diproses oleh sistem berupa nama penyakit TOS yang diderita, persentase nilai kepercayaan sistem terhadap penyakit serta solusi penanganan dan pencegahan.
10. Fasilitas Penjelas, yaitu berfungsi memberikan penjelasan kepada pengguna mengenai proses pengambilan keputusan oleh sistem.

**B.4. Implementasi**

Proses pengimplementasian rancangan sistem yang telah dibuat ke dalam sebuah program. Pada bagian implementasi sistem ini akan membahas tentang antar muka dari sistem yang dibangun beserta cara kerja sistem.



Gambar 4. Halaman konsultasi

Gambar 5. Halaman hasil diagnosa

Halaman konsultasi pada Gambar 4 merupakan halaman yang akan muncul ketika pengguna memilih menu konsultasi pada halaman beranda. Pada halaman ini akan dimunculkan beberapa gejala yang tersimpan pada sistem untuk dipilih oleh pengguna berdasarkan yang dirasakan. Setelah selesai memilih gejala maka pengguna dapat menekan tombol diagnosa pada bagian bawah halaman untuk mengetahui hasil diagnosa.

Gambar 5 merupakan halaman yang akan muncul ketika pengguna menekan tombol diagnosa pada Gambar 4. Pada halaman ini akan ditampilkan hasil diagnosa berdasarkan gejala yang telah dipilih pengguna sebelumnya. Hasil diagnosa yang ditampilkan meliputi persentase serta nama dari kemungkinan penyakit yang diderita beserta gejala-gejala yang dipilih sebelumnya.

**B.5. Pengujian Sistem**

Dilakukan untuk mengetahui kelayakan sistem yang dibuat serta kesesuaian hasil yang diberikan sistem.

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian akurasi sistem, pengujian *blackbox*, pengujian MOS (*Mean Opinion Score*) serta pengujian dengan “perhitungan teoritis”.

**B.6. Penarikan Kesimpulan**

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil pengujian sistem dan kesesuaian hasil dari sistem yang dibangun dengan tujuan penelitian serta informasi yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Jika sistem menampilkan hasil diagnosa yang tepat yakni telah memenuhi pengujian akurasi dan perhitungan manual, maka penarikan kesimpulan data dilakukan dan sebaliknya.

**C. Nilai Belief Gejala Terhadap Suatu Penyakit**

Dalam proses perhitungan nilai kepastian (densitas) suatu diagnosa, diperlukan nilai *belief* (bobot) setiap gejala kelainan ortopedi yang diperoleh berdasarkan pada pengalaman pakar dalam mendiagnosa pasien, dimana pada metode *Dempster Shafer* bobot tersebut berada pada rentang 0 sampai 1. Semakin tinggi keyakinan seorang pakar terhadap suatu gejala, maka akan semakin tinggi bobot yang diberikan.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Teknik Pengujian Sistem**

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kelayakan sistem berdasarkan hasil yang diperoleh dan kesesuaian dengan tujuan pembangunan sistem.

**A.1. Pengujian Black Box**

Fungsionalitas sistem pakar diagnosa kelainan sistem ortopedi pada manusia dengan metode *Forward Chaining* dan *Dempster Shafer* telah berjalan sesuai dengan fungsinya yang ditunjukkan oleh semua fungsionalitas yang diujikan kepada perwakilan 5 orang responden dari mahasiswa informatika sebagai pengguna android telah berjalan sebagaimana mestinya atau sesuai dengan rancangan. Pengujian bersama 5 orang mahasiswa informatika ditujukan karena selain menjadi pengguna android, mereka memiliki pengetahuan tentang sistem, dari segi fungsionalitas maupun *user interface*-nya, sehingga bisa dilakukan diskusi bersama selama pengujian jika terdapat kekurangan atau kekeliruan.

**A.2. Pengujian dengan Perhitungan Teoritis**

Misalkan diketahui pasien mengalami gejala seperti pada Tabel I.

**TABEL I. GEJALA YANG DIRASAKAN**

Gejala	Nama Penyakit	Bobot
Nyeri jika digerakkan	(P1) Patah tulang tertutup	1
	(P6) <i>Osteoarthritis</i>	0.7
	(P8) <i>Gout arthritis</i>	0.7
	(P1) Patah tulang tertutup	1
Memiliki riwayat terjatuh atau pernah mengalami kecelakaan	(P2) Patah tulang terbuka	1
	(P1) Patah tulang tertutup	0.8
Perubahan bentuk tulang pada area patah tulang	(P2) Patah tulang terbuka	0.8
	(P1) Patah tulang tertutup	0.8
Tidak ada tulang yang menonjol atau tidak ada luka terbuka pada kulit	(P1) Patah tulang tertutup	0.8

Pada Tabel I dapat dilihat bahwa terdapat 4 gejala kelainan ortopedi yang dialami pasien. Setelah gejala tersebut diketahui, selanjutnya mesin inferensi yakni *forward chaining* mulai bekerja melakukan proses penalaran yakni dengan mencari tahu kemungkinan penyakit yang bisa terjadi dari setiap gejala yang dipilih, beserta bobot dari masing-masing gejala pada setiap penyakit berdasarkan basis pengetahuan yang tersimpan. Misalnya gejala 1 yakni nyeri jika digerakkan. Gejala 1 memiliki kemungkinan penyakit patah tulang tertutup, *osteoarthritis* dan *gout arthritis* dengan bobot masing-masing sebesar 1, 0.7 dan 0.7 begitu seterusnya untuk gejala 2, 3 dan 4. Setelah diketahui penyakit dan bobot dari masing-masing gejala pada setiap penyakit, selanjutnya dilakukan proses perhitungan dengan metode *Dempster Shafer* di mana setiap gejala dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (1), (2) dan (4) berdasarkan bobot masing-masing gejala untuk memperoleh kesimpulan hasil diagnosa berupa penyakit yang diderita beserta persentase kemungkinan terjadinya penyakit. Berikut proses perhitungan dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* untuk setiap gejala.

