

Estimation of Sound Source Direction Using Fourier Transformation Method with Arduino

Estimasi Arah Sumber Suara Menggunakan Metode Tranformasi Fourier dengan Arduino

Aris Setiawan¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri Kediri

E-mail: *arisz313@gmail.com

Abstract – Sound waves have vibrations generated from objects in the form of analog signals that change with time continuously. Sound can be heard because it propagates through a medium, this medium can be solids, liquids, and gases. The sound that can be captured by humans has a frequency between 20 Hz to 20,000 Hz. While the microphone is a device that converts sound vibrations into analog electrical voltages whose data can be processed. The use of a microphone is used instead of an ear. In this research, the microphone output is then processed with an external ADC (Analog Digital Converter). The external ADC of the microcontroller is used to get digital data. The data processing uses the Fourier transform method by utilizing trigonometric calculations. The results of the data calculation will get the angle of the sound direction with a range of $0^\circ - 180^\circ$ which is used to move the servo in pointing the direction of the sound. LCD is also used to display the angle of the sound direction. The use of the directional angle serves to focus the location of the sound with the highest intensity so that it is more concentrated. In this study, the accuracy of the tool is 67.36%.

Keywords — ADC, Arduino, Microphone, Servo, Fourier Transform

Abstrak – Gelombang suara memiliki getaran yang dihasilkan dari benda berupa sinyal analog yang berubah terhadap waktu secara kontinyu. Suara dapat didengar karena merambat melalui medium, medium ini bisa berupa zat padat, zat cair, dan zat gas. Adapun bunyi yang dapat ditangkap oleh manusia yaitu memiliki frekuensi antara 20 Hz hingga 20.000 Hz. Sedangkan mikrofon sebuah alat yang mengubah getaran suara menjadi besaran tegangan listrik analog yang datanya dapat diolah. Pemanfaatan mikrofon digunakan sebagai pengganti telinga. Pada penelitian ini, keluaran mikrofon kemudian diolah dengan ADC (Analog Digital Converter) eksternal. ADC eksternal dari mikrokontroler digunakan untuk mendapatkan data digital. Pengolahan data tersebut menggunakan metode transformasi Fourier dengan memanfaatkan perhitungan trigonometri. Hasil dari perhitungan data akan mendapatkan besaran sudut arah suara dengan rentang $0^\circ - 180^\circ$ yang digunakan untuk menggerakkan servo dalam menunjuk arah suara dan menampilkan nilainya pada LCD. Penggunaan sudut arah berfungsi untuk memfokuskan titik letak suara dengan intensitas tertinggi supaya lebih terpusat. Pada penelitian ini, tingkat akurasi dari alat yaitu sebesar 67,36%.

Kata Kunci — ADC, Arduino, Mikrofon, Servo, Transformasi Fourier

1. PENDAHULUAN

Suara atau bunyi yaitu disebabkan oleh sesuatu benda yang bergetar. Suara merambat dengan melalui medium, salah satu mediumnya yaitu udara. Suara juga merupakan salah satu media alat bantu untuk berkomunikasi baik antar manusia maupun dengan lainnya. Suara disebut juga sebagai gelombang akustik. Suara juga memiliki frekuensi dan intensitas bunyi. Frekuensi suara yang mampu ditangkap oleh alat pendengaran manusia yaitu berkisar antara 20 Hz sampai 20.000 Hz. Adapun untuk besar dari intensitas suara dinyatakan dalam satuan desibel (dB) [1].

Untuk menggantikan fungsi telinga yang digunakan dalam menangkap suara, maka dibutuhkanlah mikrofon. Mikrofon dapat digunakan untuk merekam suara atau audio. Mikrofon yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah energi akustik (gelombang suara) ke energi listrik (sinyal audio) [2]. Nilai dari tegangan analog itu kemudian diolah oleh ADC pada mikrokontroler untuk digunakan sebagai input. Data dari mikrofon tersebut kemudian dihubungkan ke mikrokontroler.

Mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika yang hampir sama kegunaannya seperti komputer. Mikrokontroler memerlukan sebuah masukan yang kemudian akan dikontrol sehingga mendapat keluaran yang dapat diprogram sesuai kebutuhan penggunaannya. Data dari mikrofon dapat diasumsikan sebagai input yang kemudian akan diproses dengan menggunakan mikrokontroler. Peranan mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data dari input yang diproses dengan menggunakan bahasa pemrograman agar sesuai dengan keinginan penggunaannya.

Adapun metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan transformasi *fourier* yang memanfaatkan fungsi trigonometri. Mikrofon yang digunakan yaitu sebanyak 2 buah. Data yang masuk kemudian diolah pada mikrokontroler sehingga bisa menentukan arah datangnya suara, sehingga motor servo akan menunjuk sudut dari datangnya arah suara yang diterima oleh mikrofon. Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang mampu memprediksi arah sumber suara.

2. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini menjelaskan metode penelitian yang akan digunakan. Metode penelitian yang akan digunakan yakni menggunakan metode transformasi *fourier*. Untuk metode yang digunakan pada program yaitu dengan menggunakan penerapan trigonometri. Merupakan penerapan dari perbedaan besarnya data digital ADC suara pada setiap sensor yang terpasang, dimana penelitian ini digunakan sebagai perkiraan penentu arah sudut suara yang datang dengan memanfaatkan sensor mikrofon untuk memperoleh data yang kemudian diolah dengan mikrokontroler.

2.1. Transformasi Fourier

Transformasi *fourier* digunakan sebagai analisa dari spektrum sinyal. Tujuan dari transformasi *fourier* supaya sinyal dari domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. Sehingga dapat mengetahui analisis yang ada pada sebuah spektrum bunyi [3].

Transformasi *fourier* secara matematis dapat ditulis dalam persamaan 1 dan 2 sebagai berikut:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt \dots\dots\dots(1)$$

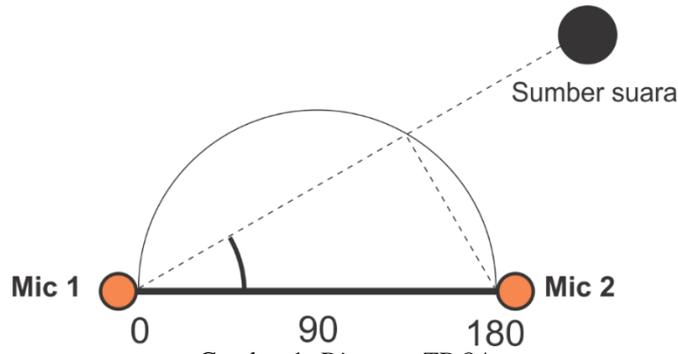
atau

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \dots\dots\dots(2)$$

2.2. Sound Localization

Adalah penentuan lokasi dengan menggunakan suara sebagai objek yang akan diteliti. Untuk penggunaan dari *sound localization* ini bisa menggunakan perbedaan rentang waktu datangnya suara atau dengan intensitas besarnya suara yang berbeda pada setiap mikrofon. Jarak objek suara yang diterima antar mikrofon nantinya akan berbeda tergantung dekat maupun jauhnya sumber suara, hal ini nantinya akan digunakan untuk menganalisa sudut dari datangnya suara.

Salah satu perhitungan untuk mengetahui besaran sudut yaitu menggunakan TDOA (*Time Different of Arrival*) ditunjukkan oleh Gambar 1. Perbedaan rentang waktu gelombang suara yang diterima kedua mikrofon akan menghasilkan besaran sudut [4].



Gambar 1. Diagram TDOA

Untuk mengkalkulasi sudut arah suara yaitu menggunakan persamaan dari trigonometri. Sudut θ dapat dihitung dengan rumus matematika seperti Persamaan 3 [4].

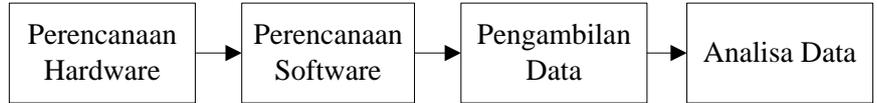
$$\theta = a \cos(\Delta t * v/d) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- Δt = Selisih perbedaan waktu
- v = kecepatan suara
- d = jarak antar kedua mikrofon

2.3. Perancangan Sistem

Sistem penentu arah sudut suara ini menggunakan beberapa tingkatan proses seperti yang ada pada gambar 2 dibawah ini.



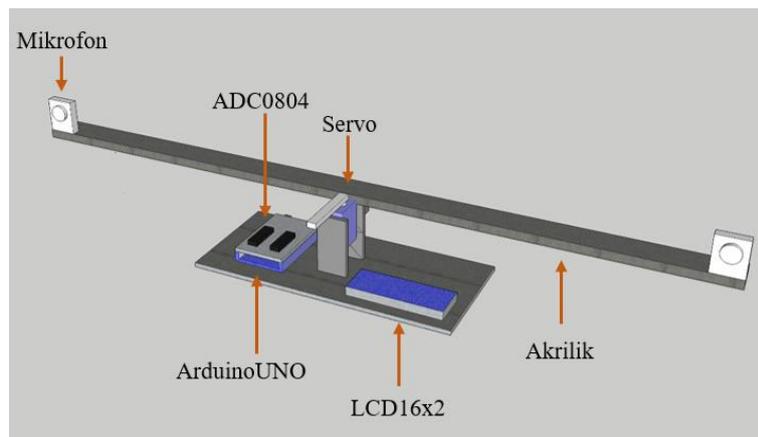
Gambar 2. Diagram Perancangan Sistem

2.3.1. Perancangan Hardware



Gambar 3. Diagram Perancangan Hardware

Sistem kerja secara mekanik dari Gambar 3 yaitu mikrofon akan mengolah suara atau bunyi yang masuk agar getaran suara dapat diubah menjadi besaran listrik. Besaran listrik yang masih berupa sinyal analog kemudian dikonversi menjadi sinyal digital dengan bantuan ADC. Sinyal digital selanjutnya akan diproses dengan bantuan mikrokontroler agar mendapatkan hasil berupa nilai sudut. Nilai sudut tersebut berfungsi untuk menggerakkan servo.

