BAB IV
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Percobaan Manual

Uji coba dengan pengamatan manual, melalui indera penglihatan dan pendengaran. Mendengarkan setiap terjadi peristiwa resonansi dan mencatat jarak peristiwa tersebut dengan titik awal, percobaan ini mengacu pada praktikum yang dilakukan di Laboratorium Fisika UNIKOM. Uji coba dilakukan dengan beberapa variant garputala yang berbeda, berikut adalah hasil dari percobaan manual beberapa garputala:

1. Garputala dengan nilai referensi produk 288 Hz

Tabel 4.1 Data Uji coba manual referensi produk 288 Hz

Percobaan ke	Panjang kolom suara	
	Resonansi 1	Resonansi 2
	L (cm)	L (cm)
1	28,5	87
2	29	86,7
3	28	86,6
4	27,8	86,6
5	27,5	86,6
6	27,5	87
7	28,5	87
8	28,5	86,7
9	27,5	87
10	27,8	87
Rata-rata	28,06	86,82

Tabel 4.1 merupakan data yang didapat dari beberapa tahapan percobaan pada laboratorium. Untuk mendapatkan nilai frekuensi berdasarkan pada tabel 4.1 dilakukan pengolahan data melalui beberapa tahapan perhitungan manual.

Tabel 4.2 Data pengolahan Least Square

Resonansi ke-	X	y(cm)	x^2	x.y
1	1	28,06	1	28,06
2	2	86,82	4	173,64
∑ Jumlah	3	114,88	5	201,7

x merupakan data resonansi ke-n dan y merupakan rata-rata panjang kolom udara pada resonansi ke-n. Dari data tabel 4.2 diatas, akan didapatkan nilai frekuensi dengan menguraikan rumus $L = \frac{2n+1}{4}\lambda$ terhadap persamaan garis lurus metode least square y =Ax + B, dimana A merupakan setengah dari panjang gelombang(λ) dari rumusan tersebut. Untuk menghitung frekuensi, nilai dari variabel B pada metode least square tidak diperlukan. Maka hanya variable A yang akan di hitung, berikut perhitungannya;

$$A = \frac{N\sum_{i=1}^{N} x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{N} y_i\right)}{N\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} x_i\right)^2}$$

Masukan dalam data pengolahan metode least square, maka dihasilkan sebagai berikut;

$$A = \frac{(2x201{,}7) - [3x114{,}88]}{2(5) - (3)^2}$$

$$A = 58{,}76$$

Sehingga diperoleh panjang gelombang yaitu ;

$\lambda = 2\,A = 2\,x\,58{,}76 = 117{,}52\,cm = 1{,}17\,m$

Dengan persamaan umum untuk menentukkan besarnya frekuensi adalah $f = \frac{v}{\lambda}$ dengan v adalah cepat rambat gelombang di udara, yang diperoleh melalui pengukuran suhu (T) dan memasukkan ke dalam rumus berikut;

Diketahui T = 27^0C

$v = 331{,}5 + 0{,}606\mathrm{T} = 331{,}5 + 0{,}606(27) = 347{,}86\ {}^{\mathrm{m}}/_{\mathrm{S}}$

Maka nilai frekuensi

$$f = \frac{347{,}86}{1{,}17} = 297{,}31\,Hz$$

Perhitungan error dari nilai frekuensi produk sebagai berikut;

$$Error = \frac{f_{produk} - f_{per\ \text{hit ungan}}}{f_{produk}}\ x\ 100\% = \frac{288-297{,}31}{288}x\ 100\%$$

$= 3{,}23\%$

2. Garputala dengan nilai referensi produk 341,3 Hz

Tabel 4.3 Data Uji coba manual referensi produk 341,3 Hz

Percobaan ke	Panjang kolom suara	
	Resonansi 1	Resonansi 2
	L (cm)	L (cm)
1	24.8	76
2	23.7	75.6
3	23.6	76
4	24.8	76
5	24.8	76
6	24.8	75.6
7	23.6	75.6
8	23.6	76
9	24.8	75.6
10	23.6	76
Rata-rata	24.21	75.84

Tabel 4.3 merupakan data yang didapat dari beberapa tahapan percobaan pada laboratorium. Untuk mendapatkan nilai frekuensi berdasarkan pada tabel 4.3 dilakukan pengolahan data melalui beberapa tahapan perhitungan manual seperti pada percobaan nomor 1. Nilai dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan manual Frekuensi Referensi 341,3 Hz