a. Gejala 1: Nyeri jika digerakkan

$$m_1\{P1, P6, P8\} = \frac{1+0.7+0.7}{3} = 0.8$$

$$m_1\{\emptyset\} = 1 - 0.8 = 0.2$$

b. Gejala 2: Memiliki riwayat terjatuh atau pernah mengalami kecelakaan

$$m_2\{P1, P2\} = \frac{1 + 1}{2} = 1$$

$$m_2\{\emptyset\} = 1 - 1 = 0$$

Berdasarkan kedua perhitungan di atas, diperoleh kombinasi  $m_1$  dan  $m_2$  seperti pada Tabel II.

**TABEL II. ATURAN KOMBINASI  $m_3$  UNTUK CONTOH PERHITUNGAN TEORITIS**

$m_1$	$m_2$	
	$m_2\{P1, P2\} = 1$	$m_2\{\emptyset\} = 0$
$m_1\{P1, P6, P8\} = 0.8$	$\{P1\} = 0.8 \times 1 = 0.8$	$\{P1, P6, P8\} = 0.8 \times 0 = 0$
$m_1\{\emptyset\} = 1 - 1 = 0.2$	$\{P1, P2\} = 0.2 \times 1 = 0.2$	$\{\emptyset\} = 0.2 \times 0 = 0$

Sehingga dapat dihitung nilai densitas baru  $m_3$ :

$$m_3\{P1\} = \frac{0.8}{1 - 0} = 0.8$$

$$m_3\{P1, P2\} = \frac{0.2}{1 - 0} = 0.2$$

$$m_3\{P1, P6, P8\} = 0$$

$$m_3\{\emptyset\} = 0$$

c. Gejala 3: Perubahan bentuk tulang pada area patah tulang

$$m_4\{P1, P2\} = \frac{0.8 + 0.8}{2} = 0.8$$

$$m_4\{\emptyset\} = 1 - 0.8 = 0.2$$

**TABEL III. ATURAN KOMBINASI  $m_5$  UNTUK CONTOH PERHITUNGAN TEORITIS**

$m_3$	$m_4$	
	$m_4\{P1, P2\} = 0.8$	$m_4\{\emptyset\} = 0.2$
$m_3\{P1\} = 0.8$	$\{P1\} = 0.8 \times 0.8 = 0.64$	$\{P1\} = 0.8 \times 0.2 = 0.16$
$m_3\{P1, P2\} = 0.2$	$\{P1, P2\} = 0.2 \times 0.8 = 0.16$	$\{P1, P2\} = 0.2 \times 0.2 = 0.04$
$m_3\{P1, P6, P8\} = 0$	$\{P1\} = 0 \times 0.8 = 0$	$\{P1, P6, P8\} = 0 \times 0.2 = 0$
$m_3\{\emptyset\} = 0$	$\{P1, P2\} = 0 \times 0.8 = 0$	$\{\emptyset\} = 0 \times 0.2 = 0$

Sehingga dapat dihitung nilai densitas baru  $m_5$ :

$$m_5\{P1\} = \frac{0.64 + 0 + 0.16}{1 - 0} = 0.8$$

$$m_5\{P1, P2\} = \frac{0.16 + 0 + 0.04}{1 - 0} = 0.2$$

$$m_5\{P1, P6, P8\} = 0$$

$$m_5\{\Theta\} = 0$$

d. Gejala 4: Tidak ada tulang yang menonjol atau tidak ada luka terbuka pada kulit

$$m_6\{P1\} = 0.8$$

$$m_6\{\Theta\} = 1 - 0.8 = 0.2$$

TABEL IV. ATURAN KOMBINASI  $m_7$  UNTUK CONTOH PERHITUNGAN TEORITIS

$m_5$	$m_6$	
	$m_6\{P1\} = 0.8$	$m_6\{\Theta\} = 0.2$
$m_5\{P1\} = 0.8$	$\{P1\} = 0.8 \times 0.8 = 0.64$	$\{P1\} = 0.8 \times 0.2 = 0.16$
$m_5\{P1, P2\} = 0.2$	$\{P1\} = 0.2 \times 0.8 = 0.16$	$\{P1, P2\} = 0.2 \times 0.2 = 0.04$
$m_5\{P1, P6, P8\} = 0$	$\{P1\} = 0 \times 0.8 = 0$	$\{P1, P6, P8\} = 0 \times 0.2 = 0$
$m_5\{\Theta\} = 0$	$\{P1\} = 0 \times 0.8 = 0$	$\{\Theta\} = 0 \times 0.2 = 0$

Sehingga dapat dihitung nilai densitas baru  $m_7$ :

$$m_7\{P1\} = \frac{0.64 + 0.16 + 0 + 0 + 0.16}{1 - 0} = 0.96$$

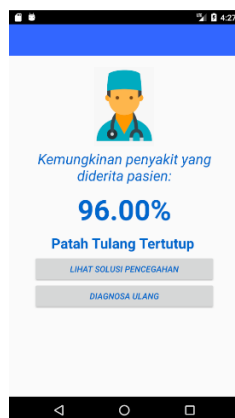
$$m_7\{P1, P2\} = \frac{0.04}{1 - 0} = 0.04$$

$$m_7\{P1, P6, P8\} = 0$$

$$m_7\{\Theta\} = 0$$

Berdasarkan perhitungan dengan metode *Dempster Shafer*, diperoleh nilai densitas tertinggi 0.96 atau dengan persentase sebesar 96% yaitu P1 yang merupakan kode penyakit Patah tulang tertutup.

