

Pembangunan Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Tulang dan Sendi

Hafiz Budi Firmansyah¹, Aswedi Putra²

¹Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

²Fakultas Kedokteran, Universitas Malahayati, Lampung, Indonesia

Abstract:

Abstract—In Indonesia the numbers of orthopaedic surgeons are still not able to cover all demand. Badan Pusat Statistik (2015) reported that there are merely two orthopaedic surgeons in Lampung province having to serve about 8.117.268 people. Meanwhile, based on Ministry of Health of Republic of Indonesia, the ideal ratio between doctor and people is 12.2 doctor for each 100.000 people. Besides that, sometimes the surgeons need to serve more than one medical facility. Consequently, the patients might feel unpleasant. The lack of human resources becomes the main reason for developing expert system for diagnosing orthopaedic diseases. The expert system is able to diagnose orthopaedic diseases as well as fracture, dislocation, osteoarthritis and osteoporosis. The system is developed by using forward chaining methodology. This methodology is suitable for identifying a disease based on their symptoms. The result shows that the expert can answer 45 % of questions by identifying 6 main symptoms without continuing to following symptom questions.

Keywords: Expert System, Orthopaedic Diseases, Forward Chaining

1. Pendahuluan

Dewasa ini, Indonesia masih kekurangan jumlah dokter spesialis tulang dan sendi [9]. Menurut Kementerian Kesehatan, saat ini hanya ada 500 dokter spesialis bedah tulang dan sendi yang melayani 250 juta penduduk di Indonesia. Salah satu provinsi yang masih kekurangan dokter spesialis bedah tulang dan sendi adalah Provinsi Lampung. Menurut sensus penduduk yang dilakukan Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Provinsi Lampung mencapai 8.117.268 jiwa. Dengan jumlah penduduk sebanyak delapan juta jiwa, Provinsi Lampung hanya memiliki lima belas orang dokter spesialis tulang dan sendi. Sehingga jika dirata-rata, satu dokter spesialis bedah tulang dan sendi harus melayani 540.000 orang penduduk. Padahal, menurut Kementerian Kesehatan, rasio ideal dokter spesialis dan jumlah penduduk adalah 12,2 orang per 100.000 penduduk [5]. Sehingga, idealnya satu orang dokter spesialis hanya bertugas untuk melayani sekitar 8.000 pasien.

Minimnya jumlah dokter spesialis berdampak pada kualitas layanan yang diberikan. Dampak yang paling signifikan dirasakan oleh pasien adalah waktu tunggu dokter [4]. Untuk mendapatkan pelayanan medis, seorang pasien seringkali harus menunggu dokter terlebih dahulu karena dokter harus memeriksa pasien di fasilitas kesehatan lain atau memeriksa pasien yang sudah mengantri terlebih dahulu. Hal ini disebabkan karena belum idealnya rasio jumlah dokter spesialis bedah tulang dan sendi dan minimnya fasilitas kesehatan penunjang di luar kota Bandar Lampung [4].

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan transfer dan transformasi kepakaran seorang pakar ke dalam sebuah program yaitu, sistem pakar [6][8]. Tujuan pengembangan sistem pakar adalah tidak untuk menggantikan peran seorang pakar melainkan lebih cenderung kepada transfer pengetahuan dari seorang pakar ke dalam bentuk perangkat lunak [7]. Sehingga, aplikasi sistem pakar yang dikembangkan hanya akan berperan seolah-olah sebagai dokter yang akan menjawab kemungkinan penyakit yang diderita pasien di mana kehadiran dokter untuk melakukan pemeriksaan fisik dan penunjang tetap harus dilakukan. Aplikasi sistem pakar dapat mengurangi durasi pemeriksaan karena sebagian besar waktu pemeriksaan dihabiskan dengan mekanisme tanya jawab antara pasien dan dokter atau umum disebut dengan anamnesa. Dengan pengembangan aplikasi sistem pakar, dokter dapat lebih fokus pada pemeriksaan fisik, pemeriksaan penunjang dan tindakan medis lainnya.

Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pakar yang terintegrasi dengan aplikasi penyimpanan data rekam medis. Sistem pakar dikembangkan dengan arsitektur berbasis *web*. Sistem pakar dikembangkan dengan menggunakan metode *forward chaining*. Metode *forward chaining* sesuai untuk diimplementasikan dalam sebuah sistem pakar yang memiliki kemampuan untuk mendiagnosis suatu penyakit [1].

Artikel ini terdiri dari lima bagian yaitu pendahuluan, metodologi penelitian, hasil analisis dan pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka. Bagian pertama membahas permasalahan dan latar belakang masalah. Dalam bagian ini dijabarkan juga landasan teori dan tinjauan pustaka yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Bagian kedua menguraikan metodologi *knowledge engineering* yang berfokus kepada pengembangan sistem pakar. Bagian analisis dan pembahasan menjelaskan hasil *knowledge engineering* yang dilakukan.

Pada penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pakar untuk mendeteksi penyakit tulang dan sendi. Sistem pakar dirancang dan dikembangkan dengan menggunakan metode runut maju (*forward chaining*). Kontribusi yang diberikan dari penelitian adalah aplikasi sistem pakar yang mampu menghasilkan output prediksi penyakit tulang dan sendi berdasarkan gejala-gejala yang dirasakan oleh pengguna.

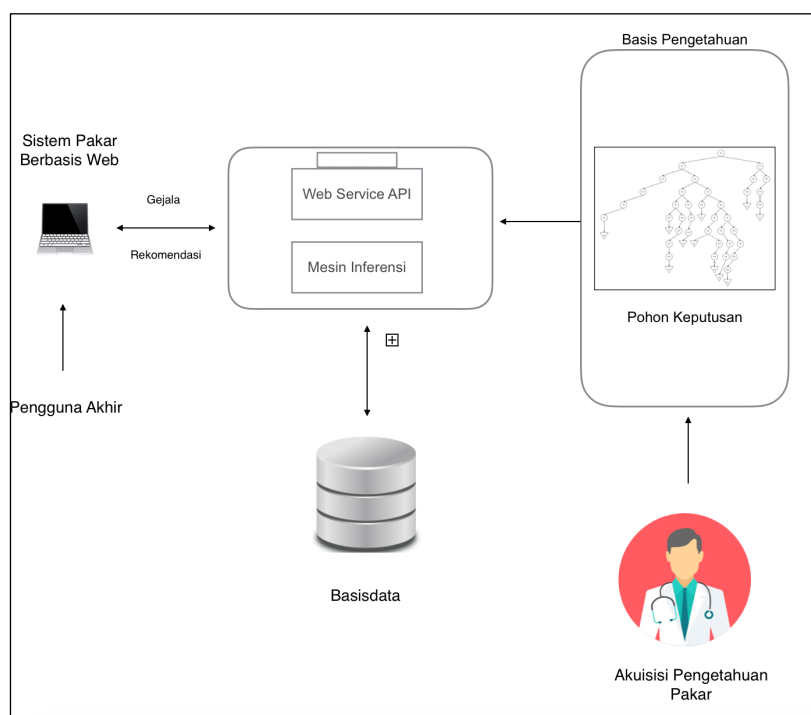
2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *knowledge engineering* yang berfokus kepada pengembangan sistem pakar. Dua bagian penting dalam pengembangan sistem pakar yaitu, basis pengetahuan dan proses *reasoning* atau inferensi [6].

Dalam menyusun basis pengetahuan, dilakukan dua kegiatan yaitu, akuisisi pengetahuan dan representasi pengetahuan. Akuisisi pengetahuan dilakukan dengan melakukan wawancara mendalam dengan pakar yang bertugas sebagai dokter spesialis bedah tulang dan sendi di Rumah Sakit Urip Sumoharjo, Bandar Lampung. Wawancara dilakukan beberapa kali untuk memastikan akurasi pengetahuan yang diakuisisi. Pengetahuan yang diperoleh dari pakar kemudian direpresentasikan ke dalam basis pengetahuan dalam bentuk tabel kode penyakit, gejala dan nama penyakit yang diderita. Kemudian setelah basis pengetahuan telah terbentuk, dilakukan identifikasi gejala-gejala utama untuk masing-masing penyakit. Setiap gejala kemudian diberikan nilai untuk memastikan akurasi pilihan jawaban. Selain itu, pemberian nilai juga ditujukan agar pengguna dapat mendefinisikan gejala lebih spesifik.

