

ANALISIS APLIKASI SISTEM PENGOLAHAN SUARA SEBAGAI PENGAMAN RUMAH BERBASIS MIKROKONTROLER

Asep Maulana dan Suhartati Agoes

Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jalan Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta Barat 11440

E-mail: maulanaleo31@gmail.com, sagoes@trisakti.ac.id

ABSTRACT

The development of digital signal processing methods such as human voice signals is widely used for sound signals identification in security systems for example a home security system. In this study an experiment of home security system was carried out by identifying a test sound compared with the voice in the database. If the identification process was successful, then the microcontroller could work to open the door or vice versa. The sound signal on the database are sample voice signals that has been recorded using speaker recognition. The Confidence Threshold and Strictness Control was set to obtain a specific sound signal in each sample using the wavelet transformation. The test sound signal is the input sound signal which is then compared with the sound signal in the database. The parameters used to analyze the signal were the mean square error (MSE) and peak signal to noise ratio (PSNR). The test conducted on five samples show a good identification performance for Sample 2 at 50 cm distance with MSE value of 0.000013366 and PSNR value of 48.65 with the results of the house door can be opened. While the MSE value is 0.015653 and the PSNR value of 18.05 dB produced by Sample 2 at 90 cm distance results a door that cannot be opened. At distance more than 80 cm, all samples produced greater value of MSE and the PSNR value become smaller so that the identification process was unsuccessful and the door was not open.

Keywords: *human voice, speaker recognition, microcontroller, MSE, PSNR*

ABSTRAK

Perkembangan metode pengolahan sinyal digital seperti sinyal suara manusia banyak digunakan untuk proses identifikasi sinyal suara untuk sistem pengaman, salah satu contohnya adalah sistem pengaman rumah. Pada penelitian ini dilakukan uji coba sistem pengaman rumah yang dapat mengidentifikasi suara dengan cara membandingkan suara tersebut dengan suara pada database. Apabila proses identifikasi berhasil maka mikrokontroler akan mengirimkan perintah untuk membuka pintu rumah atau sebaliknya. Sinyal suara pada database adalah sinyal suara sampel yang telah direkam menggunakan speaker recognition. Confidence Threshold dan Strictness Control diatur agar diperoleh sinyal suara yang spesifik

untuk setiap sampel dengan menggunakan transformasi wavelet. Sinyal suara tes adalah sinyal suara masukan yang kemudian dibandingkan dengan sinyal suara pada database tersebut. Parameter yang digunakan yaitu mean square error (MSE) dan peak signal to noise ratio (PSNR). Pengujian yang dilakukan pada lima sampel menghasilkan kinerja identifikasi yang baik untuk Sampel 2 pada jarak 50 cm dengan nilai MSE sebesar 0,000013366 dan nilai PSNR 48,65 dB dengan hasil pintu rumah dapat terbuka. Sedangkan nilai MSE sebesar 0,015653 dan nilai PSNR sebesar 18,05 dB yang dihasilkan oleh Sampel 2 pada jarak 90 cm menghasilkan pintu tidak dapat terbuka. Pada jarak pengujian lebih dari 80 cm, semua sampel menghasilkan nilai MSE semakin besar dan nilai PSNR semakin kecil sehingga proses identifikasi tidak berhasil dan pintu rumah tidak terbuka.

Kata kunci: suara manusia, speaker recognition, mikrokontroler, MSE, PSNR

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia teknologi pada saat ini berkembang dengan sangat pesat, salah satu di antaranya ialah perkembangan teknologi pengolahan sinyal digital. Dengan menggunakan teknologi pengolahan sinyal digital banyak aplikasi-aplikasi yang dapat diciptakan, salah satunya ialah pengenalan berbasis audio seperti mengenali suara pembicara atau disebut *speaker recognition* [1].

Speaker recognition berbeda dengan *speech recognition*, *speaker recognition* mengidentifikasi pembicara melalui suara yang diucapkan, sedangkan *speech recognition* untuk mengenali suara pada kata yang diucapkan oleh pembicara. *Speech recognition* dan *speaker recognition* merupakan biometrik manusia yang bersifat unik pada setiap orang artinya setiap orang memiliki ciri khas masing-masing pada suara yang dimilikinya misalnya frekuensi, amplitudo dan panjang gelombang [2].

Speaker recognition banyak digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang membutuhkan suara manusia sebagai kunci atau *password* untuk membuka pintu pengaman pada rumah apabila suara pada *database* dengan suara tes sesuai. Dalam *speaker recognition*, pola atau *pattern* yang menjadi ciri unik pada setiap orang diproses, kemudian pola yang didapat dibandingkan dengan pola pada *database* yang dimiliki [3]. Apabila suara yang diucapkan sesuai dengan suara pada *database* maka perangkat pengaman pada rumah merespon dan mengakibatkan pintu rumah terbuka/tertutup, sebaliknya apabila suara yang diucapkan tidak sesuai dengan suara

pada *database* maka sistem tidak merespon sehingga pintu rumah tidak terbuka/tertutup.