λ (meter)	f (Suhu = 27^0C) (Hz)	Error Dari Frekuensi Referensi (%)
1.03	336.88	1.29

3. Garputala dengan nilai referensi produk 426,6 Hz

Tabel 4.5 Data Uji coba manual referensi produk 426,6 Hz

Percobaan ke	Panjang kolom udara		
	Resonansi 1	Resonansi 2	Resonansi 3
	L (cm)	L (cm)	L (cm)
1	18.4	97.3	97.3
2	17.9	95.5	95.5
3	18	96.5	96.5
4	17.6	96.2	96.2
5	17.6	96	96

Tabel 4.5 Lanjutan

6	18.4	96	96
7	18.4	97.3	97.3
8	18	97.3	97.3
9	17.6	95.5	95.5
10	18.4	95.5	95.5
Rata-rata	18.03	96.31	96.31

Tabel 4.5 merupakan data yang didapat dari beberapa tahapan percobaan pada laboratorium. Untuk mendapatkan nilai frekuensi berdasarkan pada tabel 4.5 dilakukan pengolahan data melalui beberapa tahapan perhitungan manual seperti pada percobaan nomor 1. Nilai dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan manual Frekuensi Referensi 426,6 Hz

λ (meter)	f (Suhu = 27^0C) (Hz)	Error Dari Frekuensi Referensi (%)
0.78	444.38	4.17

4. Garputala dengan nilai referensi produk 512 Hz

Tabel 4.7 Data Uji coba manual referensi produk 512 Hz

Percobaan ke	Panjang kolom udara		
	Resonansi 1	Resonansi 2	Resonansi 3
	L (cm)	L (cm)	L (cm)
1	16	50.4	84.5
2	16.8	50.2	85
3	15.5	49.8	84.8
4	16	50	85.1
5	16	51	84.5
6	15.5	50.2	84.5
7	15.5	50.4	84.5
8	15.5	50.4	85
9	16	51	85.1
10	16	51	85
Rata-rata	15.88	50.44	84.8

Tabel 4.7 merupakan data yang didapat dari beberapa tahapan percobaan pada laboratorium. Untuk mendapatkan nilai frekuensi berdasarkan pada tabel 4.7 dilakukan pengolahan data melalui beberapa tahapan perhitungan manual seperti pada percobaan nomor 1. Nilai dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan manual Frekuensi Referensi 512 Hz

λ (meter)	f (Suhu = 27^0C) (Hz)	Error Dari Frekuensi Referensi (%)
0.69	504.73	1.42

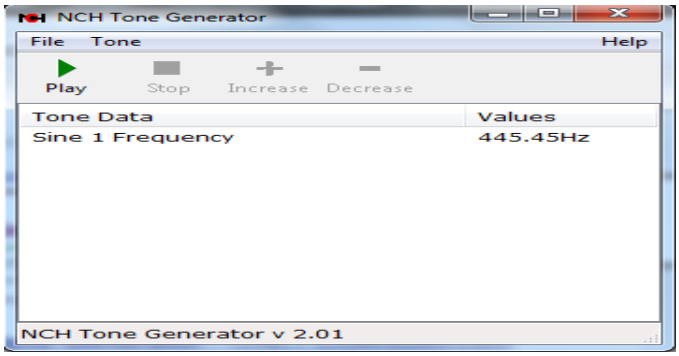
Rata-rata error dari keseluruhan pengujian manual dengan menggunakan empat variant frekuensi referensi sebagai berikut;

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum_{n=1}^{Jumla\ h\ data} error_n}{Jumlah\ data} = \frac{3{,}23 + 1{,}29 + 4{,}17 + 1{,}42}{4}$$

