

**Implementasi Algoritma Akustik *Voice Activity Detection*
(VAD) dan *Automatic Gain Control* (AGC) pada
*Intellegent Voice Assistant***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



Oleh :

**VANISSA WANIKA SIBURIAN
09011381722094**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA AKUSTIK *VOICE ACTIVITY DETECTION* (VAD) DAN *AUTOMATIC GAIN CONTROL* (AGC) PADA *INTELLEAGENT VOICE ASSISTANT*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

Vanissa Wanika Siburian

09011381722094

Palembang, ¹² Juli 2021

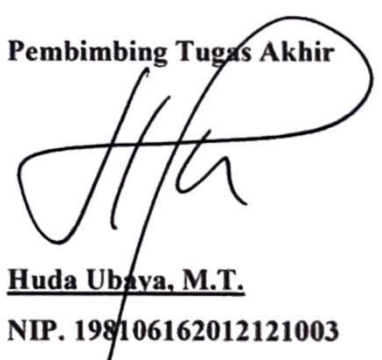
Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Iq. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir



Huda Ubaya, M.T.

NIP. 198106162012121003

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 6 Juli 2021

Tim Penguji:

1. Ketua Sidang : Ahmad Zarkasi, M.T



2. Sekretaris Sidang : Rendyansyah, M.T



3. Penguji Sidang : Kemahyanto Exaudi, M.T



4. Pembimbing : Huda Ubaya, M.T



Mengetahui, 7/7/21

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda yangan dibawah ini:

Nama : Vanissa Wanika Siburian
NIM : 09011381722094
Program Studi : Sistem Komputer
Judul : Implementasi Algoritma Akustik *Voice Activity Detection* (VAD)
dan *Automatic Gain Control* (AGC) pada *Intellegent Voice Assistant*

Hasil pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 9%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari universitas Sriwijaya. Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Juli 2021



Vanissa Wanika Siburian

09011381722094

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

Segala sesuatu yang kita lakukan semua itu adalah rancangan terbaik dari Tuhan untuk kehidupanmu. Manisnya hidup tidak tergantung dari banyaknya kamu bahagia, namun seberapa bersyukur kamu akan segala hal yang datang dalam hidupmu.

"Semua akan indah pada waktunya." (Pengkhotbah 3:11)

"Janganlah hendaknya kamu khawatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur." (Filipi 4:6)

Ku persembahkan untuk:

- **Orang tua terkasih, adik tersayang dan keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepadaku.**
- **Teman-teman seperjuangan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya angkatan 2017 yang tidak akan kulupakan**
 - **Almamaterku Universitas Sriwijaya**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang atas segala berkat, kasih sayang, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “Implementasi Algoritma Akustik *Voice Activity Detection* (VAD) dan *Automatic Gain Control* (AGC) pada *Intellegent Voice Assistant*”.

Dalam tugas akhir ini penulis menjelaskan mengenai pengimplementasian algoritma akustik *Voice Activity Detection* (VAD) dan *Automatic Gain Control* (AGC) pada *Intellegent Voice Assistant* dengan disertai data-data yang diperoleh penulis saat melakukan pengujian. Penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak, dan menjadi tambahan bahan bacaan bagi yang tertarik meneliti mengenai algoritma akustik dan *Intellegent Voice Assistant*.

Pada penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan ide dan saran serta bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
2. Bapak Dr.Ir. Sukemi,M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
3. Bapak Huda Ubaya, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing Tugas Akhir di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
4. Seluruh Dosen, Staff dan karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
5. Kedua orang tua, saudara, dan Keluarga Besar tercinta yang selalu mendoakan dan memberika motivasi dan *support*
6. Kepada saudara Abdi dan Ryan yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan masalah yang sulit.
7. Teman-teman seperjuangan Sistem Komputer Angkatan 2017 Bukit yang selalu kompak dan selalu mendukung.

8. Teman seperjuangan di dalam LAB. Perangkat Keras Komputer dan Teknologi Komponen Ika, Virani, Nanda, Hadi, Syafiq Riadi, Syafiq Prayuda.
9. Adik terkasih Tesa yang selalu mendengarkan keluh kesah dan *men-support* penulis
10. Dan semua kerabat yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Masih terdapat banyak kekurangan dalam pembuatan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis sangat menerima kritik, saran, dan koreksi terhadap isi dari tugas akhir ini yang bersifat membangun. Semoga dengan tugas akhir ini akan menjadi tambahan ilmu pengetahuan dan pengembangan wawasan kita dan bermanfaat bagi semuanya. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terimakasih.

