

## DAFTAR PUSTAKA

- Asis, Muhammad Akbar, 2017. *Prediksi Stabilitas Gerak Oleng Kapal Ferry RO-RO pada karakteristik Perairan Indonesia*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- 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.
- Safiu, Ardyan, 2018. *Analisis Olah Gerak Kapal Ferry Ro-ro- Berdasarkan Pengujian Model*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- IMO, 2008. "Marine Safety Commite 85/26/Add.1. The International Maritime Organization, London
- Zohuri B, (2015). *Dimensional Analysis and Self-Similarity Methods for Engineers and Scientists*. Springer International Publishing. Switzerland.
- IMO, 2002. "CALCULATION AND ASSIGMENT OF FREEBOARD". The International Maritime Organization, London.
- IMO, 2006. "Marine Safety Commite Circ. 1200". The International Maritime Organization, London.
- Paroka, D. and Umeda, N., (2006) "Capsizing Probability Prediction for a Large Passenger Ship in Irregular Beam Wind and Waves: Comparison of Analytical and Numerical Methods", *Journal of Ship Research*, Vol. 50, No. 4, The society of Naval Architects and Marine Engineers, USA.
- BKI, 2007. "Shell Plating Part F Strengthenings in Way of Stern Frames, Propeller Brackets and Bilge Keels".Biro Klasifikasi Indonesia. Jakarta.
- Bassler C.C, Reed A. M. 2009. "AN ANALYSIS OF THE BILGE KEEL ROLL DAMPING COMPONENT MODEL". Naval Surface Warface Center, Underrock Division. USA.



Ikeda, Y., Y. Himeno, and N. Tanaka, 1978a, "On Roll Damping Force of Ship- Effect of Friction on Hull and Normal Force of Bilge Keels," Report of the Department of Naval Architecture, University of Osaka Prefecture, No. 00401.



# LAMPIRAN



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## Lampiran 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 29. Titik Stabilitas Perhitungan dari PT.IKI

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

Sumber : (Skripsi Muhammad Akbar Asis, 2017)

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 20. Proses Penimbangan Model Kapal

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

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

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

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

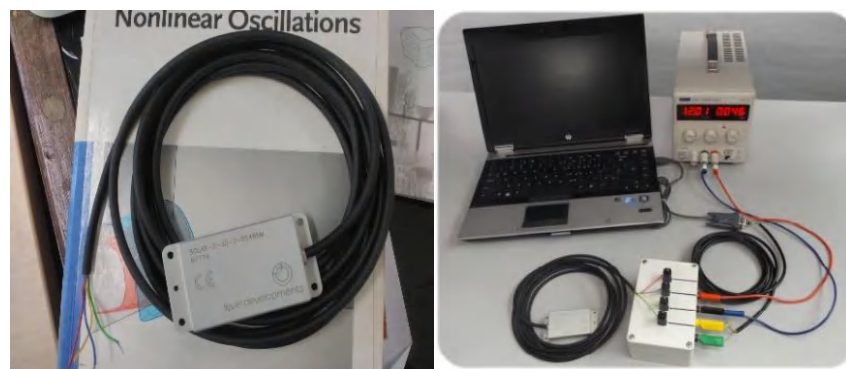


Catatan : Posisi model harus even keel pada saat percobaan sehingga peletakan beban perlu diatur sehingga model akan memiliki sarat depan dan sarat belakang sama.



Gambar 21. 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.



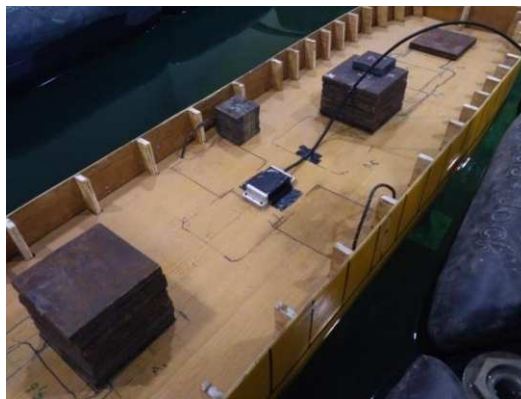
Gambar 22. Inclinometer Digital

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 30. Beban Tambahan untuk proses Inclining Test

Nama	Berat (Gram )
Beban 1	1105
Beban 2	940



Gambar 23. Proses Inclining Test pada model

- Proses Inclining Test dilakukan pada setiap model yakni model kapal tanpa *bilge keel* dan model kapal menggunakan *bilge 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 *bilge keel*)

Limiting KG kapal : 5,244 m ~ 13,110 cm (dengan *bilge keel*)

