Implementasi Sistem *Embedded* Kalibrasi Bertipe *Hand-Mounting* Otomatis Untuk Senar Gitar

Implementation of Embedded Automatic Hand-Mounting Calibration System for Guitar Strings

Ritz-Q Aldyan Marwan Jr.[1], Jana Utama [2]
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia
Email : utama.jana@gmail.com

Abstrak – Telinga manusia dalam menangkap bunyi frekuensi yang dihasilkan senar gitar memiliki keterbatasan, hal ini berpengaruh pada bunyi gitar yang tidak sesuai dengan frekuensi seharusnya, perkembangan teknologi menjadikan segala sesuatu menjadi serba otomatis, hal ini juga berpengaruh pada perkembangan alat kalibrasi senar gitar (tuner), tuner merupakan alat kalibrasi yang dipakai untuk mengatur frekuensi yang dimiliki senar, sehingga gitar yang dipakai memiliki nada yang sesuai berdasarkan frekuensi nada dasar yang telah diketahui sebelumnya. Pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan bantuan alat, dimana error yang terjadi dapat diminimalisir sehingga hasil yang didapat sesuai keinginan, dimana peran telinga sebagai pengidentifikasi dapat tergantikan oleh alat yang dibuat, menggunakan metode audio sampling sebagai cara mendapatkan frekuensi yang sesuai, dimana penggunaan Arduino Mega memiliki peran penting dalam pusat proses kalkulasi sinyal audio dapat dilakukan secara standalone tanpa peran PC ataupun perangkat lain. Alat ini juga memanfaatkan pickup yang telah terpasang di gitar elektrik pada umumnya, sehingga alat ini dapat dengan mudah digunakan untuk seluruh jenis gitar elektrik. Dengan motor DC sebagai aktuator yang mengatur pergerakan knob di Headstock gitar Berdasarkan hasil implementasi, penggunaan tuner yang dibuat mendapatkan hasil yang cukup baik, dimana tingkat keberhasilan alat ini mencapai 100% untuk 60 kali pengambilan sample data percobaan dengan toleransi ±2Hz.

Kata kunci *:* *Tuner* Gitar, *Embedded,* Otomatis, Fleksibel

Abstract *– Human ear in capturing the sound of the frequency produced by the guitar strings have limitations, this affects the sound of the guitar that is not in accordance with the frequency it should, the development of technology makes everything automatically, this also affects the development of guitar strings calibrator (tuners), tuners is a calibration tool that is used to regulate the frequency of the strings, so the guitar used has a corresponding tone based on the basic tone frequencies that have been known beforehand. Frequency settings can be done with the help of tools, where the errors can be minimized so that the results are obtained as desired, where the role of the ear as an identifier can be replaced by the device, using the audio sampling method as a way to get the appropriate frequency, where the use of Arduino Mega has a important role in audio signal processing and can be done standalone without the role of a PC or other device. This tool also utilizes pickups that have been installed in electric guitars in general, so this tool can be easily used for all types of electric guitars. With a DC motor as an actuator that regulates the movement of the knob on the guitar headstock. Based on the results of the implementation, the use of tuners that are made get good results, where the success rate of this tool reaches 100% for 60 times the sampling of experimental data with a tolerance of ± 2Hz.*

Keyword : Guitar Tuner, Embedded, Automatic, Flexible

I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam dunia musik dikenal dengan satuan nada, nada merupakan tinggi rendahnya bunyi dalam lagu, musik dan hal-hal lain yang berhubungan dengan audio, nada adalah suara yang memiliki rentang frekuensi yang telah ditetapkan, seperti tangga nada mayor, minor ataupun pentatonik. Nada dasar suatu karya musik menentukan frekuensi tiap nada yang

digunakan pada karya musik dan ditampilkan ke publik (pendengar).

Dalam teori musik di dunia, diatonis dibagi menjadi 12 nada yang teridentifikasi, dan ke-12 nada tersebut di tandai dengan nama C, D,E, F, G, A dan B. Serta nada-nada kromatis yaitu Cis/Des, Dis/Es, Gis/As, dan Ais/Bes. Keseluruhan nada tersebut memiliki frekuensi yang khas pada tiap-tiap nada, seperti C yang memiliki frekuensi 262 Hz (oktaf 4) ataupun A dengan frekuensi 440 Hz (oktaf 4). Oktaf merupakan siklus nada diatonis, tiap oktaf memiliki 7 kemungkinan nada dasar (C-D-E-F-G-A-B) dan setelah nada ke 7, diawali lagi dengan nada C, namun berbeda tingkatan frekuensinya. Telah dirumuskan sebelumnya bahwa didalam teori tersebut dikenal dengan 9 tingkatan oktaf, yang dimulai dari oktaf 0 (nada C – 16,35Hz) dan berakhir pada oktaf 8 (nada B – 7,9kHz) [1], interval tersebut dapat dirasakan oleh telinga sebagai alat pendengaran utama manusia, namun telinga manusia memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi tiap interval dengan sempurna (sesuai dengan ketetapan frekuensi). Kepekaan tersebut mengakibatkan kalibrasi yang dilakukan terhadap alat musik tidak sesuai harapan, hal tersebut diakibatkan kepekaan indra pendengaran mereka berbeda ataupun meneruskan kebiasaan yang salah, yaitu kalibrasi berdasarkan insting. Hal ini mengakibatkan kalibrasi tidak *sync* terhadap pengguna lain, hal inilah yang melatarbelakangi alat tuning diciptakan.

Alat Tuning biasanya digunakan untuk alat musik berdawai (senar). Baik harpa, bass, gitar, sampai alat musik tradisional seperti kecapi dari Jawa Barat. Pada mulanya, alat tuning tersebut hanya berupa display seven-segment dimana hanya mencakup 1 oktaf, yaitu nada dasar pada oktaf 4 yang dikenal sebagai do, re, mi, dan sebagainya. Dilengkapi dengan mini-mikrofon sebagai masukkannya.

Dalam kemajuan teknologi bidang handphone atau tablet. Developer aplikasi berlomba-lomba mengembangkan sistem kalibrasi yang berbasis full software seperti pada Play Store (Android) ataupun App Store (iOS). Namun, sistem ini memiliki kelemahan yang tetap mengandalkan hardware pada device handphone (microphone) yang terbatas melakukan pengambilan range frekuensi, keterbatasan-keterbatasan inilah yang akan dikembangkan untuk penelitian kali ini, Berdasarkan penjelasan diatas maka penelitian ini diberi judul "**Implementasi Sistem *Embedded* Kalibrasi Bertipe *Hand-Mounting* Otomatis untuk Senar Gitar**".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan pada bagian Latar Belakang, maka dapat diidentifikasikan masalah yaitu sebagai berikut

1. Dibutuhkannya sistem kalibrasi senar gitar yang akurat dan dapat beradaptasi terhadap gangguan luar, seperti noise yang ditimbulkan oleh suara atau getaran yang dihasilkan oleh lingkungan sekitar
2. Dibutuhkannya produk yang dapat dengan mudah digunakan oleh pengguna.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membuat sebuah sistem kalibrasi yang akurat dan dapat beradaptasi terhadap gangguan luar.
2. Bagaimana cara merancang sistem dan desain produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

D. Tujuan Penelitian

1. Membuat sebuah sistem kalibrasi yang akurat dan dapat beradaptasi terhadap gangguan luar, sehingga alat ini dapat digunakan dimanapun.
2. Membuat sistem dan desain produk yang sederhana dan memudahkan pengguna dalam pengoperasiannya.

E. Batasan Masalah

1. Masukan sistem berupa sinyal analog yang ditangkap oleh *pickup* gitar elektrik
2. *Touchscreen* LCD sebagai *User Interface* sistem.
3. Senar yang akan dikalibrasi dalam kondisi wajar, tidak karat ataupun terkelupas.

4. Senar yang akan dikalibrasi dalam kondisi terpasang dan terbentang sempurna. namun mengabaikan *Tone*.
5. Kalibrasi dilakukan saat *Open-String*, senar terbentang dari *Headstock* sampai *Bridge* dan dilakukan satu-persatu pada tiap senar.
6. Difungsikan untuk gitar dengan senar berbahan Nickel (Ni) atau Copper (Cu).
7. Menggunakan 1 *Motor DC* sebagai keluaran sistem.
8. Menggunakan Mikrokontroler Atmega2560 (Arduino Mega) sebagai pusat proses.

F. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan tahapan sebagai berikut.

1. Tinjauan pustaka
   Suatu metode pengumpulan data dengan membaca atau mempelajari buku-buku yang berhubungan dengan masalah yang menjadi topik dalam skripsi.
2. Pengumpulan data
   Metode untuk mendapatkan data dari topik yang diambil dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung kepada pihak-pihak yang berkompeten mengenai hal-hal yang dipelajari selama pengerjaan tugas akhir.
3. Perancangan
   Mengaplikasikan teori yang didapat dari studi pustaka dan dari hasil bimbingan, sehingga tersusun suatu perancangan sistem untuk bagian perangkat keras juga untuk perangkat lunak.
4. Pengujian
   Merupakan metode untuk mengetahui hasil dari perancangan sistem yang dibuat, ujicoba dilakukan sehingga di dapatkan data yang akurat, dilakukan pada bagian perangkat keras juga pada perangkat lunak.
5. Analisa
   Proses pendalaman terhadap alat yang dibuat apakah sudah berhasil sesuai dengan yang direncanakan atau belum, selanjutnya akan dilakukan pengujian baik secara teoritis ataupun praktis, dan jika terdapat kekurangan maka akan dilakukan beberapa perbaikan sistem sehingga akhirnya penulis dapat mengambil sebuah kesimpulan dari penelitian ini.

G. Sistematika Penulisan Laporan

Untuk mempermudah penyusunan laporan, maka dalam hal ini penulis membagi dalam beberapa bab, serta memberikan gambaran secara garis besar isi dari tiap-tiap bab.

BAB I PENDAHULUAN
Bab ini berisikan latar belakang masalah, tujuan dan manfaaat penelitian, identifikasi masalah, pembatasan masalah, rumusan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI
Bab ini merupakan landasan teori yang membahas tentang teori-teori yang mendukung dalam penyelesaian masalah.

BAB III PERANCANGAN SISTEM
Bab ini berisikan tentang proses perancangan dan pengerjaan dari alat yang diinginkan, serta cara kerja alat yang dibuat.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA
Rancang bangun yang telah dikerjakan kemudian dianalisa serta diuji kelayakan dari alat tersebut, sehingga menghasilkan kesimpulan dari mesin yang telah dibuat.

Bab V KESIMPULAN
Berisikan kesimpulan tentang hasil rancangan yang telah dibuat serta saran dalam pengembangan rancangan tersebut.

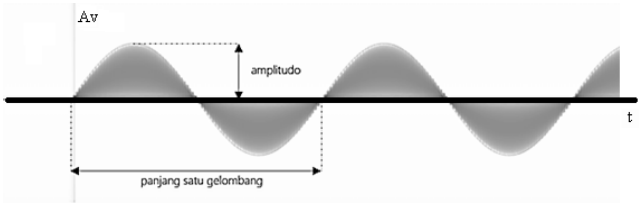
II DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori-teori penunjang untuk merancang sebuah sistem kalibrasi senar gitar, baik teori yang meliputi pengerjaan alat maupun perangkat keras yang akan digunakan

A. Pengertian Sinyal Gelombang

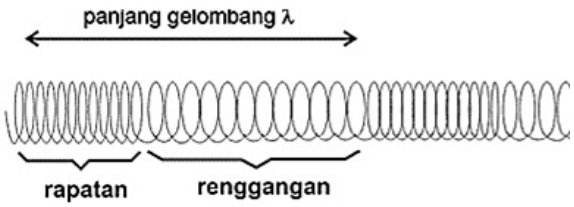
Sinyal gelombang adalah bentuk sinyal yang berosilasi pada suatu medium. Gelombang dibagi menjadi dua, gelombang *transversal* dan *longitudinal*. Gelombang *transversal* merupakan gelombang dengan arah getar tegak lurus dengan

arah rambat, sehingga bersifat sinusiodal. Gelombang ini memiliki titik puncak yang dinamakan Amplitudo, titik puncak ini dapat diidentifikasi dengan memperhatikan nilai maksimal yang dimiliki oleh gelombang dan panjang gelombang di identifikasi dengan adanya satu bukit dan satu lembah pada fase yang sama



Gambar 1 Gelombang *Transversal*

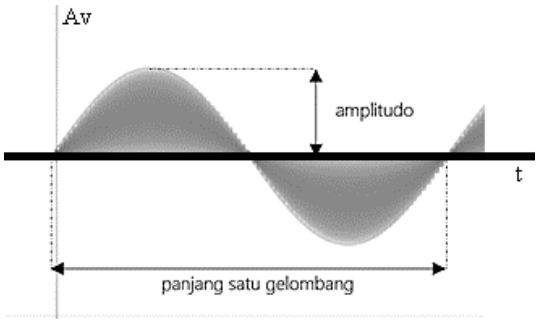
Sedangkan, gelombang *Longitudinal* merupakan gelombang yang memiliki arah getar searah dengan arah rambat, tidak seperti gelombang *transversal* yang panjang gelombang ditentukan oleh satu bukit dan satu lembah, gelombang *Longitudinal* memiliki renggangan dan rapatan sebagai ciri khas dari gelombang, ciri inilah yang digunakan sebagai identifikasi panjang gelombang.



