

PENGEMBANGAN APLIKASI SISTEM PAKAR PENDIAGNOSIS GANGGUAN PENDENGARAN DAN KELAINAN TELINGA

Rila Mandala¹, Audy Kenap², Michael Aleng³

¹Jurusan Teknik Informatika, ITB, Jl. Ganesha No. 10 Bandung

^{2,3}Teknik Informatika, Unika De La Salle Manado

e-mail: rila@if.itb.ac.id¹, gagaken@yahoo.com², michael_aleng@yahoo.com³

ABSTRAKSI

Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan sistem pakar yang dapat mengimbangi keterbatasan dokter ahli dalam pemeriksaan dan diagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinganya. Metodo-logi yang digunakan dalam pengembangan sistem adalah berupa kolaborasi rekayasa perangkat lunak dan rekayasa pengetahuan. Pengembangan rekayasa pengetahuan merupakan inti dalam penelitian ini. Penalaran dokter ahli mengenai domain gangguan pendengaran ditransfer ke dalam sistem dengan menggunakan aliran kontrol aturan dalam basis pengetahuan.

Sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran yang diberi nama EXPEDITE (Expert Audiology System) ini dibangun dengan menggunakan CLIPS v.6.2.2 untuk mekanisme inferensi dan basis pengetahuannya, DirectX8 Library untuk konektivitas pengolahan sinyal dengansound card PC, dan Visual Basic sebagai antarmuka sistem. Dari hasil penelitian ini, ternyata metodologi yang digunakan membantu sebagai pemecahan masalah dan sistem teruji dengan baik untuk mengimbangi keterbatasan dokter ahli, kualitas pemeriksaan, dan diagnosis gangguan pendengaran.

Kata kunci: Sistem pakar, mekanisme inferensi, basis pengetahuan, sistem berbasis pengetahuan, audiometri, gangguan pendengaran, penalaran berbasis aturan, kecerdasan buatan.

1. PENDAHULUAN

Pemeriksaan Telinga (Gangguan Pendengaran dan Kelainan Telinga) bagian THT Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) lokal masih menggunakan tek-nik manual dalam pengolahan data hingga menjadi informasi yang berguna untuk mendiagnosa gangguan pendengaran dan kelainan telinga pasien. Hal tersebut secara tidak langsung mempengaruhi kinerja dokter serta efektifitas waktu dan kualitas pemeriksaan itu sendiri. Apalagi pada musim-musim tertentu seperti penerimaan Pegawai Negeri Sipil atau proses registrasi lainnya yang mewajibkan pemeriksaan Gangguan Pendengaran sebagai salah satu persyaratannya. Para pasien yang begitu banyaknya tidak bisa secara langsung mengetahui hasil dari pemeriksaan karena dokter yang memeriksa masih harus mengkalkulasi berbagai data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan. Hal ini mengakibatkan pemborosan waktu bagi pasien yang membutuhkan laporan diagnosa dari pihak Rumah Sakit. Selain itu, tes audiometri yang terdiri dari berbagai jenis modifikasi (derajat kebisingan, frekuensi gelombang, dan intensitas bunyi) seringkali tidak tepat sasaran karena konfigurasi perangkat dan rangkaian tes tidak sesuai dengan masalah pasien.

Pertimbangan efisiensi waktu, kurangnya tenaga ahli dalam bidang ini, dan akumulasi biaya serta kualitas pemeriksaan tes audiometri tersebut mendasari perlunya dikembangkan suatu sistem berbasis pengetahuan medis khususnya gangguan pendengaran serta kelainan telinganya dengan kemampuan *intelligent system* yang dapat membantu mengatasi masalah tersebut.

2. PENDEKATAN TEORITIS

2.1 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Ada berbagai pemahaman dan definisi tentang *artificial intelligence*, antara lain [LS93]:

- *Artificial Intelligence* merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas.
- *Artificial Intelligence* merupakan sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia.
- *Artificial Intelligence* merupakan cabang dari ilmu komputer yang dalam merepresentasi pengetahuan lebih banyak menggunakan bentuk simbol-simbol daripada bilangan, dan memproses informasi berdasarkan metode heuristic atau dengan berdasarkan sejumlah aturan.

2.2 Konsep Dalam *Artificial Intelligence*

Dalam penelitian di bidang *Artificial Intelligence*, terdapat beberapa konsep yang penting yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. *Turing Test* – Metode Pengujian Kecerdasan. *Turing Test* merupakan sebuah metode pengujian kecerdasan yang dibuat oleh Alan Turing.
2. Pemrosesan Simbolik *Artificial Intelligence* merupakan bagian dari ilmu komputer yang melukan proses secara simbolik dan non-algoritmik dalam penyelesaian masalah
3. Heuristic
Heuristic merupakan suatu strategi untuk

melakukan proses pencarian (*search*) ruang problema secara selektif, yang memandu proses pencarian yang kita lakukan di sepanjang jalur yang memiliki kemungkinan sukses paling besar.

4. Penarikan Kesimpulan (*Inferencing*)
Artificial Intelligence mencoba membuat mesin memiliki kemampuan berpikir atau mempertimbangkan (*reasoning*).
5. Pencocokan Pola (*Pattern Matching*)
Artificial Intelligence bekerja dengan metode pencocokan pola (*pattern matching*) yang berusaha untuk menjelaskan obyek, kejadian (*events*) atau proses, dalam hubungan logik atau komputasional.

2.3 Sistem Pakar

Sistem Pakar adalah penerapan pengetahuan yang dimiliki oleh pakar kepada suatu sistem yang merupakan gabungan antara pengetahuan dan penelusuran data.

