

**PENALA NADA GITAR BERSUARA
SEBAGAI ALAT BANTU BAGI TUNA NETRA**

SKRIPSI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**ACHMAD WAHYUDI
NIM. 0110630004**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007**

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Musik	4
2.2 Gitar	5
2.3 Rangkaian Pembanding	8
2.4 Filter <i>Low-Pass</i>	11
2.5 Mikrokontroler AT89C51	16
2.5.1 Konfigurasi PIN Mikrokontroler AT89C51	17
2.5.2 Peta Memori Mikrokontroler MCS-51	19
2.6 ISD 2560	20
2.6.1 Penyimpanan di EEPROM	23
2.6.3 Antarmuka Mikrokontroler	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Studi Literatur	24
3.2 Perencanaan dan Pembuatan Alat	24
3.3 Pengujian	25
3.4 Pengambilan Kesimpulan	25
BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	26
4.1 Perencanaan Sistem	26
4.2 Spesifikasi Alat	28
4.3 Perencanaan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	28
4.3.1 Perencanaan Rangkaian Penguat Awal	28
4.3.2 Perencanaan Rangkaian Filter Aktif <i>Low Pass</i>	31
4.3.3 Perencanaan Rangkaian Pembanding dengan Hysteresis	34
4.3.4 Mikrokontroler AT89C51	35
4.3.5 Pemutar/Perekam Suara ISD2560	38

4.4 Perencanaan Perangkat Lunak	40
4.4.1 Menghitung Periode 2 Gelombang	41
4.4.2 Pendefinisian Nada	43
4.4.2.1 Nilai Nada	43
4.4.2.2 Penyederhanaan Periode	45
4.4.2.3 Membandingkan Periode dengan Nilai Nada	48
4.4.3 Menampilkan Suara (Mengontrol ISD-2560).....	48
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	50
5.1 Pengujian Rangkaian Penguat Awal	50
5.2 Pengujian Rangkaian Filter Aktif <i>Low Pass</i>	53
5.3 Pengujian Rangkaian Pembanding dengan <i>Hysteresis</i>	55
5.4 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	56
5.5 Pengujian Penghitung Periode	58
5.6 Pengujian Pengolah Data dan Pemutar/Perekam Suara ISD-2560	61
5.7 Pengujian Seluruh Sistem	63
5.7.1 Pengujian Sistem dengan Generator Fungsi	63
5.7.1.1 Pengujian Penalaan Semua Nada untuk Semua Rentang Frekuensi.....	65
5.7.1.2 Pengujian Besar Penyimpangan Penalaan Nada dari Frekuensi Nada Sebenarnya	65
5.7.2 Pengujian Sistem dengan Input Suara Gitar dari Keyboard Casio CTK-481	66
5.7.3 Pengujian Sistem dengan Input Gitar Gillmore GA-01EQ.....	68
BAB VI KESIMPILAN DAN SARAN	71
6.1 Kesimpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN :	
Skema Rangkaian Alat Penala Nada Gitar Bersuara	L-1
Foto Alat dan Foto Rangkaian	L-2
Listing Program Penala Nada Gitar Bersuara	L-3
Tabel Hubungan Frekuensi dengan Nada	L-9
Tabel Koefisien untuk Filter Aktif Tschebyscheff	L-10
Datasheet LF-351	L-11
Datasheet LM-311	L-13
Datasheet AT89C51	L-15
Datasheet ISD2500	L-18

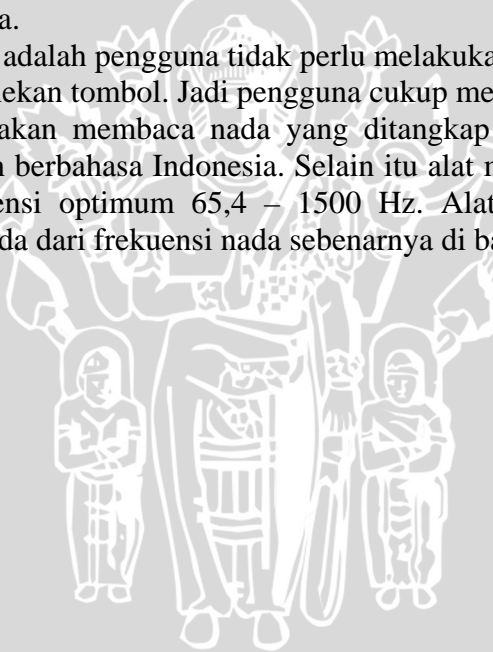
ABSTRAK

Achmad Wahyudi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2006, *Penala Nada Gitar Bersuara sebagai Alat Bantu bagi Tuna Netra*, Dosen Pembimbing : Ir.Nanang Sulistyanto dan Adharul M., ST.,MT.

Hal yang sulit bagi tuna netra untuk mengetahui apakah nada-nada yang dihasilkan sebuah gitar sudah sesuai dengan standar. Karena belum ada alat bantu yang ada sekarang ini banyak ditampilkan dalam bentuk visual dan sulit dioperasikan. Dan bila dilakukan dengan cara manual diperlukan pengalaman dan perasaan mendengar yang peka.

Suara gitar mempunyai jenis nada yang ditentukan oleh besar frekuensi dasarnya. Sehingga, dengan mengukur frekuensi dasar dari gelombang suara dari gitar bisa diperoleh pula jenis nadanya. Pada alat ini, pengambilan informasi yang berupa frekuensi dasar dilakukan dengan menggunakan rangkaian penguat awal dan komparator. Informasi tersebut selanjutnya bisa diolah oleh mikrokontroler untuk mencari jenis nadanya, sehingga secara tidak langsung diperoleh jenis nada dari suara gitar. Dan selanjutnya, mikrokontroler mengontrol piranti perekam/pemutar suara untuk menampilkan suara yang sesuai dengan nada yang telah terukur dalam bentuk suara ucapan berbahasa Indonesia.

Kelebihan dari alat ini adalah pengguna tidak perlu melakukan pengesetan pada alat atau tidak perlu menekan-nekan tombol. Jadi pengguna cukup memetik dawai pada gitar dan alat secara otomatis akan membaca nada yang ditangkap dan menampilkannya dalam bentuk suara ucapan berbahasa Indonesia. Selain itu alat mampu membaca input suara gitar dengan frekuensi optimum 65,4 – 1500 Hz. Alat ini juga mempunyai toleransi penyimpangan nada dari frekuensi nada sebenarnya di bawah 20%.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gitar merupakan alat musik melodik sekaligus ritmik yang paling umum digunakan oleh masyarakat karena harganya yang relatif terjangkau. Cukup dengan sebuah gitar seseorang bisa memainkan musik secara melodik maupun secara ritmik untuk menjadi pengiring lagu.

Sumber suara pada gitar adalah dawai yang biasanya terbuat dari bahan kawat *string* atau *nylon*. Saat dawai gitar dipetik maka terjadi getaran yang menyebabkan munculnya suara. Tinggi rendah suara yang dihasilkan gitar tergantung pada ketegangan dawai dan diameter dawai yang dipakai. Supaya menghasilkan nada yang tepat atau sesuai dengan standar, maka gitar harus diset (*tuning*) dengan mengatur ketegangan dawai.

Ada berbagai macam cara melakukan *tuning* pada gitar supaya menghasilkan nada-nada yang sesuai dengan standar. Salah satu cara melakukan *tuning* pada gitar adalah membandingkan suara dari garpu tala yang hanya menghasilkan satu nada tertentu dengan nada yang dihasilkan oleh gitar. Dan untuk melakukan *tuning* dengan cara tersebut cukup sulit karena diperlukan *feeling* yang peka, dan tidak semua orang bisa melakukannya.

Seiring dengan berkembangnya teknologi maka muncul alat-alat yang bisa digunakan sebagai penala nada gitar, sehingga seseorang bisa mengetahui nada dari suara yang dihasilkan gitar secara mudah tanpa harus membandingkan dengan suara garpu tala. Penala nada gitar adalah alat untuk mengetahui jenis nada dari suara gitar. Bila seseorang ingin mengetahui suara yang dihasilkan gitar sudah sesuai dengan standar atau belum, bisa memakai alat penala nada gitar tersebut. Namun alat yang ada, hasil dari penalaan nada hanya ditampilkan dalam bentuk visual (biasanya ditampilkan dengan LCD).

Di satu sisi, banyak saudara-saudara kita yang tidak bisa memanfaatkan kemudahan alat tersebut karena keterbatasan dalam indra penglihatan mereka. Selain mereka tidak bisa melihat tampilan dari LCD, mereka juga kesulitan dalam mengoperasikan alat tersebut. Contohnya pada Qwik Tune, Seiko ST-767, Seiko ST-777. Penala nada gitar tersebut memiliki 2 hingga 6 buah tombol untuk mengatur mode penalaan nada. Pada alat tersebut harus terlebih dahulu menentukan mode dan nada

yang akan di ukur yang sangat menyulitkan, karena pada saat pengoperasian alat tersebut juga dibutuhkan indra penglihatan yang semua petunjuk ditampilkan pada LCD. Untuk itu, bagi mereka yang kurang beruntung dalam hal indra penglihatan atau mereka yang kita kenal sebagai tuna netra sangat kesulitan dalam melakukan *tuning* gitar.

Sebagai solusi dari permasalahan di atas, maka muncul sebuah ide untuk membuat skripsi dengan judul “Penala Nada Gitar Bersuara sebagai Alat Bantu bagi Tuna Netra”. Sesuai dengan judulnya alat tersebut diharapkan bisa membantu tuna netra dalam melakukan *tuning* gitar. Alat tersebut nantinya bekerja secara otomatis, pengguna tidak perlu mengatur terlebih dahulu nada maupu tingkat oktaf yang akan diukur, yang akan menyulitkan dan memakan waktu. Pengguna cukup memetik dawai gitar yang hendak diukur dan secara otomatis alat akan menampilkan jenis nada yang terukur dalam bentuk ucapan berbahasa Indonesia.

Alat ini menggunakan IC ISD2560 dan mikrokontroler AT89C51 sebagai komponen utama. Secara *software* maupun *hardware* alat ini tentu berbeda dengan alat penala nada yang lain. Selain pada bagian tampilannya yang menggunakan ISD2560 dan *speaker* sebagai pengganti LCD, alat bisa mengenali suara gitar secara otomatis yang menyebabkan pengolahan data yang sangat berbeda. Dan terakhir, alat ini diharapkan menjadi alat penala nada gitar yang mudah digunakan dan bermanfaat bagi tuna netra.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas terdapat permasalahan, bagaimana membuat alat penala nada gitar, yang mempunyai spesifikasi: bisa mengukur nada dari suara gitar secara otomatis, hasil penalaannya ditampilkan dalam bentuk suara ucapan dan mudah digunakan oleh tuna netra.

1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan dan pembuatan skripsi ini perlu dilakukan pembatasan masalah. Pembatasan masalah yang diajukan dalam skripsi ini antara lain:

1. Hanya mengukur nada dari suara gitar yang dihasilkan lebih 1 buah dawai. Jadi tidak bisa mengukur nada dari suara yang dihasilkan lebih dari 1 dawai gitar secara bersamaan.
2. Panalaan diutamakan hanya untuk *pitch* dari nada-nada kromatik (12 nada).

3. Tidak membahas mengenai catu daya.
4. *Noise* yang ditimbulkan oleh lingkungan diabaikan, karena relatif kecil untuk mempengaruhi sistem.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah merealisasikan sebuah Penala Nada Gitar Bersuara, sebagai Alat Bantu bagi Tuna Netra dengan menggunakan komponen utama IC ISD2590 dan mikrokontroler AT89C51.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

- | | |
|---------|---|
| BAB I | Pendahuluan |
| | Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi pembahasan, dan sistematika pembahasan. |
| BAB II | Teori Penunjang |
| | Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat. |
| BAB III | Metodologi |
| | Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian. |
| BAB IV | Perencanaan dan Pembuatan Alat |
| | Perancangan dan perealisasiian Penala Nada Gitar Bersuara, sebagai Alat Bantu bagi Tuna Netra. Membahas tentang perencanaan dan pembuatan alat. |
| BAB V | Pengujian |
| | Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan. |
| BAB VI | Kesimpulan dan Saran |
| | Memuat kesimpulan dan saran-saran. |

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang diambil dari buku data komponen elektronika. Dan langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasiikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan berbagai pengetahuan yang dapat mendukung penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Karakteristik suara gitar.
2. Hubungan antara frekuensi dari gelombang suara yang dihasilkan gitar dengan tinggi nada dalam dunia musik.
3. Karakteristik mikrokontroler AT89C51.
4. Sistem elektronika pendukung sistem.
5. Perangkat lunak yang mengendalikan sistem

3.2. Perencanaan dan Pembuatan Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasiikan adalah sebagai berikut:

1. Sinyal audio dari gitar dari hasil pengujian diasumsikan berada dalam rentang frekuensi 20-2000 Hz.
2. Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler AT89C51 sebagai pusat pengolah data.
3. Output ditampilkan dalam bentuk suara (Bahasa Indonesia), menggunakan IC ISD2560 sebagai *device* pengolah suara.
4. Alat dapat menampilkan suara sesuai dengan *pitch* nada yang terukur.
5. Tombol pada alat seminimum mungkin, sehingga memudahkan bagi pengguna (tuna netra).

Selanjutnya dilakukan perhitungan dan perancangan tiap-tiap blok rangkaian dengan mengacu pada data-data dari buku data komponen elektronika. Dari data yang diperoleh, dilakukan berbagai analisa dan perhitungan untuk mencapai hasil optimal dari komponen yang digunakan. Selain itu agar sesuai dengan karakteristik masing-masing komponen yang meliputi kemampuan arus yang dilewatkan, catu tegangan, sinyal masukan, serta sinyal keluaran yang dihasilkan. Berbagai perlakuan di atas digunakan untuk dapat mendukung perancangan dan pembuatan keseluruhan sistem.

Proses perencanaan alat adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan blok diagram rangkaian.
2. Perencanaan rangkaian pada tiap-tiap blok dan melakukan perhitungan yang diperlukan dalam penyusunan rangkaian sehingga terbentuk skema rangkaian.
3. Desain dan pembuatan papan rangkaian tercetak.
4. Perakitan komponen pada papan rangkaian tercetak.
5. Pembuatan perangkat lunak.

3.3. Pengujian

Untuk mengetahui unjuk kerja piranti apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan memberi berbagai variasi masukan yang mungkin terjadi input pada rangkaian yang diuji. Sehingga bisa diperoleh informasi unjuk kerja dari rangkaian yang diuji.

3.4 Pengambilan Kesimpulan

Dari pengujian Alat Penala Nada Gitar Bersuara yang dilakukan, diperoleh hasil yang dapat dianalisis. Hasil analisis tersebut akan dijadikan dasar untuk menarik kesimpulan dari proses perancangan sistem ini. Sehingga bisa diperoleh kelebihan dan kelemahan keseluruhan dari alat yang telah dibuat.

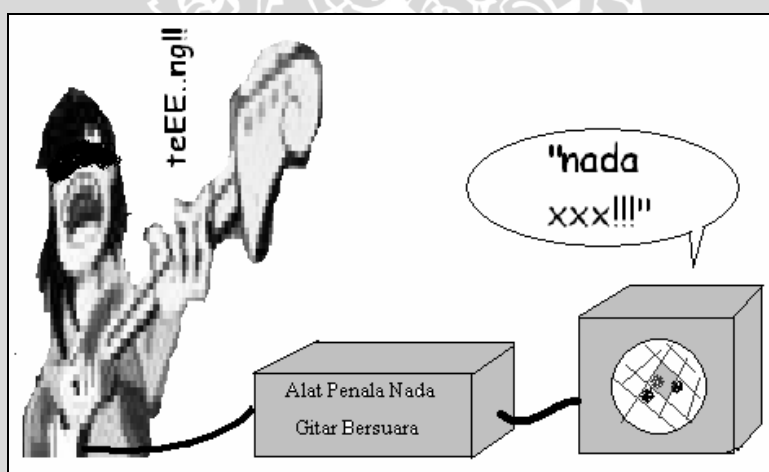
BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bagian ini membahas mengenai perencanaan dan pembuatan alat penala nada gitar bersuara sebagai alat bantu bagi penderita tuna netra. Pembahasan meliputi perencanaan sistem, perencanaan masing-masing blok rangkaian serta perencanaan rangkaian secara keseluruhan. Pembuatan sistem ini meliputi perencanaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

4.1 Perencanaan Sistem

Alat penala nada gitar bersuara ini bertujuan untuk mengetahui nada dari suara yang dihasilkan gitar, kemudian nada yang terukur ditampilkan dalam bentuk suara ucapan. Jadi alat dan penggunaan alat bisa diilustrasikan seperti dalam Gambar 4.1. Dengan ilustrasi tersebut pemakai alat cukup memetik dawai gitar yang ingin diketahui nadanya, kemudian alat akan menampilkan nada yang terukur oleh alat secara otomatis dengan bentuk suara ucapan.

