

Implementasi dan Analisis Simulasi Deteksi Emosi Melalui Pengenalan Suara Menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* dan *Hidden Markov Model* Berbasis IOT

Angga Anjaini Sundawa¹, Aji Gautama Putrada, S.T., M.T.², Novian Anggis Suwastika, S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

anggaanjainis@student.telkomuniversity.ac.id, ajigps@telkomuniversity.ac.id,

novian.anggis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Emosi adalah salah aspek yang sangat penting dalam komunikasi manusia. Untuk mengekspresikan emosi salah satu cara yang dilakukan manusia dan dapat diidentifikasi adalah melalui suara. Pengembangan deteksi suara atau *speech recognition* merupakan sebuah teknologi yang sudah berkembang pesat untuk membantu interaksi manusia-mesin menjadi lebih baik. Salah satu metode yang paling sering digunakan untuk deteksi suara adalah *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) dimana gelombang suara diubah menjadi beberapa tipe representasi yang dapat di proses, selanjutnya bagian-bagian tersebut menjadi penentu klasifikasi dari *Hidden Markov Model* (HMM) agar mengeluarkan suatu koefisien. Hasil kelas emosi yang dikeluarkan masih berupa data yang sukar dibaca oleh pengguna awam sehingga memerlukan media yang mudah dimengerti agar dapat terjalin interaksi manusia-mesin. Berdasarkan kebutuhan manusia terhadap mesin tersebut, perihal dalam mengatasinya yaitu dapat berupa alat indikator yang dapat menerima inputan dari hasil algoritma deteksi emosi untuk selanjutnya disajikan dalam bentuk indikator cahaya lampu yang memiliki acuan terhadap jenis emosi yang dikeluarkan. Selanjutnya alat juga akan mengirimkan hasil deteksi emosi tersebut melalui e-mail sehingga hasil dapat dipantau dimanapun dan kapanpun.

Kata Kunci : *emosi, speech recognition, hidden markov model, mel-frequency cepstrum coefficient.*

Abstract

Emotion is a very important aspect of human communication. To express emotions one way that humans do and can be identified is through sound. The development of voice detection or speech recognition is a technology that has developed rapidly to help human-machine interactions get better. One of the most commonly used methods for sound detection is *Mel-Frequency Cepstrum* (MFCC) where sound waves are converted into several types of representations that can be processed, then the parts become determinants of the classification of the *Hidden Markov Model* (HMM) to issue a coefficient. The emotion class results that are released are still in the form of data that is difficult to read by ordinary users so that it requires a medium that is easy to understand in order to establish human-machine interaction. Based on the human need for the machine, the problem in dealing with it can be in the form of an indicator that can receive input from the results of the emotion detection algorithm and then presented in the form of a light indicator that has a reference to the type of emotion emitted. Furthermore, the tool will also send emotion detection results via e-mail so that the results can be monitored wherever and whenever.

Keywords : *emotion, speech recognition, hidden markov model, mel-frequency cepstrum coefficient*

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin meningkat sangat berdampak terhadap kehidupan manusia yang tidak dapat terlepas dari teknologi. Salah satu kebutuhan manusia saat ini adalah piranti cerdas yang sudah banyak diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari. Intensitas kerjasama antara manusia-mesin yang rutin membuat kebutuhan akan sistem yang dapat mengerti manusia meningkat[1].

Salah satu contoh bentuk interaksi manusia-mesin atau mesin-manusia adalah ucapan. Salah satu aspek yang bisa dilihat dari ucapan manusia adalah melalui emosi. Dalam kehidupan nyata interaksi sesama manusia

sangat dipengaruhi dari cara pengucapan kata, jika tidak maka aspek penting yang ada dalam ucapan tersebut bisa hilang atau bahkan mengakibatkan salah paham[2]. Melalui deteksi emosi dapat diketahui emosi dari target yang ingin kita ketahui emosinya sehingga kondisi psikologis dari target dapat diketahui. Hal tersebut sangat penting dilakukan supaya dapat dilakukan penanganan terkait jenis emosi negatif yang kerap dihasilkan oleh target.