2.1 Perancangan sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari dua sisi yaitu, sisi *server* dan *client*. Perancangan pada sisi *server* meliputi perancangan antarmuka, basis data dan mekanisme untuk pertukaran data *client-server*. Sementara itu pada sisi *client*, pengguna dapat mengakses aplikasi sistem pakar menggunakan peramban. Dengan menggunakan peramban, pengguna disajikan sejumlah daftar pertanyaan yang berkaitan dengan gejala yang dirasakan berikut dengan nilai yang dapat dipilih. Arsitektur sistem ditunjukkan pada **gambar 1**.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

2.2 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan merupakan bagian penting dari sebuah aplikasi sistem pakar. Tahapan ini diawali oleh proses akuisisi pengetahuan pakar yang dilanjutkan dengan perancangan tabel dan pohon keputusan (*decision tree*) serta perancangan aturan produksi.

2.3 Mesin Inferensi

Mesin Inferensi menjadi bagian yang paling penting dalam membangun sistem pakar. Di dalam mesin inferensi, basis pengetahuan diolah sedemikian sehingga mencapai solusi atau kesimpulan. Adapun proses yang berlaku dalam mesin inferensi, yaitu proses manipulasi fakta, model dan kaidah yang tersimpan dalam basis pengetahuan. Beberapa jenis metode yang berjalan pada mesin inferensi antara lain : *forward chaining* (runut maju), *backward chaining* (runut mundur) dan gabungan dari kedua metode tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *forward chaining* (runut maju).

Metode runut maju atau *forward chaining* adalah mekanisme reasoning *bottom-up* yang diawali dari sekumpulan fakta dan berakhir pada goal (*data-driven*). Fakta adalah unit terkecil dari paradigma berbasis pengetahuan yang bilamana dipecah kembali tidak akan memiliki arti khusus. Sebagai contoh, bebek, yang merupakan kata benda. Jika bebek dipecah menjadi unit yang lebih kecil akan menjadi b-e-b-e-k yang tidak memiliki makna khusus [2]

Melalui pendekatan *data-driven*, proses *reasoning* dimulai dengan menggunakan informasi yang tersedia kemudian diakhiri dengan sebuah konklusi. Jika informasi pada anteseden pada aturan produksi terpenuhi maka aturan akan menghasilkan sebuah konklusi. Tetapi, jika konklusi yang dihasilkan bukan merupakan konklusi akhir maka akan terus dicari konklusi lainnya menggunakan aturan lainnya. Proses ini terus berlanjut hingga konklusi akhir dicapai [3].

Dalam penelitian ini hal yang pertama dilakukan oleh sistem adalah menelusuri gejala-gejala yang dirasakan oleh pasien kemudian diberikan kesimpulan berupa nama dan deskripsi penyakit yang diderita oleh pasien.

3. Hasil dan analisis

3.1 Rekayasa pengetahuan

Rekayasa pengetahuan dilakukan dengan melakukan wawancara mendalam dengan seorang pakar penyakit tulang dan sendi. Hasil wawancara dengan pakar diterjemahkan ke dalam bentuk representasi pengetahuan. Representasi pengetahuan terdiri dari dua elemen utama yaitu, fakta dan aturan. Representasi pengetahuan bermanfaat untuk mempermudah pengkodean dalam perancangan sistem pakar. Representasi pengetahuan terdiri dari tabel keputusan, pohon keputusan dan aturan produksi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam membuat representasi pengetahuan yaitu :

