

Analisa dan Sintesa Bunyi Dawai Pada Gitar Semi-Akustik

Eko Rendra Saputra, Agus Purwanto, dan Sumarna
Pusat Studi Getaran dan Bunyi, Jurdik Fisika, FMIPA, UNY

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sinyal periodik yang dihasilkan oleh dawai gitar, dan dari hasil analisis sinyal tersebut dapat disusun suatu sinyal baru dengan kualitas bunyi yang dihasilkan mendekati sama dengan bunyi yang dihasilkan oleh dawai yang dipetik.

Metode penelitian yang digunakan adalah dawai dipetik pada posisi 27 cm dari *bridge* dengan diberikan simpangan sebesar 2 mm. Ketika dawai dipetik suara yang dihasilkan direkam dengan menggunakan program *SOUND FORGE*[®]. Data suara hasil perekaman dengan *SOUND FORGE*[®] dianalisis dengan *FFT* untuk memperoleh spektrum sinyal tersebut, dan diperoleh komponen-komponen penyusun sinyal suara, yakni; frekuensi fundamental, frekuensi harmonik, dan taraf intensitas. Untuk dapat mengetahui komponen-komponen yang lain data suara dari *SOUND FORGE*[®] dikonversikan ke program *ORIGIN*[®] dan *MATLAB*[®]. Untuk melakukan proses sintesa bunyi digunakan program *MATLAB*[®].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa faktor mendasar yang menyusun suatu sinyal suara yakni; frekuensi fundamental, frekuensi harmonik, amplitudo, dan rasio amplitudo. Bunyi sinyal hasil rekonstruksi dari data-data di atas sudah cukup mendekati dengan bunyi alami yang ditimbulkan oleh dawai. Namun dengan penambahan faktor redaman maka bunyi yang dihasilkan akan lebih mirip atau menyerupai dengan bunyi dawai pada gitar semi-akustik.

Kata Kunci : *Sinyal, FFT, frekuensi, amplitudo, dan faktor redaman*

PENDAHULUAN

Gitar merupakan salah satu jenis alat musik petik. Gitar digolongkan dalam tiga jenis, yakni: gitar akustik, elektrik dan gabungan keduanya (semi-akustik). Suara dari masing-masing jenis tentu saja memiliki kekhasan tersendiri. Suara gitar merupakan salah satu bentuk gelombang yang dihasilkan dari getaran senar secara periodik. Oleh karena itu gelombang bunyi gitar merupakan fungsi periodik. Suatu fungsi periodik dapat diuraikan dalam deret fungsi yang mempunyai suku-suku harmonik. Deret fungsi suku-suku harmonik disebut juga deret Fourier. Dengan menggunakan analisa deret Fourier diharapkan dapat diketahui komponen-komponen penyusun sinyal suara dari gitar. Untuk dapat mengetahui kebenaran data yang diperoleh dari hasil analisa bunyi maka perlu rekonstruksi sinyal dengan menggunakan komponen-komponen yang telah diperoleh, atau yang dikenal dengan sintesa bunyi.

KAJIAN PUSTAKA

Senar pada gitar dapat diasumsikan sebagai dawai yang terikat pada $x = 0$ dan $x = L$. Saat senar bergetar, ada perubahan posisi yang biasa disebut dengan simpangan F dari posisi setimbang yang bergantung pada waktu t dan posisi x . Kita anggap simpangan ini sangat kecil. Dengan anggapan di atas maka simpangan tersebut memenuhi persamaan gelombang 1 dimensi (Boas, 1983):

$$\frac{\partial^2 F(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 F(x,t)}{\partial t^2} \quad \text{dimana } v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

v yang bergantung pada tegangan T dan kerapatan senar μ biasa disebut dengan kecepatan gelombang pada senar. Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan menggunakan metode separasi variabel, yaitu:

$$F(x,t) = X(x)T(t) \quad (2)$$

dengan anggapan bahwa X hanyalah merupakan fungsi posisi dan T hanya merupakan fungsi waktu.