Gambar 2 Gelombang *Longitudinal*

Karakteristik Sinyal Sinusiodal

Gelombang sinyal sinusiodal merupakan salah satu jenis dari model *transversal*, memiliki karakteristik umum *transversal*, yaitu simpangan amplitudo, memiliki bagian lembah dan bukit pada tiap gelombangnya, dan bekerja pada domain waktu



Gambar 3 Gelombang Sinusiodal

Memiliki persamaan sebagai berikut :

$$y(t) = A \sin (\omega t + \emptyset) \quad \text{.....[6]}$$

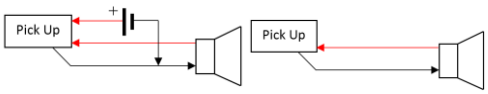
dan disederhanakan menjadi :

$$y(t) = A \sin (2\pi f t + \emptyset) \quad \text{.....[7]}$$

dimana A adalah amplitudo yang diperoleh, π adalah $\pi = \frac{22}{7}$ atau 3.14, f adalah jumlah frekuensi, t adalah waktu dalam detik, dan $\emptyset$ adalah sudut awal gelombang, dengan ketetapan tersebut digunakan untuk penelitian ini.

B. Gelombang Sinyal Pada Gitar

Pada dasarnya, gelombang yang dihasilkan oleh senar gitar merupakan gelombang sinusiodal murni pada jangkauan audiosonik (20Hz-20kHz) dan merambat melalui udara sehingga dapat didengar oleh telinga manusia. Namun, secara spesifik, gitar memiliki jangkauan frekuensi dari 46,25 Hz sampai 1046,5 Hz, berikut tabel spesifik untuk pembagian nada berdasarkan frekuensi oktafnya



Gambar 4 (a) *Wiring Pick Up* Aktif dan (b) *Wiring Pick Up* Pasif

Pada dasarnya keduanya memiliki kesamaan dalam cara kerja, namun Pick Up pasif mengandalkan tegangan masukan dari *Amplifier* pengeras suara sedangkan *Pick Up* aktif memiliki suplai tegangan *internal* yang menggunakan baterai 9 Volt

Tabel I Pembagian Frekuensi untuk Nada[1]

[1] Satya, Bayu Dwi Saputra (2014) *Basic Mode & Skala Melodi Gitar Berdasarkan Akor*. Andi Publisher

	Octave 0	Octave 1	Octave 2	Octave 3	Octave 4	Octave 5	Octave 6	Octave 7	Octave 8
C	16.35	32.70	65.41	130.81	261.63	523.25	1046.50	2093.00	4186.01
C#	17.32	34.65	69.30	138.59	277.18	554.37	1108.73	2217.46	4434.92
D	18.35	36.71	73.42	146.83	293.66	587.33	1174.66	2349.32	4698.64
D#	19.45	38.89	77.78	155.56	311.13	622.25	1244.51	2489.02	4978.03
E	20.60	41.20	82.41	164.81	329.63	659.26	1318.51	2637.02	5274.04
F	21.83	43.65	87.31	174.61	349.23	698.46	1396.91	2793.83	5587.65
F#	23.12	46.25	92.50	185.00	369.99	739.99	1479.98	2959.96	5919.91
G	24.50	49.00	98.00	196.00	392.00	783.99	1567.98	3135.96	6271.93
G#	25.96	51.91	103.83	207.65	415.30	830.61	1661.22	3322.44	6644.88
A	27.50	55.00	110.00	220.00	440.00	880.00	1760.00	3520.00	7040.00
A#	29.14	58.27	116.54	233.08	466.16	932.33	1864.66	3729.31	7458.62
B	30.87	61.74	123.47	246.94	493.88	987.77	1975.53	3951.07	7902.13

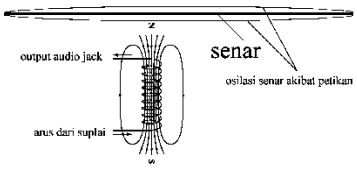
Pick Up

Merupakan sensor getaran yang digunakan pada gitar elektrik, sensor ini merupakan sensor berbasis magnetik,berdasarkan perbedaan *power* suplainya, *Pick Up* terbagi 2 jenis, yaitu Pasif dan Aktif[2]



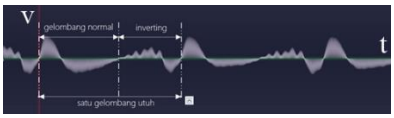
Gambar 5 Tampak Luar *Pick Up*

Bekerja menggunakan kumparan sebagai penghasil medan elektromagnetik dan akan berubah ketika senar mengalami perubahan jarak terhadap sumbu polaritas (interferensi medan magnet)[3]



Gambar 6 Cara Kerja *Pick Up*

Gekombang sinyal pada gitar memiliki karakteristik yang unik, terdiri dari satu gelombang normal dan satu gelombang *invert* setelahnya, dan untuk menghitung jumlah gelombang (n), keduanya harus di hitung sebagai satu kesatuan. Identitas gelombang ini ditandai dengan Amplitudo bukit pertama yang selalu lebih besar dari sinyal lain dalam satu panjang gelombang yang sama.

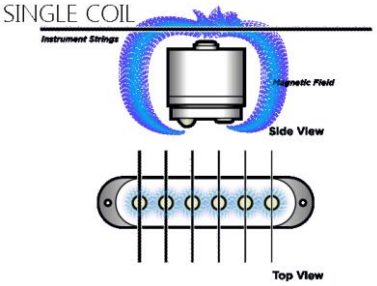


Gambar 7 Gelombang Sinyal Pada *Pick Up*

Disebabkan oleh interferensi sinyal masukan gitar dengan "*humming*" pada *coil* yang berada pada +/- 60Hz, *humming* adalah frekuensi yang dimiliki oleh *coil* dalam kondisi senyap atau tanpa masukan dari senar, berdasarkan jenisnya, *Pick Up* terbagi dari dua jenis, yaitu :

a. *Pick Up Single Coil*

Sesuai dengan namanya, spesifikasi *Pick Up* ini terdiri atas satu *coil*, berikut penjelasan hardwarenya[4]



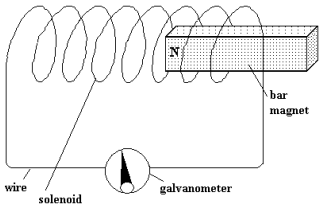
Gambar 8 Model *Single Coil*

Medan magnetik yang dihasilkan *coil* akan melingkari *hardware*, menangkap seluruh getaran yang dihasilkan oleh senar, sehingga tegangan yang disuplai oleh bagian referensinya akan berubah karena adanya aktifitas penyerapan medan magnetik oleh senar, kekuatan penyerapan tersebut bergantung pada jarak senar terhadap inti lilitan (*coil*) sesuai dengan hukum Faraday. Sekilas mengenai hukum Faraday, gaya gerak listrik dapat dihasilkan oleh sebuah induksi elektromagnetik, dimana *flux* magnetik bekerja terhadap kumparan, sehingga terjadi vektor (arah) perpindahan gaya gerak listrik mengelilingi kawat melingkar. Hal ini dijelaskan pada hukum Faraday

[2] EMG INC (2009), *EMG Pickup : Manual Book*, California : EMG INC.

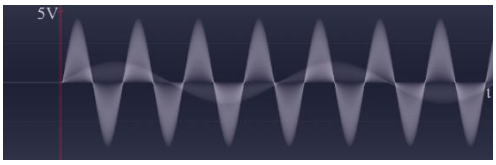
[3] https://www.seymourduncan.com/support-pickups-101/getting-started#sectionFour

[4] https://www.seymourduncan.com/support-pickups-101/pickup-types#sectionThree



Gambar 9 Hukum Faraday

Pada hukum Faraday, medan magnetik digerakan untuk mendapatkan nilai perubahan gaya gerak listrik (GGL) namun pada *Pick Up*, medan magnet dihasilkan oleh kumparan dengan diberi suplai referensi yang berisi arus dan tegangan, perpindahan magnetik lilitan terhadap senar mengakibatkan perubahan arus yang mengalir melewati kawat lilitan (*coil*). Arus yang diberikan sebagai referensi ini yang menyebabkan fenomena *humming* terjadi, *humming* bekerja pada +/- 60Hz dengan tegangan maksimal setengah dari tegangan referensi

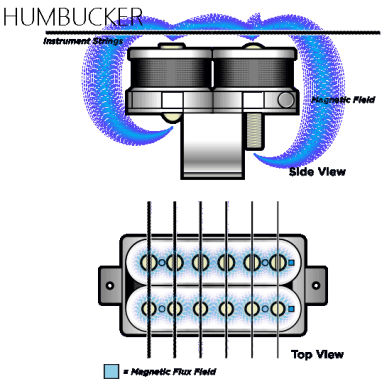


Gambar 10 Sinyal *Humming* pada *Single Coil*

Interaksi *Humming* berpengaruh pada model sinyal yang dikeluarkan oleh gitar itu sendiri. Namun, tidak mengubah karakteristik sinyal, karena simpangan terjauh sinyal *humming* bersifat konstan sehingga identifkasi amplitudo sinyal utama tidak akan terganggu

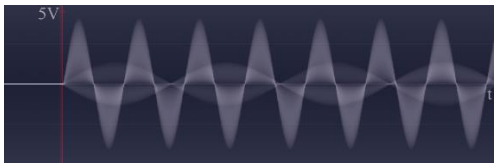
b. *Pick Up Humbucker*

Pick Up Humbucker adalah pengembangan dari model *single coil*, dimana model ini memiliki dua lilitan (*coil*)



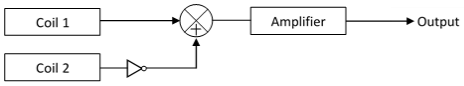
Gambar 11 Model *Humbucker*

Sama seperti *pick up single coil*, model *Humbucker* juga bekerja berdasarkan prinsip hukum Faraday, namun perbedaannya terletak pada karakteristik sinyal yang dihasilkan. Diketahui bahwa sinyal atau besaran analog memiliki sifat yang menguatkan ketika berada di fasa dan daerah kerja (positif/negatif) yang sama, namun akan bersifat menghilangkan jika pada fasa yang sama terdapat daerah kerja yang berbeda (positif/negatif)



Gambar 12 Sinyal *Humming* pada *Humbucker*

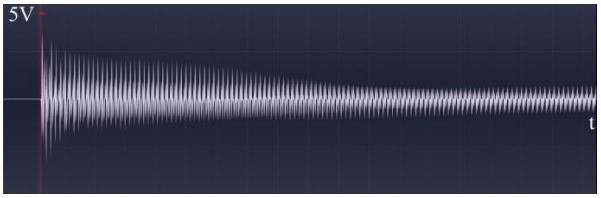
dimana pada model *Humbucker*, terdapat dua kumparan dengan frekuensi yang sama, namun pada salah satu lilitan terdapat *inverter* atau pembalik fasa, sehingga nilai *Humming* yang dimiliki akan saling menghilangkan, berikut penjelasan gambarnya



Gambar 13 Diagram *Humbucker*

sinyal prosesing yang dilakukan komponen *hardware* dapat ditangkap dan dapat disimpulkan bahwa, *Humbucker* memiliki kelebihan dibandingkan dengan model *single coil*.