Tantangan terbesar pada bidang *speech recognition* adalah bagaimana mesin mampu memahami emosi dari percakapan manusia. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa adanya hubungan yang erat antara cara berbicara dan emosi dari pembicara. Diantara penelitian tersebut yang paling populer adalah dari segi nada, energi, artikulasi, dan bentuk *spectral*. Hal tersebut dapat membentuk suatu ciri yang melambangkan atau merepresentasikan suatu bentuk emosi dalam berbicara[2]. Selanjutnya ciri tersebut akan dikelola oleh mesin melalui *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* yang nantinya akan menghasilkan *output* sebuah koefisien dan menjadi masukan untuk *Hidden Markov Model* untuk diklasifikasikan menjadi emosi orang yang berbicara[3][4].

Sudah ada penelitian mengenai deteksi emosi, dimana akurasi yang didapatkan sudah cukup baik, namun *output* yang dihasilkan mesin masih berupa data kelas emosi yang sukar dimengerti oleh pengguna awam, sehingga membutuhkan perantara sebuah media sebagai indikator penanda dari setiap emosi yang dapat dimengerti pengguna sehingga komunikasi manusia-mesin dapat terjalin lebih baik. Berdasarkan kebutuhan manusia terhadap mesin tersebut, perihal mengatasi pemahaman pengguna terhadap mesin maka dibutuhkan alat indikator yang dapat menerima inputan dari mesin yang selanjutnya dapat disajikan dalam bentuk indikator cahaya yang merepresentasikan tiap-tiap jenis emosi berdasarkan acuan emosi yang telah diajarkan pada mesin. Selanjutnya hasil kelas emosi dapat dimonitoring secara *real time* secara satu arah menggunakan media e-mail sehingga dapat dipantau setiap saat untuk berbagai keperluan. Hasil berupa alat indikator lampu akan diujikan untuk mengetahui sejauh mana ketepatan algoritma kecerdasan buatan yang digunakan, juga untuk mengetahui sejauh mana alat indikator dapat menerima perintah.

Topik dan Batasannya

Rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu Bagaimana cara mengimplementasi dan menganalisis algoritma *Speech Recognition* yang dibangun menggunakan metode *Hidden Markov Model* dan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* terhadap alat indikator berbasis IOT sehingga dapat menghasilkan data yang mudah dimengerti pengguna dan dapat diakses kapanpun. Dan bagaimana cara menguji tingkat keberhasilan alat indikator emosi tersebut.

Batasan dalam penelitian ini yaitu :

1. Menggunakan algoritma *Speech Recognition* yang sudah ada.
2. Jenis emosi yang digunakan meliputi senang, sedih, marah, tenang, jijik, terkejut dan takut.
3. Menggunakan *Hidden Markov Model* dan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* dalam pengolahan *dataset*.
4. *Dataset* menggunakan potongan suara berformat *.wav* dengan Bahasa Inggris yang didapat dari sebuah research team bernama SMART LAB dari Universitas Ryerson. *Dataset* tersebut dapat diakses melalui smartlaboratory.org/ravdess.
5. Menggunakan Raspberry Pi 3 sebagai *microprocessor*.
6. Menggunakan lampu tumblr merk Xeori sebagai indikator.
7. Menggunakan email sebagai alat *monitoring*.

Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu Mengimplementasikan kecerdasan buatan *Speech Recognition* menggunakan metode *Hidden Markov Model* dan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficient* terhadap alat indikator berbasis IOT sehingga *output* yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan dapat mudah dimengerti pengguna.

Selain mudah dimengerti, ada beberapa aspek yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini yaitu meneliti ketepatan kecerdasan buatan dalam menentukan jenis-jenis emosi berdasarkan *dataset* suara yang diterima. Membuat sebuah indikator yang dapat meneruskan perintah yang diterima sesuai kelas emosi. Membuat data hasil kelas emosi dapat dijangkau dimanapun dan kapanpun melalui sistem IOT.

Organisasi Tulisan

Pada bagian selanjutnya yaitu Studi Literatur, Pembangunan Sistem, Evaluasi dan Kesimpulan. Studi Literatur memuat teori *speech recognition*, perangkat yang digunakan, studi komparatif, deskripsi dan metode-metode yang digunakan pada penelitian. Pembangunan Sistem memuat pembangunan sistem secara umum. Evaluasi memuat hasil pengujian dan analisis hasil pengujian. Kesimpulan memuat kesimpulan dan saran yang diharapkan untuk penelitian selanjutnya.