Palembang, Juli 2021

Penulis

Vanissa Wanika Siburian

09011381722094

Implementasi Algoritma Akustik *Voice Activity Detection (VAD)* dan *Automatic Gain Control (AGC)* pada *Intelligent Voice Assistant*

Vanissa Wanika Siburian (09011381722094)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas
Sriwijaya

Email : vanissasiburian@gmail.com

ABSTRAK

Dalam sistem interaksi manusia dan mesin, ada beberapa media yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan ataupun perintah salah satunya secara berbicara. Salah satu bentuk perkembangan teknologi masa kini yang berkaitan dengan sistem interaksi manusia dan mesin adalah *Intelligent Voice Assistant*. Dalam interaksi secara bicara, mesin dapat memahami kata-kata dalam bentuk sinyal suara. Sinyal suara yang didapat terkadang akan rusak oleh berbagai interferensi, misalnya *noise* serta gema. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk meredam *noise* pada sinyal suara yaitu dengan menggunakan algoritma *Voice Activity Detection (VAD)* dan *Automatic Gain Control (AGC)*. Algoritma VAD berfungsi untuk mendeteksi antara suara dan *noise* pada sinyal suara sedangkan algoritma AGC berfungsi untuk mengontrol gain pada sinyal secara otomatis. Dari hasil proses yang telah dilakukan didapatkan hasil dari algoritma VAD yaitu ketika algoritma mendeteksi adanya suara maka diberikan nilai 1 sedangkan ketika mendeteksi adanya *noise* diberikan nilai 0. Kemudian dari hasil pendeteksian tersebut dilanjutkan dengan menggunakan algoritma AGC untuk menstabilkan gain pada sinyal tanpa mengurangi nilai frekuensi pada sinyal tersebut. Hasil yang diperoleh dari kedua algoritma tersebut yaitu sinyal suara yang bersih.

Kata kunci : *intelligent voice assistant*, algoritma akustik, *voice activity detection*, *automatic gain control*

Implementation of Acoustic Voice Activity Detection (VAD) and Automatic Gain Control (AGC) Algorithms on Intelligent Voice Assistant

Vanissa Wanika Siburian (09011381722094)

Departement of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Universitas Sriwijaya

Email : vanissasiburian@gmail.com

ABSTRACT

In the human-machine interaction system, there are several media that can be used to convey messages or orders, one of which is speaking. One form of today's technological developments related to human-machine interaction systems is the Intelligent Voice Assistant. In speech interaction, machines can understand words in the form of voice signals. The sound signal obtained will sometimes be damaged by various interferences, such as noise and echo. There are several methods that can be used to reduce noise in voice signals, namely by using the Voice Activity Detection (VAD) and Automatic Gain Control (AGC) algorithms. The VAD algorithm functions to detect between sound and noise in the voice signal, while the AGC algorithm functions to control the gain in the signal automatically. From the results of the process that has been carried out, the results of the VAD algorithm are obtained, namely when the algorithm detects the presence of sound, it is given a value of 1 while when it detects the presence of noise it is given a value of 0. the signal. The results obtained from the two algorithms are clean voice signals.

Keyword : intelligent voice assistant, acoustic algorithm, voice activity detection, automatic gain control

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA	
2.1 Suara.....	6
2.2 Sinyal Suara	7
2.3 <i>Noise</i>	8
2.4 <i>Intellegent Voice Assistant</i>	8
2.5 Algoritma Akustik.....	9
2.5.1 <i>Voice Activity Detection (VAD)</i>	10
2.5.1.1 <i>Full-Band Energy</i>	10
2.5.1.2 <i>Ratio Low-Band Energy to Full-Band Energy</i>	11
2.5.1.3 <i>Zero Crossing Rate</i>	11
2.5.1.4 <i>Peakiness Measure</i>	12