$$= \frac{10{,}11}{4} = 2{,}53\ \%$$

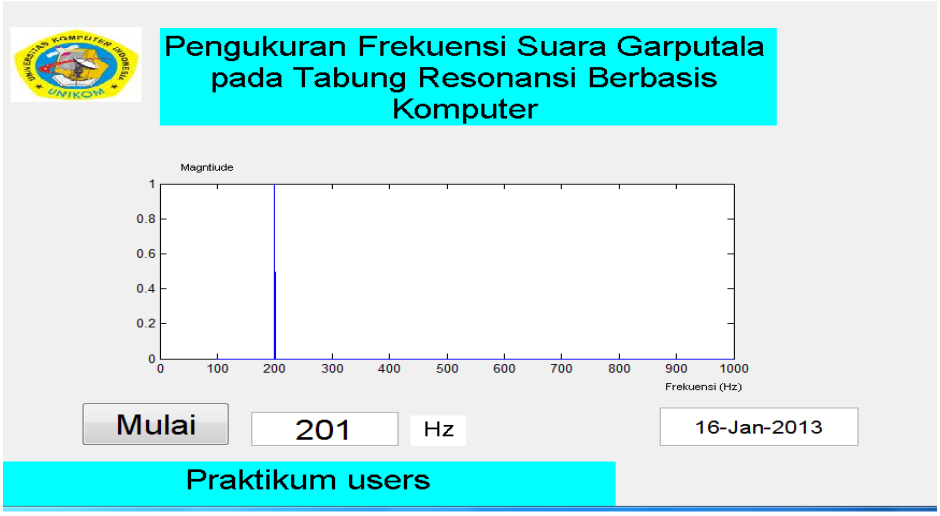
4.2 Pengujian Akurasi Sistem Komputer Dengan Generator

Pengujian ini bertujuan untuk kalibrasi sistem, untuk mengetahui sejauh mana error pada sistem dengan menaikkan frekuensi secara konstan atau bertahap. Generator yang digunakan berupa *software* NCH Tone Generator, yang umum digunakan dalam kalibrator suara atau alat musik.

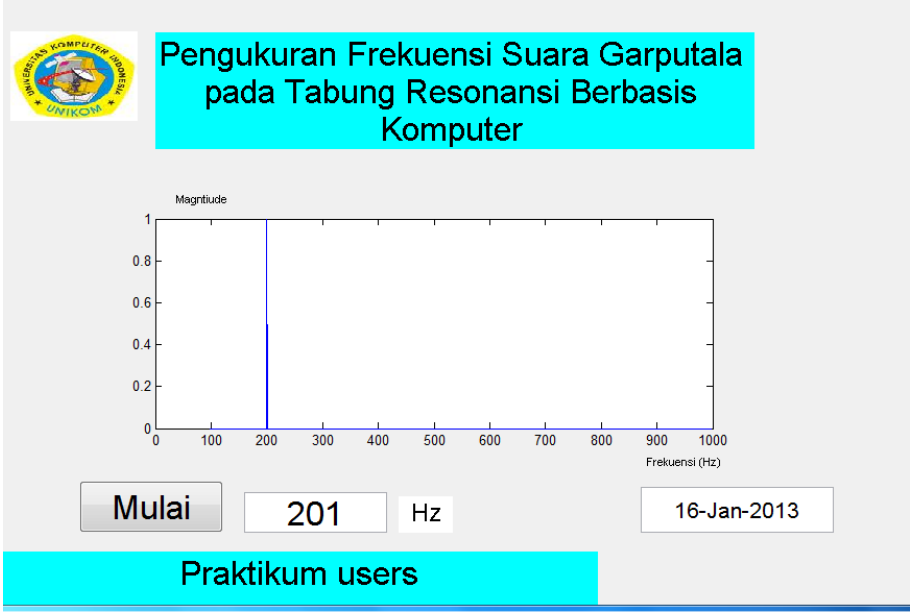


Gambar 4.1 NCH Tone Generator

Uji coba dengan menggunakan *speakers* dan *earphones* sebagai keluaran suara. Hasil dari uji coba dengan menggunakan generator dapat dilihat pada gambar 4.2 , 4.3 dan tabel 4.9.



