

# Rancang Bangun Alat Pengontrol Motor Listrik Menggunakan Suara Manusia Berbasis Mikrokontroler

Jeffry Romei Pardosi.<sup>(1)</sup>, Janny O. Wuwung.<sup>(2)</sup>, Elia Kendek Allo.<sup>(3)</sup>, Dringhuzen J. Mamahit.<sup>(4)</sup>

(1)Mahasiswa, (2)Pembimbing 1, (3)Pembimbing 2, (4)Pembimbing 3

Jeff\_xenodutz@yahoo.com<sup>(1)</sup>, jannywuwung@yahoo.com<sup>(2)</sup>

Jurusan Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado-95115

**Abstrak** - Perkembangan teknologi elektronik di era modern saat ini memang sangat membantu manusia dalam melakukan berbagai hal. Pengontrolan motor listrik khususnya kipas dengan menggunakan perintah suara berbasis mikrokontroler dapat memudahkan kita untuk menghidupkan, mengatur kecepatan atau mematikan perangkat elektronik berupa kipas atau sebagainya, tanpa harus berjalan menuju titik saklar dan menekannya tetapi cukup menyebutkan perintah suara yang sudah ditentukan. Alat ini menggunakan mikrokontroler *Arduino Duemilanove* untuk mengontrol alat – alat elektronik yang akan dikendalikan. Prinsip kerja alat ini adalah dengan menggunakan tiga perintah utama menggunakan suara, yaitu untuk menyalakan, mengatur kecepatan dan mematikan barang elektronik tersebut. Alat ini memerlukan pelatihan khusus dari pembicara untuk mengenali frekuensi suara yang telah ditetapkan.

**Kata kunci:** Frekuensi suara, Mikrokontroler Arduino, Motor listrik, Perintah suara

*Abstract - Developments of electronic technology in the modern era of today is a very helpful man doing things. Controlling the electric motor particularly fan by using the voice command based microcontroller can help us to turn on, adjust the speed or turn off electronic devices such as fan or so when it was developed without having to run to the point of the switch and pressing but enough said predetermined voice commands. This tool uses Arduino Duemilanove microcontroller to control the tools an electronic device that will be controlled. Working principle of this tool is to use the three main commands using voice, to turn on, adjust the speed and off electronic devices. This tools requires special training of speaker then the tool is more directed at a predetermined sound frequency.*

**Key words:** Arduino Microcontroller, Electric motor, Sound frequency, Voice command

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di zaman sekarang ini berjalan dengan sangat cepat. Berbagai macam karya teknologi diciptakan untuk memudahkan manusia dalam menjalankan segala macam bentuk aktivitas sehari-hari. Dengan berkembangnya teknologi dan semakin banyaknya kesibukan manusia, membuat orang berpikir untuk dapat bekerja lebih efektif dan efisien. Oleh karena itu salah satu caranya dengan mengganti piranti mekanik menjadi piranti otomatis dengan maksud untuk menekan biaya, waktu dan tenaga.

Pengontrol motor listrik menggunakan modul sensor suara untuk menerima informasinya merupakan salah satu perangkat otomatis yang menjadi solusi untuk masalah di atas. Pengontrol motor listrik dalam tugas akhir ini mengarah pada prinsip kerja dimana bila ada suara manusia yang bergema sebagai sumber informasi yang diterima oleh sensor suara sehingga motor dapat terkontrol kecepatannya.

Maksud dari pengontrolan motor listrik pada tugas akhir ini adalah untuk mengatur kecepatan pada peralatan elektronik menggunakan motor listrik sebagai penggerakannya, dengan menggunakan suara manusia sebagai pengganti saklar manual. Pengontrol motor pada tugas akhir ini menggunakan suara manusia bukan hanya sebagai pengontrol hidup mati motor tapi juga dapat mengontrol kecepatan putaran pada motor tersebut dengan menggunakan mikrokontroler, dimana ketika dihubungkan pada sensor suara, mikrokontroler dapat juga digunakan untuk merubah atau mengatur jumlah daya yang diberikan pada beban, sesuai dengan perintah melalui suara.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Sistem Pengenal Ucapan ( Speech Recognition System )

Sistem pengenal suara atau *speech recognition system* merupakan sebuah system yang menggunakan mikrofon sebagai alat input kemudian mengubah sinyal inputan analog menjadi sinyal digital dan membandingkan pola-pola listrik yang dihasilkan oleh suara atau ucapan (suara input) dengan sekumpulan data pola rekaman terlatih yang tersimpan di komputer. System ini dapat mengerjakan dua tugas, yaitu mengubah pola suara ke tulisan dan mengeluarkan perintah suara untuk mengontrol computer. System pengenalan suara ini harus mampu mengatasi beragam kesulitan, misalnya perbedaan suara, pelafalan dan aksen.