Ada berbagai ciri dan karakteristik yang membedakan sistem pakar dengan sistem yang lain. Ciri dan karakteristik ini yang menjadi pedoman utama bagi pengembangan sistem pakar, yaitu sebagai berikut:

1. Pengetahuan sistem pakar merupakan suatu konsep, bukan berbentuk numeris.
2. Informasi dalam sistem pakar tidak terlalu lengkap, subyektif, tidak konsisten, subyek terus berubah.
3. Kemungkinan solusi sistem pakar terhadap suatu permasalahan adalah bervariasi.
4. Perubahan atau perkembangan pengetahuan dalam sistem pakar dapat terjadi setiap saat bahkan sepanjang waktu.
5. Pandangan dan pendapat setiap pakar tidaklah selalu sama, yang oleh karena itu tidak ada jaminan bahwa solusi sistem pakar merupakan jawaban yang pasti benar.
6. Keputusan merupakan bagian terpenting dari sistem pakar.

2.4 Audiologi Kedokteran

Secara umum, audiologi kedokteran ialah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk fungsi pendengaran telinga yang erat hubungannya dengan habilitasi dan rehabilitasinya. Rehabilitasi merupakan usaha untuk mengembalikan fungsi yang pernah dimiliki, sedangkan habilitasi adalah usaha untuk memberikan fungsi yang seharusnya dimiliki.

3. ANALISIS SISTEM DENGAN PENDEKATAN REKAYASA PENGETAHUAN DAN REKAYASA PERANGKAT LUNAK

Pengembangan sistem cerdas (*intelligent system*) pada dasarnya merupakan sebuah rangkaian proses kompleks yang membutuhkan pendekatan yang lebih spesifik terhadap domain masalah. Suatu penerapan pemecahan masalah berbasis aspek yang terorganisir dengan analisis yang terstruktur merupakan kunci di dalam pengembangan ini. Arah pengembangan sistem ini mengacu pada kolaborasi

dua aspek, yaitu: Rekayasa Pengetahuan (*knowledge engineering*) dan Rekayasa Perangkat Lunak (*software engineering*).

3.1 Analisis Rekayasa Pengetahuan

Tahapan-tahapan dalam analisis untuk rekayasa pengetahuan ini bertujuan untuk mengidentifikasi domain pengetahuan kemudian mengakuisisi pengetahuan medis dalam domain gangguan pendengaran dan kelainan telinga penyebabnya.

3.1.1 Domain dan Sumber Pengetahuan

Berdasarkan tujuan awal yang telah dirumuskan, dapat diketahui bahwa domain pengetahuan yang difokuskan dalam pengembangan sistem pakar ini adalah gangguan pendengaran beserta kelainan telinganya yang berada di bawah lingkup pengetahuan medis Telinga-Hidung-Tenggorokan.

Setelah domain pengetahuan dapat diidentifikasi lingkup dan batasannya, selanjutnya yang perlu diketahui adalah darimana pengetahuan tersebut dapat diperoleh. Untuk dapat mengembangkan sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran beserta kelainan telinga penyebabnya, diperlukan sumber pengetahuan yang jelas, terutama para pakar dalam bidang pengetahuan tersebut. Berikut adalah daftar sumber pengetahuan yang telah diidentifikasi yang dibedakan atas dua kategori, yaitu sumber terdokumentasi dan sumber tak terdokumentasi.

- Sumber terdokumentasi
 - Buku-buku medis seputar THT dan Audiologi Kedokteran
 - Jurnal medis seputar THT dan Audiologi Kedokteran
 - Situs-situs Internet yang memberikan informasi mengenai THT dan Audiologi Kedokteran
- Sumber tak terdokumentasi
 - Para dokter ahli THT terutama yang berpraktek di rumah sakit lokal.
 - Para dokter muda dan residen yang biasa berhubungan dengan tes audiometri.

3.1.2 Elemen Pengetahuan

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh pengetahuan ketulian dan kelainan telinga penyebabnya yang spesifik dari sumber pengetahuan yang selanjutnya berguna untuk pengklasifikasikan pengetahuan. Hasil klasifikasinya terdapat dalam Tabel 1.

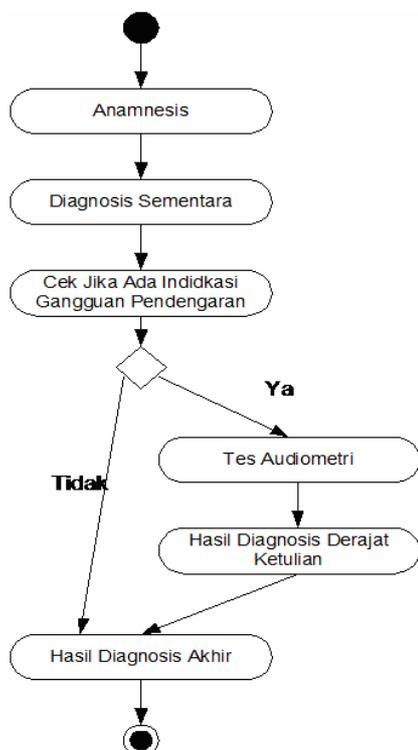
3.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Aktivitas diagnosis gangguan pendengaran dimulai dengan kegiatan anamnesis yang merupakan kegiatan konsultasi (tanya-jawab) antara dokter dan pasien. Dokter biasanya menanyakan gejala yang dialami oleh pasien. Jawaban pasien akan menjadi referensi bagi dokter dalam menelusuri pengetahuan medisnya seputar gangguan pendengaran. Apabila kemudian dari hasil konsultasi tersebut ditemukan adanya indikasi gangguan pendengaran,

maka dokter akan menggunakan tes audiometri untuk memperkuat dugaannya terhadap gangguan pendengaran yang dialami pasien. Tes audiometri tersebut juga berguna untuk mengetahui secara mendetail jenis dan derajat ketulian yang dialami pasien.