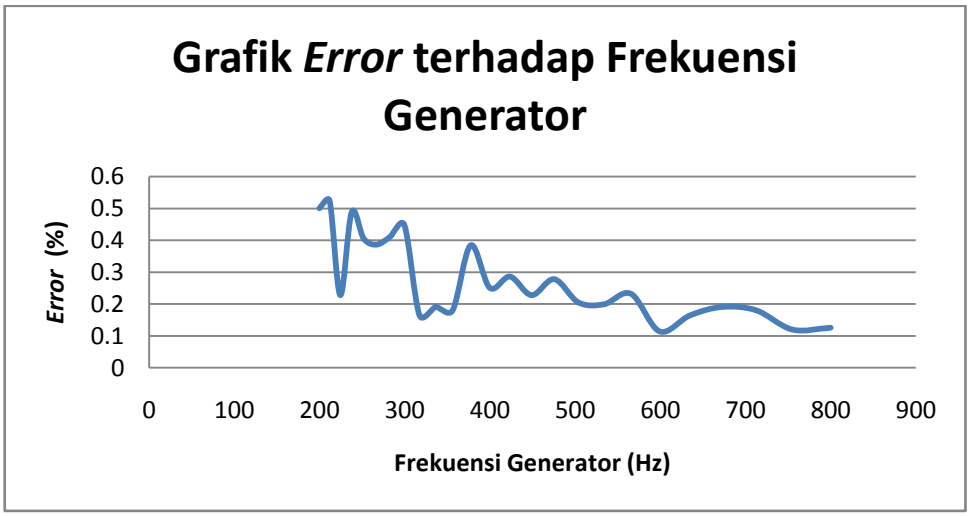
Gambar 4.2 Uji coba dengan *speakers*



Gambar 4.3 Uji coba dengan *earphones*

Tabel 4.9 Uji coba menggunakan *speakers* dan *earphones* sebagai generator

Speakers							*earphone*				
Percobaan ke-	tanggal	F(sistem) (Hz	F(generator) (Hz)	error(%)			Percobaan ke-	tanggal	F(sistem) (Hz)	F(generator) (Hz)	error(%)
1	11/29/2012 18:59	201	200	0.5			1	11/30/2012 7:27	201	200	0.5
2	11/29/2012 19:00	213	211.89	0.523857			2	11/30/2012 7:29	213	211.89	0.5238567
3	11/29/2012 19:01	225	224.49	0.227182			3	11/30/2012 7:36	225	224.49	0.2271816
4	11/29/2012 19:02	239	237.84	0.487723			4	11/30/2012 7:36	239	237.84	0.4877228
5	11/29/2012 19:04	253	251.98	0.404794			5	11/30/2012 7:36	253	251.98	0.404794
6	11/29/2012 19:06	268	266.97	0.385811			6	11/30/2012 7:37	268	266.97	0.3858111
7	11/29/2012 19:07	284	282.84	0.410126			7	11/30/2012 7:38	284	282.84	0.4101259
8	11/30/2012 3:19	301	299.66	0.447173			8	11/30/2012 7:39	301	299.66	0.4471735
9	11/30/2012 3:21	318	317.48	0.16379			9	11/30/2012 7:41	318	317.48	0.1637898
10	11/30/2012 3:24	337	336.36	0.190272			10	11/30/2012 7:42	337	336.36	0.1902723
11	11/30/2012 3:26	357	356.36	0.179594			11	11/30/2012 7:52	357	356.36	0.1795937
12	11/30/2012 3:29	379	377.55	0.384055			12	11/30/2012 7:58	379	377.55	0.3840551
13	11/30/2012 3:32	401	400	0.25			13	11/30/2012 7:59	401	400	0.25
14	11/30/2012 3:34	425	423.79	0.285519			14	11/30/2012 8:02	425	423.79	0.2855188
15	11/30/2012 3:36	450	448.98	0.227182			15	11/30/2012 8:04	450	448.98	0.2271816
16	11/30/2012 3:38	477	475.68	0.277497			16	11/30/2012 8:07	477	475.68	0.2774975
17	11/30/2012 6:00	505	503.97	0.204377			17	11/30/2012 8:09	505	503.97	0.2043772
18	11/30/2012 6:03	535	533.94	0.198524			18	11/30/2012 8:15	535	533.94	0.1985242
19	11/30/2012 6:05	567	565.69	0.231576			19	11/30/2012 8:19	567	565.69	0.2315756
20	11/30/2012 6:11	600	599.32	0.113462			20	11/30/2012 8:45	600	599.32	0.1134619
21	11/30/2012 6:13	636	634.96	0.16379			21	11/30/2012 8:46	636	634.96	0.1637898
22	11/30/2012 6:16	674	672.72	0.190272			22	11/30/2012 8:52	674	672.72	0.1902723
23	11/30/2012 6:30	714	712.72	0.179594			23	11/30/2012 8:54	714	712.72	0.1795937
24	11/30/2012 6:34	756	755.1	0.11919			24	11/30/2012 8:58	756	755.1	0.1191895
25	11/30/2012 6:36	801	800	0.125			25	11/30/2012 9:01	801	800	0.125
			Rata-rata	0.274814						Rata-rata	0.2748144