2.5.1.5 VAD Decision	13
2.5.2 Automatic Gain Control (AGC)	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan	15
3.2 Kerangka Kerja Penelitian	15
3.3 Kerangka Kerja Metodologi	16
3.4 Dataset	17
3.5 Pre-Processing	19
3.6 Pengolahan Data Suara	19
3.7 Voice Activity Detection (VAD)	20
3.8 Acoustic Gain Control	21
3.9 Realtime Testing	22

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan	23
4.2 Pre-processing Dataset	23
4.3 Pengolahan Data	26
4.4 Implementasi Voice Activity Detection (VAD)	28
4.5 Implementasi Automatic Gain Control (AGC)	32
4.6 Realtime testing	35
4.6.1 Implementasi Algoritma	38
4.7 Analisa Pengujian	42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN	44
5.2 SARAN	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Suara	6
Gambar 2.2 Gelombang suara merambat menuju telinga	6
Gambar 2.3 Contoh sinyal suara (a) sinyal suara bersih (b) sinyal suara Bernoise	7
Gambar 2.4 Cara kerja VAD	9
Gambar 2.5 Diagram proses AGC.....	14
Gambar 3.1 Alur Kerangka Kerja.....	16
Gambar 3.2 Alur kerangka kerja metodologi	17
Gambar 3.2 Diagram alur proses VAD	20
Gambar 3.3 Diagram alur proses AGC	21
Gambar 3.4 Diagram proses realtime test	22
Gambar 4.1 Persiapan dataset keyword “ON”	24
Gambar 4.2 List data <i>keyword</i> “ON”	24
Gambar 4.3 Sampel sinyal asli (a) Sampel sinyal 1, (b) Sampel sinyal 2, (c) Sampel sinyal 3	25
Gambar 4.4 Sinyal <i>background noise</i>	26
Gambar 4.5 Sinyal <i>noise</i> 1.....	26
Gambar 4.6 Sinyal <i>noise</i> 2.....	27
Gambar 4.7 Sinyal <i>noise</i> 3.....	27
Gambar 4.8 Hasil VAD sinyal 1.....	28
Gambar 4.9 Hasil VAD sinyal 2.....	29
Gambar 4.10 Hasil VAD sinyal 3.....	29
Gambar 4.11 Visualisasi parameter VAD Sinyal 1	30
Gambar 4.12 Visualisasi parameter VAD Sinyal 2.....	31
Gambar 4.13 Visualisasi parameter VAD Sinyal 3.....	31
Gambar 4.14 Hasil Sinyal 1 sesudah proses AGC	33
Gambar 4.15 Hasil Sinyal 2 sesudah proses AGC	33
Gambar 4.16 Hasil Sinyal 3 sesudah proses AGC	33
Gambar 4.17 Nilai array dari sampel data sinyal 2	34
Gambar 4.18 Persiapan data <i>record</i> untuk <i>realtime testing</i>	35

Gambar 4.19 Sinyal record 1	36
Gambar 4.20 Sinyal record 2	36
Gambar 4.21 Sinyal record 3	36
Gambar 4.22 Sinyal record 4	37
Gambar 4.23 Sinyal record 5	37
Gambar 4.24 Sinyal record 6	37
Gambar 4.25 Hasil VAD Sinyal record 1	38
Gambar 4.26 Hasil VAD Sinyal record 2	38
Gambar 4.27 Hasil VAD Sinyal record 3	39
Gambar 4.28 Hasil VAD Sinyal record 4	39
Gambar 4.29 Hasil VAD Sinyal record 5	39
Gambar 4.30 Hasil VAD Sinyal record 6	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Banyak rekaman dari setiap kata yang ada dalam dataset	18
Tabel 4.1 Hasil nilai SNR.....	28
Tabel 4.2 Perbandingan nilai SNR data sampel sebelum dan sesudah algoritma serta metode sebelumnya	35
Tabel 4.3 Perbandingan hasil sebelum dan sesudah menggunakan algoritma Automatic Gain Control (AGC).....	40
Tabel 4.4 Perbandingan nilai SNR data realtime sebelum dan sesudah algoritma serta metode sebelumnya	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Form Revisi Pembimbing	A -1
Lampiran 2 Form Revisi Penguji	B-1
Lampiran 3 Hasil cek plagiat.....	C-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem interaksi manusia dan mesin, ada beberapa media yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan ataupun perintah[1]. Manusia memiliki beberapa cara untuk berinteraksi seperti dengan kontak mata, bahasa tubuh dan juga berbicara. Cara yang sangat sering digunakan oleh manusia dalam berinteraksi ialah dengan berbicara. Dengan berbicara, informasi yang akan disampaikan dapat lebih jelas serta dapat lebih mudah untuk dimengerti[1]. Salah satu bentuk perkembangan teknologi masa kini yang berkaitan dengan sistem interaksi manusia dan mesin adalah *Intelligent Voice Assistant* [2]. Sistem ini telah dibuat sejak lama dan seiring berjalannya waktu terus meningkat dan berkembang[2]. Salah satu *voice assistant* paling populer adalah Siri, dari Apple, Amazon Echo, yang merespons nama Alex dari Amazon, Cortana dari Microsoft, Google Assistant dari Google, dan asisten cerdas yang baru muncul dari Yandex, dengan nama “Alice”[3][4][5]. Dan seiring berjalannya waktu kemajuan dari sistem ini digunakan kedalam *smart home*. *Smart home* adalah perpanjangan alami dari teknologi informasi yang dimana konsep utamanya mengacu pada kenyamanan, waktu luang, dan perawatan Kesehatan[6].

