

SISTEM KECERDASAN BUATAN UNTUK ROBOT ASISTEN BERBASIS ALGORITMA CASE BASE REASONING

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ASSISTANT ROBOT BASED ON CASE BASE REASONING ALGORITHM

Donny Rhomanzah¹ Angga Rusdinar, S.T.,M.T.,PhD.² Unang Sunarya, S.T.,M.T.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹donnyrhomanzah@gmail.com, ²agr@telkomuniversity.ac.id,

³usa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini kebutuhan teknologi khususnya robot dalam hal alat penunjang aktivitas manusia semakin meningkat. Kebutuhan akan daya dukung robot terhadap asistensi pekerjaan sudah bukan suatu hal yang aneh lagi. Namun tetap saja masih terdapat sebuah dinding pemisah antara manusia dan robot, salah satunya adalah dalam segi sistem komunikasi antara manusia dan robot yang dirasa masih sulit. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dibuat suatu sistem asistensi cerdas yang disertai oleh antarmuka yang relatif lebih mudah. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan algoritma case based reasoning yang dipadukan dengan pengolahan suara meliputi Speech Recognition dan Speech Synthesis. Perpaduan metode ini diharapkan dapat mensintesis kemampuan berkomunikasi verbal pada manusia kedalam bentuk sistem cerdas. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah robot asisten yang dapat berinteraksi melalui komunikasi lisan dengan penggunanya melalui percakapan dalam bahasa Inggris. Adapun ruang lingkup fungsi yang dikuasai oleh robot ini adalah berupa pencari data dan pengatur agenda. Pada pengujian robot mampu memahami perkataan pengguna dengan akurasi rata-rata 70% pada ruangan sunyi dan 60% pada ruangan ramai.

Kata Kunci: *Case Base Reasoning (CBR), Robot Asisten, Speech Recognition, Speech Synthesis.*

Abstract

Today the needs of technology, especially robot, in term of supporting human activities is increasing. Now the needs of this assistance is not strange anymore. But, there are still separating wall between humans and robots that make their communication still hard. So we need an intelligent system to make this communication system to be easier. The method that can be used to solve this problem is Case Based Reasoning Algorithm that combined with Speech Processing, including Speech Recognition and Speech Synthesis. With this combination we able to synthesize human's verbal communications abilities into artificial intelligent system. The result of this final project research is an intelligent assistant robot that can use verbal language to communicate with the users. This robot has been programmed to do several function, such as for data searching and user's schedules manager. The test also show that robot can understand human language with 70% accuracy in free-noise rooms and 60% accuracy in room with noise.

Keywords: *Case Base Reasoning (CBR), Assistant Robot, Speech Recognition, Speech Synthesis.*

1. Pendahuluan

Dewasa ini robot bukanlah hal yang langka untuk ditemui. Peranan robot bisa di temui di hampir setiap sisi kehidupan manusia. Bahkan untuk sebagian orang, robot telah menjadi suatu kebutuhan khusus yang sangat diperlukan untuk membantunya melakukan suatu pekerjaan. Eratnya hubungan manusia dengan robot ini tentunya tidak terlepas dari kekurangan yang dimiliki oleh manusia. Dengan diciptakannya robot, manusia berharap kekurangan yang mereka miliki dapat tertutupi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, kemampuan robot pun semakin bertambah. Dari hanya mesin penghitung aljabar

sederhana, menjadi mesin prediksi matematik yang akurat. Area operasinya pun semakin luas, berawal dari area industri, kini robot telah mulai merambah ke area sekolah dan rumah tangga. Tentunya dengan fungsi dan kegunaan masing-masing. Salah satunya sebagai asisten pribadi.

Robot asisten (*Personal Assistant Robot*) adalah suatu robot yang ditugaskan untuk menggantikan peran asisten pribadi pada umumnya, seperti mengatur agenda aktivitas dan mengingatkan akan suatu acara pertemuan. Robot jenis ini masih menjadi topik hangat di dunia riset robotika. Sebagai contoh adalah robot Rapiro yang dibuat oleh Shota Ishiwatari. Rapiro adalah jenis robot asisten sederhana berukuran kecil, digerakkan oleh 24 servo dan dikendalikan oleh sebuah mini komputer. Fungsinya tidak berbeda dengan asisten pada artian nyata. Robot ini dapat memberitahu tentang ramalan cuaca, membaca berita, serta mengingatkan penggunaannya akan suatu agenda aktivitas. Semua fitur tersebut dapat diakses dengan suatu komando lisan sederhana.