2. Studi Terkait

2.1 Literature Review

Sinyal Suara Manusia

Manusia dapat menghasilkan suara atau bunyi karena adanya getaran pada pita suara akibat aliran udara dari paru-paru. Bunyi yang dihasilkan tergantung dari posisi lidah, gigi, rahang sehingga menghasilkan bunyi tertentu[3]. Dalam ilmu fisiologi yaitu ilmu yang mempelajari tentang berlangsungnya sistem kehidupan menjelaskan bahwa saat manusia mengucapkan sesuatu ketika sedang mengalami emosi tertentu sistem saraf simpatik yang dapat mengakibatkan getaran pada otot manusia dan mempengaruhi detak jantung. Ketika manusia sedang marah, takut atau senang, detak jantung akan meningkat akibat terangsangnya saraf simpatik yang mengakibatkan getaran pada otot manusia. Karena hal ini ucapan yang dikeluarkan cenderung keras dan menghasilkan frekuensi tinggi. Sebaliknya ketika manusia sedang sedih saraf parasimpatik akan terangsang yang mengakibatkan detak jantung melambat dan menghasilkan ucapan yang lambat di frekuensi rendah.

Teori Emosi Manusia

Manusia memiliki dua *channel* dalam interaksi yaitu eksplisit dan implisit. Interaksi eksplisit dapat mempunyai makna tersendiri atau tidak sama sekali atau dapat diartikan sesuatu yang memang pada dasarnya adalah sesuatu yang tersurat. Sedangkan implisit adalah sesuatu yang pasti mempunyai makna tertentu atau dapat diartikan sebagai sesuatu yang tersirat. Interaksi dua *channel* tersebut menyebabkan berbagai interpretasi dalam satu ucapan. Implisit membantu untuk “bagaimana memahami” informasi yang diucapkan. Hal tersebut bergantung kepada keadaan lingkungan waktu, sifat orang tersebut dan berbagai parameter lainnya[3].

Penelitian Terdahulu

Sudah ada penelitian terdahulu mengenai deteksi emosi menggunakan suara, penelitian tersebut dibangun menggunakan algoritma MFCC dan HMM, *output* yang dihasilkan penelitian terdahulu sudah cukup baik dengan ketepatan 80%. Ketepatan dari algoritma tersebut dipengaruhi berbagai hal mulai dari jenis *state*, jumlah data *training* dan data *testing*[2].

Perbedaan penelitian yang sedang dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah proses *testing* dilakukan dengan memasukan satu demi satu jenis emosi untuk mengetahui emosi yang dihasilkan. Selain itu penggunaan media indikator lampu yang dirancang menggunakan mikrokontroler sehingga hasil keluaran yang dihasilkan algoritma dapat disampaikan kepada pengguna dengan cara yang lebih mudah dimengerti.

Karakteristik Suara Manusia

Saat Berbicara dan menghasilkan suara manusia mempunyai karakteristik yang bersifat unik atau berbeda beda setiap orangnya. Karakteristik yang pertama adalah *pitch* yang dapat diartikan sebagai nada dasar atau unsur bunyi terkecil dari suara manusia yang dihasilkan dari pita suara. Setiap orang mempunyai *range pitch* yang berbeda-beda tergantung dari jenis kelamin dan usia seperti halnya pada laki-laki dewasa dan anak kecil, lelaki dewasa akan mempunyai standar *pitch* yang lebih rendah. Ukuran rata-rata pita suara laki-laki adalah 17-25 mm dan perempuan 12.5-17.5 mm.

Karakteristik lainnya yang ada pada suara manusia adalah intensitas berbicara, dalam mengucapkan sebuah kata atau kalimat manusia mempunyai cara penyampaian yang berbeda-beda[5], bisa merupakan pengaruh dari suara asli orang tersebut, budaya, logat, dan lain-lainnya. Intensitas tersebut juga bisa pengaruh dari situasi orang tersebut, seperti contoh ketika orang sedang berpidato setiap orang mempunyai cara sendiri untuk menyampaikan apa yang dia ingin sampaikan bisa melalui penekanan sebuah kata atau perubahan intonasi saat mengucapkan kata tertentu. Hal-hal tersebut juga bisa menjadi acuan untuk mengetahui emosi dari orang tersebut.