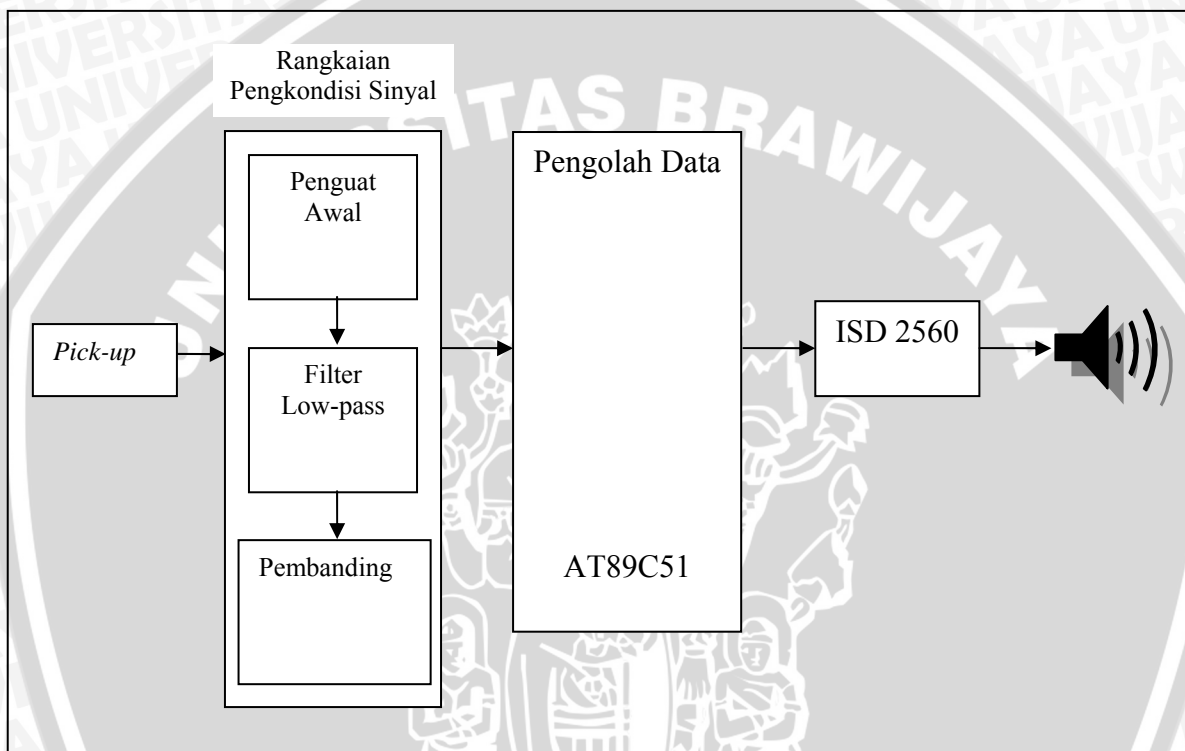


Gambar 4.1. Ilustrasi alat penala nada gitar bersuara

Untuk mengetahui nada dari suara gitar perlu mengetahui frekuensi atau periode dari suara tersebut. Periode satu gelombang adalah waktu yang diperlukan untuk menciptakan satu gelombang penuh. Sedangkan frekuensi adalah banyaknya gelombang yang tercipta dalam rentang waktu satu detik. Salah satu piranti yang sangat praktis untuk mengukur periode maupun frekuensi suatu gelombang adalah mikrokontroler AT89C51. Mikrokontroler AT89C51 merupakan piranti yang *programmable* dan didalamnya sudah terdapat *timer* dan *counter*, secara tidak langsung bisa dimanfaatkan

untuk mengetahui nada dari suara gitar, sekaligus juga bisa digunakan sebagai pengontrol kerja IC ISD2560 yang berfungsi menampilkan suara ucapan.

Supaya mikrokontroler dapat menentukan jenis nada dari suara gitar, maka gelombang suara perlu diubah dahulu menjadi gelombang kotak dengan frekuensi yang sama atau kelipatannya dengan level tegangan 0-5 volt. Gelombang kotak bisa dihasilkan dengan menguatkan gelombang suara gitar yang mempunyai level tegangan cukup lemah, kemudian dikonversi menjadi gelombang kotak dengan rangkaian pembanding.



Gambar 4.2. Blok Diagram Alat Penala Nada Gitar Bersuara

Berdasarkan uraian diatas akhirnya bisa disusun sebuah blok diagram sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Dalam perencanaan ini sinyal *audio* dari gitar yang sudah di ubah dalam bentuk sinyal elektrik oleh *pick-up* (disebut *V-in*), terlebih dahulu dikuatkan sebesar 250 kali. Kemudian sinyal *audio* yang telah dikuatkan disaring dengan rangkaian *low-pass filter* yang akan melewatkan sinyal dengan frekuensi dibawah 0-2000 Hz. Hasil dari penguatan akan masuk rangkaian pembanding. Dalam rangkaian pembanding sinyal diubah menjadi gelombang kotak dengan level tegangan 0-5 volt yang kemudian menjadi input (disebut *Vo-rps*) untuk pengolah data yaitu mikrokontroler AT89C51. Di dalam mikrokontroler akan terjadi proses, antara lain penghitungan periode dari *Vo-rps*, pendefinisian nada, dan pengontrolan ISD2560.

Input *Vo-rps* masuk melalui Pin3.3 dari mikrokontroler, untuk dilakukan penghitungan periode oleh *timer/counter0*. Kemudian oleh pengolah data periode tersebut didefinisikan untuk menunjukkan jenis nada. Dan terakhir pengolah data memerintahkan ISD2560 untuk menampilkan suara yang sudah didefinisikan tersebut dalam bentuk ucapan berbahasa Indonesia.

4.2 Spesifikasi Alat

Hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan perencanaan dan pembuatan alat adalah penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat. Adapun spesifikasi sistem yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Sinyal audio dari gitar dari hasil pengujian di asumsikan berada dalam rentang frekuensi 20-2000 Hz.
2. Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler AT89C51 sebagai pusat pengolah data.
3. Output ditampilkan dalam bentuk suara (Bahasa Indonesia), menggunakan IC ISD2560 sebagai piranti pengolah suara.
4. Alat dapat menampilkan suara sesuai dengan *pitch* nada yang terukur.
5. Alat dapat mendeteksi suara gitar secara otomatis.

4.3 Perencanaan Perangkat Keras (*Hardware*)

4.3.1 Perencanaan Rangkaian Penguat Awal

Rangkaian penguat awal ditunjukkan dalam Gambar 4.3. Kapasitor kopling C_1 digunakan untuk menahan agar sinyal DC tidak ikut diperkuat oleh rangkaian penguat awal. Karena besar reaktansi kapasitif X_{C_1} diberikan oleh

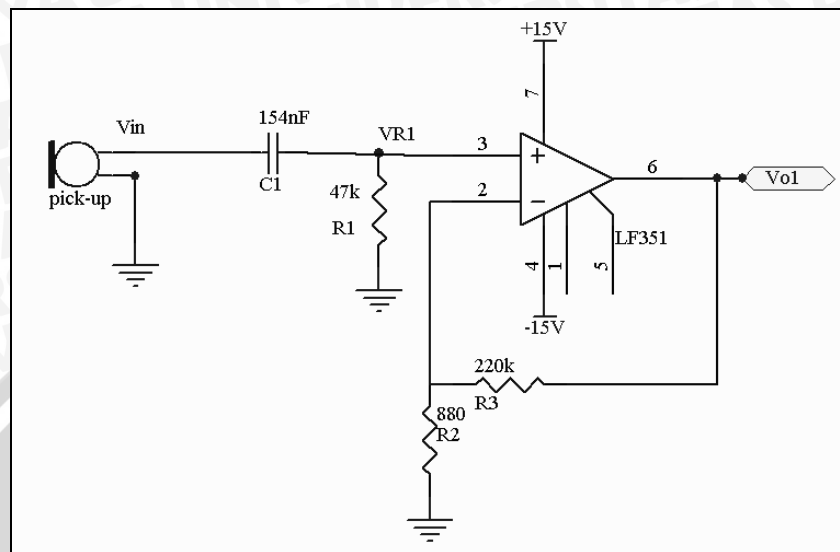
$$X_{C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_1} \quad (4-1)$$

Sehingga pada frekuensi sangat rendah, X_{C_1} mendekati tak terhingga dan pada frekuensi yang sangat tinggi, X_{C_1} mendekati nol.

Nada gitar paling rendah adalah nada E dengan frekuensi 82,4 Hz, namun ada juga musisi yang menggantikan dawai paling bawah yang bernada E tersebut menjadi bernada D dengan frekuensi 73,4 Hz. Dan pada alat ini ditentukan bahwa gelombang frekuensi suara terendah yang akan dibaca adalah nada C dengan frekuensi 65,4 Hz.

Dengan adanya kapasitor kopling tersebut bisa menyebabkan peredaman pada input yang berfrekuensi rendah. Maka besar nilai X_{C_1} harus cukup kecil agar tidak

terjadi peredaman yang berlebihan. Dan untuk frekuensi terendah 65,4 Hz, ditentukan peredaman tidak boleh lebih dari 10% (atau $V_{R1} = 0,9V_{in}$).



Gambar 4.3. Rangkaian Penguat Awal

Dari Gambar 4.3, bisa diperoleh hubungan V_{R1} dan V_{in} adalah

$$\frac{V_{R1}}{V_{in}} = \frac{Z_{R1} \cdot I_{R1}}{Z_{in} \cdot I_{in}}$$

karena $I_{R1} = I_{in}$, maka

$$\frac{V_{R1}}{V_{in}} = \frac{Z_{R1}}{Z_{in}}$$

$$\frac{V_{R1}}{V_{in}} = \frac{R_1}{R_1 + jX_{C1}}$$

Sehingga diketahui perbandingan amplitudo V_{R1}/V_{in}

$$\left| \frac{V_{R1}}{V_{in}} \right| = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}} \quad (4-2)$$

dan dengan memberikan $|V_{R1}/V_{in}|$ sebesar 0,9, maka bisa diperoleh nilai X_{C1} sebesar

$$0,9 = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2}}$$

$$0,9^2 = \frac{R_1^2}{R_1^2 + X_{C1}^2}$$

$$0,81X_{C1}^2 = R_1^2 - 0,81R_1^2$$

$$0,81X_{C1}^2 = 0,19.R_1^2$$

$$X_{C1} = 0,484.R_1$$

Kemudian ditentukan nilai R_1 sebesar 47 k Ω , dan diperoleh nilai maksimum X_{C1} sebesar

$$X_{C1} = 0,484.47k$$

$$X_{C1} = 22763,14$$

Dan akhirnya diperoleh minimum C_1 sebesar

$$C_1 = \frac{1}{2\pi.f.X_{C1}}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi.65,4.22763,14}$$

$$C_1 = 106,96nF$$

Dan pada perancangan ini dipakai C_1 sebesar 150 nF.

Pada penguat ini dipilih IC LF351 yang mempunyai rentang tegangan catu V_{cc}/V_{ee} fleksibel hingga ± 15 volt. Dan pada perancangan ini diharapkan juga bisa digunakan untuk tegangan catu minimum sebesar ± 5 volt, supaya lebih fleksibel pada penerapannya.

Pada bagian ini sinyal audio dari *pick-up* dikuatkan sebesar-besarnya untuk memperkecil pengaruh *noise* pada rangkaian selanjutnya. Namun besarnya penguatan tersebut juga dibatasi oleh besarnya tegangan catu yang sudah ditentukan diatas yaitu ± 5 volt. Karena sinyal audio dari *pick-up* terbesar adalah 20 mV, maka untuk mendapatkan output (V_{o1}) sebesar 5 volt, diperlukan penguatan sebesar

$$A = \frac{V_{o1}}{V_{R1}} \quad (4.3)$$

$$A = \frac{5V}{20mV}$$

$$A = 250$$

Pada penguat awal ini digunakan tipe penguat umpan-balik tegangan tak membalik. Dengan menggunakan penguat umpan-balik tipe ini bisa diperoleh impedansi masuk yang sangat besar (lebih besar dari impedansi masuk r_{in} yang dimiliki op amp yang dipakai), impedansi keluar yang sangat kecil (lebih kecil dari impedansi

keluar r_{out} yang dimiliki op amp yang dipakai), dan mempunyai besar penguatan yang konstan.

Dengan menentukan nilai $R_2 = 880 \Omega$ dan dengan menggunakan analisis *loop* tertutup, nilai resistor R_3 bisa diperoleh dengan perhitungan:

$$i_{R_3} = i_{R_2} \quad (4-4)$$

$$\frac{V_{O1} - V_{R_2}}{R_3} = \frac{V_{R_2}}{R_2} \quad (4-5)$$

$$\begin{aligned} V_{R_2} &= \frac{R_2}{R_3 + R_2} V_{O1} \\ &= B.V_{O1} \end{aligned} \quad (4-6)$$

Tegangan output, V_{O1} diperoleh dengan menggunakan persamaan *loop* terbuka:

$$\begin{aligned} V_{O1} &= A.(V_{R_1} - V_{R_2}) \\ &= A.(V_{R_1} - B.V_{O1}) \end{aligned} \quad (4-7)$$

$$\frac{V_{O1}}{V_{R_1}} = \frac{A}{1 + A.B} \quad (4-8)$$

Karena $A.B \gg 1$, maka

$$A = \frac{V_{O1}}{V_{R_1}} = \frac{1}{B} \quad (4-9)$$

$$A = 1 + \frac{R_3}{R_2} \quad (4-10)$$

$$R_3 = (A - 1).R_2$$

$$\begin{aligned} R_3 &= (250 - 1).880 \\ &= 219,120 \Omega \end{aligned}$$

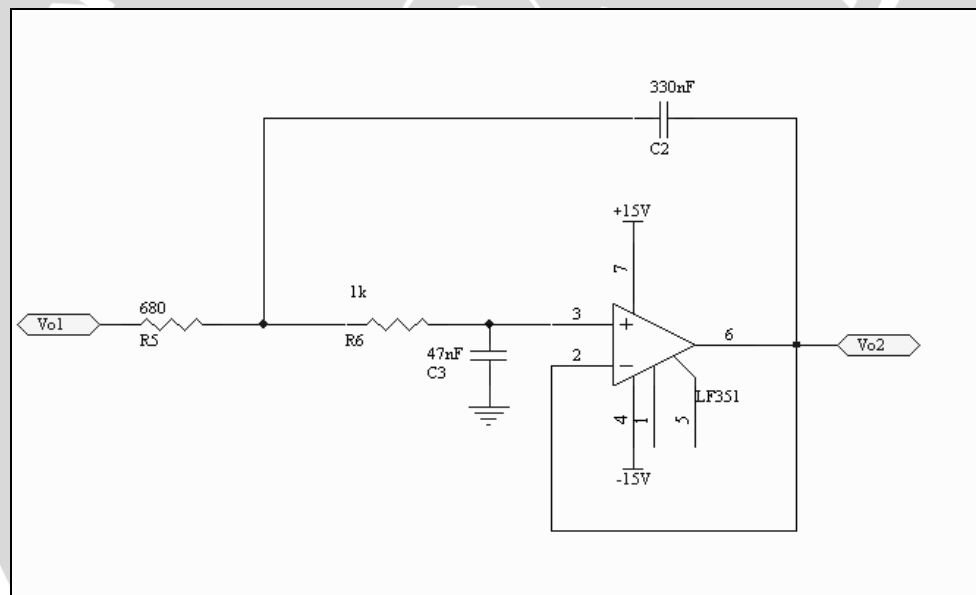
Berdasarkan komponen standar, maka dipilih nilai komponen yang paling mendekati. Dan akhirnya diperoleh $R_3 = 220 \text{ k}\Omega$. Dengan memberikan $R_3 = 220 \text{ k}\Omega$ menyebabkan penguatan berubah menjadi 251. Dengan penguatan sebesar 251 bisa menyebabkan terpotongnya gelombang suara dari gitar, namun tidak berakibat fatal pada sistem.

4.3.2 Perencanaan Rangkaian Filter Aktif *Low Pass*

Diketahui bahwa frekuensi tertinggi yang dihasilkan dari gitar berkisar 1500 Hz. Untuk itu dalam perencanaan ini frekuensi di atas 2000 Hz dianggap sebagai *noise* yang

perlu diredam. Untuk melewati sinyal di bawah frekuensi 2000 Hz digunakan filter aktif *low pass*. Dan ditetapkan frekuensi *cut-off* berada di sekitar frekuensi 2000 Hz.

Dengan menggunakan sebuah Op-amp LF351, bisa dirancang sebuah filter aktif *low-pass* orde dua, yang mempunyai ketajaman transisi dari *passband* ke *stopband* lebih baik dibanding orde satu. Masih mengacu pada ketajaman transisi *passband* ke *stopband* dengan orde yang sama, perlu juga dipilih jenis filter yang mempunyai ketajaman transisi paling tinggi, yaitu filter jenis Tschebyscheff. Meskipun pada filter ini terdapat *ripple* pada *passband*, hal itu tidak berpengaruh pada alat ini, karena tidak diperlukannya penguatan yang flat pada *passband*. Dari uraian tersebut dipilihlah filter aktif *low pass* Tschebyscheff orde dua untuk perencanaan alat ini. Kemudian, karena pada rangkain ini tidak diperlukan adanya penguatan dan faktor kualitas yang besar, maka dipakai filter *low-pass* dengan topologi *Sallen-Key*. Selain itu topologi ini juga lebih sedikit digunakan komponen resistor.



Gambar 4.4. Rangkaian filter aktif *low pass* orde dua

Rangkaian filter aktif *low pass* orde dua ditunjukkan dalam Gambar 4.4. Jadi bila $C_3 = 47 \text{ nF}$, koefisien $a_1 = 1,065$ dan koefisien $b_1 = 1,9305$ (Lampiran: Tabel Koefisien untuk Filter aktif Tschebyscheff untuk *3-dB passband ripple*), maka dengan menggunakan Persamaan (2-26) nilai C_2 bisa ditentukan sebagai berikut:

$$C_2 \geq \frac{4 \cdot b_1 \cdot C_3}{a_1^2} \quad (4-11)$$

$$C_2 \geq \frac{4 \cdot 1,9305 \cdot 47 \cdot 10^{-9}}{1,065^2}$$

$$C_2 \geq 189,81 \text{ nf}$$

$$C_2 = 330 \text{ nF}$$

Selanjutnya dengan menerapkan Persamaan (2-25) pada rangkaian yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4, nilai resistor R_5 dan R_6 adalah:

$$R_{5,6} = \frac{1,065 \cdot 330 \cdot 10^{-9} \mp \sqrt{1,065^2 (330 \cdot 10^{-9})^2 - 4 \cdot 1,9305 \cdot 47 \cdot 10^{-9} \cdot 330 \cdot 10^{-9}}}{4 \cdot \pi \cdot 2000 \cdot 47 \cdot 10^{-9} \cdot 330 \cdot 10^{-9}}$$

$$R_5 = \frac{355,71 \cdot 10^{-9} - \sqrt{5309,65 \cdot 10^{-18}}}{0,39 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 725,231 \Omega \approx 680 \Omega$$

$$R_6 = \frac{355,71 \cdot 10^{-9} + \sqrt{5309,65 \cdot 10^{-18}}}{0,39 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 1098,92 \Omega \approx 1 \text{ k}\Omega$$

Dan berdasarkan komponen standar, maka dipilih nilai komponen yang paling mendekati. Dan akhirnya diperoleh R_5 sebesar 680Ω dan R_6 sebesar $1 \text{ k}\Omega$.