Tabel 1. Klasifikasi Elemen Pengetahuan

Kunci Klasifikasi	Deskripsi
Pemeriksaan gangguan pendengaran	Terdiri dari pemeriksaan gangguan pendengaran melalui tes audiometri dan analisis hasil tes.
Diagnosis gangguan pendengaran	Terdiri dari diagnosis jenis ketulian dan derajat ketulian serta kelainan telinga penyebab ketulian
Diagnosis jenis ketulian	Terdiri dari tiga jenis dasar kelainan telinga penyebab ketulian, yaitu tuli-konduksi, tuli neural-sensorik, dan tuli campuran
Diagnosis kelainan telinga	Terdiri dari berbagai kelainan telinga yang menyebabkan gangguan pendengaran berdasarkan hasil diagnosis jenis ketulian



Gambar 1. Diagram Aktivitas Proses Manual

Untuk melakukan tes audiometri, dokter harus mempersiapkan terlebih dahulu kelengkapan pe-angkat pendukung berupa kamar bebas bising serta perangkat masukan/keluaran untuk audiometer. Selain itu, dokter mengkonfigurasi perangkat audiometer sesuai dengan jenis tes audiometri yang akan dilaksanakan. Saat tes berlangsung dokter mencatat respon pasien ketika pertama kali mendengar bunyi frekuensi yang dihasilkan audiometer. Hasil tes tersebut direpresentasikan dalam bentuk audiogram yang menunjukkan grafik respon pasien untuk telinga kiri dan kanan, baik ketika menggunakan *headphone* untuk *air conduction* maupun *oscillator* untuk *bone conduction*.

3.2.1 Identifikasi dan Analisis Masalah dan Kesempatan

Berdasarkan studi mengenai proses yang terjadi dalam sistem manual serta kemampuan perangkat bantu yang digunakan dalam tes pendengaran, maka berikut adalah permasalahan yang terjadi dalam sistem manual yang memungkinkan penelitian ini untuk dilakukan.

Tabel 2. Daftar Permasalahan Beserta Solusinya

Masalah	Solusi
Seringkali, hasil anamnesis untuk gangguan pendengaran menunjukkan hasil yang bertolak belakang dengan hasil tes audiometri	Untuk mendapatkan hasil anamnesis yang lebih akurat, anamnesis dilakukan setelah adanya hasil tes audiometri. Dengan jalan demikian, pertanyaan dalam anamnesis tidak lagi melebar.
Kalibrasi dan pemeliharaan audiometer tidak dilaksanakan. Pada umumnya kalibrasi audiometer dilakukan tiap 6 bulan, agar intensitas dan frekuensi baik.	Sistem dibuat dalam perangkat yang selalu terjaga kalibrasinya.
Dokter ahli yang tidak sabar dan terburu-buru.	Dibangun sebuah sistem berbasis komputer sehingga tidak dipengaruhi oleh emosi.
Keterbatasan waktu dokter ahli karena membutuhkan istirahat	Dibangun sebuah sistem berbasis komputer sehingga tidak dipengaruhi oleh keterbatasan tenaga.
Diagnosis dilakukan hanya pada tempat tertentu saja, yaitu di mana dokter ahli berada	Sistem dibuat dalam perangkat yang selalu siap melayani pasien.
Pengetahuan dokter ahli bersifat variabel yang dapat berubah-ubah tergantung situasi.	Sistem dibangun dengan memiliki pengetahuan yang bersifat konsisten.
Hasil tes audiometri khusus untuk rumah sakit lokal didokumentasikan secara manual yang pada kenyataannya sangat menghambat kerja paramedik yang bersangkutan.	Dokumentasi hasil tes dilakukan secara otomatis.
Akibat pendokumentasian yang dilakukan secara manual, seringkali hasil tes dimanipulasi oleh paramedik. Hal ini terutama terjadi pada saat-saat tertentu ketika antrian pasien yang akan melakukan tes audiometri sangat panjang (terutama ketika ada tes masuk pegawai negeri).	Dokumentasi hasil tes dilakukan secara otomatis.

3.2.2 Konsep Baru Pengembangan: Pendekatan Teknologi Intelligent

Analisis masalah dan kesempatan yang telah dilakukan sebelumnya mengarah pada kesempatan untuk dilakukan analisis sistem dengan pendekatan teknologi sistem cerdas (*intelligent system*). Sistem cerdas yang dimaksud akan digunakan untuk mendiagnosis kelainan telinga yang disebabkan oleh gangguan pendengaran berdasarkan hasil tes audiometri.

Secara garis besar proses yang terjadi dalam sistem dimulai ketika seorang pengguna terindikasi gangguan pendengaran. Pengguna tersebut melakukan tes audiometri untuk mengetahui jenis gangguan pendengaran dan derajat ketulian. Setelah hasil tes audiometri diperoleh, pengguna dapat memilih untuk melanjutkan pemeriksaan terhadap kelainan telinga yang menyebabkan gangguan

pendengarannya dengan cara melakukan tanya jawab dengan sistem. Hasil tes audiometri (jenis gangguan pendengaran) akan menjadi patokan awal bagi sistem cerdas sehingga sistem dapat menemukan batasan awal dari pengetahuan yang akan digunakan untuk memperoleh hasil diagnosis kelainan telinga yang menyebabkan gangguan pendengaran yang dialami oleh pengguna.

Dalam konsultasi tersebut, jika pengguna adalah seorang dokter ahli yang menggunakan sistem sebagai panduan dalam konsultasinya dengan pasien pribadinya, maka apabila hasil diagnosis yang diberikan sistem tidak sesuai dengan pengetahuan yang dimilikinya, dokter tersebut dapat melakukan akuisisi pengetahuan.