MG kapal : 4.723 m ~ 11.808 cm



Perpindahan titik berat akibat pergeseran beban

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

Menentukan tinggi metasentra terhadap titik berat

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

Penentuan titik berat terhadap keel

$$KG = MK - MG$$

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

Tabel 31. Hasil Inclining Test Model tanpa *bilge keel* pada KG aktual

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut (Ø) Derajat
1	1105	12	12	3,329
2	940	12,1	12,1	2,788

Percobaan 1

GG' 0,6743 cm  
MG 11,611 cm  
KG 11,989 cm

Percobaan 2

GG' 0,583 cm  
MG 11,991 cm  
KG model 11,609 cm

HASIL INCLINING			HASIL PERHITUNGAN IKI		
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,645	4,795	9,440	4,723	4,717	9,440
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,796	4,644	9,440	4,723	4,717	9,440

Rata-rata KG hasil Inclining :

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

Tabel 32. Hasil Inclining Test Model tanpa *bilge keel* pada limiting KG

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut (Ø) Derajat
1	1105	12	12	3,565
2	940	12,1	12,1	3,094

Percobaan 1

GG' 0,6743 cm  
MG 10,844 cm  
KG 12,756 cm

Percobaan 2

GG' 0,583 cm  
MG 10,806 cm  
KG 12,794 cm

HASIL INCLINING			HASIL PERHITUNGAN IKI		
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,337	5,103	9,440	4,723	5,107	9,830
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,323	5,117	9,440	4,723	5,107	9,830





Rata-rata KG hasil Inclining :

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

Tabel 33. Hasil Inclining Test Model dengan *bilge keel* pada KG aktual

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut (Ø) Derajat
1	1105	12	12	3,329
2	940	12,1	12,1	2,788

Percobaan 1

GG' 0,6743 cm  
MG 11,611 cm  
KG 11,989 cm

Percobaan 2

GG' 0,583 cm  
MG 11,991 cm  
KG model 11,609 cm

HASIL INCLINING			HASIL PERHITUNGAN IKI		
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,645	4,795	9,440	4,723	4,717	9,440
4,796	4,644	9,440	4,723	4,717	9,440

Rata-rata KG hasil Inclining :

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

Tabel 34. Hasil Inclining Test Model dengan *bilge keel* pada limiting KG

No	Berat beban (P) (gram)	Pergeseran (cm)	Total Jarak (d) (CM)	Sudut (Ø) Derajat
1	1105	12	12	3,716
2	940	12,2	12,2	3,185

Percobaan 1

GG' 0,6743 cm  
MG 10,404 cm  
KG 13,196 cm

0,588 cm  
10,585 cm  
13,015 cm

HASIL INCLINING			HASIL PERHITUNGAN IKI		
MG	KG	MK	MG	KG	MK
4,161	5,279	9,440	4,723	5,244	9,967
4,234	5,206	9,440	4,723	5,244	9,967



Rata-rata KG hasil Inclining :

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



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## Lampiran 2

### Roll Decay Test Pada Air Tenang

Roll Decay Test ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik redaman dari suatu kapal dilihat dari respon gerak oleng tanpa gangguan.

Tahapan Roll Decay Test pada model dilakukan setelah dilakukan Inclining Test untuk mengetahui letak titik KG pada model yang disesuaikan dengan titik KG pada kapal sebenarnya.

Prosedur Roll Decay Test pada model sebagai berikut :

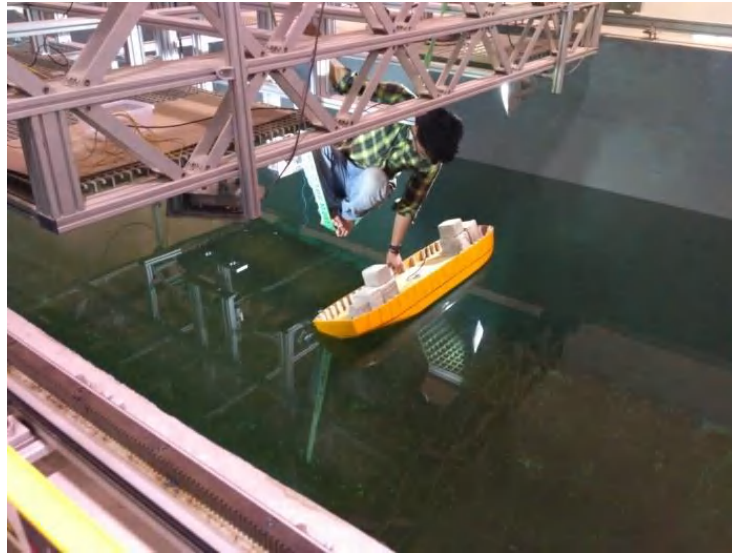
1. Model kapal di pasang dengan alat Inclinometer Digital untuk merekan sudut kemiringan dari model kapal saat melakukan percobaan kemiringan model tanpa gangguan.