Pengenalan suara sendiri terbagi menjadi dua kategori, yaitu, Piranti pengenalan kata dan Piranti pengenalan kalimat.

Piranti pengenalan kata (*word recognition*) yang mampu merespon ucapan-ucapan secara individu atau perintah-perintah yang menggunakan teknik yang dikenal sebagai *speaker verification*. Disini sistem akan membangkitkan suatu template untuk mengenali suara *user*.

Piranti pengenalan kalimat (*speech recognition*) yang mampu mengenali hubungan antar kata terucap di dalam kalimat atau frase. Teknik-teknik statistik dipakai dalam pola perekaman suara yang akan dicocokkan dengan kata-kata terucap.

Ada 2 tipe *Speech Recognition* dilihat dari ketergantungan pembicara yaitu, *Independent Speech Recognition* dan *Dependent Speech Recognition*.

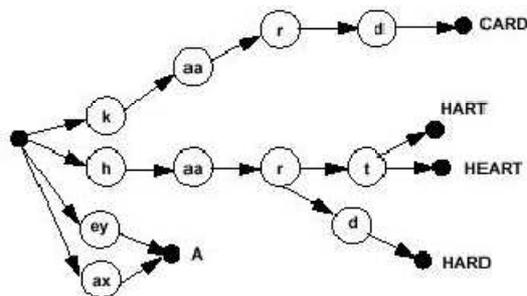
*Independent Speech Recognition*, yaitu sistem pengenal ucapan tanpa terpengaruh dengan siapa yang berbicara, tetapi mempunyai keterbatasan dalam jumlah kosakata. Model ini akan mencocokkan setiap ucapan dengan kata yang dikenali dan memilih yang sangat mendekati kata yang cocok. Untuk mendapatkan kecocokan kata yang diucapkan maka digunakan model statistik yang dikenal dengan nama *Hidden Markov Model (HMM)*.

*Dependent Speech Recognition*, yaitu sistem pengenal ucapan yang memerlukan pelatihan khusus dari pembicara, dimana hasil pelatihan dari masing-masing pembicara akan

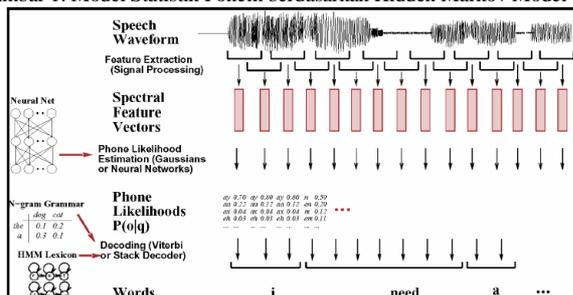
disimpan dalam sebuah profil. Profil inilah yang nantinya digunakan untuk berinteraksi dengan sistem pengenalan ucapan dan sistem akan bergantung dengan siapa yang berbicara. Sistem ini biasanya lebih mudah untuk dikembangkan, dimana contoh suara sudah dibuat sebelumnya dan disimpan dalam database (basis data) dan jumlah kosakatanya lebih besar dibandingkan dengan *independent speech recognition*. Proses pengenalan ucapan dengan cara membandingkan ucapan pembicara dengan contoh suara yang ada.

Saat ini sistem pengenalan ucapan telah menggunakan model statistik untuk menentukan dengan tepat kata yang dimaksud. Menurut John Garofolo, *Speech Group Manager* pada *Information Technology Laboratory* di *National Institute of Standards and Technology*, model statistik yang sangat mendominasi adalah *Hidden Markov Model* dan *Neutral Networks*. Tetapi yang paling sering digunakan adalah *Hidden Markov Model*. Pada gambar 1 ditunjukkan dimana setiap fonem dihubungkan seperti rantai, dan rangkaian rantai yang komplit merupakan kata.