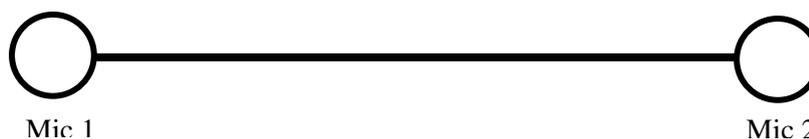


Gambar 4. Desain Perancangan *Hardware*

Dari Gambar 4, Arduino UNO merupakan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengolah data yang tersedia dengan menggunakan bahasa pemrograman C untuk menjalankan perintah ke Arduino sehingga nantinya dapat menghasilkan *output* sesuai program. Arduino merupakan pengendali dari mikro *single board* bersifat *open source*, dan dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang [5][6].

ADC atau *Analog Digital Converter* berfungsi untuk mengambil data dari mikrofon yang berupa data analog kemudian di konversikan dalam bentuk data digital [7]. Data digital dari mikrofon kemudian diproses dengan menggunakan mikrokontroler Arduino. Penggunaan ADC0804 berguna agar pembacaan data analog dari mikrofon dapat bekerja secara bersamaan tanpa harus menunggu. Hal ini karena ADC internal dari Arduino harus bekerja secara bergantian jika menggunakan lebih dari 1 ADC. Jika menggunakan ADC internal Arduino maka pembacaan data dari mikrofon kurang akurat.

Mikrofon yang digunakan yaitu dengan menggunakan MAX9814, Sensor ini merupakan sebuah mikrofon elektret, mikrofon elektret sendiri merupakan salah satu jenis dari mikrofon kondensator. Pada mikrofon ini dilengkapi sebuah AGC (*Automatic Gain Control*) yang terdapat pada MAX9814 [8]. AGC membuat sensor ini menjadi lebih stabil ketika suara masuk ke mikrofon karena level amplifikasi suara yang masuk tidak perlu diatur secara manual.



Gambar 5. Desain Posisi Mikrofon

Untuk perancangan desain seperti Gambar 5, penulis menempatkan 2 buah sensor mikrofon secara horizontal dengan jarak yaitu sebesar 60 Cm. Kedua mikrofon tersebut ditempatkan pada sudut yang berbeda agar suara yang ditangkap setiap mikrofon lebih berfokus dan mendapatkan suatu data yang akurat dan presisi.

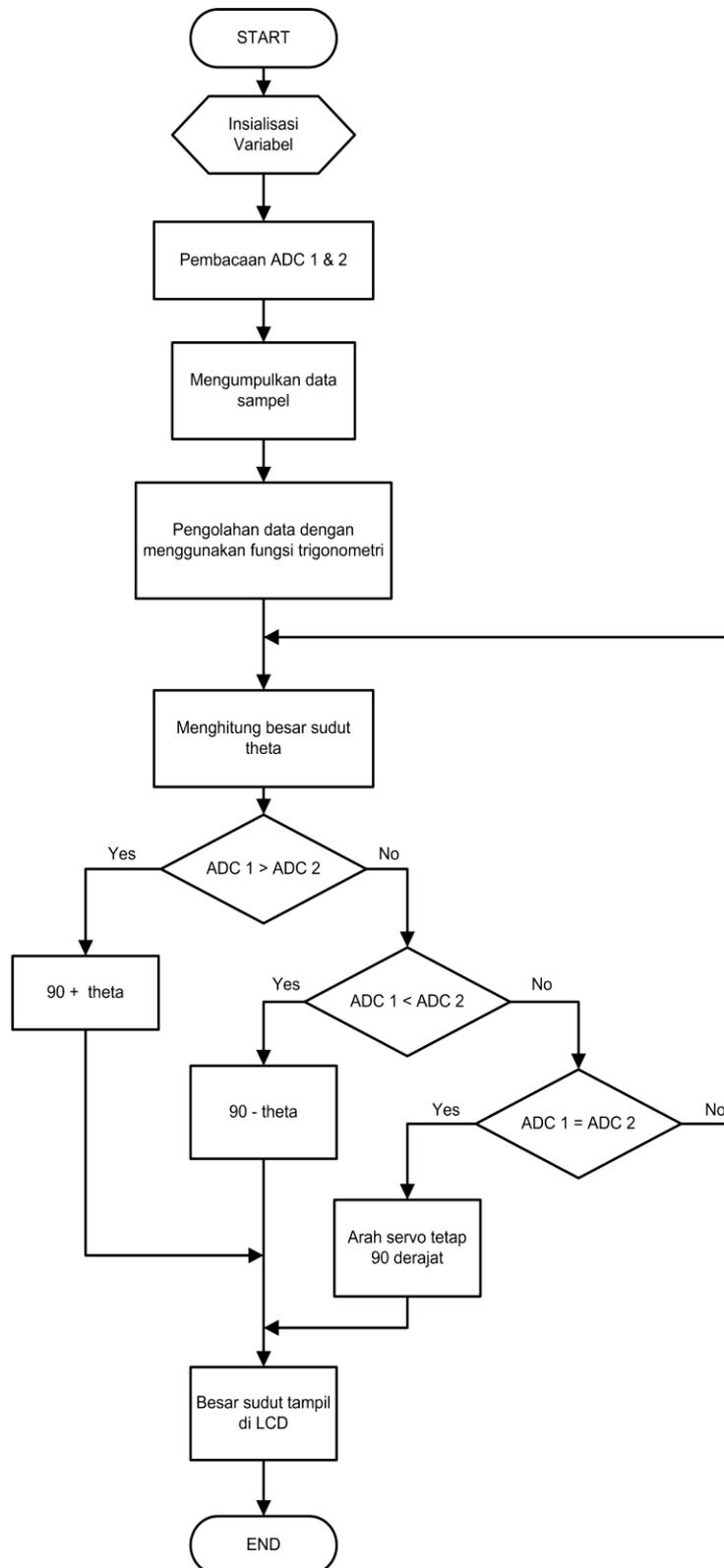
Penggunaan 2 sensor mikrofon dipilih agar bisa mendapatkan perbedaan nilai intensitas dan perbedaan rentang waktu datangnya suara, sehingga dapat mengetahui letak perkiraan arah suara yang datang. Adapun 2 sensor tersebut dapat menentukan estimasi sudut yaitu antara 0° - 180° .

