



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE
PJ-01**

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : HANIP ADZHAR
NIM : 105060300111007 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK KONTROL
**JUDUL SKRIPSI : SISTEM PENYETEMAN NADA DAWAI GITAR OTOMATIS DENGAN
MOTOR SERVO *CONTINUOUS* MENGGUNAKAN KONTROLER PID
BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001

Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001

**SISTEM PENYETEMAN NADA DAWAI GITAR OTOMATIS DENGAN MOTOR
SERVO *CONTINUOUS* MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO
MEGA 2560**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI
Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

HANIP ADZHAR
NIM. 105060300111007 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2015

SISTEM PENYETEMAN NADA DAWAI GITAR OTOMATIS DENGAN MOTOR SERVO *CONTINUOUS* MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

Hanip Adzhar.¹, Ir. Purwanto, MT.², Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: hanip24@gmail.com.¹, purwanto@ub.ac.id.², bsiswojo@ub.ac.id.²

Abstrak — Gitar merupakan alat musik berdawai yang membutuhkan penyeteman pada setiap dawaiinya agar sesuai dengan titik nada. Setiap dawai memiliki titik nada yang diwakili oleh frekuensi yang berbeda bergantung pada variasi *tuning* yang diinginkan. Namun, pada umumnya penyeteman pada dawai gitar menggunakan cara manual dengan memutar knop dawai dengan tangan yang membutuhkan pengetahuan dan pengalaman. Maka dibuatlah suatu solusi untuk membuat alat yang dapat menggantikan peran dari tangan manusia. Yakni dengan menggunakan motor servo yang dapat menggerak sampai mencapai *tuning* yang telah ditentukan sebelumnya, dengan *pickup* magnetik sebagai penangkap sinyal yang kemudian sinyal dikuatkan oleh *pre-amplifier*. Sinyal dari *pre-amplifier* yang kemudian diproses oleh Arduino Mega 2560 untuk menampilkan frekuensi suara. Frekuensi suara yang terbaca kemudian digunakan sebagai masukan pada kontroler. Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID. Keluaran kontroler berupa arah putaran servo yang memutar knop dawai gitar. Dari hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode *hand tuning* yang paling baik yaitu $K_p = 1$, $K_i = 0,5$ dan $K_d = 0,1$.

Kata kunci- *penyeteman gitar, frekuensi suara, PID, pre-amplifier, Arduino Mega 2560, servo*

I. PENDAHULUAN

Gitar merupakan salah satu alat musik yang paling banyak digemari oleh semua kalangan. Hal ini dikarenakan gitar merupakan alat musik yang mudah dimainkan. Dari segi ekonomi, gitar termasuk alat musik yang tidak terlalu mahal dibanding dengan alat musik lain. Tidak heran jika pada hampir setiap pertunjukan musik, gitar digunakan sebagai pengiring lagu. Disamping itu gitar adalah alat musik berdawai yang membutuhkan penyeteman untuk mendapatkan nada yang sesuai. Dalam proses penyeteman dibutuhkan waktu lama dikarenakan pengguna harus memutar knop dawai berkali-kali untuk menemukan steman nada yang diinginkan. Selain itu juga pengguna harus memiliki kemampuan khusus yaitu mendeteksi nada melalui pendengaran. Hal itu tentu sangat menyulitkan terutama untuk pemula.

Solusi untuk mengatasi tersebut adalah membuat pengontrol knop dawai pada gitar agar dapat menyetem dawai gitar secara otomatis. Penelitian skripsi ini adalah untuk mendesain dan membangun pemutar knop dawai

pada gitar supaya dapat memutar knop dawai mencapai posisi putaran sesuai dengan nada yang dikehendaki. Dengan mengatur putaran knop dawai tersebut, diharapkan diharapkan dapat menyetem gitar sesuai *tuning* standar. Serta menghindari terjadi nada sumbang dan putusny dawai akibat *tension* yang terlalu tinggi.