Sumber sinyal yang berasal dari ucapan seseorang dinyatakan sebagai *Speech Waveform*. Sumber sinyal ini kemudian dicari ciri pentingnya yang dapat membedakan antara satu sinyal dengan sinyal lain. Pengungkapan ciri dilakukan dengan pengolahan sinyal. Hasil dari pengolahan dan analisis sinyal adalah deretan vektor ciri ucapan, dinyatakan sebagai *spectral feature vector*. Vektor-vektor ini dilatih menggunakan jaringan syaraf tiruan. Pelatihan dimaksudkan agar pemrosesan vektor dapat dilakukan dengan cepat. Hasil dari pelatihan berupa deretan fonem-fonem yang membentuk data ucapan. Pemodelan fonem ini menggunakan model akustik *Hidden Markov Model* (HMM). Proses pencarian kesamaan data fonem dilakukan dengan menggunakan *N-gram Grammar* dan dikodekan kembali menggunakan algoritma *Viterbi*. Proses ini melihat nilai total penjumlahan terbaik. Dari penjumlahan ini diperoleh deretan kata yang terpilih dan diasumsikan yang paling benar, tampak hasil "I need a" pada gambar 2.



Gambar 1. Model Statistik Fonem berdasarkan Hidden Markov Model



Gambar 2. Contoh Penjabaran Teknis Sistem Pengenalan Ucapan

B. Sensor Suara

Sensor suara adalah sebuah alat yang mampu mengubah gelombang *Sinusioda* suara menjadi gelombang sinus energi listrik (*Alternating Sinusioda Electric Current*). Sensor suara bekerja berdasarkan besar/kecilnya kekuatan gelombang suara yang mengenai membran sensor yang menyebabkan Bergeraknya membran sensor yang juga terdapat sebuah kumparan kecil di balik membran tadi naik dan turun. Oleh karena kumparan tersebut sebenarnya adalah ibarat sebuah pisau yang berlubang-lubang maka pada saat ia bergerak naik-turun, ia juga telah membuat gelombang magnet yang mengalir melewatinya terpotong-potong. Kecepatan gerak kumparan menentukan kuat-lemahnya gelombang listrik yang dihasilkannya.

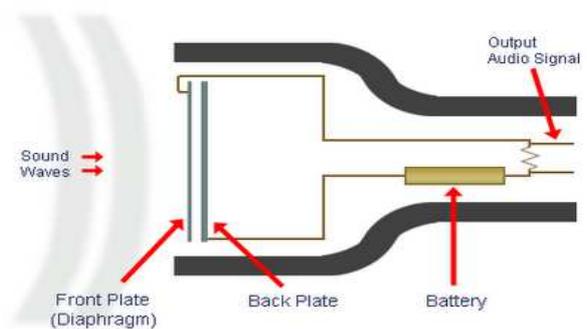
C. Microphone

*Microphone* adalah komponen elektronika dimana cara kerjanya yaitu membran yang digetarkan oleh gelombang suara akan menghasilkan sinyal listrik dan lain-lain. Secara umum ada dua jenis *microphone* yaitu *microphone condenser* (lihat gambar 4) dan *dynamic microphone*.

*Microphone Condenser*

*Microphone* tipe ini tersusun atas 2 keping plat tipis yang berfungsi untuk menangkap gelombang suara. Cara kerjanya sederhana, gelombang suara yang masuk akan menggetarkan kedua plat ini sehingga membentuk sinyal-sinyal audio yang kemudian diteruskan ke pre-amplifier untuk dikuatkan.

Karena hanya menggunakan 2 plat yang bisa disesuaikan ukurannya, maka *mic condenser* ini memiliki ukuran yang kecil dan ringan. Karena kecil, *mic condenser* banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti ponsel, *handsfree*, *headphone*, dll. Mic tipe ini harus menggunakan daya dalam pengoperasiannya. Jika tidak maka *mic condenser* tidak akan bekerja. Daya yang digunakan sedikit saja sehingga hemat. Cara kerjanya ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Cara kerja Microphone Condenser



Gambar 4. Bentuk asli Microphone Condenser



bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega328 dapat dikonfigurasi, baik *secara single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATmega328 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATmega328 memiliki 3 modul timer yang terdiri dari dua buah timer/counter 8 bit dan 1 buah timer/counter 16 bit. Ketiga modul timer/counter ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, semua timer/counter juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing timer/counter ini memiliki register tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya.

Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*.

Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi -instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU ( *Arithmetic Logic unit* ) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

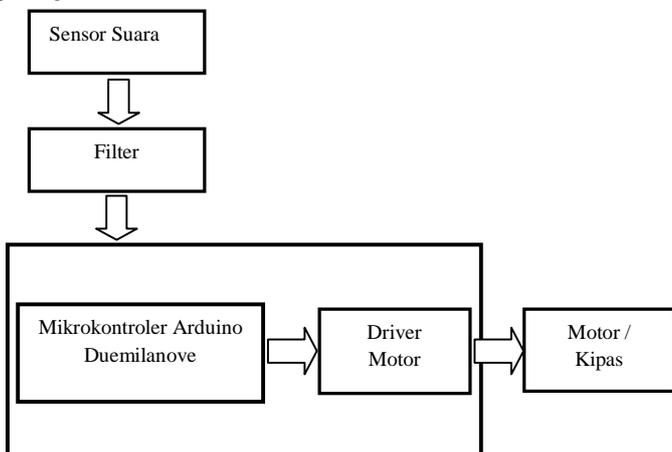
Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X ( gabungan R26 dan R27 ), register Y ( gabungan R28 dan R29 ), dan register Z ( gabungan R30 dan R31 ). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai *register control Timer / Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. Arsitektur ATmega328 dapat dilihat pada gambar 8.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Skema Perancangan Sistem

Diagram blok dari sistem yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Blok Pengontrol Motor Listrik

B. Perancangan Catu Daya untuk Mikrokontroler

Catu daya yang digunakan untuk mikrokontroler *Arduino Duemilanove* adalah +5V, catu daya ini menggunakan trafo biasa yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC220V ke tegangan AC +5V, yang kemudian dilewatkan pada *diode bridge* (dioda penyearah). Sehingga dapat menghasilkan tegangan DC walaupun masih mengandung *ripple*, dan untuk menghilangkan *ripple* digunakan kapasitor 2200 µF yang dikaitkan dengan IC regulator 7805 sehingga dapat menghasilkan tegangan yang mendekati 5V ( gambar 10 ).

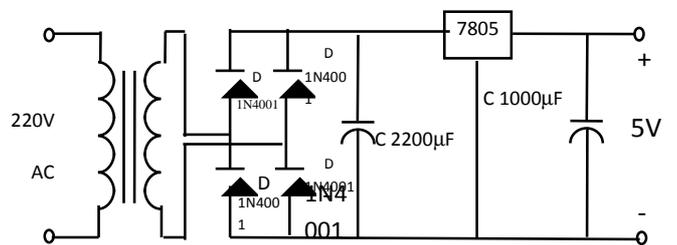
C. Perancangan Catu Daya untuk Relay

Catu daya berfungsi mensuplai arus dan tegangan ke relay, dimana relay memerlukan tegangan 12 volt. Pada catu daya +12 volt ini menggunakan trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC220 Volt ke AC 12 Volt dan kemudian dilewatkan ke dioda penyearah sehingga dapat menghasilkan sinyal DC ( gambar 11 ).

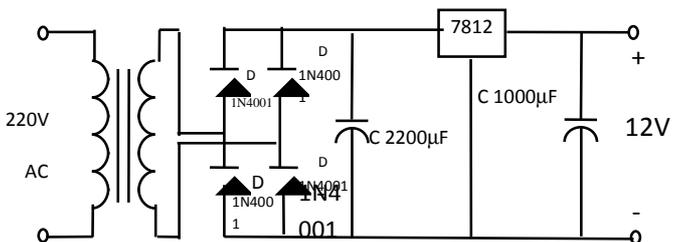
D. Rangkaian Driver Relay

Pada rangkaian ini, relay (12V, <500ohm) dihubungkan dengan ke kaki kolektor dari transistor D313 (transistor jenis NPN). Tegangan masukan dari mikrokontroler masuk ke kaki basis dari transistor tersebut ( sebelumnya masuk terlebih dahulu ke sebuah resistor ). Ketika masukan tegangan dari kaki basis rendah, maka transistor dalam status *OFF*, dan relay dalam keadaan pengisian ulang daya ( *de- energized state* ). Sama juga ketika masukan tegangan dari kaki basis tinggi, maka transistor dalam status *ON*, dan aliran arus dari kaki kolektor ke emitor mengisi daya ke relay.