Gambar 6 merupakan tampilan hasil diagnosa sistem jika dimasukkan 4 gejala seperti pada Tabel I. Hasil yang ditampilkan adalah pasien mengidap penyakit Patah Tulang Tertutup dengan persentase kemungkinan sebesar 96% yang diperoleh dari proses perhitungan dengan rumus metode *dempster* pada system yang membuktikan bahwa hasil pengujian dengan perhitungan teoritis sesuai dengan hasil diagnosa sistem.



Gambar 6. Hasil pengujian dengan perhitungan manual pada system

### A.3. Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi sistem dilakukan oleh 3 orang pakar dari dokter spesialis ortopedi. Tujuan dilakukannya pengujian ini yaitu untuk mengetahui kesesuaian antara hasil diagnosa pakar dan hasil diagnosa sistem berdasarkan 30 contoh kasus yang diujikan kepada pakar.

Pada pengujian dengan contoh kasus, ditampilkan beberapa gejala yang dirasakan oleh pasien beserta daftar kemungkinan penyakit yang diderita berdasarkan gejala-gejala tersebut. Lalu dokter spesialis ortopedi selaku pakar diminta untuk mendiagnosis kasus tersebut. Gejala dan penyakit yang ditampilkan pada *form* pengujian sesuai dengan data yang telah tersimpan pada basis pengetahuan sistem pakar kelainan ortopedi yang dimana data tersebut diperoleh dari pakar. Selanjutnya kasus yang diujikan pada pakar akan diujikan juga ke dalam sistem. Gejala-gejala yang terdapat pada kasus di masukkan ke dalam sistem, kemudian mesin inferensi sistem yakni *forward chaining* sebagai salah satu komponen dari sistem mulai bekerja dengan melakukan penelusuran informasi berupa mencari tahu kemungkinan penyakit yang terjadi beserta bobotnya berdasarkan gejala yang dimasukkan. Setelah informasi kemungkinan penyakit dan bobot masing-masing gejala pada setiap penyakit diperoleh, selanjutnya dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan metode *dempster shafer* (sesuai dengan tahapan pada pengujian dengan perhitungan teoritis) untuk memperoleh kesimpulan berupa hasil diagnosa penyakit beserta persentase kemungkinannya yang selanjutnya akan ditampilkan pada sistem.

Pengujian akurasi sistem dilakukan dengan dua skenario yaitu perhitungan akurasi berdasarkan nilai *belief* (bobot) masing-masing pakar dan berdasarkan nilai *belief* (bobot) rata-rata ketiga pakar yakni pakar 1, pakar 2 dan pakar 3 (P1, P2, P3). Hasil pengujian akurasi dari dokter selaku pakar dan hasil pengujian dari sistem berdasarkan proses penalaran dengan metode *forward chaining* dan perhitungan dengan metode *Dempster Shafer* disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel V, Tabel VI, Tabel VII dan Tabel VIII.

#### A.3.1 Pengujian Akurasi berdasarkan bobot rata-rata

Hasil pengujian akurasi berdasarkan bobot rata-rata ketiga pakar dapat dilihat pada Tabel V. Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Tabel V diperoleh nilai akurasi rata-rata berdasarkan bobot rata-rata pakar sebesar 81.11%. Adanya kasus yang tidak valid antara hasil diagnosa pakar dengan hasil diagnosa pada sistem dipengaruhi oleh besarnya bobot yang diberikan oleh masing-masing pakar serta pengalaman pakar dalam menangani pasien.

#### A.3.2 Pengujian Akurasi berdasarkan bobot masing-masing pakar

Hasil pengujian akurasi berdasarkan bobot masing-masing pakar dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL V. HASIL PENGUJIAN DENGAN BOBOT RATA-RATA