Frekuensi yang dihasilkan akan bersifat sama untuk masukan yang sama, namun amplitudo akan berubah karena getaran dawai yang melemah akibat perubahan waktu perubahan ini disebabkan oleh intensitas getar yang semakin mendekati titik normal (diam),



Gambar 14 Perubahan Gelombang Terhadap Waktu

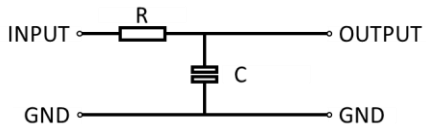
C. Filter

Filter merupakan rangkaian pengubah karakter sinyal dengan membatasi masukan

berdasarkan frekuensi kerjanya, sehingga sinyal yang dihasilkan dapat diolah dengan baik. Filter akan membagi sinyal masukan menjadi dua, yaitu : sinyal yang diinginkan dan *noise*. Banyak klasifikasi *noise* pada rangkaian berdasarkan desain yang akan dibuat, baik dari fungsi maupun kebutuhan rangkaian itu sendiri. *Noise* merupakan sinyal yang tidak dibutuhkan, sehingga harus dipisahkan dan diredam. Ada lima jenis filter yang ada, yaitu : *Low Pass* Filter, *High Pass* Filter, *Band Pass* Filter, *Band Stop* Filter dan *Notch* Filter. Namun, pada penelitian kali ini hanya *Low Pass* Filter yang digunakan, Berikut penjelasannya :

Low Pass Filter (LPF)

Low Pass Filter terdiri dari beberapa konfigurasi baik R-C, R-L ataupun R-L-C. Kombinasi ini disesuaikan dengan kebutuhan, namun kombinasi yang paling sederhana adalah R-C, pemilihan nilai resistor dan kapasitor yang cukup luas memudahkan dalam pemilihan komponen, sehingga filter dapat sesuai kebutuhan. Berikut adalah penerapan komponen resistor dan kapasitor dalam rangkaian LPF



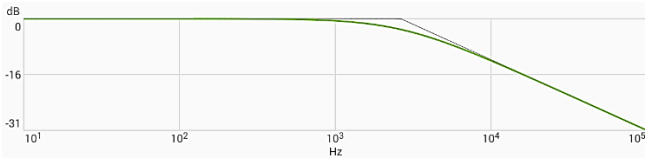
Gambar 16 Rangkaian LPF R-C

Dimana untuk menghitungnya adalah:

$$\text{Frekuensi} \quad : fc = \frac{1}{2\pi * C * R} \quad \text{.....[12]}$$

$$\text{Kapasitor} \quad : C = \frac{1}{2\pi * fc * R} \quad \text{.....[13]}$$

Pada penelitian ini filter digunakan untuk meredam frekuensi radio yang diterima oleh rangkaian maupun *wiring* disekitarnya, hal ini disebabkan oleh bahan tembaga yang bersifat menerima frekuensi yang terpapar langsung pada permukaan.

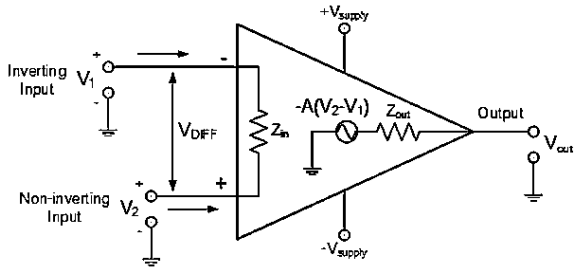


Gambar 17 Respon *Low Pass* Filter

Output rangkaian ini adalah melakukan seleksi terhadap sinyal diatas 2500Hz agar tidak diproses, karena sinyal yang berada pada jangkauan melebihi 2500Hz akan dialirkan langsung pada *ground* (*bypass*) sehingga akan terseleksi dua bagian, yaitu sinyal dibawah 2500Hz mendapatkan penguatan dari *Op-Amp* dan sinyal diatas 2500 diredam

D. Penguat Akhir (*Final Stage Amplifier*)

Merupakan penguat yang didesain untuk kebutuhan pengaturan input *mikrokontroler*, biasanya menyesuaikan tegangan terhadap kemampuan *analog-to-digital converter* yang berada pada jangkauan 0V-5V untuk mikrokontroller arduino, berikut rangkaian sederhananya :



Gambar 18 *Operational Amplifier*

Menggunakan *operational amplifier* sebagai penguat akhir, perlu diketahui terdapat beberapa parameter yang dimiliki rangkaian *operational amplifier*, yaitu :

Open Loop Gain (Avo)

Merupakan penguatan dengan *feedback* langsung, tanpa adanya resistansi yang dipasang, idealnya memiliki tingkat penguatan yang tak terbatas, namun pada pengujian dilapangan, jangkauan penguatan adalah dari 20000x sampai 200000x penguatan yang dihasilkan *output* terhadap *input*

Impedansi (Z)

a. Impedansi *Input* (Zin)

Merupakan rasio perbandingan tegangan *input* dengan arus *input*. Idealnya memiliki nilai tak terbatas sehingga arus tidak mengalir kedalam *operational amplifier* ketika tidak beroperasi ($I_{IN} = 0$) namun data yang ada menunjukan bahwa arus *input* adalah berada diskala pico-ampere

b. Impedansi *Output* (Zout)

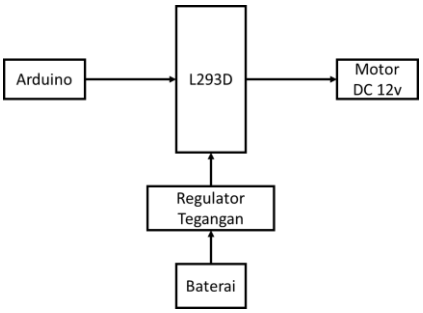
Berbanding terbalik dengan impedansi *input*, impedansi *output* harus bernilai 0, dimana operational *amplifier* dapat bekerja sempurna sesuai tegangan *internal*, sehingga nilai penguatan tidak terpengaruhi hambatan dalam *operational amplifier* atau efisiensi=100%. *Operational Amplifier* memiliki jangkauan Zout dari 100-20k ohm

***Bandwidth* (BW)**

Merupakan tanggapan frekuensi yang dapat diolah *operational amplifier*, tanggapan tersebut akan mempengaruhi setiap penguatan yang dihasilkan *operational amplifier*

E. *Driver* Motor

Driver motor digunakan sebagai regulator suplai untuk motor, dimana mikrokontroler tidak dapat melakukannya secara langsung dikarenakan keterbatasan catu daya yang dimiliki oleh pin mikrokontroler. Sehingga arah putaran dan kecepatan dapat diatur oleh mikrokontroler



Gambar 20 IC Driver Motor

F. Motor *DC*

Motor *DC* adalah motor listrik yang digerakan melalui pulsa-pulsa yang diberikan pada kumparan yang dimiliki oleh motor, pulsa tersebut digunakan untuk mengatur arah gerakan motor dan kecepatan putaran berdasarkan PWM dan arah kutub dari pulsa yang diberikan, Motor DC merupakan jenis motor dengan kecepatan rotasi yang tinggi, namun biasanya torsi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan motor stepper dengan spesifikasi tegangan yang sama.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengunaan motor ini, yaitu :

1. Daerah Kerja Suplai Motor

Setiap motor memiliki tegangan minimal untuk motor sehingga dapat bekerja sempurna, kekurangan tegangan mengakibatkan motor tetap diam walaupun pulsa sudah diberikan, begitu juga dengan arus, keduanya berperan penting dalam suplai untuk kinerja motor, kekurangan tersebut mempengaruhi medan magnetik didalamnya, medan magnetik tidak akan terbentuk jika tegangan minimal tidak dicapai, kelebihan suplai tegangan dan arus juga berpengaruh buruk untuk motor, kelebihan tersebut mengakibatkan kumparan menjadi kelebihan muatan, yang berimbas pada panasnya motor, jika diteruskan akan menyebabkan durabilitas motor akan berkurang (cepat rusak)

2. Kecepatan Rotasi

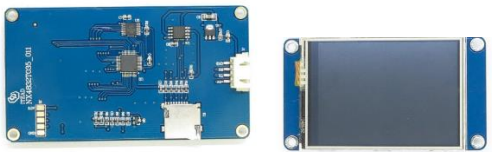
Kecepatan rotasi sangat berpengaruh pada waktu kalibrasi, hal ini menyangkut seberapa cepat motor melakukan perputaran menggulung atau mengulur senar, namun semakin cepat motor DC, kontrol yang digunakan harus cukup handal, karena jika pengontrolan tidak sesuai, maka motor akan menyebabkan sistem mengalami overshoot yang besar

3. Torsi

Torsi merupakan daya putar yang dimiliki motor, kemampuan melakukan kerja untuk memutar, melawan ataupun menahan tensi yang dimiliki senar sehingga, proses berputar tidak terkendala.

G. LCD Nextion

Merupakan modul integrasi, yang memiliki fungsi input dan output, dimana inputnya berupa touchscreen modul, dan outputnya berupa tampilan pada layar, memiliki memori internal sehingga dapat ditanamkan program-program dasar untuk perintah *interfacing* LCD, sehingga tidak memerlukan sistem lain untuk menjalankan modul ini. Terdapat empat pin yang dimiliki oleh LCD, yaitu Vin (5v), *Ground Transmitter* (Tx) dan *Receiver* (Rx)





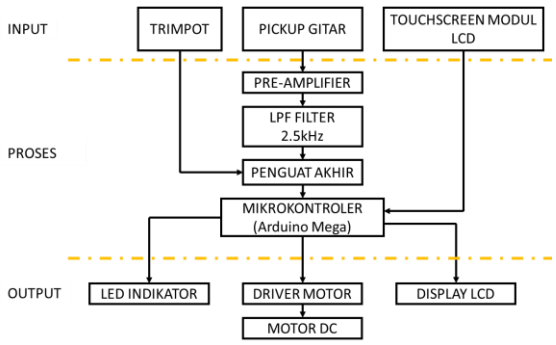
Gambar 21 LCD Nextion 3,5 *Inch*

III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan dan realisasi sistem merupakan bagian penting dalam penyelesaian tugas akhir. Dilakukan secara sistematik sehingga proses analisis dapat dilakukan. Terdapat dua bagian dalam perancangan, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Berikut penjelasannya

A. Perancangan Umum

Perancangan "Implementasi Sistem *Embedded* Kalibrasi Bertipe *Hand-Mounting* Otomatis untuk Senar Gitar" dimulai dengan perancangan blok diagram sistem. Blok diagram dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini :



Gambar 24 Blok Diagram Perancangan Alat

1. Fungsi Masing-Masing Blok

a *Pickup* Gitar

Merupakan sensor magnetik yang digunakan pada gitar elektrik konvensional

b LCD Touch Screen Modul

Berfungsi sebagai *User Interface* (UI), digunakan sebagai penghubung pengguna dengan alat yang dibuat, dengan mengirim informasi yang ditanamkan dalam memori LCD untuk diteruskan ke mikrokontroler

c Trimpot

Merupakan kontrol *threshold* yang terdapat pada penguat akhir, sehingga nilai efisiensi pembacaan sensor dapat diubah sesuai keadaan

d *Pre-Amplifier*

Merupakan proses paling pertama yang di dapat oleh sinyal masukan, bersifat menguatkan sinyal masukan sehingga dapat diproses lebih lanjut.

e *Low Pass* Filter

Merupakan proses penyaringan sinyal masukan sehingga data yang diolah sesuai dengan kebutuhan alat

f Penguat Akhir

Penguat Akhir digunakan sebagai proses terakhir sinyal masukan sebelum dikirim menuju mikrokontroler, penguat ini dapat mengatur keluaran variatif mulai dari 2v sampai 5v

g Mikrokontroler ATMega 2560 (Arduino Mega)

Berfungsi untuk mengolah data masukan dari sensor, dengan menggunakan ADC internal yang dimiliki, sehingga dapat diproses secara digital

h *Driver* Motor

Merupakan kebutuhan khusus dalam pengoperasian motor menggunakan mikrokontroler. Bersifat sebagai regulator suplai sehingga motor DC dapat berkerja dengan baik

i Motor DC

Merupakan aktuator yang digunakan dalam perencanaan alat sebagai pengatur pergerakan yang menyebabkan berubahnya frekuensi akibat perubahan tensi senar

j LED Indikator

Merupakan indikator yang difungsikan sebagai penampil efisiensi *threshold*, sehingga pengguna dapat mengetahui kesiapan sistem dalam mengolah data masukan mikro

2. Prinsip Kerja Sistem

Sensor *pickup* dikoneksikan dengan alat kalibrasi menggunakan kabel audio konvensional dengan konfigurasi mono-audio, masukan dari sensor dipasang pada soket yang telah disediakan, soket tersebut langsung terhubung pada sistem yang nantinya akan memproses sinyal audio, sinyal acak dari audio tersebut diproses secara *hardware*. Proses tersebut melibatkan rekondisi bentuk sinyal, rekondisi tersebut meliputi nilai tegangan maksimal, tegangan *peak to peak* dan respon sensitivitas terhadap frekuensi (filter). Dimaksudkan agar sinyal yang diinputkan nantinya dapat dengan mudah dibaca oleh *analog-to-digital converter* (ADC) yang dimiliki mikrokontroler.