3.2.3 Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak: Fitur-Fitur sistem

Berdasarkan permasalahan yang telah teridentifikasi, dapat dikaji mengenai hal-hal penting yang harus dapat disediakan oleh sistem seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak

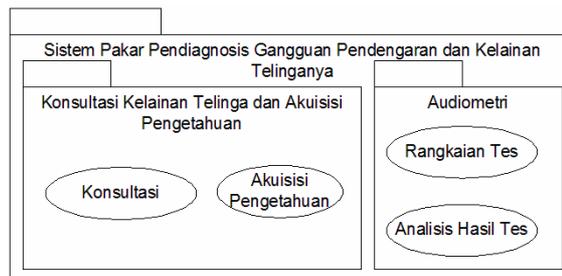
Kelompok Fitur	Deskripsi
Tes Audiometri	Menangani fungsi untuk melakukan tes audiometri (khusus nada murni) bagi pasien. Dalam fitur ini, terdapat fungsi untuk menjalankan tes dan untuk menganalisis hasil tes
Konsultasi Kelainan Telinga dan Akuisisi Pengetahuan	Konsultasi dilakukan setelah adanya hasil tes audiometri, sehingga konsultasi akan terbatas pada hasil audiometri. Konsultasi yang dilakukan ini berbasis aturan berdasarkan pengetahuan gangguan pendengaran dan kelainan telinganya. Jika pengguna adalah seorang pakar (dokter ahli THT), maka akuisisi pengetahuan dapat dilakukan <u>hanya apabila</u> hasil diagnosis sistem belum tepat.

3.2.4 Model Awal Fungsional Perangkat Lunak

Dalam kelompok fitur yang dijabarkan dalam Tabel 3, terdapat sejumlah *use case* yang menerangkan serangkaian skenario dalam penyelesaian tugas sistem untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Pentingnya pemodelan *use case* adalah untuk melihat bagaimana sistem seharusnya berperilaku dan berinteraksi dengan pengguna untuk dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Berikut adalah daftar *use case* untuk setiap kelompok fungsi dari sistem.

Tabel 4. Daftar Fungsi-Fungsi dalam Sistem

Kelompok Fitur	Use Case
Tes Audiometri	<ul style="list-style-type: none"> Rangkaian Tes Analisis Hasil Tes
Konsultasi Pakar dan Akuisisi Pengetahuan	<ul style="list-style-type: none"> Konsultasi Akuisisi Pengetahuan



Gambar 2. Diagram Awal Fungsional Perangkat Lunak

Pemodelan awal dilakukan berdasarkan identifikasi kelompok fitur beserta *use case* di dalamnya. Setiap *use case* yang dimodelkan akan dianalisis skenario beserta *Actor* di dalamnya pada tahap selanjutnya.

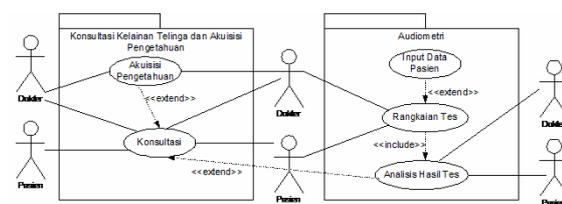
3.3 Analisis Sistem

3.3.1 Analisis Fungsionalitas Sistem

Hal penting yang perlu dianalisis mengenai fungsionalitas sistem ini adalah deskripsi *use case*, *Actor* yang terlibat di dalamnya, langkah-langkah skenario, kondisi awal, kondisi akhir, kejadian lainnya yang mungkin terjadi, serta asumsi yang menyertai *use case* tersebut.

3.3.2 Model Ketergantungan Antar Fungsi Perangkat Lunak

Ketergantungan yang terjadi antar fungsionalitas dalam sistem teridentifikasi melalui deskripsi analisis *use case* yang telah dilakukan sebelumnya. Meskipun untuk menjalankan fungsinya sebagai sistem pakar berbasis pengetahuan sistem harus menjalani serangkaian tahapan yang rumit, namun dari segi pengguna, hanya mengetahui, sistem mampu menjalankan fungsi seperti yang dimodelkan di sini.



Gambar 3. Model Ketergantungan Antar Fungsionalitas Sistem

3.3.3 Model Struktural Perangkat Lunak

Berdasarkan analisis fungsionalitas yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diidentifikasi objek-objek yang menjadi domain pembicaraan dalam sistem yang sedang dianalisis ini. Objek-objek tersebut akan dimodelkan berdasarkan kelasnya untuk membangun visualisasi terhadap struktur perangkat lunak.

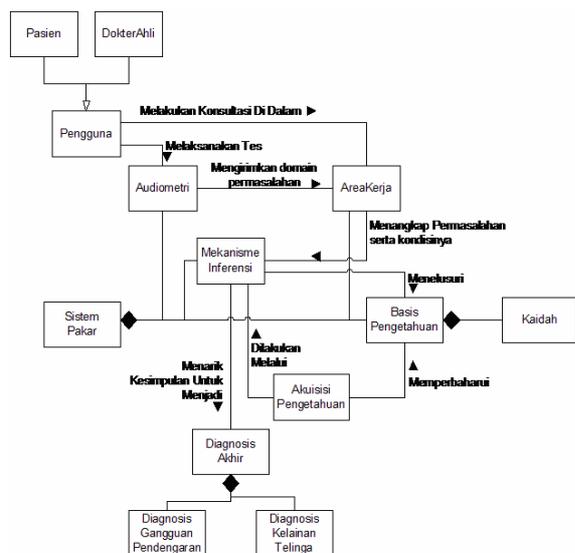
Dalam pengidentifikasian objek, hal penting lainnya yang disertakan adalah identifikasi terhadap atribut dan metode yang dimiliki dan dijalankan oleh objek. Tabel di bawah ini menunjukkan daftar atribut dan metode untuk setiap objek.