Dalam penelitian ini penulis membuat suatu sistem kecerdasan yang akan diaplikasikan pada sebuah prototype robot asisten sederhana. Sistem kecerdasan ini dibuat dengan algoritma *Case Based Reasoning* serta bahasa pemrograman inteligensia AIML. Diharapkan sistem kecerdasan ini mampu merespon komunikasi lisan manusia dan menentukan keputusan yang tepat pada kondisi tertentu.

2. Dasar Teori dan Perancangan

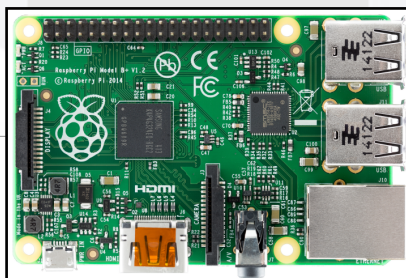
2.1. Robot

Pada hakekatnya robot dapat mendefinisikan robot sebagai suatu mesin yang dirancang secara khusus yang dapat dikontrol oleh manusia lewat sebuah processor atau kontroler dan digunakan untuk melakukan tugas tertentu[15]. Terdapat beberapa definisi lain berkaitan dengan robot, diantaranya[14]:

- Menurut Robotic Institute of America (RIA), robot adalah manipulator yang berfungsi jamak dan dapat diprogram ulang dan dirancang untuk mengangkut material, part, peralatan, atau perangkat khusus melalui peubah pergerakan terprogram untuk melakukan tugas bervariasi.
- Robot merupakan peralatan yang melakukan fungsi-fungsi yang biasa dilakukan oleh manusia, atau pelayanan yang bekerja dengan kecerdasan yang mirip dengan kecerdasan manusia.
- Robot merupakan suatu mesin mekanik yang dapat melakukan suatu pekerjaan terprogram baik dengan pengawasan manusia (robot teleoperasi) maupun tanpa pengawasan manusia (robot otomatis).

2.2. Single Board Computer

Single Board Computer (SBC) merupakan perangkat komputer yang dikemas dalam satu papan PCB yang berisi mikroprosesor, memory, dan antar muka I/O[16]. Idealnya SBC mempunyai suatu kemampuan yang sama dengan komputer pada umumnya, hanya saja ukurannya diperkecil sehingga dapat lebih memudahkan penggunaan dan perakitannya. Pada awal pembuatannya, SBC difungsikan untuk keperluan demonstrasi suatu sistem, pendidikan, dan suatu kontroler khusus. Namun pada perkembangannya, SBC mulai merambah ke penggunaan secara umum di masyarakat. Sebut saja Raspberry Pi, yang merupakan salah satu SBC yang diproduksi untuk keperluan pendidikan komputer dan penggunaan umum.



Gambar 1 Raspberry Pi B+, SBC dengan ram 512MB[2]

2.3. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan dapat didefinisikan sebagai sebuah algoritma tertanam yang memungkinkan mesin (khususnya komputer) dapat berpikir layaknya manusia[8]. Berikut adalah beberapa definisi kecerdasan buatan menurut beberapa sumber :

- H. A. Simon (1987): Kecerdasan buatan (artificial intelligence) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang -dalam pandangan manusia adalah- cerdas.
- Rich and Knight (1991): Kecerdasan Buatan (AI) merupakan sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia.”[10]
- Encyclopedia Britannica: Kecerdasan Buatan (AI) merupakan cabang dari ilmu komputer yang dalam merepresentasi pengetahuan lebih banyak menggunakan bentuk simbol-simbol daripada bilangan, dan memproses informasi.

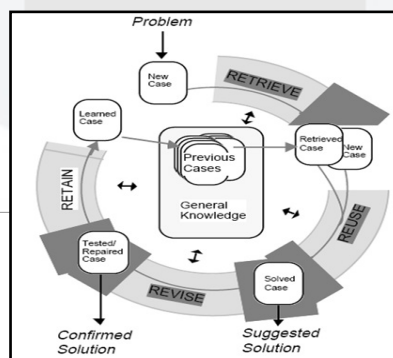
Dengan definisi seperti diatas, pada perkembangannya domain penelitian AI menjadi sangat beragam. Untuk lebih menyederhanakannya, kemudian domain penelitian ini dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Formal Task, meliputi bidang matematika dan *video game*.
2. Mundane Task, meliputi persepsi, robotika, *natural language*, *common sense*, dan *reasoning*.
3. Expert Task, meliputi analisis finansial, diagnosa medis, *engineering*, dan analisis sains.