Perangkat

Kemajuan pesat teknologi saat ini tidak terlepas dari hadirnya mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah rangkaian kendali yang dirancang untuk melakukan fungsi control tertentu. Pada umumnya mikrokontroler memiliki komponen berupa memori dan pemrograman input-output[anita]. Raspberry Pi 3 digunakan sebagai *microprocessor* dari rangkaian mikrokontroler karena perannya yang dapat menjalankan perintah dan juga telah memiliki *WiFi* yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data[8]. *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART) digunakan sebagai pengirim data dari *server* menuju *client* karena pada prosesnya UART dijalankan secara *real-time* menggunakan frekuensi *clock* yang sama[9]. Uart akan mengirimkan sinyal yang akan ditangkap oleh sensor pada rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diubah menjadi tegangan yang akan menggerakkan magnet pada rangkaian sehingga terjadi proses automasi pada *switching* mode lampu tumbler.

Dataset

Dataset menggunakan potongan suara berformat *.wav* dengan Bahasa Inggris yang didapat dari sebuah research team bernama SMART LAB dari Universitas Ryerson. Dataset tersebut dapat diakses melalui smartlaboratory.org/ravdess[10]. *Dataset* tersebut diperuntukan untuk penelitian psikologi mengenai emosi manusia yang dikeluarkan melalui suara. Adapun urutan *dataset* jenis emosi yang akan menjadi acuan pada penelitian ini terlambir pada tabel 2.2.

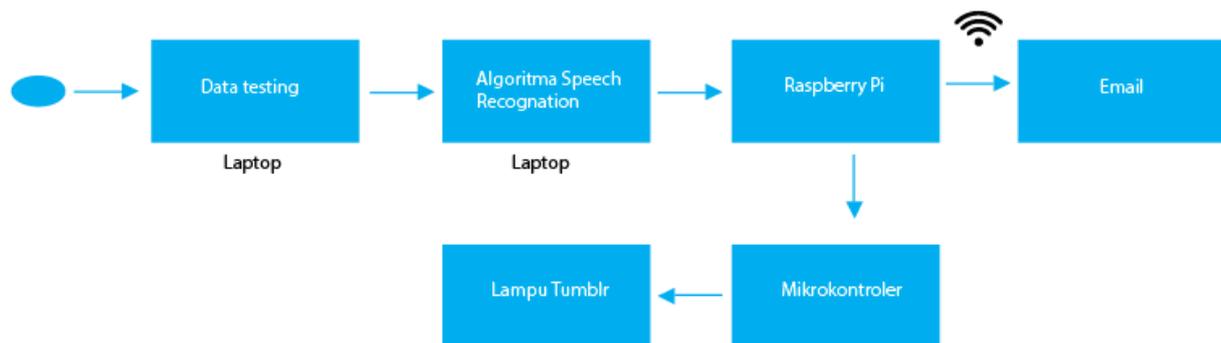
No	Jenis Emosi
1	Angry
2	Calm
3	Disgust
4	Fear
5	Happy
6	Sad
7	Surprised

Tabel 2.1 Urutan Jenis Emosi

3. Sistem yang Dibangun

3.1. Gambaran Umum dan Alur Rancangan Sistem

Dalam perancangan sistem alat indikator pengenalan emosi berbasis IOT ini menggunakan beberapa alat yang diantaranya adalah Raspberry Pi, Lampu Tumbler, USB to TTL ft232rl, Relay. Adapun gambaran umum dan alur rancangan sistem digambarkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 3.1, dapat dilihat gambaran umum dari alur sistem yang dirancang. Adapun penjelasan urutan dari alur adalah :