Motor Servo merupakan aktuator putar (motor) dengan sistem umpan balik tertutup, sehingga dapat diatur untuk menentukan posisi sudut dari poros *output* motor [8]. Motor servo digunakan sebagai penunjuk estimasi sumber suara yang muncul. Untuk servo yang digunakan yaitu servo dengan rotasi sudut 180° .

2.3.2. Perancangan Software

Pada perancangan software yaitu menggunakan software IDE untuk mendapatkan nilai data dari ke 2 sensor mikrofon yang terpasang. Untuk hasil dari data tersebut kemudian diolah dan diproses

menggunakan algoritma bahasa C yang digunakan untuk menentukan estimasi sudut dari arah suara yang datang.



Gambar 6. Flowchart Pemrograman Penentuan Arah Suara

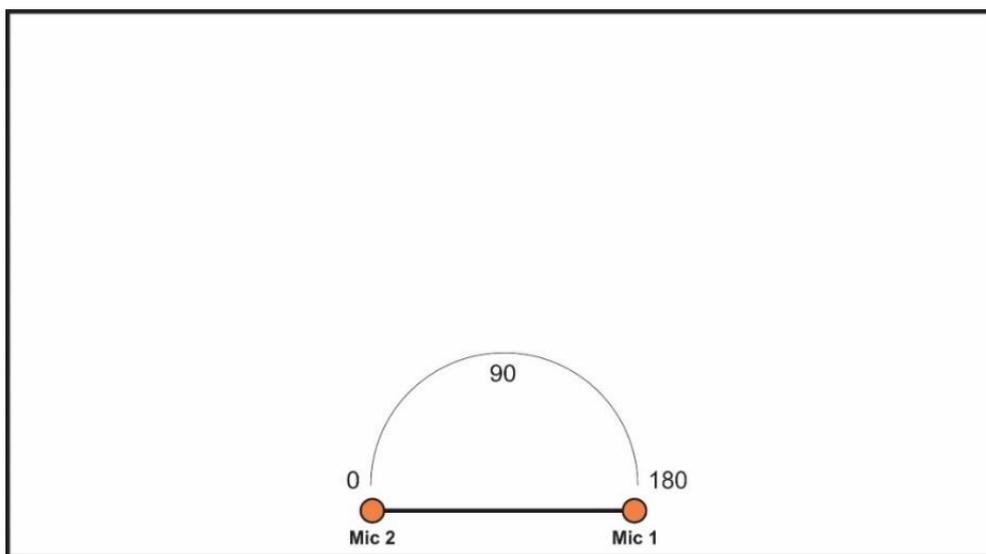
Berdasarkan Gambar 6 ADC mengambil data analog dari ke 2 mikrofon yang terhubung. Selanjutnya ADC mengkonversi data analog untuk diubah menjadi data digital. Arduino berperan untuk mengambil data dari ADC yang berupa keluaran data digital. Data selanjutnya yaitu berupa besaran intensitas yang diterima pada setiap mikrofon. Data yang masuk tersebut akan diolah menggunakan *software IDE*.

Pada proses pemrograman yaitu dengan menggunakan fungsi dari perkalian cosinus yang didapat antar mikrofon. Data dari ke 2 mikrofon diambil sebanyak beberapa sampel dalam satu periode untuk dijumlah dahulu. Selanjutnya jika seluruh sampel terpenuhi maka proses perhitungan untuk menentukan arah sudut dimulai. Setelah kedua data dari mikrofon tersebut dikalikan, maka kita dapat mengetahui besaran sudut yang muncul dari hasil perhitungan yang ada. Untuk mengetahui nilai besaran sudut yaitu menggunakan *library* dari *math* yang ada pada *software IDE*. Untuk besaran sudutnya sendiri yaitu mulai dari 0° sampai 180° .