Pada penelitian ini penulis mengambil 2 pokok bahasan yaitu *natural language* dan *reasoning*. *Natural Language* adalah suatu kecerdasan buatan yang berhubungan dengan kemampuan komputer dalam berkomunikasi secara bahasa dengan manusia. Bahasan ini diambil sebab pada robot asisten yang dirancang terdapat kecerdasan komunikasi yang sama, yaitu melalui bahasa. Sedangkan bahasan *reasoning* diambil karena berhubungan langsung dengan konsep algoritma *Case Based Reasoning (CBR)*, yang merupakan algoritma utama dalam perancangan sistem cerdas dalam robot ini.

2.4. Case Based Reasoning (CBR)

Case Based Reasoning, atau selanjutnya disingkat menjadi CBR, adalah sebuah sistem yang menggunakan pengalaman lama atau kasus-kasus lama untuk menyelesaikan masalah baru[7]. CBR juga dapat diartikan sebagai algoritma penyelesaian masalah dengan melihat bagaimana masalah serupa yang ditemui sebelumnya diselesaikan. Algoritma penyelesaian masalah ini sangat mirip sekali dengan bagaimana seorang manusia berpikir dan menyelesaikan masalah dihadapi. Secara tidak sadar, manusia berpikir dengan cara melihat kejadian yang telah terjadi di masa lampau. Kemampuan berpikir seperti ini kemudian merancang manusia tersebut menjadi seorang yang ahli karena pengalaman. Semakin banyak pengalaman yang didapat, semakin ahli dia dalam bidang tersebut.



Gambar 2 Pola kerja algoritma CBR[8]

Hal ini kemudian diturunkan menjadi sebuah algoritma pemrograman yang bertujuan agar suatu sistem dapat melakukan penalaran berbasis pengalaman yang pernah ia alami sebelumnya. Sama seperti pada manusia, pengalaman yang dialami akan disimpan sebagai data dalam memori, yang kemudian dipanggil satu persatu untuk dibandingkan dengan masalah yang baru. Dengan kata lain semakin banyak data yang sistem itu miliki, semakin baik pula akurasi penyelesaian masalahnya.

Terdapat dua syarat yang harus dipenuhi oleh database agar sebuah sistem CBR dapat berfungsi dengan baik, Pertama, kasus-kasus yang ditemui harus berada dalam sebuah ruang kontinyu (terdapat perbedaan waktu antara masalah baru dan masalah lama). Kedua, database harus tersusun dengan struktur yang rapi, sehingga proses pencarian data dapat dilakukan dengan baik[4].

Terdapat empat tahapan kerja pada algoritma CBR dengan rincian tahapan adalah sebagai berikut ini[1]:

- 1) Retrieve: Tahap menerima masalah baru dan mencari masalah lama yang memiliki kesamaan dengan masalah baru yang dihadapi.
- 2) Reuse: Tahap menggunakan kembali informasi yang terdapat pada masalah lama yang memiliki kesamaan (*similarity*) dengan kasus yang baru untuk menyelesaikan kasus baru tersebut.
- 3) Revise: Tahap meninjau kembali masalah untuk menyesuaikan dengan masalah yg baru. Revise hanya dilakukan jika kasus baru tidak ada dalam database tapi memiliki sedikit kesamaan dengan kasus yang lama.
- 4) Retain: Tahap menelaah apakah informasi tentang masalah yang baru ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah kedepannya. Pada data mengenai masalah yang baru saja diselesaikan akan disimpan di database.