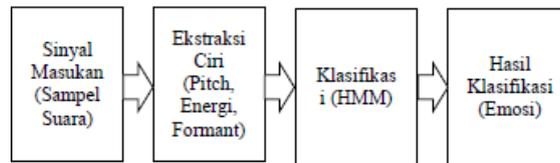
1. Data testing berupa jenis emosi marah, senang, sedih, takut, terkejut, tenang dan jijik.
2. Data testing dimasukan kedalam kecerdasan buatan *speech recognition* dan akan menghasilkan sebuah kelas emosi yang telah diurutkan sesuai urutan pada tabel 3.1.
3. Hasil kelas emosi yang dihasilkan oleh mesin selanjutnya dikirimkan ke Raspberry Pi menggunakan UART secara *real-time*.
4. Hasil kelas emosi yang sudah berada pada Raspberry Pi selanjutnya dikirim ke email pengguna menggunakan WiFi. Hasil kelas juga dikirimkan oleh Raspberry Pi ke mikrokontroler.
5. Rangkaian mikrokontroler menerima sinyal dari Raspberry Pi untuk selanjutnya diubah menjadi listrik untuk memfungsikan kontroler sehingga akan otomatis menggantikan peran dari *push button* lampu tumbler.
6. Lampu Tumbler yang memiliki 7 mode dasar akan secara otomatis berganti mode sesuai dengan perintah yang diterima.

Mel-frequency Cepstrum Coefficient(MFCC)

Mel-frequency Cepstrum Coefficient merupakan salah satu metode yang digunakan untuk ekstrasi ciri sinyal suara yang berdasarkan prinsip karakteristik pengedengaran telinga manusia. Untuk memperoleh nilai koefisien dari MFCC dilakukan beberapa tahap, yaitu:

1. *Frame Blocking*: Membagi sinyal suara menjadi beberapa sampel/blok.
2. *Windowing*: Memperkecil dikontinu pada tahap *frame blocking*.
3. *Fast Fourirer Transform(FFT)*: Merubah sinyal suara kedomain frekuensi.
4. *Wrapping*: proses filterasi dari spektrum setiap frame.

5. *Cepstrum*: Mengubah domain dari tahap sebelumnya ke domain waktu[4]. Teknik pengenalan emosi secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 3.2 Teknik Pengenalan Emosi[4]

Hidden Markov Model (HMM)

Hidden Markov Model (HMM) merupakan sebuah model statistik dari sebuah sistem yang diasumsikan sebuah proses Markov dengan parameter tersembunyi. Permasalahan utama dari HMM adalah menentukan parameter-parameter tersembunyi (*state*) dari parameter-parameter yang dapat diamati (*observer*). Parameter-parameter yang ditentukan kemudian dapat digunakan untuk analisis yang lebih lanjut, salah satu pengaplikasiannya adalah untuk melakukan *pattern recognition*[6].

Konsep dasar atau umum dari HMM adalah memodelkan simbol kedalam sebuah mesin *finite state*, dari state tersebut akan diketahui simbol apa saja yang dapat mewakili sebuah parameter dari vektor yang berasal dari masukan data kedalam mesin, dan dilakukan pembobotan secara berulang sehingga didapatkan parameter vektor untuk diobservasi yang mempunyai nilai *mean* dan kovarian yang konvergen pada setiap statenya. Dalam implementasi HMM untuk kasus pada eksperimen ini (pengenalan suara) dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

- Data Preparasi: pembentukan parameter vektor untuk diobservasi, dalam eksperimen ini berarti hasil dari MFCC
- Training: Inisiasi untuk state awal HMM dan estimasi parameter vector.
- Testing: pengenalan terhadap hasil dari tahap training.

Observasi HMM

Observasi HMM yang dilakukan pada eksperimen ini adalah hasil keluaran dari dataset yang sudah melalui proses MFCC terlebih dahulu. Nilai dari vektor observasi tersebut dinotasikan sebagai

$$O = O_1, O_2, \dots, O_t$$

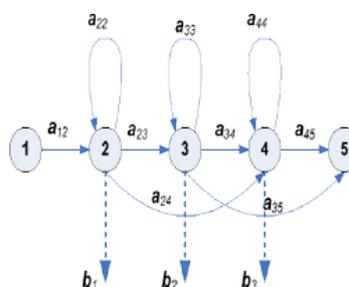
Dimana O_t adalah nilai dari vektor observasi pada saat t . observasi pada dasarnya menentukan nilai dari persamaan

$$\text{argmax}\{P(w_i | O_t)\}$$

Dimana w_i merupakan pengucapan ke- i , peluang tersebut tidak dapat dihitung secara langsung tetapi dihitung menggunakan aturan bayes. Dimana prioritas kemungkinan dari peluang w_i sangat tergantung dari $P(O|w_i)$.

$$P(w_i | O_t) = P(O|w_i)P(w_i)/P(O)$$

Markov model adalah mesin finite state yang mengalami perubahan state sekali setiap satuan waktu t pada saat state j dimasuki, vektor suara O_t dihasilkan berdasarkan nilai kemungkinan $b_j(O_t)$. Selanjutnya transisi antara state i ke state j juga merupakan probabilitas diskrit a_{ij} [5].