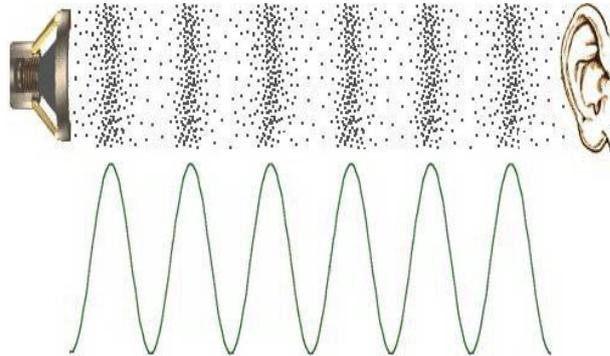
Penelitian sebelumnya membahas *speaker recognition* pada sistem kendali lampu berbasis mikrokontroler dengan menggunakan perintah suara yang berbasis Arduino Uno. Secara garis besar sistem kendali lampu tersebut menggunakan dua buah metode yaitu *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) sebagai ekstraksi dan jaringan saraf tiruan *backpropagation* sebagai pencocokan pola suara. Keluaran dari sistem ini berupa koefisien MFCC sebagai masukan untuk proses pencocokan ciri pada jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Pada penelitian tersebut digunakan Arduino sebagai *relay* untuk menyalakan atau mematikan lampu, dengan tingkat akurasi sistem sebesar 80,23% [4].

Pada penelitian ini, *speaker recognition* diaplikasikan untuk mengenali ciri suara masukan. Suara masukan dibandingkan dengan suara yang disimpan pada *database* menggunakan transformasi *wavelet* diskrit. Hasil identifikasi kemudian diaplikasikan sebagai sistem pengaman rumah menggunakan *solenoid doorlock* berbasis mikrokontroler.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Suara

Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda atau suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinu terhadap waktu dan suara berkaitan dengan indra pendengaran (telinga) yang dapat merambat melalui udara [5]. Suara dihasilkan oleh getaran suatu benda. Selama bergetar, perbedaan tekanan terjadi di udara sekitarnya, hal tersebut menimbulkan pola osilasi yang dinamakan sebagai "gelombang". Manusia mendengar bunyi saat gelombang bunyi, yaitu getaran di udara atau medium lain sampai ke gendang telinga manusia seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Batas frekuensi bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia kira-kira dari 20 Hz sampai 20 kHz, untuk suara di atas 20 kHz disebut *ultrasonic* dan di bawah 20 Hz disebut *infrasonic* [6].

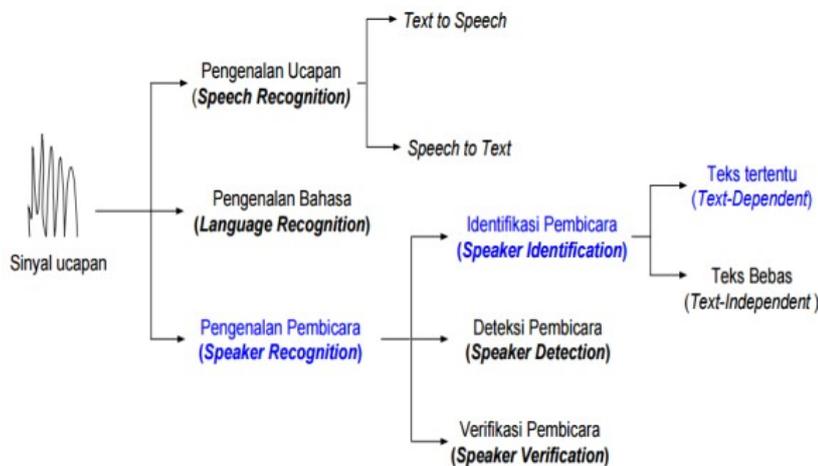


Gambar 1 Gelombang Merambat Menuju Telinga

2.2 Prinsip Dasar Identifikasi Pembicara

Proses pengenalan suara pembicara dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu identifikasi, deteksi, dan verifikasi. Identifikasi pembicara merupakan proses untuk menentukan identitas pembicara melalui suara yang telah diucapkan, sedangkan deteksi pembicara merupakan proses penemuan suara pembicara dari sekumpulan suara, dan verifikasi pembicara merupakan proses untuk memverifikasi kesesuaian suara pembicara dengan identitas pada *database* [2].

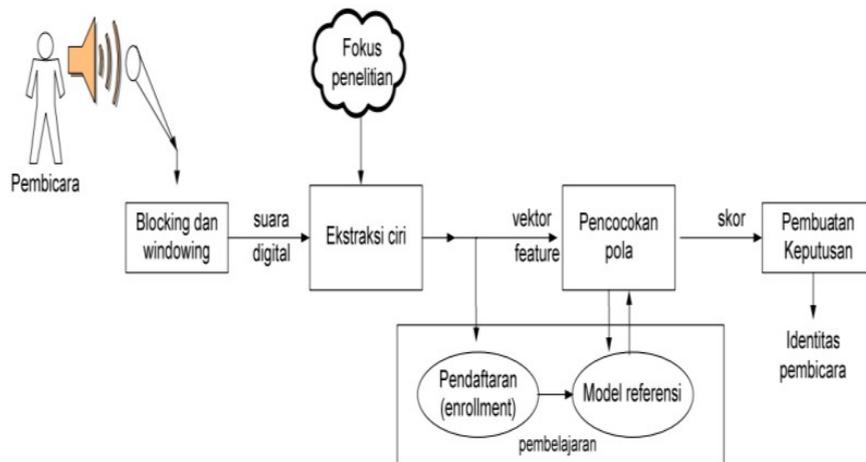
Metode identifikasi pembicara yang merupakan bagian dari pengenalan pembicara dapat dibagi menjadi metode *text-independent* dan *text-dependent* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Klasifikasi Sistem Pemrosesan Sinyal Suara

Pada sistem *text-independent*, model pembicara meng-*capture* karakteristik ucapan seseorang dari sinyal ucapan dengan mengabaikan apa yang diucapkan, dalam artian kata-kata yang diucapkan sembarang (bebas). Sebaliknya pada sistem *text-dependent*, pengenalan identitas pembicara didasarkan pada ucapan seseorang dengan kata-kata yang spesifik atau telah disepakati, seperti *password*, *card number*, kode PIN dan sebagainya [7].