Dengan mensubstitusikan persamaan (2) ke (1) maka didapatkan :

$$\begin{aligned} T(t) \frac{d^2 X(x)}{dx^2} &= \frac{1}{v^2} X(x) \frac{d^2 T(t)}{dt^2} \\ \frac{1}{X(x)} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} &= \frac{1}{v^2} \frac{1}{T(t)} \frac{d^2 T(t)}{dt^2} \end{aligned} \quad (3)$$

Pada persamaan (3), ruas kiri hanya merupakan fungsi posisi dan ruas kanan hanya merupakan fungsi waktu. Persamaan tersebut dipenuhi jika dan hanya jika kedua ruas sama dengan konstanta, misal $-k^2$, sehingga persamaan (3) menjadi :

$$\frac{1}{X(x)} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{1}{T(t)} \frac{d^2 T(t)}{dt^2} = -k^2 \quad (4)$$

Tanda minus berfungsi mengarahkan penyelesaian persamaan tersebut dalam bentuk fungsi sinus atau kosinus, sehingga persamaan (4) menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{d^2 X(x)}{dx^2} + k^2 X(x) &= 0 \\ \frac{d^2 T(t)}{dt^2} + k^2 v^2 T(t) &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

dengan penyelesaian berbentuk :

$$\begin{aligned} X(x) &\approx \begin{cases} \sin kx \\ \cos kx \end{cases} \\ T(t) &\approx \begin{cases} \sin kvt \\ \cos kvt \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

Karena senar diikat pada $x = 0$ dan $x = L$, maka nilai $F = 0$ untuk $x = 0$, $x = L$ dan setiap t . Oleh karena itu hanya ada pola $\sin kx$ pada persamaan (6). Senar yang disimpangkan mempunyai arti bahwa senar tersebut tidak diberikan kecepatan awal, sehingga $\frac{dF}{dt} = 0$ pada setiap titik saat $t = 0$, maka pola $\sin kvt$ tidak dipakai karena turunannya terhadap waktu tidak sama dengan nol saat $t = 0$. Dengan memasukkan syarat batas dan syarat awal tersebut maka didapatkan penyelesaian:

$$F(x,t) = X(x)T(t) \approx \sin kx \cos kvt \quad . \quad (7)$$

Untuk mendapatkan nilai $\sin kx = 0$ untuk $x = L$, maka nilai k adalah $n\pi/L$, sehingga solusi umumnya adalah :

$$F(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{n\pi}{L} x \cos \frac{n\pi}{L} vt \quad (8)$$

dengan :

- b_n : koefisien Fourier
- L : panjang senar
- n : bilangan bulat (1, 2, 3,)

Persamaan (7) berubah bentuk menjadi persamaan (8), karena persamaan (5) merupakan persamaan linear, sehingga jumlahan penyelesaian juga merupakan penyelesaiannya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Gelombang dan Bunyi, Jurdik Fisika, FMIPA, UNY dengan menggunakan Gitar Semi-akustik merek *STARSUN* yang dihubungkan dengan Amplifier *UCHIDA TA-2MS*. *Output* dari Amplifier