Untuk menunjukan estimasi arah suaranya yaitu menggunakan pergerakan servo. Penentuan arah suara menggunakan perbedaan besaran intensitas yang ada setiap mikrofon. Jika intensitas mikrofon 1 lebih besar dari mikrofon 2, maka servo akan bergerak ke kiri atau dari 0° sampai 89° , sebaliknya jika mikrofon 2 lebih besar dari mikrofon 1, maka servo akan bergerak dari sudut 91° sampai 180° . Ketika besaran mikrofon dari kedua mikrofon sama, maka posisi servo akan berada di sudut 90° . Selisih perbedaan intensitas tersebut akan diolah sehingga mendapatkan nilai besaran sudut estimasi dari arah datangnya suara. Selanjutnya hasil data tersebut akan ditampilkan pada LCD dan menggerakkan motor servo sesuai sudut datangnya suara.

2.3.3. Rencana Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem bertujuan untuk mengetahui apakah semua rancangan yang dibuat baik dari *hardware* dan *software* dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara membuat sumber bunyi dari siulan atau tepukan pada suatu ruangan.



Gambar 7. Rencana Pengujian Sistem

Pada Gambar 7 pengujian sistem dilakukan pada sebuah ruangan dengan ukuran 3 m x 5 m. Suara dibunyikan di depan kedua mikrofon dengan jarak tertentu. Jika mikrofon menerima respon getaran suara. Maka mikrofon akan menghasilkan getaran listrik yang berupa tegangan analog. Tegangan analog tersebut kemudian masuk ke ADC. ADC selanjutnya mengkonversi data analog ke digital. Data digital yang sudah dikonversi kemudian masuk ke mikrokontroler Arduino.

Pada Arduino menggunakan persamaan trigonometri yaitu perkalian *cos*. Perkalian *cos* berfungsi untuk menghasilkan besaran sudut yang menentukan titik arah suara dengan mengkalikan hasil data 2 buah mikrofon. Jika semua berfungsi, maka besaran sudut arah suara akan menggerakkan servo ke sudut suara muncul.

2.3.4. Cara Analisa Data

Untuk menganalisa data dari kedua mikrofon yaitu menggunakan metode transformasi *fourier*. Transformasi *fourier* dibuat dengan mengambil deret data kedua mikrofon. Deret data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Microsoft Excell untuk melihat perbedaan pada tiap mikrofon.

Perbedaan *fourier* tersebut digunakan untuk mengetahui frekuensi tiap mikrofon jika muncul suara yang mengakibatkan pergeseran sudut. Pergeseran sudut tiap mikrofon berfungsi untuk mengetahui jika ada frekuensi suara yang dominan bernilai tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat akan di lakukan dengan melihat apakah alat bekerja sesuai dengan apa yang telah direncanakan pengujian ini dilakukan dengan melihat apakah komponen bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian prototipe ini dilakukan di ruangan Laboratorium Teknik Elektro Universitas Islam Kadiri. Pengujian lampu manual dilakukan dengan menekan tombol *ON* (menyala) dan *OFF* (tidak menyala). Selanjutnya pengujian sensor LDR dengan cara memancarkan cahaya ke sensor LDR maka nilai ADC akan tampil pada aplikasi *Blynk* terakhir pengujian pada sensor DHT11 dengan cara memberikan suhu dan kelembababan yang sesuai dengan skenario diatas pengujian akan di lakukan sebagai berikut.

3.1. Hasil Uji Aplikasi

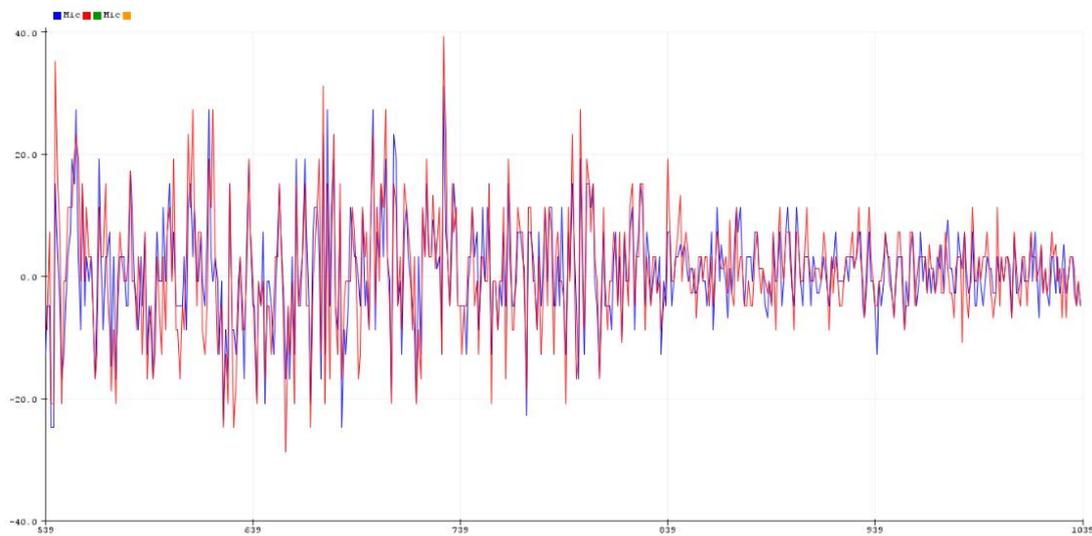
Keluaran sinyal pada mikrofon dapat diuji menggunakan osiloskop. Osiloskop digunakan untuk mengetahui tegangan puncak dan frekuensi yang dihasilkan dari mikrofon ketika menangkap gelombang suara. Pada hasil ini bertujuan untuk mengetahui mikrofon dapat menghasilkan getaran listrik, seperti fungsi dari mikrofon sendiri.