Secara umum sistem identifikasi pembicara mempunyai tahapan yang diilustrasikan dengan diagram blok pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan Identifikasi Pembicara

2.3 Speaker Recognition

Pada dasarnya fungsi *speaker recognition* merupakan contoh klasik dari masalah *pattern recognition* yang pada umumnya berguna untuk menemukan jenis pola tertentu dari data-data yang diperoleh dari sensor. Proses *training* atau pelatihan diperlukan untuk semua kasus *pattern recognition*. Misalnya pada *speaker authentication system*, suara pengguna sistem perlu didaftarkan. Selama proses tersebut, sistem “mempelajari” suara pengguna yang akan dikenali. Pengenalan pembicara (*speaker recognition*) dapat dilakukan dengan bergantung pada teks (*text-dependent*) ataupun tidak bergantung pada teks (*text-independent*), yang dimaksud

dengan “teks” disini adalah kata-kata yang diucapkan oleh pembicara [7]. Perlu diingat dan ditekankan bahwa pengertian *speaker recognition* berbeda dengan pengertian *speech recognition*. *Speech recognition* lebih mengarah kepada proses mengetahui frasa apa yang diucapkan oleh pembicara, sedangkan istilah *speaker recognition* lebih mengarah kepada proses mengenali pembicara [8].

2.4 Transformasi *Wavelet* Diskrit

Wavelet adalah fungsi matematika yang memilah data menjadi berbagai komponen frekuensi, kemudian mempelajari masing-masing komponen dengan resolusi yang sesuai dengan faktor skalanya. Dalam permasalahan diskrit, filter dari potongan frekuensi yang berbeda-beda digunakan untuk menganalisis sinyal pada skala yang berbeda. Sinyal masukan dilewatkan melalui sekelompok *high-pass filter* untuk menganalisis frekuensi tinggi, dan dilewatkan melalui sekelompok *low-pass filter* untuk menganalisis frekuensi rendah [4]. Sinyal frekuensi rendah identik dengan informasi global yang terdapat pada sinyal masukan, sedangkan sinyal frekuensi tinggi identik dengan informasi detil dari sinyal masukan. Sinyal frekuensi rendah ini dapat dimanfaatkan untuk mengenali pola umum dari sinyal masukan [4].

2.5 Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan suatu metode untuk mengukur perbedaan antara sinyal tes masukan dengan nilai sebenarnya pada *database*. Dengan menggunakan MSE dapat terlihat *error* antara sinyal tes masukan dengan sinyal *database* sebagai tolok ukur dari keberhasilan sistem pengaman rumah. *Error* tersebut dapat diperoleh dengan Persamaan (1) [9].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (S_i - S_y)^2 \quad (1)$$

dengan n adalah frekuensi sampel, S_i adalah amplitudo sinyal *database*, S_y adalah amplitudo sinyal tes masukan.

2.6 Peak Signal to Noise Ratio

Peak signal to noise ratio (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas suara sebelum dan sesudah pengolahan. Untuk menghitung PSNR dari suatu suara terlebih dahulu harus menghitung MSE. Jika nilai PSNR semakin besar maka kualitas suara hasil pengolahan semakin mirip dengan kualitas suara aslinya. PSNR dihitung dengan Persamaan (2), dengan *MAX* adalah nilai maksimum sinyal yang diukur [9].

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MAX^2}{MSE} \quad (2)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{MAX}{\sqrt{MSE}} \quad (3)$$

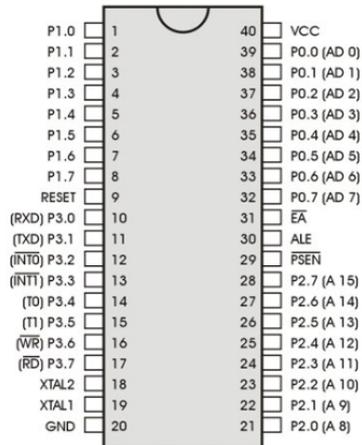
$$PSNR = 20 \log_{10}(MAX) - 10 \log_{10}(MSE) \quad (4)$$

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Mikrokontroler terdiri dari *central processing unit* (CPU), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *analog-to-digital converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Jenis mikrokontroler yang paling banyak digunakan seperti mikrokontroler MCS51, mikrokontroler Alv and Vegard's RISC (AVR), serta mikrokontroler *pheriperal interface controller* (PIC) [10].

