

## DAFTAR PUSTAKA

- Asis, Muhammad Akbar, 2017. *Prediksi Stabilitas Gerak Oleng Kapal Ferry RO-RO pada karakteristik Perairan Indonesia*. Skripsi. Universitas Hasanuddin
- Albert Embakment, 2006. *Interim Guidelines for Alternative Assasment of The Weather Criterion*, London, International maritime organisation.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2003. *Petunjuk Pengujian kemiringan dan Periode Oleng Kapal. Edisi 2003. Jakarta: Biro Klasifikasi indonesia*
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2007. *Shell Plating Part F Strengthenings in Way of Stern Frames, Propeller Brackets and Bilge Keels*. Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- Djabbar, M. Alham dan Rosmani, 2011. *Tahanan Kapal*. Lembaga Kajian Dan Pengembangan Pendidikan (LKPP). Universitas Hasanuddin.
- International Maritime Organisation, 2008. *Intact Stability Code. Third edition*. London: IMO
- Internasional Towing Tank Convernce, 2011. *Numerical Estimation of Roll Dumping*. Madrid : ITCC
- Komisi Nasional Kecelakaan Transportasi, 2016. *Laporan Investigasi Kecelakaan Kapal Laut*, Departemen Perhubungan Republik Indonesia.
- Mujahid, Ahmad S., Sahlan, Wibowo HN dan Samudro, 2011. *Kajian Desain Kapal Ferry Cepat Untuk Sarana Transportasi Sebagai Bis Air Untuk Daerah Sungai Musi Hingga Pulau Bangka*. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan.
- Republik Indonesia, 2017. *Penyelenggaraan Angkutan Penyeberangan*. Menteri Perhubungan. Jakarta.
- Safiu, Ardyan, 2018. *Analisis Olah Gerak Kapal Ferry Ro-ro- Berdasarkan Pengujian Model*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Zohuri B, (2015). *Dimensional Analysis and Self-Similarity Methods for Engineers and Scientists*. Springer International Publishing. Switzerland.



# LAMPIRAN



### Lampiran 4.1 : Inclining Test

Untuk mengetahui letak titik KG pada model dilakukan Inclining Test. Inclining Test ini dilakukan untuk menyesuaikan letak titik KG pada model yang sudah di skalakan dengan letak titik KG pada kapal sebenarnya

Table 4.1.1 Titik Stabilitas Perhitungan dari PT.IKI

Titik Stabilitas	Kapal	Model
<b>MK</b>	9,440 m	23,600 cm
<b>KG</b>	4,717 m	11,793 cm
<b>MG</b>	4,723 m	11,808 cm

Sumber : Skripsi Muhammad Akbar, 2017. Hal. 31

Inclining test ini dilakukan pada 2 (dua) model :

- Model kapal tanpa bilge keel
- Model kapal dengan menggunakan bilge keel

Pada setiap model akan dilakukan Inclining Test pada KG muatan full dan pada Limiting KG.

Berikut rincian Inclining Test yang telah dilakukan :

- Perhitungan displacement model untuk mengetahui berat beban yang ada pada model saat kondisi full load ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta m = \frac{\rho m}{\rho s} \times \frac{\Delta K}{\lambda^3}$$

Keterangan :

- $\rho m$  : massa jenis air tawar, 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho s$  : massa jenis air laut, 1025 kg/m<sup>3</sup>  
 $\Delta K$  : displacement kapal, 1217,582 ton  
 $\lambda^3$  : faktor skala

Sehingga diperoleh displacement model kapal :

$$\Delta m = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{1025 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1217,582 \text{ ton}}{40^3}$$

$$\Delta m = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{1025 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1217,582 \text{ ton}}{64000}$$



$$\Delta m = 0,01856 \text{ ton}$$

$$\Delta m = 18,56 \text{ kg}$$

Jadi displacement model yang di dapatkan adalah 18,56 kg.

- Selanjutnya untuk mengetahui berat beban pemberat yang diperlukan untuk model kapal mencapai muatan full load, model kapal ditimbang yang selanjutnya displacement model dikurangkan dengan berat model.



Gambar 4.1.1. Proses Penimbangan Model Kapal

Dengan demikian berat beban yang dibutuhkan untuk mencapai sarat maksimum pada model sebagai berikut :

$$\text{Berat Beban} = \text{Displacement model} - \text{berat model}$$

$$\text{Berat Beban} = 18,56 \text{ kg} - 5,68 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Beban} = 12,88 \text{ kg}$$

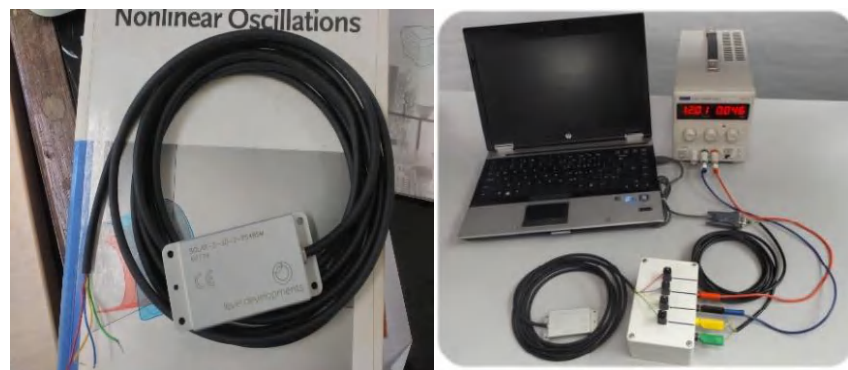
Catatan : Posisi model harus even keel pada saat percobaan sehingga peletakan beban perlu diatur sehingga model akan memiliki sarat depan dan sarat belakang sama.





Gambar 4.1.2. Pemberat sebagai beban muatan

- Selanjutnya melakukan percobaan Inclining test dengan menggunakan alat – alat seperti Inclinometer digital (Solar-2 : Dual Axis Inclinometer) yang memiliki kemampuan mengukur besaran sudut luruh (decay) yang terjadi pada model kapal selama pengujian secara akurat.



Gambar 4.1.3. Inclinometer Digital

Alat-alat tersebut dirangkai pada model yang akan dites, selanjutnya dilakukan proses Inclining Test pada model dengan cara mengatur beban pada kondisi muatan full. Percobaan Inclining Test ini dilakukan dalam 2 (dua) percobaan dengan beban yang berbeda. Berikut adalah rincian beban tambahan yang digunakan dalam percobaan Inclining Test :



Table 4.1.2 Beban Tambahan untuk proses Inclining Test

Beban Tambahan	
Nama	Berat (Gram )
<b>Beban 1</b>	1105
<b>Beban 2</b>	940



Gambar 4.1.4. Proses Inclining Test pada model

- Proses Inclining Test dilakukan pada setiap model yakni model kapal tanpa bilga keel dan model kapal menggunakan bilga keel dengan masing-masing percobaan pada KG aktual dan Limiting KG. Hasil Percobaan Inclining Test sebagai berikut :

Berat Total	: 18560,7 gram
MK kapal	: 9,44 m ~ 23,600 cm
KG kapal	: 4,717 m ~ 11,793 cm
Limiting KG kapal	: 5,107 m ~ 12,768 cm (tanpa bilga keel)
Limiting KG kapal	: 5,244 m ~ 13,110 cm (dengan bilga keel)
MG kapal	: 4,723 m ~ 11,808 cm

perpindahan titik berat akibat pergeseran beban Penentuan tinggi  
ra terhadap titik berat

$$MG = \frac{GG'}{\sin(\varnothing)}$$



$$GG' = \frac{P \times d}{\Delta}$$

Penentuan titik berat terhadap keel

$$KG = MK - MG$$

Masing-masing perpindahan beban dan hasil Inclining Test sebagai berikut :

Tabel 4.1.3. Hasil Inclining Test Model tanpa bilga keel pada KG aktual

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut ( $\emptyset$ ) Derajat	Sin( $\emptyset$ ) Derajat
1	1105	12	12	3,329	0,058069326
2	940	12,1	12,1	2,788	0,048640579

Rata-rata KG hasil Inclining :

Percobaan	KG
Prcobaan 1	4,795
Percobaan 2	4,644
Rata-rata	4,719

Tabel 4.1.4 Hasil Inclining Test Model tanpa bilga keel pada limiting KG

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut ( $\emptyset$ ) Derajat	Sin( $\emptyset$ ) Derajat
1	1105	12	12	3,565	0,062180848
2	940	12,1	12,1	3,094	0,053974246

Rata-rata KG hasil Inclining :

Percobaan	KG
Prcobaan 1	5,103
Percobaan 2	5,117
Rata-rata	5,110



Tabel 4.1.5. Hasil Inclining Test Model dengan bilga keel pada KG aktual

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut ( $\emptyset$ ) Derajat	Sin( $\emptyset$ ) Derajat
1	1105	12	12	3,329	0,058069326
2	940	12,1	12,1	2,788	0,048640579

Rata-rata KG hasil Inclining :

Percobaan	KG
Prcobaan 1	4,795
Percobaan 2	4,644
Rata-rata	4,719

Tabel 4.1.6. Hasil Inclining Test Model dengan bilga keel pada limiting KG

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut ( $\emptyset$ ) Derajat	Sin( $\emptyset$ ) Derajat
1	1105	12	12	3,716	0,064810976
2	940	12,2	12,2	3,185	0,055560112

Rata-rata KG hasil Inclining :

Tabel 4.1.7 KG rata-rata hasil inclining test

Percobaan	KG
Prcobaan 1	5,279
Percobaan 2	5,206
Rata-rata	5,242





## LAMPIRAN 4.2

### Perhitungan Koefisien a dan b

1. Percobaan Roll Decay Test pada KG aktual tanpa bilga keel

Tabel 4.3.1. Sudut Olenk pada kondisi KG aktual tanpa bilga keel

Run Time	Y Angle
0,428	-24,077
0,528	-23,739
0,628	-20,349
0,728	-11,588
0,829	-0,659
0,927	6,694
1,028	7,793
1,129	4,016
1,229	-3,285
1,328	-7,887
1,426	-5,947
1,527	0,038
1,629	4,896
1,728	5,256
1,826	1,439
1,928	-3,255
2,027	-5,293
2,127	-3,222
2,228	1,07
2,322	4,031
2,422	3,516
2,524	0,281
2,622	-2,986
2,723	-3,884
2,824	-1,86
2,928	1,349
3,028	3,16
3,13	2,311
3,232	-0,286
3,332	-2,53
3,435	-2,795
3,538	-1,005
3,637	1,32
3,738	2,333
3,842	1,379



3,942	-0,62
4,044	-2,063
4,152	-1,906
4,251	-0,379
4,422	1,234
4,522	1,703
4,624	1,16
4,725	-0,307
4,929	-1,568
5,023	-0,499
5,125	0,788
5,229	1,282
5,329	0,681
5,422	-0,47
5,529	-1,266
5,628	-1,143
5,728	-0,257
5,828	0,66
5,929	0,923
6,029	0,401
6,127	-0,446
6,234	-0,966
6,329	-0,805
6,428	-0,146
6,527	0,471
6,627	0,592
6,728	0,18
6,829	-0,399
6,926	-0,695
7,029	-0,521
7,128	-0,063
7,228	0,303
7,328	0,318
7,422	0,139
7,522	-0,341
7,622	-0,469
7,723	-0,403
7,824	-0,123
7,926	0,134
8,027	0,184
8,128	0,013
8,23	-0,233



8,333	-0,363
8,43	-0,292
8,534	-0,1
8,637	0,059
8,742	0,086
8,843	-0,019
8,943	-0,17
9,046	-0,263
9,147	-0,249
9,249	-0,147
9,351	-0,031
9,454	0,029
9,551	0,001
9,654	-0,097
9,755	-0,199
9,824	-0,199
9,926	-0,239
10,027	-0,188
10,128	-0,083
10,228	0,002
10,328	0,006

Dari tabel 4.2.1 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 4.2.2

Tabel 4.2.2. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi KG aktual tanpa bilga keel

Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
1,028	7,793	$\Phi_1$
1,328	-7,887	$\Phi_2$
1,728	5,256	$\Phi_3$
2,027	-5,293	$\Phi_4$
2,322	4,031	$\Phi_5$
2,723	-3,884	$\Phi_6$
3,028	3,16	$\Phi_7$
3,435	-2,795	$\Phi_8$
3,738	2,333	$\Phi_9$
4,044	-2,063	$\Phi_{10}$
4,522	1,703	$\Phi_{11}$
4,929	-1,568	$\Phi_{12}$
5,229	1,282	$\Phi_{13}$
5,529	-1,266	$\Phi_{14}$
5,929	0,923	$\Phi_{15}$
6,234	-0,966	$\Phi_{16}$
6,627	0,592	$\Phi_{17}$



<b>6,926</b>	-0,695	Φ18
<b>7,328</b>	0,318	Φ19
<b>7,622</b>	-0,469	Φ20
<b>8,027</b>	0,184	Φ21

Tabel 4.2.2 digunakan untuk mencari nilai  $N$  sebagai berikut :

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

$$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$$

$$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$$

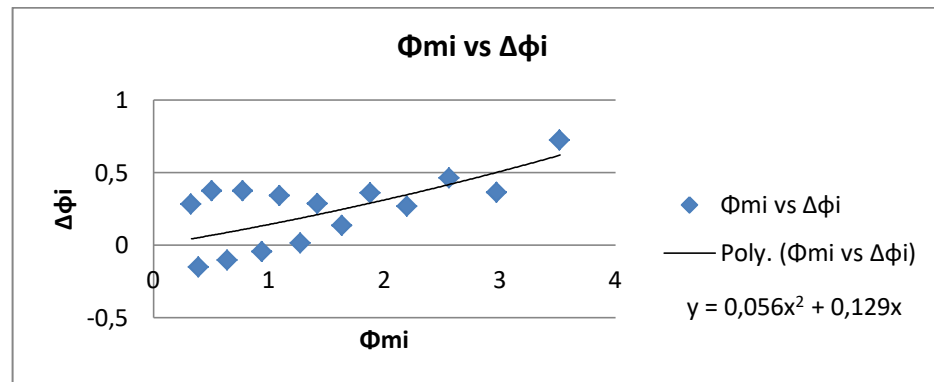
Berikut perhitungan nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  dalam bentuk tabel 4.2.3 :

Tabel 4.2.3 Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi KG aktual tanpa bilga keel

No.	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
1	-0,094	7,84
2	2,631	6,5715
3	-0,037	5,2745
4	1,262	4,662
5	0,147	3,9575
6	0,724	3,522
7	0,365	2,9775
8	0,462	2,564
9	0,27	2,198
10	0,36	1,883
11	0,135	1,6355
12	0,286	1,425
13	0,016	1,274
14	0,343	1,0945
15	-0,043	0,9445
16	0,374	0,779
17	-0,103	0,6435
18	0,377	0,5065
19	-0,151	0,3935
20	0,285	0,3265



Untuk mendapatkan nilai  $N$  dari tabel 33 adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva pada Gambar 4.2.1 :



Gambar 4.2.1. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  KG aktual tanpa bilga keel

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

Diketahui bahwa persamaan polinominan orde dua sebagai berikut :

$$\delta\phi = a \phi m + b \phi m^2$$

$$\frac{\delta\phi}{\phi m^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga, Nilai  $N$  adalah

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Diketahui bahwa koefisien  $a$  dan  $b$  adalah masing-masing 0,129 dan 0,056. Untuk nilai  $\phi m$  didapatkan dari percobaan roll decay test pada gelombang yang secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 3** sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel 34 :

Tabel 4.2.4 Nilai  $\phi m$  pada kondisi KG aktual tanpa bilga keel

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
	2,664	0,0088	4,844	0,0133	6,468	0,0177	7,445
	4,648	0,0072	7,082	0,0107	9,137	0,0143	10,878
	1,943	0,0059	3,934	0,0089	6	0,0118	6,963



Maka nilai

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga diperoleh nilai  $N$  pada Tabel 4. 3.5 :

Tabel 4.2.5 Nilai  $N(\phi r)$  pada kondisi KG aktual tanpa bilga keel

$\omega$ (herzt)	s	$\phi m$	$N(\phi r)$
<b>1,3289</b>	0,01	2,664	0,1044
<b>1,4766</b>	0,01	4,648	0,0838
<b>1,6243</b>	0,01	1,943	0,1224
<b>1,3289</b>	0,02	4,844	0,0826
<b>1,4766</b>	0,02	7,082	0,0742
<b>1,6243</b>	0,02	3,934	0,0888
<b>1,3289</b>	0,03	6,468	0,0759
<b>1,4766</b>	0,03	9,137	0,0701
<b>1,6243</b>	0,03	6	0,0775
<b>1,3289</b>	0,04	7,445	0,0733
<b>1,4766</b>	0,04	10,878	0,0679
<b>1,6243</b>	0,04	6,963	0,0745

2. Percobaan Roll Decay Test pada Limting KG tanpa bilga keel

Tabel 4.2.6. Sudut Oleng pada kondisi Limiting KG tanpa bilga keel

<b>Run Time</b>	<b>Y Angle</b>
<b>0,822</b>	-24,042
<b>0,922</b>	-23,685
<b>1,024</b>	-20,414
<b>1,156</b>	-11,044
<b>1,229</b>	0,044
<b>1,329</b>	7,006
<b>1,433</b>	6,841
<b>1,532</b>	1,161
<b>1,634</b>	-6,166
<b>1,737</b>	-8,026
<b>1,838</b>	-3,259
<b>1,94</b>	2,98
<b>2,041</b>	5,878
<b>2,143</b>	3,722
<b>2,246</b>	-1,256
<b>2,348</b>	-4,998
<b>2,447</b>	-4,835
<b>2,549</b>	-0,949



2,721	3,27
2,823	4,351
2,925	1,788
3,028	-1,974
3,127	-4,051
3,223	-3,021
3,328	0,232
3,433	2,962
3,521	2,965
3,625	0,541
3,727	-1,368
3,828	-3,047
3,928	-2,385
4,027	0,005
4,128	2,123
4,227	2,265
4,327	0,508
4,427	-1,586
4,527	-2,404
4,627	-1,412
4,728	0,522
4,828	1,812
4,926	1,457
5,053	-0,11
5,127	-1,552
5,229	-1,812
5,327	-0,745
5,428	0,74
5,522	1,422
5,627	0,835
5,722	-0,462
5,822	-1,393
5,922	-1,286
6,022	-0,288
6,124	0,76
6,227	1,037
6,328	0,381
6,428	-0,615
6,531	-1,171
6,67	-0,876
6,734	-0,028
6,836	0,675