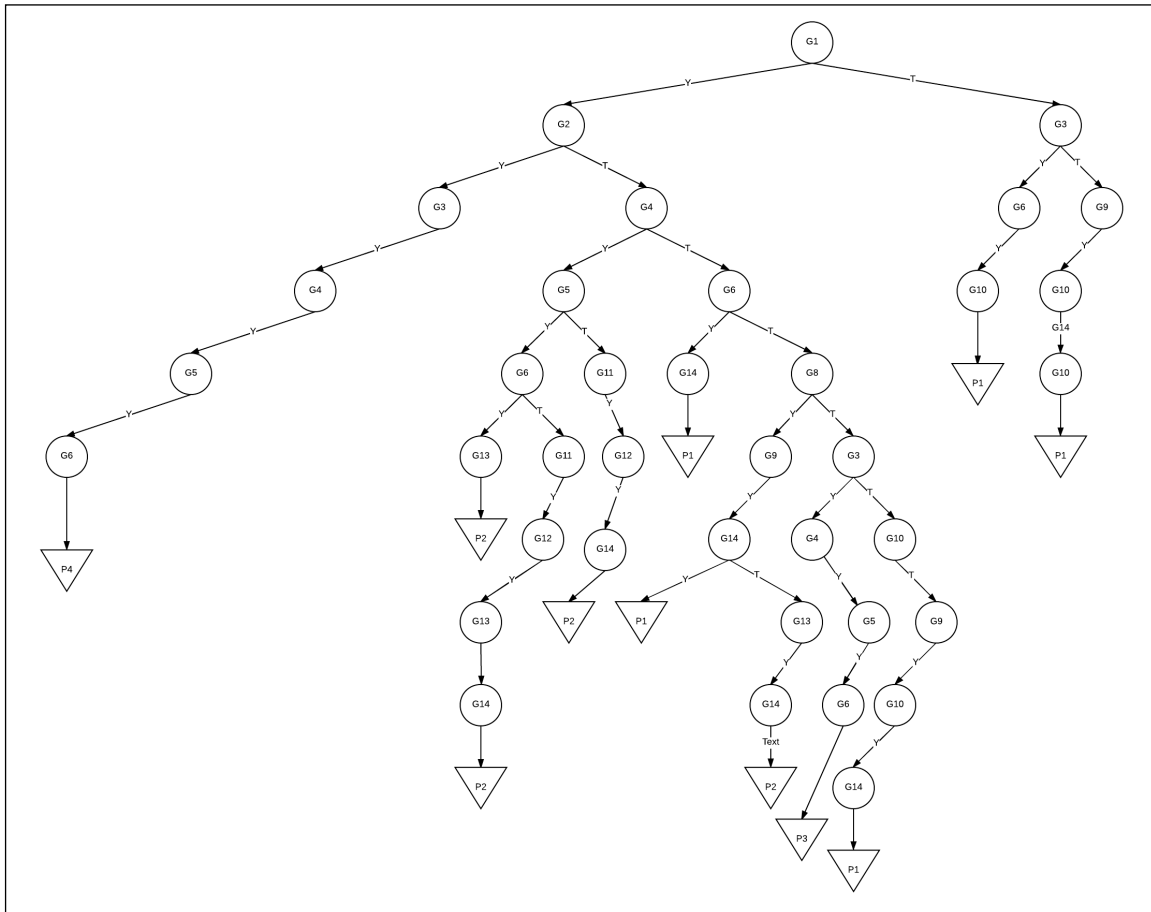
1. Pembuatan tabel keputusan untuk mendokumentasikan dan mendeskripsikan pengetahuan.
2. Pembuatan pohon keputusan untuk mencegah perulangan pertanyaan yang sama.
3. Pembuatan aturan produksi yang berasal dari konversi pohon keputusan. Tabel-tabel yang merepresentasikan pengetahuan disusun ke dalam tabel 1, 2 dan 3 :

Kode	Penyakit
P1	Osteoporosis
P2	Osteoarthritis
P3	Fraktur
P4	Dislokasi

Tabel 1. Pengkodean Penyakit

Pemilihan keempat penyakit tersebut didasari oleh kecenderungan dari jumlah penyakit yang diderita oleh pasien berturut-turut yaitu, osteoporosis, osteoarthritis, fraktur dan dislokasi [9]. Setelah empat penyakit dipilih kemudian dilakukan pengkodean untuk setiap penyakit.