Gambar 3.3 State HMM

4. Evaluasi

4.1. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat indikator yang di bangun. Pengujian dilakukan berulang dengan cara memasukan jenis emosi yang berbeda-beda untuk mengetahui respon yang dihasilkan alat.

4.1.1. Hasil Pengujian Kecerdasan Buatan *Speech Recognition*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui ketepatan dari algoritma kecerdasan buatan *speech recognition*. Tingkat ketepatan kelas yang dikeluarkan oleh kecerdasan buatan *Speech Recognition* dipengaruhi oleh *dataset* yang digunakan. Adapun hasil pengujian ketepatan kecerdasan buatan terlampir pada tabel 4.1.

Pengujian Ke-	Data Training	Data Testing	Data Jenis Emosi	Hasil Kelas Emosi	Hasil
1	192	48	Angry(1)	Angry(1)	Benar
2	192	48	Calm(2)	Calm(2)	Benar
3	192	48	Disgust(3)	Sad(6)	Salah
4	192	48	Fear(4)	Surpised(7)	Salah
5	192	48	Happy(5)	Sad(6)	Salah
6	192	48	Sad(6)	Sad(6)	Benar
7	192	48	Surpised(7)	Surpised(7)	Benar

Tabel 4.1 Ketepatan Kecerdasan Buatan

4.1.2. Hasil Pengujian Lampu Tumblr

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap lampu tumblr sebagai indikator yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan memberi masukan terhadap lampu tumblr dan mengamati hasil yang terjadi. Adapun data yang dihasilkan pada saat pengujian terlampir pada tabel 4.2.

Posisi Awal	Data Training	Data Testing	Input Jenis Emosi	Kelas Terbaca	Push	Posisi Akhir
1	192	48	Angry(1)	Angry(1)	-	Angry(1)
1	192	48	Surpised(7)	Surpised(7)	6x	Surpised(7)
7	192	48	Calm (2)	Calm(2)	2x	Calm(2)
2	192	48	Disgust(3)	Sad(6)	4x	Sad(6)
6	192	48	Sad(6)	(Sad)	-	Sad(6)
6	192	48	Calm(2)	Calm(2)	3x	Calm(3)

Tabel 4.2 Pengujian Lampu Tumblr

4.1.3. Hasil Pengujian Sistem *Monitoring*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem *monitoring* yang berbasis email telah berfungsi dengan baik secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan memantau email masuk yang berasal dari alamat email yang sebelumnya telah diatur. Adapun data yang dihasilkan pada saat pengujian terlampir pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Pengiriman E-mail



Gambar 4.2 E-mail Diterima

4.2. Analisis Hasil Pengujian

4.2.1. Analisis Hasil Pengujian Kecerdasan Buatan *Speech Recognition*.

Dari data hasil pengujian alat yang tertera pada Tabel 4.1 diketahui bahwa kecerdasan buatan *speech recognition* dapat dengan tepat menentukan 4 jenis emosi dari total 7 jenis emosi. Berdasarkan hasil tersebut bisa diketahui bahwa kecerdasan buatan mempunyai ketepatan data lebih dari 50%. Adapun kekeliruan dalam menentukan jenis emosi bisa terjadi akibat kegagalan kecerdasan buatan dalam menentukan jenis emosi berdasarkan parameter yang telah dilatih dan juga berdasarkan *dataset* yang digunakan.

4.2.2. Analisis Hasil Pengujian Lampu Tumblr.

Berdasarkan data hasil pengujian kecerdasan buatan *speech recognition* terhadap alat indikator berupa lampu tumblr yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 diketahui bahwa lampu tumblr dapat menerima masukan sesuai jenis emosi yang disampaikan melalui mikrokontroler dengan sangat baik sehingga dengan otomatis dapat mengganti mode lampu sesuai dengan angka kelas emosi yang didapatkan.