Objek-objek yang telah teridentifikasi di atas

selanjutnya dapat dimodelkan seperti yang terlihat pada Gambar 4. Model tersebut memperlihatkan hubungan yang terjadi antar objek yang salah satunya melibatkan kelas abstrak, yaitu Pengguna. Pengguna menjadi kelas abstrak dalam hubungan generalisasinya dengan DokterAhli dan Pasien. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa dalam keadaan tertentu, yaitu dalam lingkup audiometri dan konsultasi, tidak ada perbedaan status pengguna. Perbedaan tersebut akan terlihat setelah kesimpulan diagnosis hasil konsultasi telah diperoleh.

Selain generalisasi, hubungan lainnya, yaitu agregasi/komposit terjadi antara Sistem Pakar yang memuat komponen yang termasuk dalam sistem pakar, yaitu Audiometri, AreaKerja, Mekanisme-Inferensi, dan BasisPengetahuan. Agregasi/komposit lainnya terjadi antara BasisPengetahuan dengan komponennya yaitu Kaidah.

Hubungan agregasi komposit juga terjadi antara DiagnosisAkhir dengan DiagnosisGangguan-Telinga dan DiagnosisKelainanTelinga. Pada dasarnya, kedua jenis diagnosis yang terakhir disebutkan, jika dilaporkan kepada pasien/dokter ahli akan disatukan dan menjadi komponen dari sebuah super kelas lain yang memuat keduanya secara bersamaan.



Gambar 4. Model Struktur Kelas Objek Perangkat Lunak

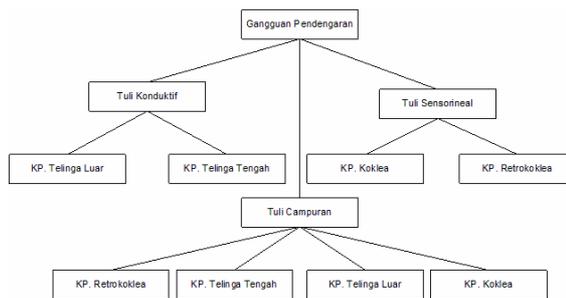
4. SPESIFIKASI PERANCANGAN SISTEM

4.1 Perancangan Pada Rekayasa Pengetahuan

Tahap ini adalah untuk membuat prototipe sistem cerdas yang dapat mewakili kemampuan fungsional sistem berbasis pengetahuan untuk kasus diagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinga.

4.1.1 Model Representasi Pengetahuan

Berdasarkan studi hasil akuisisi pengetahuan (lewat wawancara dan observasi) maka dapat dimodelkan pengetahuan mengenai gangguan pendengaran melalui pengklasifikasian jenis gangguan, sebagai berikut.



KP = Kelainan Pada

Gambar 5. Rancangan Model Representasi Pengetahuan

Setiap gangguan pendengaran yang dimodelkan di atas memiliki penyakit yang termasuk di dalam domain akuisisi pengetahuan untuk gangguan pendengaran dan kelainan telinga penyebabnya.

Tabel 5. Lokasi dan Jenis Kelainan Telinga

Lokasi	Jenis Kelainan Telinga
Telinga Luar	<ol style="list-style-type: none"> Atresia liang telinga Sumbatan oleh serumen Otitis eksterna sirkumskripta Osteoma liang telinga
Telinga Tengah	<ol style="list-style-type: none"> Tuba katar/ Sumbatan tuba eustachius Otitis media Otosklerosis Timpano – sklerosis Hemotimpanum Dislokasi tulang pendengaran
Koklea	<ol style="list-style-type: none"> Aplasia (kongenital) Labirinitis (bakteri/virus) Intoksikasi obat: Streptomisin, Karamisin, Garamisin, Neomisin, Kina asetosal atau alkohol Tuli mendadak (<i>sudden deafness</i>) Trauma kapitis Trauma akustik Pemaparan bising
Retrokoklea	<ol style="list-style-type: none"> Neuroma akustik Tumor sudut pons sereblum Mieloma multipel Cedera otak Pendarahan otak Kelainan otak lainnya

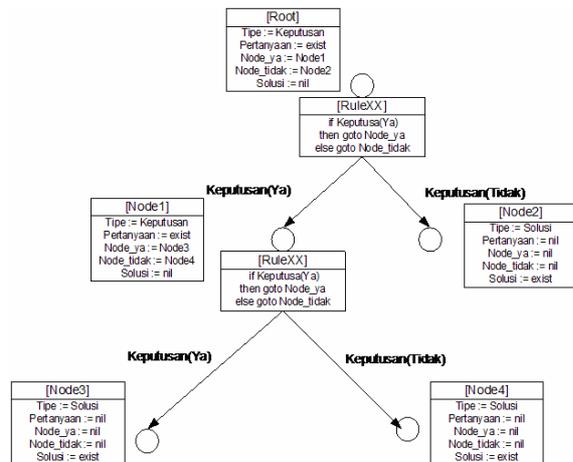
4.1.2 Model Mekanisme Inferensi untuk Penelusuran Basis Pengetahuan

Model yang digunakan untuk penelusuran pengetahuan adalah *binary tree*. Penggunaan *binary tree* dilatar belakangi oleh pertimbangan bahwa berdasarkan tahapan dalam sistem yang telah dianalisis sebelumnya, hasil tes audiometri akan mempersempit domain pengetahuan yang akan ditelusuri.

Pada Gambar 6 di bawah dapat terlihat bahwa pertanyaan yang diajukan untuk penarikan kesimpulan berdasarkan fakta adalah dalam bentuk pertanyaan ya/tidak. Hal ini berbeda dengan konsep yang biasanya dilakukan oleh para dokter ahli yang memulai konsultasinya dengan domain yang begitu luas yaitu berdasarkan keluhan pasien secara umum.