Gambar 24. Inclinometer Digital dipasang di model kapal

2. Penyusunan beban sesuai dengan hasil dari Inclining Test sebelumnya sesuai dengan kondisi KG yang akan di lakukan Roll Decay Test.
3. Selanjutnya model diberikan simpangan awal dan selanjutnya sudut kemiringan model akan direkam menggunakan Inclinometer Digital.

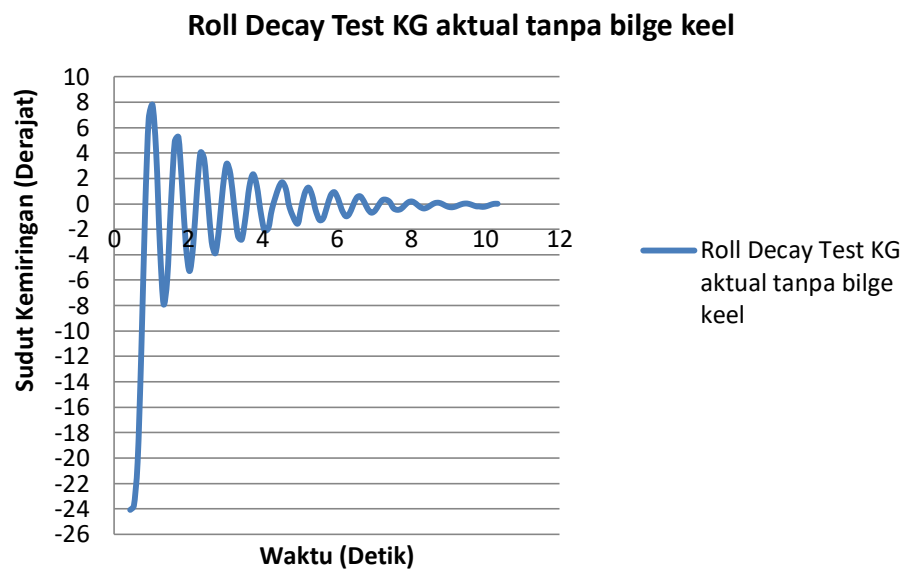




Gambar 25. Proses pemberian simpangan awal pada model kapal

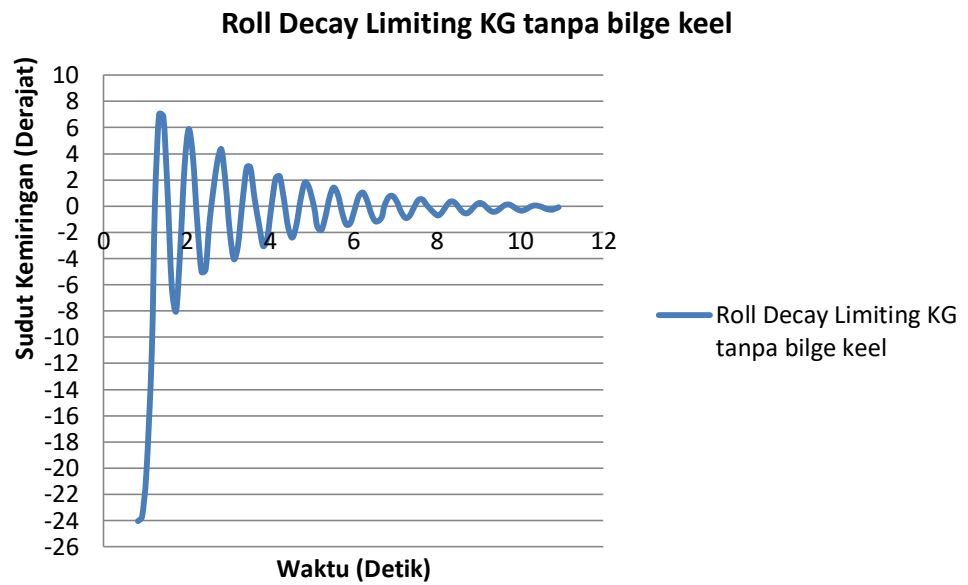
4. Setelah direkam maka akan ditampilkan dalam bentuk kurva sebagai berikut :

Berikut adalah kurva hasil Roll Decay Test model pada air tenang.