Gambar 4.5. Tanggapan frekuensi Rangkaian Filter aktif *low pass* orde dua

Dengan memberikan komponen R_5 sebesar 680Ω dan R_6 sebesar $1 \text{ k}\Omega$ menyebabkan pergeseran pada frekuensi *cut-off* dari filter. Dengan menerapkan Persamaan (2-22) berikut

$$A(s) = \frac{1}{1 + \omega_c \cdot C_1 \cdot (R_2 + R_1) \cdot s + \omega_c^2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot C_2 \cdot C_1 \cdot s^2}$$

bisa didapatkan penguatan / A /

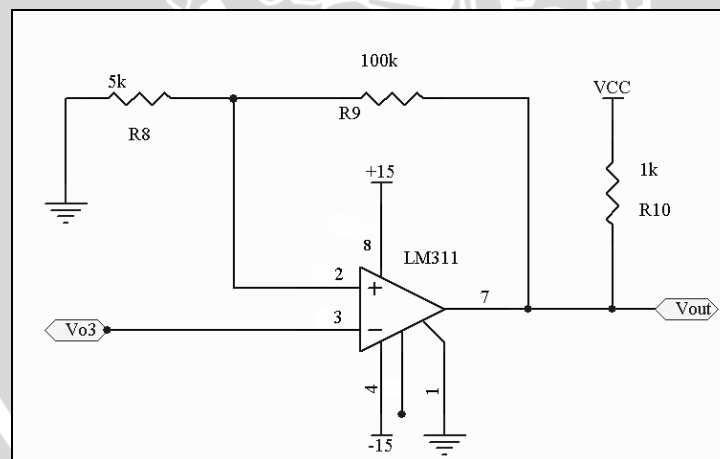
$$|A| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega_c^2 \cdot R_5 \cdot R_6 \cdot C_3 \cdot C_2)^2 + (\omega_c \cdot C_3 \cdot (R_5 + R_6))^2}}$$

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{(1 - 0,0000004159 \cdot f^2)^2 + (0,0004958688 \cdot f)^2}}$$

Dan akhirnya diperoleh tanggapan frekuensi dan seberapa jauh pergeseran frekuensi *cut-off* dari filter. Tanggapan frekuensi filter aktif *low-pass* ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Tampak pada gambar tersebut frekuensi diatas 2000 Hz mulai diredam, dengan frekuensi *cut-off* berada disekitar 2180 Hz.

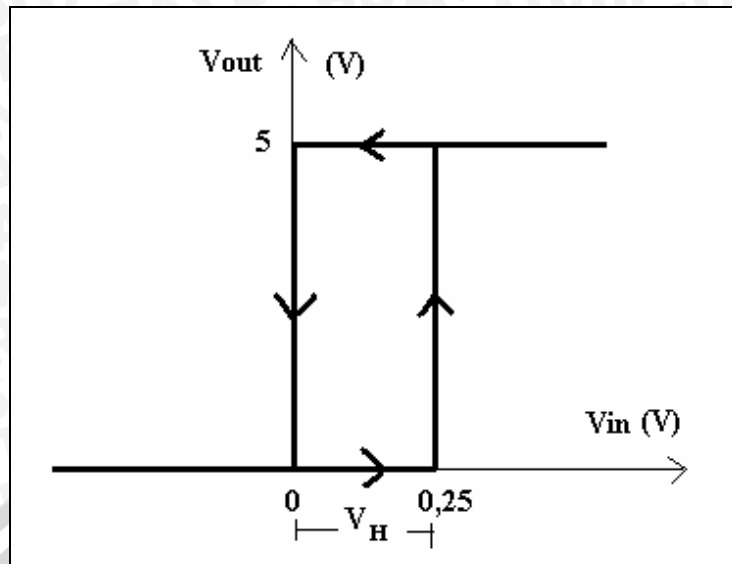
4.3.3 Perencanaan Rangkaian Pembanding dengan *Hysteresis*

Rangkaian pembanding dengan *hysteresis* digunakan untuk mengubah gelombang suara gitar yang telah difilter menjadi gelombang kotak dengan level tegangan 0-5 volt, sehingga bisa diproses oleh sistem pengolah data. Gambar 4.6 menunjukkan rangkaian pembanding dengan *hysteresis* yang akan digunakan pada alat ini.



Gambar 4.6. Rangkaian pembanding dengan *hysteresis*

Rangkaian pembanding dengan *hysteresis*, yang memproses keluaran dari filter aktif *low pass*, diinginkan mempunyai respon seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.7 dengan tegangan *hysteresis* sebesar 0,25 volt. Dengan memberi tegangan *hysteresis* yang besar diharapkan *noise* suara dari luar yang tidak teredam oleh filter *low-pass* karena berada pada frekuensi yang sama dengan gitar, menjadi hilang pada proses ini.



Gambar 4.7. Respon rangkaian pembanding dengan *hysteresis*

Untuk rangkaian pembanding dengan *hysteresis* dengan tegangan *hysteresis* $V_H = 0.25$ volt. Nilai perbandingan resistor R_8 dan R_9 bisa didapat dengan menggunakan Persamaan (2-3):

$$n = \frac{+V_{sat} - (-V_{sat})}{V_H} \quad (4-12)$$

$$= \frac{+5V - (-0V)}{0,25V}$$

$$= 20$$

Apabila dipilih nilai $R_9 = 100 \text{ k}\Omega$, maka nilai R_8 adalah:

$$R_8 = \frac{100 \text{ k}\Omega}{20}$$

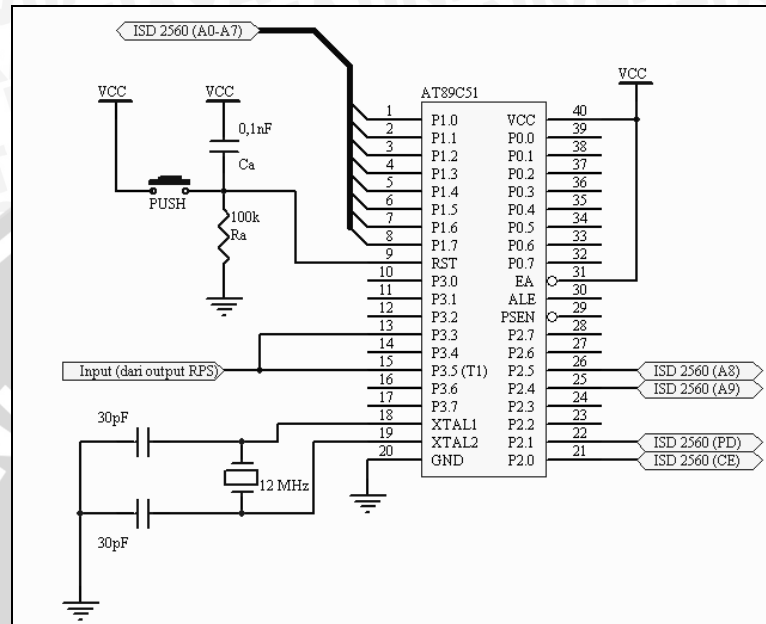
$$R_8 = 5 \text{ k}\Omega$$

4.3.4 Mikrokontroler AT89C51

Dalam bagian ini akan terjadi proses paling penting dari keseluruhan sistem. Mikrokontroler AT89C51 menjadi pilihan pada bagian ini, karena mempunyai kecepatan eksekusi instruksi yang cukup tinggi, terdapat 2 buah *timer/counter* yang sangat dibutuhkan dalam perancangan alat ini, dan mempunyai pin I/O yang cukup untuk mengontrol IC ISD2560 sebagai pembangkit ucapan. Selain itu memori program sebesar 4 Kbyte, cukup untuk menyimpan program pada alat ini.

Sistem mikrokontroler AT89C51 ini berfungsi sebagai pengatur aliran data dan sinyal-sinyal kontrol. Port-port mikrokontroler digunakan sebagai jalur data, jalur alamat dan sinyal-sinyal kontrol. Mikrokontroler ini menggunakan mode *single chip*

operation, sehingga tidak memerlukan *external memory* untuk menyimpan perangkat lunak. Gambar 4.8 menunjukkan rangkaian mikrokontroler AT89C51 yang akan diantarmukakan ke rangkaian pengkondisi sinyal dan ISD. Dengan menambahkan beberapa komponen pendukung diperoleh sebuah sistem minimum yang sudah bisa menjadi pengolah data pada rancangan alat ini.



Gambar 4.8. Rangkaian AT89C51

Sesuai data *sheet*, untuk membuat sistem mikrokontroler ini bekerja dibutuhkan sedikit komponen tambahan. Kristal dengan frekuensi 12 MHz serta dua buah kapasitor 30 pF digunakan untuk menggerakkan osilator internal.

Pada mikrokontroler juga perlu ditambahkan rangkaian *power-on reset*, yang mereset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dinyalakan (mikrokontroler akan mereset *program counter* sehingga perintah program yang dieksekusi dimulai pada alamat 0000h). Untuk mereset mikrokontroler, pin reset (*RST*) pada AT89C51 harus diberi logika tinggi selama minimal 2 siklus mesin. Karena menggunakan kristal dengan frekuensi 12 MHz maka diperlukan waktu minimal 2 mikrodetik.

Berdasarkan Gambar 4.8, didapatkan persamaan untuk rangkaian reset:

$$V_{CC} = V_R + V_C$$

$$V_{CC}(t) = i(t)R + \frac{1}{C} \int i(t)dt \quad (4-13)$$

Dengan menggunakan transformasi Laplace diperoleh persamaan:

$$\frac{V_{CC}(s)}{s} = I(s).R + \frac{1}{C} \left(\frac{I(s)}{s} \right)$$

$$I(s) = \left(\frac{1}{s + 1/RC} \right) \cdot \frac{V_{CC}(s)}{R} \quad (4-14)$$

Dengan transformasi balik, didapatkan persamaan $i(t)$ sebagai berikut:

$$i(t) = \left(\frac{V_{cc}(t)}{R} \right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4-15)$$

Dari persamaan arus diatas, besarnya V_o pada masukan kaki reset dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_o = V_{CC} - V_R$$

$$= V_{CC} - R \cdot \left(\frac{V_{cc}(t)}{R} \right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4-16)$$

$$= V_{CC} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Dengan menggunakan Persamaan (4-16), maka nilai t dapat ditentukan:

$$t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{V_o}{V_{cc}} \right)} \right)$$

Dengan menentukan $C_a = 100$ nF dan $R_a = 100$ k Ω dan diketahui tegangan output sebesar 0,7 Vcc atau 3,5 volt, maka besar t adalah

$$t = 100 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{3,5}{5}} \right)$$

$$t = 12,039 \text{ mS}$$

Sehingga diperoleh waktu tunda sebesar 12,039 mS yang cukup untuk me-reset mikrokontroler.

Untuk mempermudah pembuatan jalur-jalur PCB, maka dalam sistem mikrokontroler ini direncanakan penggunaan port yang tersedia sebagai berikut:

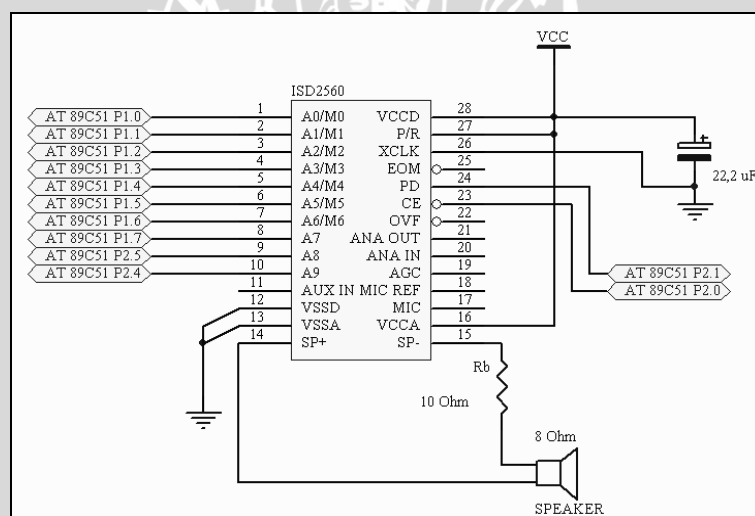
1. Port 1, port 2.4 dan port 2.5 sebagai jalur alamat untuk ISD2560.
2. Port 3.3 digunakan sebagai input dari output rangkaian pengkonsisi sinyal (berfungsi sebagai *detektor* adanya suara gitar).

3. Port 2.0 dan port 2.1 berfungsi untuk mengatur kerja ISD2560 yaitu *chip enable* dan PD.

4.3.4 Pemutar/Perekam Suara ISD2560

Dalam bagian ini diperlukan suatu piranti yang bisa menyimpan suara ucapan dalam bentuk Bahasa Indonesia dengan durasi minimal sebesar 47,952 detik. Maka dipilihlah ISD2560 yang mempunyai durasi maksimum penyimpanan suara selama 60 detik.

Pemutar/perekam suara ISD2560 ini kompatibel dengan keluarga MCS-51, sehingga mudah untuk dihubungkan dengan mikrokontroler yang digunakan yaitu AT89C51. Alasan penggunaan pemutar/perekam suara ISD2560 adalah karena pemutar/perekam suara ini memiliki kapasitas yang cukup untuk merekam suara yang diperlukan yaitu 60 detik yang terbagi menjadi 600 ruang alamat. Sebagai penyimpan rekaman suara, pin-pin ISD2560 dihubungkan pada rangkaian mikrokontroler membentuk suatu sistem minimum seperti dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Rangkaian ISD2560

Pemutar/perekam suara mempunyai 10 jalur alamat dan 3 buah pin kontrol. Pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

A0-A9 : Alamat ISD yang dihubungkan ke mikrokontroler AT89C51 port 1 dan port 2.4 – 2.5.

CE dan PD : digunakan untuk mengaktifkan ISD2560 dan dihubungkan ke port 2.0 dan port 2.1.

Tabel 4.1 Pemilihan alamat untuk merekam suara ke dalam ISD2560

No.	Suara yang direkam	Pengucapan suara	Durasi ucapan	Alamat (Desimal)	Alamat (Heksadesimal)
-----	--------------------	------------------	---------------	------------------	-----------------------

			(Detik)		
1	Nada C	Nada Ce	1,343	0	000 _H
2	Nada D	Nada De	1,343	15	00F _H
3	Nada E	Nada E	1,343	30	01E _H
4	Nada F	Nada eF	1,343	45	02D _H
5	Nada G	Nada Ge	1,343	60	03C _H
6	Nada A	Nada A	1,343	75	048 _H
7	Nada B	Nada Be	1,343	90	05A _H
8	Nada Db	Nada De-mol	1,927	105	069 _H
9	Nada Eb	Nada E-mol	1,927	125	07D _H
10	Nada Gb	Nada Ge-mol	1,927	145	091 _H
11	Nada Ab	Nada A-mol	1,927	165	0A5 _H
12	Nada Bb	Nada Be-mol	1,927	185	0B9 _H
13	Di bawah nada C	Di bawah nada Ce	2,133	205	0CD _H
14	Di bawah nada D	Di bawah nada De	2,133	230	0E6 _H
15	Di bawah nada E	Di bawah nada E	2,133	255	0FF _H
16	Di bawah nada F	Di bawah nada eF	2,133	280	118 _H
17	Di bawah nada G	Di bawah nada Ge	2,133	305	131 _H
18	Di bawah nada A	Di bawah nada A	2,133	330	14A _H
19	Di bawah nada B	Di bawah nada Be	2,133	355	163 _H
20	Di bawah nada Db	Di bawah nada De-mol	2,797	380	17C _H
21	Di bawah nada Eb	Di bawah nada E-mol	2,797	410	19A _H
22	Di bawah nada Gb	Di bawah nada Ge-mol	2,797	440	1B8 _H
23	Di bawah nada Ab	Di bawah nada A-mol	2,797	470	1D6 _H
24	Di bawah nada Bb	Di bawah nada Be-mol	2,797	500	1F4 _H
	Total durasi		47,952		

Pada pembuatan skripsi ini, pemutar/perekam suara ISD2560 memiliki durasi waktu 60 detik yang terbagi menjadi 600 ruang alamat (alamat 000 H sampai dengan alamat 257 H) sehingga tiap detik membutuhkan 10 ruang alamat. Adapun pemilihan alamat untuk merekam suara dalam ISD2560 ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Suara ucapan yang direkam ada 24 ucapan, yang kesemuanya sudah cukup untuk merepresentasikan semua nada yang ada.

Suara ucapan yang disimpan dalam ISD2560, seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Baris 1 sampai dengan 12 merupakan jenis-jenis nada yang akan ditampilkan bila

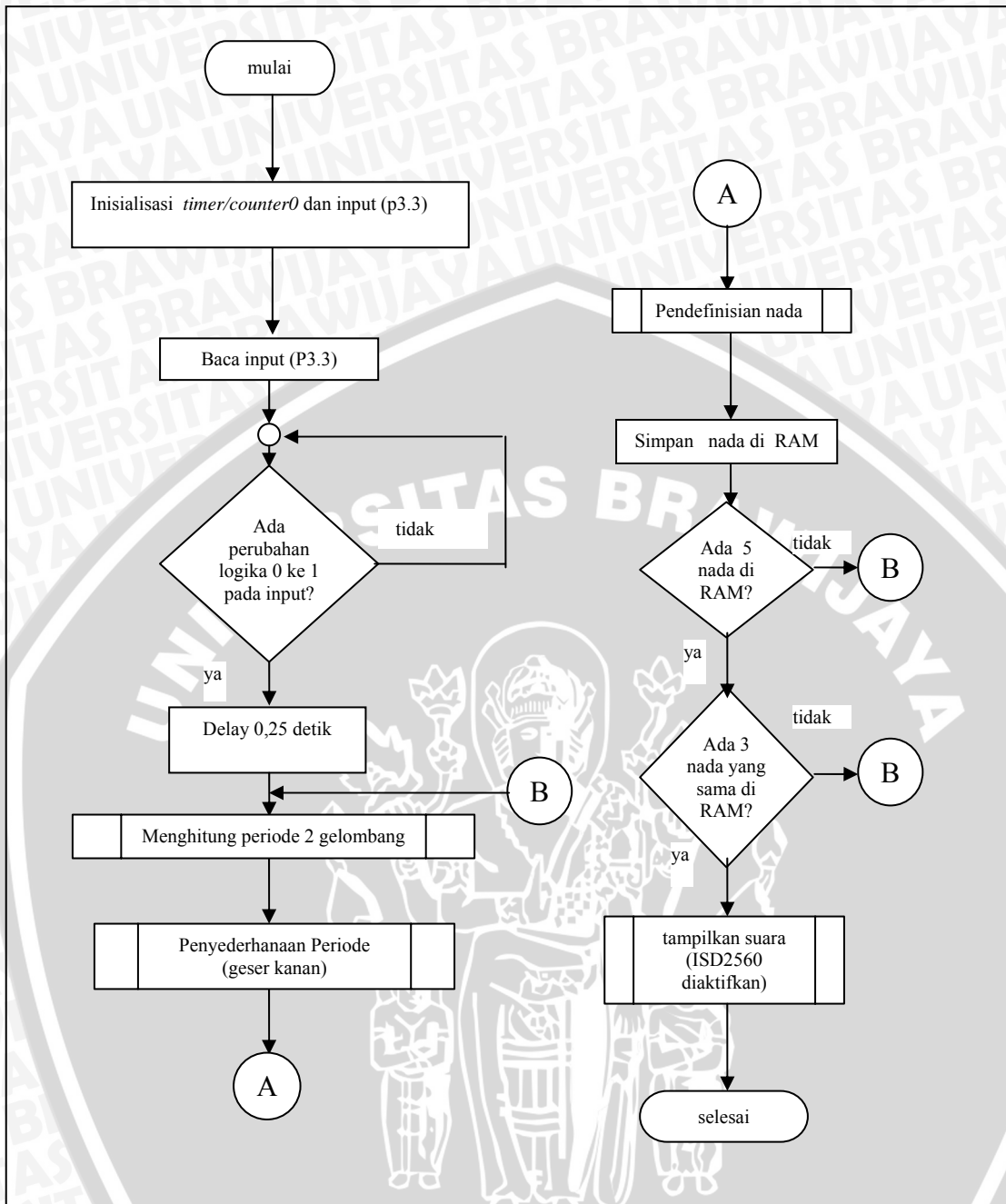
suara gitar berada pada tepat pada nada tertentu. Bila suara gitar berada di bawah nada yang bersangkutan maka akan ditampilkan suara ucapan seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.1, baris 13 sampai dengan baris 24.