Bentuk konsultasi yang dirancang untuk berjalan dalam sistem akan dimulai dari aturan akar yang dicari berdasarkan hasil tes audiometri. Hasil

diagnosis dari tes audiometri berupa jenis gangguan pendengaran akan menjadi akar untuk basis pengetahuan yang spesifik untuk jenis gangguan pendengaran tersebut. Jawaban ya/tidak dari pasien akan menentukan node mana yang akan diaktifkan dalam penelusuran pengetahuan ini. Setiap kali tiba pada sebuah node, akan dilakukan mekanisme untuk mengecek tipe node tersebut. Jika node bertipe keputusan, maka pertanyaan yang disimpan dalam aturan node tersebut akan diaktifkan. Sebaliknya, jika node bertipe solusi, maka berarti mekanisme penelusuran telah sampai pada node akhir yang memuat kesimpulan berupa hasil diagnosis kelainan telinga yang menyebabkan gangguan pendengaran.



Gambar 6. Rancangan Model Mekanisme Inferensi

4.1.3 Perancangan Pseudocode Mekanisme Inferensi

Kemampuan fungsional dari *pseudocode* dari prosedur mekanisme inferensi ini adalah mengatur prioritas kaidah dalam basis pengetahuan untuk mendapatkan fakta deduksi baru yaitu hasil diagnosis. Selain itu prosedur ini memiliki kemampuan belajar mandiri untuk proses akuisisi pengetahuan yang bersifat semi-otomat.

```

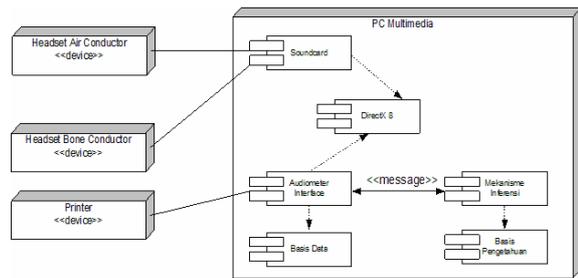
Procedure mekanisme_inferensi()
  Posisi lokasi node_sekarang := node_akar;
  While node_sekarang = node_keputusan do
    Tampilkan pertanyaan(node_sekarang);
    If tanggapan pengguna = ya then
      Posisi node_sekarang :=
      node_cabang_ya;
    else
      Posisi node_sekarang :=
      node_cabang_tidak;
    End if
  End do
  Tanyakan ketepatan hasil_diagnosis;
  If tanggapan = tepat then
    Return(hasil_diagnosis);
  else
    tentukan hasil_diagnosis yang tepat;
    tentukan pertanyaan yang tepat yang
    jika
      dijawab ya dapat membedakan
      jawaban(node_sekarang) dengan
      hasil_diagnosis yang tepat;
      ganti posisi
      node_jawaban(node_cabang_ya)
      dari node_sekarang dengan
      node_keputusan_baru <-
      pertanyaan_baru(hasil_diagnosis_baru);
  
```

```

  posisikan hasil_diagnosis_baru
  menjadi
  node_jawaban untuk node_cabang_ya
  dari
  node_keputusan_baru;
  posisikan hasil_diagnosis_lama
  menjadi
  node_jawaban untuk
  node_cabang_tidak dari
  node_keputusan_baru;
end if
end procedure
  
```

4.2 Perancangan Infrastruktur Sistem

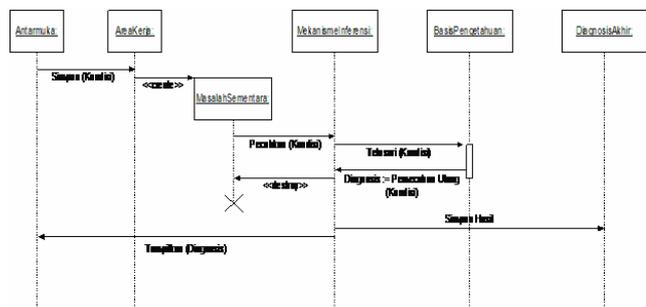
Gambar 7 menunjukkan komponen-komponen yang terdapat di dalam sistem serta komunikasi dan ketergantungan yang terjadi antar tiap komponen. Komponen yang terdapat dalam sistem yaitu Audiometer Interface, Mekanisme Inferensi, Basis Data, dan Basis Pengetahuan. Komponen sistem Audiometer Interface akan berhubungan dengan dunia luar, yaitu dengan cara menghasilkan bunyi frekuensi untuk ditangkap oleh telinga pengguna. Untuk dapat mengeluarkan bunyi tersebut, digunakan file *library* DirectX 8 yang kemudian berhubungan dengan Soundcard yang dapat mengeluarkan *output* melalui *earphone*.



Gambar 7. Model Infrastruktur Sistem

4.3 Perancangan Struktur dan Notasi Fungsional Perangkat Lunak

Tahap perancangan ini dilakukan berdasarkan objek dan deskripsi use case yang telah dilakukan sebelumnya pada tahap analisis. Model fungsional perangkat lunak ini akan digambarkan dengan menggunakan diagram UML yaitu *sequence diagram* yang menunjukkan bagaimana struktur objek saling berinteraksi dengan mengirimkan pesan.



Gambar 8. Sequence Diagram Untuk Fungsi Mekanisme Inferensi Sistem Pakar

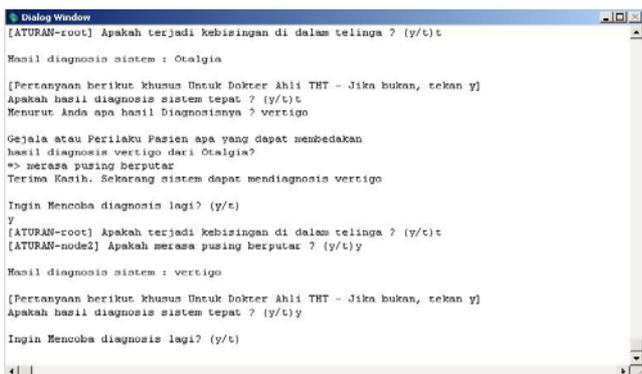
4.4 Perancangan Antarmuka Perangkat Lunak

Perancangan antarmuka ini dibagi menjadi

dua, yaitu antarmuka untuk sistem pakar berbasis teks dan antarmuka berbasis *windows*.