Mikrokontroler MCS51 adalah jenis mikrokontroler yang hampir semua instruksinya dieksekusi dalam 12 siklus *clock*. Mikrokontroler ini termasuk dalam keluarga CISC yang arsitekturnya berdasarkan arsitektur Harvard dengan sebuah ROM luar berkapasitas 64 KB dan RAM luar yang juga memiliki kapasitas 64 KB. Mikrokontroler MCS51 dapat memproses operasi Boolean tingkatan bit secara

langsung dan efisien dalam register internal maupun RAM. Perlu diketahui bahwa mikrokontroler ini digunakan dalam rancangan awal *programmable logic controller* atau PLC.



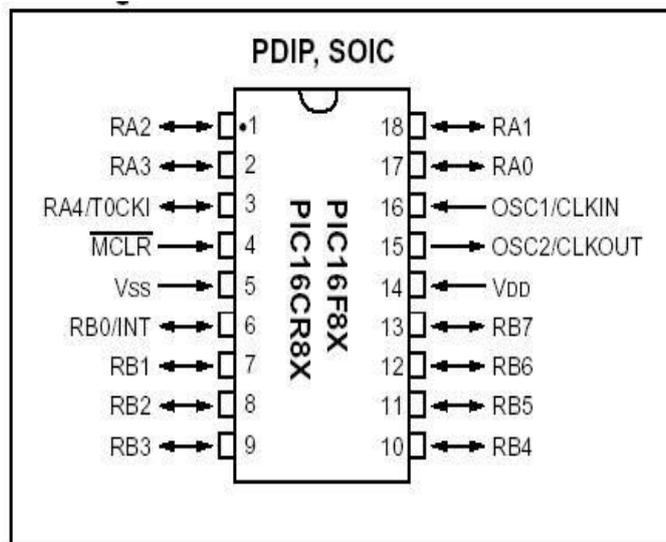
Gambar 4 Pin IC Mikrokontroler MCS51 [11]

Mikrokontroler AVR adalah singkatan dari *Alv and Vegard's Risc processor* yang merupakan mikrokontroler *reduced instruction set computer (RISC)* 8 bit. Hampir semua kode instruksi mikrokontroler AVR dikemas dalam bentuk satu siklus *clock*. Mikrokontroler jenis ini merupakan mikrokontroler yang kerap digunakan dalam aplikasi elektronika dan instrumentasi. Mikrokontroler AVR terbagi atas empat kelas yang terdiri dari kelas *ATTiny*, kelas *AT90Sxx*, kelas *ATMega*, dan kelas *AT86RFxx*. Perbedaan masing-masing kelas tersebut terletak pada memori, *peripheral* serta fungsi yang dimilikinya [12].



Gambar 5 IC AVR

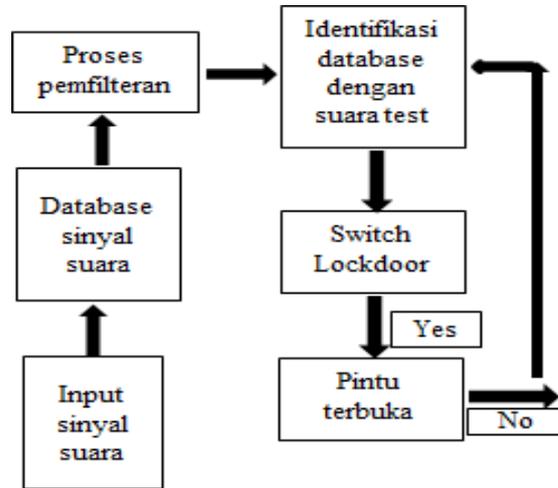
Mikrokontroler PIC adalah jenis mikrokontroler RISC yang dibuat oleh *Microchip Technology*. Mikrokontroler PIC banyak digunakan oleh para *developer* dan *hobbyist* karena harganya yang cukup murah. Selain itu ketersediaan dan penggunaan mikrokontroler jenis ini sangat luas, *database* aplikasi yang cukup besar, serta pemrograman (dan pemrograman ulang) mudah dilakukan dengan bantuan *port serial* yang banyak digunakan oleh komputer-komputer saat ini.



Gambar 6 IC PIC 16F8X atau PIC 16CR8X [13]

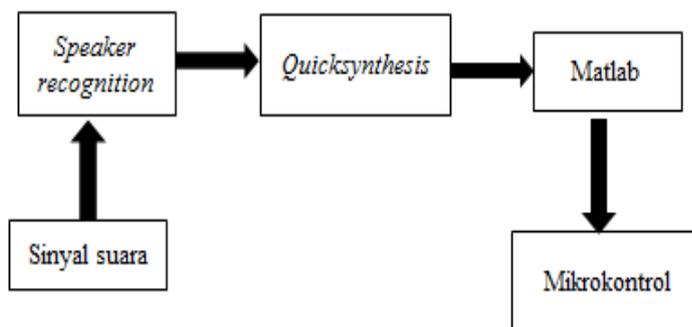
3. METODE PENELITIAN

Blok diagram perangkat keras sistem pengaman rumah yang terdiri dari rangkaian *power supply*, Arduino Uno R3, *speaker recognition*, *relay*, dan *solenoid doorlock* diperlihatkan pada Gambar 7. *Power supply* digunakan sebagai sumber untuk mengaktifkan modul *speaker recognition* dan mikrokontroler. Setelah *device* tersebut aktif, keluaran sinyal suara yang telah diproses pada modul *speaker recognition* tersebut digunakan untuk mengendalikan mikrokontroler pada port tertentu, kemudian keluaran dari mikrokontroler menggerakkan *relay* agar *solenoid doorlock* bekerja dan pintu rumah terbuka.