Untuk menentukan alamat-alamat yang akan menyimpan suara dalam ISD2560, maka durasi ucapan perlu diukur. Dan dari pengukuran, panjang durasi ucapan diperoleh dan ditunjukkan dalam kolom durasi ucapan Tabel 4.1. Untuk ucapan yang berdurasi 1,343 detik diberikan ruang selebar 1,5 detik yang memberikan rentang alamat selebar 15 alamat. Ruang penyimpanan suara yang melebihi durasi ucapan bertujuan untuk menghindari penumpukan suara. Kemudian untuk ucapan yang berdurasi 1,927 diberikan rentang alamat 20 alamat, untuk ucapan berdurasi 2,133 diberikan rentang alamat 25 alamat dan untuk ucapan berdurasi 2,797 detik diberikan rentang alamat 30 alamat. Sehingga diperoleh alamat-alamat untuk setiap ucapan yang tersimpan dalam ISD2560 seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

4.4 Perencanaan Perangkat Lunak

Untuk menentukan nada dari suara gitar, pada perencanaan alat ini didasarkan pada periode yang diperlukan untuk membuat dua buah gelombang kotak. Pemilihan ini dikarenakan kemampuan AT89C51 yang mampu menghitung periode sebuah gelombang hingga orde mikrodetik. Dan diketahui dari Bab 2, bahwa suara tertinggi yang dihasilkan gitar tidak lebih dari 1500 Hz. Seandainya ada suara gitar berfrekuensi 1500 Hz menjadi input pada alat ini, maka pada output rangkaian pembanding bisa terdapat gelombang kotak dengan frekuensi 3000 Hz atau mempunyai periode sebesar 250 μ s. Sehingga untuk dua buah gelombang kotak mempunyai periode 500 μ s. Periode sebesar 500 μ s merupakan periode terkecil yang mungkin, dan periode tersebut sangat masih bisa diatasi oleh AT89C51.

Diagram alir dari perangkat lunak alat penala nada bersuara ini ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Sebelum melakukan penghitungan periode gelombang kotak, pendefinisian nada, dan mengontrol kerja ISD2560, tugas pertama yang harus dilakukan oleh AT89C51 adalah mendeteksi ada atau tidak gelombang kotak dari output *Vo-rps* oleh pin3.3. Bila pin3.3 dari AT89C51 mendeteksi adanya perubahan tegangan dari 5 volt menjadi 0 volt, berarti dideteksi adanya gelombang kotak.



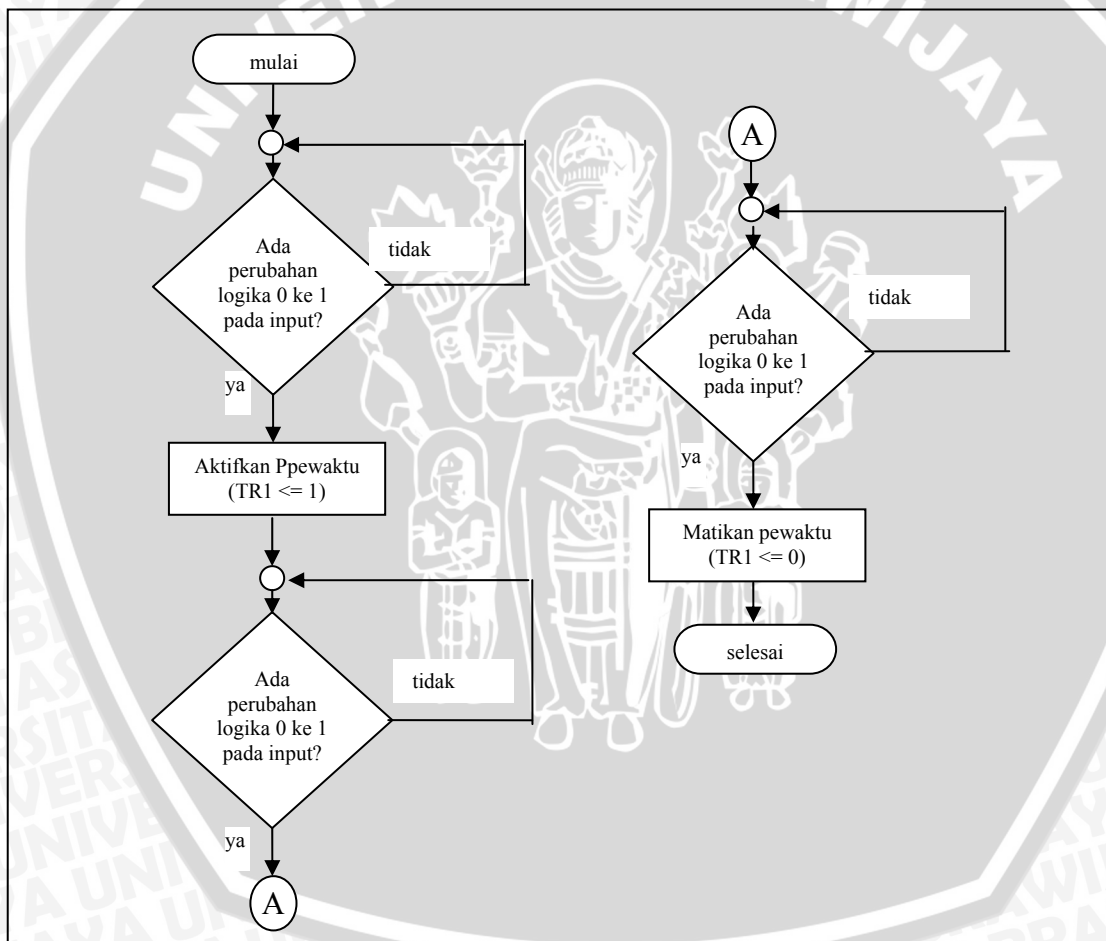
Gambar 4.10. Diagram alir perangkat lunak penala nada gitar bersuara

4.4.1 Menghitung Periode 2 Gelombang

Tugas AT89C51 selanjutnya adalah menghitung periode dari 2 gelombang kotak yang dihasilkan *Vo-rps*. Diperlukan penghitungan dua gelombang kotak disebabkan keluaran rangkaian pengkondisi sinyal terkadang mempunyai gelombang dengan frekuensi 2 kali frekuensi gelombang input dari gitar. Sehingga untuk memperoleh periode yang sama dengan periode gelombang gitar perlu dihitung periode 2 gelombang kotak. Meskipun tidak terjadi penggandaan frekuensi pada keluaran rangkaian

pengkondisi sinyal, penghitungan periode 2 gelombang kotak juga akan menghasilkan jenis nada yang sama.

Sesaat setelah dideteksi adanya gelombang kotak oleh pin3.3 dengan mendeteksi adanya perubahan logika dari 1 menjadi 0, *timer/counter0* segera diaktifkan sebagai pewaktu 16 bit. Perhatikan diagram alir dari sub rutin menghitung periode yang ditunjukkan dalam Gambar 4.11. *Timer/counter0* bekerja menghitung periode gelombang kotak. Begitu pin3.3 mendeteksi adanya perubahan logika gelombang kotak sebanyak 2 kali, *timer/counter0* segera dimatikan. Sehingga diperoleh periode 2 buah gelombang kotak dalam orde mikrodetik yang tersimpan dalam register *timer/counter0* (TL0 dan TH0).



Gambar 4.11. Sub rutin menghitung periode 2 gelombang

Frekuensi gelombang kotak terendah yang mungkin terjadi adalah 65,4 Hz atau mempunyai periode 0.03 detik setiap dua gelombang. Bila AT89C51 menggunakan krystal 12 MHz, maka dengan memanfaatkan pewaktu 16 bit bisa menghitung lebar

gelombang sampai 0,065535 detik. Itu juga sebuah alasan mengapa timer pada AT89C51 bisa dimanfaatkan pada perancangan alat ini.

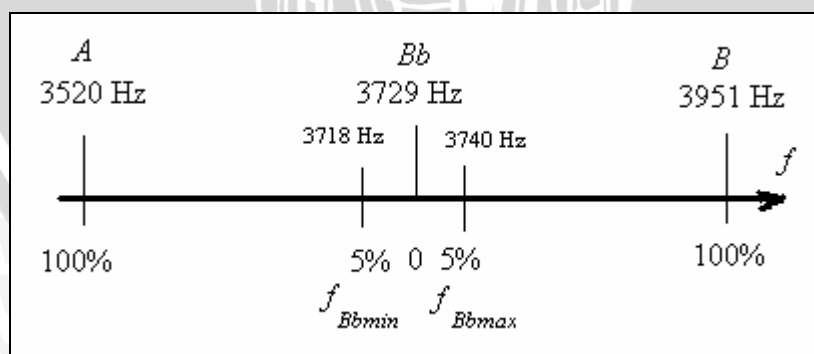
4.4.2 Pendefinisian nada

Dalam proses pendefinisian nada, hasil penghitungan periode gelombang kotak oleh *timer/counter0* perlu digeser kekanan (dibagi 2 terus menerus) hingga tersisa 9 bit. Kemudian data 9 bit tersebut dibandingkan dengan konstanta-konstanta acuan, yang dalam perancangan alat ini disebut nilai nada. Nilai-nilai nada ditunjukkan dalam Tabel 4.2, dan proses penentuan nilai nada dijelaskan dalam sub-bab selanjutnya.

Sebagai contoh, bila diperoleh periode sebesar 8549 μs (113 Hz), sehingga pada register *timer* terdapat nilai 0010-0010-1001-0001. Maka periode akan dibagi dua secara terus menerus (digeser kekanan) sampai tersisa data 9 bit yaitu 1-0001-0100. Kemudian data 9 bit tersebut dibandingkan dengan nilai nada pada Tabel 4.2, sehingga diketahui bahwa data tersebut berada diantara nada A dan Bb. Berarti suara yang dihasilkan gitar berada dibawah nada Bb.

4.4.2.1 Nilai nada

Sudah diketahui, bahwa suatu nada berperiode T dengan nada berperiode kelipatannya ($2T, 4T, 8T$ dan seterusnya), adalah nada yang sama. Jadi dalam pendefinisian nada, cukup ditentukan periode dari 12 macam nada tertinggi yang mungkin. Sudah dijelaskan diatas bahwa frekuensi gelombang kotak yang mungkin terjadi adalah 3000Hz. Maka nada-nada pada tingkat oktaf-7 yang berkisar 3000 Hz bisa dijadikan sebagai acuan.



Gambar 4.12. Penentuan toleransi besar penyimpangan dari nada Bb.

Dalam melakukan tuning gitar bukan hal yang mudah untuk mendapatkan suara yang benar-benar tepat dengan nada yang diinginkan. Maka sangat perlu adanya

toleransi penyimpangan dari frekuensi nada sebenarnya. Pada alat ini ditentukan besar toleransi penyimpangannya adalah 5 %.

Tabel 4.2 Nilai-nilai nada

Nada	frekuensi (Hz)	frekuensi dengan penyimpangan 5% (Hz)	Nilai nada (desimal)	Nilai nada (biner)	Nilai nada (heksa- desimal)
B	1976	1971	508	111111100	1FC
		1981	504	111111000	1F8
C	2093	2086	480	111100000	1E0
		2100	476	111011100	1DC
Db	2217	2210	453	111000101	1C5
		2224	449	111000001	1C1
D	2349	2342	427	110101011	1AB
		2356	424	110101000	1A8
Eb	2489	2482	403	110010011	193
		2496	400	110010000	190
E	2637	2629	381	101111101	17D
		2645	378	101111010	17A
F	2794	2786	359	101100111	167
		2802	356	101100100	164
Gb	2960	2951	339	101010011	152
		2969	336	101010000	150
G	3136	3127	320	101000000	140
		3145	317	100111101	13D
Ab	3322	3312	302	100101110	12E
		3332	300	100101100	12C
A	3520	3510	285	100011101	11D
		3530	283	100011011	11B
Bb	3729	3718	269	100001101	10D
		3740	267	100001011	10B

Sebagai contoh, dengan menggunakan lampiran 1 pada tingkat oktaf-7 sebagai pedoman, nada Bb yang mempunyai frekuensi f_{Bb} sebesar 3729 Hz. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.12, maka dengan toleransi sebesar 5 %, diperoleh batas frekuensi tertinggi f_{Bb-max} (supaya masih disebut nada Bb pada alat ini), adalah 3740 Hz dan batas frekuensi terendah f_{Bb-min} adalah 3718 Hz. Dari batas-batas tersebut juga diperoleh batas tertinggi periode T_{max} , yaitu:

$$T_{Bb-max} = 1/f_{Bb-max} \quad (4-17)$$

$$T_{Bb-max} = 1/3740$$

$$T_{Bb-max} = 267 \mu s$$

Dan batas periode terendah T_{min} , yaitu:

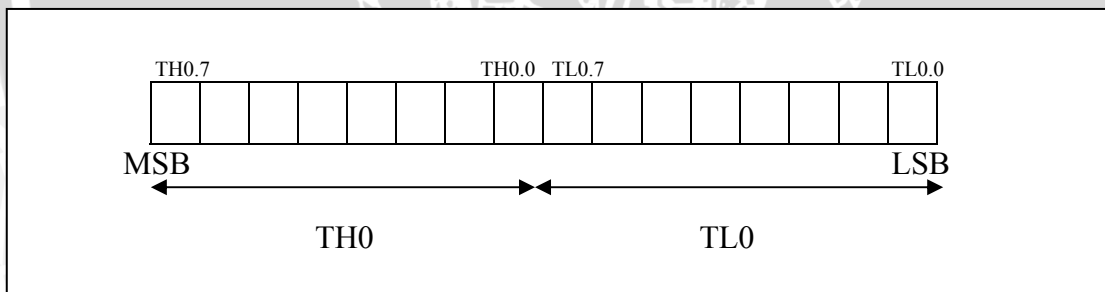
$$T_{Bb-min} = 1/f_{Bb-min} \quad (4-18)$$

$$T_{Bb-min} = 1/3718$$

$$T_{Bb-min} = 269 \mu s$$

Dalam perencanaan alat ini, T_{max} dan T_{min} ini disebut nilai nada. Jadi nilai nada untuk nada Bb mempunyai rentang periode 267-269 μs . Dan untuk mempermudah, satuan mikrodetik (μs) kita abaikan, karena orde yang terdapat pada timer AT89C51 juga mikrodetik. Sehingga nilai nada Bb mempunyai rentang 267 sampai dengan 269. Dengan cara yang sama, dengan memakai Lampiran 1 sebagai pedoman, maka bisa ditentukan pula nilai-nilai nada untuk 11 nada yang lain. Dan akhirnya diperoleh 12 nilai nilai nada, yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

4.4.2.2. Penyederhanaan Periode



Gambar 4.13 Posisi register TH0 dan TL0

Hasil dari penghitungan periode gelombang kotak pada *timer/counter0* disimpan dalam register TL0 dan TH0. Dimana TL0 dan TH0 masing-masing mampu menyimpan data selebar 8 bit, yaitu TL0.0-TL0.7 dan TH0.0-TH0.7, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.13. Dan dengan mode *timer* 16 bit, pewaktu mampu menghitung hingga TL0 dan TH0 bernilai FFh, dengan TL0.0 dijadikan sebagai LSB dan TH0.7 sebagai MSB.

Untuk mempermudah pendefinisian nada, periode yang sudah dihitung perlu disederhanakan. Karena hasil penghitungan periode *timer/counter0* nanti akan dibandingkan dengan nilai nada yang hanya terdiri dari 9 bit data (lihat nilai nada dalam

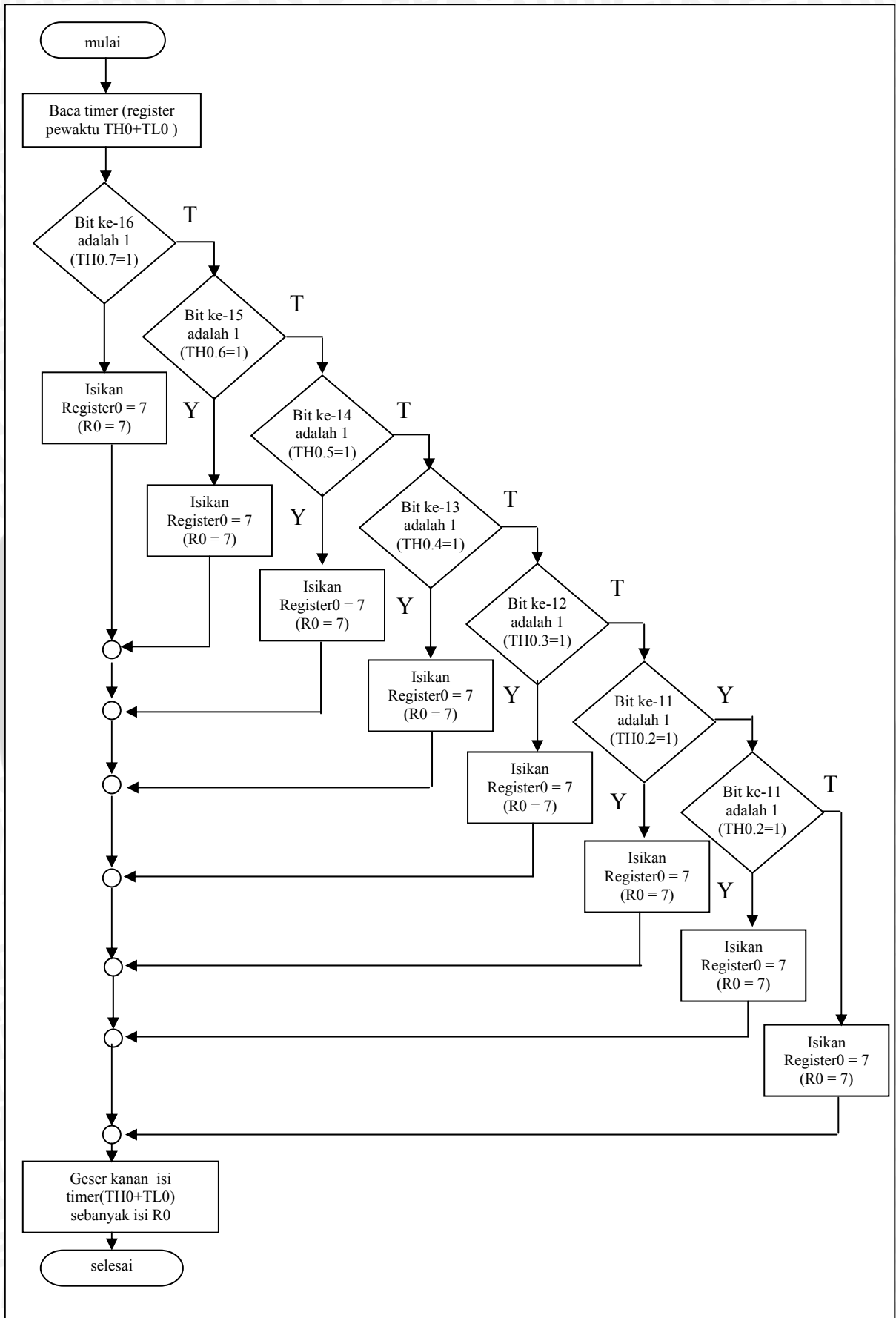
Tabel 4.2). Nilai-nilai tersebut merupakan nilai periode dari nada-nada dalam musik yang nilainya sudah disesuaikan dan sudah dijelaskan dalam subbab sebelumnya.