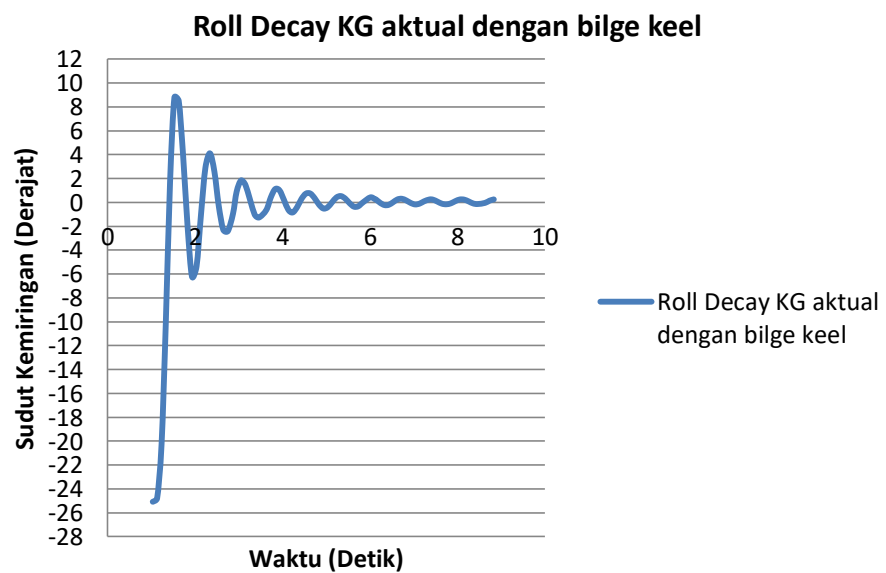


Gambar 26. Kurva Roll Decay Test KG aktual tanpa *bilge keel*



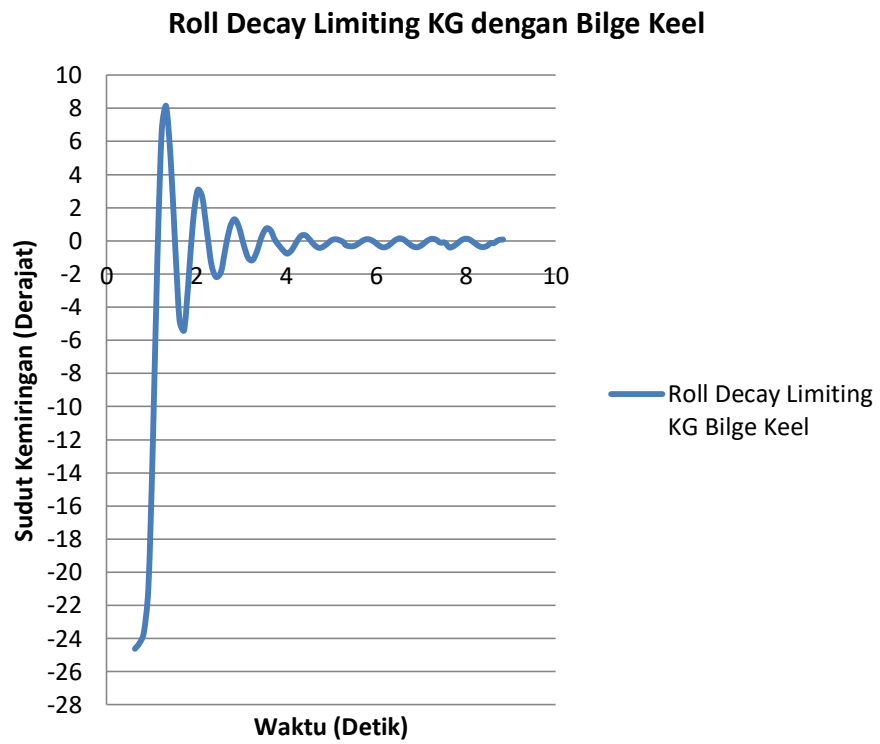


Gambar 27. Kurva Roll Decay Test Limiting KG tanpa *bilge keel*



Gambar 28. Kurva Roll Decay Test KG aktual dengan *bilge keel*





Gambar 29. Kurva Roll Decay Test Limiting KG dengan *bilge keel*



### Lampiran 3

#### Perhitungan Nilai *N*

1. Percobaan Roll Decay Test pada KG aktual tanpa *bilge keel*

Tabel 35. Sudut Oleng pada kondisi KG aktual tanpa *bilge 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



Run Time	Y Angle
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





Run Time	Y Angle
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 35 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 36

Tabel 36. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi KG aktual tanpa *bilge 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	$\Phi_{12}$



Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
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	$\Phi_{17}$
6,926	-0,695	$\Phi_{18}$
7,328	0,318	$\Phi_{19}$
7,622	-0,469	$\Phi_{20}$
8,027	0,184	$\Phi_{21}$

Tabel 36 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 37 :