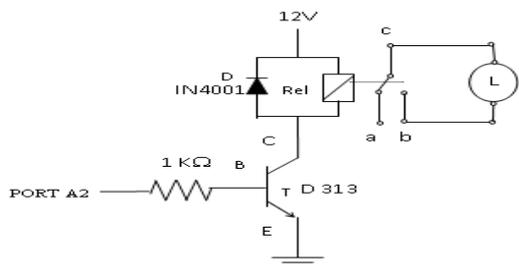
Pada umumnya dalam sebuah rangkaian pengendali relay ( gambar 12 ), paralel ke koil relay, digunakan sebuah dioda. Dioda diperlukan, guna menghubungkan singkatkan tegangan induksi yang muncul di saat saklar menuju posisi *OFF*. Penghubung singkatkan disini bertujuan untuk menghapus tegangan induksi yang dihasilkan oleh koil relay ketika arus tiba – tiba jatuh. Hal ini diperlukan karena relay merupakan beban yang bersifat induksi. Sehingga dengan demikian dapat menyelamatkan transistor tersebut.



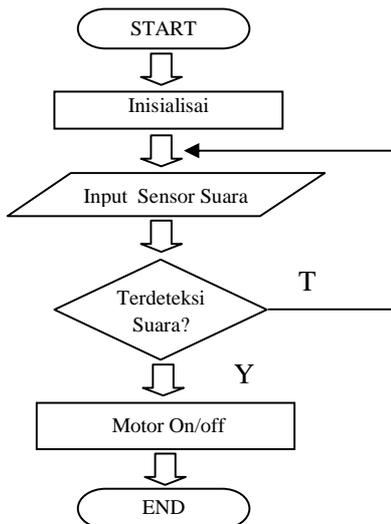
Gambar 10. Rangkaian catu daya 5V



Gambar 11. Rangkaian catu daya 12V



Gambar 12. Rangkaian driver relay



Gambar 13. Diagram alir proses deteksi sensor suara

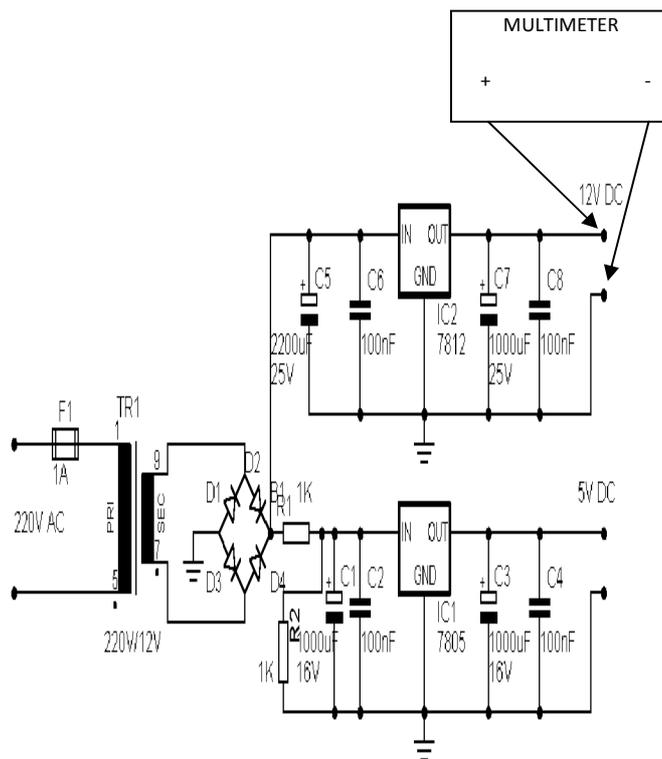
E. Diagram Alir Proses Kerja Sistem

Diagram alir sistem adalah langkah awal untuk membuat program sistem, dengan mengacu pada simbol-simbol *flowchart* maka dapat disusun alur kerja sistem sesuai dengan kebutuhan. *Flowchart* sistem diawali dengan simbol “start” kemudian alur deskripsi kerja sistem diakhiri dengan simbol “end” sebagai akhir dari proses kerja sistem. Sangat tepatlah jika perancangan program diawali dengan desain *flowchart* terlebih dahulu, dengan memanfaatkan simbol sesuai dengan desain sistem yang akan dirancang. Penggunaan simbol instruksi percabangan disetiap desain untuk membandingkan suatu proses dengan proses yang lain, dapat membuat analisa kerja sistem menjadi sangat kompleks. Dengan fitur bahasa pemrograman yang mudah dimengerti maka memudahkan pengguna untuk mengolah logika program untuk aplikasi desain sistem. Desain alur program harus menempatkan simbol “END” / “START” walaupun kondisi sistem adalah loop tertutup secara kontinyu sistem akan terus berputar selama sistem diberi catuan suplai listrik, namun harus dicari solusi untuk menempatkan logika simbol “END” untuk mengakhiri cerita program. Alur kerja sistem diperlihatkan pada gambar 13.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tegangan Catu Daya

Dengan menggunakan sebuah multimeter digital dapat dilihat kestabilan tegangan dari *output* dan *input* regulator. Pengujian diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Catu Daya 5V dan 12V

Pengukuran dilakukan berulang-ulang dengan tujuan untuk meyakinkan apakah data yang diukur telah memenuhi standar rangkaian atau tidak. Catu daya sesuai perancangan adalah mempunyai tegangan output 5V DC & 12V DC. Berdasarkan pengukuran diperoleh pada data di tabel I dan II.