Adapun metode yang dapat dipakai untuk mencari kesamaan (*similarity*) masalah pada tahap *retrieve* dapat digunakan metode *Nearest Neighbor*. Metode ini menghitung jarak kedekatana antara fitur suatu masalah dengan cara pencocokan bobot dari tiap fitur masalah yang ada. Rumus umum daripada metode ini adalah sebagai berikut:

$$Similarity(T,S) = \sum_{i=1}^n f(T_i,S_i) \times w_i \quad (1)$$

Keterangan:

- T* : Kasus baru
- S* : Kasus lama dalam *database*
- n* : Jumlah atribut tiap kasus
- i* : Atribut individu antara 1 sampai dengan n
- f* : Fungsi *similarity* i antara kasus T dan kasus S
- w* : Bobot yang diberikan pada atribut ke- i

2.5. Artificial Intelligence Markup Language (AIML)

AIML merukan sebuah bahasa scripting interpreter yang merupakan turunan dari bahasa Extensible Markup Language (XML) namun dengan fungsi yang lebih spesifik[16]. Bahasa ini diciptakan Dr. Richard Wallace dengan salahsatu tujuan yaitu untuk membangun suatu sistem stimulus-response berbasis pengetahuan dari suatu sistem.

Pada praktiknya, AIML sering digunakan untuk membuat sebuah chatbot, yang merupakan suatu implementasi dari salahsatu domain penelitian AI yaitu kemampuan dalam berkomunikasi dengan bahasa natural. AIML mempunyai suatu keunggulan yang unik, yaitu dapat menerima input dengan struktur kata yang acak, dengan kata lain AIML dapat diprogram agar mempunyai toleransi yang besar terhadap masukan dari pengguna. Dengan alasan tersebut, penulis menilai AIML sangat cocok untuk digunakan pada ini.

Karena dikembangkan dari bahasa XML, maka format penulisan bahasa AIML sangat menyerupai XML dan HTML, yaitu disusun dalam bentuk tag. Tag-tag berfungsi untuk mendeklarasikan setiap isi dari stimulus AIML dan disusun sedemikian rupa hingga membentuk suatu sistem stimulus yang mampu merespon bahasa komunikasi dari lawan bicaranya.

Kurang lebih terdapat 41 tag dengan fungsi yang berbeda dalam bahasa pemrograman AIML. Namun terdapat 5 tag dasar pada bahasa AIML yang digunakan sebagai pondasi dasar program ini. Berikut kelima tag yang dimaksud beserta fungsi penggunaannya:

Table 1 Tag pada bahasa Pemrograman AIML beserta fungsinya

Tag	Fungsi
<AIML> </AIML>	Mendeklarasikan bahwa bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa pemrograman AIML.
<category> </category>	Penanda pengetahuan atau sebagai kategori pengetahuan tentang suatu hal, misal pengetahuan tentang “Warna Bendera Indonesia”
<pattern> </pattern>	Suatu input yang dimasukan user (lawan bicara dari sistem), misal “Apa warna bendera Indonesia?”
<template> </template>	Respon atas pattern, misal “Warna bendera Indonesia adalah Merah Putih”
<random> </random>	Berfungsi untuk memilih secara acak jawaban yang akan diberikan pada user

2.6. Konsep Performansi pada Sistem Pengenalan

Setiap sistem tentunya mempunyai parameter-parameter khusus yang kemudian menjadi bahan rujukan untuk menentukan seberapa baik sistem itu berjalan atau lebih dikenal dengan istilah performa sistem. Performa sistem dapat diartikan juga sebagai tingkatan untuk memenuhi kombinasi perangkat lunak yang diinginkan[6]. Namun berbeda dengan sistem matematis, pada sistem pengenalan (recognition system), parameter-parameter yang digunakan pada penentuan performa sistem tersebut biasanya merupakan hasil validasi dari nilai keluaran yang dihasilkan oleh sistem itu sendiri dan menghasilkan kemungkinan benar atau salah saja (biner). Pada sistem pengenalan, hasil validasi keluaran tersebut dapat dibagi 4 kemungkinan, yaitu[5]:

- Positif Benar (True Positive) : Masukkan dikenali dan benar.
- Negatif Benar (True Negative) : Masukkan tidak dikenali dan salah.
- Positif Salah (False Positive) : Masukkan dikenali tapi salah.
- Negatif Salah (False Negative) : Masukkan tidak dikenali dan salah.