Berdasarkan tabel penyakit, gejala dan nilai kemudian dibuat tabel keputusan antara gejala dan nilai yang akan disebut tabel keputusan aturan (ditunjukkan oleh **tabel 4**). Hal ini dilakukan untuk mendeskripsikan kemungkinan-kemungkinan gejala yang menyebabkan penyakit tertentu. Kemudian berdasarkan tabel keputusan antara gejala dan nilai dengan aturan, disusun tabel keputusan aturan dengan penyakit yang kemudian akan dihasilkan pohon keputusan (**gambar 2**).



Gambar 2. Pohon Keputusan Gejala, Nilai dan Penyakit

Keterangan Gambar :

○ : Gejala

△ : Penyakit

Dari hasil pohon keputusan yang ditunjukkan pada **gambar 2**, setiap aturan akan ditelusuri oleh mesin inferensi. Penelusuran aturan didasari dari input berupa gejala dan nilai yang dimasukkan. Jika salah satu aturan telah terpenuhi maka aturan tersebut akan memiliki status *fired* dan aturan-aturan lain tidak akan ditelusuri. Tahapan representasi pengetahuan berikutnya adalah mentranslasikan pohon keputusan di atas menjadi kaidah produksi. Aturan produksi disusun berdasarkan hasil analisis tabel dan pohon keputusan yang telah dibahas sebelumnya. Aturan produksi menggunakan aturan IF-THEN dimana klausa setelah IF disebut *antecedent* atau informasi masukan dan klausa setelah THEN disebut *consequent* atau konklusi [7].

Bentuk umum dari aturan produksi diagnosis penyakit tulang dan sendi didefinisikan sebagai berikut :

IF Nilai A AND Nilai B AND....Nilai X THEN Rule Y

Setelah didapatkan aturan yang *fired*, didapatkan penyakit yang memenuhi, dengan aturan produksi : *IF Rule Y THEN Penyakit Z*. Pada **gambar 3**, Y ditunjukkan dengan sekumpulan gejala yang memiliki nilai, contohnya terjadi infeksi pada bagian tubuh, kemudian pengguna kesulitan bergerak dan seterusnya. Suatu penyakit sangat dimungkinkan memiliki beberapa gejala yang direpresentasikan ke dalam *rule*. Aturan produksi dilanjutkan dengan pencarian solusi dengan struktur sebagai berikut : *IF Penyakit Z THEN Solusi C*.



Gambar 3. Hasil pengujian sistem menampilkan rekomendasi penanganan penyakit

Berdasarkan tabel keputusan yang disusun, kemudian disusun aturan produksi. Setiap aturan produksi diberikan kode tertentu. Adapun kode dan aturan produksi disajikan ke dalam **tabel 5**.

Kode Aturan	Gejala												
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14
R1	N2					N14							N33
R2	N2						N16	N18					N33
R3		N6				N14			N21				
R4	N1						N16	N18					
R5								N18	N21				N33
R6	N2			N10	N12	N14						N29	
R7	N2					N14						N29	N33
R8	N2			N11	N12					N23	N25		N33
R9	N1			N10	N12					N23	N25	N29	N33
R10	N2			N11						N23	N25		N33
R11	N2	N5	N6	N11	N12	N14							
R12	N2		N7	N9	N12	N14							
R13	N1	N5	N7	N10	N12	N14							
R14	N1	N4	N7	N10	N12	N14							
R15	N2	N5	N6	N11	N12	N14							
R16	N2	N4	N6	N11	N12	N14							

Tabel 4. Tabel Keputusan Aturan Dengan Gejala dan Nilai

Untuk menghasilkan kesimpulan penyakit yang diderita, sistem meminta masukkan dari pengguna yang berbentuk pertanyaan dan nilai. Masukkan dari pengguna kemudian dianalisis oleh sistem dengan cara runut maju, ketika kondisi tertentu sudah dipenuhi, maka sistem akan menampilkan kesimpulan / konklusi. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian sistem yang menampilkan kesimpulan penyakit yang diderita oleh pasien

Kesimpulan yang diambil oleh sistem berdasarkan data nilai dari gejala yang dimasukkan oleh pengguna adalah osteoporosis. Osteoporosis merupakan salah satu penyakit tulang yang menyebabkan tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Sistem juga menampilkan penanganan yang disarankan bagi pasien penderita osteoporosis. Selain ditampilkan hasil penelusuran, identifikasi penyakit dan penanganan pengguna juga bisa melakukan input data rekam medis.