<b>6,939</b>	0,773
<b>7,041</b>	0,327
<b>7,141</b>	-0,437
<b>7,245</b>	-0,901
<b>7,346</b>	-0,729
<b>7,449</b>	-0,097
<b>7,55</b>	0,458
<b>7,654</b>	0,507
<b>7,761</b>	0,064
<b>7,924</b>	-0,49
<b>8,026</b>	-0,709
<b>8,127</b>	-0,454
<b>8,226</b>	0,031
<b>8,327</b>	0,357
<b>8,427</b>	0,28
<b>8,528</b>	-0,111
<b>8,628</b>	-0,474
<b>8,728</b>	-0,539
<b>8,828</b>	-0,277
<b>8,928</b>	0,079
<b>9,027</b>	0,249
<b>9,127</b>	0,112
<b>9,226</b>	-0,198
<b>9,327</b>	-0,418
<b>9,426</b>	-0,388
<b>9,528</b>	-0,154
<b>9,626</b>	0,075
<b>9,728</b>	0,128
<b>9,827</b>	-0,022
<b>9,927</b>	-0,238
<b>10,026</b>	-0,342
<b>10,128</b>	-0,259
<b>10,227</b>	-0,078
<b>10,327</b>	0,052
<b>10,427</b>	0,027
<b>10,522</b>	-0,058
<b>10,626</b>	-0,213
<b>10,765</b>	-0,275
<b>10,822</b>	-0,21
<b>10,922</b>	-0,086

el 4.2.6 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 4.2.7 :





Tabel 4.2.7. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi Limiting KG tanpa bilga keel

Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
1,329	7,006	$\Phi_1$
1,737	-8,026	$\Phi_2$
2,041	5,878	$\Phi_3$
2,348	-4,998	$\Phi_4$
2,823	4,351	$\Phi_5$
3,127	-4,051	$\Phi_6$
3,521	2,965	$\Phi_7$
3,828	-3,047	$\Phi_8$
4,227	2,265	$\Phi_9$
4,527	-2,404	$\Phi_{10}$
4,828	1,812	$\Phi_{11}$
5,229	-1,812	$\Phi_{12}$
5,522	1,422	$\Phi_{13}$
5,822	-1,393	$\Phi_{14}$
6,227	1,037	$\Phi_{15}$
6,531	-1,171	$\Phi_{16}$
6,939	0,773	$\Phi_{17}$
7,245	-0,901	$\Phi_{18}$
7,654	0,507	$\Phi_{19}$
8,026	-0,709	$\Phi_{20}$
8,327	0,357	$\Phi_{21}$

Tabel 4.2.7 yang digunakan untuk mencari nilai  $N$  sebagai berikut :

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

$$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$$

$$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$$

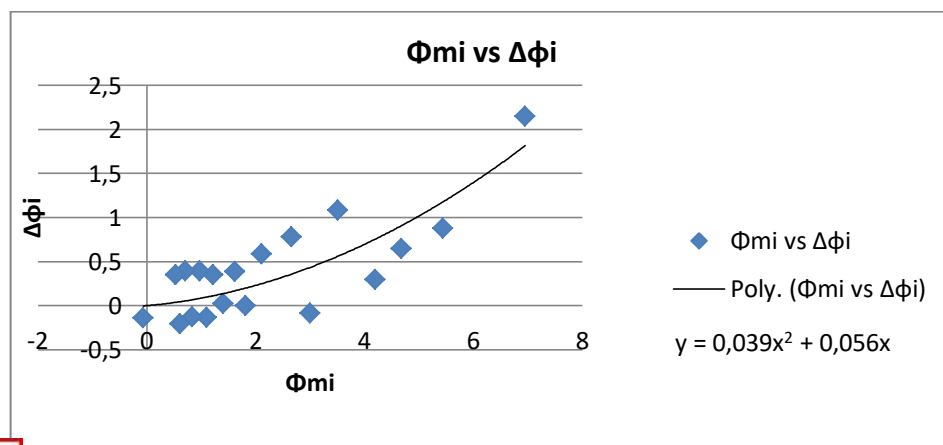
Berikut perhitungan nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  dalam bentuk tabel :



Tabel 4.2.8. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi Limiting KG tanpa bilga keel

NO	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
1	-1,02	7,516
2	2,148	6,952
3	0,88	5,438
4	0,647	4,6745
5	0,3	4,201
6	1,086	3,508
7	-0,082	3,006
8	0,782	2,656
9	-0,139	-0,0695
10	0,592	2,108
11	0	1,812
12	0,39	1,617
13	0,029	1,4075
14	0,356	1,215
15	-0,134	1,104
16	0,398	0,972
17	-0,128	0,837
18	0,394	0,704
19	-0,202	0,608
20	0,352	0,533

Untuk mendapatkan nilai  $N$  dari tabel 38 adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva pada Gambar 4.2.2 :



Gambar 4.2.2. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  Limiting KG tanpa bilga keel



$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

Diketahui bahwa persamaan polinominan orde dua sebagai berikut :

$$\delta\phi = a\phi m + b\phi m^2$$

$$\frac{\delta\phi}{\phi m^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga, Nilai  $N$  adalah

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Diketahui bahwa koefisien  $a$  dan  $b$  adalah masing-masing 0,039 dan 0,056. Untuk nilai  $\phi m$  didapatkan dari percobaan roll decay test pada gelombang yang secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 3** sehingga diperoleh nilai pada Tabel 4.2.9 :

Tabel 4.2.9. Nilai  $\phi m$  pada kondisi Limiting KG tanpa bilga keel

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
<b>0,0051</b>	1,18	0,0101	2,09	0,0152	3,509	0,0202	4,32
<b>0,0041</b>	3,383	0,0082	5,102	0,0123	6,574	0,0164	7,822
<b>0,0034</b>	3,719	0,0068	6,405	0,0101	8,313	0,0135	9,296

Maka nilai

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga diperoleh nilai  $N$  pada Tabel 40 :

Tabel 4.3.10 Nilai  $N(\phi r)$  pada kondisi Limiting KG tanpa bilga keel

$\omega$ (herzt)	s	$\phi m$	$N(\phi r)$
<b>1,2427</b>	0,01	1,18	0,0865
<b>1,3808</b>	0,01	3,383	0,0556
<b>1,5189</b>	0,01	3,719	0,0541
<b>1,2427</b>	0,02	2,09	0,0658
<b>1,3808</b>	0,02	5,102	0,0500
<b>1,5189</b>	0,02	6,405	0,0477
<b>1,2427</b>	0,03	3,509	0,0550



<b>1,3808</b>	0,03	6,574	0,0475
<b>1,5189</b>	0,03	8,313	0,0457
<b>1,2427</b>	0,04	4,32	0,0520
<b>1,3808</b>	0,04	7,822	0,0462
<b>1,5189</b>	0,04	9,296	0,0450

1. Percobaan Roll Decay Test pada KG Aktual dengan bilga keel

Tabel 4.2.11. Sudut Oleng pada kondisi KG aktual dengan bilga keel

<b>Run Time</b>	<b>Y Angle</b>
<b>0,93</b>	-24,689
<b>1,03</b>	-25,075
<b>1,13</b>	-24,78
<b>1,231</b>	-20,288
<b>1,327</b>	-10,275
<b>1,425</b>	1,647
<b>1,525</b>	8,791
<b>1,624</b>	8,501
<b>1,724</b>	3,927
<b>1,826</b>	-1,983
<b>1,927</b>	-6,226
<b>2,032</b>	-5,354
<b>2,133</b>	-1,02
<b>2,234</b>	2,894
<b>2,336</b>	4,111
<b>2,44</b>	2,568
<b>2,538</b>	-0,272
<b>2,642</b>	-2,286
<b>2,746</b>	-2,413
<b>2,865</b>	-0,952
<b>2,948</b>	0,894
<b>3,051</b>	1,845
<b>3,153</b>	1,428
<b>3,357</b>	-0,994
<b>3,456</b>	-1,27
<b>3,627</b>	-0,64
<b>3,729</b>	0,414
<b>3,83</b>	1,114
<b>3,931</b>	0,992
<b>4,031</b>	0,199
<b>4,13</b>	-0,618
<b>4,229</b>	-0,846
<b>4,33</b>	-0,407



4,43	0,285
4,53	0,727
4,631	0,744
4,73	0,359
4,831	-0,186
4,931	-0,514
5,029	-0,412
5,13	0,007
5,23	0,413
5,33	0,529
5,431	0,318
5,531	-0,069
5,631	-0,361
5,729	-0,328
5,83	-0,021
6,007	0,422
6,112	0,259
6,129	0,259
6,229	-0,036
6,33	-0,23
6,425	-0,207
6,524	0,008
6,625	0,246
6,724	0,302
6,825	0,165
6,927	-0,048
7,029	-0,172
7,131	-0,106
7,233	0,086
7,355	0,243
7,438	0,227
7,54	0,062
7,643	-0,113
7,744	-0,16
7,847	-0,081
7,948	0,101
8,05	0,242
8,152	0,23
8,255	0,077
8,356	-0,09
8,458	-0,14
8,628	-0,043



8,73	0,139
8,829	0,25
8,929	0,21
9,031	0,051
9,129	-0,125
9,229	-0,171
9,331	-0,058
9,43	0,13
9,531	0,276
9,63	0,274
9,73	0,14
9,825	-0,062
9,926	-0,19
10,031	-0,156
10,13	0,028
10,23	0,244
10,329	0,327
10,43	0,204
10,53	-0,044
10,628	-0,215
10,729	-0,167

Dari Tabel 4.2.11 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 4.3.12:

Tabel 4.2.12. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi KG aktual dengan bilga keel

Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
1,525	8,791	$\Phi_1$
1,927	-6,226	$\Phi_2$
2,336	4,111	$\Phi_3$
2,746	-2,413	$\Phi_4$
3,051	1,845	$\Phi_5$
3,456	-1,27	$\Phi_6$
3,83	1,114	$\Phi_7$
4,229	-0,846	$\Phi_8$
4,631	0,744	$\Phi_9$
4,931	-0,514	$\Phi_{10}$
5,33	0,529	$\Phi_{11}$
5,631	-0,361	$\Phi_{12}$
6,007	0,422	$\Phi_{13}$
6,33	-0,23	$\Phi_{14}$
6,724	0,302	$\Phi_{15}$
7,029	-0,172	$\Phi_{16}$



<b>7,355</b>	0,243	Φ17
<b>7,744</b>	-0,16	Φ18
<b>8,05</b>	0,242	Φ19
<b>8,458</b>	-0,14	Φ20
<b>8,829</b>	0,25	Φ21

Tabel 4.2.12 digunakan untuk mencari nilai  $N$  sebagai berikut :

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

$$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$$

$$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$$

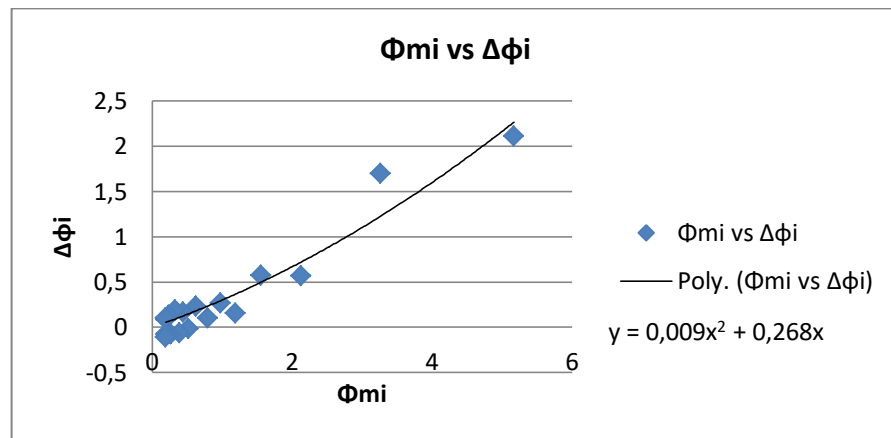
Berikut perhitungan nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  dalam bentuk tabel :

Tabel 4.3.13. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi KG aktual dengan bilga keel

No	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
<b>1</b>	2,565	7,5085
<b>2</b>	2,115	5,1685
<b>3</b>	1,698	3,262
<b>4</b>	0,568	2,129
<b>5</b>	0,575	1,5575
<b>6</b>	0,156	1,192
<b>7</b>	0,268	0,98
<b>8</b>	0,102	0,795
<b>9</b>	0,23	0,629
<b>10</b>	-0,015	0,5215
<b>11</b>	0,168	0,445
<b>12</b>	-0,061	0,3915
<b>13</b>	0,192	0,326
<b>14</b>	-0,072	0,266
<b>15</b>	0,13	0,237
<b>16</b>	-0,071	0,2075
<b>17</b>	0,083	0,2015
<b>18</b>	-0,082	0,201
<b>19</b>	0,102	0,191
<b>20</b>	-0,11	0,195



Untuk mendapatkan nilai  $N$  dari tabel diatas adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva pada Gambar 4.2.3 :



Gambar 4.2.12. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  KG aktual dengan bilga keel

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

Diketahui bahwa persamaan polinominan orde dua sebagai berikut :

$$\delta\phi = a \phi m + b \phi m^2$$

$$\frac{\delta\phi}{\phi m^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga, Nilai  $N$  adalah

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Diketahui bahwa koefisien a dan b adalah masing-masing 0,268 dan 0,009. Untuk nilai  $\phi m$  didapatkan dari percobaan roll decay test pada gelombang yang secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 3** sehingga diperoleh pada Tabel 4.2.14 :

Tabel 4.2.14. Nilai  $\phi m$  pada kondisi KG aktual dengan bilga keel

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
0,0051	1,731	0,0103	3,424	0,0154	5,083	0,0205	6,071
	2,256	0,0083	4,057	0,0125	5,323	0,0166	6,319
	1,837	0,0069	3,138	0,0103	3,578	0,0138	4,176





Maka nilai

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga diperoleh nilai  $N$  pada Tabel 4.3.15 :

Tabel 4.2.15. Nilai  $N(\phi_r)$  pada kondisi KG aktual dengan bilga keel

$\omega$ (herzt)	s	$\phi m$	$N(\phi_r)$
<b>1,2327</b>	0,01	1,731	0,1638
<b>1,3697</b>	0,01	2,256	0,1278
<b>1,5066</b>	0,01	1,837	0,1549
<b>1,2327</b>	0,02	3,424	0,0873
<b>1,3697</b>	0,02	4,057	0,0751
<b>1,5066</b>	0,02	3,138	0,0944
<b>1,2327</b>	0,03	5,083	0,0617
<b>1,3697</b>	0,03	5,323	0,0593
<b>1,5066</b>	0,03	3,578	0,0839
<b>1,2327</b>	0,04	6,071	0,0531
<b>1,3697</b>	0,04	6,319	0,0514
<b>1,5066</b>	0,04	4,176	0,0732

2. Percobaan Roll Decay Test pada Limting KG dengan bilga keel

Tabel 4.2.16. Sudut Oleng pada kondisi Limiting KG dengan bilga keel

<b>Run Time</b>	<b>Y Angle</b>
<b>0,629</b>	-24,62
<b>0,729</b>	-24,283
<b>0,827</b>	-23,655
<b>0,929</b>	-20,901
<b>1,028</b>	-12,267
<b>1,128</b>	-1,164
<b>1,227</b>	6,683
<b>1,321</b>	8,143
<b>1,427</b>	4,833
<b>1,522</b>	-0,116
<b>1,623</b>	-4,814
<b>1,723</b>	-5,406
<b>1,822</b>	-2,406
<b>1,924</b>	1,205
<b>2,027</b>	3,066



2,128	2,647
2,231	0,605
2,332	-1,413
2,434	-2,175
2,545	-1,885
2,635	-0,609
2,739	0,755
2,842	1,306
2,944	0,844
3,045	-0,17
3,147	-1,009
3,249	-1,167
3,35	-0,61
3,449	0,238
3,554	0,748
3,656	0,613
3,755	0,028
3,925	-0,556
4,021	-0,768
4,126	-0,539
4,228	-0,069
4,328	0,304
4,428	0,333
4,527	0,067
4,628	-0,259
4,729	-0,419
4,823	-0,353
4,926	-0,14
5,023	0,059
5,127	0,089
5,264	-0,06
5,325	-0,256
5,428	-0,33
5,529	-0,29
5,628	-0,122
5,726	0,049
5,823	0,104
5,929	-0,001
6,029	-0,212
6,127	-0,374
6,222	-0,371
6,322	-0,191



6,425	0,041
6,523	0,155
6,622	0,068
6,722	-0,152
6,823	-0,336
6,922	-0,381
7,022	-0,249
7,124	-0,025
7,226	0,118
7,328	0,083
7,429	-0,103
7,532	-0,103
7,633	-0,394
7,736	-0,309
7,841	-0,082
7,944	0,102
8,047	0,121
8,149	-0,037
8,253	-0,252
8,354	-0,376
8,457	-0,326
8,554	-0,136
8,623	-0,136
8,726	0,044
8,829	0,081
8,928	-0,042
9,029	-0,22
9,125	-0,324
9,227	-0,279
9,364	-0,116
9,427	-0,01
9,528	0,059
9,628	-0,023
9,726	-0,208
9,828	-0,347
9,928	-0,328
10,028	-0,154
10,128	0,041
10,227	0,119



ari tabel 4.2.16 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 4.2.17:

Tabel 4.2.17. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi Limiting KG dengan bilga keel

Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
1,321	8,143	$\Phi_1$
1,723	-5,406	$\Phi_2$
2,027	3,066	$\Phi_3$
2,434	-2,175	$\Phi_4$
2,842	1,306	$\Phi_5$
3,249	-1,167	$\Phi_6$
3,554	0,748	$\Phi_7$
4,021	-0,768	$\Phi_8$
4,428	0,333	$\Phi_9$
4,729	-0,419	$\Phi_{10}$
5,127	0,089	$\Phi_{11}$
5,428	-0,33	$\Phi_{12}$
5,823	0,104	$\Phi_{13}$
6,127	-0,374	$\Phi_{14}$
6,523	0,155	$\Phi_{15}$
6,922	-0,381	$\Phi_{16}$
7,226	0,118	$\Phi_{17}$
7,633	-0,394	$\Phi_{18}$
8,047	0,121	$\Phi_{19}$
8,354	-0,376	$\Phi_{20}$
8,829	0,081	$\Phi_{21}$

Tabel 4.2.17 digunakan untuk mencari nilai  $N$  sebagai berikut :

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

$$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$$

$$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$$

Berikut perhitungan nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  dalam bentuk tabel 4.3.18 :