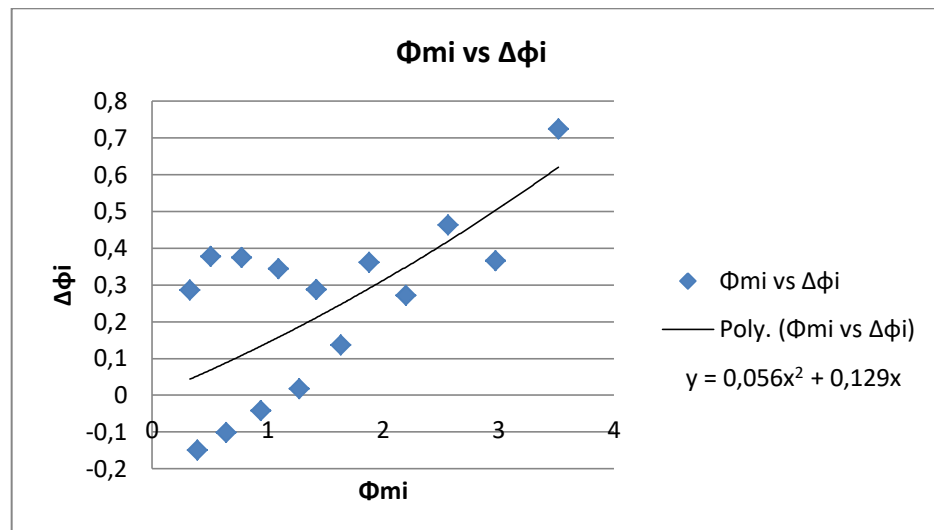
Tabel 37. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi KG aktual tanpa *bilge keel*

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



No.	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
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 37 adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva pada Gambar 30 :



Gambar 30. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  KG aktual tanpa bilge keel

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

Diketahui bahwa persamaan polinomial 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 4** sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel 38 :

Tabel 38. Nilai  $\phi m$  pada kondisi KG aktual tanpa *bilge keel*

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
0,0044	2,664	0,0088	4,844	0,0133	6,468	0,0177	7,445
0,0036	4,648	0,0072	7,082	0,0107	9,137	0,0143	10,878
0,0030	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 39 :

Tabel 39. Nilai  $N(\phi r)$  pada kondisi KG aktual tanpa *bilge keel*

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



2. Percobaan Roll Decay Test pada Limting KG tanpa *bilge keel*

Tabel 40. Sudut Oleng pada kondisi Limiting KG tanpa *bilge keel*

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



Run Time	Y Angle
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
6,939	0,773
7,041	0,327
7,141	-0,437
7,245	-0,901
7,346	-0,729
7,449	-0,097
7,55	0,458
7,654	0,507
7,761	0,064
7,924	-0,49
8,026	-0,709



Run Time	Y Angle
8,127	-0,454
8,226	0,031
8,327	0,357
8,427	0,28
8,528	-0,111
8,628	-0,474
8,728	-0,539
8,828	-0,277
8,928	0,079
9,027	0,249
9,127	0,112
9,226	-0,198
9,327	-0,418
9,426	-0,388
9,528	-0,154
9,626	0,075
9,728	0,128
9,827	-0,022
9,927	-0,238
10,026	-0,342
10,128	-0,259
10,227	-0,078
10,327	0,052
10,427	0,027
10,522	-0,058
10,626	-0,213
10,765	-0,275
10,822	-0,21
10,922	-0,086

Dari tabel 40 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 41 :

Tabel 41. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi Limiting KG tanpa *bilge 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	$\Phi_5$



Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
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 41 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 42. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi Limiting KG tanpa *bilge keel*

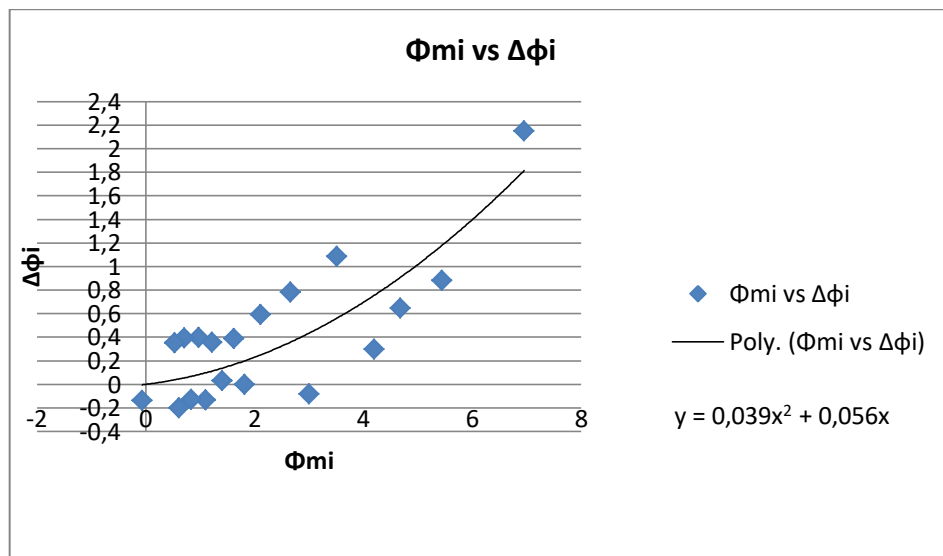
NO	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
1	-1,02	7,516
2	2,148	6,952
3	0,88	5,438
4	0,647	4,6745
5	0,3	4,201
6	1,086	3,508
7	-0,082	3,006
8	0,782	2,656
9	-0,139	-0,0695
10	0,592	2,108
11	0	1,812
12	0,39	1,617