Pengujian terhadap hasil dilakukan dengan melakukan uji skenario penelusuran penyakit berdasarkan gejala yang dimasukkan. Uji skenario dilakukan dengan melakukan N kali percobaan. Percobaan dilakukan oleh pakar di mana pakar disediakan lembar evaluasi pengujian akurasi sistem pakar. Tingkat akurasi diperoleh dengan cara melakukan percobaan yang dilakukan oleh pakar. Tujuan dari pengujian aplikasi sistem pakar adalah untuk menguji efektifitas dan akurasi sistem yang dikembangkan. Efektifitas didefinisikan jumlah pertanyaan yang diajukan oleh sistem sebelum memberikan luaran berupa penyakit yang diderita. Hasil akhir pengujian sistem diperoleh dengan cara membandingkan hasil prediksi penyakit yang diderita oleh aplikasi sistem pakar dengan diagnosa atau kesimpulan akhir yang dilakukan oleh Dokter Spesialis Bedah Tulang dan Sendi. Kesimpulan akhir dilakukan dengan melakukan anamnesa, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan penunjang lainnya oleh pakar.

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Bagaimana tingkat nyeri yang dirasakan ?	Sangat Nyeri (11) (55%), Agak Nyeri (9) (45%)
2	Apakah terjadi infeksi ?	Ya (5) (25%), Tidak (15) (75%)
3	Jika ada benturan,seberapa besar tingkat benturan?	Keras (5) (25%), Tidak terjadi (9) (45%), Lemah (6) (30%)
4	Termasuk kategori apa tingkat kebengkakkan ?	Sangat bengkak (7) (35%), Tidak bengkak (5) (25%), Agak bengkak (6) (30%), Sedikit bengkak (2) (10%)
5	Apakah ada perubahan struktur tulang/sendai ?	Ada (14) (70%), Tidak (6) (30%)
6	Apakah pasien kesulitan bergerak ?	Ya (16) (80%), Tidak (4) (20%)

Tabel 6. Rekapitulasi hasil uji skenario sistem pakar

Pada **tabel 6** disajikan enam pertanyaan pertama yang diajukan oleh sistem. Kolom jawaban merupakan rekapitulasi jawaban yang dimasukkan oleh pengguna pada saat melakukan uji sistem. Presentase yang mengikuti nilai pada kolom jawaban merupakan presentasi jumlah nilai jawaban relatif terhadap N kali percobaan uji coba.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian terhadap sistem, diperoleh kesimpulan bahwa perancangan aplikasi sistem pakar untuk diagnosis penyakit tulang dan sendi berbasis web telah berhasil diimplementasikan sesuai rancangan. Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi sistem pakar yang dirancang dengan metode *forward chaining* (runut maju) mampu mengidentifikasi penyakit tulang dan sendi yang meliputi penyakit osteoporosis, osteoarthritis, dislokasi dan fraktur sesuai dengan pengetahuan pakar. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box*. Metode tersebut bertujuan untuk memastikan sistem mampu menghasilkan output yang sesuai [10]. Dari hasil uji *black-box*, diketahui bahwa 45% percobaan pada sistem mampu menyimpulkan penyakit yang diderita oleh pasien berdasarkan enam gejala utama penyakit tanpa harus mengajukan pertanyaan lanjutan kepada pasien. Enam gejala tersebut merupakan gejala umum dari penyakit yang diderita oleh pasien. Sistem ini baru bisa memprediksi empat penyakit utama dari penyakit tulang dan sendi berdasarkan gejala yang dipresentasikan menggunakan teks. Di pengembangan berikutnya, perlu dilakukan pengembangan berupa penambahan fitur gambar *rontgen* dengan deteksi citra untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