Step0.	TH0.7	TH0.0							TL0.7	TL0.0						
	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
	MSB							LSB								
Step1.	TH0.7	TH0.0							TL0.7	TL0.0						
	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1
	MSB							LSB								
Step2.	TH0.7	TH0.0							TL0.7	TL0.0						
	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
	MSB							LSB								
Step3.	TH0.7	TH0.0							TL0.7	TL0.0						
	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
	MSB							LSB								
Step4.	TH0.7	TH0.0							TL0.7	TL0.0						
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
	MSB							LSB								

Gambar 4.14. Contoh proses geser pada periode 5430 mikrosekond

Dalam dunia musik terdapat keunikan, bahwa suatu nada berfrekuensi tertentu dengan nada berfrekuensi kelipatannya adalah nada yang sama. Atau bisa juga dikatakan, bahwa suatu nada berperiode T dengan nada berperiode kelipatannya ($2T, 4T, 8T$ dan seterusnya) adalah nada yang sama. Jadi bila misalnya sebuah nada mempunyai periode $300 \mu s$, dan juga ada nada lain yang mempunyai periode $600 \mu s$, maka keduanya adalah nada yang sama. Keunikan tersebut bisa dimanfaatkan dalam perencanaan alat ini sehingga menjadi sederhana. Jadi data hasil penghitungan yang tersimpan dalam bentuk biner pada TL0 dan TH0 nanti cukup dibagi 2 dan terus dibagi 2, hingga didapat nilai yang berada pada rentang nilai-nilai nada.

Dalam operasi bilangan biner juga terdapat keunikan, bahwa suatu bilangan biner yang dibagi 2, sama dengan menggesernya kekanan sebanyak satu bit. Jadi nanti bila *timer/counter0* menghitung gelombang kotak dan diperoleh lebih dari 9 bit yang tersimpan dalam TL0 dan TH0 dalam bentuk bilangan biner, maka dengan cukup menggesernya, maka proses membagi 2 dan terus membagi 2 menjadi semakin sederhana.



Gambar 4.15. Sub rutin membagi dua (geser kanan)

Sudah diketahui semua nilai nada terdiri dari 9 bit, maka dalam perencanaan ini, bila *timer/counter0* menghasilkan periode diatas 511 mikrodetik (sehingga pada TH0 dan TL0 total berisi data lebih dari 9 bit), maka register TH0 dan TL0 perlu digeser kekanan hingga tersisa sebanyak 9 bit (proses dibagi 2 dan terus dibagi 2). Sebuah contoh ditunjukkan dalam Gambar 4.14. Bila *timer/counter0* selesai melakukan proses menghitung periode 2 gelombang dan menghasilkan periode 5430 μs maka pada TL0 dan TH1 akan berisi data biner selebar 13 bit. Supaya menghasilkan data selebar 9 bit maka perlu digeser kekanan sebanyak 4 bit (sebanyak 4 step). Diagram alir untuk sub rutin membagi dua ditunjukkan dalam Gambar 4.15.

4.4.2.3. Membandingkan periode dengan nilai nada

Proses ini dilakukan setelah proses penggeseran TL0 dan TH0, yang sehingga diperoleh data 9 bit. Lihat kembali kolom nilai nada dalam Tabel 4.2. Semua nilai nada yang digunakan sebagai pembanding, terdiri dari 9 bit dimana bilangan MSB adalah 1, sedangkan kemampuan register *accumulator* yang akan berperan penting dalam penyeleksian nada adalah 8 bit, maka bit MSB dari nilai nada bisa diabaikan. Sehingga penyeleksian nada, hanya dilakukan pada TL0 yang dibandingkan dengan nilai-nilai nada.

Sebagai contoh, bila TL0 berisi FB_H , maka nilai tersebut berada dalam *range* nilai nada B. Karena berada dalam *range* nada B maka suara gitar yang ditangkap didefinisikan "nada B". Sebuah contoh lagi, bila TL0 berisi $E5_H$, maka nilai tersebut berada diatas dari *range* nilai nada C. Karena berada diatas *range* nada C maka suara gitar yang ditangkap didefinisikan "berada di bawah nada C".

Perhatikan Gambar 4.10, setelah proses pendefinisian nada, nada yang sudah didefinisikan disimpan dalam RAM dari mikrokontroler. Proses pembacaan nada diulangi dari awal sampai diperoleh nada sebanyak 5 kali, sehingga diperoleh nada tersimpan pada RAM sebanyak 5 nada. Selanjutnya dari 5 nada tersebut bila terdapat minimal 3 buah nada yang sama, maka nada yang terbaca oleh alat dianggap sudah benar dan siap ditampilkan oleh ISD2560.

4.4.3. Menampilkan Suara (Mengontrol ISD2560)

Diagram alir untuk Sub rutin tampilkan suara ditunjukkan dalam Gambar 4.16. Sesuai dengan timing diagram dari data *sheet* IC ISD2560, untuk melakukan *playback* pin PD diberi logika rendah. Selanjutnya setelah beberapa waktu (dalam pernacangan

diberi *delay* 25 milidetik) CE diberi logika rendah. Ketika CE rendah, maka suara mulai ditampilkan. Kemudian CE diberi logika tinggi. Selanjutnya terjadi pengulangan sampai terjadi perubahan logika pada EOM, yang menunjukkan suara sudah selesai ditampilkan. Dan terakhir PD diberi logika tinggi.



Gambar 4.16. Diagram alir sub rutin Tampilkan Suara (Pengaktifan ISD2560)

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

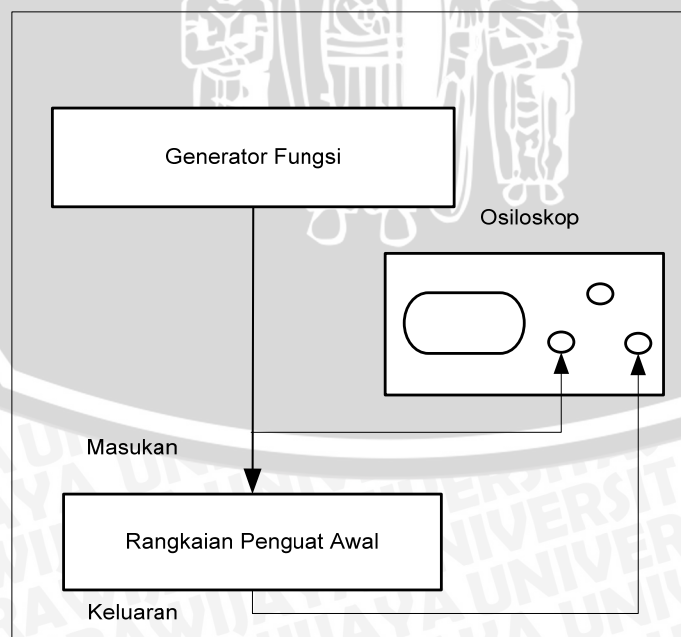
Untuk mengetahui hasil perancangan, dilakukan pengujian dan analisis data terhadap alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap masing-masing blok rangkaian dengan tujuan untuk mengetahui apakah blok-blok rangkaian tersebut bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Setelah dilakukan pengujian untuk masing-masing blok, kemudian dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Rangkaian Penguat Awal.
2. Pengujian Rangkaian Filter Aktif *Low Pass*
3. Pengujian Rangkaian Pembanding
4. Pengujian sistem secara keseluruhan

5.1 Pengujian Rangkaian Penguat Awal

Pengujian rangkaian penguat awal dilakukan untuk mengetahui apakah keluaran dari rangkaian penguat awal sesuai dengan tingkat penguatan yang terdapat pada spesifikasi perancangan yaitu 251. Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian rangkaian penguat awal antara lain: osiloskop Hameg HM 203-7, generator fungsi GW GF6-80176.



Gambar 5.1. Blok diagram pengujian rangkaian penguat awal.

Prosedur pengujian pada rangkaian ini adalah dimulai dengan mengatur frekuensi generator fungsi ke suatu nilai dimana terletak dalam rentang frekuensi 20-2000 Hz. Karena sifat pick-up yang tidak bisa menangkap gelombang suara selain dari gitar, maka keluaran dari generator fungsi langsung dihubungkan dengan input dari rangkaian penguat awal. Input juga dihubungkan ke kanal 1 osiloskop dengan nilai tegangan ditentukan dalam kisaran beberapa puluh milivolt untuk merepresentasikan gelombang suara dari gitar, sedangkan keluaran rangkaian penguat awal dihubungkan ke kanal 2 osiloskop. Tegangan input dari generator fungsi dinaikkan secara bertahap dan kemudian mengukur keluaran rangkaian penguat awal pada osiloskop. Blok diagram pengujian rangkaian penguat awal ditunjukkan dalam Gambar 5.1.

Hasil pengujian rangkaian penguat awal untuk frekuensi 100 Hz ditunjukkan dalam Tabel 5.1 dan untuk frekuensi 1500 Hz ditunjukkan dalam Tabel 5.2. Berdasarkan hasil pengujian untuk frekuensi 100 Hz diperoleh bahwa untuk setiap tegangan input yang diberikan diperoleh keluaran rangkaian penguat awal dengan tegangan yang mengalami penguatan berkisar 251 kali dengan kesalahan berkisar 1,33 % dari perancangan. Demikian pula untuk frekuensi 1500 Hz, tegangan keluaran mengalami penguatan sebesar 251 kali dengan kesalahan berkisar 2,91 %. Hasil visual pengujian output dan input dari penguat awal ditunjukkan dalam Gambar 5.2.

Tabel 5.1. Hasil pengujian rangkaian penguat awal untuk frekuensi 100 Hz.

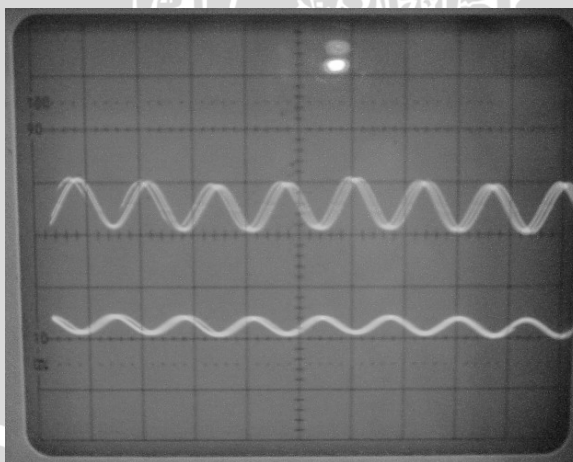
Input Penguat Awal (mVpp)	Output Penguat Awal (Vpp)		Kesalahan (%)
	Pengujian	Perancangan	
5	1,20	1,25	4,00
10	2,5	2,50	0,00
15	3,7	3,75	1,33
20	5	5,00	0,00
25	6,2	6,25	0,80
30	7,5	7,50	0,00
35	8,5	8,78	3,19
40	10	10,00	0,00
45	11,1	11,25	1,13
50	12,5	12,50	0,00
100	25	25,00	0,00
125	28,5	31,25	(Vout saturasi)
150	28,5	37,50	(Vout saturasi)

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 menunjukkan bahwa rangkaian penguat awal dapat melewati setiap tegangan input

tanpa mengalami *distorsi* pada saat dikuatkan oleh rangkaian penguat awal. Hasil ini menunjukkan bahwa rangkaian penguat awal layak digunakan, karena kesalahan maksimum penguatan hanya 3 % untuk setiap tegangan input baik untuk ferkuensi 100 Hz, maupun 1500 Hz. Kesalahan ini disebabkan karena faktor toleransi pada nilai komponen. Sedangkan pada masukan sebesar 125 mV dan 150 mV, keluaran rangkaian penguat awal sebesar 28,5 Vpp, dikarenakan tegangan saturasi yang diberikan adalah 30 Vpp.

Tabel 5.2. Hasil pengujian rangkaian penguat awal untuk frekuensi 1500 Hz.

Input Penguat Awal (mVpp)	Output Penguat Awal (Vpp)		Kesalahan (%)
	Pengujian	Perancangan	
5	1	1,25	12,35
10	2,5	2,51	0,39
15	3,5	3,76	7,03
20	5	5,02	0,39
25	6	6,27	4,38
30	7,5	7,53	0,39
35	8,5	8,78	3,24
40	10	10,04	0,39
45	11	11,29	2,61
50	12,5	12,55	0,39
100	25	25,1	0,39
125	28,5	31,37	(<i>Vout</i> saturasi)
150	28,5	37,65	(<i>Vout</i> saturasi)

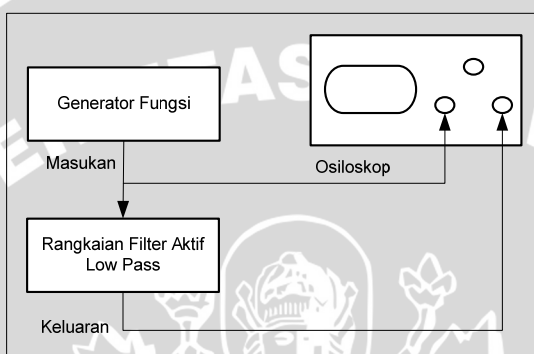


Gambar 5.2. Hasil pengujian Penguat awal pada osiloskop input (bawah) 20 mV/div, output (atas) 5 V/div & 200s/div.

5.2 Pengujian Rangkaian Filter Aktif *Low Pass*

Pengujian rangkaian filter aktif *low pass* dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian filter tersebut benar-benar hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi ≤ 2000 Hz. Sebagai pembangkit gelombang dipakai generator fungsi GW GF6-80176 dan

untuk melihat gelombang input maupun output filter low pass dipakai osiloskop Hameg HM 203-7. Prosedur pengujian pada rangkaian filter aktif *low-pass* dimulai dengan menghubungkan keluaran generator fungsi ke rangkaian filter aktif *low pass*. Kanal 1 osiloskop dihubungkan ke keluaran generator fungsi dan kanal 2 osiloskop dihubungkan ke keluaran rangkaian filter aktif *low pass*. Dengan menjaga amplitudo keluaran generator fungsi sebesar 6,5 volt dan menaikkan frekuensi mulai dari 20 Hz sampai 9.5 kHz, kemudian diukur tegangan keluaran rangkaian filter aktif *low pass*. Blok diagram pengujian rangkaian filter aktif *low pass* ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



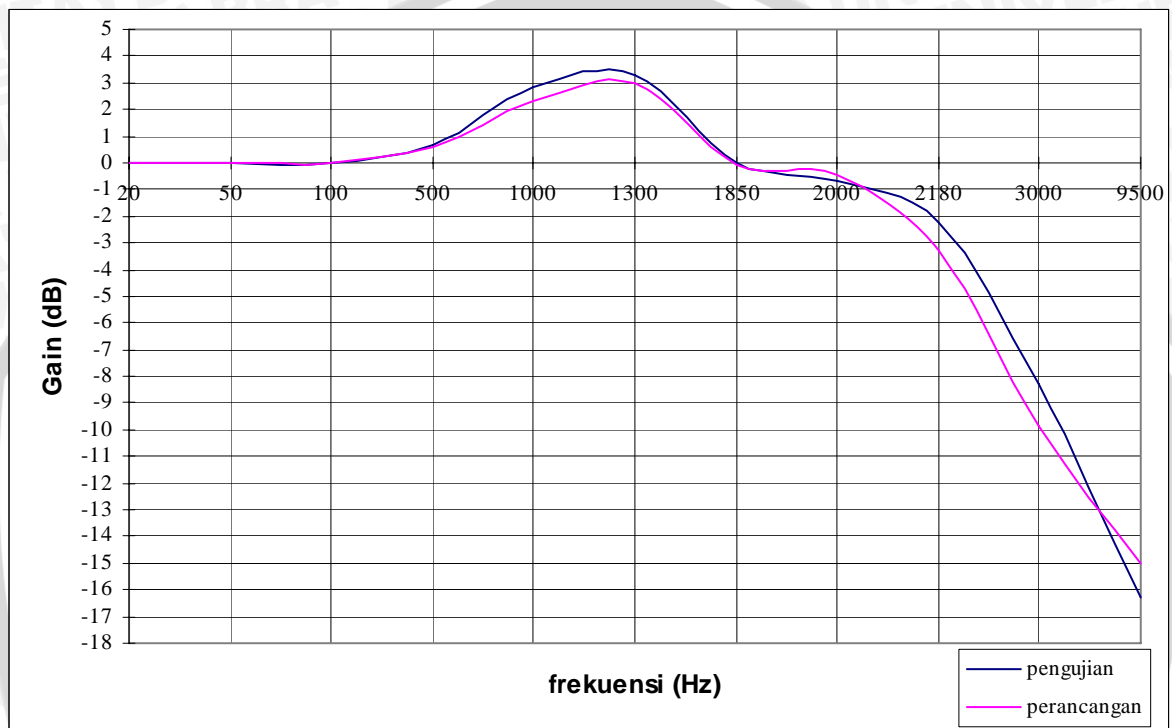
Gambar 5.3. Blok diagram pengujian rangkaian filter aktif *low pass*.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5. Tabel 5.3, menunjukkan hasil pengujian dan besar presentase kesalahan dibandingkan dengan penghitungan berdasarkan perancangan. Gambar 5.4 merupakan tanggapan frekuensi dari filter untuk pengujian dan perancangan. Dan Gambar 5.5 adalah contoh visual peredaman oleh filter pada gelombang yang mempunyai frekuensi 9500 Hz.