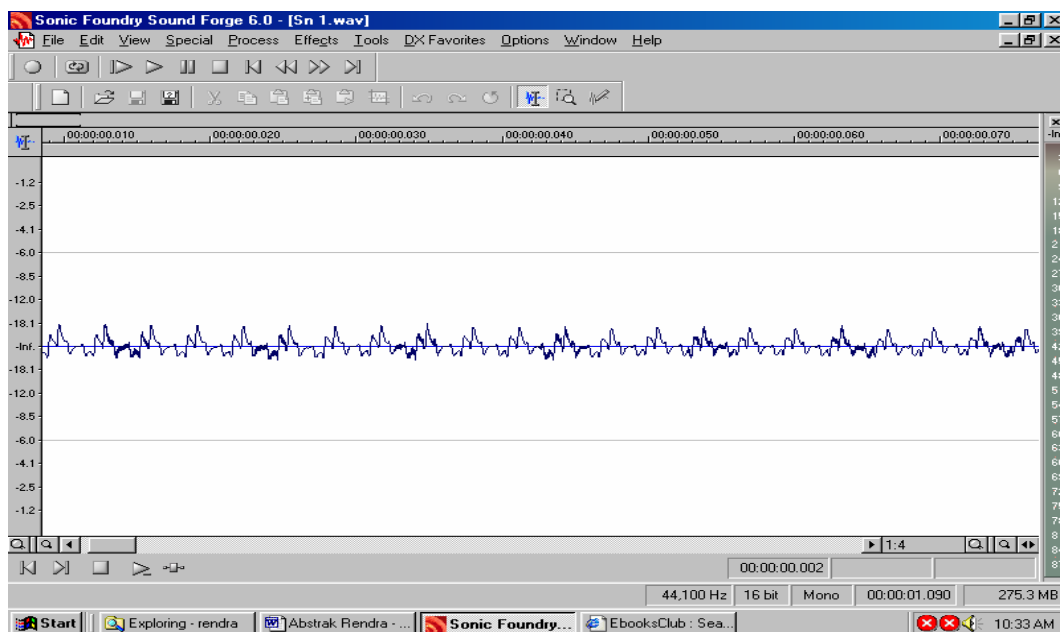
dihubungkan dengan *line in* pada ADC (*Soundcard*). Kemudian data direkam dengan menggunakan *software SOUND FORGE*.

Untuk proses pengambilan data, dawai dipetik pada posisi 27 cm dari *bridge* dengan diberikan simpangan sebesar 2 mm. Sampel data yang diambil adalah nada D#4 pada senar pertama dan nada D#4 pada senar kedua, dengan durasi 1,090 detik untuk senar pertama dan 1,068 detik untuk senar kedua. *Sampling rate* proses perekaman adalah 44100 Hz, artinya dalam 1 detik data yang diambil sebanyak 44100.

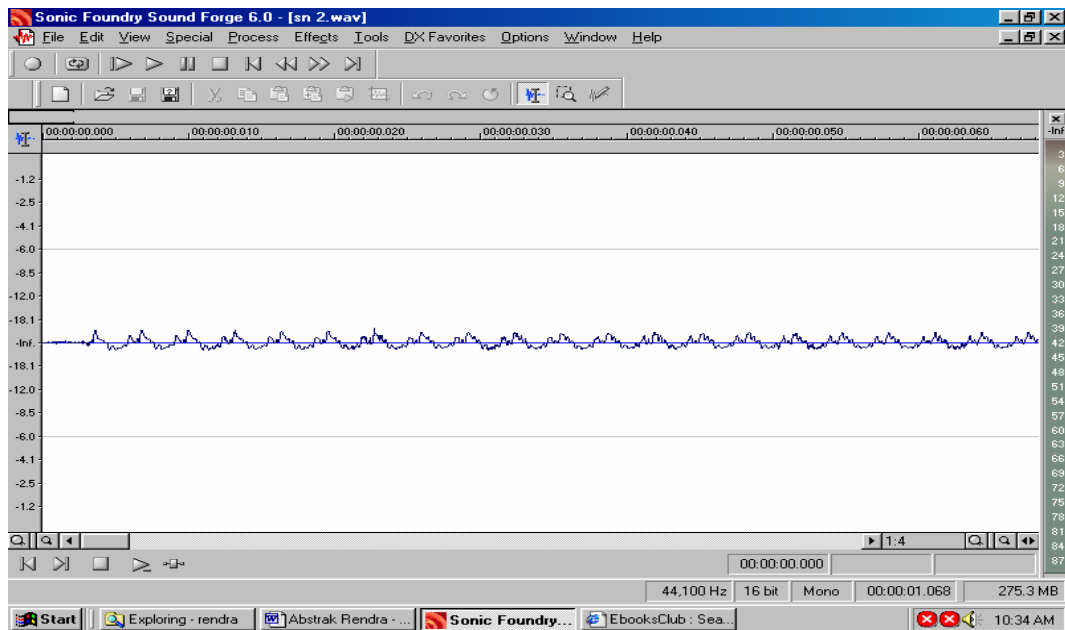
Untuk melakukan analisa data digunakan program *SOUND FORGE*, *ORIGIN*, dan *MATLAB* dengan menggunakan analisa *FFT*. Sedangkan proses sintesa bunyi dilakukan dengan program *MATLAB*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah tampilan gelombang sinyal suara gitar yang direkam dengan menggunakan *SOUND FORGE* dari dua jenis senar, dengan durasi 1,090 detik untuk senar pertama dan 1,068 detik untuk senar kedua yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