Sama seperti prinsip mikrofon, *Pickup* pada gitar juga menerima respon dari getaran, namun perbedaannya adalah *pickup* menerima getaran berdasarkan medan magnetik, bukan membran seperti yang dimiliki mikrofon. Sensor pickup akan bekerja berdasarkan perubahan osilasi yang diakibatkan oleh kumparan magnetik, kumparan magnetik tersebut responsif terhadap pergetaran logam di sekitar kumparan. Getaran tersebut mengakibatkan arus listrik pada kumparan berosilasi. Walaupun keduanya memiliki perbedaan dalam cara menangkap gelombang, sifat keduanya adalah sensor suara, yang menghasilkan gelombang audio pada rangkaian elektronik.

Pada kenyataannya, gelombang audio yang didapat dari alam (fisik) tidak memiliki bentuk sempurna, baik sinusiodal ataupun cosinusnya. Disebabkan oleh gangguan luar yang ikut tertangkap oleh sensor, baik *noise* dari rambat udara, lingkungan ataupun respon *internal* yang dimiliki sensor itu sendiri, sehingga dibutuhkannya filter yang dapat menangani permasalahan tersebut. Filter sendiri terbagi menjadi dua, yaitu filter fisik (penggunaan komponen *hardware*) atau filter logaritma pada *software.* Keduanya dapat dipakai secara bersamaan, namun analisa harus dilakukan, analisa berupa pengelompokan data mengenai bagian yang harus dipertahankan dan juga yang harus diredam. Pengelompokan tersebut dapat sangat berguna apabila analisa yang dilakukan memang tepat guna.

Selanjutnya sinyal tersebut diolah pada mikrokontroler, pengolahan tersebut berfungsi sebagai pengelompokan berdasarkan frekuensi yang didapat dengan *database* yang dimiliki LCD nextion yang sebelumnya telah ditanamkan parameter-parameter untuk *database* yang telah disesuaikan dengan tabel frekuensi (Tabel 1). Pemilihan parameter-parameter ini menggunakan mode *touch screen* yang dimiliki oleh modul LCD, sehingga pengguna dapat menentukan set poin yang harus dicapai oleh alat. Setelah data dikomparasi maka motor DC akan bekerja sesuai perintah. Memutar menaikan tensi senar ataupun menurunkan tensi senar untuk setiap senar yang dimiliki gitar. Bukan hanya dari LCD, pengguna juga dapat mengatur tingkat sensitivitas sensor menggunakan trimpot yang telah disediakan, dengan *feedback* berupa indikator LED

B. Pemilihan Komponen

1. Pemilihan *Pickup*

Pemilihan *Pickup* sebagai sensor getar pada gitar sebenarnya tidak terlalu difokuskan, karena pada bagian penguat akhir telah disediakan trimpot untuk mengatur *threshold.* Sehingga pada akhirnya alat dapat membaca semua sensor audio yang diinputkan dengan syarat *threshold* harus diatur ulang setiap penggantian *input*

Tabel II Komparasi *Pickup*

PICKUP	FREQ RESPON	HUMMING
PIEZO	1:1	TIDAK
SINGLE COIL	1:1	YA (@50kHz)
HUMBUCKER	1:1	TIDAK

2 Pemilihan LCD *User Interface*

Untuk pemilihan *User Interface* menggunakan LCD Nextion 3.5” *inch* model *Basic.* Disamping memiliki ukuran yang sesuai dengan kebutuhan, LCD ini juga memiliki spesifikasi yang memadai untuk digunakan dalam riset kali ini. Baik ukuran RAM maupun Flash yang sanggup melakukan tugas dengan baik, sehingga tidak perlu memilih model *Enhanced* yang memiliki spesifikasi berlebih.

Tabel III Tabel Komparasi LCD *Touch Screen*

LCD UI	RESOLUSI	RAM	FLASH	RGB	HARGA
NEXTION 2.4"	320x240p	2kB	4MB	65K	16.40 USD
NEXTION 3.5" BASIC	480X320p	3.5kB	16MB	65K	27.40 USD
NEXTION 3.5" ENHANCED	480X320p	8kB	32MB	65K	32.40 USD
NEXTION 4.3"	480x272	3.5kB	16MB	65K	44.90 USD
*https://WWW.itead.cc/					

3 Pemilihan Jenis Mikrokontroler

Pemilihan jenis mikrokontroler sangat penting dalam pengolahan *real-time* sinyal audio. Segala aspek harus mendukung dalam melakukan komputasi masukan dan keluaran. Sehingga kualitas yang dihasilkan dapat sesuai dengan keinginan. Pemilihan jatuh pada ATMega2560 atau Arduino Mega, *Clock Speed* 16MHz cukup untuk melakukan *sampling* audio *real-time*, yang minimal bernilai dua kali dari frekuensi maksimal sinyal.

4 Pemilihan Jenis *Operational Amplifier*

Pemilihan sesuai kebutuhan sangat diperlukan. Faktor pemilihan berdasarkan perbedaan respon dari *offset* yang dimiliki. Penggunaan *high-resolution* OPA1622 tidak perlu digunakan. Dan untuk penguat akhir menggunakan model TL072 sebagai *amplifier* terakhir yang dapat mencapai *output* maksimal 5v sebagai umpan untuk mikrokontroler

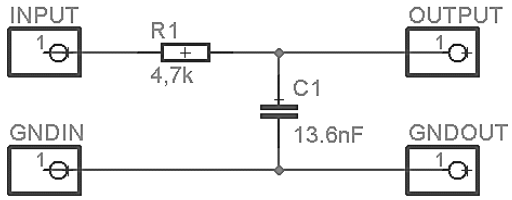
Tabel IV Komparasi *Op-Amp*

OPERATIONAL AMPLIFIER	DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE MAX	INPUT SUPPLY VOLTAGE	INPUT OFFSET
LM741	30± V	15± V	5mV
TL072	30± V	15± V	10mV
OPA1622	0,5± V	18± V	0.5mV

C. Perancangan *Hardware*

1 Perancangan Filter

Perancangan filter sangat dibutuhkan untuk meminimalisir sifat berdesis (*noise*) dalam rangkaian *pre-amp.* hal ini dapat berdampak sulitnya pembacaan pada mikrokontroler apabila tidak diredam. *Noise* memiliki sifat merusak sinyal utama karena mengakibatkan terjadinya interferensi sinyal



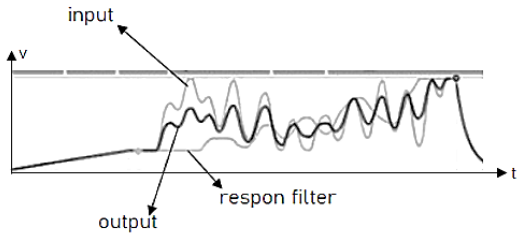
Gambar 25 Rangkaian *Low-Pass* Filter

Filter yang digunakan adalah jenis *Low-Pass* Filter dengan target 2.5kHz sesuai dengan persamaan 2.12

$$fc = \frac{1}{2\pi * 13.6nF * 4{,}7k\Omega}$$

$$= \frac{1}{2 * 3{,}14 * 13.6e{-}9F * 4{,}7k\Omega} = 2.49\text{kHz}$$

Persamaan tersebut menghasilkan respon frekuensi seperti pada gambar (2.18). dimana sinyal diatas 2.5kHz akan diredam (mengalami pelemahan) sehingga amplitudo yang dihasilkan gelombang tersebut mengalami perubahan bentuk. Berikut cuplikan gambar pengujian filter dengan *input* sinyal audio :

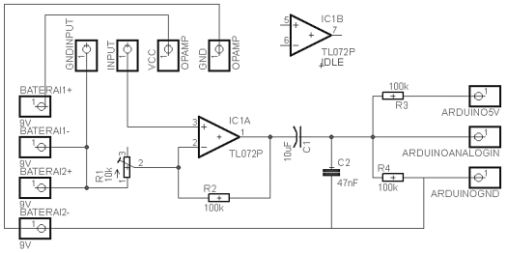


Gambar 26 Respon *Low-Pass* Filter

Gambar diatas membuktikan bahwa sinyal yang diolah filter menunjukan hasil yang mendekati hasil perhitungan sehingga sinyal desis yang memiliki frekuensi lebih dari 2.5kHz dapat ditekan, sehingga dapat terlihat identitas asli dari tangkapan sinyal audio yang dihasilkan oleh gitar.

2. Perancangan Penguat Akhir

Penguat akhir memiliki peran sangat penting dalam pembacaan untuk mikrokontroler, penguat akhir berfungsi sebagai penguat yang memposisikan sinyal pada rentang ADC yaitu 0V sampai 5V, menggunakan IC TL072 dengan model *non-inverting* sehingga fase yang dihasilkan sama seperti sinyal masukannya. Hal ini harus diperhatikan untuk keamanan dalam memasang kapasitor. Trimpot berfungsi sebagai *valve*, digunakan untuk membuka atau menutup sinyal *input*-an, penutupan *valve* (R=10kΩ) sinyal mengakibatkan sinyal mendekati nilai minimum pembacaan mikro, karena penguat dibatasi. Berbanding terbalik dengan penutupan *valve*, pembukaan *valve* (R=0Ω) mengakibatkan sinyal utuh dan mengalami penguatan maksimal. Namun, sinyal yang dimasukan pada Arduino tidak boleh melebihi 5V karena akan berdampak buruk, sehingga terdapat LED sebagai indikator keamanan yang terdapat pada gambar 3.1 proses tersebut berada pada pembacaan nilai ADC, mengenai hal ini akan dijelaskan kembali pada sub-BAB 3.4.2. Berikut perancangan rangkaian penguat akhir yang dibuat :



Gambar 27 Rangkaian Penguat Akhir

Dimana persamaan untuk menghitung Vout adalah :

Rasio penguatan

$$= (1+R_{(feedback)}/R_{(trimpot)})$$

$$= (1+100k\Omega/10k\Omega) = 11x$$

Dengan anggapan bahwa tegangan maksimal yang dihasilkan oleh sensor adalah 250mV dan nilai trimpot pada posisi 10k, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

Rasio penguatan

$$= (1+100k\Omega/10k\Omega) = 11x$$

Vout

$$= V_{(sensor)} * (\text{Rasio penguatan})$$

$$= 250mV * (11) = 2{,}75V$$

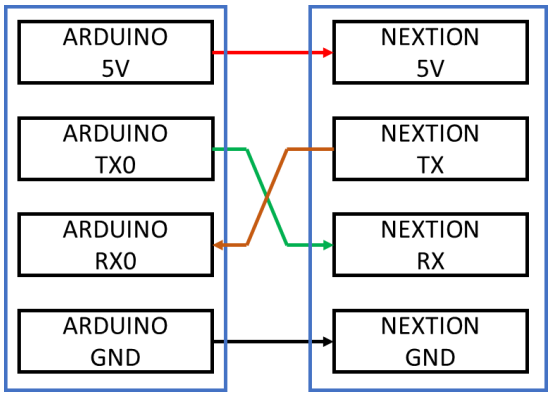
Ketika nilai rata-rata tegangan pada sensor diberikan :

Vout = V(sensor) * (Rasio penguatan)

Vout = 150mV * (11) = 1,65V

3. Perancangan Rangkaian LCD

Perancangan rangkaian LCD sebenarnya sangat mudah, karena hanya menggunakan 4 kabel berupa konfigurasi serial, yaitu Vin, Gnd, Tx dan Rx. Sehingga dapat langsung disambungkan pada bagian UART Arduino



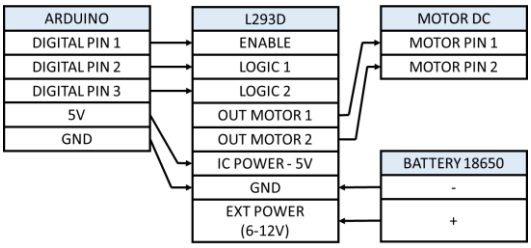
Gambar 28 Wiring LCD

4. Perancangan Aktuator Motor DC

Motor DC merupakan penggerak yang digunakan pada penelitian ini. Penggunaan motor DC harus sangat memperhatikan supplai yang dibutuhkan motor ini, penggunaan direct Pin Arduino tidak dapat dilakukan, karena arus yang dihasilkan Pin Arduino sangat kecil, berkisar pada 40mA tiap slotnya. Sehingga suplai external harus digunakan, suplai external yang dipakai menggunakan baterai 18650 dengan konfigurasi seri, sehingga tegangan yang dihasilkan cukup besar dan arus tercukupi. Penggunaan driver motor digunakan untuk melakukan regulasi pembagian tegangan berdasarkan logic input yang diberikan pada kaki IC, IC bersifat sebagai relay yang mengalirkan arus external ke motor dengan perintah

logic, sehingga tegangan external tidak menggangu sistem mikro.