Gambar 7 Diagram Blok Implementasi Sistem Pengolahan Suara Sebagai Pengaman Rumah Berbasis Mikrokontroler

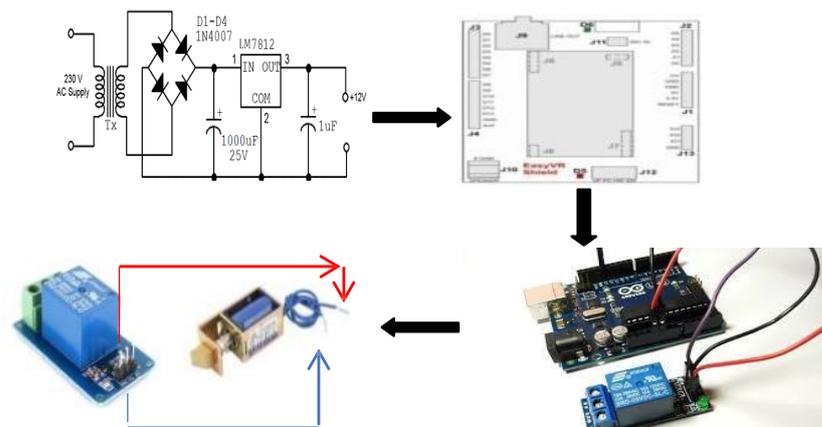
Dalam perancangan *software* sistem pengaman rumah ini ada beberapa langkah yang dilakukan seperti pengaturan perintah suara pada *speaker recognition*, transfer suara keluaran *speaker recognition*, pengolahan suara keluaran dari *speaker recognition* ke Matlab dengan perantara *software sensory quicksynthesis* untuk merubah *file* menjadi *.wav* sesuai kebutuhan Matlab, setelah itu pembuatan *software* pada Arduino Uno R3 untuk menggerakkan *solenoid doorlock*. Pada Gambar 8 diperlihatkan diagram blok perangkat lunak dari sistem pengaman rumah.



Gambar 8 Diagram Blok Perangkat Lunak Sistem Pengaman Rumah

3.1 Skematik dan Diagram Alir dari Sistem Pengaman Rumah

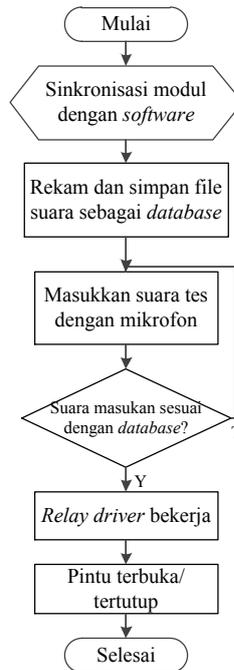
Komponen-komponen sistem pengaman rumah secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 9, sedangkan diagram alir sistem pengaman rumah diperlihatkan pada Gambar 10. *Power supply* digunakan untuk menyalakan *device*, setelah itu suara disimpan pada *speaker recognition*, Arduino Uno R3 menyimpan program yang telah di-*compile* dan mengendalikan *driver relay*. Apabila suara *database* sesuai dengan suara tes maka *solenoid doorlock* bekerja dan pintu terbuka.



Gambar 9 Diagram Komponen Sistem Pengaman Rumah

Gambar 10 menunjukkan diagram alir sistem *speaker recognition* yang dimulai dengan komunikasi antara modul dengan *software* pada mikrokontroler menggunakan komunikasi serial lewat *port* 12 dan 13 sebagai RX (*receiver*) dan TX (*transmitter*)-nya.

Pada sistem pengaman ini digunakan sebanyak 5 sampel suara laki-laki. Sebelum sistem pengaman dapat digunakan, terlebih dahulu dilakukan perekaman dan penyimpanan suara sampel pada *database*. Apabila sensor mendeteksi suara yang sesuai ataupun tidak sesuai dengan suara yang sudah direkam atau disimpan pada *database* maka sensor mengirimkan sinyal lewat komunikasi serial pada mikrokontroler. Jika suara pada *database* sesuai dengan suara masukan maka *driver relay* bekerja dan pintu terbuka.