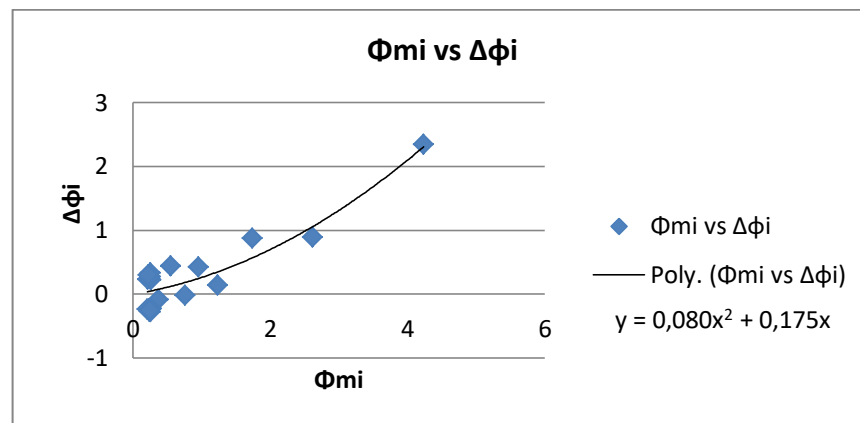
Tabel 4.2.18. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi Limiting KG dengan bilga keel

NO	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
1	2,737	6,7745
2	2,34	4,236
3	0,891	2,6205
4	0,869	1,7405



5	0,139	1,2365
6	0,419	0,9575
7	-0,02	0,758
8	0,435	0,5505
9	-0,086	0,376
10	0,33	0,254
11	-0,241	0,2095
12	0,226	0,217
13	-0,27	0,239
14	0,219	0,2645
15	-0,226	0,268
16	0,263	0,2495
17	-0,276	0,256
18	0,273	0,2575
19	-0,255	0,2485
20	0,295	0,2285

Untuk mendapatkan nilai  $N$  dari tabel 4.2.18 adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva berikut :



Gambar 4.2.4. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  Limiting KG dengan bilga keel

$$N = N(\phi_{mi}) = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2}$$

Diketahui bahwa persamaan polinominan orde dua sebagai berikut :

$$\delta\phi = a\phi m + b\phi m^2$$

$$\frac{\delta\phi}{\phi m^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$



Sehingga, Nilai  $N$  adalah

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Diketahui bahwa koefisien  $a$  dan  $b$  adalah masing-masing 0,175 dan 0,08. Untuk nilai  $\phi m$  didapatkan dari percobaan roll decay test pada gelombang yang secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 3** sehingga diperoleh nilai pada Tabel 4.2.19 :

Tabel 4.3.19. Nilai  $\phi m$  pada kondisi Limiting KG dengan bilga keel

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
<b>0,0054</b>	1,649	0,0109	2,95	0,0163	4,825	0,0217	5,963
<b>0,0044</b>	2,439	0,0088	3,955	0,0132	5,008	0,0176	6,121
<b>0,0036</b>	1,859	0,0073	3,133	0,0109	3,88	0,0145	4,053

Maka nilai

$$N = \frac{\delta\phi_i}{(\phi_{mi})^2} = \frac{a}{\phi m} + b$$

Sehingga diperoleh nilai  $N$  pada Tabel 50 :

Tabel 4.2.20. Nilai  $N(\phi r)$  pada kondisi Limiting KG dengan bilga keel

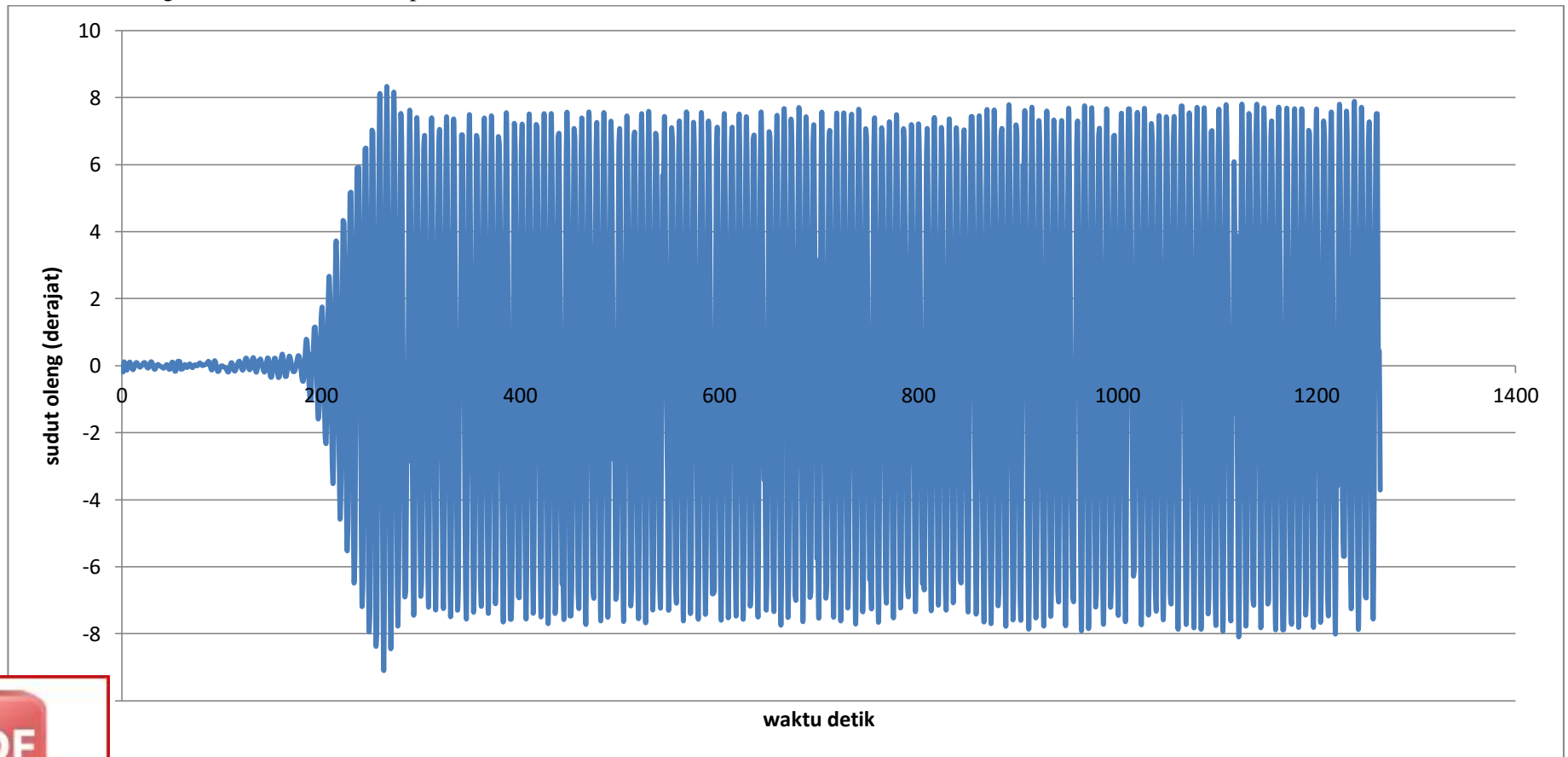
$\omega$ (herzt)	s	$\phi m$	$N(\phi r)$
<b>1,1992</b>	0,01	1,649	0,1861
<b>1,3324</b>	0,01	2,439	0,1518
<b>1,4657</b>	0,01	1,859	0,1741
<b>1,1992</b>	0,02	2,95	0,1393
<b>1,3324</b>	0,02	3,955	0,1242
<b>1,4657</b>	0,02	3,133	0,1359
<b>1,1992</b>	0,03	4,825	0,1163
<b>1,3324</b>	0,03	5,008	0,1149
<b>1,4657</b>	0,03	3,88	0,1251
<b>1,1992</b>	0,04	5,963	0,1093
<b>1,3324</b>	0,04	6,121	0,1086
<b>1,4657</b>	0,04	4,053	0,1232



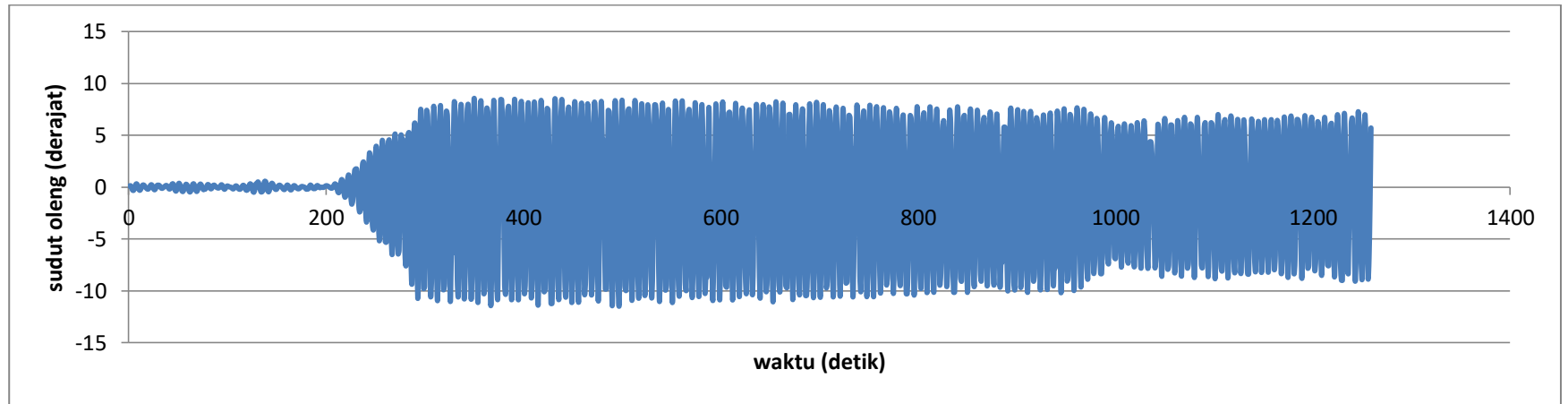
### Lampiran 4.3

a. Kurva Percobaan gelombang KG aktual tanpa bilga keel pada

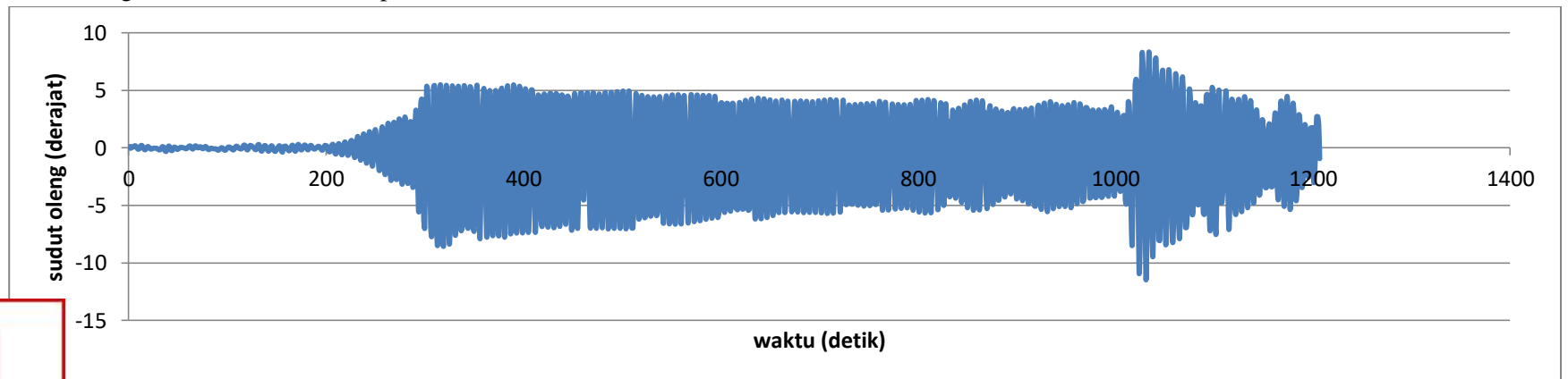
1. S 0,04 dengan frekuensi 1,3289 amplitudo 0,0177



2. S 0,04 dengan frekuensi 1,4766 amplitudo 0,0143

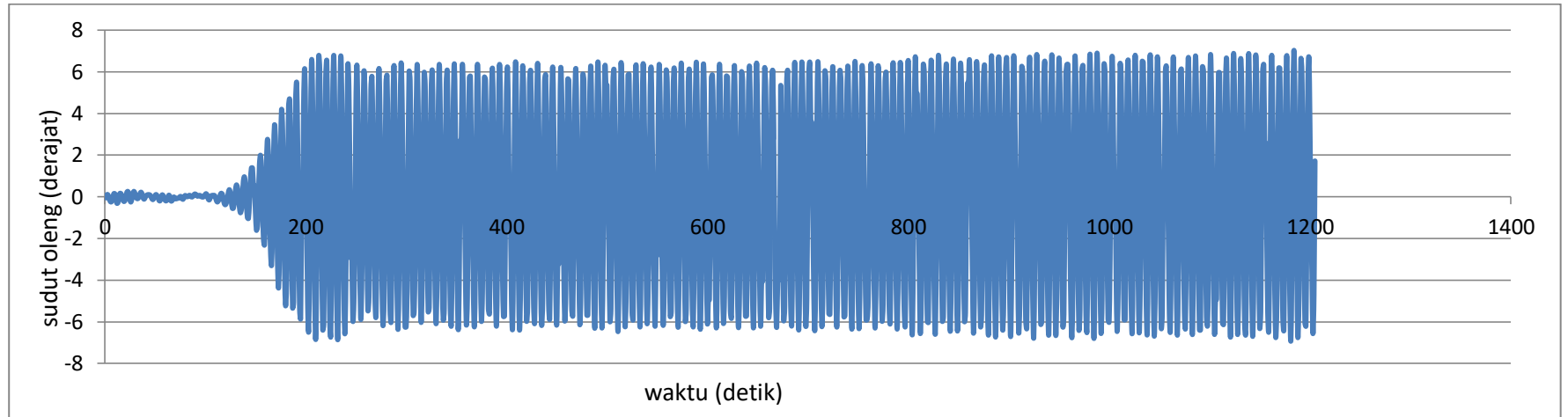


3. S 0,04 dengan frekuensi 1,6243 amplitudo 0,0118

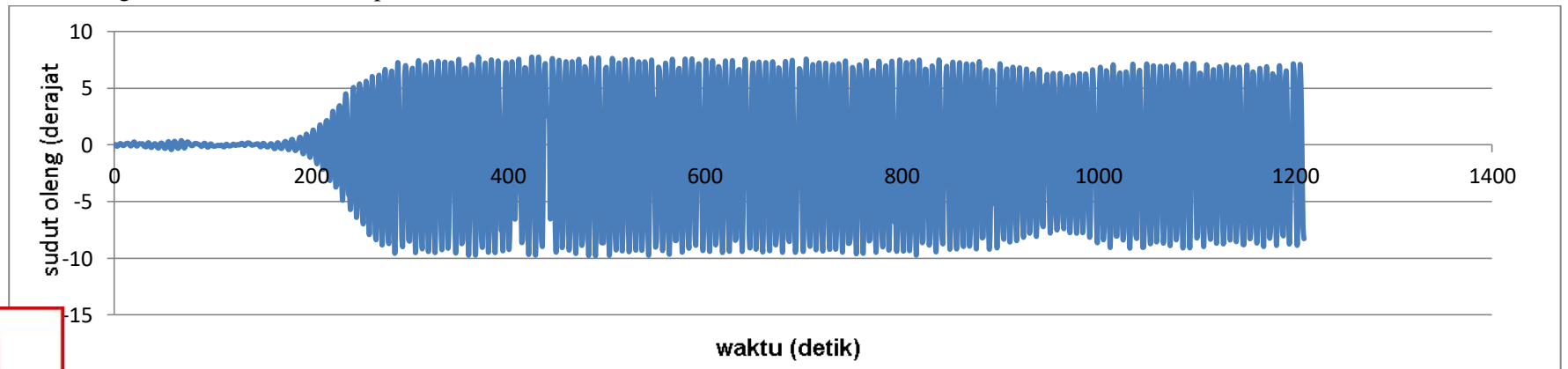




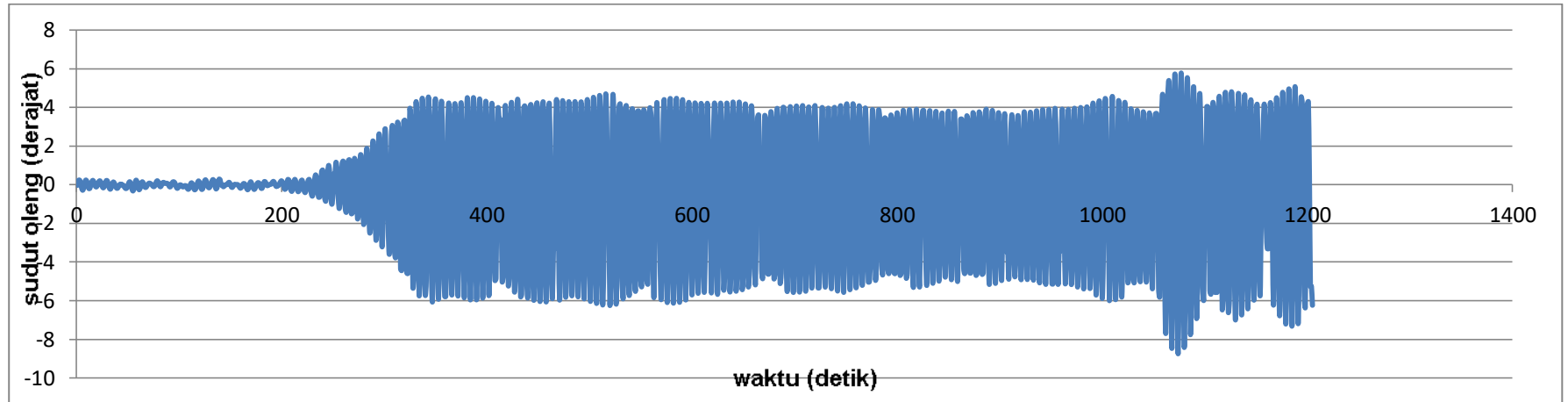
4. S 0,03 dengan frekuensi 1,3289 amplitudo 0,0133