NO	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
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 31 :



Gambar 31. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  Limiting KG tanpa bilge 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 4** sehingga diperoleh nilai pada Tabel 43 :

Tabel 43. Nilai  $\phi m$  pada kondisi Limiting KG tanpa *bilge keel*

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$	Amplitudo	$\phi m$
0,0051	1,18	0,0101	2,09	0,0152	3,509	0,0202	4,32
0,0041	3,383	0,0082	5,102	0,0123	6,574	0,0164	7,822
0,0034	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 44 :

Tabel 44 Nilai  $N(\phi r)$  pada kondisi Limiting KG tanpa *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	s	$\phi m$	$N(\phi r)$
1,2427	0,01	1,18	0,0865
1,3808	0,01	3,383	0,0556
1,5189	0,01	3,719	0,0541
1,2427	0,02	2,09	0,0658
1,3808	0,02	5,102	0,0500
1,5189	0,02	6,405	0,0477
1,2427	0,03	3,509	0,0550
1,3808	0,03	6,574	0,0475
1,5189	0,03	8,313	0,0457
1,2427	0,04	4,32	0,0520
1,3808	0,04	7,822	0,0462
1,5189	0,04	9,296	0,0450



3. Percobaan Roll Decay Test pada KG Aktual dengan *bilge keel*

Tabel 45. Sudut Olang pada kondisi KG aktual dengan *bilge keel*

Run Time	Y Angle
0,93	-24,689
1,03	-25,075
1,13	-24,78
1,231	-20,288
1,327	-10,275
1,425	1,647
1,525	8,791
1,624	8,501
1,724	3,927
1,826	-1,983
1,927	-6,226
2,032	-5,354
2,133	-1,02
2,234	2,894
2,336	4,111
2,44	2,568
2,538	-0,272
2,642	-2,286
2,746	-2,413
2,865	-0,952
2,948	0,894
3,051	1,845
3,153	1,428
3,357	-0,994
3,456	-1,27
3,627	-0,64
3,729	0,414
3,83	1,114
3,931	0,992
4,031	0,199
4,13	-0,618
4,229	-0,846
4,33	-0,407
4,43	0,285
4,53	0,727
4,631	0,744



Run Time	Y Angle
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



Run Time	Y Angle
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 45 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 46:

Tabel 46. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi KG aktual dengan *bilge 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	$\Phi_{15}$



Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
7,029	-0,172	$\Phi_{16}$
7,355	0,243	$\Phi_{17}$
7,744	-0,16	$\Phi_{18}$
8,05	0,242	$\Phi_{19}$
8,458	-0,14	$\Phi_{20}$
8,829	0,25	$\Phi_{21}$

Tabel 46 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 :

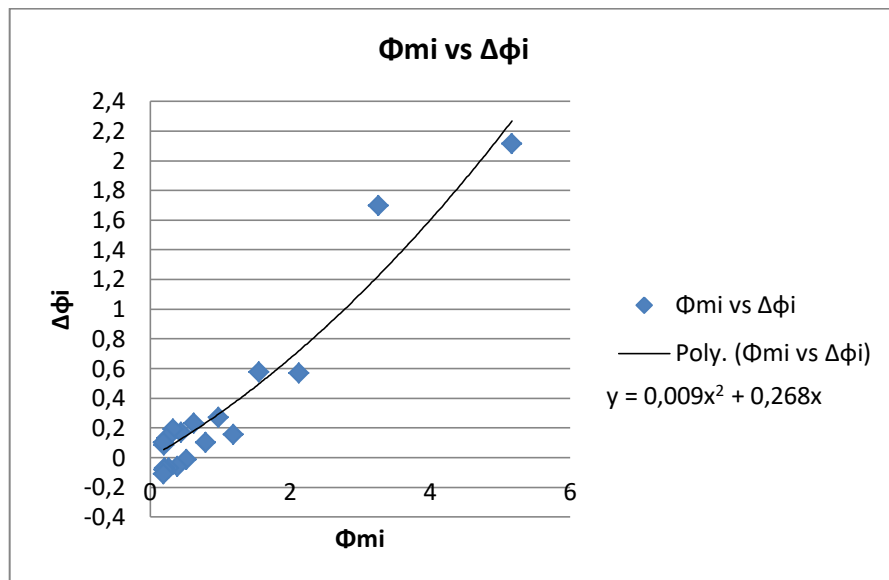
Tabel 47. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi KG aktual dengan *bilge keel*