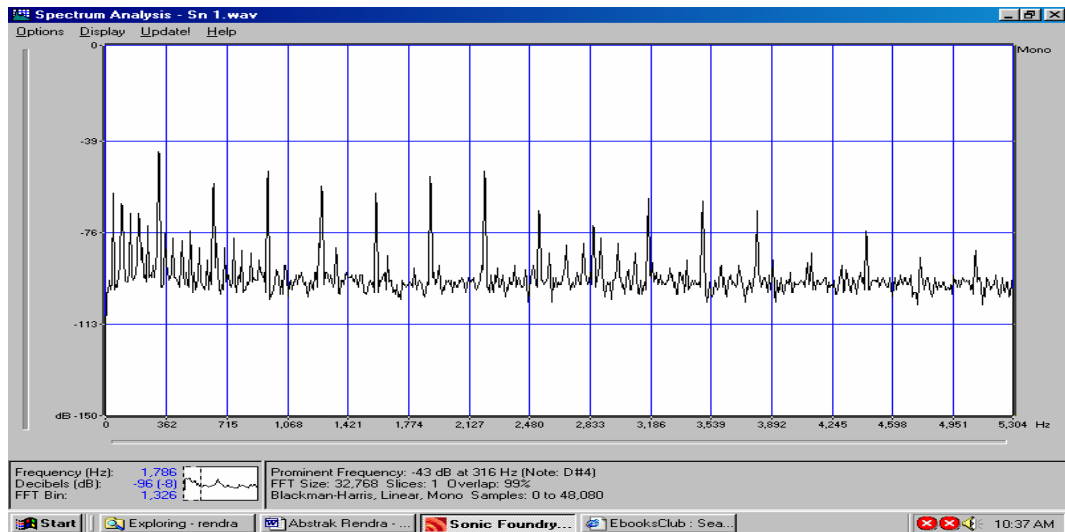


Gambar 1. Bentuk gelombang dari senar pertama

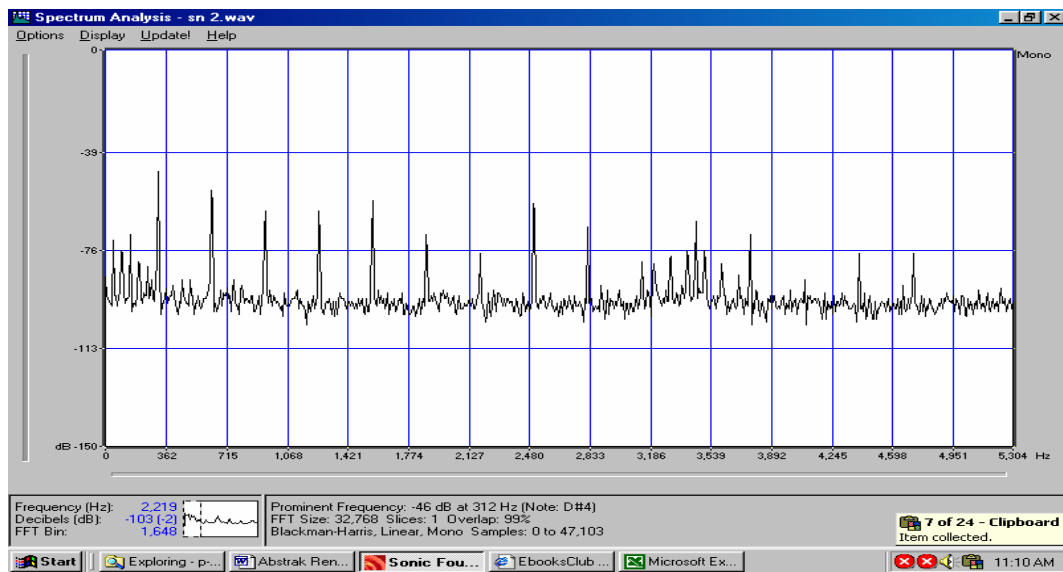


Gambar 2. Bentuk gelombang dari senar kedua.

Dengan menggunakan analisa FFT maka dapat kita peroleh spektrum sinyal tersebut seperti dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Spektrum sinyal dari suara senar pertama.



Gambar 4. Spektrum sinyal dari suara senar kedua

Dengan memperhatikan Gambar 3 dan Gambar 4 dapat kita peroleh komponen-komponen penyusun sinyal tersebut (lampiran)

Dari tabel 1 dan 2 (lampiran) nilai dB di atas dapat kita asumsikan sebagai amplitudo sehingga perbandingan nilai-nilai dB dapat juga diasumsikan sebagai rasio amplitudo. Apabila kita amati besarnya frekuensi dari tiap-tiap harmonik maka akan terlihat pola $f_n = n f_1$, dengan n adalah harmonik ke- n dan f_1 merupakan frekuensi dasar atau yang dikenal dengan frekuensi *fundamental*. Dari komponen-komponen di atas dapat terlihat bahwa perbedaan mendasar atau yang