4.2.3. Analisis Hasil Sistem *Monitoring*

Berdasarkan hasil pengujian sistem *monitoring* berbasis e-mail, diketahui bahwa Raspberry Pi dapat mengirimkan hasil kelas emosi yang telah didapatkan ke email tujuan secara *real-time* menggunakan koneksi *Wifi* yang telah berada pada satu akses poin. Dengan adanya sistem *monitoring* diharapkan alat indikator emosi dapat digunakan dalam lingkup yang lebih luas dan juga dapat mudah dipantau kapanpun dan dimanapun.

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan setelah melakukan evaluasi dari setiap hasil yang dihasilkan oleh penelitian ini, didapat beberapa kesimpulan yang diantaranya:

1. Kecerdasan buatan *speech recognition* menggunakan metode HMM dan MFCC dapat diimplementasikan dan berhasil menentukan 4 dari 7 jenis emosi yang digunakan. Ketepatan kecerdasan buatan dipengaruhi jenis dan jumlah data *training* yang digunakan dalam penelitian.
2. Alat indikator berupa lampu tumblr beroperasi dengan baik sesuai dengan inputan yang diterima. Proses otomatis membuat lampu tumblr berganti mode secara otomatis mengikuti perintah yang didapatkan berdasarkan kelas emosi.
3. Teknologi IOT memungkinkan pengguna menerima hasil kelas emosi secara *real-time* menggunakan bantuan e-mail sehingga hasil kelas emosi dapat dipantau dimanapun dan kapanpun.

5.2. Saran

Untuk penelitian yang lebih baik dalam pengembangan sistem dan aplikasi, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Meningkatkan ketepatan dari kecerdasan buatan *speech recognition*.
2. Menggunakan lampu tumblr yang memiliki mode sesuai kelas emosi yang didapat, sehingga dapat menjadi indikator yang lebih baik dan relevan.

Daftar Pustaka

- [1] Changchun, Liu, 2009, "Physiology-Based Affect Recognition and Adaptation in Human-Machine Interaction", Ph.D. dissertation, Dept. Elec. Eng. Vanderbilt Univ, Nashville, TN.
- [2] Yahya, Arganka. 2012. "Deteksi Emosi Melalui Pengenalan Suara Menggunakan Linear Predictive Coding (LPC) dan Hidden Markov Model (HMM)". Bandung, Universitas Telkom.
- [3] Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Tsapatsoulis, N., Votsis, G., Kollias, S., Fellenz, W., & Taylor, J.G, 2001, "Emotion Recognition in Human-Computer Interaction", IEEE Signal Processing Magazine, 18(1), pp. 32-80.
- [4] Prasetio H. B, Kurniawan W, Ichsan H.H.M, 2017 "Pengenalan Emosi Berdasarkan Suara Menggunakan Algoritma HMM", Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK), pp 168-172
- [5] Nogueiras, A., Marino, J. B., Moreno, A., Bonafonte, A., 2001. "Speech emotion recognition using Hidden Markov Models". In: Proc. European Conf. Speech Communication and Technology (Eurospeech '01). Denmark.
- [6] Nwe, T.L. et al., 2003, " Speech emotion recognition using hidden Markov models". Speech Communication, vol.41, pp. 603– 623.
- [7] Ari Beni Santoso, Martinus, Sugiyanto, "PEMBUATAN OTOMASI PENGATURAN KERETA API, PENEREMAN, DAN PALANG PINTU PADA REL KERETA API MAINAN BERBASIS MIKROKONTROLER," *Jurnal FEMA*, vol. 1, pp. 16-23, 2013.
- [8] Raspberry Pi, "Setting up a Raspberry Pi as an access point in a standalone network (NAT)", 15 Januari 2019 [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/configuration/wireless/access-point.md>. [Accessed 15 Januari 2019].
- [9] Adriansyah A, Ariansyah K, 2011 "Aplikasi Short Message Service (SMS) dan Email Sebagai Media Komunikasi Data dalam Sistem Pemantau Suhu" Buletin Pos dan Telekomunikasi, vol.9 2 Juni 2011.
- [10] SMART Lab "Science of Music, Auditory Research and Technology" 15 Januari 2019, Ryerson University [Online]. Available: <https://smartlaboratory.org/ravdess>. [Accessed 15 Januari 2019].