Berikut wiring yang dilakukan pada penelitian kali ini :



Gambar 29 Wiring Driver Motor

Pada prinsipnya motor DC akan bekerja apabila kumparannya diberi suplai, bersifat bipolar dimana akan melakukan gerakan maju ketika kutub positifnya diberikan tegangan masukkan dan bergerak mundur apabila diberikan tegangan pada kutub negatifnya, berikut konfigurasinya

Tabel V Arah Pergerakan Motor DC

PIN 1	PIN 2	ARAH GERAK
0	1	*CLOCKWISE*
1	0	*COUNTER-CLOCKWISE*

Ketika menggunakan driver motor L293D, mikro mengirimkan 3 sinyal yaitu, ENABLE, LOGIC 1, LOGIC 2, ENABLE berfungsi sebagai perintah motor tersebut boleh atau tidaknya bekerja, dapat digunakan sebagai mode TRUE FALSE atau dengan input PWM, untuk dapat mengatur kecepatannya digunakan mode PWM, nilainya adalah 255 dimana memiliki nilai 100% kerja, 0 untuk 0%, dan 191 untuk 75%, sebenarnya nilai ini bebas diinputkan dari range 0 sampai ke 255. Driver ini juga bersifat power relaying, dimana motor bekerja pada tegangan 5v dan memiliki kemampuan menerima tegangan tambahan dari pinnya untuk suplai ke motor, perintal LOGIC 1 dan LOGIC 2 akan mengubah arah suplai motor menjadi *Clockwise* ataupun *Counter-Clockwise*

D. Perancangan Software

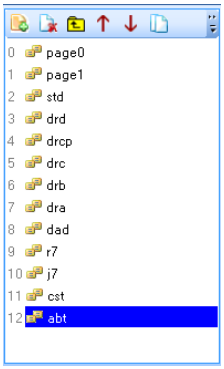
1. Perancangan UI LCD

Display menggunakan 12 kondisi *database* yang masing-masing memiliki informasi yang berbeda, baik tampilan maupun nilai frekuensi yang ditanamkan, berikut tabel penjelasannya :

Tabel VI *Database* Frekuensi dalam (Hz)

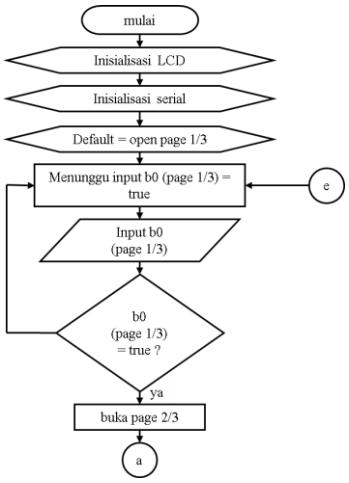
KONDISI	senar ke						
	1	2	3	4	5	6	7
std	330	247	196	147	110	82	-
drd	330	247	196	147	110	73	-
drcp	330	247	196	147	110	69	-
drc	294	220	175	131	98	65	-
drb	277	208	165	123	92	62	-
dra	247	185	147	110	82	55	-
dad	294	220	196	147	110	73	-
r7	330	247	196	147	110	82	62
j7	330	247	196	147	110	82	55

Tujuan dari pembentukan *database* ini adalah untuk mempermudah pencarian nilai frekuensi yang dibutuhkan dan menata keluaran dari LCD agar sesuai format yang ditetapkan, sehingga mikro dapat membaca secara jelas informasi apa yang dikirimkan oleh LCD



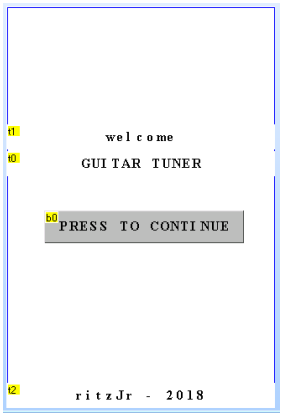
Gambar 30 *Root Database*

Halaman pertama berisi inisialisasi LCD, hal ini diperlukan untuk memeriksa kesiapan modul dalam menjalankan tugasnya, bukan hanya mempersiapkan tampilan, bagian ini juga mempersiapkan jalur Tx dan Rx modul. Halaman ini diberi tag “page0” dalam *root*



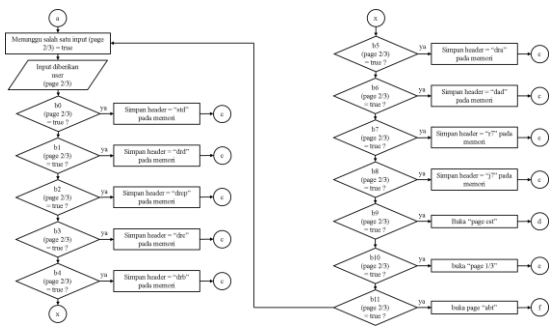
Gambar 31 Flowchart LCD Halaman ke 1

Tombol "*continue*" dapat digunakan ketika persiapan sebelumnya telah selesai, tombol tersebut akan membawa user pada halaman selanjutnya



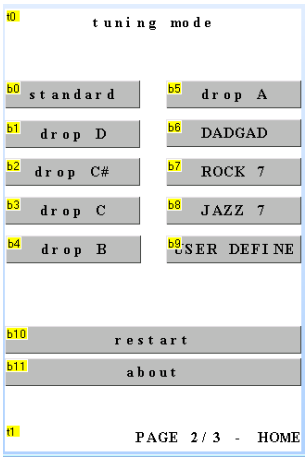
Gambar 32 Tampilan LCD Halaman ke 1

Halaman ke dua, memiliki tag "page1" dalam root. Berisi tombol yang membantu pengguna dalam mengoperasikan dan memilih blok frekuensi yang diinginkan. Tiap tombol memiliki identitas masing-masing berupa *header* yang disimpan dalam memori, sehingga *root* dapat langsung dipanggil.

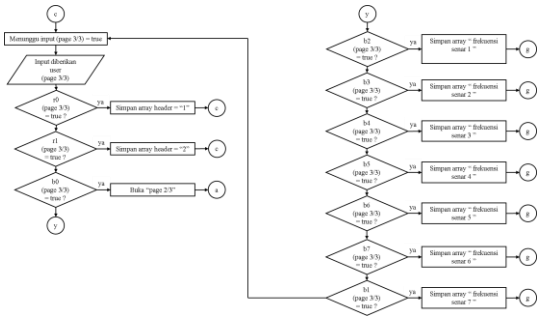


Gambar 33 Flowchart LCD Halaman ke 2

Dari halaman ini pengguna dapat berpindah ke 4 destinasi, yaitu *restart* dengan *root* adalah "page0", *about* adalah "abt", *tuning* (*database*) dari b0 sampai b8 sesuai dengan *adressnya* masing-masing dan *tuning* (*user define*) adalah "cst"

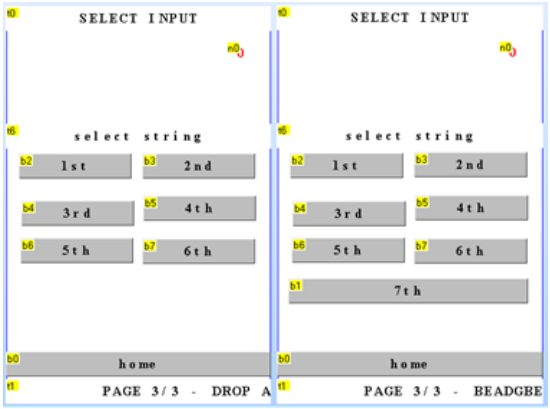


Gambar 34 Tampilan LCD Halaman ke 2



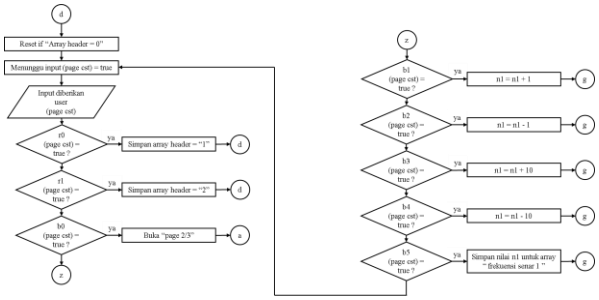
Gambar 35 Flowchart LCD Halaman ke 3

Pada bagian *page* 3/3, pengguna dapat langsung memilih nomor senar yang akan di *tuning*. Dimana senar satu adalah yang paling bawah dan 6 adalah bagian atas pada gitar. Untuk *root* r7 dan j7 memiliki perbedaan dari blok *tuning* yang lain, yaitu tombol senar ke 7, karena keduanya dikhususkan untuk *tuning* gitar 7 senar



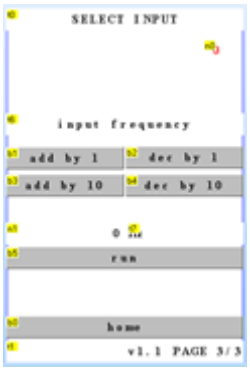
Gambar 36 Tampilan LCD Halaman ke 3

Pada halaman ini, tombol Boolean memiliki informasi mengenai frekuensi yang akan digunakan, sehingga pengguna dapat dengan mudah menggunakan karena langsung ditampilkan untuk nomor senar yang akan di *tuning*

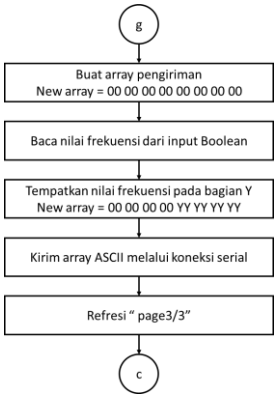


Gambar 37 Flowchart LCD Halaman ke 4

Berbeda dengan halaman tuning yang lain, bagian cst ini memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh halaman lain, yaitu *manual input* frekuensi, dikontrol oleh 4 tombol, yang terdiri dari tombol dengan *increment* +1, tombol dengan *decrement* -1, tombol dengan *increment* +10 dan tombol dengan *decrement* -10. Keseluruhannya bekerja untuk besaran Hertz (Hz)



Gambar 38 Tampilan LCD Halaman "cst"

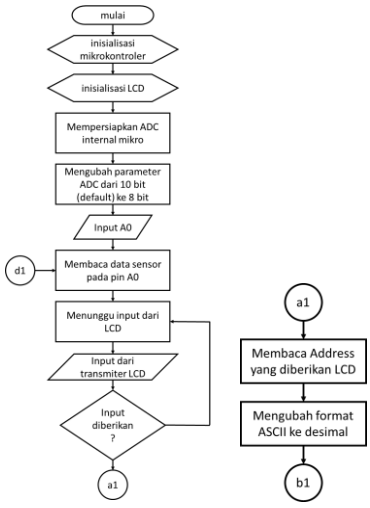


Gambar 39 Serial Komunikasi

Serial komunikasi yang dibentuk dari deret ASCII, sehingga harus dipisahkan agar informasi yang dikirim tidak tercampur, format pemisahannya adalah 00 00 00 00 YY YY YY YY, dimana YY adalah bagian encoding frekuensi berupa data ASCII, encoding yang dilakukan telah difasilitasi oleh modul LCD ini, sehingga format mikrokontroller dalam menerima informasi ini harus sesuai agar data dapat dibaca sesuai dengan apa yang dikirim LCD

3.4.2 Perancangan Program Mikro

Perancangan yang ditanamkan pada mikrokontroler dikhususkan sebagai pengendali pusat yang dimiliki sistem. Berupa pengaturan alur *input* dan *output* yang dihimpun dari beberapa bagian rangkaian elektronik melalui pin *digital* maupun *analog*. Data masukan merupakan sinyal audio yang memiliki bentuk sinyal tidak beraturan sehingga diperlukannya pengolahan data lanjutan agar sinyal masukan dapat dibaca oleh sistem.