Gambar 8. Hasil Uji Mikrofon Frekuensi 1 KHz

Berdasarkan Gambar 8 diatas menampilkan hasil pengujian mikrofon dengan menggunakan Osiloskop. Kedua mikrofon tersebut menghasilkan nilai tegangan yang berbeda tergantung pada getaran suara yang diterima setiap mikrofon. Pada mikrofon 1 (kuning), menghasilkan V_{pp} dengan 2.6 V dan mikrofon 1 (kuning), menghasilkan V_{pp} dengan 2.56 V.

3.2. Hasil Pengujian ADC

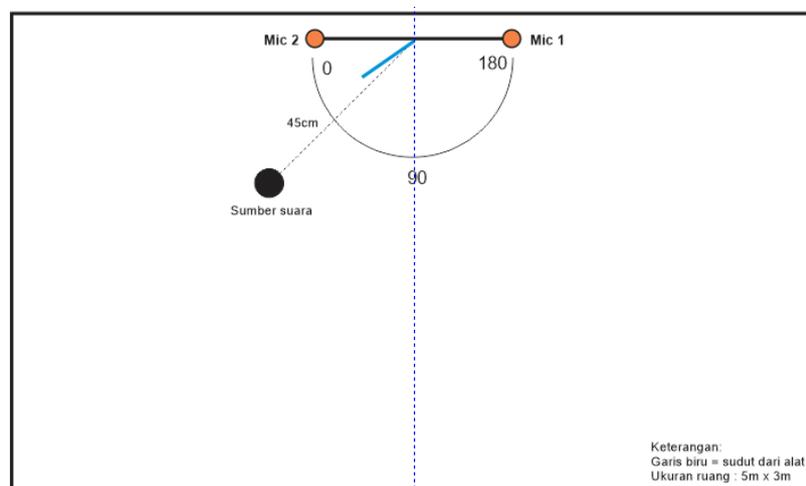


Gambar 9. Hasil pengujian ADC0804

Berdasarkan Gambar 9 tersebut, sinyal analog yang dikonversi dengan menggunakan ADC0804 dapat bekerja secara bersamaan. Hal ini dapat dilihat dengan membaca plot yang ditampilkan, Untuk mikrofon 1 ditampilkan dengan warna biru, dan mikrofon 2 dengan warna merah.

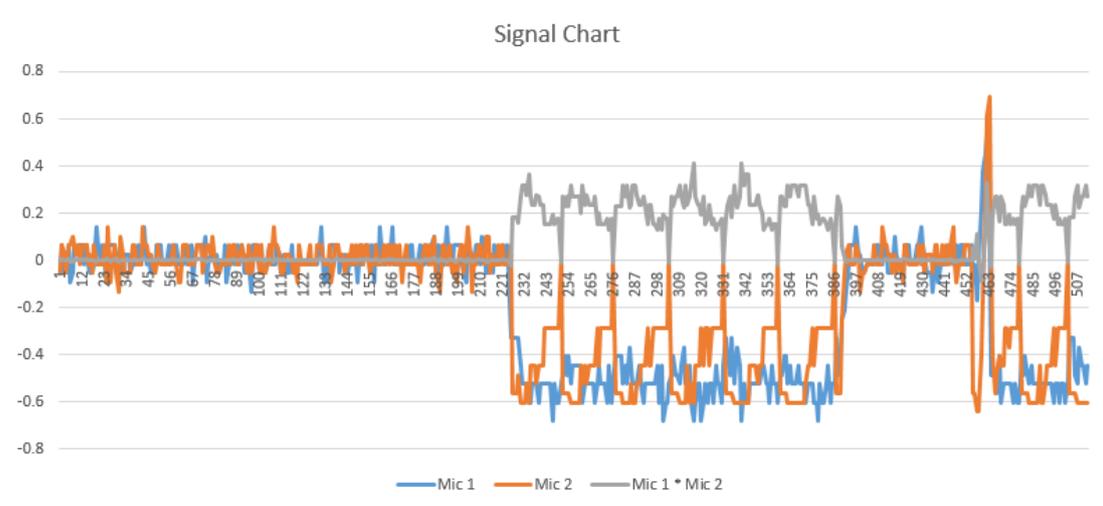
3.3. Pengujian Sistem

Pada tahapan pengujian sistem ini yaitu menggunakan sampel sebanyak 5 kali percobaan dengan menggunakan frekuensi dan jarak sumber suara yang berbeda-beda.