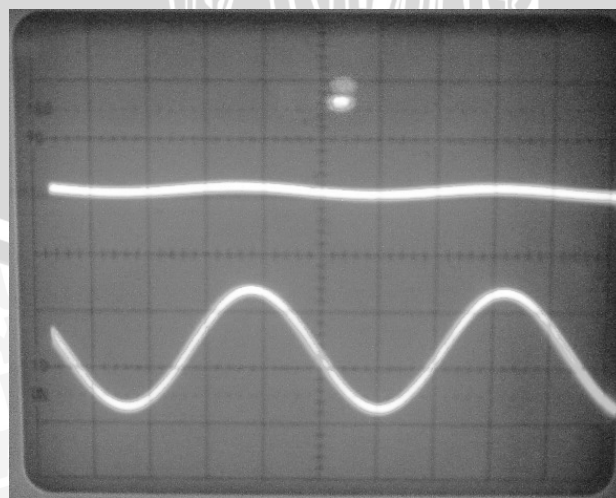
Tabel 5.3. Hasil pengujian rangkaian filter aktif *low pass* dengan tegangan input 1 volt.

Frekuensi (Hz)	Output Filter <i>Low Pass</i> (V)		Kesalahan (%)
	Pengujian	Perancangan	
20	6,5	6,5	0,00
50	6,5	6,5	0,00
100	6,5	6,52	0,31
500	7	6,99	0,14
1000	9	8,48	6,13
1300	9,5	9,15	3,83
1850	6,5	6,43	1,09
2000	6	6,19	3,07
2180	5	4,45	12,36
3000	2,5	2,08	20,19
9500	1	1,15	13,04

Pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.4 bisa diamati perbedaan antara perancangan dan hasil pengujian. Peredaman pada pengujian lebih landai dari pada perancangan, hal ini disebabkan adanya toleransi penyimpangan nilai pada komponen. Namun dari hasil keseluruhan menunjukkan bahwa filter aktif *low-pass* bekerja cukup baik dan bisa digunakan pada alat ini. Perbedaan tanggapan frekuensi juga tidak akan berpengaruh fatal pada alat.



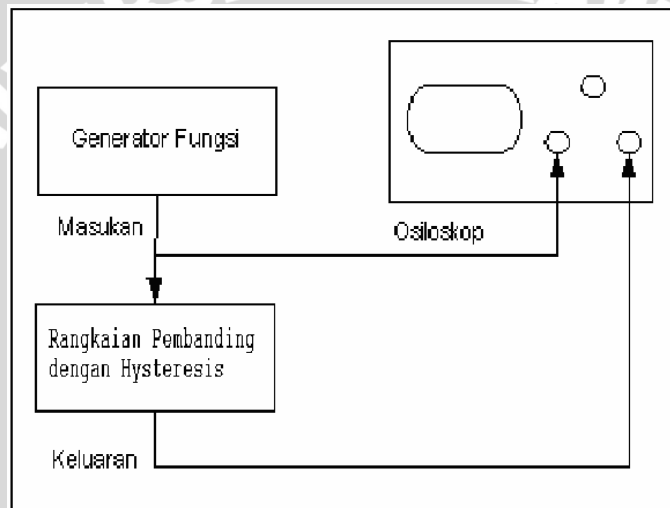
Gambar 5.4. Grafik tanggapan frekuensi hasil pengujian dan perancangan rangkaian filter aktif *low-pass* .



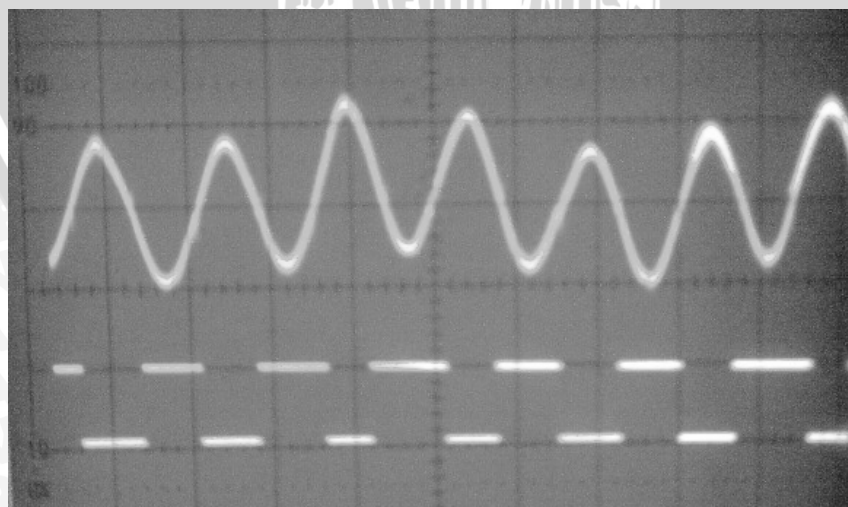
Gambar 5.5. Hasil pengujian filter aktif *low pass* pada frekuensi 9500 Hz dengan osiloskop 5 volt/div & 20 μ s/div.

5.3 Pengujian Rangkaian Pembanding dengan *Hysteresis*

Pengujian rangkaian pembanding dengan *hysteresis* bertujuan untuk mengetahui keluaran yang dihasilkan apakah bisa dioleh oleh mikrokontroler. Blok diagram pengujian rangkaian pembanding dengan *hysteresis* ditunjukkan dalam Gambar 5.6. Sebagai pembangkit gelombang dipakai generator fungsi GW GF6-80176 dan untuk melihat gelombang input maupun output filter low pass dipakai osiloskop Hameg HM 203-7. Pengujian rangkaian pembanding dengan *hysteresis* dilakukan dengan menghubungkan keluaran generator fungsi ke input rangkaian pembanding dengan *hysteresis*. Keluaran generator fungsi dihubungkan ke kanal 1 osiloskop sedangkan keluaran rangkaian pembanding dengan *hysteresis* dihubungkan ke kanal 2 osiloskop.



Gambar 5.6. Blok diagram pengujian rangkaian pembanding dengan *hysteresis*

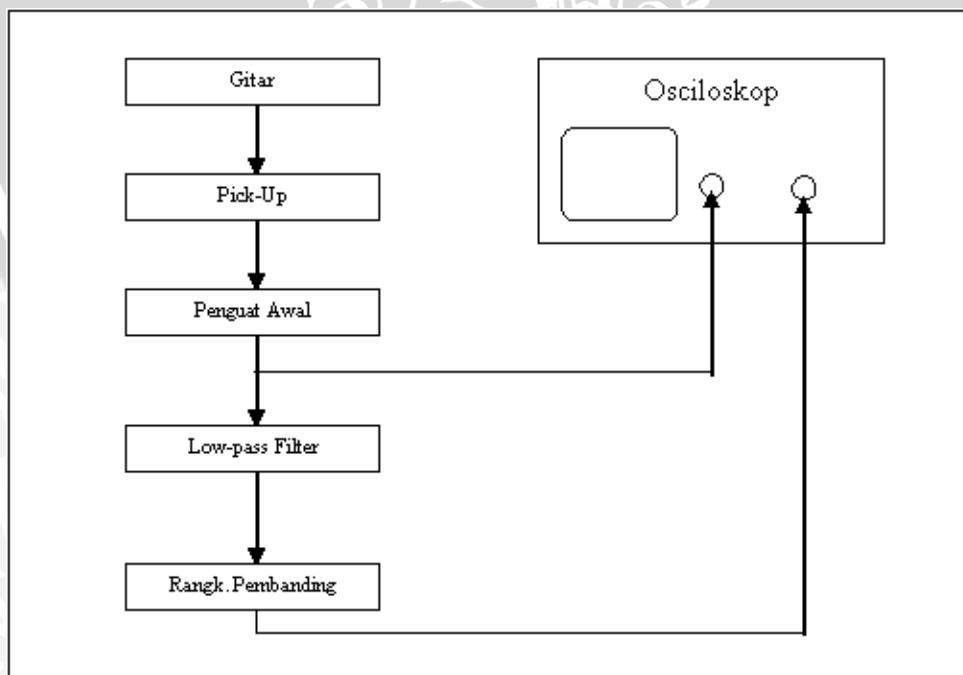


Gambar 5.7. Pembanding dengan *hysteresis* dengan tegangan *hysteresis* 500 mV pada osiloskop 5 volt/div dan 0,2 ms/div.

Hasil pengujian rangkaian pembanding dengan *hysteresis* dengan tegangan *hysteresis* sebesar 150 mV ditunjukkan dalam Gambar 5.7. Dari hasil yang ditunjukkan pada osiloskop diketahui bahwa untuk setiap tegangan masukan yang nilainya di atas 0,25 V, tegangan keluarannya akan berada pada 5 volt. Dan adanya *hysteresis*, berakibat tidak tampak adanya *bouncing* dan level tegangan berubah sesuai dengan batas-batas dari perancangan

5.4 Pengujian Pengkondisi Sinyal

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal bertujuan untuk mengetahui apakah gelombang suara yang dihasilkan oleh gitar bisa diproses lebih lanjut oleh pengolahan data. Sebagai pembangkit gelombang dipakai generator fungsi GW GF6-80176 dan untuk melihat gelombang input maupun output filter low pass dipakai osiloskop Hameg HM 203-7. Blok diagram pengujian rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 5.8. Pengujian rangkaian dilakukan dengan menggunakan gitar sebagai sumber suara. Osiloskop dihubungkan dengan keluaran dari rangkaian penguat awal dan rangkaian pembanding dengan *hysteresis* yang merupakan hasil akhir dari proses pengkondisian sinyal. Pengujian dilakukan dengan memberikan 6 nada dengan frekuensi yang tentu berbeda, dengan pengulangan sebanyak sepuluh kali pada tiap-tiap nada dan dengan pemetikan dawai pada gitar yang berbeda.

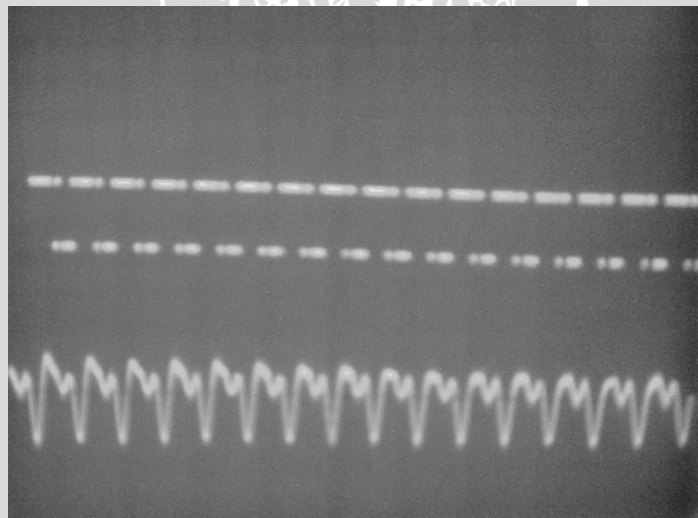


Gambar 5.8. Blok diagram pengujian rangkaian pengkondisi sinyal.

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.9 dan Tabel 5.4. Dari hasil pengujian diketahui bahwa gelombang kotak hampir tidak pernah menghasilkan frekuensi yang sama dengan frekuensi dari suara gitar, pada lebih dari 0,5 detik awal setelah dawai di petik. Frekuensi gelombang kotak yang dihasilkan sebesar dua kali lipat dari frekuensi suara gitar.

Tabel 5.4. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal.

Nada (Hz)	Terjadi penggandaan Frekuensi (detik)		Tidak terjadi penggandaan frekuensi (detik)	
	Durasi minimum	Durasi maksimum	Durasi minimum	Durasi maksimum
E (82,4)	0,8	1	0,7	1,7
A(110)	0,7	1	0,7	1,5
D(146)	0,7	1	0,8	1,5
G(196)	0,6	0,9	0,8	1
B(247)	0,6	0,8	0,55	0,8
E(328)	0,7	0,8	0,6	0,8



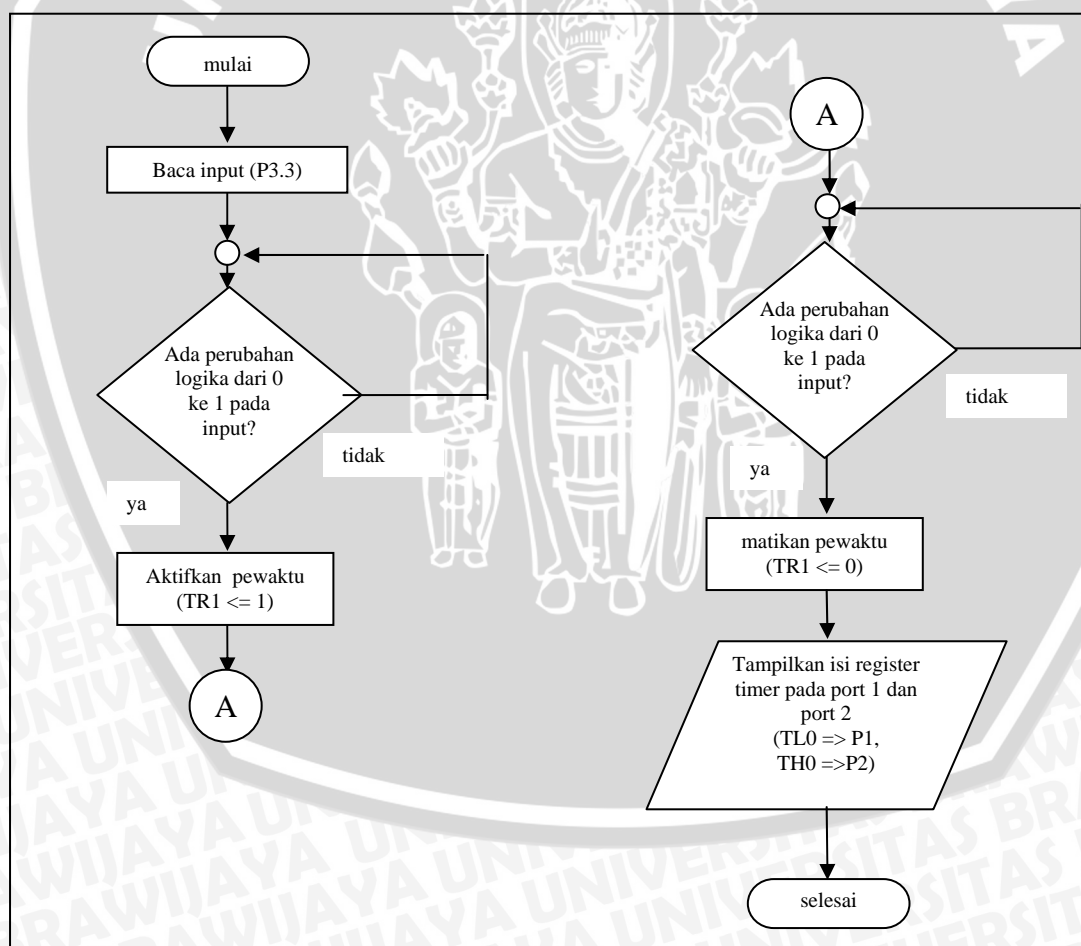
Gambar 5.9. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dengan masukan berupa suara gitar, pada osiloskop input 5 volt/div, output 5 volt/div, 0,2 ms/div

Penggandaan frekuensi ini disebabkan karena bentuk gelombang suara gitar yang cukup acak dan mempunyai amplitudo-amplitudo kecil dalam satu gelombang yang sama, sehingga pada rangkaian pembanding terjadi dua buah gelombang kotak untuk satu buah gelombang gitar. Namun setelah lebih dari 0,5 detik dari awal pemetikan dawai, gelombang kotak yang dihasilkan mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi suara gitar. Hal ini disebabkan amplitudo-amplitudo kecil dari gelombang suara gitar yang mulai hilang. Terjadinya penggandaan frekuensi tersebut

bukan merupakan kesalahan perancangan, namun hal ini merupakan hal unik dari gelombang suara dan musik. Didalam musik, suatu nada dengan nada yang lain yang mempunyai frekuensi kelipatannya, adalah nada yang sama. Sehingga meskipun terjadi penggandaan frekuensi, nada yang terukur juga tetap nada yang sama.

5.5 Pengujian Penghitung Periode

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa mikrokontroller AT89C51 mampu untuk menghitung periode dari gelombang kotak dengan frekuensi dengan range minimum 65 Hz sampai dengan 3000 Hz. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan program pada mikrokontroller AT89C51 berupa Sub rutin menghitung periode dengan menambahkan beberapa perintah tambahan. Selain itu juga menambahkan LED sebagai tampilan hasil penghitungan periode oleh timer/counter0 pada P1 dan P2. Diagram alir program untuk pengujian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.10.

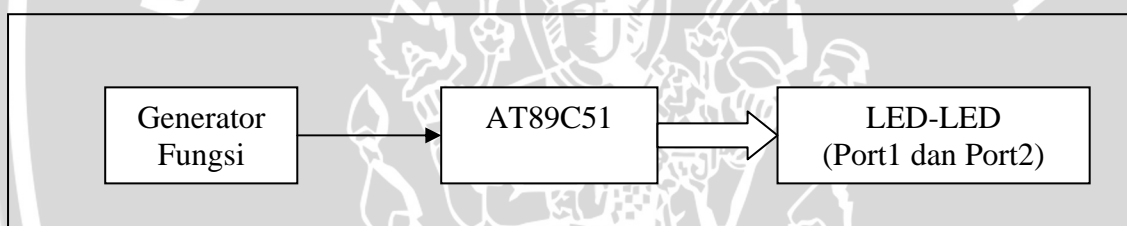


Gambar 5.10. Flowchart program pengujian Penghitung Periode

Dan alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah generator fungsi GW GF6-80176 untuk menghasilkan gelombang kotak dengan frekuensi yang diinginkan.

Mikrokontroler AT89C51 yang sudah berbentuk sistem minimum sebagai objek yang diuji. Dan 16 buah LED yang dihubungkan dengan Port.1 dan Port.2 dari mikrokontroler sebagai tampilan hasil pengujian. Diagram Blok pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.11. Langkah-langkah pengujian adalah dengan memberikan gelombang kotak dari generator fungsi dengan frekuensi tertentu kepada AT89C51, kemudian hasil dari penghitungan periode (isi TH0 dan TL0) ditampilkan pada LED-LED (Port1 dan Port2).

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.5, tiap nilai pada tabel adalah hasil yang diperoleh dari pengujian dengan memberikan frekuensi yang sama dengan pengulangan paling sedikit dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujian yang berulang-ulang, menunjukkan bahwa untuk gelombang berfrekuensi rendah seperti 40 Hz dan 60 Hz, sering terjadi penghitungan periode yang berbeda hingga diperoleh 3 macam data yang berbeda. Namun perbedaan itu sangat tipis, dengan perbedaan maksimum 64 mikrodetik, sehingga menyebabkan kesalahan hanya sebesar 0.23 %.