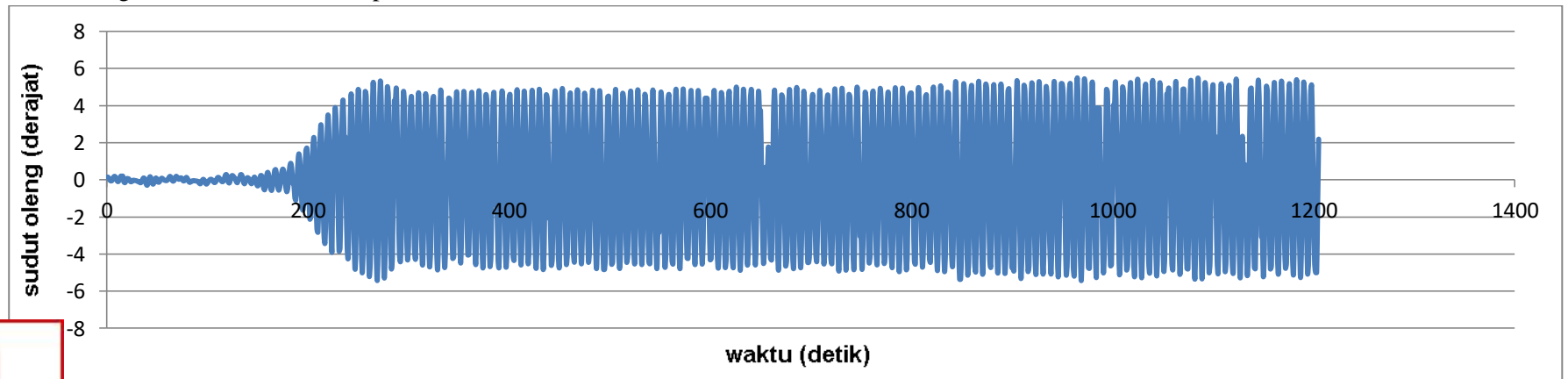
5. S 0,03 dengan frekuensi 1,4766 amplitudo 0,0107



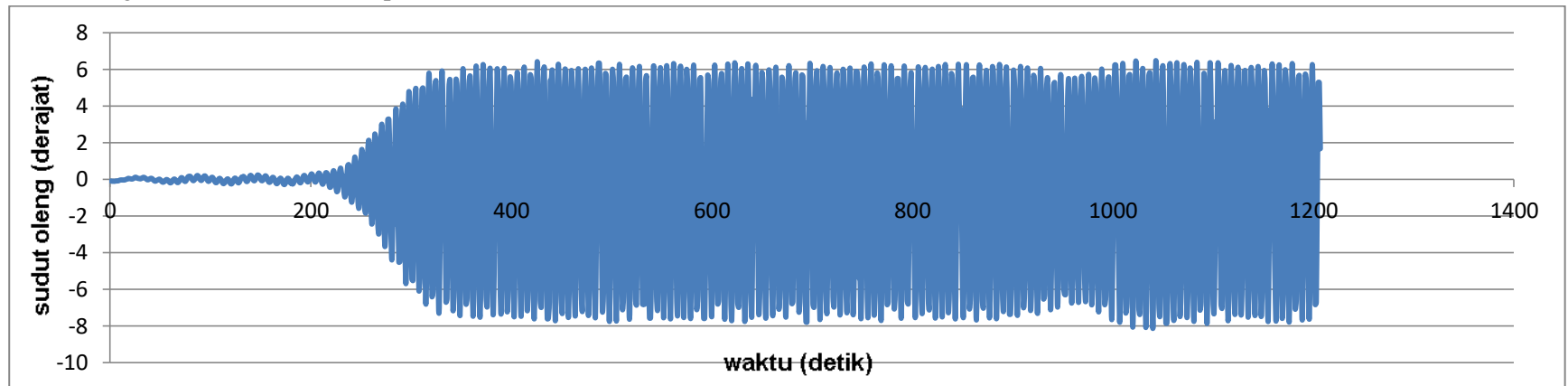
6. S 0,03 dengan frekuensi 1,6243 amplitudo 0,0089



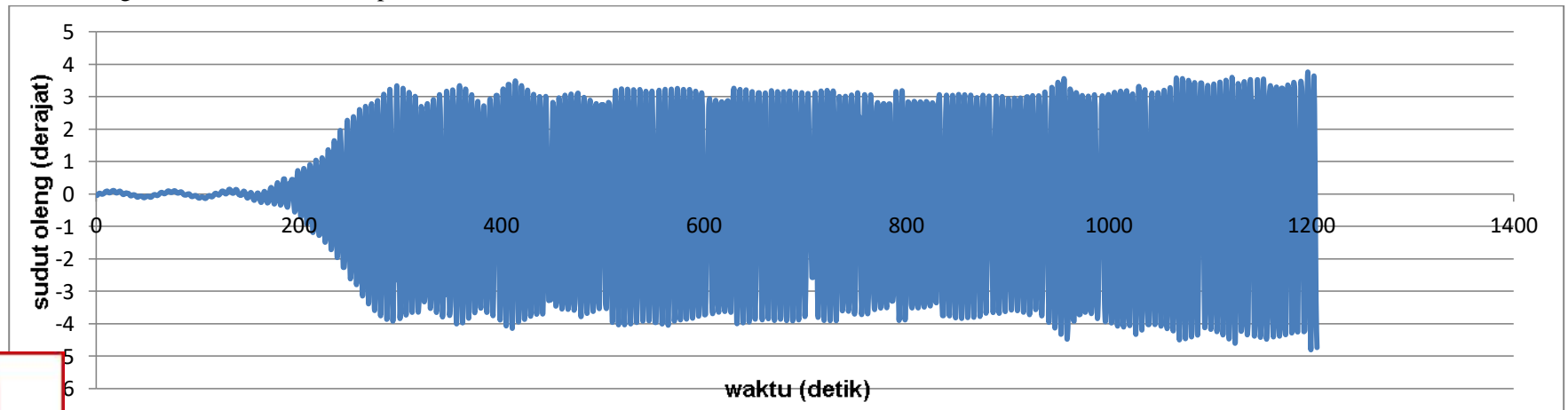
7. S 0,02 dengan frekuensi 1,3289 amplitudo 0,0088



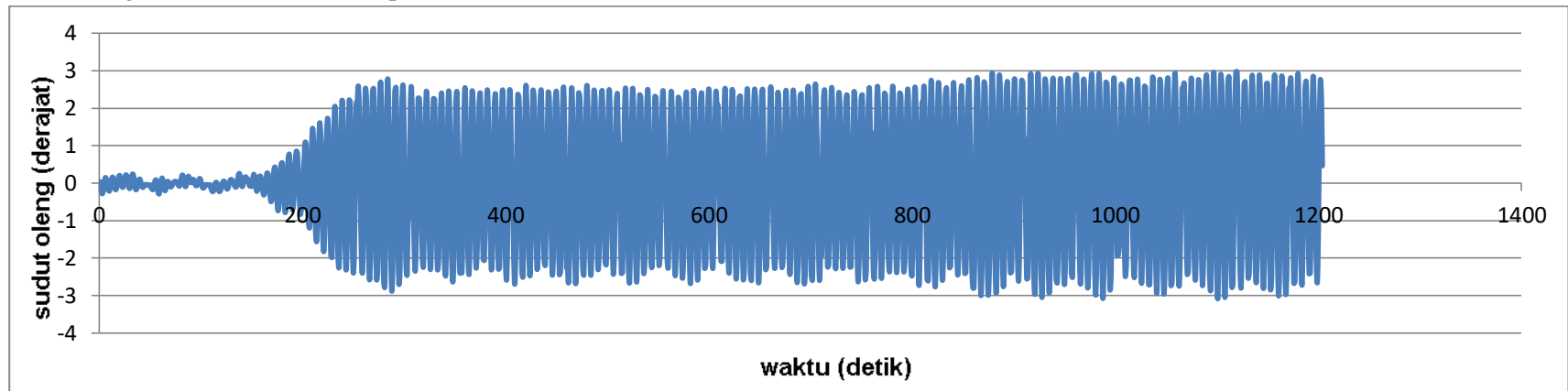
8. S 0,02 dengan frekuensi 1,4766 amplitudo 0,0072



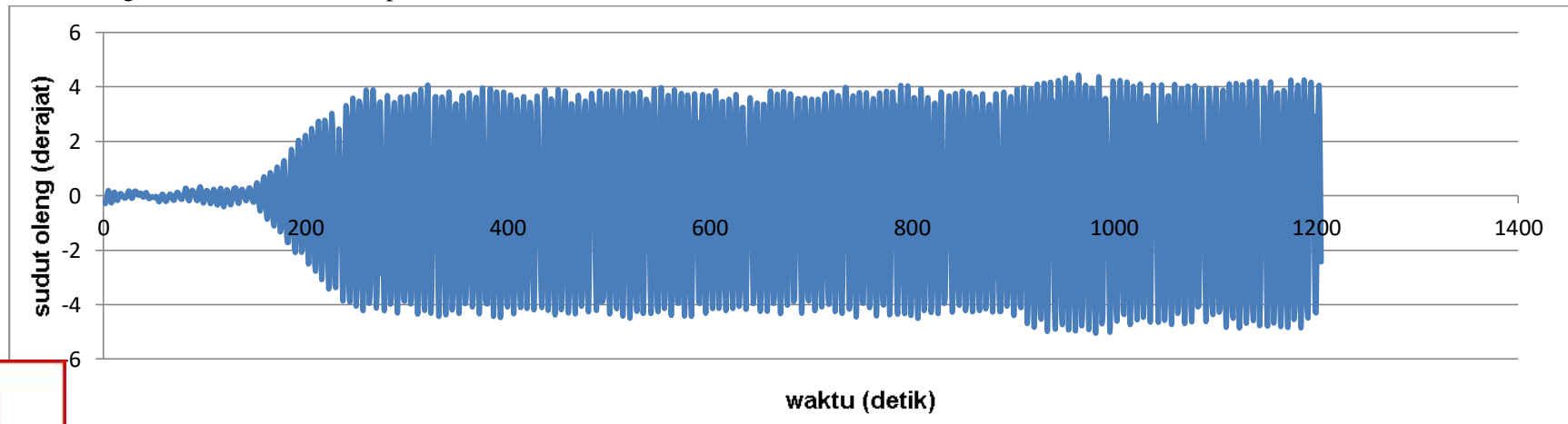
9. S 0,02 dengan frekuensi 1,6243 amplitudo 0,0059



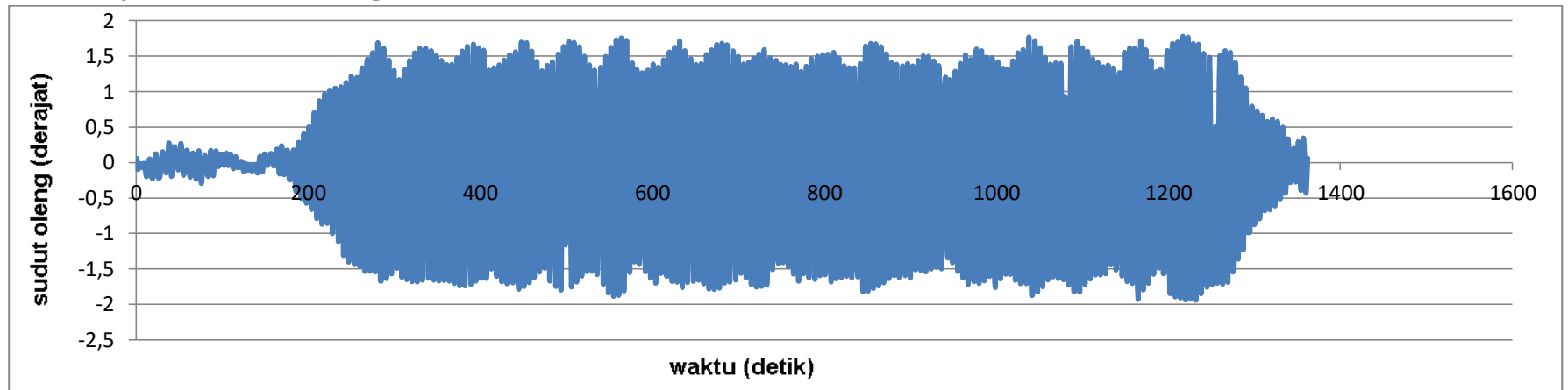
10. S 0,01 dengan frekuensi 1,3289 amplitudo 0,0044



11. S 0,01 dengan frekuensi 1,4766 amplitudo 0,0036

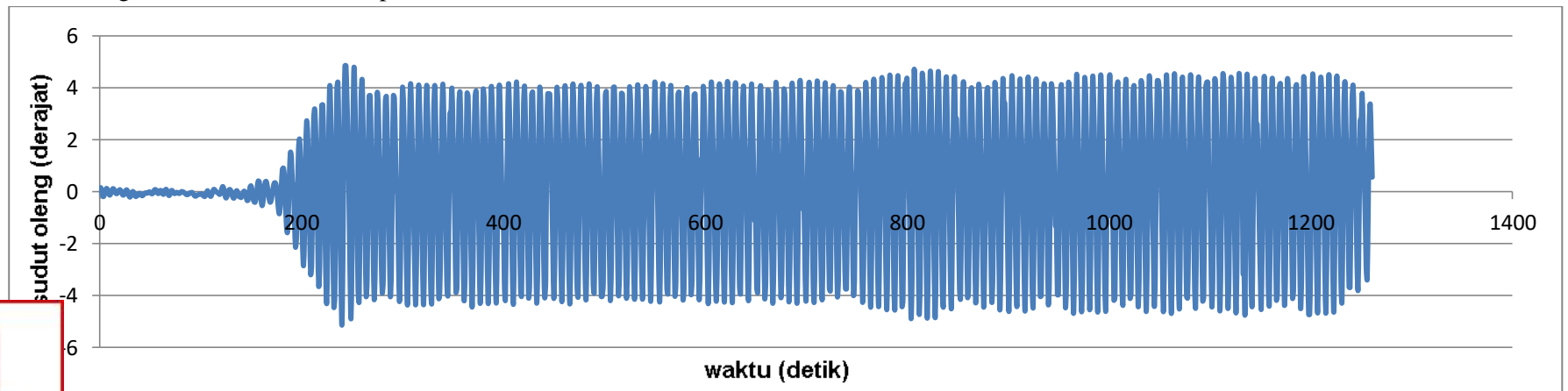


12. S 0,01 dengan frekuensi 1,6243 amplitudo 0,0030

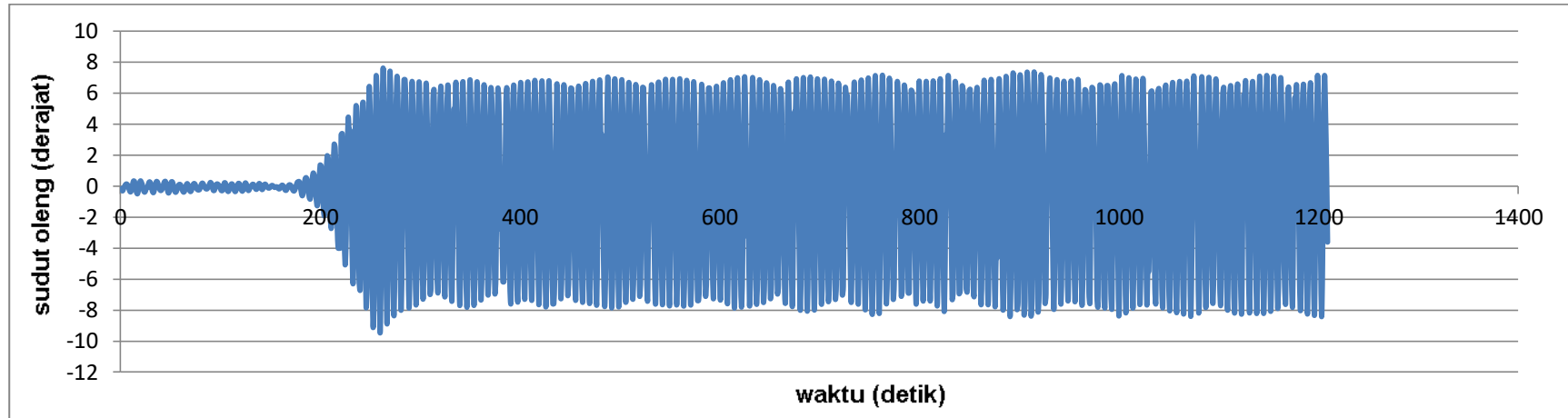


b. Kurva Percobaan gelombang Limiting KG tanpa bilga keel pada

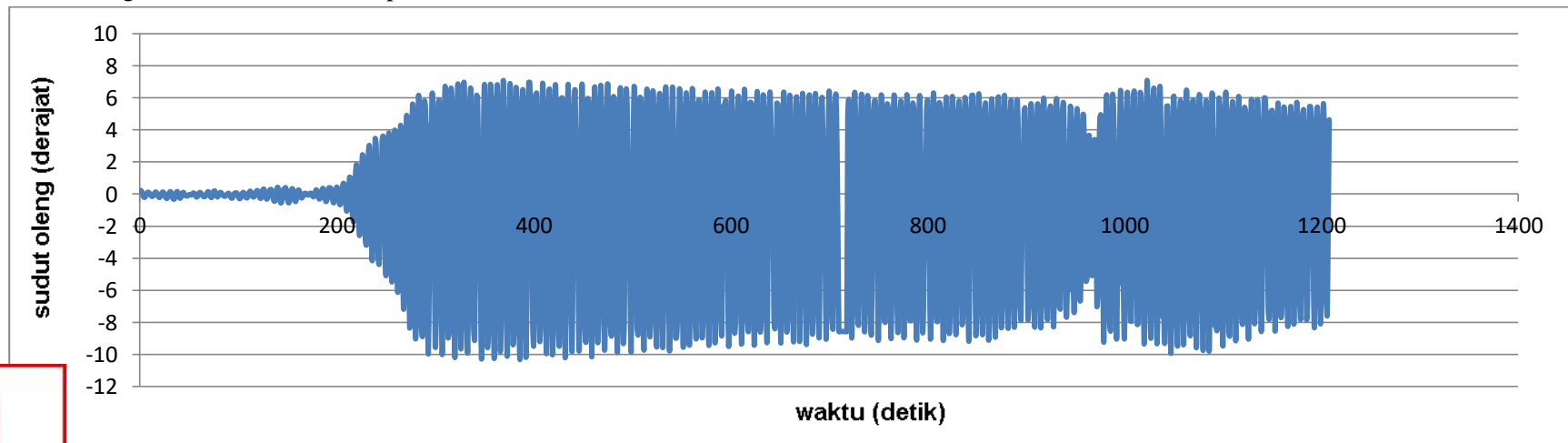
1. S 0,04 dengan frekuensi 1,2427 amplitudo 0,02021