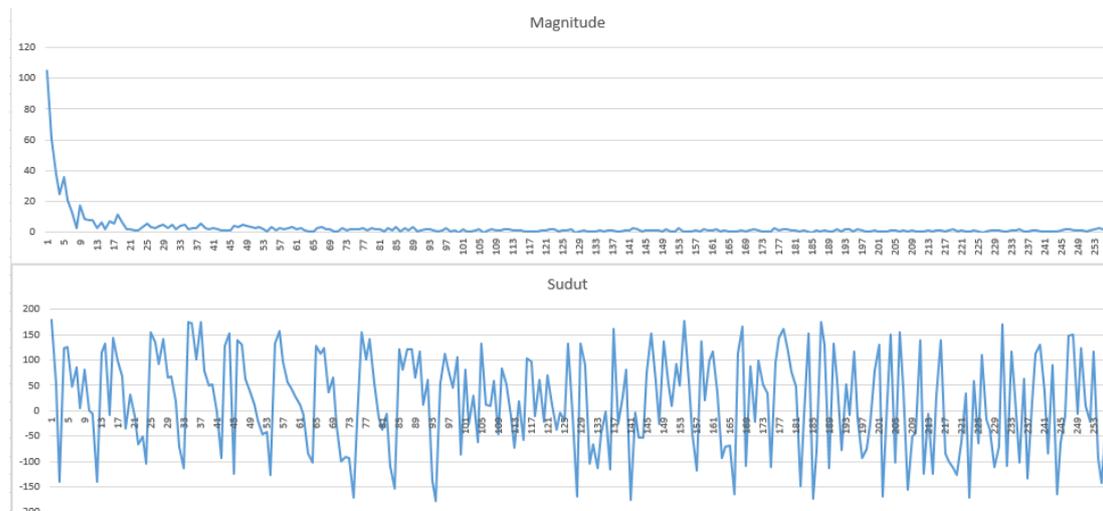
Gambar 10. Hasil pengujian pada sudut 45°

Pada hasil jarak titik pusat tengah kedua mikrofon dan sumber suara yaitu sebesar 45cm. Pada percobaan pertama dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa sudut dari sumber suara sebesar 45° dan sudut yang dihasilkan dari pemrosesan data 60° . Terjadi selisih sebesar 15° , sehingga nilai *error* senilai 33.33%.



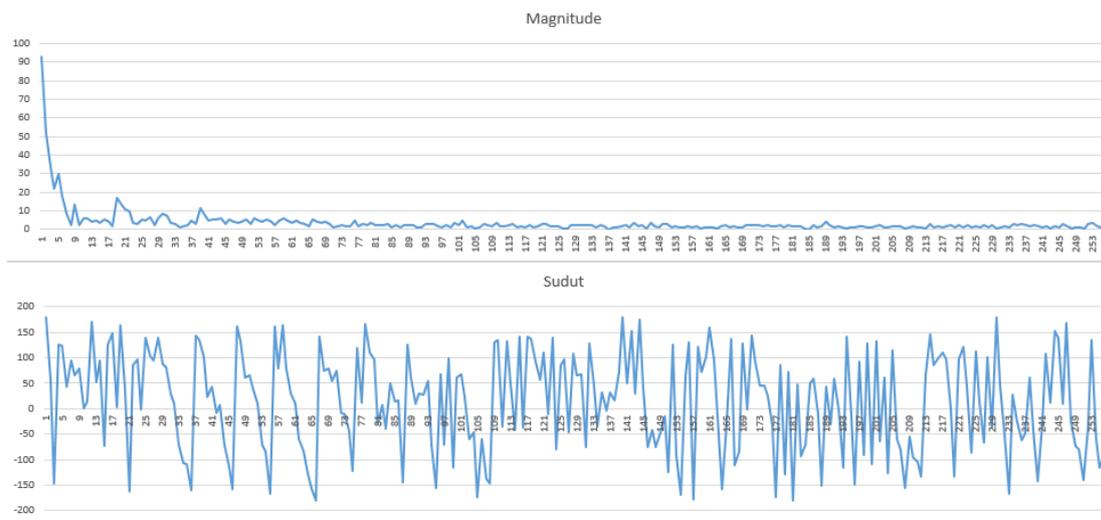
Gambar 11. Hasil plot kedua sinyal mikrofon percobaan 1

Pada Gambar 11 menampilkan hasil dari pengambilan data mikrofon 1 dan mikrofon 2, serta selisih dari kedua mikrofon. Pada grafik warna biru menampilkan data dari mikrofon 1, warna *orange* data dari mikrofon 2, dan warna abu-abu selisih antara kedua mikrofon.

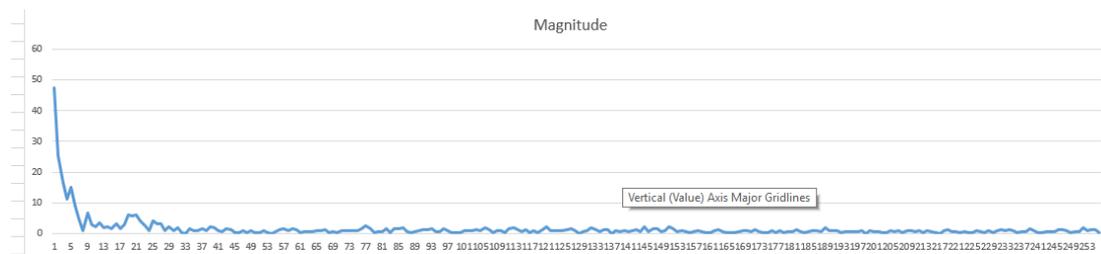


Gambar 12. Hasil transformasi *fourier* mikrofon 1

Berdasarkan Gambar 12 menampilkan data yang sudah ditransformasi untuk grafik dengan judul *magnitude*, dan untuk judul sudut yaitu pergeseran sudut pada frekuensi yang ditangkap mikrofon 1.