paling signifikan dari kedua sinyal adalah rasio amplitudo. Karena dengan berubahnya rasio amplitudo akan berubah pula warna bunyi walaupun jumlah harmonik maupun frekuensinya tetap dan nada yang kita gunakan sama yakni D#4.

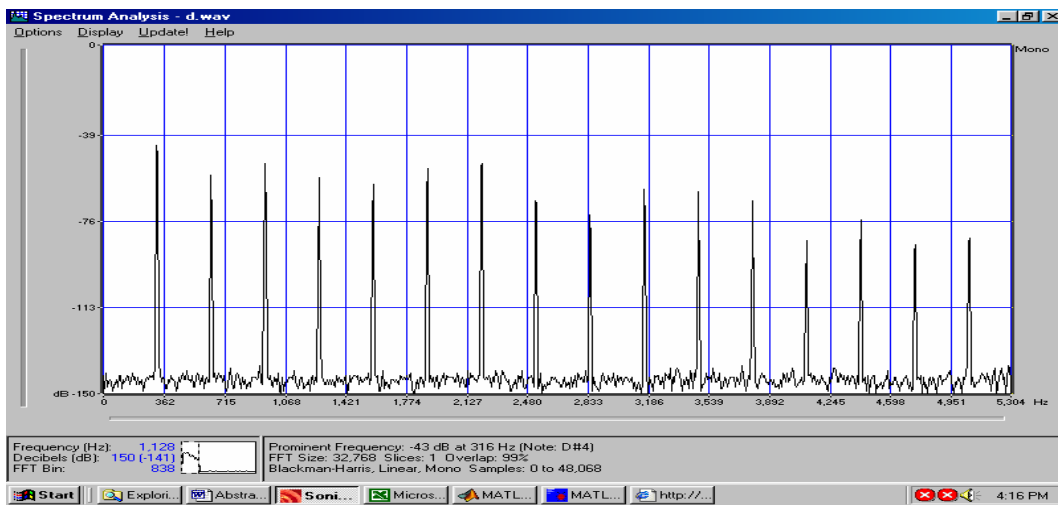
Untuk dapat membuktikan secara fisis kebenaran hasil analisis maka dilakukan proses sintesa bunyi, yakni dengan merekonstruksi sinyal suara berdasarkan komponen-komponen yang telah diperoleh. Dengan mengasumsikan sinyal suara yang kita dengar memiliki persamaan :

$$Y(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos 2\pi f_n t \quad (9)$$

dengan b_n adalah rasio amplitudo, n adalah harmonik ke- n , f_n adalah frekuensi harmonik ke- n dan t adalah waktu. Karena suara asli gitar makin lama akan makin lemah atau menghilang, maka persamaan (9) perlu ditambahi dengan nilai atau faktor redaman λ , menjadi :

$$Y(t) = \left(\sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos 2\pi f_n t \right) \exp(-\lambda t) \quad (10)$$