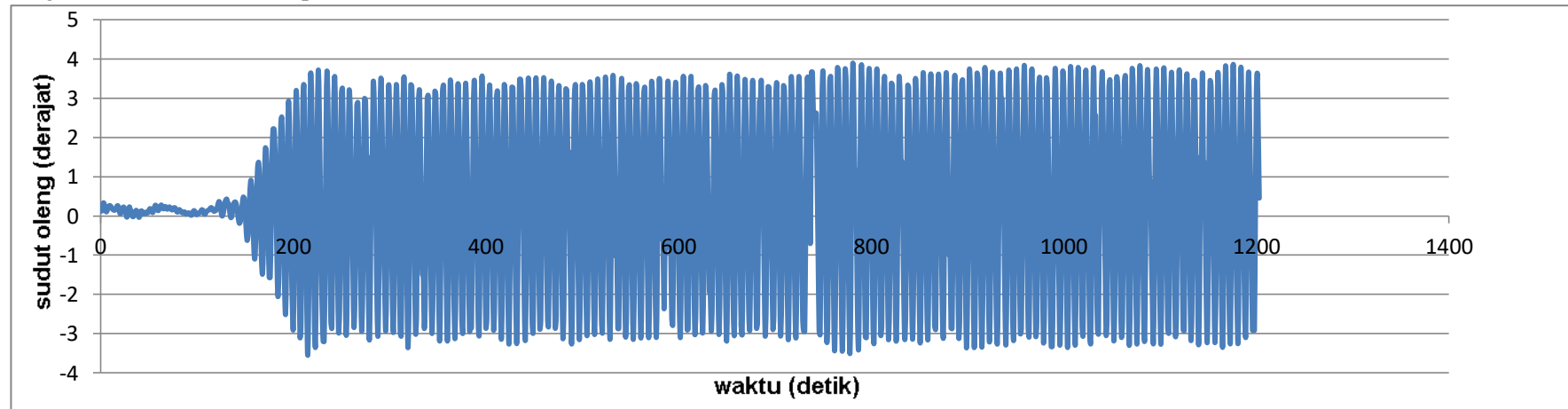
2. S 0,04 dengan frekuensi 1,3808 amplitudo 0,01637



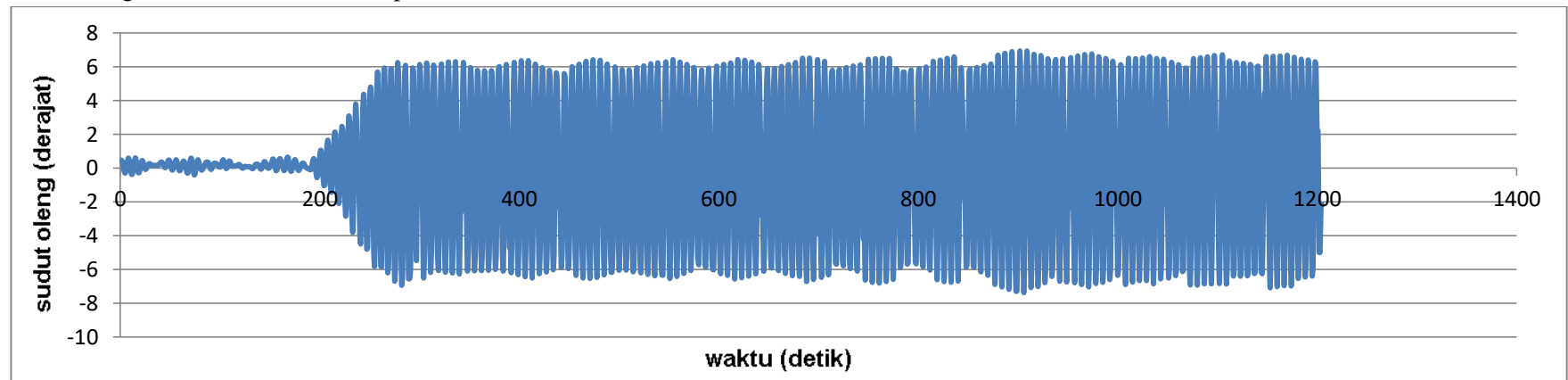
3. S 0,04 dengan frekuensi 1,5189 amplitudo 0,01353



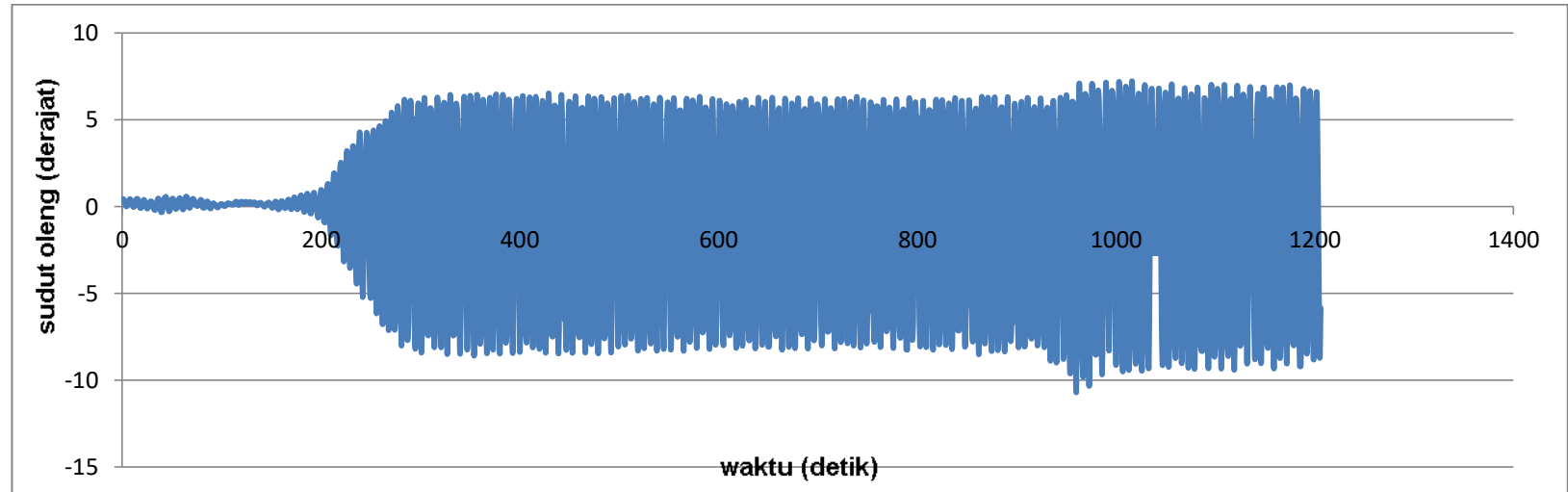
4. S 0,03 dengan frekuensi 1,2427 amplitudo 0,01516



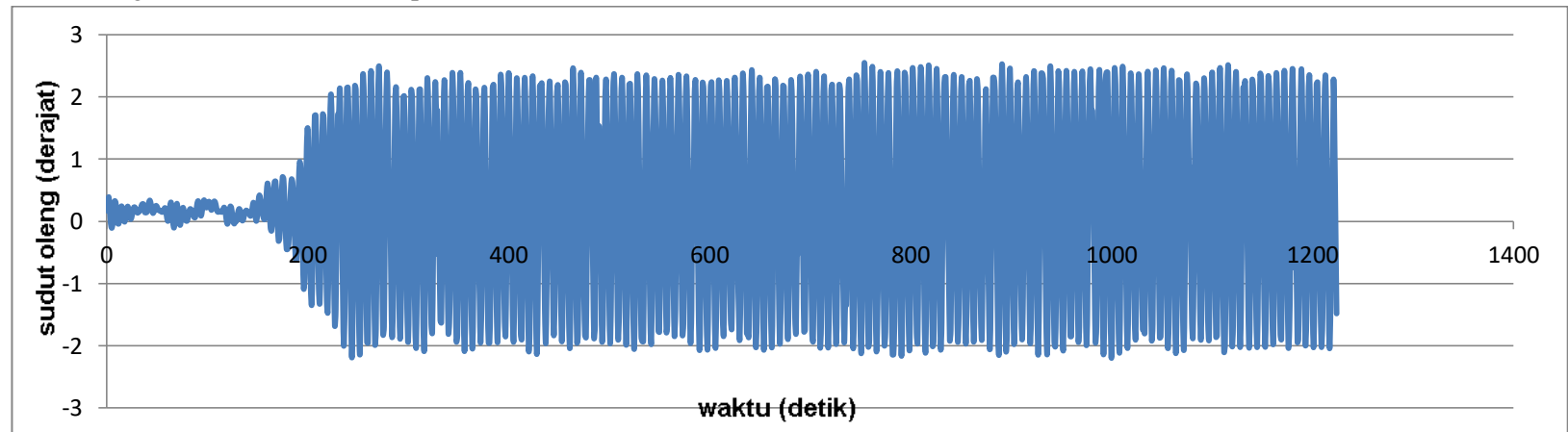
5. S 0,03 dengan frekuensi 1,3808 amplitudo 0,01228



6. S 0,03 dengan frekuensi 1,5189 amplitudo 0,01015

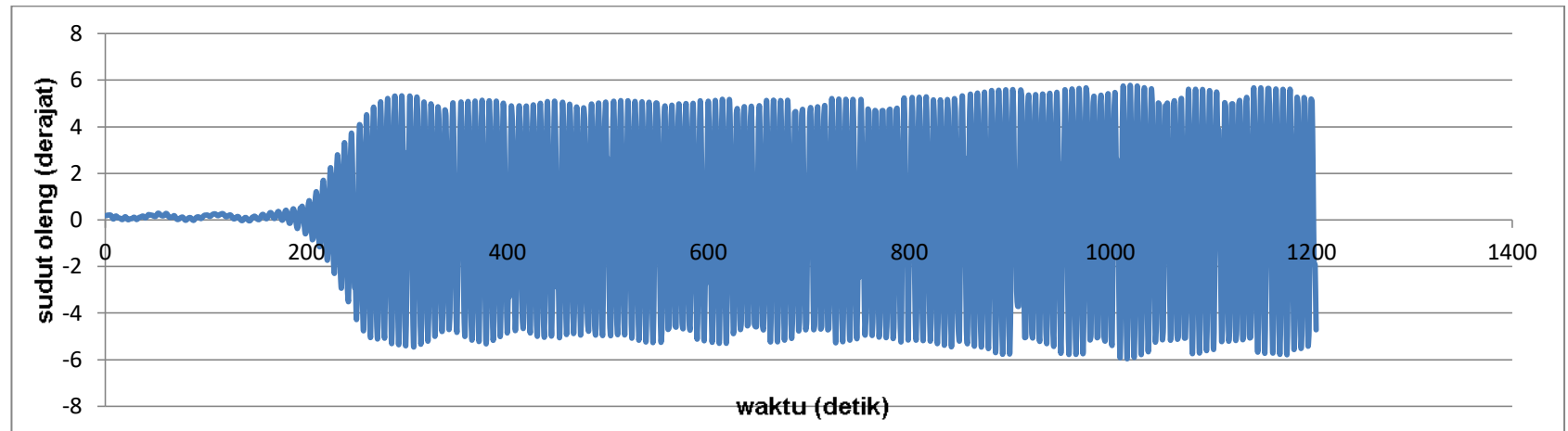


7. S 0,02 dengan frekuensi 1,2427 amplitudo 0,01011

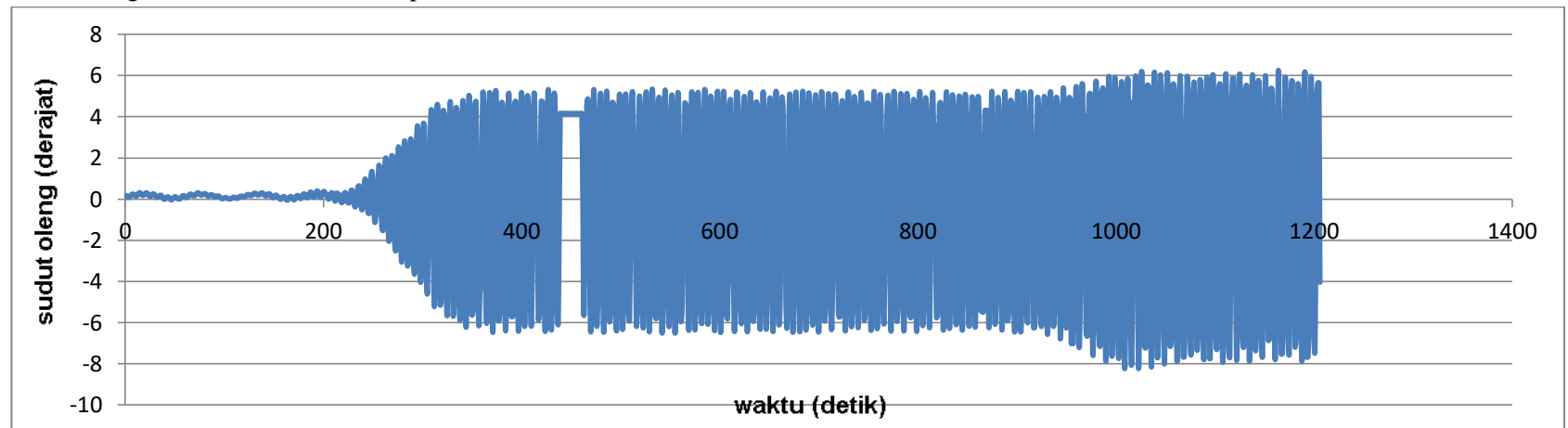




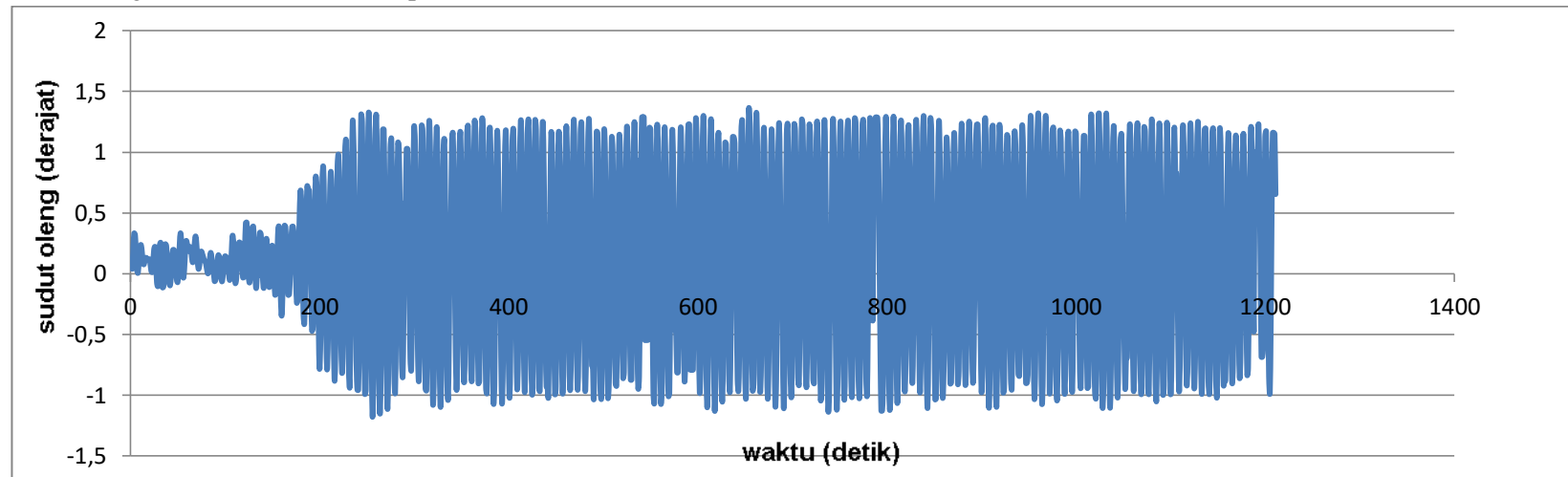
8. S 0,02 dengan frekuensi 1,3808 amplitudo 0,00819



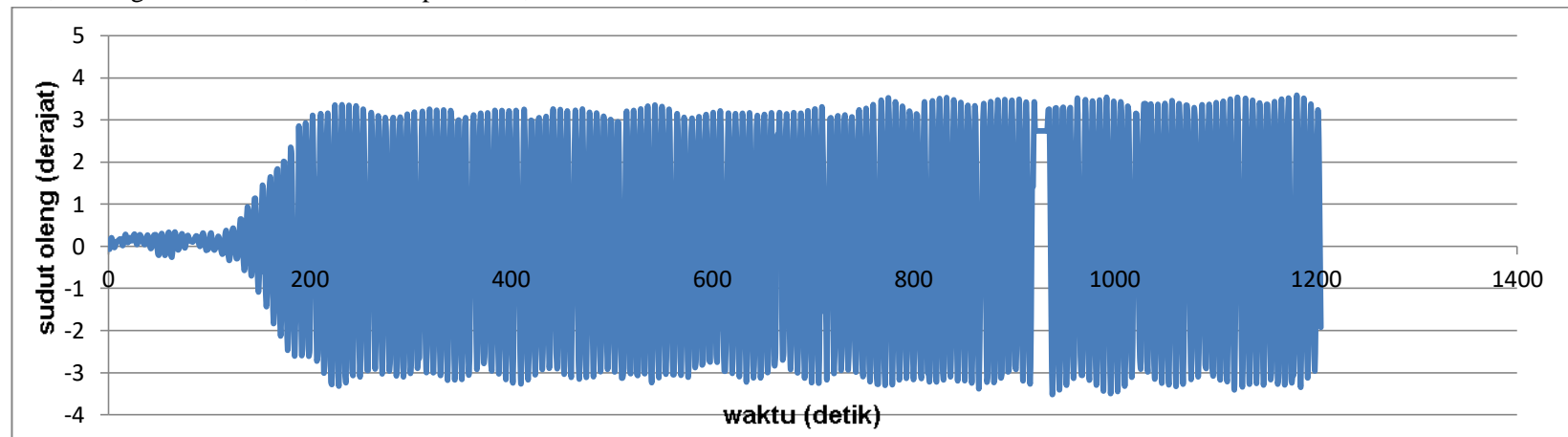
9. S 0,02 dengan frekuensi 1,5189 amplitudo 0,00677