Gambar 5.11. Blok diagram pengujian Penghitungan Periode

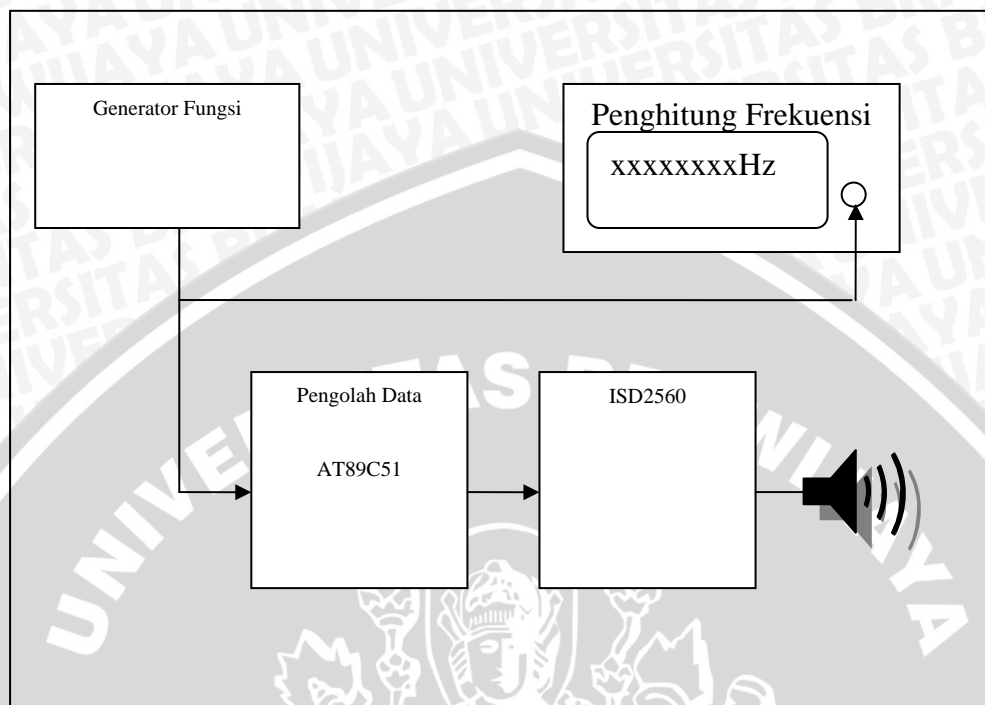
Untuk gelombang kotak dengan frekuensi yang lebih tinggi, perbedaan penghitungan periode hanya sebesar 2 mikrodetik. Hal itu menunjukkan timer pada AT89C51 cukup stabil dan akurat. Dan untuk kesalahan penghitungan periode yang menyebabkan kesalahan hingga 3,67 % bukan disebabkan hanya pada AT89C51, bahkan lebih banyak dikarenakan gelombang kotak yang dibangkitkan generator fungsi, tidak benar-benar tepat berada pada frekuensi yang ingin dibangkitkan. Hal ini ditunjukkan dengan melakukan pengujian yang berulang-ulang, AT89C51 menghasilkan data periode yang sama. Salah satu contoh, pada pengujian gelombang kotak berfrekuensi 120Hz yang dilakukan berulang-ulang hingga lebih dari lima kali, AT89C51 selalu menunjukkan bahwa frekuensi sebenarnya adalah 123,46 Hz. Hasil pengujian secara keseluruhan, pewaktu pada AT89C51 mampu menghitung periode gelombang kotak dengan akurat. Kesalahan yang terjadi cukup kecil dengan kesalahan tertinggi 3,67%. Sudah ditentukan pada perancangan, alat ini dirancang dengan

memberikan toleransi kesalahan tertinggi sebesar 5 %. Meskipun tidak ada hubungan secara langsung, kesalahan pada pengujian masih berada di bawah toleransi kesalahan yang diijinkan pada alat.

Tabel 5.5. Hasil pengujian penghitung periode

Frekuensi input (Hz)	Register Timer (T)		Periode (T) (desimal) (mikro-detik)	Frekuensi terbaca (Hz)	Kesalahan (%)
	(biner)				
	TH0	TL0			
40	01100001	10100010	2494	40,09	0,23
	01100001	10100110	2498	40	0,00
	01100001	11010100	2504	39,99	0,02
60	01000001	01000010	16706	59,86	0,23
	01000001	01000100	16708	59,85	0,25
	01000001	01001000	16712	59,84	0,27
80	00110000	01011010	12378	80,78	0,98
	00110000	01011100	12380	80,77	0,96
100	00100110	11010000	9936	100,64	0,64
	00100110	10010010	9938	100,62	0,62
120	00011111	10100100	8100	123,46	2,88
140	00011011	11010000	7120	140,44	0,31
160	00010111	11100100	6116	163,5	2,19
	00010111	11100110	6118	163,45	2,16
180	00010101	01110100	5492	182,08	1,16
	00010101	01110110	5494	182,01	1,12
200	00010011	01110010	4978	200,88	0,44
	00010011	01110000	4976	200,96	0,48
300	00001101	00010000	3344	299,04	0,32
400	00001001	11001100	2508	398,72	0,32
500	00001000	00010000	2064	484,49	3,10
600	00000110	01100001	1633	612,36	2,06
	00000101	00110010	1378	725,68	3,67
700	00000101	00110100	1380	724,37	3,48
	00000100	11100000	1248	801,28	0,16
800	00000100	11011110	1246	802,56	0,32
	00000100	01011110	1118	894,45	0,62
900	00000100	01100000	1120	892,86	0,79
	00000011	11011010	978	1022,49	2,25
1100	00000011	01111110	894	1118,56	1,69
1200	00000011	00110000	816	1225	2,08
	00000011	00110010	818	1222	1,83
1300	00000010	11110000	752	1329	2,23
1400	00000010	10111100	700	1428	2,00
	00000010	10111110	702	1424	1,71
1500	00000010	10010010	658	1519	1,27
	00000010	10010000	656	1524	1,60
1600	00000010	01101000	616	1623	1,44
1700	00000010	01000110	582	1718	1,06
1800	00000010	00101000	220	1811	0,61
1900	00000010	00010000	528	1893	0,37
2000	00000001	11110110	502	1992	0,40
	00000001	11111000	504	1984	0,80
3000	00000001	01001110	327	3058	1,93
4000	00000000	11111110	254	3937	1,58

5.6 Pengujian Pengolah Data dan Pemutar/Perekam Suara ISD2560



Gambar 5.12. Blok diagram pengujian pengolah data dan pemutar/perekam suara ISD2560

Untuk mengetahui apakah bagian pengolah data dan ISD2560 yang dibuat memberikan unjuk kerja yang sesuai dengan perancangan, maka perlu dilakukan pengujian. Pengolah data harus mampu membaca nada dari gelombang berfrekuensi tertentu yang diberikan dan kemudian mampu mengontrol ISD2560 untuk menampilkan suara ucapan yang telah tersimpan didalamnya.

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.12, pada pengujian ini diperlukan generator fungsi GW GF6-80176 dan penghitung frekuensi. Prosedur pengujian ini dimulai dengan mengatur generator fungsi supaya menghasilkan gelombang kotak dengan frekuensi yang berkisar 20-4000Hz. Gelombang kotak tersebut adalah representasi dari gelombang suara gitar yang sudah melalui rangkaian pengkondisi sinyal dan akan dicari jenis nadanya. Supaya frekuensi gelombang kotak yang dihasilkan generator fungsi berada tepat pada frekuensi yang diinginkan untuk menjadi input, maka digunakan penghitung frekuensi. Gelombang kotak selanjutnya menjadi input pengolah data mikrokontroler AT89C51 melalui input Port 3.3 yang sudah ditentukan dalam perancangan. Dan terakhir diamati nada terukur yang ditampilkan dalam bentuk suara ucapan oleh ISD2560 apakah sesuai dengan frekuensi gelombang yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan memberikan gelombang kotak dengan

frekuensi yang bervariasi dan minimal mewakili 24 macam kemungkinan keluaran yang akan ditampilkan oleh ISD2560. Pengujian dilakukan dengan memberikan frekuensi yang sama sebanyak 10 kali.

Tabel 5.6. Hasil pengujian pengolah data dan pemutar/perekam suara ISD2560

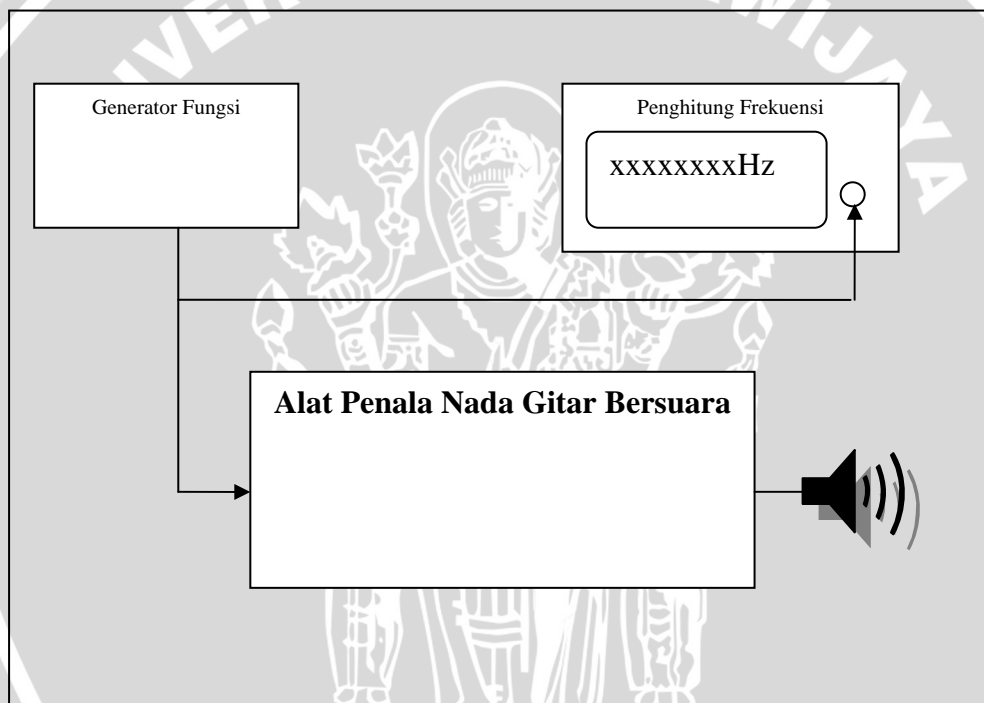
No.	Frekuensi input (Hz)	Nada terukur		Kesalahan (%)
		Suara yang ditampilkan ISD2560		
		Pengujian	Perancangan	
1	65,4	Nada C	Nada C	0
2	66,6	Di bawah Nada Db	Di bawah Nada Db	0
3	69,4	Nada Db	Nada Db	0
4	72,5	Di bawah Nada D	Di bawah Nada D	0
5	73,4	Nada D	Nada D	0
6	77,2	Di bawah Nada Eb	Di bawah Nada Eb	0
7	77,7	Nada Eb	Nada Eb	0
8	78,3	Di bawah Nada E	Di bawah Nada E	0
9	82,1	Nada E	Nada E	0
10	82,9	Di bawah Nada F	Di bawah Nada F	0
11	87	Nada F	Nada F	0
12	87,9	Di bawah Nada Gb	Di bawah Nada Gb	0
13	92,8	Nada Gb	Nada Gb	0
14	96,9	Di bawah Nada G	Di bawah Nada G	0
15	97,8	Nada G	Nada G	0
16	101,5	Di bawah nada Ab	Di bawah nada Ab	0
17	103,6	Nada Ab	Nada Ab	0
18	105,1	Di bawah nada A	Di bawah nada A	0
19	109,5	Nada A	Nada A	0
20	112,3	Di bawah Nada Bb	Di bawah Nada Bb	0
21	116,8	Nada Bb	Nada Bb	0
22	122	Di bawah nada B	Di bawah nada B	0
23	123,2	Nada B	Nada B	0
24	125,4	Di bawah nada C	Di bawah nada C	0
25	130,2	Nada C	Nada C	0
26	221	Nada A	Nada A	0
27	440,1	Nada A	Nada A	0
28	876	Nada A	Nada A	0
29	1763,8	Nada A	Nada A	0
30	3518	Nada A	Nada A	0

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.6. Semua nada bisa ditampilkan dengan tepat sesuai dengan frekuensi gelombangnya. 24 macam keluaran yang sudah ditentukan pada perancangan ditampilkan oleh ISD2560 dengan tepat, sesuai dengan besar frekuensi input yang diberikan. Pada pengujian dengan memberikan frekuensi

untuk nada-nada A sampai dengan frekuensi tertinggi yang mungkin yaitu 3518 Hz, alat masih bisa membaca nada sesuai dengan frekuensi yang diberikan. Frekuensi gelombang diatas 3000Hz masih bisa diukur nadanya, hal itu sesuai dengan perancangan yang mampu membaca nada Bb dengan frekuensi suara 3729Hz. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pengolah data dan pemutar/perekam suara mempunyai unjuk kerja yang baik. Namun ada kelemahan, yaitu suara yang dihasilkan ISD2560 mempunyai kualitas yang kurang halus, sehingga bisa menimbulkan kerancuan untuk ucapan "Nada De", "Nada Ge" dan "Nada Be".

5.7 Pengujian Keluruhan Sistem

5.7.1 Pengujian Sistem dengan Generator Fungsi



Gambar 5.13. Blok diagram pengujian penala nada gitar bersuara dengan generator fungsi

Untuk mengetahui apakah alat penala nada gitar bersuara yang dibuat memberikan unjuk kerja yang sesuai dengan perancangan, maka perlu dilakukan pengujian. Alat penala nada gitar bersuara harus mampu membaca nada dari gelombang berfrekuensi tertentu yang diberikan dan menampilkan nada dalam bentuk suara ucapan.

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.13, pada pengujian ini diperlukan Generator fungsi dan Penghitung Frekuensi. Prosedur pengujian ini dimulai dengan mengatur generator fungsi supaya menghasilkan gelombang sinusoida dengan frekuensi tertentu yang berkisar 20-4000Hz. Gelombang sinusoida tersebut adalah representasi dari gelombang suara gitar yang sudah diubah dari gelombang suara menjadi

gelombang elektrik oleh *pick-up* dan akan dicari jenis nadanya. Supaya frekuensi gelombang yang dihasilkan generator fungsi berada tepat pada frekuensi yang diinginkan untuk menjadi input, maka digunakan penghitung frekuensi. Gelombang sinusoida selanjutnya menjadi input dari alat penala nada gitar. Dan terakhir diamati nada terukur yang ditampilkan dalam bentuk suara ucapan apakah sesuai dengan frekuensi gelombang yang diberikan.

Tabel 5.7. Hasil pengujian sistem dengan input gfgenerator sinyal

No.	Frekuensi input (Hz)	Nada terukur		Kesalahan (%)
		Suara yang ditampilkan ISd2560		
		Pengujian	Perancangan	
1	65,4	Nada C	Nada C	0
2	66,6	Di bawah Nada Db	Di bawah Nada Db	0
3	69,4	Nada Db	Nada Db	0
4	72,5	Di bawah Nada D	Di bawah Nada D	0
5	73,4	Nada D	Nada D	0
6	77,2	Di bawah Nada Eb	Di bawah Nada Eb	0
7	77,7	Nada Eb	Nada Eb	0
8	78,3	Di bawah Nada E	Di bawah Nada E	0
9	82,1	Nada E	Nada E	0
10	82,9	Di bawah Nada F	Di bawah Nada F	0
11	87	Nada F	Nada F	0
12	87,9	Di bawah Nada Gb	Di bawah Nada Gb	0
13	92,8	Nada Gb	Nada Gb	0
14	96,9	Di bawah Nada G	Di bawah Nada G	0
15	97,8	Nada G	Nada G	0
16	101,5	Di bawah nada Ab	Di bawah nada Ab	0
17	103,6	Nada Ab	Nada Ab	0
18	105,1	Di bawah nada A	Di bawah nada A	0
19	109,5	Nada A	Nada A	0
20	112,3	Di bawah Nada Bb	Di bawah Nada Bb	0
21	116,8	Nada Bb	Nada Bb	0
22	122	Di bawah nada B	Di bawah nada B	0
23	123,2	Nada B	Nada B	0
24	125,4	Di bawah nada C	Di bawah nada C	0
25	130,2	Nada C	Nada C	0
26	221	Nada A	Nada A	0
27	440,1	Nada A	Nada A	0
28	876	Nada A	Nada A	0
29	1763,8	Nada A	Nada A	0
30	3518	Nada A	Nada A	0

5.7.1.1. Pengujian Penalaan Semua Nada untuk Semua Rentang Frekuensi

Pengujian dilakukan dengan memberikan gelombang sinusoida dengan frekuensi yang bervariasi dan minimal mewakili 24 macam kemungkinan keluaran yang akan ditampilkan oleh ISD2560. Pengujian dilakukan dengan memberikan frekuensi yang sama sebanyak 10 kali.

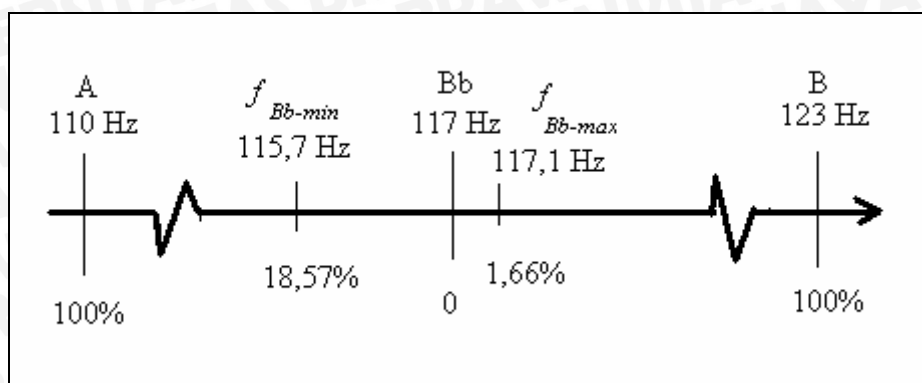
Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.7. Semua nada bisa ditampilkan dengan tepat sesuai dengan frekuensi gelombangnya. Dan pada pengujian juga diuji cobakan dengan memberikan gelombang dengan frekuensi untuk nada-nada A dari 130,2 Hz sampai dengan 3518 Hz. Dan dari pengujian tersebut alat masih bisa membaca nada dengan kesalahan 0%.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa alat penala nada gitar bersuara mempunyai unjuk kerja yang baik. 24 macam keluaran yang disediakan dalam ISD2560 bisa ditampilkan sesuai dengan input yang diberikan. Frekuensi gelombang diatas 3000Hz masih bisa diukur nadanya, hal itu sesuai dengan perancangan yang mampu membaca nada Bb dengan frekuensi suara 3729Hz.