Dalam interaksi secara bicara, mesin dapat memahami kata-kata dalam bentuk sinyal suara. Sinyal suara merupakan suatu sinyal analog yang memerlukan pemrosesan lebih lanjut sebelum dapat dipahami oleh mesin[1]. Sinyal yang diamati di dunia nyata biasanya rusak oleh berbagai jenis interferensi, misalnya *noise* dan gema[7]. Untuk mengenali ucapan yang terganggu oleh *noise* dengan baik, maka diperlukan suatu metode untuk mengatasi masalah tersebut. Terdapat beberapa metode yang sudah digunakan, antarlain: *Gaussian Mixture Model* (GMM, [8]), *Hidden Markov Model* (HMM, [9]) atau *Multi-Layer Perceptron* (MLP, [8]).

Dari beberapa metode yang telah digunakan masih ditemui kendala yaitu terbatasnya jumlah data *training* dalam pengaplikasian dan kepekaan terhadap ketidaksesuaian antara kondisi *training* dan *testing*[10]. Proses untuk mengenali ucapan dari sinyal suara yang digunakan memiliki jumlah data yang besar, sehingga diperlukan sebuah metode baru yang mampu mengenali ucapan dari sinyal suara dengan baik. Metode lain yang dapat digunakan untuk mengenali ucapan dengan baik yaitu dengan menggunakan *Voice Activity Detection* (VAD) dan *Automatic Gain Control* (AGC).

VAD merupakan salah satu algoritma akustik untuk melakukan pemrosesan ucapan. VAD mengacu pada masalah membedakan segmen ucapan dari kebisingan latar belakang dalam aliran audio[10]. Karakteristik utama yang diharapkan dari algoritma VAD umumnya adalah efisiensi tinggi dan ketahanan terhadap *noise*, serta latensi komputasi yang rendah[10]. AGC juga termasuk dalam algoritma akustik yang memiliki fungsi untuk menjaga volume sinyal suara agar tetap stabil[11]. AGC memastikan agar pengguna tidak mendengar suara terlalu keras atau mendengar suara terlalu ringan sehingga dapat menghindari distorsi[11]. Sehingga kedua metode tersebut nantinya akan mendapatkan hasil output yaitu file suara yang bersih. Kemudian metode tersebut akan di implementasikan pada Intelligent Voice Assistant yang dimana nantinya sistem ini akan digunakan pada *smart home*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan pada bagian latar belakang di atas, maka dapat ditarik sebuah rumusan masalah, yaitu bagaimana merancang dan mengimplementasi algoritma *Voice Activity Detection* (VAD) dan *Automatic Gain Control* (AGC) pada *Intellegent Voice Assistant*.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam perancangan sistem pada penelitian ini adalah :

1. Spesifikasi format file suara yang digunakan yaitu wav.
2. Menggunakan dataset dari *Google Speech Commands Dataset*

3. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode algoritma akustik *Voice Activity Detection (VAD)* dan *Automatic Gain Control (AGC)*.
4. Hanya mengimplementasikan algoritma untuk meredam *noise* sehingga menghasilkan file suara yang bersih
5. Menaikan atau menurunkan besar volume suara.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ialah sebagai berikut :