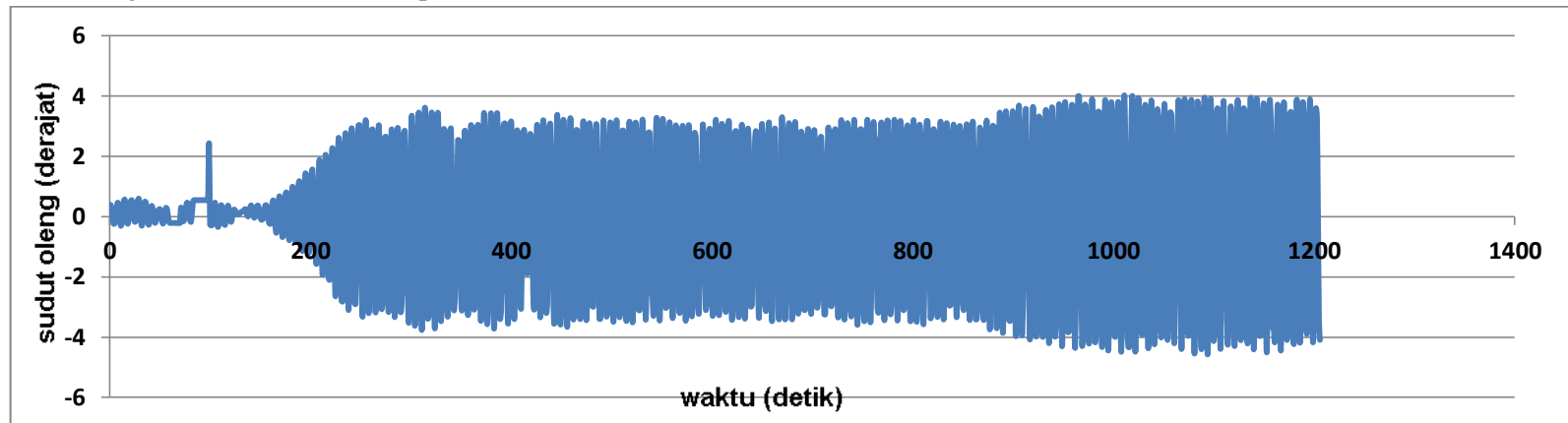
10. S 0,01 dengan frekuensi 1,2427 amplitudo 0,00505



11. S 0,01 dengan frekuensi 1,3808 amplitudo 0,00409

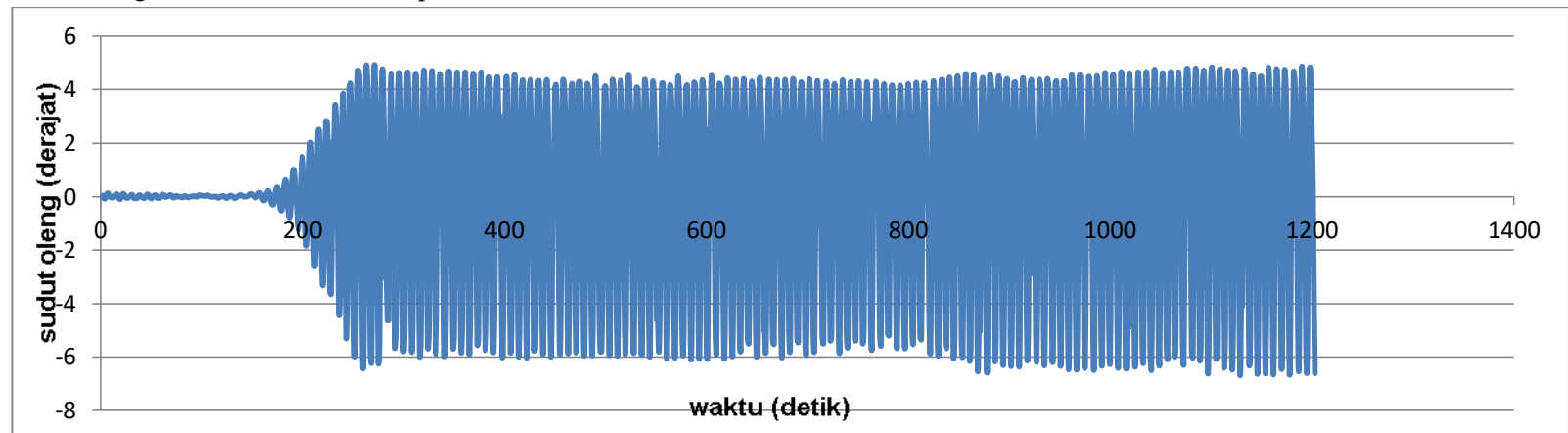


12. S 0,01 dengan frekuensi 1,5189 amplitudo 0,00338

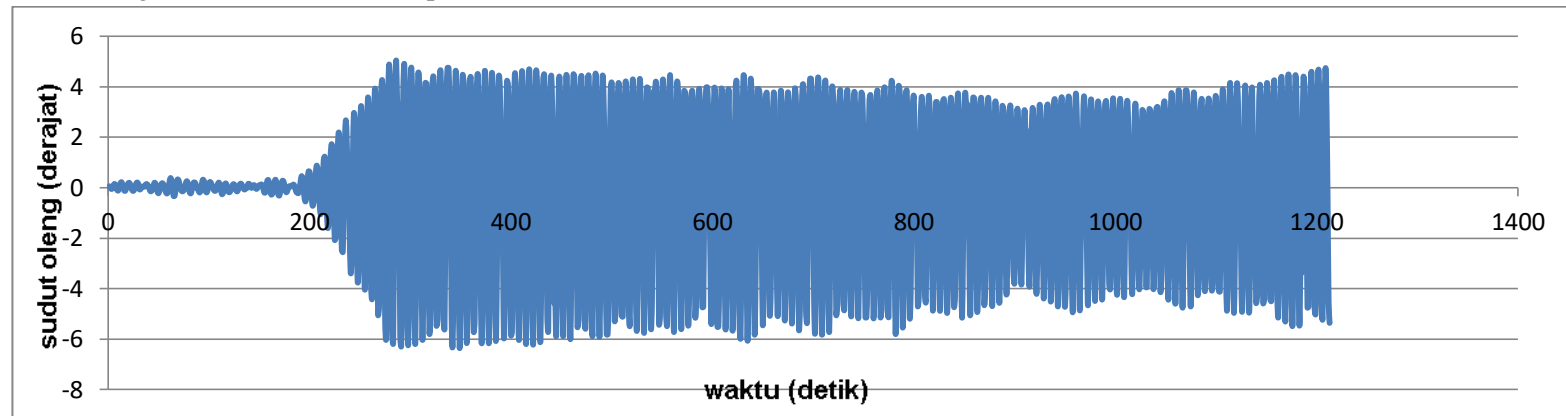


c. Kurva Percobaan gelombang KG aktual dengan bilga keel pada

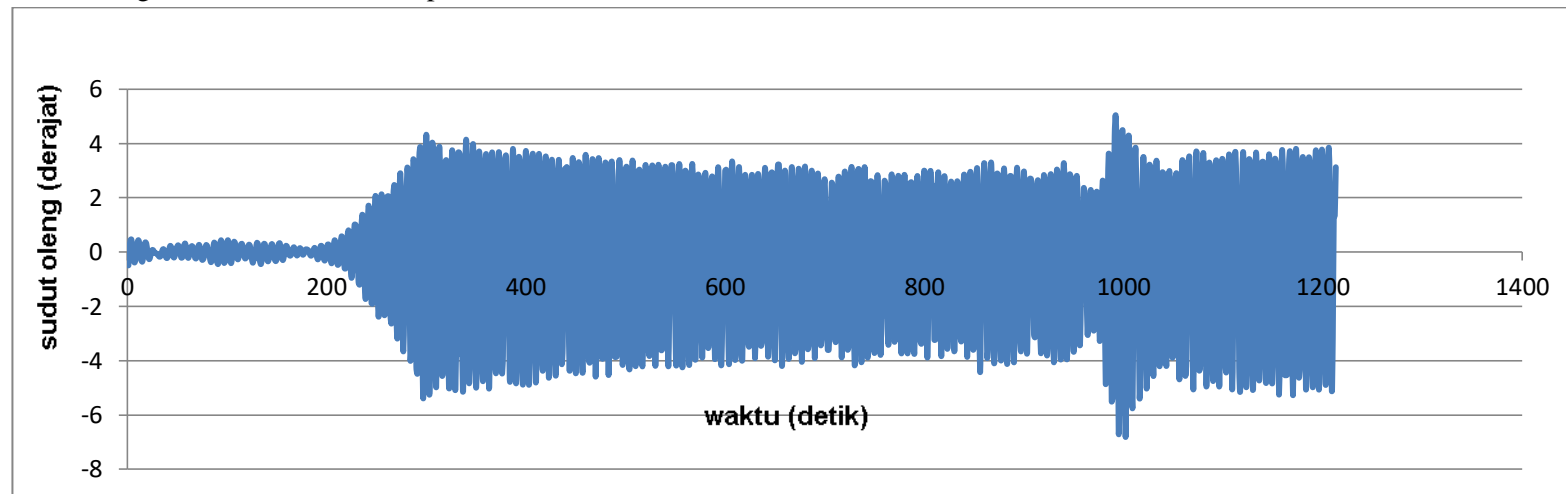
1. S 0,04 dengan frekuensi 1,2327 amplitudo 0,02054



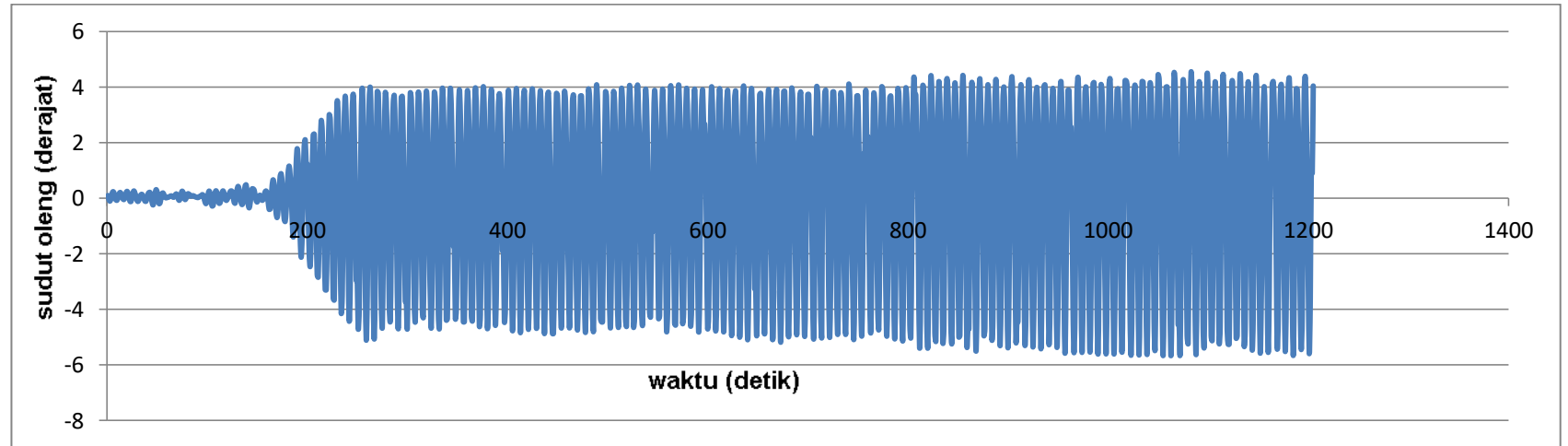
2. S 0,04 dengan frekuensi 1,3697 amplitudo 0,01664



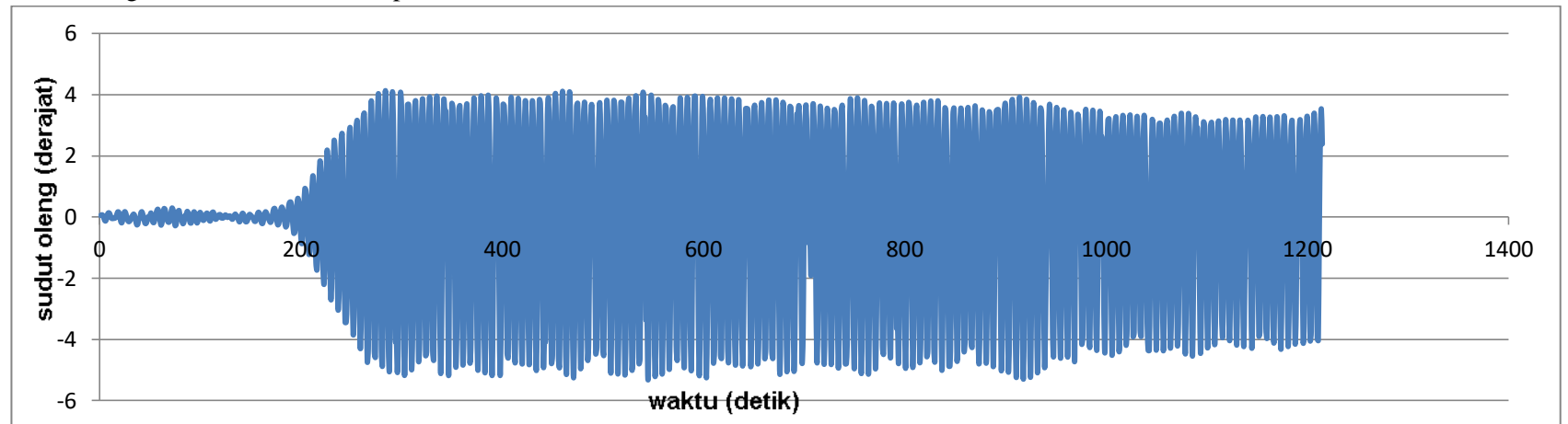
3. S 0,04 dengan frekuensi 1,5066 amplitudo 0,01375



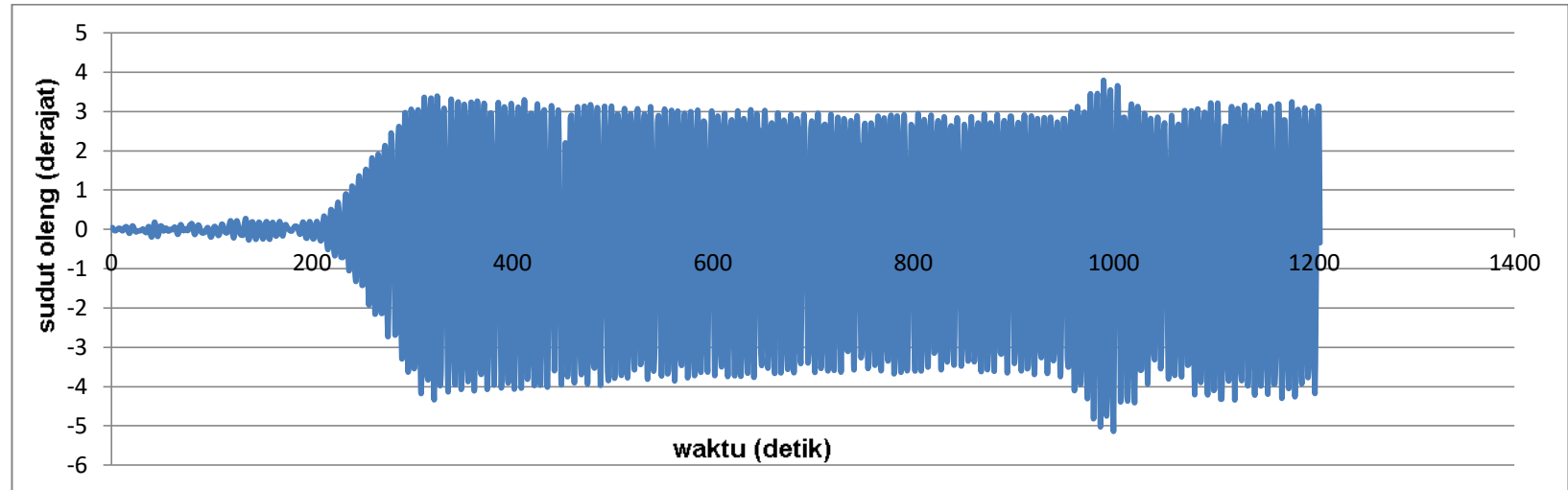
4. S 0,03 dengan frekuensi 1,2327 amplitudo 0,01541



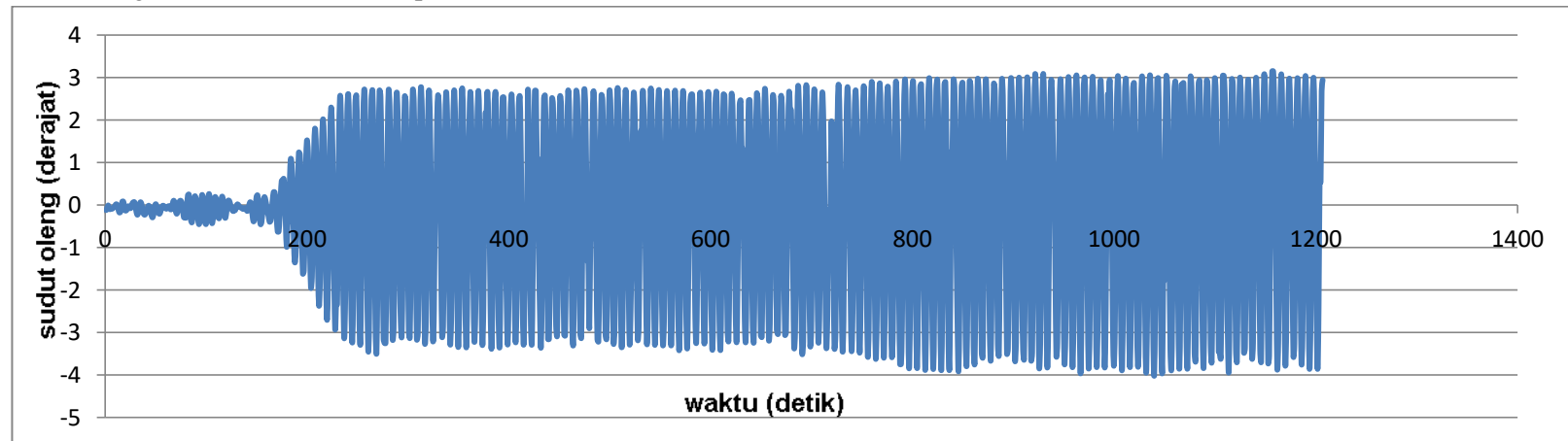
5. S 0,03 dengan frekuensi 1,3697 amplitudo 0,01248