Gambar 42 *Flowchart* Penerimaan Masukan

Pembacaan frekuensi dimulai dari pengaturan yang dilakukan pada mikro, sehingga pembacaan sensor bersifat linear terhadap waktu. *Input* diberikan pada pin A0, pin ini memiliki nilai ADC 10 bit, dimana ADC 10 bit memiliki skala 1023 poin dari 5V pembacaan input, dimana ketika pin A0 diberikan input 2V nilai

ADC berkisar pada 410. Akurasi pembacaan ADC secara langsung mempengaruhi waktu pembacaan pin A0, dimana adanya keterkaitan antara waktu, akurasi dan penggunaan memori yang dipakai untuk proses pembacaan input.

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai, dibutuhkannya proses *sampling* terhadap nilai bacaan sensor, sampling ini berupa pengambilan data persatuan waktu yang dilakukan secara terus menerus mengikuti input yang diberikan. Diketahui bahwa, *sampling* harus bernilai dua kali lebih besar dari frekuensi input, dimana untuk gitar nilai maksimal frekuensi yang diteliti adalah 2,5kHz, sehingga minimalnya frekuensi sampling adalah 5kHz, namun penggunaan nilai minimal ini nantinya berpengaruh terhadap tingkat keakuratan kalkulasi terhadap *input*.

Untuk menyesuaikan dengan kualitas audio yang sesuai standar, frekuensi sampling yang digunakan adalah 38.5kHz, dimana nilai standar audio *processing* adalah 40kHz dan 48kHz untuk kualitas studio. Pemilihan 38.5kHz berdasarkan pada kemampuan mikrokontroler namun tetap mendekati nilai standar tersebut, yang sebenarnya nilai tersebut lebih dari cukup jika dibandingkan dengan 5kHz atau dua kali dari frekuensi yang diteliti, namun untuk mendapatkan nilai 38.5kHz sebagai frekuensi sampling diperlukan pengaturan tambahan, hal ini disebabkan karena kemampuan mikrokontroler yang terdapat pada board Arduino Mega. Dimulai dengan penurunan ADC dari 10 bit ke 8 bit, hal ini dimaksudkan untuk menghemat memori yang digunakan, dilanjutkan dengan pengaturan ADC clock, dimana nilai yang dipakai adalah 32 *prescaler*, perlu diketahui bahwa kemampuan mikrokontroler 2560 adalah 16MHz, sehingga :

ADC new clock = 16MHz / 32 = 500000

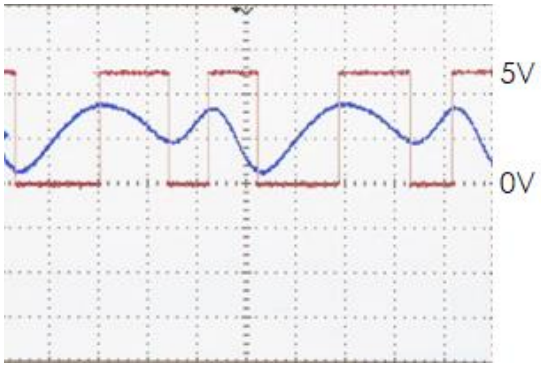
Dan frekuensi sampling yang diperoleh adalah:

F sampling = 500000 / 13 = 38,461kHz

Dimana waktu yang dibutuhkan per siklus adalah :

Waktu per sample = 13/500000 = 26uSec

A. Deteksi Bentuk Gelombang



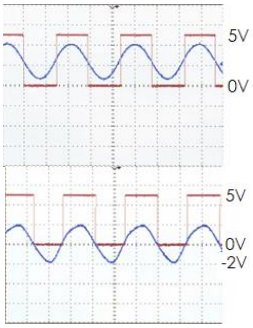
Gambar 43 Deteksi Gelombang

Syarat frekuensi adalah memiliki satu puncak dan satu lembah gelombang, deteksi ini merupakan penerapan langsung mengenai teori tersebut. Bentuk gelombang didapat melalui metode pembacaan *analog*, dimana :

a. Data sebelumnya < data pembacaan terkini, *logic* = 0 dan baca kembali data selanjutnya
b. Data sebelumnya > data pembacaan terkini, *logic* = 1 dan baca kembali data selanjutnya

Dari metode ini dapat diidentifikasi puncak gelombang dan lembah yang dimiliki sinyal masukan, pembacaan ini cukup efektif untuk sinyal yang dihasilkan dari dawai, dimana bentuknya akan berosilasi identik namun memiliki tegangan puncak yang berkurang berbanding lurus dengan waktu.

B. Deteksi Titik Tengah

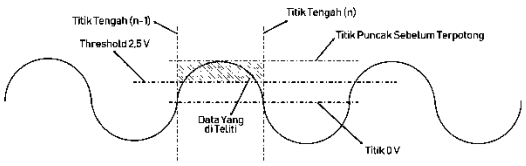


Gambar 44 Deteksi Titik Tengah

Sebelumnya dijelaskan mengenai syarat frekuensi, pada bagian ini juga memiliki informasi yang cukup penting dalam penentuan bentuk sinyal, sinyal akan di seleksi berdasarkan threshold, dimana nilainya adalah 2.5V, gelombang diatas threshold akan bernilai *true* dan yang dibawah *threshold* bernilai *false*, penentuan 2.5V didasarkan pada noise yang dimiliki sangat jarang sekali yang melewati nilai ini, karena noise rata-rata berada dibawah 40% dari sinyal yang diteliti, dimana 40% dari nilai maksimum pembacaan 5V adalah 2V, ketika sinyal puncak tertinggi gelombang melebihi 5V pada periode tertentu, maka LED akan aktif, dimana pengguna harus mengatur Trimpot yang ditempatkan pada penguat akhir sampai LED tidak menyala ketika tidak di inputkan sinyal audio

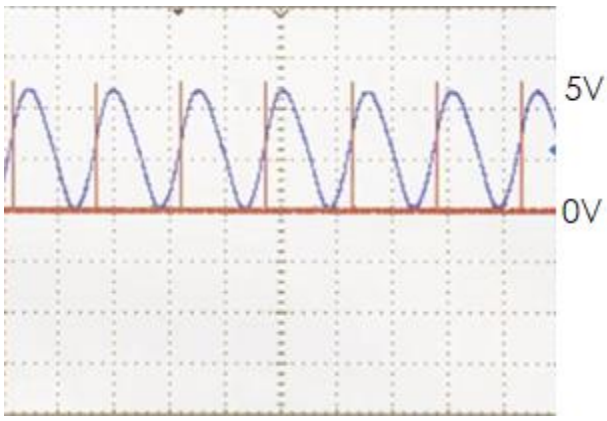
C. Deteksi Frekuensi

Dijelaskan di bagian sebelumnya, informasi sinyal yang diterima signifikan mengurangi *noise* yang ada, sehingga penentuan frekuensi sebenarnya dapat dilakukan. Informasi yang dimiliki sebelumnya adalah puncak gelombang, lembah, titik tengah diatas *threshold*, berikut gambarnya :



Gambar 45 Data Yang di Teliti

Dari gambaran diatas dapat disimpulkan bahwa pengambilan frekuensi berdasarkan puncak gelombangnya saja, hal ini disebabkan karena identitas sinyal dawai yang dapat terwakili dari area atas threshold puncak gelombang pertama dan periode gelombangnya, sehingga dapat digambarkan sebagai berikut :

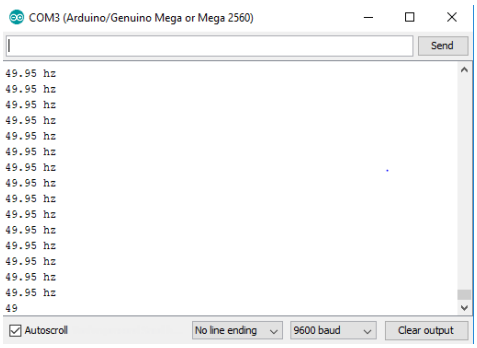


Gambar 46 Deteksi Frekuensi

Dan untuk mencari frekuensinya adalah :

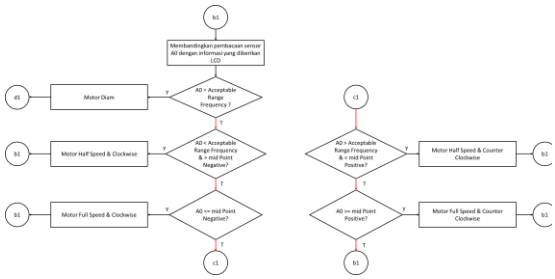
Frekuensi (Logic) = Sample / Periode

Diketahui bahwa sampling yang digunakan adalah 38,462 kHz, dari rumus tersebut didapat sinyal dalam skala *hertz*, mikro dapat membaca dengan interval 0.03 Hz untuk skala 2300 Hz, hasil menunjukkan bahwa keakuratan pembacaan dapat dikatakan cukup baik.



Gambar 47 Hasil Monitoring Serial

Hasil monitoring ini menggunakan COM *port* yang dimiliki PC, sehingga pemeriksaan terhadap data yang dihasilkan bias di analisis, analisis ini mempermudah pengujian dan debug ketika program ini dibuat, sehingga hasil yang dibuat bias sesuai dengan keinginan.



Gambar 48 *Flowchart* Tindakan Aktuator

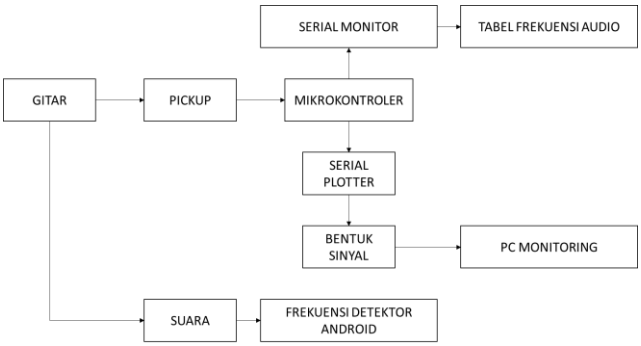
Setelah nilai frekuensi didapatkan, hasilnya akan dibandingkan dengan *database* yang terdapat pada LCD. Dan Perbandingan tersebut akan menentukan kinerja *output*, yaitu memberikan fungsi agar motor melakukan pergerakan diam, maju ataupun mundur. Diam berarti frekuensi yang diterima sensor bernilai sama, dikatakan sama apabila nilai yang didapat terdapat dalam rentang toleransi yang harus dicapai. Ketika frekuensi input lebih kecil dari referensi frekuensi pada LCD, motor akan bergerak maju. Sebaliknya, ketika frekuensi lebih besar dari referensi frekuensi pada LCD, motor akan bergerak mundur.

IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pada bagian ini membahas analisis dan pengujian kerja sistem yang telah dirancang, serta interaksi keseluruhan peralatan sehingga dapat dilakukan proses kalibrasi senar gitar, selain itu pada bagian ini dijelaskan mengenai hasil yang diperoleh dari penerapan langsung penggunaan sistem.

A. Pengujian dan Analisis Komponen *Input*

Pengujian ini dilakukan dengan beberapa metode, agar hasilnya sesuai standar dan dapat dipertanggung jawabkan, terdapat 3 komparasi yang dilakukan, pertama dengan melihat langsung hasil dan dibandingkan dengan tabel frekuensi audio yang ada, kedua adalah melakukan *monitoring* pada PC, *monitoring* ini bersifat membandingkan bentuk sinyal yang didapat, yang terakhir adalah dengan menggunakan pendeteksi yang sudah ada



Gambar 49 *Setup* Pengujian Sistem

Pendeteksian tersebut berupa sensor mikrofon, dimana harus dilakukan pada kondisi hening, sehingga pengukuran dapat dilakukan sesuai dengan seharusnya. Pendeteksian ini menggunakan *platform android*, dimana aplikasinya dapat langsung didownload secara bebas di *internet*, namun hanya ada beberapa brand aplikasi yang sudah teruji keakuratannya, sehingga perlu berhati-hati dalam pemilihannya.