Analisa 1

Tegangan keluaran dari rangkaian catu daya tampak sudah sesuai dengan perencanaan yaitu 5V DC, pada  $V_{input} = 12$  dengan hasil 4,9 volt (Tabel I).

Analisa 2

Untuk Tegangan keluaran dari rangkaian catu daya tampak sudah sesuai dengan perencanaan yaitu 12 VDC pada  $V_{input} = 12V$ , meskipun ada sedikit perubahan namun rata-rata  $V_{out}$  catu daya sudah memadai untuk digunakan (Tabel II).

B. Pengujian driver relai

Rangkaian driver penggerak motor dirancang dengan menggunakan transistor tipe D313. Transistor difungsikan sebagai saklar untuk menghubungkan sumber ke relai, dimana tegangan kerja transistor ketika basis di beri tegangan adalah sebesar 0,7V ~ 3,5 volt, sehingga tahanan dihubungkan secara seri dengan basis. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel III.

C. Pengujian Sensor Suara

Input pada mikrokontroller mengacu pada sensor suara, dimana sinyal yang masuk pada sensor suara akan diolah sehingga akan menghasilkan satu kondisi yaitu kondisi 1 atau 0 dan memiliki 3 kondisi perintah utama yaitu Voice A, B dan C. Hasil Pengukuran dapat dilihat pada tabel IV.

**D. Pengukuran Sinyal Sensor Suara**

Untuk mendapatkan data yang sesuai dengan skenario suara untuk output Step kecepatan kipas, maka penulis mengukur nilai data output analog sensor, data digital melalui tampilan serial, serta data sinyal suara dalam (db). Hasil pengukuran diperoleh dengan menggunakan aplikasi *Spectrum Analyzer* dan Kalibrasi *Sound Meter*. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel V.

**E. Skenario Pengujian terhadap kondisi step kecepatan kipas**

Skenario pengujian step kecepatan kipas dikondisikan dengan 3 (tiga) skenario yaitu : Voice “A” ,”B” , “C”. Dimana A digunakan untuk step 1, B untuk step 2, sedangkan C untuk Stop. Pengukuran frekuensi dan db pada pengujian *voice* digunakan *Spectrum Analyzer Pro live*, yang berbasis pc. Hasil pengujian untuk 3 (tiga) kondisi tersebut diperlihatkan pada gambar 15, 16, dan 17.

**Skenario Pengujian 1**

Dengan mengucapkan huruf “A” (*voice A*), sinyal dari sensor tersebut akan di informasikan ke mikrokontroller sebagai data pembanding dan proses output ke relay. Kondisi ini akan menghasilkan *output step 1* pada kipas. Gambar 15 memperlihatkan *spektrum frekuensi* dan db untuk *voice A*.