5. Daftar pustaka

- [1] Sharma, T., Tiwari, N., Kelkar, D., " Study of Difference Between Forward and Backward Reasoning", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering , vol. 2, issue 10, 2012
- [2] Giarratano, J., Riley, G., "Expert System Principles and Programming", Third Edition. Boston: PWS Publishing Company, 2005
- [3] Turban, E., Aronson, J., Liang, TP., "Decision Support Systems and Intelligent Systems (Sistem Pendukung Keputusan dan Sistem Cerdas)", ANDI, Yogyakarta, 2005
- [4] Putra, A. (private communication), 2017
- [5] Kemenkes, "Menkes Soroti Masalah Maldistribusi Dokter Spesialis Indonesia", Agustus 2017, <http://www.depkes.go.id/article/print/17022400008/menkes-soroti-masalah-maldistribusi-dokter-spesialis-indonesia.html>
- [6] Studer, R., Benjamins, V.R., Fensel, D., "Data and Knowledge Engineering", Elsevier Science, 1998
- [7] Sulistyohati, A., Hidayat, T., Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal Dengan Metode Dempster-Shafer, Prosiding, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2008
- [8] Fadhilah, A. N., Destiani, D., Dhamiri, D. J., Perancangan Aplikasi Sistem Pakar Penyakit Kulit Pada Anak Dengan Metode *Expert System Development Life Cycle*, Jurnal Algoritma Vol 9, Sekolah Tinggi Teknologi Garut, 2012
- [9] Tarigan, M., <https://m.tempo.co/read/news/2012/02/20/173385164/jumlah-dokter-orthopedhi-indonesia-kalah-dengan-thailand>, 2012
- [10] Shilvia, N. M., Rahayu, S., Pengembangan Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Dalam Internis Berbasis Android, Jurnal Algoritma Vol 13 No.1 Hal 356-366, Sekolah Tinggi Teknologi Garut, 2016

Lampiran

Kode Nilai	Kode Gejala	Nilai
N1	G1	Agak Nyeri
N2	G1	Sangat Nyeri
N3	G1	Tidak Terasa Nyeri
N4	G2	Ya
N5	G2	Tidak
N6	G3	Keras
N7	G3	Lemah
N8	G3	Tidak Terjadi
N9	G4	Sedikit Bengkak
N10	G4	Agak Bengkak
N11	G4	Sangat Bengkak
N12	G5	Ada
N13	G5	Tidak
N14	G6	Ya
N15	G6	Tidak
N16	G8	Kurang
N17	G8	Normal
N18	G9	Ya
N19	G9	Tidak
N20	G10	Rendah
N21	G10	Sedang
N22	G10	Tidak Mengonsumsi
N23	G11	Ya
N24	G11	Tidak
N25	G12	Pagi
N26	G12	Siang
N27	G12	Malam
N28	G12	Setiap Saat
N29	G13	Ya
N30	G13	Tidak
N31	G14	Anak-anak
N32	G14	Dewasa
N33	G14	Tua
N34	G4	Tidak Bengkak

Tabel 2. Pengkodean Gejala dan Nilai

Kode Solusi	Nama Penyakit	Solusi
S1	Osteoporosis	Pasien disarankan untuk mengkonsumsi makanan tinggi kalsium, contohnya susu. Pasien disarankan untuk menghindari aktivitas yang bersifat pasif atau kurang bergerak, contoh aktivitas yang dianjurkan yaitu, olahraga sesuai dengan usia. Pasien disarankan untuk menghindari rokok dan konsumsi alkohol.
S2	Osteoarthritis	Pasien disarankan untuk mengurangi berat badan serta menghindari aktivitas naik-turun tangga atau berjalan terlalu jauh. Pasien juga disarankan untuk menghindari udara yang terlalu dingin. Penanganan bisa dilanjutkan dengan fisioterapi untuk membantu agar sendi tidak kaku.
S3	Dislokasi	Harus secepatnya melakukan reposisi oleh dokter. Pasien disarankan untuk menghindari aktivitas-aktivitas yang bisa menimbulkan trauma pada daerah yang terjadi dislokasi.
S4	Fraktur	Harus secepatnya dilakukan tindakan medis. Pasien disarankan untuk tidak melakukan aktivitas yang menggunakan daerah yang terjadi fraktur sebelum terjadi penyembuhan (dibuktikan dengan rontgen). Pasien juga disarankan untuk mengkonsumsi makanan yang tinggi kalori dan tinggi protein, contohnya susu dan ikan.

Tabel 3. Pengkodean penyakit dan solusi