Hasil diagnosa sistem	Hasil diagnosa P1	Hasil diagnosa P2	Hasil diagnosa P3
Patah tulang tertutup (98.93%)	<i>Osteomielitis Kronis</i>	Patah Tulang Tertutup, <i>Osteomielitis Akut</i>	Osteomielitis Akut
Osteomielitis akut (99.77%)	<i>Osteomielitis Akut</i>	<i>Osteomielitis Akut</i>	Osteomielitis Akut
Rheumatoid Arthritis (82.24%)	<i>Osteoarthritis</i>	<i>Osteoarthritis, Gout Arthritis</i>	Rheumatoid Arthritis
Osteoporosis (100%)	<i>Osteoporosis</i>	Patah Tulang Tertutup, <i>Osteoporosis</i>	Osteoporosis
Spondilitis TB (78.72%)	<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB, Osteomielitis Kronis</i>	Spondilitis TB
Rickettsia (99.97%)	<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i>	Rickettsia
Gout Arthritis (99.11%)	<i>Gout Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis</i>	Gout Arthritis
Scoliosis (99.54%)	<i>Scoliosis</i>	<i>Osteomielitis Akut, Scoliosis</i>	Scoliosis
Rheumatoid Arthritis (95.93%)	<i>Rheumatoid Arthritis</i>	<i>Osteoarthritis, Rheumatoid Arthritis</i>	Osteoarthritis
Rickettsia (99.04%)	<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i>	Rickettsia
Gout Arthritis (89.32%)	<i>Gout Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis</i>
Patah Tulang Terbuka (100%)	<i>Osteomielitis Kronis</i>	Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka
Osteoarthritis (89.61%)	<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i>	Rickettsia
Osteochondroma (51.71%)	<i>Spondilitis TB</i>	<i>Rickettsia, Scoliosis</i>	Spondilitis TB
Osteosarcoma (99.62%)	<i>Osteosarcoma</i>	<i>Rheumatoid Arthritis, Osteosarcoma</i>	Osteosarcoma
Patah Tulang Terbuka (100%)	Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka
Scoliosis (99.91%)	<i>Scoliosis</i>	<i>Spondilitis TB, Scoliosis</i>	Scoliosis
Spondilitis TB (95.07%)	<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB</i>	Spondilitis TB
Scoliosis (99.55%)	<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB, Scoliosis</i>	Scoliosis
Spondilitis TB (90.1%)	<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB</i>	Scoliosis
Osteoporosis (100%)	<i>Osteoporosis</i>	Patah Tulang Tertutup, <i>Osteoarthritis, Osteoporosis</i>	Osteoporosis
Osteomielitis Kronis (97.55%)	<i>Osteomielitis Kronis</i>	<i>Osteomielitis Kronis, Osteosarcoma</i>	Osteomielitis Kronis
Osteosarcoma (98.96%)	<i>Osteosarcoma</i>	<i>Osteoarthritis, Osteosarcoma</i>	Osteosarcoma
Osteomielitis Kronis (53.62%)	<i>Osteomielitis Kronis</i>	<i>Osteomielitis Kronis</i>	Osteomielitis Kronis
Osteochondroma (99.49%)	<i>Osteochondroma</i>	<i>Scoliosis</i>	Osteochondroma
Osteomielitis Akut (99.91%)	<i>Osteomielitis Akut</i>	<i>Osteomielitis Kronis</i>	Osteomielitis Akut
Rickettsia (97.49%)	<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i>	Rickettsia
Osteoporosis (100%)	<i>Osteoporosis</i>	<i>Osteoarthritis, Osteoporosis</i>	Osteoporosis
Osteoarthritis (99.45%)	<i>Osteoarthritis</i>	<i>Osteoarthritis, Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis</i>	Osteoarthritis
Gout Arthritis (99.39%)	<i>Gout Arthritis</i>	<i>Osteoarthritis, Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis</i>	Rheumatoid Arthritis

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN DENGAN BOBOT PAKAR 1

Hasil diagnosa pakar 1	Hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 1	Keterangan
<i>Osteomielitis Kronis</i>	Patah tulang tertutup (100%)	Tidak Valid
<i>Osteomielitis Akut</i>	<i>Osteomielitis Akut</i> (100%)	Valid
<i>Osteoarthritis</i>	<b>Rheumatoid Arthritis</b> (80,57%)	Tidak Valid
<i>Osteoporosis</i>	<i>Osteoporosis</i> (100%)	Valid
<i>Spondilitis TB</i>	Patah tulang tertutup, Patah tulang terbuka (100%)	Tidak Valid
<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i> (100%)	Valid
<i>Gout Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis</i> (100%)	Valid
<i>Scoliosis</i>	<i>Scoliosis</i> (100%)	Valid
<i>Rheumatoid Arthritis</i>	<i>Rheumatoid Arthritis</i> (100%)	Valid
<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i> (100%)	Valid
<i>Gout Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis</i> (100%)	Valid
<i>Osteomielitis Kronis</i>	Patah tulang terbuka(100%)	Tidak Valid
<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i> (100%)	Valid
<i>Spondilitis TB</i>	Osteochondroma (80%)	Tidak Valid
<i>Osteosarcoma</i>	<i>Osteosarcoma</i> (100%)	Valid
Patah Tulang Terbuka	Patah tulang terbuka (100%)	Valid
<i>Scoliosis</i>	<i>Scoliosis</i> (100%)	Valid
<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB</i> (96,20%)	Valid
<i>Spondilitis TB</i>	<i>Scoliosis</i> (100%)	Tidak Valid
<i>Spondilitis TB</i>	<i>Spondilitis TB</i> (100%)	Valid
<i>Osteoporosis</i>	<i>Osteoporosis</i> (100%)	Valid
<i>Osteomielitis Kronis</i>	<i>Osteomielitis Kronis</i> (100%)	Valid
<i>Osteosarcoma</i>	Osteosarcoma (99%)	Valid
<i>Osteomielitis Kronis</i>	<i>Osteomielitis Kronis</i> (80%)	Valid
<i>Osteochondroma</i>	<i>Osteochondroma</i> (100%)	Valid
<i>Osteomielitis Akut</i>	<i>Osteomielitis Akut</i> (100%)	Valid
<i>Rickettsia</i>	<i>Rickettsia</i> (100%)	Valid
<i>Osteoporosis</i>	<i>Osteoporosis</i> (100%)	Valid
<i>Osteoarthritis</i>	<i>Osteoarthritis</i> (100%)	Valid
<i>Gout Arthritis</i>	<i>Gout Arthritis</i> (100%)	Valid

Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Tabel VI terdapat 24 kasus yang sesuai dan 6 kasus tidak sesuai antara hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 1 dengan hasil diagnosa pakar. Sehingga diperoleh akurasi sebesar  $\frac{24}{30} \times 100\% = 80\%$ . Adanya kasus yang tidak valid antara hasil diagnosa pakar dengan hasil diagnosa pada sistem dipengaruhi oleh besarnya bobot yang diberikan oleh masing-masing pakar serta pengalaman pakar dalam menangani pasien.

Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Tabel VII terdapat 25 kasus yang sesuai dan 5 kasus tidak sesuai antara hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 2 dengan hasil diagnosa pakar. Sehingga diperoleh akurasi sebesar  $\frac{25}{30} \times 100\% = 83.33\%$ . Adanya kasus yang tidak valid antara hasil diagnosa pakar dengan hasil diagnosa pada sistem dipengaruhi oleh besarnya bobot yang diberikan oleh masing-masing pakar serta pengalaman pakar dalam menangani pasien.

TABEL VII. HASIL PENGUJIAN DENGAN BOBOT PAKAR 2

Hasil diagnosa pakar 2	Hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 2	Keterangan
Patah Tulang Tertutup, Osteomielitis Akut	Patah Tulang Tertutup (100%)	Valid
Osteomielitis Akut	Osteomielitis Akut (100%)	Valid
Osteoarthritis, Gout Arthritis	Rheumatoid Arthritis (98,01%)	Tidak Valid
Patah Tulang Tertutup, Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Spondilitis TB, Osteomielitis Kronis	Spondilitis TB (97.09%)	Valid
Ricketsia	Ricketsia (99.98%)	Valid
Gout Arthritis	Gout Arthritis (100%)	Valid
Osteomielitis Akut, Scoliosis	Scoliosis (99.76%)	Valid
Osteoarthritis, Rheumatoid Arthritis	Rheumatoid Arthritis (100%)	Valid
Ricketsia	Ricketsia (99.57%)	Valid
Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis	Gout Arthritis (100%)	Valid
Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka (100%)	Valid
Ricketsia	Osteoarthritis (97.90%)	Tidak Valid
Ricketsia, Scoliosis	Osteochondroma (76.47%)	Tidak Valid
Rheumatoid Arthritis, Osteosarcoma	Osteosarcoma (99.90%)	Valid
Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka (100%)	Valid
Spondilitis TB, Scoliosis	Scoliosis (100%)	Valid
Spondilitis TB	Spondilitis TB (99.17%)	Valid
Spondilitis TB, Scoliosis	Scoliosis (99.64%)	Valid
Spondilitis TB	Spondilitis TB (87.49%)	Valid
Patah Tulang Tertutup, Osteoarthritis, Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Osteomielitis Kronis, Osteosarcoma	Osteomielitis Kronis (99.47%)	Valid
Osteoarthritis, Osteosarcoma	Osteosarcoma (99.96%)	Valid
Osteomielitis Kronis	Osteomielitis Kronis (63.64%)	Valid
Scoliosis	Osteochondroma (99.45%)	Tidak Valid
Osteomielitis Kronis	Osteomielitis Akut (100%)	Tidak Valid
Ricketsia	Ricketsia (99.69%)	Valid
Osteoarthritis, Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Osteoarthritis, Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis	Osteoarthritis (100%)	Valid
Osteoarthritis, Gout Arthritis, Rheumatoid Arthritis	Gout Arthritis (100%)	Valid

Berdasarkan hasil pengujian akurasi pada Tabel VIII terdapat 22 kasus yang sesuai dan 8 kasus tidak sesuai antara hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 3 dengan hasil diagnosa pakar 3. Sehingga diperoleh akurasi sebesar  $\frac{22}{30} \times 100\% = 73.33\%$ . Adanya kasus yang tidak valid antara hasil diagnosa pakar dengan hasil diagnosa pada sistem dipengaruhi oleh besarnya bobot yang diberikan oleh masing-masing pakar serta pengalaman pakar dalam menangani pasien.

Berdasarkan dua skenario pengujian akurasi yang dilakukan, diperoleh nilai akurasi berdasarkan bobot rata-rata pakar sebesar 81.11%. Sedangkan untuk pengujian akurasi berdasarkan bobot masing-masing pakar secara berurutan sebesar 80%, 83.33% dan 73.33%.

Berdasarkan hasil pengujian akurasi dengan 2 skenario tersebut dapat dikatakan bahwa penerapan metode *forward chaining* sebagai mesin inferensi dan *Dempster Shafer* untuk mengambil kesimpulan berdasarkan pengetahuan 3 orang pakar pada sistem telah berhasil diimplementasikan dan memberikan hasil diagnosa yang tepat berdasarkan 30 contoh kasus.