Gambar 4.4 Grafik *Error* terhadap Frekuensi Generator

Error didapatkan dari perhitungan :

$$Error = \frac{\left[f_{genera\ tor} - f_{sistem}\right]}{f_{genera\ tor}}\ x\ 100\%$$

Dengan menggunakan nilai frekuensi generator yang sama, hasil yang di dapat sama pula. *Speakers* maupun *earphones* tidak mempengaruhi hasil perhitungan sistem. Dari data yang didapatkan untuk kinerja sistem memiliki tingkat *error* relatif sangat kecil, sehingga sistem cukup akurasi walaupun tanpa kalibrasi. Pada gambar 4.4 menujukkan pada sistem, *error* cenderung meningkat ketika frekuensi yang diukur semakin rendah.

4.3 Pengujian Akurasi Sistem Komputer dengan Garputala

Pengujian sistem menggunakan garputala merupakan pembandingan dari yang dilakukan sebelumnya yaitu melalui pengujian manual yang dilakukan di laboratorium pada umumnya. Berikut data hasil pengujian :

1. Garputala dengan nilai referensi produk 288 Hz

   Hasil pengujian pada sistem menggunakan garputala yang mempunyai nilai referensi produk 288 Hz dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Pengujian Sistem dengan Garputala 288 Hz

Percobaan ke-	Tanggal	F(sistem) (Hz)	F(referensi) (Hz)	error(%)
1	11/28/2012 19:58	297	288	3.125
2	11/28/2012 20:00	297	288	3.125
3	11/28/2012 20:02	297	288	3.125
4	11/28/2012 20:06	297	288	3.125
5	11/28/2012 20:09	297	288	3.125
6	11/28/2012 20:11	297	288	3.125
7	11/28/2012 20:13	297	288	3.125
8	11/28/2012 20:14	297	288	3.125
9	11/28/2012 20:15	297	288	3.125
10	11/28/2012 20:17	297	288	3.125
11	11/28/2012 20:17	297	288	3.125
12	11/28/2012 20:18	297	288	3.125
13	11/28/2012 20:19	297	288	3.125
14	11/28/2012 20:24	297	288	3.125
15	11/28/2012 20:24	297	288	3.125
16	11/28/2012 20:26	297	288	3.125
17	11/28/2012 20:26	297	288	3.125

Tabel 4.10 Lanjutan

18	11/28/2012 20:26	297	288	3.125
19	11/28/2012 20:27	297	288	3.125
20	11/28/2012 20:28	297	288	3.125
			Rata-rata	3.125

2. Garputala dengan nilai referensi produk 341,3 Hz

   Hasil pengujian pada sistem menggunakan garputala yang mempunyai nilai referensi produk 341,3 Hz dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Pengujian Sistem dengan Garputala 341,3 Hz

Percobaan ke-	Tanggal	F(sistem) (Hz)	F(referensi) (Hz)	error(%)
1	11/28/2012 20:29	343	341.3	0.498096
2	11/28/2012 20:29	343	341.3	0.498096
3	11/28/2012 20:30	343	341.3	0.498096
4	11/28/2012 20:30	343	341.3	0.498096
5	11/28/2012 20:31	343	341.3	0.498096
6	11/29/2012 3:16	343	341.3	0.498096
7	11/29/2012 3:18	343	341.3	0.498096
8	11/29/2012 3:22	343	341.3	0.498096
9	11/29/2012 3:26	343	341.3	0.498096
10	11/29/2012 3:27	343	341.3	0.498096
11	11/29/2012 3:27	343	341.3	0.498096
12	11/29/2012 3:28	343	341.3	0.498096
13	11/29/2012 3:29	343	341.3	0.498096
14	11/29/2012 3:29	343	341.3	0.498096
15	11/29/2012 3:30	343	341.3	0.498096
16	11/29/2012 3:30	343	341.3	0.498096
18	11/29/2012 3:36	343	341.3	0.498096
19	11/29/2012 3:37	343	341.3	0.498096
20	11/29/2012 3:37	343	341.3	0.498096
			Rata-rata	0.498096

3. Garputala dengan nilai referensi produk 426,6 Hz

   Hasil pengujian pada sistem menggunakan garputala yang mempunyai nilai referensi produk 426,6 Hz dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengujian Sistem dengan Garputala 426,6 Hz