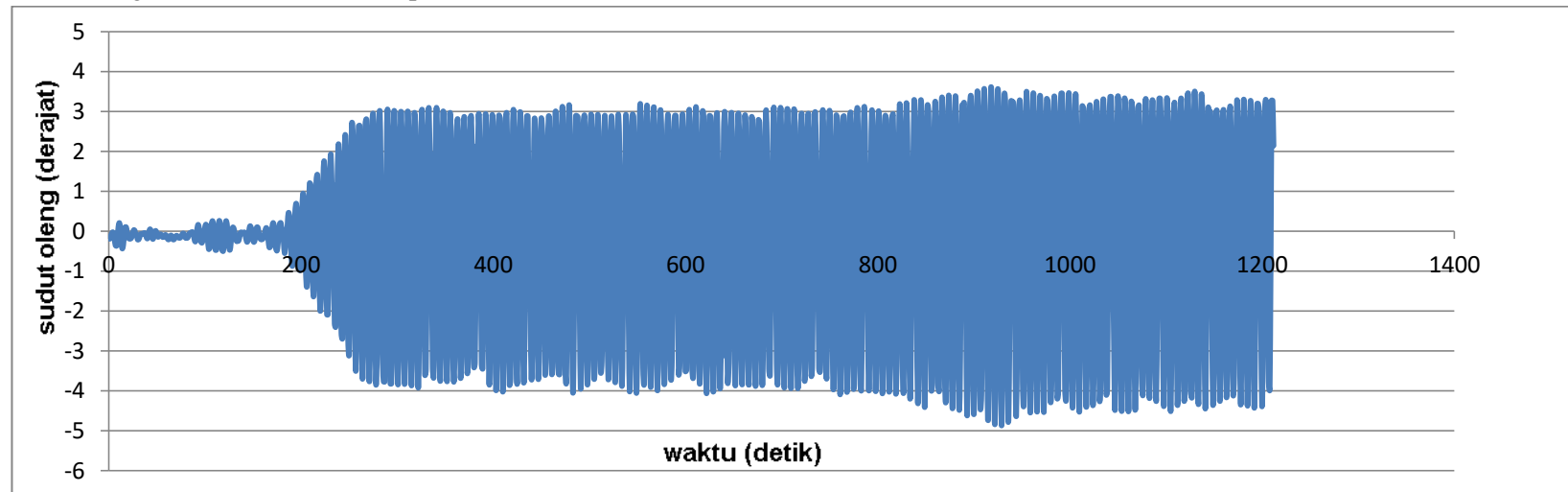
6. S 0,03 dengan frekuensi 1,5066 amplitudo 0,01031



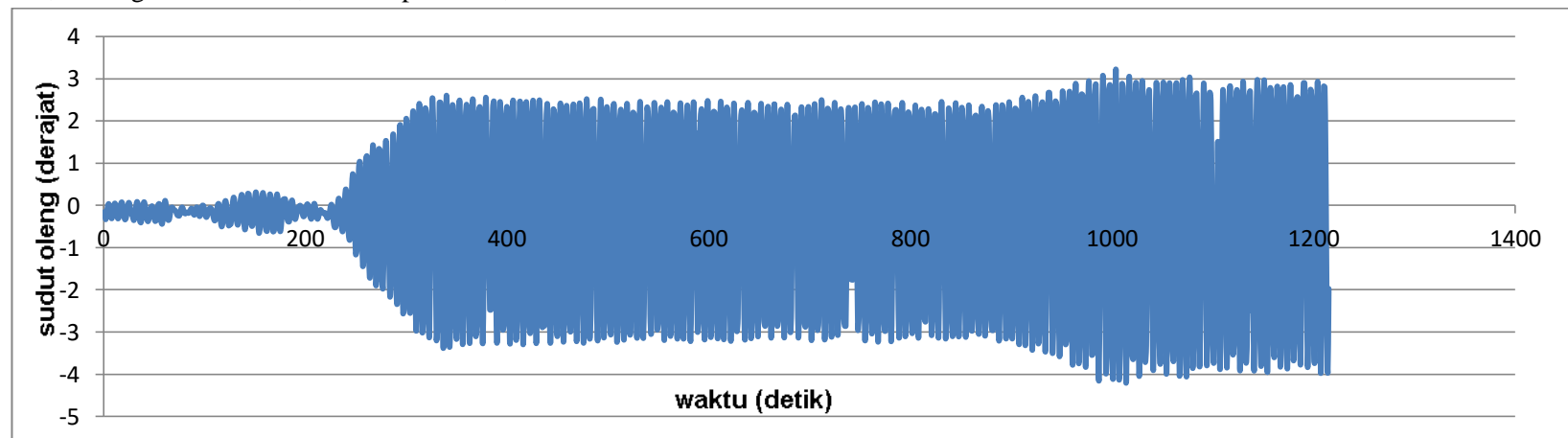
7. S 0,02 dengan frekuensi 1,2327 amplitudo 0,01027



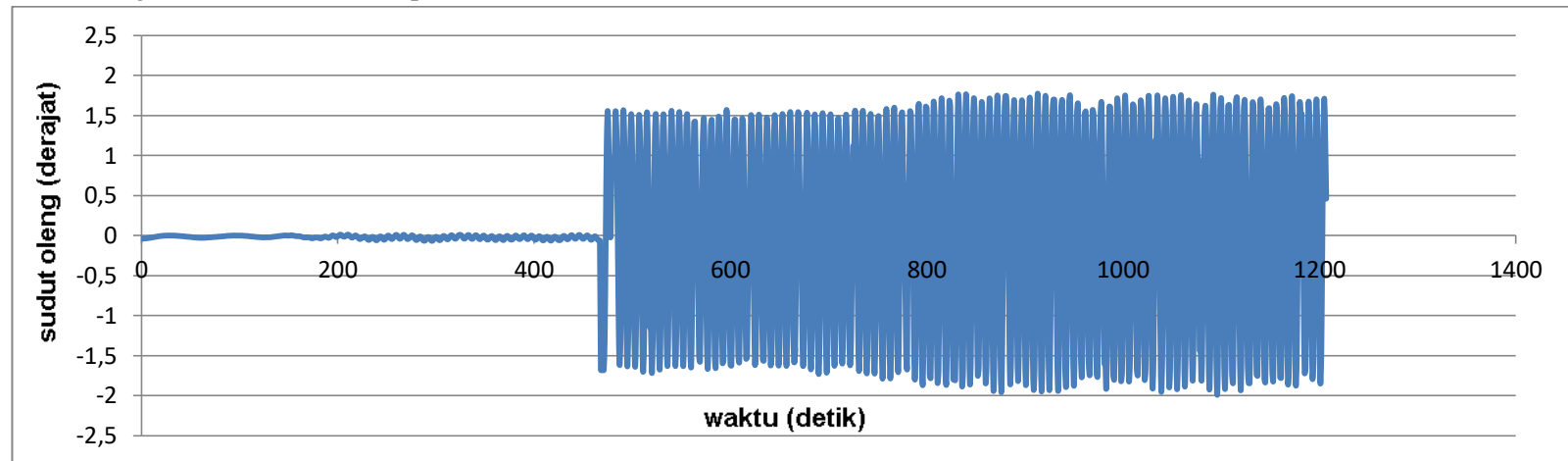
8. S 0,02 dengan frekuensi 1,3697 amplitudo 0,00832



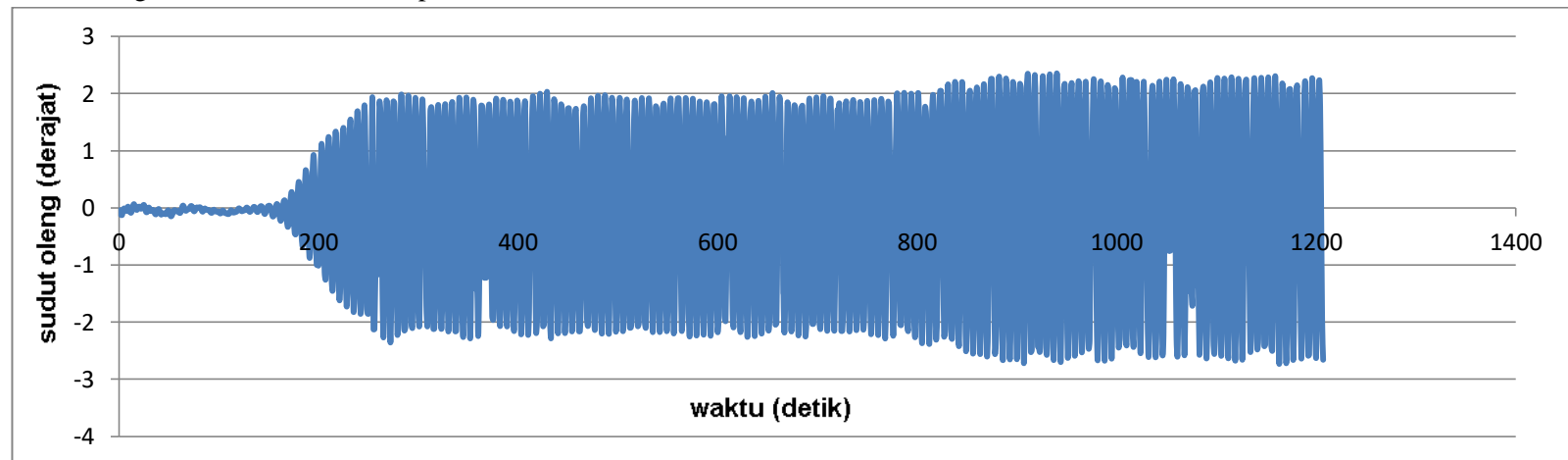
9. S 0,02 dengan frekuensi 1,5066 amplitudo 0,00688



10. S 0,01 dengan frekuensi 1,2327 amplitudo 0,00514

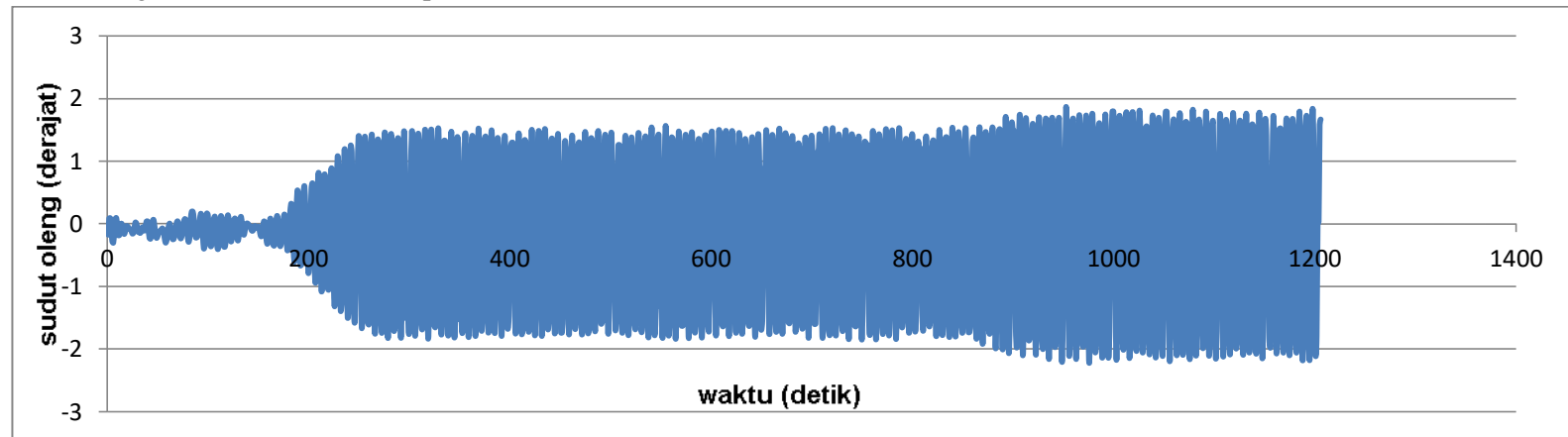


11. S 0,01 dengan frekuensi 1,3697 amplitudo 0,00416



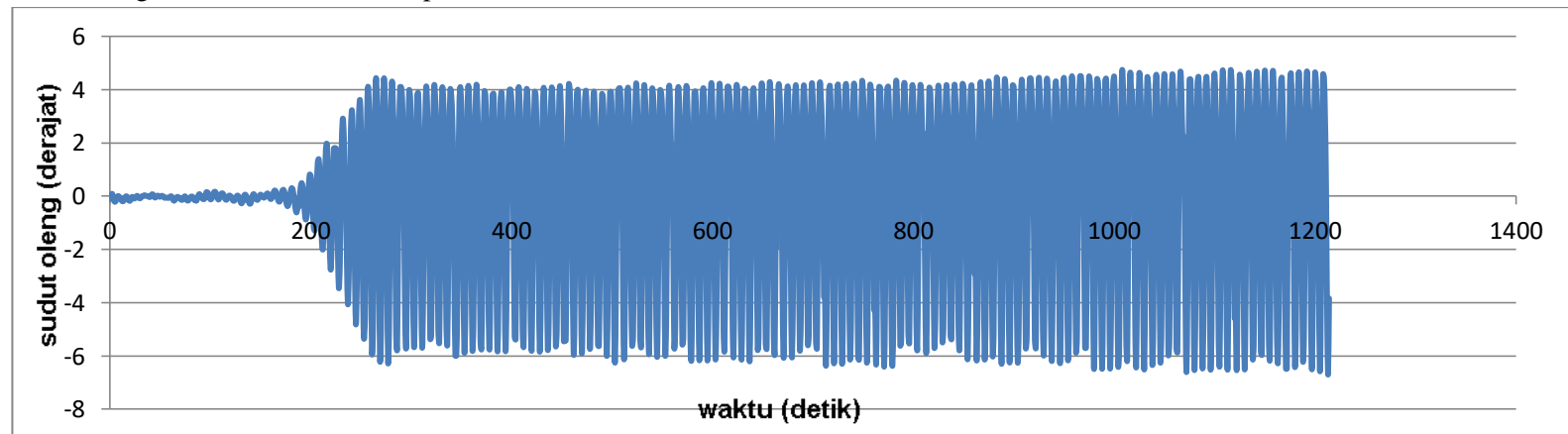


12. S 0,01 dengan frekuensi 1,5066 amplitudo 0,00244

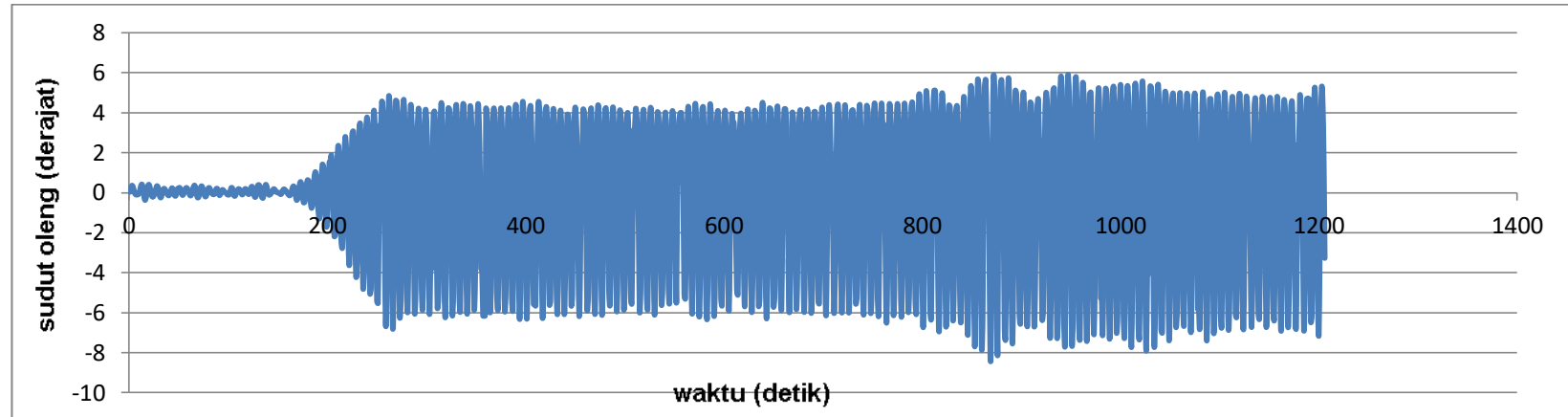


d. Kurva Percobaan gelombang Limiting KG dengan bilga keel pada

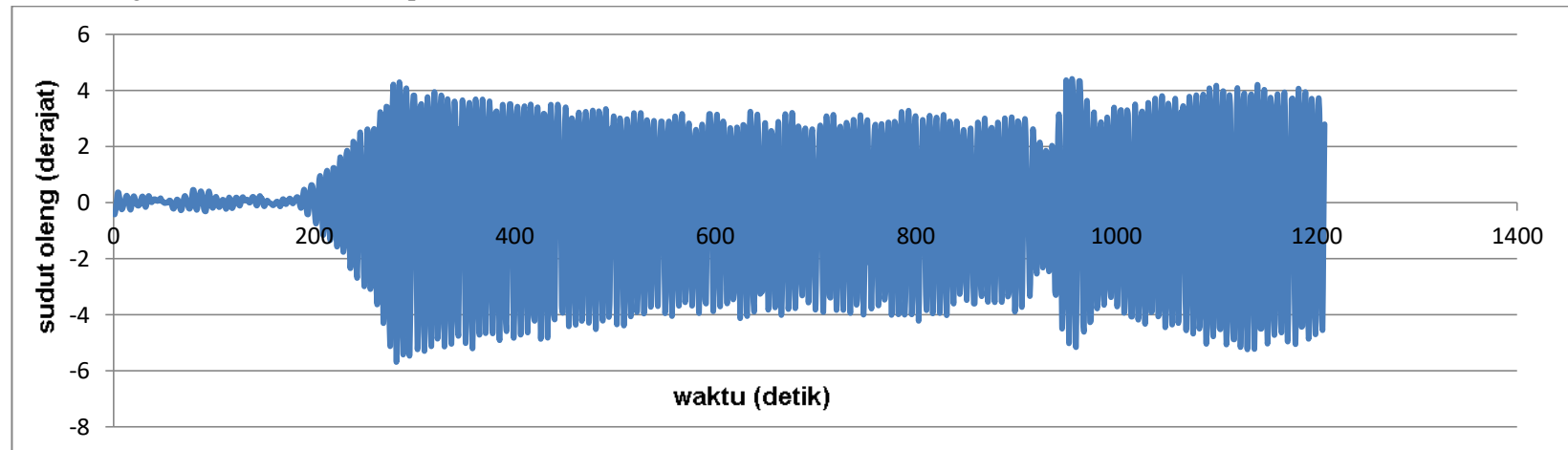
1. S 0,04 dengan frekuensi 1,1992 amplitudo 0,02171