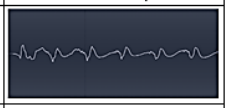
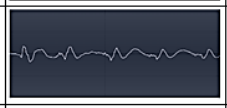
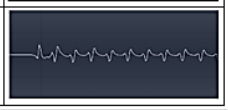
1 Pengujian dan Analisis Sensor



Gambar 50 *Wiring* Saat Pengujian

Rangkaian *Pickup* yang digunakan bertujuan untuk membaca gelombang sinus yang berada pada sinyal audio yang dihasilkan oleh getaran senar, dimana getaran tersebut akan dibaca frekuensinya untuk dianalisis pada mikrokontroler, sehingga identifikasi dapat dilakukan, identifikasi tersebut berupa tepat atau tidaknya frekuensi yang dimiliki senar, sesuai dengan acuan frekuensi yang dikandung oleh nada.

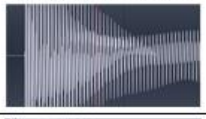
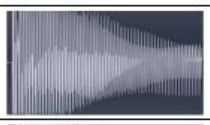
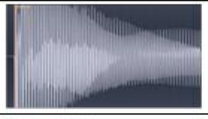
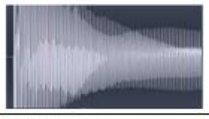
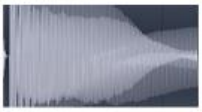
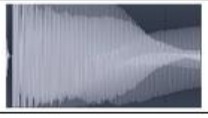
Tabel VII Bentuk Sinyal Yang Dihasilkan *Pickup*

Nada	Bentuk Sinyal	Nada	Bentuk Sinyal
c4		c5	
d4		d5	
e4		e5	
f4		f5	
g4		g5	
a5		a6	
b5		b6	

Dimana *sample* gambar tersebut diambil selama 0,2 detik, pengambilan data menggunakan *add-on Edison* pada aplikasi *FruityLoops Studio*, dimana waktu tersebut sudah mewakili bentuk sinyal yang dihasilkan, karena bersifat pengulangan dari sinyal sebelumnya, hal ini disebabkan karena sumber yang diteliti adalah getaran pada senar, bersifat bergetar mengayun terus menerus sampai terjadi pelemahan akibat berkurangnya daya getar, nada yang dihasilkan berbanding lurus dengan frekuensi yang diterima, semakin tinggi nada yang dihasilkan oleh senar, frekuensi yang dibaca semakin rapat

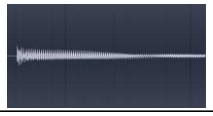
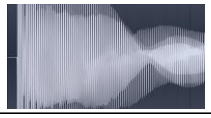
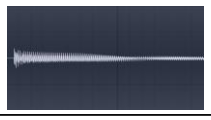
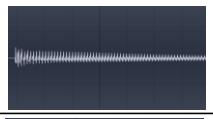
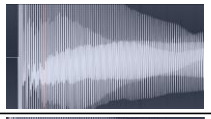
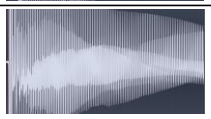
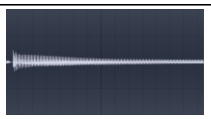
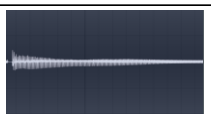
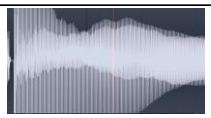
4.1.2 Pengujian dan Analisis Rangkaian Penguat

Tabel VIII Penguatan Pada Oktaf 4

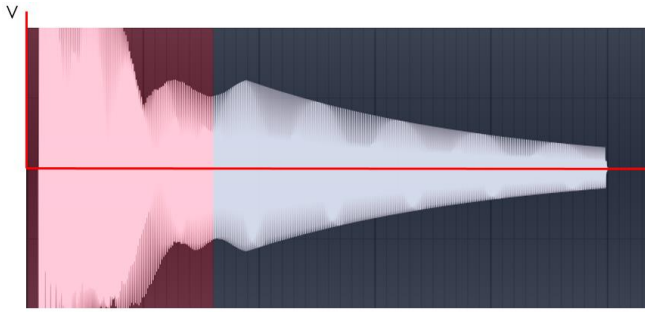
Nada	Bentuk Sinyal	Penguatan Maksimal
c4		
d4		
e4		
f4		
g4		
a5		
b5		

Tabel pengujian bersifat *sample* yang diambil sebagai pembuktian, tidak keseluruhan data ditampilkan, namun keseluruhannya memiliki karakteristik yang sama dalam penguatan yang terjadi

Tabel IX Penguatan Pada Oktaf 5

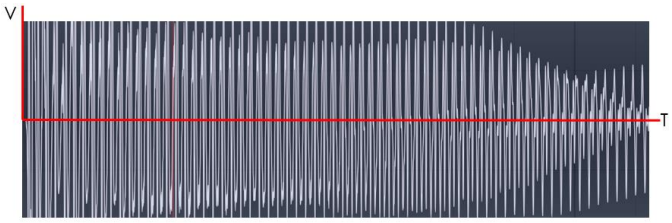
Nada	Bentuk Sinyal	Penguatan Maksimal
c5		
d5		
e5		
f5		
g5		
a6		
b6		

Skala yang dipakai untuk mengambil *sample* adalah 1,4 detik, di waktu tersebut, respon dari masukan sistem sangat besar, sehingga *overshoot* biasanya mengganggu pembacaan mikrokontroler, karena banyak data yang dibaca tidak mewakili frekuensi sebenarnya, sehingga pembacaan *error*, namun seiring waktu data sebenarnya akan lebih dominan



Gambar 51 *Overshoot* Selama1,4 detik

Ditandai oleh bagian yang berwarna merah, pada bagian ini interferensi sinyal terjadi, hal ini mengakibatkan sinyal tumpang tindih, antara data yang dibaca dengan *noise* yang ikut dikuatkan oleh *amplifier*, hal ini menyebabkan *noise* akan berada diatas *minimum threshold*, sehingga frekuensinya terhitung juga



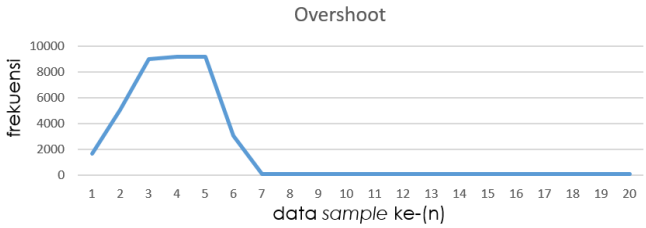
Gambar 52 Grafik *Overshoot* di Perbesar

Error ini disebabkan adanya ketidak sempurnaan senar dalam berosilasi, biasanya disebabkan senar yang tidak dipetik sempurna, bersih dari sentuhan. Sentuhan menyebabkan getaran yang dihasilkan tertahan, sehingga informasi yang dikirim tidak jelas karena bentuk sinyal yang berubah.

Tabel X *Sample Overshoot* Pada Frekuensi Set Poin 110Hz

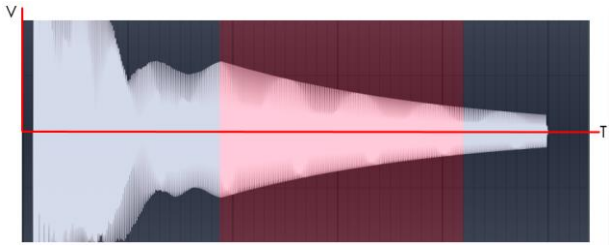
DATA	FREQ	DATA	FREQ
1	1690.24 Hz	11	109.89 Hz
2	5087.77 Hz	12	109.89 Hz
3	9001.56 Hz	13	109.89 Hz
4	9210.03 Hz	14	109.89 Hz
5	9208.41 Hz	15	109.89 Hz
6	3084.22 Hz	16	109.89 Hz
7	109.44 Hz	17	109.89 Hz
8	110.21 Hz	18	109.89 Hz
9	109.89 Hz	19	109.89 Hz
10	109.89 Hz	20	109.89 Hz

Pengujian diatas merupakan respon mikrokontroler terhadap pickup, dan mengabaikan kinerja motor sebagai aktuator, sehingga data yang dihasilkan hanya memiliki *overshoot* satu kali, karena kesalahan motor dalam jumlah rotasi berlebih diabaikan



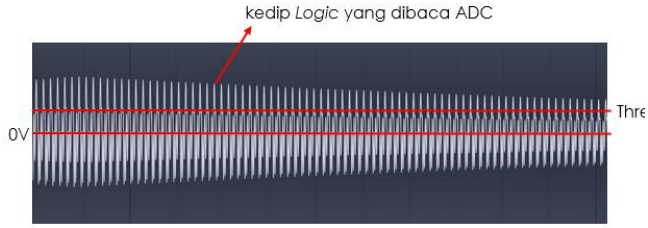
Gambar 53 Visualisasi Data Tabel

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kondisi pembacaan sensor ketika dalam kondisi *Steady State*, pada keadaan ini mikrokontroler dominan membaca data, karena data yang diambil sudah dalam kondisi stabil, sehingga pembacaan sensor oleh mikrokontroler akan lebih baik.



Gambar 54 *Steady State* selama 2,3 detik

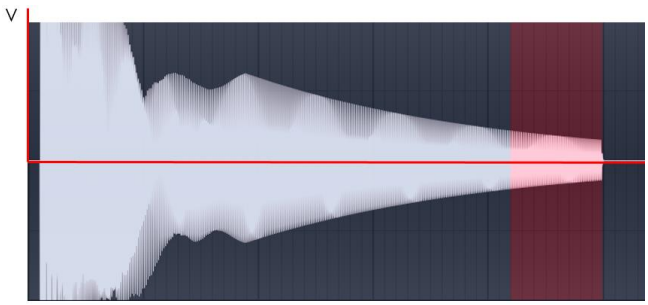
Nilai frekuensi bisa teridentifikasi karena bentuk sinyal yang sudah konstan, sehingga data pembacaan dari mikrokontroler akan stabil, pada kondisi ini sinyal *peak* dapat dengan mudah teridentifikasi, dimana kedip *logic* yang dibaca ADC bisa langsung di hitung frekuensinya



Gambar 55 Steady State di Perbesar

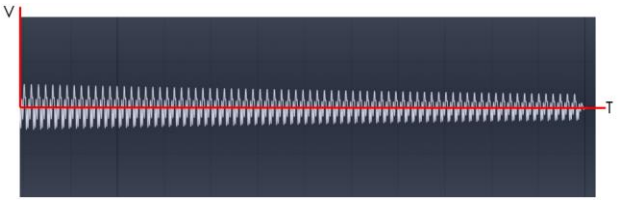
Sinyal yang dihasilkan oleh senar akan mengalami pelemahan karena waktu, pelemahan tersebut berdampak pada menurunnya intensitas gelombang, intensitas gelombang ini tidak akan sempurna dibaca oleh mikrokontroler, sehingga dengan sendirinya, sinyal ini tidak lolos dengan persyaratan minimum Threshold yang dimiliki program, sehingga data tidak diambil. Dimana untuk minimum Thresholdnya adalah 2V sebagai default, namun nilai ini dapat diubah dengan mudah pada bagian kode

```
//variables amp detection
unsigned int ampTimer = 0;
byte maxAmp = 0;
byte checkMaxAmp;
byte ampThreshold = 30;//Threshold
```



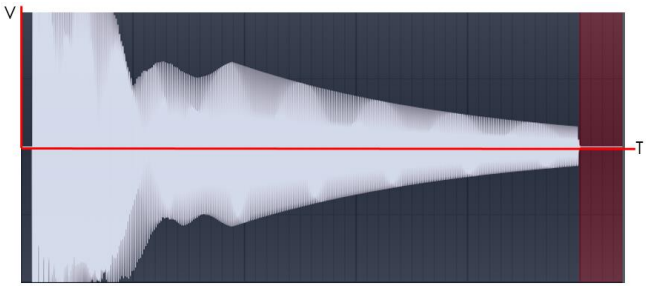
Gambar 56 Pelemahan Selama 0,9 detik

Sebenarnya pelemahan ini juga masih memiliki informasi mengenai frekuensi jika mengabaikan nilai *minimum Threshold*, karena modelnya masih berosilasi sempurna