Dari kemungkinan yang diperoleh pada tabel diatas, dapat diukur beberapa parameter yang selanjutnya dapat menunjukkan seberapa baik sistem tersebut bekerja. Adapun beberapa parameter tersebut adalah akurasi, kepresisian, spesifisitas, dan stabilitas. Dengan rumus[5]:

$$Akurasi = \frac{Positif\ Benar + Negatif\ Benar}{Jumlah\ Percobaan} \quad (2)$$

$$Kepresisian = \frac{Positif\ Benar}{Positif\ Benar + Positif\ Salah} \quad (3)$$

$$Spesifisitas = \frac{Negatif\ Benar}{Negatif\ Benar + Positif\ Salah} \quad (4)$$

$$Sensitifitas = \frac{Positif\ Benar}{Positif\ Benar + Negatif\ Salah} \quad (5)$$

2.7. Perancangan Elektronika

Pada bagian elektronika perangkat, penulis membaginya menjadi 4 bagian utama. Yaitu bagian input, processor, output, dan power supply. Pada bagian *input* terdapat sebuah mikrofon yang sudah disertai filter dan sebuah layar sentuh. Mikrofon berfungsi untuk mengkonversi gelombang analog non elektrik berupa gelombang akustik, menjadi gelombang analog elektrik. Mikrofon ini sudah disertai dengan filter yang berfungsi untuk menyaring *noise* dengan frekuensi

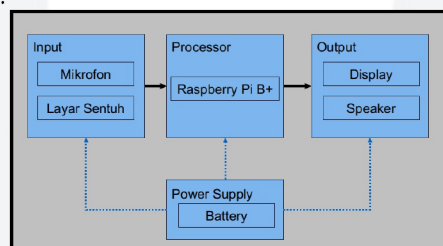
diluar frekuensi suara manusia. Adapun layar sentuh berfungsi sebagai antar muka tambahan bagi pengguna. Pada penelitian ini penulis menggunakan mikrofon *built-in* yang terdaat pada kamera Mikropack C16-FC. Mikrofon ini telah disertai dengan amplifier

Selanjutnya pada bagian prosessor terdapat sebuah SBC (*Single Board Computer*) yang berfungsi sebagai alat pemroses utama yang disertai *microSD* sebagai media penyimpanan datanya. Adapun jenis SBC yang digunakan adalah Raspberry pi B+. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa alasan antara lain:

- a) *Open Source*. Setiap bagian dari Raspberry pi B+ bisa di kembangkan dan dikhususkan fungsinya.
- b) Spesifikasi memenuhi standar. Raspberry pi B+ mempunyai spesifikasi hardware yang cukup memenuhi kebutuhan dalam pembuatan perangkat ini.
- c) Harga lebih terjangkau. Raspberry pi B+ dijual dengan harga yang relatif lebih murah dari SBC lainnya dengan spesifikasi sebanding.

Pada bagian output terdapat *speaker* dan *digital display* yang berfungsi untuk menampilkan respon dari sistem terhadap input yang masuk. Pada bagian speaker, penulis menggunakan speaker aktif dengan daya rendah dan disuplai dengan tegangan sebesar 5v. Sedangkan untuk bagian *digital display*, penulis menggunakan *display* jenis TFT buatan ITEad Studio yang berdimensi 2,8". *Display* ini telah disertain olah *touchscrean* sehingga pengguna tidak lagi membutuhkan perangkat *input* umum, seperti *keyboard* dan *mouse* (tetikus), untuk dapat berinteraksi dengan perangkat. Adapun sistem antarmuka pada perangkat yang digunakan adalah dengan menghubungkan *jack speaker* ke port audio output di Raspberry pi dan menghubungkan *digital display* ke port GPIO Raspberrypi.

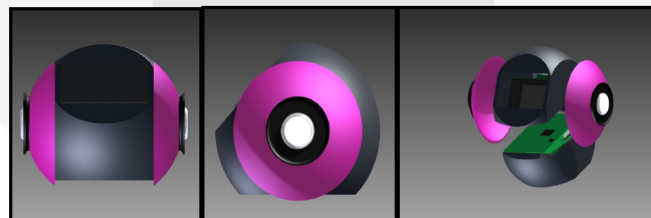
Adapun gambaran diagram blok dari sistem elektronika pada robot asisten yang penulis buat adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Diagram blok elektronika robot

2.8. Perancangan Mekanik

Pada bagian perancangan mekanik, penulis melakukan beberapa tahapan kerja, yaitu tahapan desain perangkat dan tahap implementasi perangkat. Pada tahap desain perangkat, penulis mendesain robot ini dengan dimensi kotak 15x15x15 cm. Bentuk perangkat ini akan menyerupai bola dengan layar sentuh di salah satu sisinya. Adapun *software* yang penulis gunakan untuk mendesain perangkat ini adalah Autodesk Inventor Pro 2012 Student Version. Berikut adalah rancangan 3d dari perangkat yang penulis dibuat:

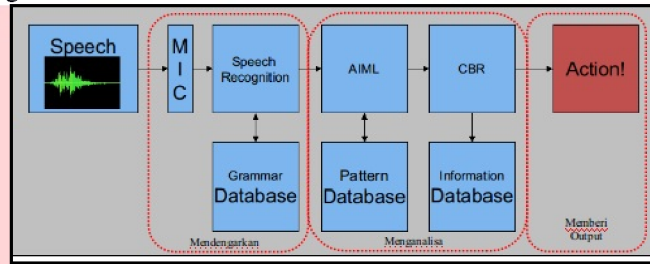


Gambar 4 (kiri) tampak depan, (tengah) tampak samping, (kanan) tampak prespektif

2.9. Perancangan Software

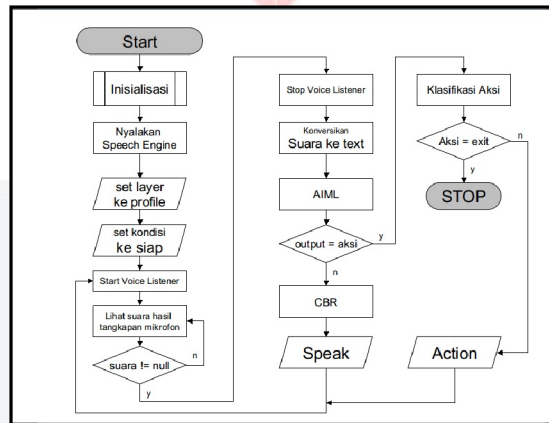
Pada bagian perancangan sistem perangkat lunak, penulis mendesain sistem kecerdasan dengan menduplikasi sistem pertukaran informasi secara lisan pada manusia dan cara berpikir manusia. Sebagaimana kita tahu pada proses tersebut terdapat proses mendengarkan (menerima *input*), menganalisa, dan melakukan aksi (memberikan *output*) baik berbicara atau aksi yang lainnya.

Serangkaian proses tersebut kemudian penulis duplikasi menjadi sebuah sistem dengan diagram blok sebagai berikut:



Gambar 5 Diagram blok proses

Diagram blok tersebut kemudian disusun menjadi algoritma yang dapat digambarkan dengan diagram alir berikut ini:



Gambar 6 Flowchart Sistem

3. Pembahasan

3.1. Pengujian

Pada tahap pengujian penulis mengadakan 10 percobaan dimana 7 percobaan berkaitan dengan kemampuan robot untuk memahami bahasa lisan manusia, dan 3 percobaan lainnya berkaitan dengan kemampuan intelijensi robot dalam menyelesaikan tugas. Berikut adalah hasil yang penulis dapatkan:

- 1) Uji *Speech Recognition I* : Akurasi = 82.22%
- 2) Uji *Speech Recognition II* : Akurasi = 83.33%
- 3) Uji *Speech Recognition III* : Akurasi = 68.88%
- 4) Uji *Speech Recognition IV* : Akurasi = 70.00%
- 5) Uji *Speech Recognition V* : Akurasi = 64.44%
- 6) Uji *Speech Recognition VI* : Akurasi = 70.00%
- 7) Uji *Speech Recognition VII* : Akurasi = 51.11%
- 8) Uji Otomasi : Akurasi = 53.33%
- 9) Uji Pembelajaran : Akurasi = 66.66%
- 10) Uji Keterampilan Akhir : Akurasi = 63.2%

3.2. Analisa Hasil Pengujian

Setelah dilakukan peninjauan kembali akan hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis kemudian dapat menarik beberapa analisa terkait dari hasil uji sistem tersebut. Berikut adalah beberapa analisa terkait data hasil uji yang penulis dapat:

- 1) Derau suara yang sangat mempengaruhi akurasi pengenalan kata pada sistem ini, hal ini dapat dilihat pada pengujian *Speech Recognition VII* dimana akurasi yang didapat adalah yang terkecil.
- 2) Perbedaan suara pada lawan bicara robot tidak terlalu menjadi masalah, hal ini dibuktikan pada pengujian *Speech Recognition V* dan *VI*, dimana nilai akurasi yang didapat masih

cukup baik dan tidak mengalami simpangan yang besar dari pengujian pada suara yang berasal dari satu orang saja.