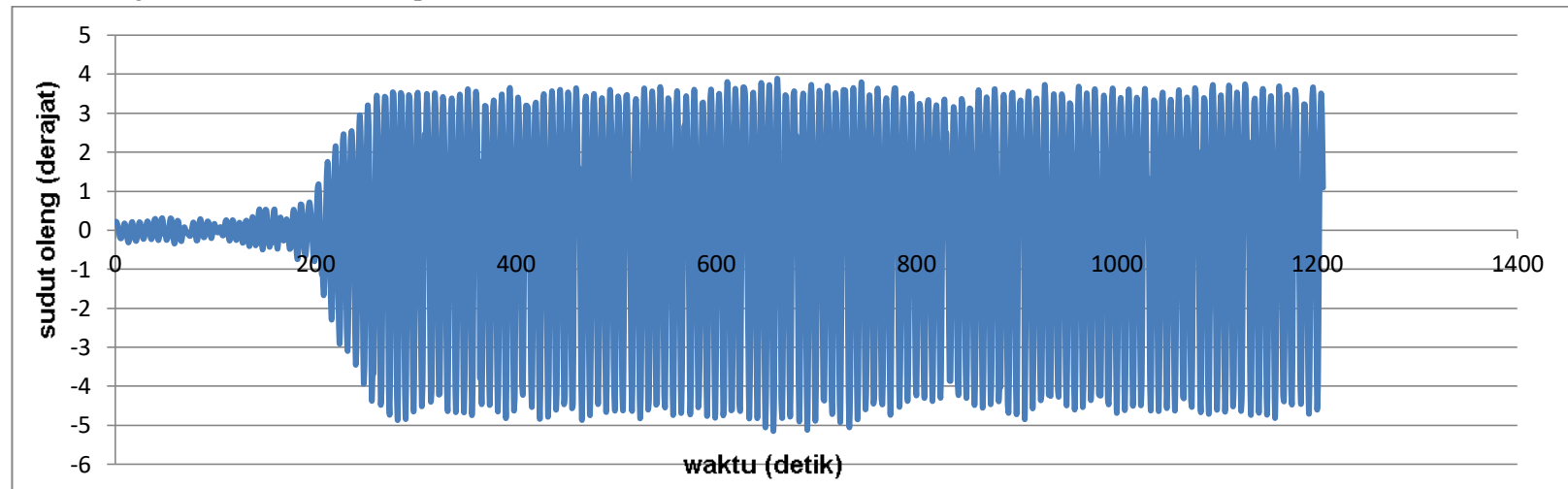
2. S 0,04 dengan frekuensi 1,3324 amplitudo 0,01758



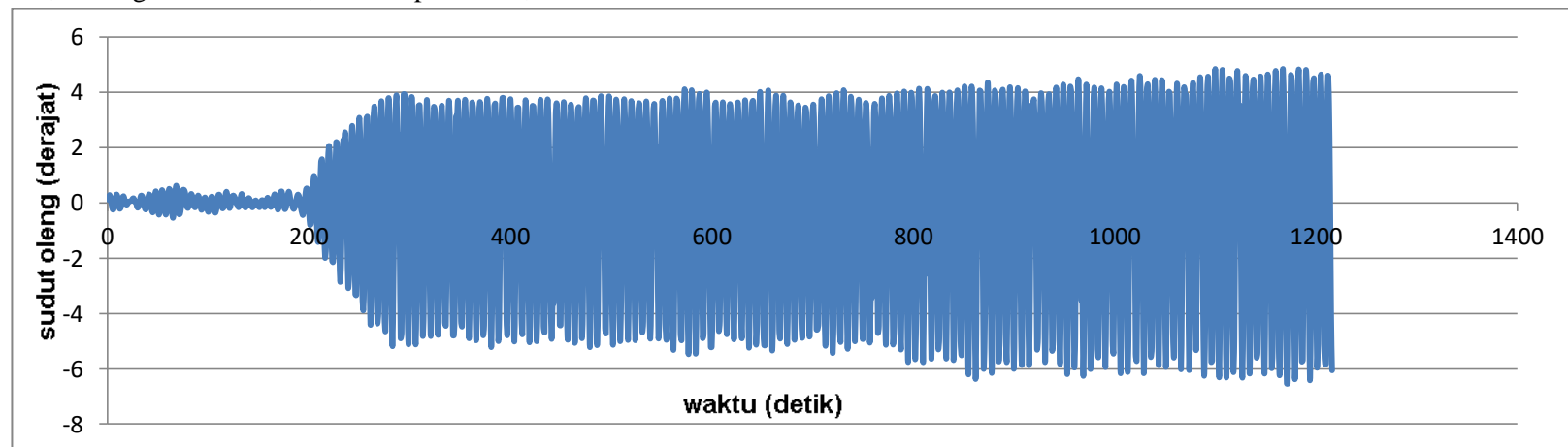
3. S 0,04 dengan frekuensi 1,4657 amplitudo 0,01453



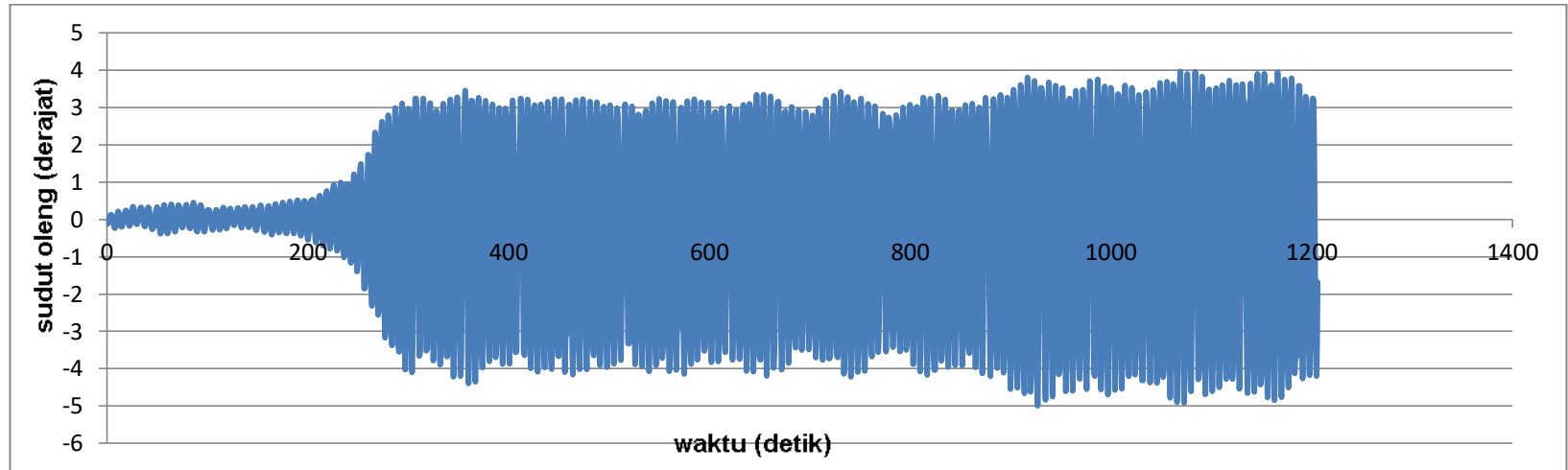
4. S 0,03 dengan frekuensi 1,1992 amplitudo 0,01628



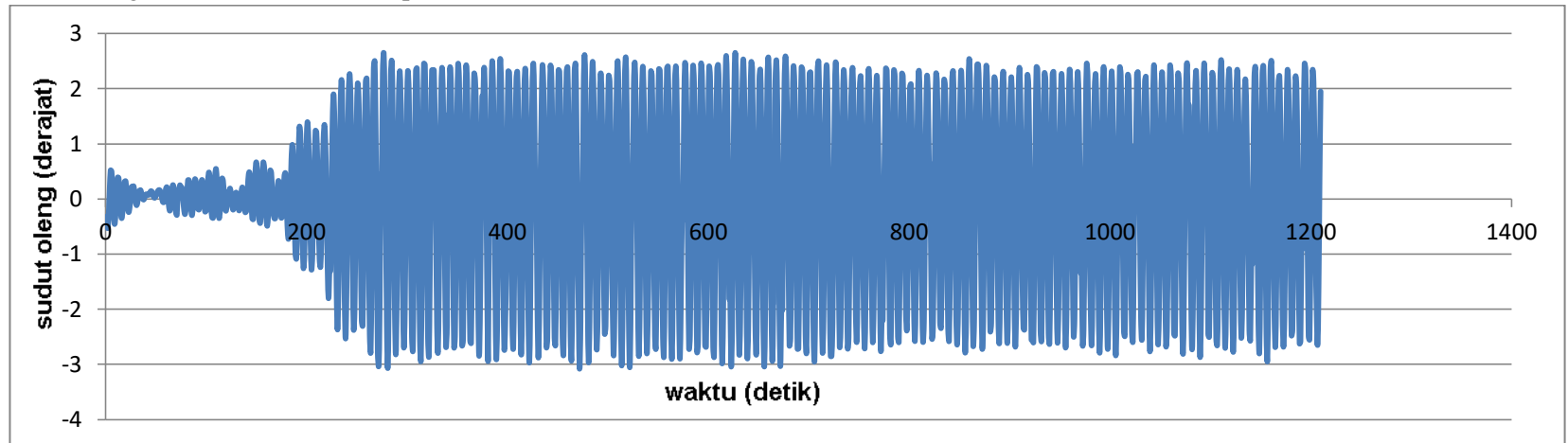
5. S 0,03 dengan frekuensi 1,3324 amplitudo 0,01319



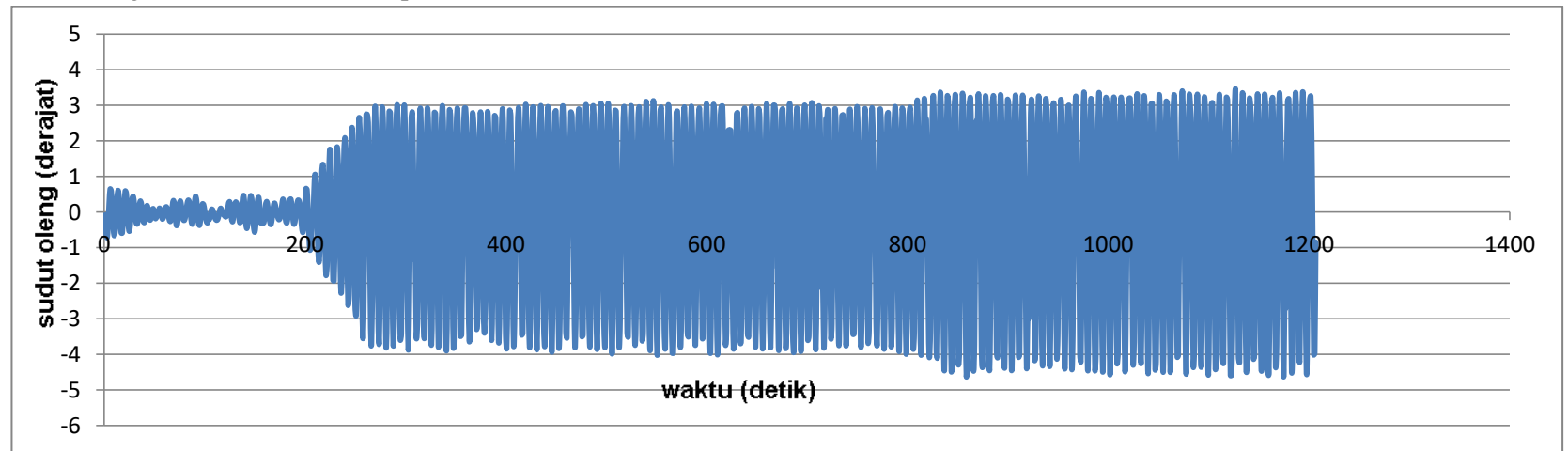
6. S 0,03 dengan frekuensi 1,4657 amplitudo 0,01090



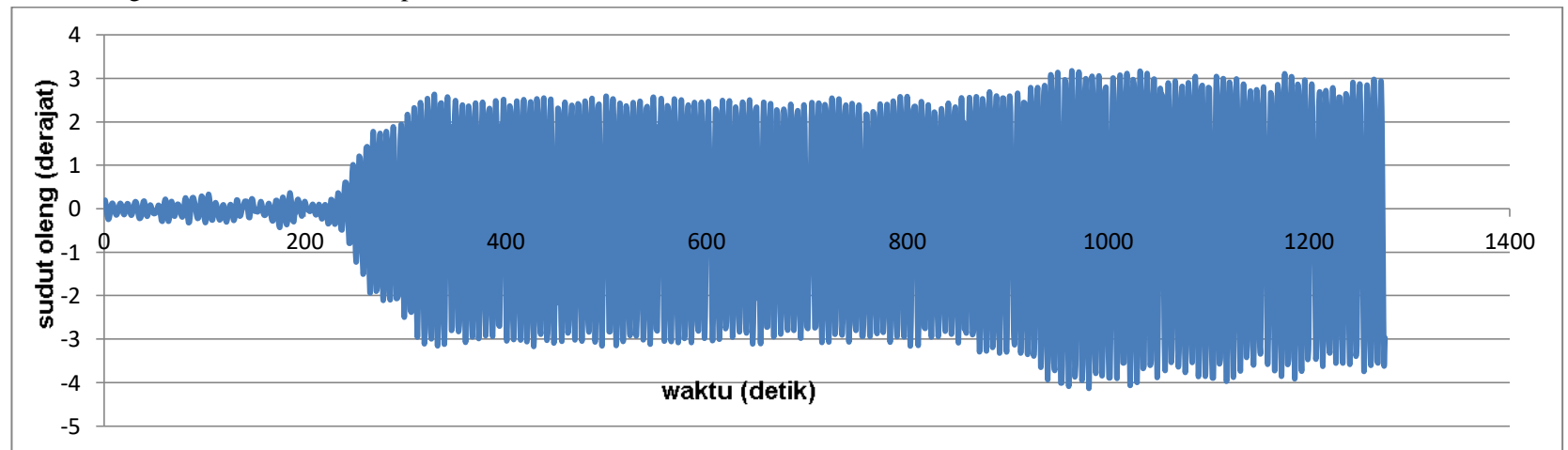
7. S 0,02 dengan frekuensi 1,1992 amplitudo 0,01085



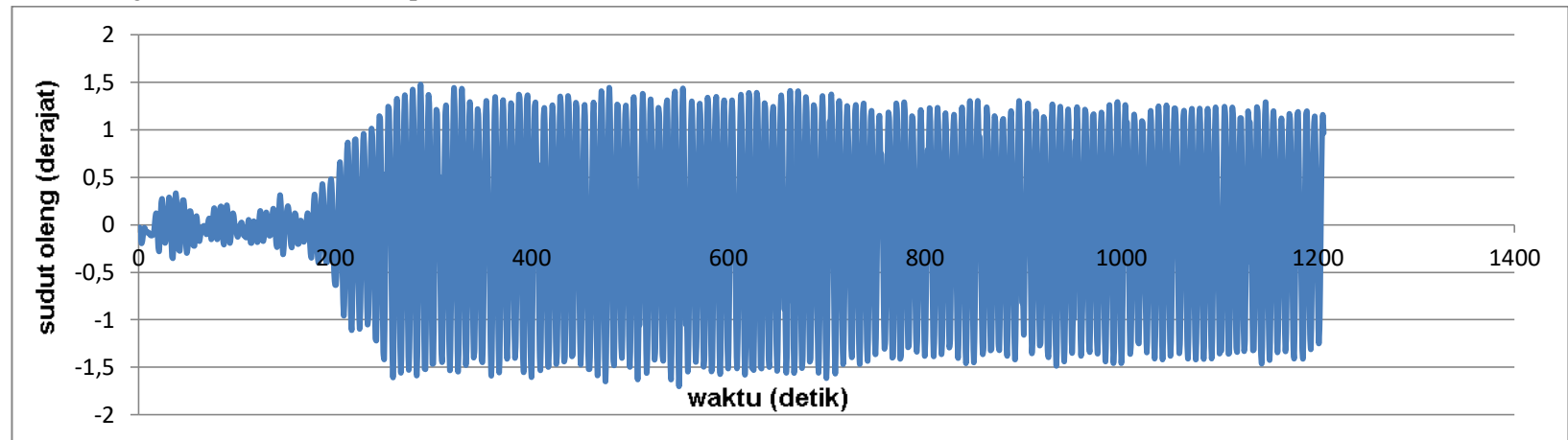
8. S 0,02 dengan frekuensi 1,3324 amplitudo 0,00879



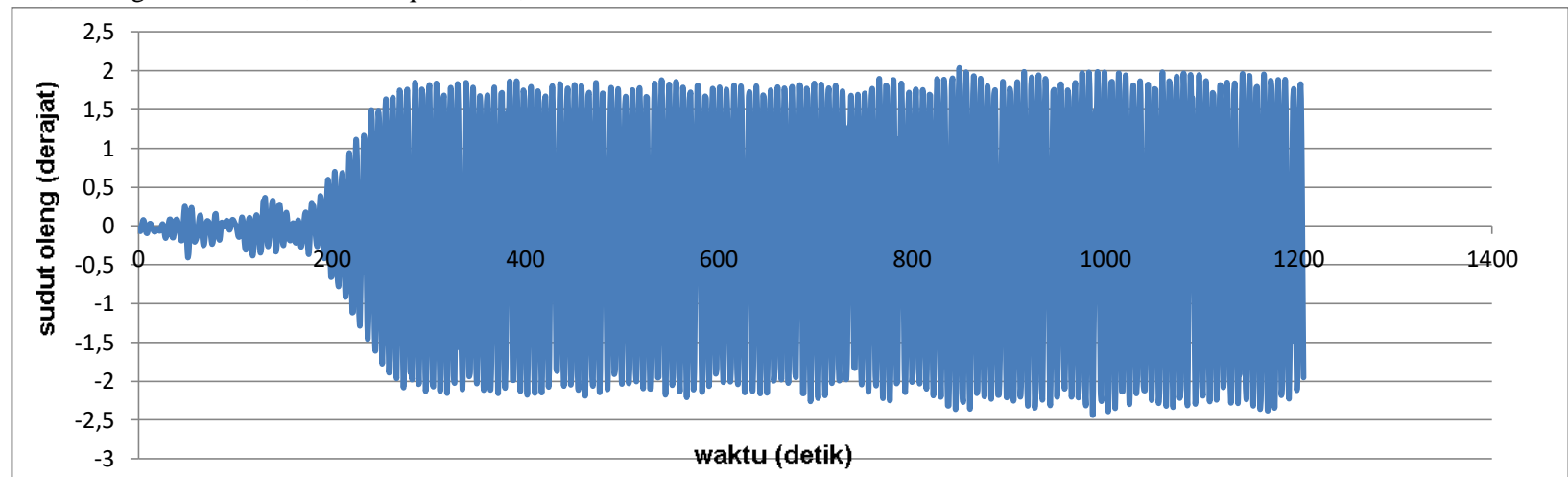
9. S 0,02 dengan frekuensi 1,4657 amplitudo 0,00727



10. S 0,01 dengan frekuensi 1,1992 amplitudo 0,00543



11. S 0,01 dengan frekuensi 1,3324 amplitudo 0,00440



12. S 0,01 dengan frekuensi 1,4657 amplitudo 0,00363