5.7.1.2. Pengujian Besar Penyimpangan Penalaan Nada dari Frekuensi Nada Sebenarnya

Pada perancangan telah ditentukan bahwa besar toleransi penyimpangan penalaan nada dari frekuensi nada yang sebenarnya adalah sebesar 5%. Untuk itu perlu diuji seberapa besar penyimpangan sebenarnya. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gelombang sinusoida dengan frekuensi 110-123 Hz, frekuensi tersebut adalah disekitar nada Bb atau rentang frekuensi dari nada A dan nada B. Frekuensi 110-123 Hz adalah frekuensi terendah untuk nada Bb yang mungkin masih bisa dibaca alat. Diberikan frekuensi terendah karena kemungkinan penyimpangan terbesar terjadi pada frekuensi tersebut, yang terjadi akibat proses penyederhanaan periode. Kemudian dengan mengubah frekuensi gelombang sinusoida secara perlahan-lahan, diamati berapa range frekuensi dari nada Bb (alat masih membaca nada Bb).

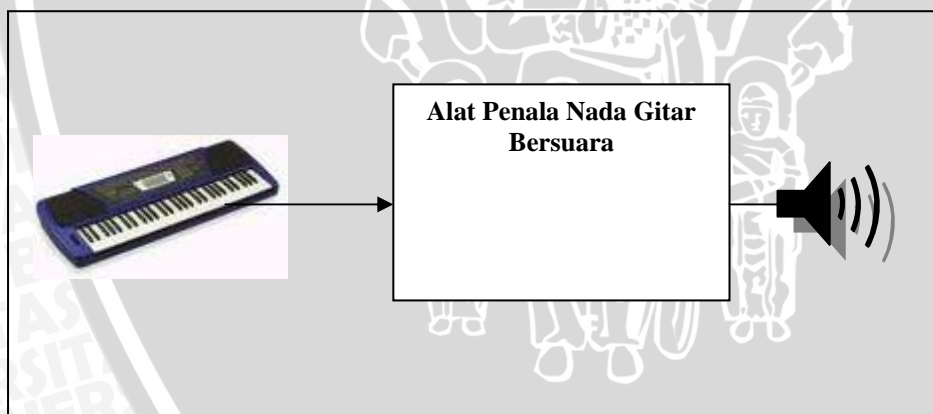
Dari pengujian didapat hasil bahwa alat masih membaca nada Bb pada frekuensi minimum 115,7 Hz dan frekuensi maksimum 117,1 Hz. Dan bila digambarkan dengan garis frekuensi seperti dalam Gambar 5.14, maka bisa diperoleh berapa besar penyimpangan terbesar penalaan nada dari frekuensi sebenarnya.



Gambar 5.14. Hasil pengujian penyimpangan penalaan nada dari frekuensi nada sebenarnya

Dari Gambar 5.14 bisa diperoleh kesimpulan bahwa terjadi penyimpangan terbesar adalah 18,57%. Besar penyimpangan ini disebabkan oleh proses penyederhanaan periode. Pada proses penyederhanaan periode terjadi proses membagi dua secara terus-menerus. Dan bila ada nilai pecahan pada proses membagi dua, pecahan tersebut dihilangkan. Dari nilai tersebut juga bisa disimpulkan bahwa alat mempunyai toleransi penyimpangan penalaan nada dari nada sebenarnya sebesar 18,57%.

5.7.2. Pengujian Sistem dengan Input Suara Gitar dari Keyboard Casio CTK-481



Gambar 5.15. Blok diagram pengujian alat penala nada gitar bersuara dengan keyboard sanyo

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat apakah alat sudah bisa diterapkan pada suara gitar yang ideal. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.15, Pengujian ini dilakukan dengan memberikan suara gitar yang bersumber dari *keyboard* yang merupakan representasi dari suara gitar yang benar-benar ideal. Suara yang dihasilkan *keyboard* menjadi input alat penala nada gitar bersuara dan kemudian diamati apakah nada yang terukur sesuai dengan nada yang dibangkitkan oleh *keyboard*. Pengujian dilakukan dengan memberikan suara dari *keyboard* mulai dari not nada C

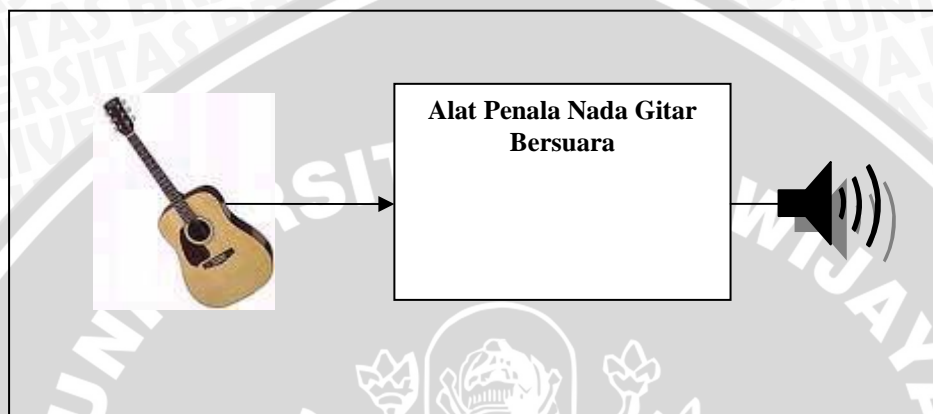
terendah (65,4 Hz) sampai dengan nada C tertinggi (2093 Hz). Dan pemberian suara dari setiap not nada dilakukan pengulangan sebanyak 30 kali.

Tabel 5.8. Hasil pengujian alat dengan input dari suara gitar keyboard Casio CTK-481

No.	Oktaf	Nada	Output alat	Kesalahan (%)
1	II	C	Nada C	0
2		Db	Nada Db	0
3		D	Nada D	0
4		Eb	Nada Eb	0
5		E	Nada E	0
6		F	Nada F	0
7		Gb	Nada Gb	0
8		G	Nada G	0
9		Ab	Nada Ab	0
10		A	Nada A	0
11		Bb	Nada Bb	0
12		B	Nada B	0
13	III	C	Nada C	0
14		Db	Nada Db	0
15		D	Nada D	0
16		Eb	Nada Eb	0
17		E	Nada E	0
18		F	Nada F	0
19		Gb	Nada Gb	0
20		G	Nada G	0
21		Ab	Nada Ab	0
22		A	Nada A	0
23		Bb	Nada Bb	0
24		B	Nada B	0
25	IV	C	Nada C	0
26		Db	Nada Db	0
27		D	Nada D	0
28		Eb	Nada Eb	0
29		E	Nada E	0
30		F	Nada F	0
31		Gb	Nada Gb	0
32		G	Nada G	0
33		Ab	Nada Ab	0
34		A	Nada A	0
35		Bb	Nada Bb	0
36		B	Nada B	0
37	V	C	Nada C	0
38		Db	Nada Db	0
39		D	Nada D	0
40		Eb	Nada Eb	0
41		E	Nada E	0
42		F	Nada F	0
43		Gb	Nada Gb	0
44		G	Nada G	0
45		Ab	Nada Ab	0
46		A	Nada A	0
47		Bb	Nada Bb	0
48		B	Nada B	0
49	VI	C	Nada C	0
50		Db	Nada Db	0
51		D	Nada D	0
52		Eb	Nada Eb	0
53		E	Nada E	0
54		F	Nada F	0
55		Gb	Nada Gb	0
56		G	Nada G	0
57		Ab	Nada Ab	0
58		A	Nada A	0
59		Bb	Nada Bb	0
60		B	Nada B	0
61	VII	C	Nada C	0

Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.8, yang menunjukkan bahwa nada yang terukur oleh alat sesuai dengan nada yang dihasilkan oleh Keyboard Casio CTK-481. Dan hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa alat mempunyai unjuk kerja yang bagus bila diberikan input suara gitar yang ideal.

5.7.3. Pengujian Sistem dengan Input Gitar Gillmore GA-01EQ



Gambar 5.16. Blok diagram pengujian alat penala nada gitar bersuara dengan input Gitar Gillmore GA-01EQ

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat apakah alat sudah bisa diterapkan untuk menala nada dari suara gitar yang sebenarnya. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.16, Pengujian ini dilakukan dengan memberikan suara gitar dari gitar akustik Gillmore GA-01EQ yang sudah diset dengan nada standar. Suara yang dihasilkan gitar menjadi input alat penala nada gitar bersuara dan kemudian diamati apakah nada yang terukur sesuai dengan nada yang dihasilkan gitar. Pengujian dilakukan dengan memetik gitar pada dawai dimulai dengan dawai paling besar (paling atas/paling besar), kemudian setelah beberapa detik setelah alat memberikan output berupa suara ucapan, dilakukan pemetikan dawai untuk yang kedua kali dan seterusnya. Pemberian input dengan dawai dan fret yang sama dilakukan berulang ulang sebanyak 50 kali. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.9, yang menunjukkan semua hasil pengujian pada setiap dawai.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dawai ke empat (G) hingga nada ke enam (E) sering terjadi nada yang tidak terbaca oleh alat, hingga menimbulkan kesalahan tidak terbaca sebanyak 13 kali (26%). Kesalahan tersebut terjadi karena suara pada dawai ke empat (G) sampai dawai ke enam (E) mempunyai suara dengan durasi waktu lebih pendek dari pada dawai yang lebih besar, selain itu gelombang elektrik yang telah

diubah juga mempunyai amplitudo yang lebih kecil dibanding dengan dawai yang lebih besar.

Tabel 5.9. Hasil pengujian alat dengan input dari gitar akustik Gillmore GA-01EQ

No.	String/Dawai	Fret	Nada yang dihasilkan Gitar	Output alat	Output alat salah	Tidak ada output (diam)	Kesalahan (%)
				sama dengan yang dihasilkan gitar	tidak sama dengan yang dihasilkan gitar		
1	I (dawai terbesar)	0	E	50 kali	-	-	0
2		1	F	50 kali	-	-	0
3		2	Gb	49 kali	-	1 kali	2
4		3	G	50 kali	-	-	0
5		4	Ab	49 kali	-	1 kali	2
6		5	A	50 kali	-	-	0
7		6	Bb	50 kali	-	-	0
8		7	B	48 kali	-	2 kali	4
9		8	C	50 kali	-	-	0
10		9	Db	50 kali	-	-	0
11		10	D	49 kali	-	1 kali	2
12		11	Eb	48 kali	<Eb=1 kali	1 kali	4
13		12	E	50 kali	-	-	0
14	II	0	A	50 kali	-	-	0
15		1	Bb	50 kali	-	-	0
16		2	B	48 kali	-	2 kali	4
17		3	C	50 kali	-	-	0
18		4	Db	50 kali	-	-	0
19		5	D	50 kali	-	-	0
20		6	Eb	50 kali	-	-	0
21		7	E	50 kali	-	-	0
22		8	F	50 kali	-	-	0
23		9	Gb	49 kali	-	1 kali	2
24		10	G	50 kali	-	-	0
25		11	Ab	50 kali	-	-	0
26	12	A	47 kali	<A=2 kali	1 kali	6	
27	III	0	D	50 kali	-	-	0
28		1	Eb	50 kali	-	-	0
29		2	E	50 kali	-	-	0
30		3	F	50 kali	-	-	0
31		4	Gb	50 kali	-	-	0
32		5	G	50 kali	-	-	0
33		6	Ab	50 kali	-	-	0
34		7	A	50 kali	-	-	0
35		8	Bb	47 kali	<B=1 kali	2 kali	6
36		9	B	48 kali	<C=1 kali	2 kali	6
37		10	C	50 kali	-	-	0
38		11	Db	50 kali	-	-	0
39	12	D	50 kali	-	-	0	
40	IV	0	G	48 kali	-	2 kali	4
41		1	Ab	45 kali	-	5 kali	10
42		2	A	46 kali	-	4 kali	8
43		3	Bb	49 kali	-	1 kali	2
44		4	B	43 kali	<B=2 kali	5 kali	14
45		5	C	48 kali	-	2 kali	4
46		6	Db	47 kali	-	3 kali	6
47		7	D	48 kali	-	2 kali	4
48		8	Eb	46 kali	-	4 kali	8
49		9	E	49 kali	-	1 kali	2

No.	String/Dawai	Fret	Nada yang dihasilkan Gitar	Output alat sama dengan yang dihasilkan gitar	Output alat salah tidak sama dengan yang dihasilkan gitar	Tidak ada output (diam)	Kesalahan (%)
50	V	10	F	44 kali	<Gb= 2 kali	4 kali	12
51		11	Gb	44 kali	<Gb= 1 kali, <G=1 kali	3 kali	10
52		12	G	42 kali	<Ab=1 kali	7 kali	16
53		0	B	43 kali	-	7 kali	14
54		1	C	45 kali	-	5 kali	10
55		2	Db	39 kali	-	11 kali	22
56		3	D	40 kali	-	10 kali	20
57		4	Eb	41 kali	-	9 kali	18
58		5	E	45 kali	-	5 kali	10
59		6	F	36 kali	<F=4 kali	10 kali	28
60		7	Gb	47 kali	-	3 kali	6
61	8	G	48 kali	-	2 kali	4	
62	9	Ab	39 kali	-	11 kali	22	
63	10	A	43 kali	<Bb=1 kali	6 kali	14	
64	11	Bb	41 kali	-	9 kali	18	
65	12	B	43 kali	-	7 kali	14	
66	VI (dawai rekecil)	0	E	46 kali	-	4 kali	8
67		1	F	42 kali	-	8 kali	16
68		2	Gb	39 kali	<Gb=1 kali	10 kali	22
69		3	G	40 kali	-	10 kali	20
70		4	Ab	38 kali	<Ab=3 kali	9 kali	24
71		5	A	43 kali	-	7 kali	14
72		6	Bb	35 kali	<A=4 kali	11 kali	30
73		7	B	32 kali	<C=5 kali	13 kali	36
74		8	C	37 kali	<C=4 kali	9 kali	26
75		9	Db	40 kali	<D=2 kali	8 kali	20
76		10	D	42 kali	<Eb=1 kali	7 kali	16
77		11	Eb	42 kali	<E=1 kali	7 kali	16
78	12	E	38 kali	<F=3 kali	9 kali	24	

Ada juga kesalahan yang lain, sehingga alat menunjukkan output berada dibawah atau diatas nada yang seharusnya. Hal ini bisa disebabkan karena frekuensi gelombang suara yang dihasilkan memang berubah turun atau naik dari frekuensi gelombang suara yang seharusnya. Naik turunnya frekuensi gelombang tersebut bisa disebabkan oleh beberapa hal, antara lain penekanan fret oleh jari yang terlalu menarik dawai kebawah atau keatas, pemetikan dawai yang terlalu keras sehingga ketegangan dawai menjadi berubah sesaat, dan bisa juga disebabkan pemasangan fret pada gitar yang memang tidak tepat. Dari pengujian secara keseluruhan kesalahan-kesalahan tersebut masih bisa ditolerir, karena alat tidak pernah menyimpang jauh dalam menala nada dari suara gitar. Dan rata-rata dawai cukup dipetik sekali atau dua kali, maka nada dari suara gitar bisa diperoleh.

5.8 Analisa Keseluruhan dari Hasil Pengujian Penala Nada Gitar Bersuara

Dari hasil pengujian sistem bisa di ambil suatu kesimpulan-kesimpulan teknis bahwa alat mempunyai rentang frekuensi optimum yang bisa di baca juga tegangan sumber maupun tegangan input dari pick-up supaya alat bisa memberikan bekerja dengan optimal. Hasil analisa tersebut dirangkum dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Spesifikasi kerja Penala Nada Gitar Bersuara

Parameter	Penala Nada Gitar Bersuara		Satuan
	Min	Max	
<i>Supply Voltage Analog</i>	± 5	± 15	volt
<i>Supply Voltage Digital</i>	5	6,6	volt
Output dari <i>pick-up</i>	10	-	mVpp
Frekuensi input	65,4	1500	Hz



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pembuatan, dan pengujian pembuatan alat penala nada gitar bersuara dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat mampu mendeteksi adanya suara gitar secara otomatis tanpa harus menekan tombol sama sekali.
2. Alat mampu menala nada dari gitar sesuai dengan nada yang diberikan pada frekuensi 65,4 Hz – 1500 Hz. Nada yang ditala ditampilkan dalam bentuk ucapan berbahasa Indonesia.
3. Alat mempunyai toleransi penyimpangan nada dari frekuensi nada yang sebenarnya di bawah 20 %.
4. Suara yang dihasilkan piranti perekam/pemutar suara, ISD2560, bisa menimbulkan kerancuan karena kualitas suara yang kurang halus.
5. Alat ini lebih universal dibanding penala nada gitar yang ditampilkan dengan visual, karena bisa digunakan oleh orang normal dan tuna netra.

6.2. Saran

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan alat ini dikemudian hari. Meskipun alat ini sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan masih ada hal-hal yang perlu ditingkatkan, diantaranya:

1. Perlu digunakan piranti yang mampu menampilkan suara dengan kualitas suara yang lebih bagus dan lebih jelas untuk didengarkan.
2. Alat masih terlalu besar dan kurang portabel, sehingga diperlukan perubahan desain maupun penggunaan komponen yang memiliki dimensi lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2003. *AT89C5. 8-bit microcontroller with 4Kbytes Flash*. Atmel Corporations, www.atmel.com
- Anonymous. 2003. *ISD2560/75/90/120 Single chip, multiple message, voice record/playback device 60-, 75-, 90- and 120- second duration*, www.winbond-usa.com.
- Anonymous. 2003. *Nodal Analysis of Op Amp Circuit*. Dallas-Maxim. www.maxim-ic.com
- Budjana. 2001. *Guitar Tutorial*. Jakarta: P.O.S. Entertainment
- Jansson. Erik. 2002. *Acoustic for Guitar and Violin Makers*. Kungl Tekniska Hogskolan Dept. of Speech, Music and Hearing. www.speech.kth.se
- Kugelstadt. Thomas. 2001. *Actives Filter Design Techniques*. Texas Instruments. www.focus.ti.com
- Li. Zengfeng. 2005. *Operational Ampilfier: ABEN504*. www.agrenv.mcgill.ca
- Luther. Bryan A. 1999. *wave superposition*. Instruments Incorporated. www.cord.edu
- Malvino. 1991. *Prinsip-prinsip Elektronika Jilid.1*. Jakarta : Erlangga