Sistem kontrol yang digunakan pada laporan pengembangan ini adalah *Proportional Integral Differential* (PID). PID adalah kontroler yang merupakan gabungan dari kontroler proposional, kontroler integral dan kontroler differensial. Gabungan dari ketiga kontroler ini diharapkan agar mendapat keluaran sistem yang stabil karena bisa saling menutupi kekurangan. Keuntungan dari kontroler PID adalah merupakan sebuah sistem yang sederhana sehingga lebih cepat dalam mengambil sebuah keputusan. Diharapkan dengan menggunakan kontroler PID performa sistem yang didapatkan menjadi stabil, reaksi sistem yang didapatkan menjadi lebih cepat, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Dengan menggunakan kontroler PID maka osilasi pada motor diharapkan dapat berkurang sehingga hasil sama seperti yang diinginkan, dan keunggulan dari laporan pengembangan ini adalah penyeteman nada gitar diharapkan dapat dilakukan dengan cepat, tepat, dan otomatis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gitar Elektrik

Gitar elektrik adalah gitar yang dirancang agar bunyi yang dihasilkan dapat diperkuat secara elektrik dan jika dimainkan tanpa penguatan tersebut akan menghasilkan suara yang relatif lemah. Komponen utama pada gitar elektrik adalah *pickup*. *Pickup* elektromagnetik menangkap dan mengubah getaran dawai ke dalam bentuk sinyal, yang kemudian diteruskan ke pengeras suara melalui medium kabel atau gelombang radio. Suara yang dihasilkan seringkali dimanipulasi sedemikian rupa menggunakan peralatan elektronik tambahan maupun distorsi alami dari tabung vakum di dalam pengeras suara [1].

Terdapat dua jenis *pickup* magnetik, yaitu *pickup* kumparan tunggal (*single coil*) dan *pickup* kumparan ganda (*double coil* atau *humbucker*), dimana setiap *pickup* dapat diatur aktif atau pasif. *Pickup* pertama yang berhasil digunakan pada gitar dikembangkan oleh George Beauchamp pada 1931, dimana saat itu ia masih menggunakan badan gitar yang berlubang (*hollow-body*). Setelah Perang Dunia II, barulah gitar elektrik badan-padat (*solid-body*) dipopulerkan oleh Gibson yang bekerja sama

dengan Les Paul, serta oleh Leo Fender yang bekerja secara independen.

Beberapa model gitar elektrik menggunakan pickup piezoelektrik, yang berfungsi sebagai transduser untuk menghasilkan suara yang relatif mirip dengan gitar akustik. Terdapat pula gitar yang mengkombinasikan *pickup* magnetik dan pickup piezoelektrik yang bernama *hybrid guitars*.



Gambar 1. Gitar Elektrik

Berbagai variasi *tuning* pada gitar dapat saja digunakan, tergantung dari pemainnya. *Tuning* yang paling umum digunakan yang dikenal sebagai "*Standard Tuning*" menggunakan dawai yang ditala dari E rendah ke E tinggi, dengan melintasi rentang dua oktaf (EADGBE). Jika keenam dawai dibunyikan secara terbuka (*open string*) maka akan menghasilkan chord Em7/add11.[2]

Tabel 1. Titik nada *tuning* standar pada gitar :

Dawai	Notasi ilmiah	Notasi Helmholtz	Frekuensi
pertama	E4	e'	329,63 Hz
kedua	B3	b	246,94 Hz
ketiga	G3	g	196,00 Hz
keempat	D3	d	146,83 Hz
kelima	A2	A	110 Hz
keenam	E2	E	82,41 Hz

Sumber : Richard Mark, 2008

B. Pickup Magnetik

Pickup adalah perangkat yang berfungsi sebagai transduser yang menangkap getaran mekanik dari dawai dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik yang kemudian diteruskan ke penguat suara. Prinsip dasarnya adalah dengan memanfaatkan induksi elektromagnet, yang mana getaran dawai "menggangu" garis-garis gaya elektromagnetik [2].

Pickup magnetik terdiri atas sebuah magnet permanen, seperti AlNiCo, yang dibalut dengan ratusan lilitan kawat berlapis tembaga. *Pickup* magnetik paling sering ditemukan di bagian badan gitar, walaupun terkadang juga dipasang di bagian *bridge* maupun leher gitar, seperti pada kebanyakan gitar jazz elektro-akustik. Getaran dawai yang kemagnetannya rendah memodulasi fluks magnetik pada kumparan *pickup*, sehingga menginduksi arus bolak-balik yang melalui kawat kumparan. Sinyal ini kemudian diteruskan melalui kabel untuk diperkuat maupun direkam. Secara umum, cara kerja *pickup* dapat digambarkan menggunakan konsep sirkuit magnetik, dimana getaran dawai akan mempengaruhi reluktans magnetik di dalam sirkuit yang dihasilkan oleh magnet permanen.