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



No	$\delta\phi_i = \phi_i - \phi_{i-1}$	$\phi_{mi} = \frac{\phi_i + \phi_{i-1}}{2}$
19	0,102	0,191
20	-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 27 :



Gambar 32. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  KG aktual dengan *bilge 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 4** sehingga diperoleh pada tabel 48 :



Tabel 48. Nilai  $\phi_m$  pada kondisi KG aktual dengan *bilge 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
0,0042	2,256	0,0083	4,057	0,0125	5,323	0,0166	6,319
0,0034	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 49 :

Tabel 49. Nilai  $N(\phi_r)$  pada kondisi KG aktual dengan *bilge keel*

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





4. Percobaan Roll Decay Test pada Limiting KG dengan *bilge keel*

Tabel 50. Sudut Olenng pada kondisi Limiting KG dengan *bilge keel*

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



Run Time	Y Angle
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



Run Time	Y Angle
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

Dari tabel 50 di dapatkan nilai masing-masing  $\phi_i$  pada Tabel 51:

Tabel 51. Nilai  $\Phi_i$  pada kondisi Limiting KG dengan *bilge 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	$\Phi_{15}$



Run Time	Y Angle	$\Phi_i$
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 47 digunakan untuk mencari nilai  $N$  sebagai berikut :

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

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

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

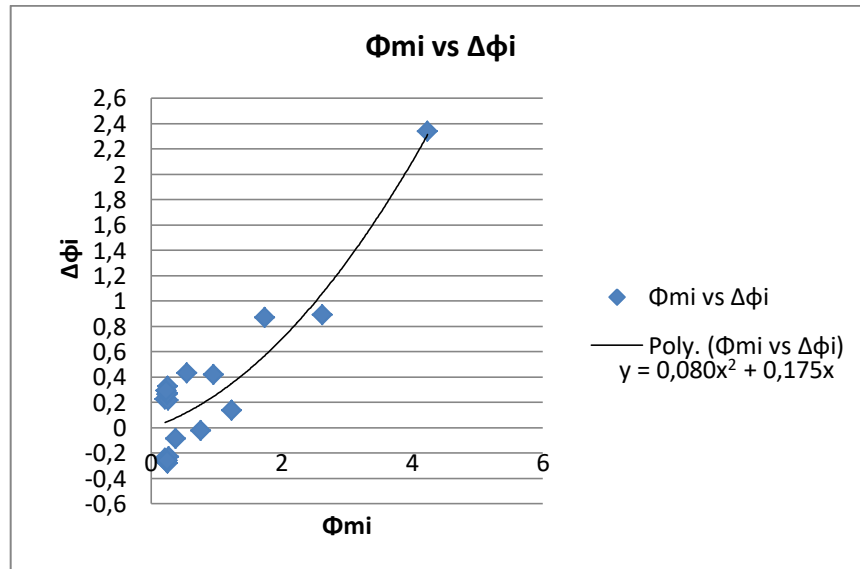
Berikut perhitungan nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  dalam bentuk tabel 52 :

Tabel 52. Nilai  $\delta\phi_i$  dan  $\phi_{mi}$  pada kondisi Limiting KG dengan *bilge 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 48 adalah digunakan bantuan koefisien dari polinomial orde dua yang di dapatkan dari kurva 33:



Gambar 33. Kurva polinomial orde dua  $\phi_{mi}$  vs  $\delta\phi_i$  Limiting KG dengan bilge keel

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

Diketahui bahwa persamaan polinomial 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 4** sehingga diperoleh nilai pada Tabel 53 :



Tabel 53. Nilai  $\phi_m$  pada kondisi Limiting KG dengan *bilge keel*

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$
0,0054	1,649	0,0109	2,95	0,0163	4,825	0,0217	5,963
0,0044	2,439	0,0088	3,955	0,0132	5,008	0,0176	6,121
0,0036	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 54. Nilai  $N(\phi_r)$  pada kondisi Limiting KG dengan *bilge keel*