Gambar 13. Hasil transformasi *fourier* mikrofon 2

Berdasarkan Gambar 13 menampilkan data yang sudah ditransformasi untuk grafik dengan judul *magnitude*, dan untuk judul sudut yaitu pergeseran sudut pada frekuensi yang ditangkap mikrofon 2.

Gambar 14. Hasil transformasi *fourier* kedua mikrofon

Berdasarkan Gambar 14 menampilkan data dari selisih kedua mikrofon yang sudah ditransformasi. Hasil dari transformasi ini untuk memudahkan pembacaan nilai tertinggi pada puncak yang dominan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor

No	Jarak (cm)	Sudut Sumber	Sudut dari Perhitungan	Selisih	Error (%)
1	45	45	60	15	33.33
2	30	90	90	0	0
3	96	20	2	18	90
4	55	130	90	40	30.76
5	65	165	150	15	9.09

Pada hasil pengujian yang dilakukan, untuk jarak efektif dari hasil pengujian yang dilakukan yaitu sebesar 30 cm. Dengan tingkat rata-rata *error* dari ke 5 percobaan alat yaitu sebesar 32.64% dan tingkat keakurasian yang didapat senilai 67.36%. Dikarenakan ada beberapa kali selisih sudut antara letak arah suara dan hasil pemrosesan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena adanya frekuensi lain yang mengganggu salah satu mikrofon. Gangguan itu bisa berupa *noise* atau suara yang memiliki frekuensi lebih tinggi dari yang diuji. Sehingga menyebabkan pergeseran sudut salah satu mikrofon yang berimbas pada hasil yang di proses.

4. KESIMPULAN

1. Analisa suara yaitu menggunakan transformasi fourier. Transformasi fourier bertujuan untuk mengetahui pembacaan frekuensi yang diterima mikrofon saat ada suara yang masuk.
2. Penggunaan ADC dari eksternal Arduino seperti ADC0804 dapat melakukan pembacaan pada output analog 2 mikrofon secara bersamaan. Jika menggunakan ADC internal Arduino maka pengkonversian data dari Analog ke digital harus dilakukan secara bergantian jika terdapat lebih dari ADC yang digunakan.
3. Metode yang digunakan untuk penentuan sudut yaitu memanfaatkan fungsi trigonometri agar dapat menghasilkan sudut dengan rentang antara 0° - 180° .
4. Pada beberapa pengujian mendapat tingkat keakurasian sebesar 67,36%, hal ini disebabkan oleh selisih sudut yang berbeda antara sumber suara dan hasil dari penentuan sudut. Hal ini disebabkan karena frekuensi lain yang masuk ke mikrofon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Yasid, Yushardi, Rifati Dina Handayani, Jurnal Pembelajaran Fisika. 2016. PENGARUH FREKUENSI GELOMBANG BUNYI TERHADAP PERILAKU LALAT RUMAH (*Musca domestica*). Jurnal Pembelajaran Fisika, Vol. 5 No. 2. September. hal 190 – 196.
- [2] Kiky Rumanogi, Karna. 2018. TEKNIK PENATAAN SUARA DALAM PROGRAM MUSIC SHOW TELEVISI “MELODIOUS”. Jurnal Ilmiah Teknik Studio. Volume 4 Nomor 1.
- [3] Dine Tiara Kusuma. 2021. Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik. PETIR: Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika Vol. 14, No.1.
- [4] Arun Raghesh J T, Vishnuvardhan Rao G, Saravanan K. 2019. Acoustic Source Localization and Navigation Robot. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958. Volume-8 Issue-6.
- [5] Ida Bagus Dwijaya Kesuma, Made Sudarma, dan Ida Bagus Alit Swamardika. 2016. RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN BERBASIS ARDUINO UNO. E-Journal SPEKTRUM Vol. 3, No. 2.
- [6] M. A. Fikri, D. Erwanto, and D. E. Yuliana, “Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno,” *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Jun. 2018, doi: 10.36055/setrum.v7i1.3409.
- [7] Sarjana. 2019. Modul Converter (ADC dan DAC) dengan Seven Segment Display. Jurnal Informatika, Volume 5 No.1.
- [8] Anonim, Datasheet : “MAX9814 Microphone Amplifier with AGC and LowNoise Microphone Bias ”, Maxim Integrated Products, Inc, 2016.
- [9] Ulinnuha Latifa, Joko Slamet Saputro. 2018. PERANCANGAN ROBOT ARM GRIPPER BERBASIS ARDUINO UNO MENGGUNAKAN ANTAR MUKA LABVIEW. Barometer, Volume 3 No.2. 138-141.