**Skenario Pengujian 2**

Dengan mengucapkan huruf “B” (*voice B*), sinyal dari sensor tersebut akan di informasikan ke mikrokontroller sebagai data pembanding dan proses output ke relay. Kondisi ini akan menghasilkan *output step 2* pada kipas. Gambar 16 memperlihatkan *spektrum frekuensi* dan db untuk *voice B*.

**Skenario Pengujian 3**

Dengan mengucapkan huruf “C” (*voice C*), sinyal dari sensor tersebut akan di informasikan ke mikrokontroller sebagai data pembanding dan proses output ke relay. Kondisi ini akan menghasilkan *output stop* pada kipas. Gambar 17 memperlihatkan *spektrum frekuensi* dan db untuk *voice C*. Gambar 18 menunjukkan gambar keseluruhan alat.

TABEL I  
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN INPUT 5V SEBANYAK KALI PENGUKURAN

Vinput	Vout
2	1,94
4	3,89
6	4,91
8	4,93
10	4,93
12	4,97

TABEL II  
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN INPUT 12V SEBANYAK KALI PENGUKURAN

Vinput	Vout
2	1,87
4	3,69
6	5,91
8	7,96
10	9,86
12	11,87

TABEL III  
PENGUKURAN RANGKAIAN DRIVER

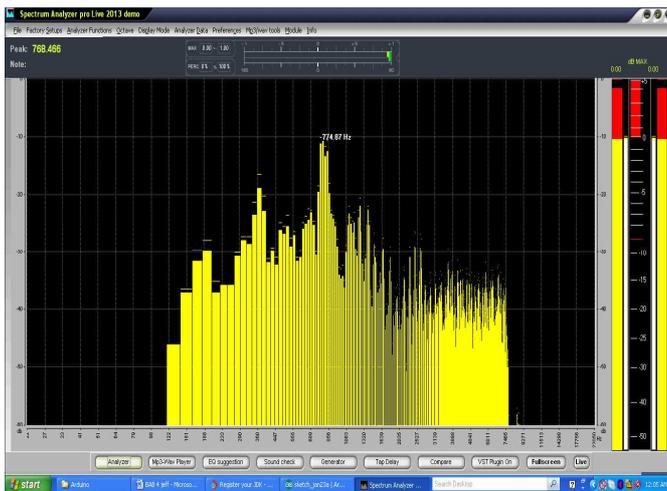
NO	Input Basis (Volt)	Tegangan Vb (volt)	Tegangan Relai ( Volt)
1	4,87	0,76	11,80
2	4,89	0,79	11,85
3	4,90	0,82	11,87
4	4,93	0,85	11,92
5	4,96	0,87	11,96

TABEL IV  
PENGUKURAN SENSOR SUARA

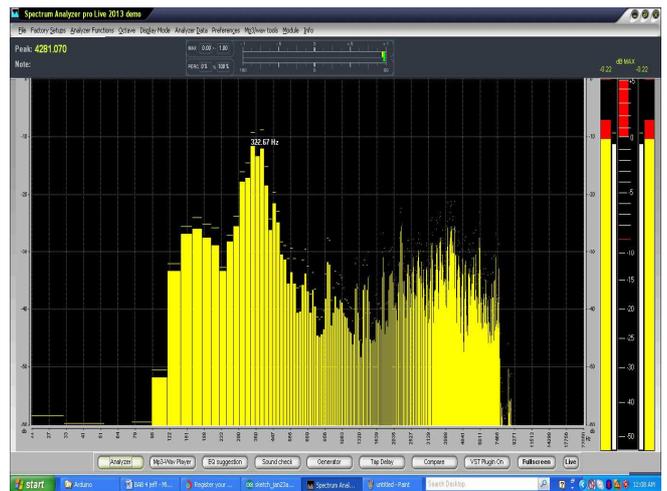
No	input Suara (db)	Output Sensor (V)
1	23	1.23
2	24	1.26
3	30	1.45
4	26	1.28
5	31	1.55