TABEL VIII. HASIL PENGUJIAN DENGAN BOBOT PAKAR 3

Hasil diagnosa pakar 3	Hasil diagnosa sistem berdasarkan bobot pakar 3	Keterangan
Osteomielitis Akut	Patah Tulang Tertutup (96%)	Tidak Valid
Osteomielitis Akut	Osteomielitis Akut (99.01%)	Valid
Rheumatoid Arthritis	Rheumatoid Arthritis (44.94%)	Valid
Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Spondilitis TB	Patah Tulang Tertutup (100%) Patah Tulang Terbuka (100%)	Tidak Valid
Ricketsia	Ricketsia (99.88%)	Valid
Gout Arthritis	Gout Arthritis (94.80%)	Valid
Scoliosis	Scoliosis (97.05%)	Valid
Osteoarthritis	Rheumatoid Arthritis (86.61%)	Tidak Valid
Ricketsia	Ricketsia (97.78%)	Valid
Gout Arthritis	Gout Arthritis (64%)	Valid
Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka (100%)	Valid
Ricketsia	Osteoarthritis (84.1%)	Tidak Valid
Spondilitis TB	Scoliosis (52.93%)	Tidak Valid
Osteosarcoma	Osteosarcoma (97.2%)	Valid
Patah Tulang Terbuka	Patah Tulang Terbuka (100%)	Valid
Scoliosis	Scoliosis (99.40%)	Valid
Spondilitis TB	Spondilitis TB (84%)	Valid
Scoliosis	Scoliosis (99.56%)	Valid
Scoliosis	Spondilitis TB (53.12%)	Tidak Valid
Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Osteomielitis Kronis	Osteomielitis Kronis (80.8%)	Valid
Osteosarcoma	Osteosarcoma (96.64%)	Valid
Osteomielitis Kronis	Osteomielitis Kronis (65.73%) Osteomielitis Akut (65.73)	Tidak Valid
Osteochondroma	Osteochondroma (97.84%)	Valid
Osteomielitis Akut	Osteomielitis Akut (99.02%)	Valid
Ricketsia	Ricketsia (98.02%)	Valid
Osteoporosis	Osteoporosis (100%)	Valid
Osteoarthritis	Osteoarthritis (96.79%)	Valid
Rheumatoid Arthritis	Gout Arthritis (95.5%)	Tidak Valid

A.4. Pengujian MOS (Mean Opinion Score)

Pengujian MOS dilakukan dengan memberikan beberapa pertanyaan kepada responden dalam bentuk kuesioner. Responden pada penelitian ini berjumlah 30 orang yang terdiri dari 10 orang mahasiswa TI, 5 orang mahasiswa kedokteran, 5 orang tenaga medis dan 10 orang masyarakat umum. Pengujian MOS dilakukan untuk mengetahui tanggapan pengguna (responden) terhadap sistem berdasarkan disiplin ilmu masing-masing dan sebagai pengguna Android kemudian hasil penilaian dihitung dengan parameter MOS untuk mendapatkan kesimpulan hasil pengujian.

Hasil pengujian parameter MOS yang diberikan oleh 10 orang responden mahasiswa PSTI dapat dilihat pada Tabel IX.

TABEL IX. PENGUJIAN MOS RESPONDEN MAHASISWA TI

No	Pertanyaan	SS (5)	S (4)	TT (3)	TS (2)	STS (1)	Total	Mean pi
1	Pertanyaan 1	7	3	-	-	-	10	4.7
2	Pertanyaan 2	6	4	-	-	-	10	4.6
3	Pertanyaan 3	6	3	1	-	-	10	4.7
4	Pertanyaan 4	5	5	-	-	-	10	4.5
5	Pertanyaan 5	7	3	-	-	-	10	4.7
Sub Total		31	18	1	-	-	50	23.2
MOS (Mean Opinion Score)								4.64

Keterangan:

- Pertanyaan 1: Tampilan sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini menarik dan mudah digunakan (*user friendly*)
- Pertanyaan 2: Penggunaan warna tampilan dan jenis huruf pada sistem pakar ini sudah sesuai



- Pertanyaan 3: Menu yang ditampilkan pada sistem sudah cukup dan sesuai (tidak diperlukan menu pengurangan atau penambahan lagi)
- Pertanyaan 4: Informasi yang ditampilkan sesuai dengan tujuan pembangunan sistem
- Pertanyaan 5: Sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini layak digunakan

Berdasarkan Tabel IX dapat dilihat bahwa diperoleh hasil perhitungan nilai akhir MOS sebesar 4.64. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan tujuan pengujian MOS oleh mahasiswa PSTI untuk mengetahui kelayakan sistem dari sisi teknis (tampilan, *user friendly*, fungsionalitas) sudah tercapai karena berdasarkan tabel skala *opinion* dan bobot diketahui bahwa sistem yang berada pada rentang nilai MOS 4 sampai dengan 5 dikelompokkan ke dalam kategori sistem *good* (baik).

Hasil pengujian parameter MOS yang diberikan oleh 5 orang responden mahasiswa kedokteran dapat dilihat pada Tabel X.

TABEL X. PENGUJIAN MOS RESPONDEN MAHASISWA KEDOKTERAN

No	Pertanyaan	SS (5)	S (4)	TT (3)	TS (2)	STS (1)	Total	Mean pi		
1	Pertanyaan 1	3	2	-	-	-	5	4.6		
2	Pertanyaan 2	3	2	-	-	-	5	4.6		
3	Pertanyaan 3	3	2	-	-	-	5	4.6		
4	Pertanyaan 4	3	2	-	-	-	5	4.6		
5	Pertanyaan 5	3	2	-	-	-	5	4.6		
Sub Total							15	10	25	23
								MOS (Mean Opinion Score)	4.6	

**Keterangan:**

- Pertanyaan 1: Tampilan sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini menarik dan mudah digunakan (*user friendly*)
- Pertanyaan 2: Informasi penyakit dan gejala yang ditampilkan sudah sesuai dan tidak bertentangan dengan yang dipelajari di perkuliahan
- Pertanyaan 3: Pemilihan gambar pendukung sesuai dengan informasi yang ditampilkan
- Pertanyaan 4: Sistem pakar ini dapat memberikan informasi saran pencegahan kelainan tulang
- Pertanyaan 5: Sistem pakar ini dapat membantu melakukan diagnosa kelainan tulang menjadi lebih mudah dan layak digunakan

Berdasarkan Tabel X dapat dilihat bahwa diperoleh hasil perhitungan nilai akhir MOS sebesar 4.6. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan tujuan pengujian MOS oleh mahasiswa kedokteran untuk mengetahui kelayakan sistem dari sisi kesesuaian informasi yang ditampilkan dengan apa yang dipelajari selama perkuliahan di Fakultas Kedokteran dan kemudahan dalam penggunaan aplikasi sudah tercapai karena berdasarkan tabel skala *opinion* dan bobot diketahui bahwa sistem yang berada pada rentang

nilai MOS 4 sampai dengan 5 dikelompokkan ke dalam kategori sistem *good* (baik).