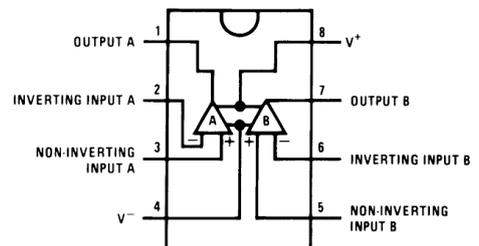


Gambar 2. Pickup Magnetik

C. Pre-Amplifier

Pre-amplifier adalah power amplifier rendah yang umumnya ditempatkan di antara gitar dan *power amplifier* atau *headphone*. Hal ini dapat memiliki beberapa tujuan yang berbeda, tetapi umumnya digunakan untuk meningkatkan amplitudo sinyal yang datang dari *pickup* dan untuk mencocokkan impedansi antara *pickup* dan komponen lain. *Pre-amplifier* umumnya dibuat dengan rangkaian *operational amplifier*. [2]

Operasional amplifier (*operational amplifier*) adalah suatu penguat berpenguatan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah *chip IC* yang memiliki dua *input inverting* dan *non-inverting* dengan sebuah terminal *output*, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada operasional amplifier (*operational amplifier*). Pada dasarnya operasional amplifier (*operational amplifier*) merupakan suatu penguat diferensial yang memiliki 2 *input* dan 1 *output*.



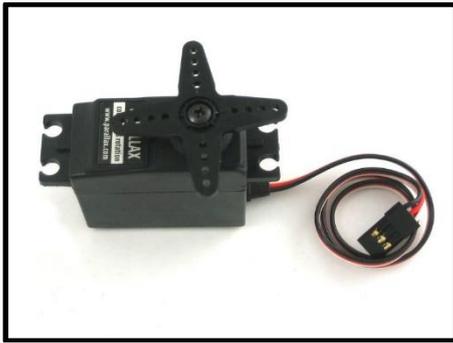
Gambar 3. Pin Out Pre-Amplifier TL082

D. Motor Servo

Berbeda dengan motor DC dan motor *stepper*, motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terjadi karena sebuah motor, serangkaian internal gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo dapat bekerja dua arah (*CW* dan *CCW*) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal *PWM* pada bagian pin kontrolnya.[6] Gambar 4. menunjukkan gambar fisik motor servo.

Motor servo *continuous rotation* merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis servo *standard*, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan

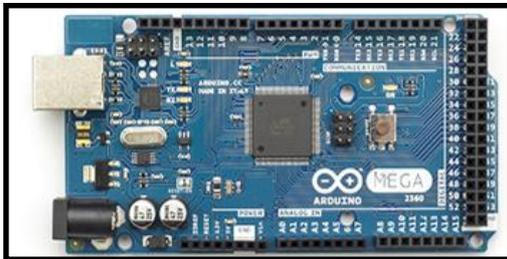
atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.



Gambar 4. Motor Servo *Continuous*

E. Mikrokontroler Arduino Mega

Arduino Mega adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Memiliki 53 pin *input* dari *output* digital dimana 15 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 16 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* Arduino Mega ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke Mega berbeda dengan semua *board* sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan *chip* FTDI *driver* USB-to-serial.[5] Gambar 5. menunjukan bentuk fisik Arduino Mega.



Gambar 5. Arduino Mega

F. Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan dibandingkan dengan masing-masing dari tiga aksi kontrol tersebut. Masing – masing kontroler P, I, maupun D berfungsi untuk mempercepat reaksi sistem, menghilangkan *offset*, dan mendapatkan energi ekstra ketika terjadi perubahan *load*.

Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan (1) di bawah ini:

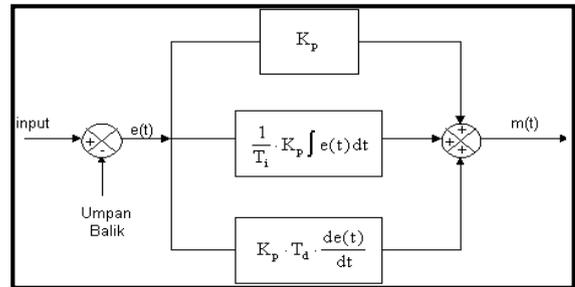
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan dalam persamaan (2) berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \quad (2)$$

Ti adalah waktu integral dan Td adalah waktu derivatif.[1]

Gambar 6. menunjukkan diagram blok kontroler PID.