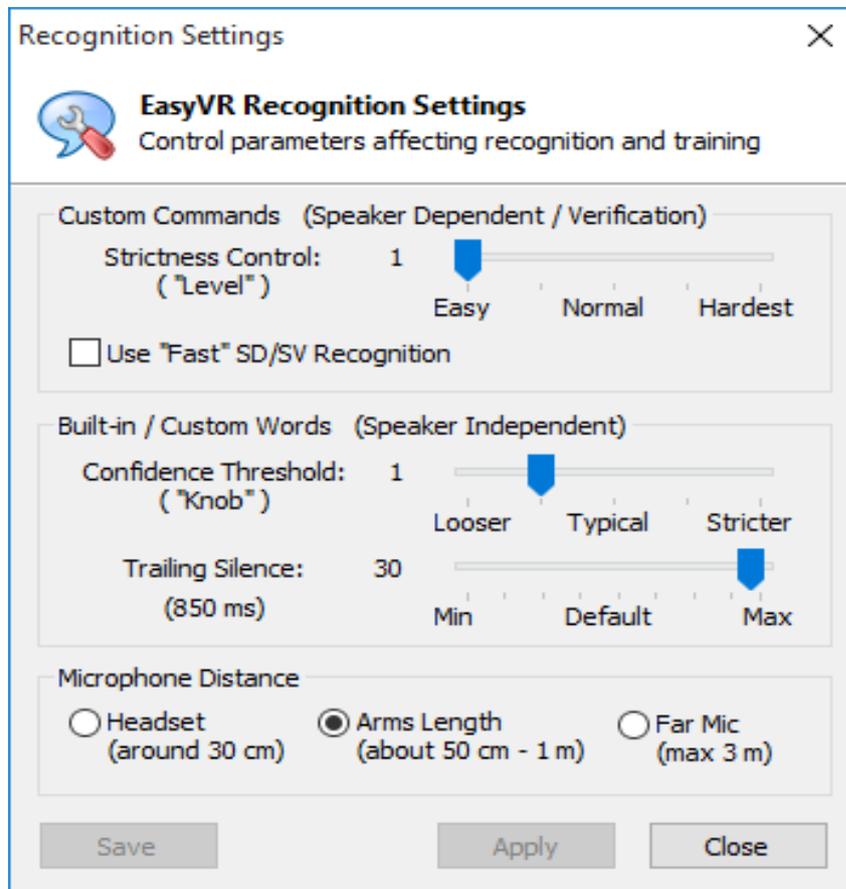
Gambar 10 Diagram Alir Implementasi Sistem Pengolahan Suara Sebagai Pengaman Rumah Berbasis Mikrokontroler

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada implementasi pengolahan sinyal suara pada sistem pengaman rumah menggunakan *speaker recognition* berbasis mikrokontroler, uji coba *device* tersebut dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu 1) pengaturan parameter pada *speaker recognition*, 2) melakukan uji coba pada jarak 50 cm – 100 cm, 3) membandingkan suara masukan dengan suara yang tersimpan pada *database*, dan 4) menganalisis hasil uji coba.

4.1 Pengaturan Parameter pada *Speaker Recognition*

Beberapa parameter pada *software speaker recognition* dapat diatur agar modul tersebut bekerja dengan baik sesuai kebutuhan. Sebelum memilih parameter *recognition* pilih mode *connect* setelah itu pilih *item recognition setting*. Gambar 11 merupakan parameter *recognition setting* [14]. Dalam pengujian ini parameter yang diatur adalah level *Strictness Control* dan *Confidence Threshold*.



Gambar 11 Pengaturan Parameter *Speaker Recognition*

4.2 Hasil Uji Coba dengan Mengatur Nilai pada *Speaker Recognition*

Dengan melakukan uji coba berbagai level pengaturan *Strictness Control* dan *Confidence Threshold* pada menu *speaker recognition* dapat diperoleh nilai atau level yang tepat agar alat dapat bekerja dengan baik. Uji coba parameter *recognition* dilakukan sebanyak 5 kali pengaturan dengan jarak dari 50 cm sampai dengan 100 cm dengan tujuan agar respon suara yang diujicobakan berfungsi. Apabila bentuk sinyal *database* dengan bentuk sinyal tes masukan tidak sesuai maka pintu tidak terbuka dan nilai keberhasilannya 0, sedangkan apabila bentuk sinyal *database* dengan bentuk sinyal tes masukan sesuai maka pintu akan terbuka dan nilai keberhasilannya 1.

4.3 Nilai MSE dan PSNR

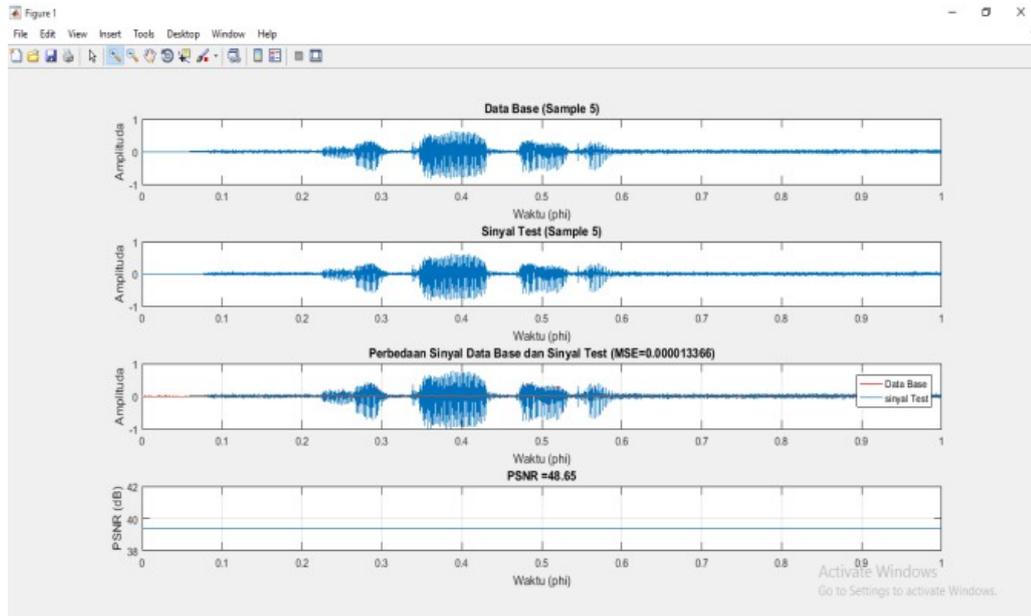
Dari uji coba yang dilakukan, diperoleh nilai MSE dan PSNR untuk lima sampel yang hasilnya diperlihatkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Speaker Recognition*