Hasil pengujian parameter MOS yang diberikan oleh 5 orang responden tenaga medis dapat dilihat pada Tabel XI.

TABEL XI. PENGUJIAN MOS RESPONDEN TENAGA MEDIS

No	Pertanyaan	SS (5)	S (4)	TT (3)	TS (2)	STS (1)	Total	Mean pi					
1	Pertanyaan 1	-	5	-	-	-	5	4					
2	Pertanyaan 2	-	5	-	-	-	5	4					
3	Pertanyaan 3	-	5	-	-	-	5	4					
4	Pertanyaan 4	1	4	-	-	-	5	4.2					
5	Pertanyaan 5	-	5	-	-	-	5	2					
Sub Total							1	24	-	-	-	25	20.2
								MOS (Mean Opinion Score)	4.04				

**Keterangan:**

- Pertanyaan 1: Tampilan sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini menarik dan mudah digunakan (*user friendly*)
- Pertanyaan 2: Informasi gejala dan penyakit yang ditampilkan sudah sesuai/relevan dengan yang dirasakan/dikeluhkan masyarakat
- Pertanyaan 3: Informasi saran pencegahan yang ditampilkan sudah sesuai dan layak untuk diterapkan masyarakat
- Pertanyaan 4: Kesesuaian antara pemilihan gejala dengan hasil diagnosa yang ditampilkan sistem
- Pertanyaan 5: Sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini layak digunakan berdasarkan keakuratan informasi yang disajikan

Berdasarkan Tabel XI dapat dilihat bahwa diperoleh hasil perhitungan nilai akhir MOS sebesar 4.04. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan tujuan pengujian MOS oleh tenaga medis untuk mengetahui kelayakan sistem dari sisi kesesuaian informasi gejala dan hasil diagnosa yang ditampilkan berdasarkan pengalaman menangani pasien dan kemudahan dalam penggunaan aplikasi sudah tercapai karena berdasarkan tabel skala *opinion* dan bobot diketahui bahwa sistem yang berada pada rentang nilai MOS 4 sampai dengan 5 dikelompokkan ke dalam kategori sistem *good* (baik).

Hasil pengujian parameter MOS yang diberikan oleh 10 orang responden masyarakat umum dapat dilihat pada Tabel XII.

TABEL XII. PENGUJIAN MOS RESPONDEN MASYARAKAT UMUM

No	Pertanyaan	SS (5)	S (4)	TT (3)	TS (2)	STS (1)	Total	Mean pi					
1	Pertanyaan 1	5	5	-	-	-	10	4.5					
2	Pertanyaan 2	7	3	-	-	-	10	4.7					
3	Pertanyaan 3	5	5	-	-	-	10	4.5					
4	Pertanyaan 4	7	3	-	-	-	10	4.7					
5	Pertanyaan 5	4	4	2	-	-	10	4.2					
Sub Total							28	20	2	-	-	50	22.6
								MOS (Mean Opinion Score)	4.52				

**Keterangan:**

- Pertanyaan 1: Tampilan sistem pakar diagnosa kelainan tulang ini menarik dan mudah digunakan (*user friendly*)
- Pertanyaan 2: Informasi gejala dan penyakit yang ditampilkan mudah dimengerti
- Pertanyaan 3: Sistem pakar ini dapat memberikan informasi saran pencegahan kelainan tulang
- Pertanyaan 4: Sistem pakar ini dapat menambah pengetahuan masyarakat serta membantu masyarakat melakukan diagnosa kelainan tulang menjadi lebih mudah
- Pertanyaan 5: Pada waktu mendatang anda akan menggunakan sistem ini untuk melakukan konsultasi kelainan tulang apabila sewaktu-waktu gejala dirasakan

Berdasarkan Tabel XII dapat dilihat bahwa diperoleh hasil perhitungan nilai akhir MOS sebesar 4.52. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan tujuan pengujian MOS oleh masyarakat umum untuk mengetahui kelayakan sistem dari sisi kemudahan penggunaan aplikasi dan memahami informasi yang ditampilkan sudah tercapai karena berdasarkan tabel skala *opinion* dan bobot diketahui bahwa sistem yang berada pada rentang nilai MOS 4 sampai dengan 5 dikelompokkan ke dalam kategori sistem *good* (baik).

Berdasarkan hasil pengujian MOS pada Tabel IX, Tabel X, Tabel XI dan Tabel XII yang diperoleh dari hasil kuesioner 30 orang responden didapatkan nilai rata-rata MOS sebesar 4.45. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas sistem pakar diagnosa kelainan tulang pada manusia dengan metode *forward chaining* dan *Dempster Shafer* dari sisi tampilan atau *user interface* dan *user experience* serta informasi yang ditampilkan sudah baik dan dapat dikatakan sistem sudah layak digunakan. Pernyataan hasil kualitas sistem ini berdasarkan pada tabel skala *opinion* dan bobot dimana pada tabel tersebut diketahui bahwa sistem yang berada pada rentang nilai MOS 4 sampai dengan 5 dikelompokkan ke dalam kategori sistem *good* (baik).