Percobaan ke-	Tanggal	F(sistem) (Hz)	F(referensi) (Hz)	error(%)
1	11/29/2012 10:06	426	426.6	0.140647
2	11/29/2012 10:06	426	426.6	0.140647
3	11/29/2012 10:09	426	426.6	0.140647
4	11/29/2012 10:11	426	426.6	0.140647
5	11/29/2012 10:11	426	426.6	0.140647
6	11/29/2012 10:13	426	426.6	0.140647
7	11/29/2012 10:15	426	426.6	0.140647
8	11/29/2012 10:15	426	426.6	0.140647
9	11/29/2012 10:17	426	426.6	0.140647
10	11/29/2012 10:18	426	426.6	0.140647
11	11/29/2012 10:18	426	426.6	0.140647
12	11/29/2012 10:19	426	426.6	0.140647
13	11/29/2012 10:25	426	426.6	0.140647
14	11/29/2012 10:25	426	426.6	0.140647
15	11/29/2012 10:26	426	426.6	0.140647
16	11/29/2012 10:26	426	426.6	0.140647
17	11/29/2012 10:27	426	426.6	0.140647
18	11/29/2012 10:27	426	426.6	0.140647
19	11/29/2012 10:27	426	426.6	0.140647
20	11/29/2012 10:27	426	426.6	0.140647
			Rata-rata	0.140647

4. Garputala dengan nilai referensi produk 512 Hz

   Hasil pengujian pada sistem menggunakan garputala yang mempunyai nilai referensi produk 512 Hz dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Pengujian Sistem dengan Garputala 512 Hz

Percobaan ke-	Tanggal	F(sistem) (Hz)	F(referensi) (Hz)	error(%)
1	11/29/2012 17:05	511	512	0.195313
2	11/29/2012 17:05	511	512	0.195313
3	11/29/2012 17:23	511	512	0.195313
4	11/29/2012 17:25	511	512	0.195313
5	11/29/2012 17:26	511	512	0.195313
6	11/29/2012 17:28	510	512	0.390625

Tabel 4.13 Lanjutan

7	11/29/2012 17:31	510	512	0.390625
8	11/29/2012 17:31	510	512	0.390625
9	11/29/2012 17:32	510	512	0.390625
10	11/29/2012 17:32	510	512	0.390625
11	11/29/2012 17:32	510	512	0.390625
12	11/29/2012 17:32	510	512	0.390625
13	11/29/2012 17:33	510	512	0.390625
14	11/29/2012 17:33	510	512	0.390625
15	11/29/2012 17:33	510	512	0.390625
16	11/29/2012 17:33	510	512	0.390625
17	11/29/2012 17:35	510	512	0.390625
18	11/29/2012 17:35	510	512	0.390625
19	11/29/2012 17:35	510	512	0.390625
20	11/29/2012 17:36	510	512	0.390625
			Rata-rata	0.341797

Rata-rata error dari keseluruhan pengujian sistem komputer dengan menggunakan empat variant frekuensi referensi sebagai berikut;

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum_{n=1}^{Jumla\ h\ data} error_n}{Jumlah\ data} = \frac{3{,}12 + 0{,}49 + 0{,}14 + 0{,}34}{4}$$

$$= \frac{4{,}09}{4} = 1{,}02\ \%$$

4.4 Analisa Pengujian

Perbandingan pengujian antara manual dengan sistem komputer, sistem komputer lebih baik jika dilihat dari tingkat *error*-nya yang dapat dirujuk pada frekuensi referensi. *Error* pada sistem komputer sebesar 1,02 % nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan pengujian manual sebesar 2,52 %. Pengukuran dari sistem tidak mengalami perubahan walaupun dilakukan beberapa kali percobaan sedangkan pada percobaan manual dilihat dari tabel 4.1, 4.3, 4.5, dan 4.7 data percobaan pertama sampai dengan percobaan akhir, diperoleh data yang tidak stabil karena pada percobaan manual digunakan indra manusia pendengaran dan kecepatan dalam mencatat posisi terjadinya resonansi dalam percobaan.

Sehingga kemungkinan akan terjadinya *error* cukup besar, dan kemungkinan akan terdapat beragam nilai frekuensi dari satu garputala yang memiliki frekuensi yang sama.