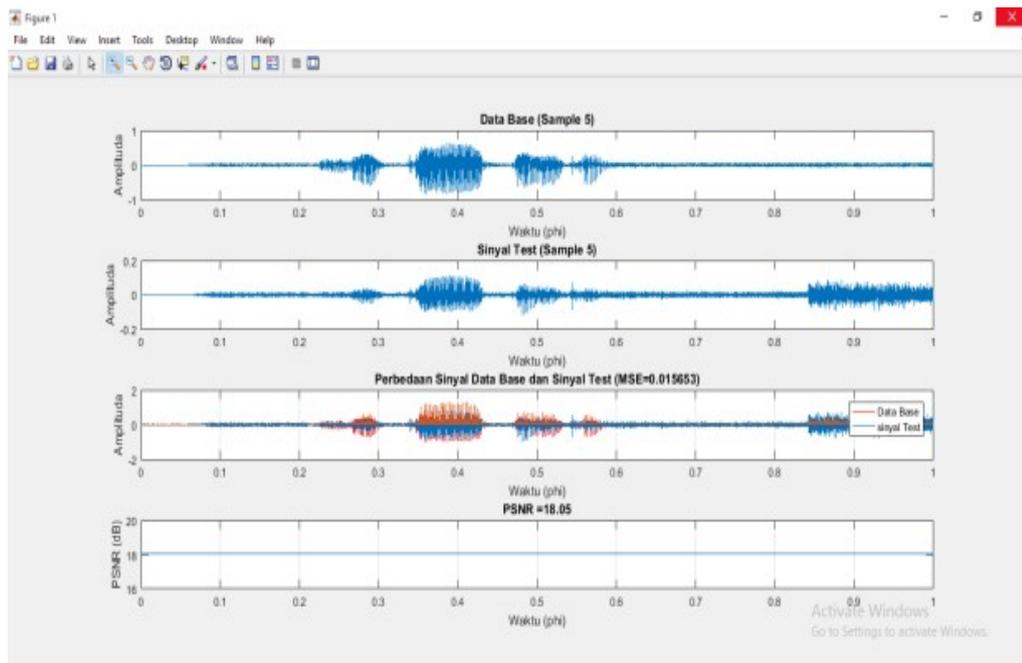
Setting	Jarak (cm)	Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3		Sampel 4		Sampel 5	
		MSE	PSNR (dB)	MSE	PSNR (dB)	MSE	PSNR (dB)	MSE	PSNR (dB)	MSE	PSNR (dB)
Strictness Control Level 2 dan Confidence Threshold Knob 1	50	4.52E-05	43.45	0.000013366	48.65	4.521E-05	43.45	6.321E-05	41.99	0.000593	32.27
	60	0.0009214	30.36	0.0001546	38.11	0.0001235	39.08	0.0003251	34.88	0.0008532	30.69
	70	0.0006235	32.05	0.0006235	32.05	0.0003214	34.93	0.0004112	33.86	0.0007542	31.23
	80	0.0003568	34.48	0.0007752	31.11	0.0004256	33.71	0.0005214	32.83	0.0006324	31.99
	90	0.0005952	32.25	0.015653	18.05	0.0265	15.77	0.0368	14.34	0.0005211	32.83
100	0.015247	18.17	0.002245	26.49	0.03265	14.86	0.03621	14.41	0.0183	17.38	

Pada jarak 50 – 80 cm sistem pengaman rumah berhasil membuka pintu yang menunjukkan bahwa suara pada *database* sesuai dengan suara tes. Dari Tabel 1 diketahui bahwa nilai MSE dan PSNR terbaik terdapat pada Sampel 2 dengan nilai MSE 0,000013366 dan nilai PSNR 48,65 dB. Perbandingan suara pada *database* dengan sinyal tes Sampel 2 dengan jarak 50 cm yang diperlihatkan pada Gambar 12 menunjukkan bahwa kedua suara mempunyai bentuk gelombang yang sangat mirip sehingga secara visual hanya sinyal tes (warna biru) yang tampak pada gambar ketiga (Perbedaan Sinyal *Database* dan Sinyal Tes).

Pada jarak 90 – 100 cm sistem pengaman rumah tidak berhasil membuka pintu yang menunjukkan bahwa suara pada *database* tidak sesuai dengan suara tes. Seperti diperlihatkan pada Tabel 1, pada kondisi ini untuk Sampel 2 diperoleh nilai MSE 0,015653 dan nilai PSNR 18,05 dB. Perbandingan suara pada *database* dengan sinyal tes Sampel 2 dengan jarak 90 cm yang diperlihatkan pada Gambar 13 menunjukkan bahwa kedua suara mempunyai bentuk gelombang yang berbeda sehingga kedua sinyal tersebut dapat terlihat dengan jelas. Pada kasus ini amplitudo sinyal tes (warna biru) lebih kecil dari amplitudo sinyal yang tersimpan pada *database* (warna merah).