1. Mendeteksi ada atau tidaknya suara pada sinyal suara menggunakan algoritma *Voice Activity Detection (VAD)*.
2. Menjaga volume suara agar tetap stabil dengan menggunakan algoritma *Automatic Gain Control (AGC)*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil sinyal suara yang bersih tanpa adanya *noise*.
2. Menganalisa hasil dari sistem algoritma *Voice Activity Detection (VAD)* dan *Automatic Gain Control (AGC)*.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahap Pertama (Perumusan masalah)

Pada tahap pertama ini merupakan pembahasan pokok permasalahan mengenai pengimplementasian algoritma akustik pada *Intelligent Voice Assistant*.

2. Tahap kedua (Study Pustaka/literatur)

Pada tahap ini mencari referensi yang diambil dari buku maupun jurnal yang memiliki keterkaitan dengan metode penelitian untuk menyelesaikan rumusan masalah pada subbab sebelumnya. Study pustaka yang akan digunakan berdasarkan dari *keyword* penelitian yang dilakukan.

3. Tahap ketiga (Perancangan)

Tahap ini merupakan tahap yang berisi rancangan dari proses yang akan dilakukan yang didasarkan pada rumusan masalah serta referensi yang digunakan.

4. Tahap keempat (Pengujian)

Tahap keempat ini menguji algoritma akustik yang telah dibuat untuk mendapatkan sinyal suara yang bersih dari *noise*.

5. Tahap kelima (Analisis)

Pada tahap kelima ini menampilkan hasil dari pengambilan dan promrosesan data serta menganalisa hasil dari pemrosesan data dengan menggunakan algoritma akustik yang telah dibuat sehingga mendapatkan hasil sinyal suara yang bersih dari *noise*.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari analisa dan studi literatur serta saran untuk penulis selanjutnya jika akan dijadikan bahan referensi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab pertama ini berisi tentang penjabaran secara sistematis topik yang diambil meliputi latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua menjelaskan dasar teori yang menunjang pembahasan dari penelitian ini. Dasar teori ini berisi tentang penjelasan tentang suara, sinyal suara, *Intellegent Voice Assitant* (IVA), dan metode yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ketiga ini membahas mengenai tahapan-tahapan penelitian yang meliputi pengembangan, pengujian serta analisis.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Pada bab keempat ini menjelaskan hasil dan analisa terhadap penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab kelima ini menarik kesimpulan berdasarkan analisa terhadap penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. T. Putra, “Sistem Pengenal Wicara Menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficient,” *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 1, pp. 75–80, 2017.
- [2] E. V Polyakov, M. S. Mazhanov, A. Y. Rolich, L. S. Voskov, M. V Kachalova, and S. V Polyakov, “Investigation and development of the intelligent voice assistant for the Internet of Things using machine learning,” in *2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT)*, 2018, pp. 1–5.
- [3] P. Dempsey, “The teardown: Google Home personal assistant,” *Eng. Technol.*, vol. 12, no. 3, pp. 80–81, 2017.
- [4] H. Chung, M. Iorga, J. Voas, and S. Lee, “Alexa, can I trust you?,” *Computer (Long Beach Calif.)*, vol. 50, no. 9, pp. 100–104, 2017.
- [5] G. López, L. Quesada, and L. A. Guerrero, “Alexa vs. Siri vs. Cortana vs. Google Assistant: a comparison of speech-based natural user interfaces,” in *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, 2017, pp. 241–250.
- [6] K. Bing, L. Fu, Y. Zhuo, and L. Yanlei, “Design of an Internet of Things-based smart home system,” in *2011 2nd International Conference on Intelligent Control and Information Processing*, 2011, vol. 2, pp. 921–924.
- [7] M. Fujimoto, K. Ishizuka, and T. Nakatani, “Study of integration of statistical model-based voice activity detection and noise suppression,” 2008.
- [8] T. Ng *et al.*, “Developing a speech activity detection system for the DARPA RATS program,” 2012.
- [9] R. Sarikaya and J. H. L. Hansen, “Robust detection of speech activity in the presence of noise,” in *Proc. ICSLP*, 1998, vol. 4, pp. 1455–1458.