- 3) Algoritma pembelajaran yang ditanamkan pada dinilai robot sudah cukup baik, hal ini dapat dilihat dari akurasi yang didapat pada pengujian pembelajaran.
- 4) Waktu pakai perangkat tidak terlalu mempengaruhi peforma sistem, hal ini dapat dilihat dari peforma sistem pada pengujian akhir yang stabil dan menghasilkan tingkat akurasi yang didapat adalah cukup baik.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian pengujian dan analisa hasil pengujian pada perancangan sistem kecerdasan buatan untuk robot asisten berbasis *case based reasoning*, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan, antara lain:

- 1) Sistem kecerdasan buatan yang dirancang dan kemudian ditanamkan pada robot asisten telah mampu memenuhi tujuan kompetensi dari akhir ini. Robot sudah dapat mengerti bahasa lisan manusia dengan akurasi rata-rata 70%.
- 2) Kecepatan *speech recognition* program sangat bergantung pada panjang data suara tangkapan mikrofon. Penulis mendapatkan waktu 0.8 sekon sebagai waktu *recognition* tercepat.
- 3) Lapisan layar sentuh pada monitor TFT yang digunakan sangat sensitif, sehingga tidak jarang melakukan *self error* berupa mengeluarkan *input* otomatis tanpa ada kontak dengan luar.
- 4) Sisten ini mempunyai *rating* pembelajaran yang cukup tinggi, hal ini dapat dibuktikan dengan tidak adanya kesalahan yang dibuat sistem pada saat pengujian pembelajaran.

Daftar Pustaka

- [1] Aamodt, Agnar and Plaza, Enric. 1994. "*Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*". Artificial Intelligence Communication 7. pp 39-52.
- [2] Ada. 2014. "*Introducing the Rasberry Model B+*". UK: Adafruit Industries.
- [3] Allen, Jonathan; Hunnicutt, M. Sharon; Klatt, Dennis. 1987. "*From Text to Speech: The MITalk System*". Cambridge: Cambridge University Press.
- [4] Aribowo, Agus S. dan Khomsah, Siti. 2012. "*Metode Case Retrieve Dalam Case Based Reasoning Untuk Identifikasi Penyakit Manusia*". Yogyakarta: UPN Veteran.
- [5] Fawcelt, Tom. 2006. "*An Introduction to ROC Analysis*". *Pattern Recognition Letter* 27 (8). pp.861-874.
- [6] IEEE Standard Board. 1990. "*IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*". New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering.
- [7] Kolodner, Janet L. 1992. "*An Introduction to Case-Based Reasoning*". College of Computing Georgia of Technology. Artificial Intelligence Review 6, 3-34.
- [8] Russel, Stuart and Norvig, Peter. 1995. "*Artificial Intelligence: A Modern Approach*". Prentice Hall International.
- [9] Rich, Eline and Knight, Kevin. 2009. "*Artificial Intelligence: Third Edition*". Singapore: McGraw-Hill.
- [10] Stallings. 2005. "*Operating Systems, Internals and Design Prociplles*". Pearson: Prentice Hall.
- [11] Suyahdi, Taufiq D. S. 2008. "*Build Your Own Line Follower Robot*". Yogyakarta: Andi Offset
- [12] Suyanto. 2007. "*Artificial Intelegent*". Yogyakarta: Andi Offset.
- [13] Wallace, Richard S. 2003. "*The Elements of AIML Style*". San Francisco CA: ALICE A.I. Foundation, Inc.
- [14] Wicaksono, Doni. 2011. "*Implementasi Pengontrolan Kecepatan Motor DC Pada Robot Beroda Menggunakan Logika Fuzzy Berdasarkan Pembacaan Sensor Ultrasonik*". Bandung: IT Telkom.
- [15] Widayanto, Dian Wahyu. 2012. "*Desain dan Implementasi Robot Mobil Pengikut Benda Bergerak Dengan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 128*". Bandung: IT Telkom.
- [16] Rosch, Winn. 1999. "*Hardware Bible Fifth Edition*". ISBN0-7897-1743-3. pp.50-51.