4.4.1 Antarmuka Sistem Pakar Berbasis Teks

Gambar 9 menunjukkan bagaimana sistem berdialog dengan pakar (dokter ahli) dalam proses akuisisi pengetahuan. Jika menurut sang pakar hasil diagnosis sistem belum tepat, maka pakar dapat menambahkan pengetahuan baru yang dalam hal ini berupa gejala penyakit yang menjadi titik perbedaan antara kesimpulan lama yang dihasilkan sistem dengan kesimpulan baru yang dipikirkan oleh sang pakar.

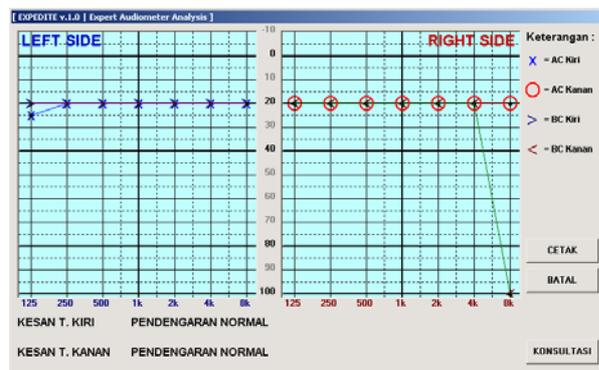


Gambar 9. Rancangan Antarmuka untuk Akuisisi Pengetahuan

4.4.2 Antarmuka Utama Sistem Pakar Pendiagnosis Gangguan Pendengaran

Pada form utama ditampilkan menu utama dalam sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinganya. Menu diberikan dalam bentuk tombol dan *drop down menu*. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan fleksibilitas pengaksesan, jadi apabila pengguna lebih terbiasa menggunakan tombol, maka ia bisa mengakses fasilitas dalam sistem dengan menggunakan tombol. Sementara, bagi pengguna yang telah terbiasa menggunakan menu, maka ia bisa mengakses fasilitas dalam sistem dengan menggunakan menu.

Pada antarmuka ini, ditampilkan hasil tes audiometri berupa grafik serta kesan yang diperoleh dari hasil tes audimetri.



Gambar 10. Rancangan Antarmuka pada Form Hasil Tes Audiometri

5. PENGUJIAN DAN EVALUASI SISTEM

5.1 Verifikasi dan Validasi Mekanisme Inferensi dan Basis Pengetahuan

Berikut ini proses Evaluasi sistem dengan pasien/dokter ahli dengan menyajikan *prototype* sistem cerdas berbasis kaidah pengetahuan. Dari langkah ini diharapkan pasien/dokter ahli dapat memberikan *feedback* untuk iterasi pengembangan selanjutnya.

Prose evaluasi untuk *prototype* rekayasa pengetahuan ini dilakukan dengan mencoba mengikuti tahapan protokoler seperti dalam mekanisme inferensi selanjutnya di evaluasi juga proses pembelajaran mandiri sistem berdasarkan mesin akuisisi pengetahuan yang bersifat semi-otomat.

```

CLIPS (V6.22 06/15/04)
CLIPS> (load "G:/Final Project - Michael/Prototype Knowledge Engineering/telinga.CLP")
Defining deftemplate: node
Defining defrule: initialize +j+j
Defining defrule: ask-decision-node-question +j+j+j
Defining defrule: bad-answer +j
Defining defrule: proceed-to-yes-branch =j=j+j
Defining defrule: proceed-to-no-branch =j=j+j
Defining defrule: ask-if-answer-node-is-correct =j+j+j
Defining defrule: answer-node-guess-is-correct =j=j+j
Defining defrule: answer-node-guess-is-incorrect =j=j+j
Defining defrule: ask-try-again +j+j
Defining defrule: one-more-time =j+j
Defining defrule: no-more =j+j
Defining defrule: replace-answer-node +j+j
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
Apakah terjadi kebisingan di dalam telinga ? (y/t)y
Apakah ditempat yang biasanya tenang sering mengalami
dengungan ? (y/t)y
Hasil diagnosis sistem : Tinitus
Apakah hasil diagnosis sistem tepat
(Khusus Untuk Dokter Ahli) ? (y/t)t
Menurut Anda apa hasil Diagnostiknya ?
Vertigo
Pertanyaan Anamnesis apa yang jika dijawab
Ya (y) dapat membedakan hasil
diagnosis Vertigo
dari Tinitus: Apakah Anda merasa
pusing berputar ?
Terima Kasih. Sekarang sistem dapat
mendiagnosis
Vertigo
Ingin Mencoba diagnosis lagi? (y/t) y
Apakah terjadi kebisingan di dalam telinga
? (y/t)y
Apakah ditempat yang biasanya tenang sering
mengalami dengungan ? (y/t)y
Apakah Anda merasa pusing berputar ? (y/t)y
Hasil diagnosis sistem : Vertigo
Apakah hasil diagnosis sistem tepat
(Khusus Untuk Dokter Ahli) ? (y/t)y
Ingin Mencoba diagnosis lagi? (y/t) t
CLIPS>(exit)
    
```

Dari hasil verifikasi di atas dapat dilihat bahwa mekanisme inferensi yang menjadi inti dalam penelitian ini berjalan dengan baik khususnya pada pencocokan pola aturan dan penelusuran kebutuhan.