TABEL V  
HASIL PENGUKURAN SINYAL SENSOR SUARA

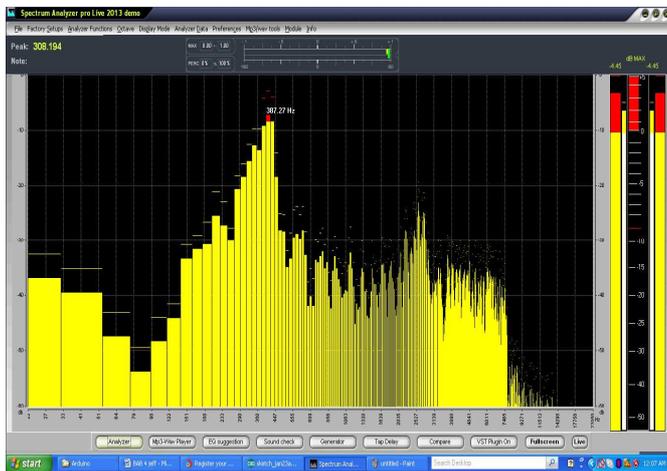
No.	Output Analog Sensor (mA)	Data digital (HEX)	Sinyal suara (db)
1	19.6	01H	2.42
2	58	03H	2.45
3	98	05H	2.46
4	117	06H	2.49
5	137	07H	2.55
6	157	08H	2.68
7	196	0AH	2.95
8	235	0CH	3.23
9	255	0DH	3.87
10	294	0FH	4.41
11	333	11H	4.58
12	353	12H	4.84
13	397	14H	4.91



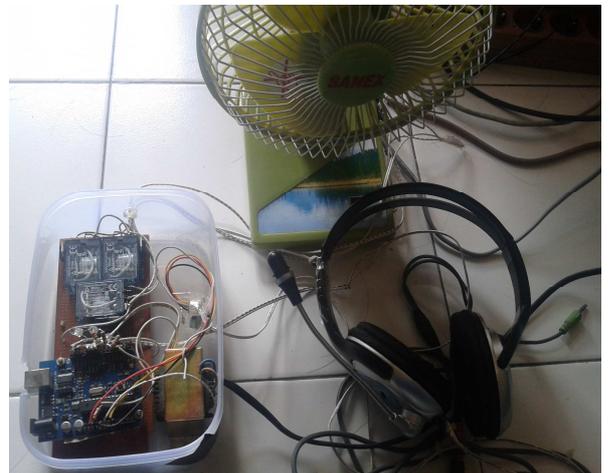
Gambar 15. Spektrum dan db pada Voice A



Gambar 17. Spektrum dan db pada Voice C



Gambar 16. Spektrum dan db pada Voice B



Gambar 18. Foto Alat

## V. KESIMPULAN

Karakter perintah suara yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu *voice A*, *voice B*, *voice C*.

Dengan mengucapkan "*voice A*" maka sensor akan menginformasikan sinyal ke mikrokontroler sehingga akan menghasilkan output step 1 pada kipas yaitu kondisi *On* pada kecepatan 1, *range* frekuensi suara yang digunakan yaitu antara 5 – 8 KHz.

Dengan mengucapkan "*voice B*" maka sensor akan menginformasikan sinyal ke mikrokontroler sehingga akan menghasilkan output step 2 pada kipas yaitu kondisi *On* pada kecepatan 2, *range* frekuensi suara yang digunakan yaitu antara 9 – 11 KHz.

Dengan mengucapkan "*voice C*" maka sensor akan menginformasikan sinyal ke mikrokontroler sehingga akan menghasilkan output step 3 pada kipas yaitu kondisi *Off*, *range* frekuensi suara yang digunakan yaitu > 12 KHz.

Pengontrolan pada tugas akhir ini mengarah pada frekuensi suara yang sudah ditetapkan oleh karena demikian diperlukan pelatihan kontrol suara sebelum menjalankan alat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Electronic Component's Datasheet, tersedia di: <http://www.alldatasheet.com/>
- [2] K. Benjamin, Alih bahasa Mhd, Zulfan, Automatic Control System, Prenhallindo, Jakarta, 1998.
- [3] L. Wila, Teknik Digital Mikroprosesor dan Mikrokomputer, Informatika, Bandung, 2007.
- [4] O. Bishop, Dasar – dasar Elektronika, Jakarta, Erlangga, 2002
- [5] R. Blocher, Dipl, Phys, Dasar Elektronika, Yogyakarta, Penerbit Andi, 2003.
- [6] Sudjadi, Teori dan Aplikasi Mikrokontroler, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2005.
- [7] S. Wibowo, Merakit sendiri 29 Rangkaian Alat Elektronika, Tiga Dua, Surabaya, 1993.