Gambar 57 Pelemahan di Perbesar

Sebelumnya, dijelaskan bahwa sinyal yang tidak melewati minimum threshold tidak akan terbaca oleh mikrokontroler, sehingga data selanjutnya dimatikan, dan menunggu masukan baru, berupa menggetarkan kembali senar untuk mendapatkan data konstan pada bagian steady state

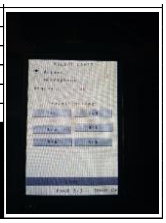


Gambar 58 Data dihentikan

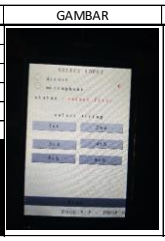
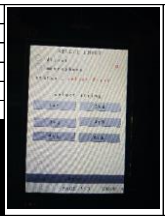
4.1.3 Pengujian LCD

Pengujian berupa komunikasi antar pin TX LCD dan RX Arduino yang terdapat pada modul LCD dan Arduino, Berikut Hasilnya :

Tabel XI Pengujian LCD

HALAMAN	DATA	INTEGER	GAMBAR	HALAMAN	DATA	INTEGER	GAMBAR
std	1	330		drcp	1	330	
	2	247			2	247	
	3	196			3	196	
	4	147			4	147	
	5	110			5	110	
	6	82			6	69	
drd	1	330		drc	1	294	
	2	247			2	220	
	3	196			3	175	
	4	147			4	131	
	5	110			5	98	
	6	73			6	65	

Tabel Lanjutan XI

HALAMAN	DATA	INTEGER	GAMBAR	HALAMAN	DATA	INTEGER	GAMBAR
drb	1	277		DADGAD	1	294	
	2	208			2	220	
	3	165			3	196	
	4	123			4	147	
	5	92			5	110	
	6	62			6	73	
dra	1	247		r7	1	330	
	2	185			2	247	
	3	147			3	196	
	4	110			4	147	
	5	82			5	110	
	6	55			6	82	
					7	55	
j7	1	330					
	2	247					
	3	196					
	4	147					
	5	110					
	6	82					
	7	62					

B. Pengujian dan Analisis Komponen Output

Pada pengujian kali ini berfokus pada kinerja sistem terhadap pembacaan *input* yang diberikan, mengenai respon sistem dalam mengeksekusi data, dan melakukan kinerja *output*, dalam hal ini adalah motor DC.

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa sensor dapat membaca dengan baik frekuensi yang diberikan, dengan mengabaikan kinerja motor, dan tabel dibawah ini adalah data ketika motor ditambahkan sebagai variable pengujian

Pada pengujian berikutnya motor dilibatkan dalam mengatur pergerakan rotasi pemutar tensi senar, hasilnya cukup baik, walaupun waktu yang dibutuhkan dalam pengaturan senar karena kecepatan rotasi motor yang pelan, terdapat sisi positif dan negatif dari kecepatan rotasi tersebut, kecepatan rotasi yang pelan pada saat kalibrasi menjadikan alat ini lebih akurat dalam tiap perputarannya, kelebihan putaran bisa ditekan kearah yang lebih baik. Berikut rinciannya percobaannya :

Tabel XII Percobaan 1 - Set Point 82Hz (E)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	82 Hz	81.66 Hz
2	82 Hz	83.61 Hz
3	82 Hz	82.18 Hz
4	82 Hz	82.36 Hz
5	82 Hz	82.71 Hz
6	82 Hz	83.43 Hz
7	82 Hz	82.89 Hz
8	82 Hz	82.18 Hz
9	82 Hz	81.49 Hz
10	82 Hz	81.14 Hz

Tabel XIII Percobaan 2 - Set Point 110Hz (A)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	110 Hz	110.52 Hz
2	110 Hz	109.89 Hz
3	110 Hz	109.89 Hz
4	110 Hz	110.21 Hz
5	110 Hz	109.58 Hz
6	110 Hz	110.21 Hz
7	110 Hz	110.52 Hz
8	110 Hz	109.58 Hz
9	110 Hz	109.89 Hz
10	110 Hz	110.52 Hz

Tabel XIV Percobaan 3 - Set Point 147Hz (D)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	147 Hz	147.36 Hz
2	147 Hz	146.8 Hz
3	147 Hz	146.8 Hz
4	147 Hz	146.8 Hz
5	147 Hz	146.8 Hz
6	147 Hz	146.8 Hz
7	147 Hz	147.36 Hz
8	147 Hz	146.8 Hz
9	147 Hz	147.36 Hz
10	147 Hz	146.8 Hz

Tabel XV Percobaan 4 - Set Point 196Hz (G)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	196 Hz	196.23 Hz
2	196 Hz	196.23 Hz
3	196 Hz	196.23 Hz
4	196 Hz	196.23 Hz
5	196 Hz	196.23 Hz
6	196 Hz	196.23 Hz
7	196 Hz	196.23 Hz
8	196 Hz	195.24 Hz
9	196 Hz	196.23 Hz
10	196 Hz	197.24 Hz

Tabel XVI Percobaan 5 - Set Point 247Hz (B)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	247 Hz	246.55 Hz
2	247 Hz	246.55 Hz
3	247 Hz	246.55 Hz
4	247 Hz	248.14 Hz
5	247 Hz	246.55 Hz
6	247 Hz	246.55 Hz
7	247 Hz	246.55 Hz
8	247 Hz	246.55 Hz
9	247 Hz	246.55 Hz
10	247 Hz	248.14 Hz

Tabel XVII Percobaan 5 - Set Point 330Hz (E)

NO	FREKUENSI	
	SET POINT	HASIL ALAT
1	330 Hz	331.57 Hz
2	330 Hz	331.57 Hz
3	330 Hz	331.57 Hz
4	330 Hz	331.57 Hz
5	330 Hz	328.74 Hz
6	330 Hz	331.57 Hz
7	330 Hz	331.57 Hz

Pada data tabel diatas dapat disimpulkan, linearitas alat sudah cukup baik, dimana untuk kondisi yang berbeda, frekuensi yang diatur sudah mendekati set point, dengan nilai ±2Hz, nilai ini masih didalam toleransi frekuensi yang diperbolehkan, karena nilai ±2Hz dari skala 1200Hz sangat kecil perubahannya. Alat juga dapat dengan baik mengatur tiap set point yang diberikan, baik 82Hz, 110Hz, 147Hz, 196Hz, 247Hz dan 330Hz, data penelitian menunjukan bahwa :

1. Dalam beberapa kali percobaan, tingkat kegagalan tidak terjadi, dimana alat masih dapat dikatakan berhasil dengan nilai toleransi yang baik, yaitu ±2Hz, toleransi ini masih dalam cakupan yang diperbolehkan dalam pengaturan frekuensi gitar, dimana dalam 60 kali percobaan didapatkan hasil :
   Keberhasilan (%)
   = (n Data Berhasil / n Data Total) * 100
   = (60 / 60) * 100
   = 100%
2. Alat belum mampu mengatur dengan resolusi yang baik, dimana ketika nilai toleransi dihilangkan, hasilnya tidak akurat berada pada set point, hal ini disebabkan oleh aktuator motor DC, dimana perpindahan rotasi sudut yang diberikan masih terbilang besar
   Keberhasilan (%) tanpa toleransi
   = (n Data Berhasil / n Data Total) * 100
   = (21 / 60) * 100
   = 35%
3. Dapat dengan baik mengatur set point walaupun dengan waktu yang cukup lama, dimana untuk mengatur dengan jangkauan 30Hz membutuhkan waktu sekitar 20 sampai 35 detik

Signal To Noise Ratio

Signal To Noise Ratio adalah perbandingan antara noise dengan sinyal yang ingin dibaca, merupakan lanjutan dari pembahasan mengenai filter, dibawah ini merupakan perhitungannya:

P = $V * I = V^2 / R = I^2 * R$

P (Input) = 3V * 9uA = 4.5 mW

P (Noise) = 1.7V * 9uA = 1.53 mW

SNR = P Input / P Noise

SNR = 4.5 mW / 1.53 mW

= 6.885 x

SNR = $(A\ Input / A\ Noise)^2$

= $(3V / 1.7V)^2$

= 26.01

dB (P Input) = 10 Log 10 (P Input)

= 10 Log10 (4.5 mW) = 45dB

dB (P Noise) = 10 Log10 (P Noise)

= 10 Log10 (1.53mW)

= 15.3dB

dB (SNR) = 10 Log10 (P Input/P Noise)

= 10 Log10 (4.5mW/1.53mW)
= 2.94dB

V PENUTUP

KESIMPULAN

1. Dalam beberapa kali percobaan, tingkat kegagalan tidak terjadi, dimana alat masih dapat dikatakan berhasil dengan nilai toleransi yang baik, yaitu ±2Hz, toleransi ini masih dalam cakupan yang diperbolehkan dalam pengaturan frekuensi gitar, dimana dalam 60 kali percobaan didapatkan hasil :

   Keberhasilan (%)
   = (n Data Berhasil / n Data Total) * 100
   = (60 / 60) * 100
   = 100%
2. Alat belum mampu mengatur dengan resolusi yang baik, dimana ketika nilai toleransi dihilangkan, hasilnya tidak akurat berada pada set point, hal ini disebabkan oleh aktuator motor DC, dimana

perpindahan rotasi sudut yang diberikan masih terbilang besar

Keberhasilan (%) tanpa toleransi

= (n Data Berhasil / n Data Total) * 100

= (21 / 60) * 100

= 35%

3. Dapat dengan baik mengatur set point walaupun dengan waktu yang cukup lama, dimana untuk mengatur dengan jangkauan 30Hz membutuhkan waktu sekitar 20 sampai 35 detik
4. Sistem dapat beradaptasi terhadap gangguan luar, dalam hal ini sinyal radio yang terpancar di udara bebas dapat diredam oleh *filter*, baik *filter* fisik maupun *software*., dijelaskan sebelumnya bahwa alat memiliki SNR (Signal To Noise Ratio) sebesar 6.885x, dimana nilai minimum SNR adalah 1x
5. Perancangan sistem yang memiliki variable pemilihan jenis kalibrasi dapat membantu pengguna dalam mempermudah tujuannya.
6. Desain produk dengan model hand-mounting dirasakan cukup fleksibel digunakan dan penggunaan LCD juga sangat membantu pengguna dalam pengoperasiannya

SARAN

1. Pemilihan Motor DC yang sesuai dapat mempercepat kinerja sistem dalam mencapai set point
2. Penggerak Motor DC dapat menggunakan pengontrol PID untuk menekan error yang terjadi akibat rotasi berlebih
3. Untuk mendapatkan sampling yang baik untuk kelas sinyal audio, memerlukan prosesor yang lebih baik dari atmega 2560 yang hanya memiliki 16MHz *clock*, hal ini berpengaruh pada hasil akhir pembacaan sensor dari tingkat keakuratannya
4. Penggunaan kabel yang baik dapat mengurangi sinyal noise yang timbul akibat proses transfer
5. Menggunakan komponen SMD untuk menekan dimensi dari alat yang dibuat

DAFTAR PUSTAKA

[1] R.A.Serway, J.W.Jewett. 1999. *Physics for Scientists and Engineers*, Thomson : Brooks/Cole

[2] Satya, Bayu Dwi Saputra. 2014. *Basic Mode & Skala Melodi Gitar Berdasarkan Akor*. Andi Publisher

[3] EMG Inc. *EMG Pickup : Manual Book*, California : EMG Inc, 2009

[4] Seymour Duncan, *Support Pickup*. 2004. Website : https://www.seymourduncan.com/support-pickups-101/getting-started#sectionFour diakses tanggal 7 Januari 2018

[5] Seymour Duncan, *Support Pickup*. 2004. Website : https://www.seymourduncan.com/support-pickups-101/pickup-types#sectionThree diakses tanggal 7 Januari 2018

[6] Arduino, *Datasheet Arduino Mega*. Website : https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3 diakses tanggal 13 Januari 2018

[7] Teknik Elektro. *Modul Praktikum Kendali 1* Bandung : Elektro Unikom, 2007

[8] Jana Utama. 2017, Electrocardiogram (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis Wavelet Menggunakan Pemrograman LabVIEW.

[8] Olight Battery, *Battery 18650 Specification*, *Website : www.batteryspace.com/prod-specs/18650_2600.pdf* diakses tanggal 8 Desember 2017