6. KESIMPULAN

Dari hasil analisis, perancangan hingga pengujian, maka beberapa hal penting yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinganya ternyata dapat dikembangkan dengan menggunakan kolaborasi aspek rekayasa pengetahuan untuk pendekatan kecerdasan buatan dan rekayasa perangkat lunak.
2. Berdasarkan pendekatan rekayasa pengetahuan, proses akuisisi pengetahuan khusus untuk domain gangguan pendengaran dan kelainan telinga ternyata lebih efektif menggunakan:
 - a. Metode wawancara langsung untuk mendapatkan pola dan struktur pengetahuan secara spesifik untuk memperoleh gambaran prosedur manual dalam proses diagnosis.
 - b. Metode observasi (*protocol analysis*) untuk memperoleh gambaran prosedur manual proses diagnosis.
3. Hasil dari proses akuisisi telah direpresentasikan melalui aturan-aturan (*IF-THEN rule*) sehingga penelusuran yang digunakan yaitu penalaran berbasis aturan (*rule-based reasoning*) dengan metode pencarian heuristik.
4. Spesifikasi kebutuhan baik fungsional maupun non-fungsional perangkat lunak dianalisis dengan pendekatan berbasis objek dengan menggunakan UML sebagai bahasa pendukung.
5. Setelah menganalisis kebutuhan fungsionalitas sistem, didapati sebuah kesempatan untuk mengembangkan teknologi sistem pakar dengan metode penalaran berbasis aturan yang telah diintegrasikan dalam pembangunan perangkat lunak.
6. Berdasarkan hasil analisis, proses pada sistem yang sedang berjalan khususnya kegiatan anamnesis gangguan pendengaran dihilangkan untuk menghindari redundansi hasil diagnosis ataupun ketaksamaan hasil diagnosis.
7. Sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinga untuk prototipe versi 1.0 menggunakan:
 - a. CLIPS untuk mekanisme inferensi dan pencocokan pola aturan
 - b. DirectX8 *library* yang digunakan untuk antarmuka pendukung antara Visual Basic dan *soundcard*
 - c. Visual Basic untuk antarmuka umum sistem.
8. Berdasarkan hasil pengujian prototipe sistem pakar pendiagnosis gangguan pendengaran dan kelainan telinganya, mekanisme inferensi dan aliran kontrol basis pengetahuan berjalan dengan baik.
9. Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dibangun memungkinkan untuk mengimbangi keterbatasan dokter ahli pada domain pemeriksaan dan diagnosis gangguan pendengaran dalam hal efisiensi waktu, ketersediaan dokter ahli, dan kualitas pemeriksaan dan diagnosis gangguan pendengaran.

PUSTAKA

- [1] Adams, George L, M.D., Boies, Lawrence, R, Jr., M.D., Higler, Peter A. M.D., *Buku Ajar Penyakit THT (Boies Fundamentals of Otolaryngology)*, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1989.
- [2] Abdelhamid Yasser, Hassan Hesham, Rafea Ahmed, *A Proposed Methodology For Expert System Engineering*, 2005, hal.1-5.
- [3] Buregge, Bernd, and Dutoit, Allen H., *Object-Oriented Software Engineering: Conquering Complex and Changing System*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc, 2000.
- [4] Booch Grady, Rumbaugh James, Jacobson Ivar, *Unified Modeling Language*, Massachusetts: Addison Wesley Company, 1999, hal. 27.
- [5] Cody, Thane R, M.D., C.M., Ph.D., Kern Eugene B, M.D., M.S., and Pearson, Bruce W, M.D., F.R.C.S.(C)., *Diseases of the Ears, Nose, and Throat*, Mayo Foundation, 1981.
- [6] Durkin John, *Expert System Design and Development*, New Jersey: Machmillan Publishing Company, 1996, hal. 7, 354-348.
- [7] Dennis, A., Wixom, Barbara H., and Tegarden, D., *Systems Analysis and Design*. Singapura: John Wiley & Sons, 2002.
- [8] Lou JunLu, *A Rock Bold Design Criterion and Knowledge Base Expert System For Stratified Root*, Virginia Polythecnic Institute and State University, 1999, hal. 133-137.
- [9] Luger, George, and Stubblefield, William A., *Artificial Intelligence*. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, 1993.
- [10] Marakas, George, *Decision Support System in The 21st Century*, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1999.
- [11] McLeod, Raymond Jr., *Sistem Informasi Manajemen*, Jilid 1, Edisi 7, Terjemahan Pearson Education Asia dan PT Prenhallindo. Jakarta: Pearson Education Asia, 2001.
- [12] Mansjoer, A., Triyanti, K., Savitri, R., Wardhani, Wahyu I., Setiowulan W., *Kapita Selekt Kedokteran*, Jilid 1, Edisi 3, Jakarta: Media Aesulapius Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 1999.
- [13] Riley Giarratano, *Expert System Principles and Programming*, Edisi 3, Boston: PWS Publishing Company, 2001.
- [14] Schmuller, Joseph, *SAMS Teach Yourself UML in 24 Hours*, Indianapolis: Sams Publishing, 1999.
- [15] Soepardi, Efiaty A.H Dr., Sp.THT, and Iskandar Nurbaiti H Dr., Prof., *Buku ajar Ilmu Kesehatan: Telinga Hidung Tenggorokan*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, 2000.
- [16] Turban Efraim, Aronson Jay.E, *Decision Supprt System and Intelligence System*, Edisi 6, New York: Prentice Hall, 2002, hal. 402-405.
- [17] Whitten, Jeffrey L., Bentley, Lonnie D., and Dittman, Kevin C., *System Analysis And Design Methods*, Edisi 5, New York: McGraw-Hill, 2001.