Gambar 6. Diagram Blok Kontroler PID

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada skripsi ini. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan alat penyetem gitar dan perancangan rangkaian elektris. Sedangkan perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada Arduino 1.0.6.

A. Perancangan Alat

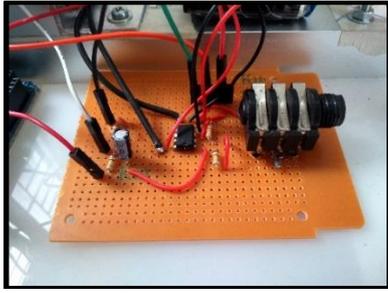
Konstruksi alat dapat dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Skema Konstruksi Alat

B. Perancangan Rangkaian Pre-Amplifier

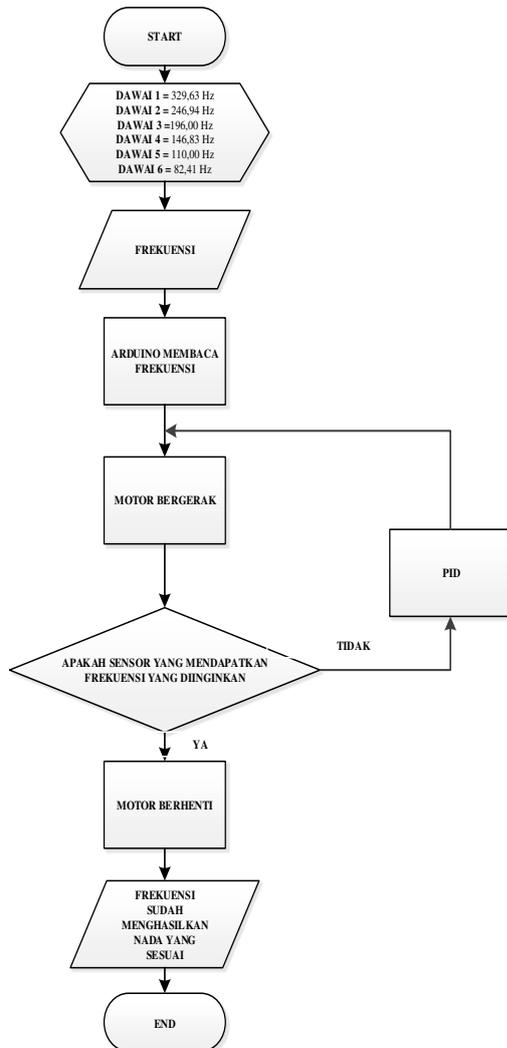
Rangkaian *pre-amplifier* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Rancangan *Pre-Amplifier*

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, perancangan perangkat lunak menggunakan program Arduino 1.0.6 dengan pencarian PID menggunakan metode *trial and error*. Yaitu dengan cara melihat respon motor servo saat Arduino membaca frekuensi suara dan motor servo bergerak berdasarkan frekuensi suara telah ditetapkan sebelumnya. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian maka didapatkan parameter PID yang paling baik yaitu $K_p = 1$, $K_i = 0,5$ dan $K_d = 0,1$. Kerangka perangkat lunak yang dibuat sesuai dengan *flowchart* dalam Gambar 8.



Gambar 9. *Flowchart* Perancangan Perangkat Lunak

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras yang berupa pengujian pendeteksi frekuensi suara,

pengujian motor DC servo, dan pengujian sistem keseluruhan.