Dengan menggunakan perumusan di atas dan dengan memasukkan nilai rasio amplitudo untuk senar pertama adalah 1: 0.22: 0.37: 0.165: 0.11: 0.24 0.30: 0.046: 0.021: 0.070: 0.062: 0.039: 0.005: 0.0130: 0.0036: 0.0045 dan diasumsikan semua frekuensi teredam sama $\lambda = 0,10$ maka dapat kita peroleh suatu sinyal baru dengan spektrum adalah sebagai berikut, seperti ditunjukkan pada Gambar (5).



Gambar 5. Spektrum sinyal suara hasil sintesa dari data senar pertama

Hasil rekonstruksi sinyal suara dari suara senar pertama dengan suara senar kedua diperoleh suara yang dapat kita dengar mendekati sama dengan suara asli yang dihasilkan oleh gitar. Hal ini dapat ditunjukkan dengan melihat spektrum sinyal hasil rekonstruksi dan membandingkannya dengan spektrum sinyal alami seperti terlihat pada tabel 3 (lampiran) atau dengan mendengarkan suara alami yang dihasilkan oleh gitar dan dibandingkan dengan suara hasil sintesa bunyi.

KESIMPULAN

Dari dua senar yang diteliti, warna bunyi ditentukan oleh rasio amplitudo. Suara yang dihasilkan dari rekonstruksi sinyal yang tersusun atas frekuensi fundamental, frekuensi harmonik, amplitudo, dan rasio amplitudo sudah cukup mendekati atau sama dengan suara yang dihasilkan oleh gitar. Dengan menambah faktor redaman maka suara sinyal hasil sintesa bunyi akan lebih menyerupai sinyal suara alami gitar semi-akustik.

DAFTAR PUSTAKA

Boas, Mary L., 1983, *Mathematical Methods in The Physical Sciences*, John Wiley & Sons, Toronto.

LAMPIRAN :

Tabel 1. Komponen Penyusun Sinyal Suara Senar pertama

t = 0.000 - 1.090 s

harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
nada	d#4	d#5	a#5	d#6	g6	a#6	c#7	d#7	f7	g7	a7	a#7	c8	c#8	d8	d#8
frekuensi	316	635	952	1268	1584	1902	2219	2536	2853	3172	3490	3808	4125	4444	4760	5081
dB	-43	-56	-51	-57	-60	-53	-51	-67	-73	-62	-63	-67	-84	-75	-86	-83

Tabel 2. Komponen Penyusun Sinyal Suara Senar Kedua

t = 0.000 - 1.068 s

harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
nada	d#4	d#5	a#5	d#6	g6	a#6	c#7	d#7	f7	g7	a7	a#7	c8	c#8	d8	d#8
frekuensi	312	626	937	1250	1564	1878	2191	2505	2820	3135	3451	3767	4085	4402	4721	5101
dB	-46	-53	-61	-61	-57	-70	-77	-58	-67	-80	-65	-70	-87	-77	-77	-91

Tabel 3. Komponen Penyusun Sinyal Suara Senar pertama hasil sintesa

t = 0.000 - 1.090 s

harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
nada	d#4	d#5	a#5	d#6	g6	a#6	c#7	d#7	f7	g7	a7	a#7	c8	c#8	d8	d#8
frekuensi	316	633	948	1264	1580	1896	2213	2528	2844	3160	3476	3791	4108	4424	4740	5057
dB	-43	-56	-51	-57	-60	-53	-51	-67	-73	-62	-63	-67	-84	-75	-86	-83