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian akurasi dengan 30 contoh kasus yang disajikan pada 3 orang pakar, diperoleh akurasi berdasarkan bobot rata-rata pakar sebesar 81.11%, berdasarkan bobot masing-masing pakar secara berurutan sebesar 80.00% untuk pakar 1, 83.33% untuk pakar 2 dan 73.33% untuk pakar 3, dimana nilai akurasi ini menunjukkan bahwa performa dari metode *dempster shafer* dalam mendiagnosa kelainan ortopedi sudah baik dan dapat dikatakan metode *dempster shafer* cocok diterapkan pada kasus kelainan ortopedi.

Berdasarkan hasil pengujian MOS (Mean Opinion Score) diperoleh nilai MOS rata-rata dari 4 kelompok

responden sebesar 44.45% dari skala 5 yang menunjukkan bahwa sistem layak digunakan dan dikategorikan ke dalam sistem yang baik (*good*)

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambah jumlah data penyakit dan gejala dan jika memungkinkan mencakup semua jenis kelainan ortopedi sebagaimana tercantum pada buku panduan ortopedi untuk menambah informasi yang disampaikan kepada masyarakat serta untuk mengetahui unjuk kerja metode *dempster shafer* ketika dilakukan penambahan data, apakah berpengaruh atau tidak.

Selain itu juga perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan mesin inferensi serta metode sistem pakar lainnya sehingga dapat membandingkan metode mana yang lebih baik dan akurat untuk diterapkan dalam kasus kelainan sistem ortopedi ini. Sistem yang dikembangkan berbasis *online* dan bersifat dinamis, dalam artian terdapat proses sinkronisasi data dengan perangkat lain sehingga dapat diterapkan di puskesmas atau rumah sakit dan memungkinkan untuk adanya pembaharuan data ketika terdapat keluhan baru dari pasien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Herliana, V. A. Setiawan, and R. T. Prasetyo, "Penerapan Inferensi Backward Chaining Pada Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Tulang," *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 50–60, 2018.
- [2] "Apa itu Konsultasi Ortopedi: Gambaran Umum, Manfaat, dan Hasil yang Diharapkan," *docdoc*, 2016. <https://www.docdoc.com/id/info/procedure/konsultasi-mengenai-tulang/> (accessed Apr. 11, 2020).
- [3] D. R. Herfian and K. Hernawati, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosis Penyakit Tulang, Sendi dan Otot (TSO) Pada Manusia Berbasis Web," *J. Mat.*, vol. 6, no. 2, pp. 19–32, 2017.
- [4] D. Hastari and F. Bimantoro, "Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Gangguan Mental Anak Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J-Cosine*, vol. 2, no. 2, pp. 71–79, 2018.
- [5] I. Akil, "Analisa Efektifitas Metode Forward Chaining dan Backward Chaining pada Sistem Pakar," *Pilar Nusa Mandiri*, vol. 13, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [6] A. A. T. Yulianto, "Penerapan Metode Teorema Bayes pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Penyakit Tulang Manusia," *Dok. Karya Ilm.*, pp. 0–1, 2016.
- [7] K. Sukmawati and A. Pujiyanta, "Deteksi Penyakit Tulang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation," *J. Sarj. Tek. Inform.*, vol. 2, pp. 1308–1321, 2014.
- [8] M. P. Sari and Realize, "Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Osteoporosis Pada Lansia Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web," *J. Ilm. Inform.*, vol. 01, no. 1, 2019.
- [9] S. Halim and S. Hansun, "Penerapan Metode Certainty Factor dalam Sistem Pakar Pendeteksi Resiko Osteoporosis dan Osteoarthritis," *Ultim. Comput.*, vol. VII, no. 2, pp. 59–69, 2015.
- [10] R. Setiawan, C. Suhery, and S. Bahri, "Implementasi Metode Dempster Shafer Pada Sistem Pakar Diagnosa Infeksi Penyakit Tropis Berbasis Web," *J. Coding*, vol. 06, no. 03, pp. 97–106, 2018.
- [11] S. Maulana, N. Hidayat, and E. Santoso, "Implementasi

- Metode Dempster Shafer Dalam Diagnosis Penyakit Pada Tanaman Jeruk,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 12, 2017.
- [12] F. Ikorasak, “Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit pada Tulang dengan Menggunakan Metode Certainty Factor,” *Semin. Nas. Inform.*, pp. 87–90, 2015.
- [13] R. E. Sahputra and I. Munandar, “Laporan Kasus Spondilitis Tuberkulosa Cervical,” *J. Kesehat. Andalas*, vol. 4, no. 2, pp. 639–648, 2015.
- [14] F. Mahyudin, M. Edward, M. H. Basuki, Y. A. Bari, and Y. Suwandani, “Osteosarcoma Has Not Become Attention To Society Profile Of Osteosarcoma Patients At Dr. Soetomo General Hospital Surabaya ‘A Retrospective Study,’” *JOITNS*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [15] P. G. T. Gustandra, “Osteokondroma Ulna Distal Dengan Deformitas Masada Tipe I Pada Anak Laki-Laki Berusia 7 Tahun: Sebuah Laporan Kasus,” *E-Jurnal Med. Udayana*, vol. 3, no. 3, 2014.
- [16] A. Faturrahman, “Penatalaksanaan Fisioterapi Pada Scoliosis Vetebra Thoracal 7 – Lumbal 1 Di Rsal Dr . Ramelan,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2013.
- [17] A. Rosana MZ, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit pada Manusia dengan Metode Dempster Shafer,” *Progr. Stud. Tek. Inform. Univ. Mataram*, 2019.