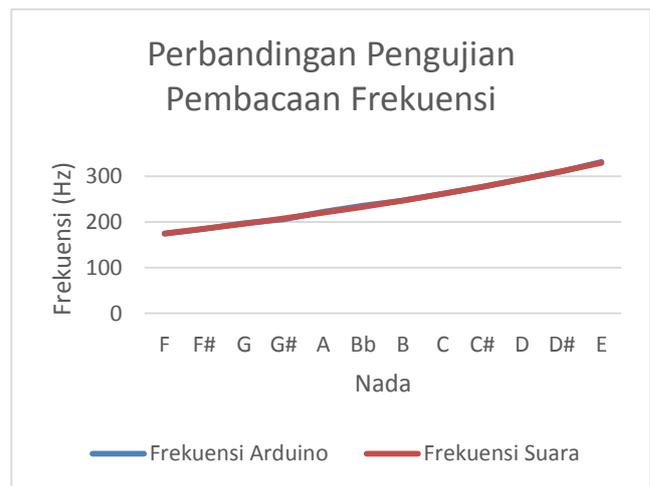
A. Pengujian Pendeteksi Frekuensi Suara

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan atau kinerja dari *Pre-Amplifier* TL082 dan Arduino Mega 2560 dalam mendeteksi frekuensi suara. Pengujian dilakukan pada dawai pertama yang telah distem secara manual dengan *tuner* elektronik. Kemudian melihat keluaran *serial monitor* pada Arduino.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pendeteksi Frekuensi

No.	Nada	Frekuensi Arduino (Hz)	Frekuensi Suara (Hz)
1	F	174,04	174,61
2	F#	184,91	185
3	G	197,24	196
4	G#	205,68	207,65
5	A	222,32	220
6	Bb	235,96	233,08
7	B	246,55	246,94
8	C	261,65	261,63
9	C#	276,71	277,18
10	D	293,6	293,66
11	D#	310,18	311,13
12	E	331,57	329,63

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Pre-Amplifier* TL082 dan Arduino Mega 2560 dapat melakukan pembacaan frekuensi suara dengan baik.



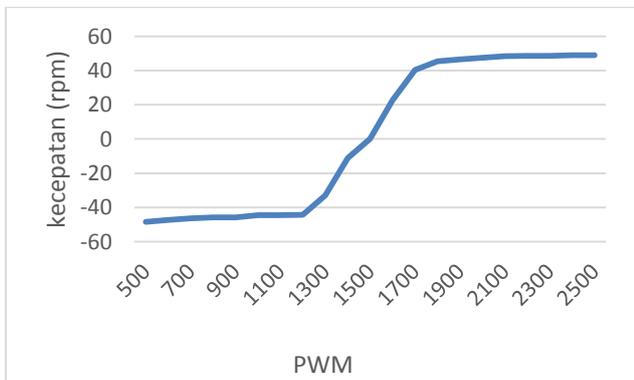
Gambar 10. Grafik Pembacaan Frekuensi Suara

B. Pengujian Motor Servo

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan pulsa *Pulse Width Modulation* (PWM) terhadap kecepatan putaran dan arah putaran pada motor servo. Hasil pengujian dapat dilihat dalam

Tabel 3. Hasil Pengujian Pulsa dengan arah putaran Motor Servo *Continuous*

No.	Pulsa (µs)	Arah Putaran	Kecepatan (rpm)
1	500	<i>Counter-clockwise</i>	-48,4
2	600	<i>Counter-clockwise</i>	-47,4
3	700	<i>Counter-clockwise</i>	-46,4
4	800	<i>Counter-clockwise</i>	-45,9
5	900	<i>Counter-clockwise</i>	-45,8
6	1000	<i>Counter-clockwise</i>	-44,6
7	1100	<i>Counter-clockwise</i>	-44,6
8	1200	<i>Counter-clockwise</i>	-44,4
9	1300	<i>Counter-clockwise</i>	-32,9
10	1400	<i>Counter-clockwise</i>	-11,2
11	1500	<i>Neutral</i>	0
12	1600	<i>Clockwise</i>	22,7
13	1700	<i>Clockwise</i>	40,4
14	1800	<i>Clockwise</i>	45,5
15	1900	<i>Clockwise</i>	46,5
16	2000	<i>Clockwise</i>	47,5
17	2100	<i>Clockwise</i>	48,4
18	2200	<i>Clockwise</i>	48,6
19	2300	<i>Clockwise</i>	48,6
20	2400	<i>Clockwise</i>	49
21	2500	<i>Clockwise</i>	49



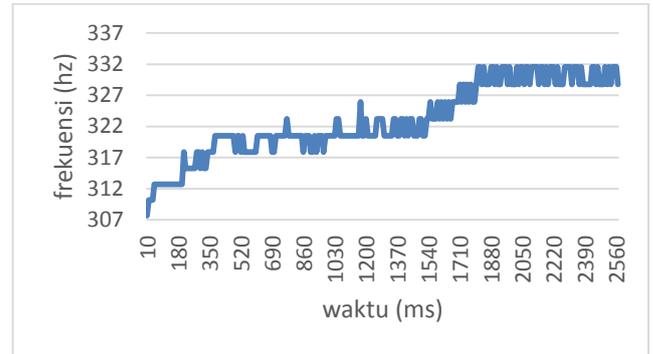
Gambar 11. Grafik Hubungan PWM terhadap Kecepatan Motor Servo