- [10] T. Drugman, Y. Stylianou, Y. Kida, and M. Akamine, "Voice activity detection: Merging source and filter-based information," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 2, pp. 252–256, 2015.
- [11] B. Sudharsan and M. Chockalingam, "A Microphone Array and Voice Algorithm based Smart Hearing Aid," *arXiv Prepr. arXiv1908.07324*, 2019.
- [12] S. A. Yumiati, S. M. Al Sasongko, and L. A. S. I. Akbar, "SPEAKER IDENTIFICATION MENGGUNAKAN METODE MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS (MFCC) DAN DYNAMIC TIME WARPING (DTW)," *DIELEKTRIKA*, vol. 2, no. 2, pp. 105–113, 2017.
- [13] J. Rianto, "Perangkat Lunak Pengenalan Suara (Voice Recognition) Untuk Absensi Karyawan Dengan Menggunakan Metode Dynamic Time Warping (DTW)," Universitas Komputer Indonesia, 2011.
- [14] A. Maulana and S. Agoes, "ANALISIS APLIKASI SISTEM PENGOLAHAN SUARA SEBAGAI PENGAMAN RUMAH BERBASIS MIKROKONTROLER," *Jetri J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 16, no. 2, pp. 179–196, 2019.
- [15] N. A. Anggraini and N. Fadillah, "Analisis Deteksi Emosi Manusia dari Suara Percakapan Menggunakan Matlab dengan Metode KNN," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 3, no. 2, pp. 176–179, 2019.
- [16] M. Eshaghi and M. R. K. Mollaei, "Voice activity detection based on using wavelet packet," *Digit. Signal Process.*, vol. 20, no. 4, pp. 1102–1115, 2010.
- [17] V. S. Atti and V. Krishnan, "Voice activity detection in presence of background noise." Google Patents, 2015.
- [18] R. Kadam, P. Mahamuni, and Y. Parikh, "Smart home system," *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [19] I. F. Rizal, I. W. A. Arimbawa, and R. Afwani, "Rancang Bangun Digital

Home Assistant Dengan Perintah Suara Menggunakan Raspberry Pi Dan Smart Phone,” *J. Comput. Sci. Informatics Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 127–134, 2018.

- [20] M. A. Ismail, D. Ma’ruf, M. R. Khairullah, F. Budiman, R. Dikairono, and D. Purwanto, “Sistem Pengenalan Suara untuk Perintah pada Robot Sepak Bola Beroda.”
- [21] W. Q. Ong and A. W. C. Tan, “Robust voice activity detection using gammatone filtering and entropy,” in *2016 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, 2016, pp. 1–5.
- [22] J. W. Kim, M. S. Seo, B. S. Yoon, S. I. Choi, and Y. G. You, “A voice activity detection algorithm for wireless communication systems with dynamically varying background noise,” *IEICE Trans. Commun.*, vol. 83, no. 2, pp. 414–418, 2000.
- [23] A. Benyassine, E. Shlomot, H.-Y. Su, D. Massaloux, C. Lamblin, and J.-P. Petit, “ITU-T Recommendation G. 729 Annex B: a silence compression scheme for use with G. 729 optimized for V. 70 digital simultaneous voice and data applications,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 35, no. 9, pp. 64–73, 1997.
- [24] A. V McCree and T. P. Barnwell, “A mixed excitation LPC vocoder model for low bit rate speech coding,” *IEEE Trans. Speech audio Process.*, vol. 3, no. 4, pp. 242–250, 1995.
- [25] G. R. Steber, “Digital signal processing in automatic gain control systems,” in *Proceedings. 14 Annual Conference of Industrial Electronics Society*, 1988, vol. 2, pp. 381–384.
- [26] D. Green, “Global stability analysis of automatic gain control circuits,” *IEEE Trans. circuits Syst.*, vol. 30, no. 2, pp. 78–83, 1983.
- [27] J. Ohlson, “Exact dynamics of automatic gain control,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 22, no. 1, pp. 72–75, 1974.
- [28] P. Warden, “Speech Commands: A Dataset for Limited-Vocabulary

Speech Recognition,” *ArXiv e-prints*, Apr. 2018, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1804.03209>.

- [29] M. Vondrasek and P. Pollak, “Methods for speech SNR estimation: Evaluation tool and analysis of VAD dependency,” *Radioengineering*, vol. 14, no. 1, pp. 6–11, 2005.