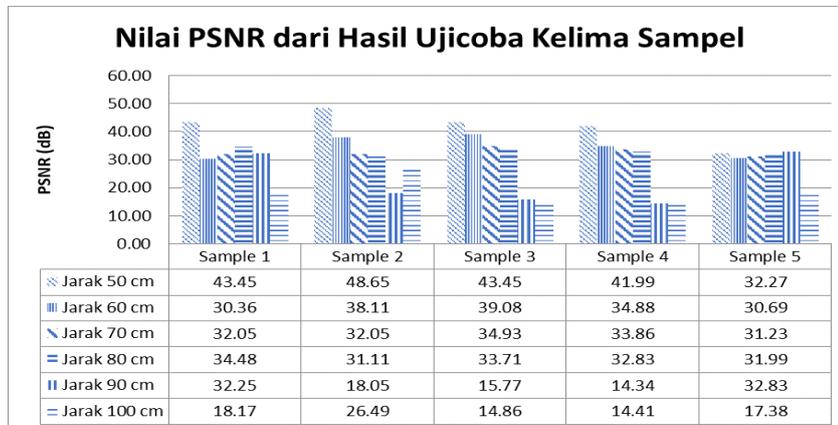
Gambar 12 Perbandingan Suara pada *Database* dengan Sinyal Tes Sampel 2 dengan Jarak 50 cm



Gambar 13 Perbandingan Suara pada *Database* dengan Sinyal Tes Sampel 2 dengan Jarak 90 cm

4.4 Analisis Hasil Uji Coba

Hasil uji coba yang diperoleh pada sistem pengaman rumah pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai PSNR pada *speaker recognition* bergantung pada jarak tes suara masukan, apabila jarak sinyal masukan terhadap *speaker recognition* semakin dekat maka nilai PSNR akan bertambah. Hal ini dapat dijelaskan dengan grafik pada Gambar 14. Dari kelima sampel yang diuji dari jarak 50 cm sampai dengan 100 cm, kelima sampel tersebut menghasilkan nilai PSNR tertinggi pada jarak 50 cm dibandingkan pada jarak yang lebih jauh. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jarak sinyal tes sangat mempengaruhi nilai PSNR. Apabila nilai PSNR besar maka pintu akan terbuka dan apabila nilai PSNR kecil maka pintu tidak terbuka.



Gambar 14 Nilai PSNR untuk Kelima Sampel

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba sistem pengaman rumah ini dapat disimpulkan:

1. Modul *speaker recognition* dengan modul Arduino Uno R3 dapat berfungsi dan bekerja dengan baik untuk membuka pintu.
2. Fungsi identifikasi yang baik diperoleh dengan mengatur level *Control Strictness* pada posisi 2 dan *Confidence Threshold* pada posisi 1.
3. Uji coba terbaik menghasilkan nilai MSE sebesar 0,000013366 dan nilai PSNR sebesar 48,65 dB untuk jarak 50 cm.

4. Pada jarak lebih dari 90 cm nilai MSE sebesar 0,015653, nilai PSNR sebesar 18,05 dB, dan pintu tidak terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. N. Utami, R. Rumani, dan N. Anbaranti. "Speaker Recognition Design Based On Lamp Control System Microcontroller." *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 2, No. 2 Agustus 2015, hlm 3332.
- [2] Heinz Heirtlein. "Definitions. The Speaker Recognition." Internet: <http://speaker-recognition.org>, December 26, 2008.
- [3] G. Melisa. "Pencocokan Pola Suara (Speech Recognition) dengan Algoritma FFT dan Divide and Conquer." Internet: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2007-2008/Makalah2008/MakalahIF2251-2008-077.pdf>, 2008.
- [4] A. Tandoyo, Martono, dan A. Widayatmoko. "Speaker Identification Menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit dan Jaringan Saraf Tiruan Back-Propagation." *CommIT*, Vol. 2, No. 1, Mei 2008, hlm. 1-7.
- [5] A. Imario, D. W. Sudiharto, dan E. Ariyanto. "Uji Validasi Suara Berbasis Pengenalan Suara (Voice Recognition) menggunakan EasyVR Shield3," dalam *Proc. SNATIF ke-4*, 2017.
- [6] A. Seppiawan N, Nurussa'adah, dan P. Siwindarto. "Sistem Keamanan Pintu Pagar Otomatis Menggunakan Voice Recognition." Internet: <https://docplayer.info/29790594-Sistem-keamanan-pintu-pagar-otomatis-menggunakan-voice-recognition.html>.
- [7] A. Ananda. "Penggunaan Pengenal Pengucap Tidak Berdasarkan Teks (Speaker Recognition Text-Independet) Sebagai Otorisasi Pengaksesan Pintu." Internet: <http://eprints.undip.ac.id/25900/1/ML2F002555.pdf>, 20 Januari 2011.
- [8] S. Pandiaraj dan K.R. Kumar. "Speaker Identification Using Discrete Wavelet Transform." *Journal of Computer Science*. 25-07-2012.
- [9] Darma Putra. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Publisher, 2010.
- [10] "Tutorial Mikrokontroler." Internet: <http://meriwardana.blogspot.com/2009/12/>

tutorial-mikrokontroler_27.html

- [11] Atmel. “8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash AT 89C51.” Internet: http://www.keil.com/dd/docs/datashts/atmel/at89c51_ds.pdf.
- [12] “AVR Microcontroller.” Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/AVR_microcontrollers.
- [13] “PIC Microcontrollers.” Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontrollers.
- [14] Veeear. “EasyVR Shield3 User Manual Release 1.0.” Internet: <https://www.veear.eu/files/EasyVR%203%20User%20Manual%201.0.16.pdf>