Berdasarkan grafik dalam Gambar 11, terlihat bahwa jika lebar pulsa PWM di atas 1,5 ms maka arah putaran servo searah jarum jam (CW). Jika lebar pulsa PWM di bawah 1,5 ms maka arah putaran servo berlawanan jarum jam (CCW). Berdasarkan tabel di atas juga terlihat bahwa jika lebar pulsa mendekati 1,5 ms maka kecepatan motor servo akan berkurang, dan jika lebar pulsa menjauh 1,5 ms maka kecepatan motor servo akan bertambah.

C. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian sistem kali ini dilakukan pengujian sebanyak 2 kali dengan melihat respon sistem. Yang pertama saat pada frekuensi suara dengan nilai 1/2 not

dibawah bawah titik nada E4 (329,6 Hz). Kemudian motor servo menggerakkan knop dawai sampai frekuensi suara mencapai titik nada E. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.

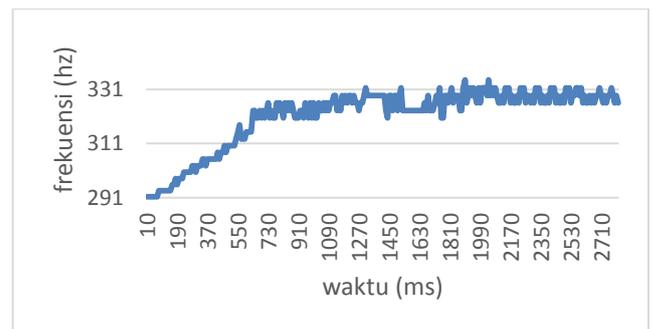


Gambar 11. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun masih terdapat *error* pada sistem:

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{71} \sum_{i=1}^N 0,11 \times 100\% \\ &= 1,39\% \end{aligned}$$

Pada pengujian sistem kali ini dilakukan pengujian sebanyak 2 kali dengan melihat respon sistem. Yang pertama saat pada frekuensi suara dengan nilai 1 not dibawah bawah titik nada E4 (329,6 Hz). Kemudian motor servo menggerakkan knop dawai sampai frekuensi suara mencapai titik nada E. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun masih terdapat *error* pada sistem:

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{73} \sum_{i=1}^N 0,06 \times 100\% \\ &= 1,37\% \end{aligned}$$

Dari pengujian keseluruhan di atas dapat diketahui bahwa terjadi lonjakan frekuensi pada setiap pengujian, hal

ini disebabkan oleh pembacaan frekuensi yang tidak akurat pada saat sampling data.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan, di mana motor servo dapat menggerakkan knop dawai sesuai dengan nada yang ditentukan melalui pendeteksian frekuensi. Dengan rata-rata %Ess kurang dari 2% dan *settling time* pada pengujian pertama sebesar 1850 ms dan 2100 ms pada pengujian kedua
2. Dengan menggunakan metode *hand tuning* untuk menentukan nilai parameter kontroler PID, maka didapatkan parameter yang terbaik yaitu $K_p = 1$, $K_i = 0,5$ dan $K_d = 0,1..$

B. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

- 1) Disarankan melakukan penelitian terhadap pendeteksian suara dengan keakuratan yang lebih tinggi.
- 2) Disarankan untuk menambahkan sensor *microphone* agar sistem dapat diterapkan pada gitar akustik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] French, Richard Mark. 2008. *Engineering the Guitar: Theory and Practice*. Springer. New York.
- [2] French, Richard Mark. 2012. *Technology of the Guitar*. Springer. New York
- [3] Edison, D., Martono, dan Chandra, R., 2010, Rekognisi Berbasis Audio dengan Pendekatan Alih Ragam Gelombang Singkat Diskrit. Jakarta: Universitas Bina Nusantara
- [4] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- [5] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- [6] Curtis D., Dohnson.1997.*Process Control Instrumentation Technology Fifth Edition*.New York:Prentice-Hall,Inc.