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



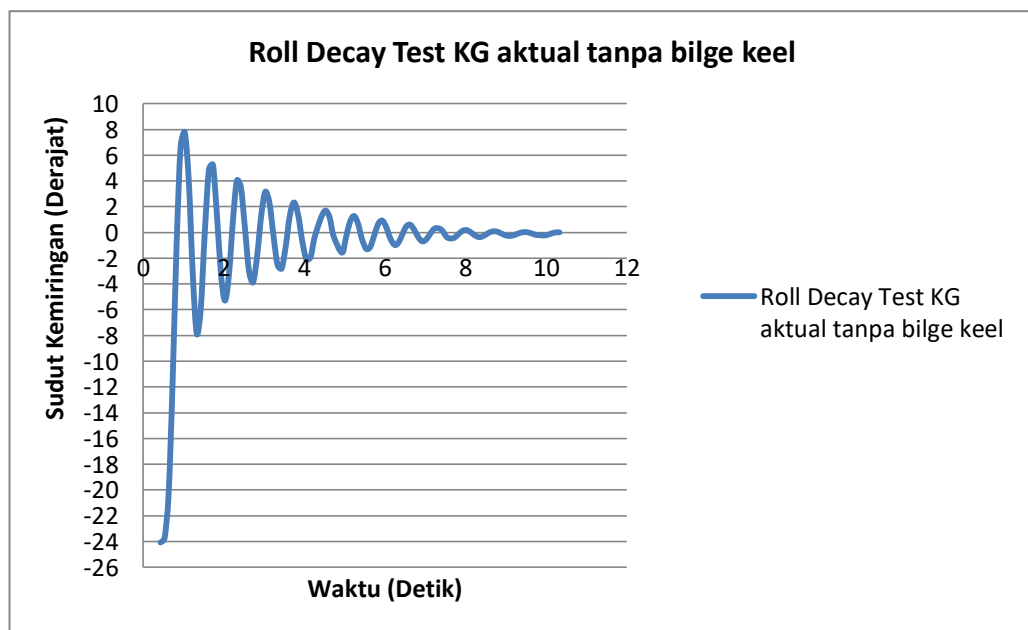
## Lampiran 4

### Roll Decay Test pada Gelombang

Seperti halnya dengan **Lampiran 2** tentang Roll Decay Test di air tenang untuk melihat bagaimana karakteristik redaman dari suatu model saat terjadi keolengan pada model, akan tetapi untuk Roll Decay Test pada gelombang terdapat prosedur tersendiri, khususnya persiapan sebelum dilakukan percobaan diperlukan data dari hasil Roll Decay Test di air tenang. Berikut beberapa persiapan awal sebelum melakukan percobaan Roll Decay Test di air bergelombang :

#### 5.1 Penentuan Amplitudo Gelombang pada KG Aktual tanpa *bilge keel*

Untuk menentukan nilai amplitudo gelombang diperlukan data seperti kurva gelombang hasil Roll Decay Test di air tenang pada Gambar 34 :



Gambar 34. Kurva Roll Decay Test KG aktual tanpa *bilge keel*

Dari kurva pada Gambar 29 diperoleh nilai  $t_1 = 0,7$  detik,  $t_2 = 0,594$  detik,  $t_3 =$  detik,  $t_4 = 0,71$  detik. Sehingga diperoleh nilai rata-rata yakni  $T_\phi = 0,6775$



Maka diperoleh nilai Natural Roll Frequency  $\omega_0$  sebagai berikut :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_\phi}$$

$$\omega_0 = 9,2778$$

Untuk mendapatkan nilai Natural Wave Frequency, dalam IMO aturan minimum  $\omega/\omega_0$  yang direkomendasi adalah 0.9 , 1 , 1.1. Sehingga nilai dari Natural Wave Frequency  $\omega$  adalah pada Tabel 55 :

Tabel 55. Nilai  $\omega$  (herzt) KG aktual tanpa *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)
0,9	8,3500263	1,3289
1	9,277807	1,4766
1,1	10,2055877	1,6243

Maka diperoleh nilai  $\lambda = 2\pi g/\omega^2$  pada Tabel 56 :

Tabel 56. Nilai  $\lambda$  KG aktual tanpa *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)	$\lambda$
0,9	8,3500263	1,3289	0,8837
1	9,277807	1,4766	0,7158
1,1	10,2055877	1,6243	0,5916

Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang maka  $\lambda$  dikalikan dengan masing-masing slope 0.01, 0.02, 0.03, dan 0.04 pada Tabel 57 :

Tabel 57. Tinggi Gelombang KG aktual tanpa *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	$\lambda$	H= $\lambda$ .S (meter)			
		0,01	0,02	0,03	0,04
1,3289	0,8837	0,009	0,018	0,027	0,035
1,4766	0,7158	0,007	0,014	0,021	0,029
1,6243	0,5916	0,006	0,012	0,018	0,024

Tabel 57 tinggi gelombang kemudian diubah menjadi tabel 58 amplitudo





sekaligus sebagai data yang di input ke dalam program wave maker untuk mendapatkan gelombang. Berikut tabel amplitude dengan frekuensi :

Tabel 58 Amplitudo Gelombang KG aktual tanpa *bilge keel*

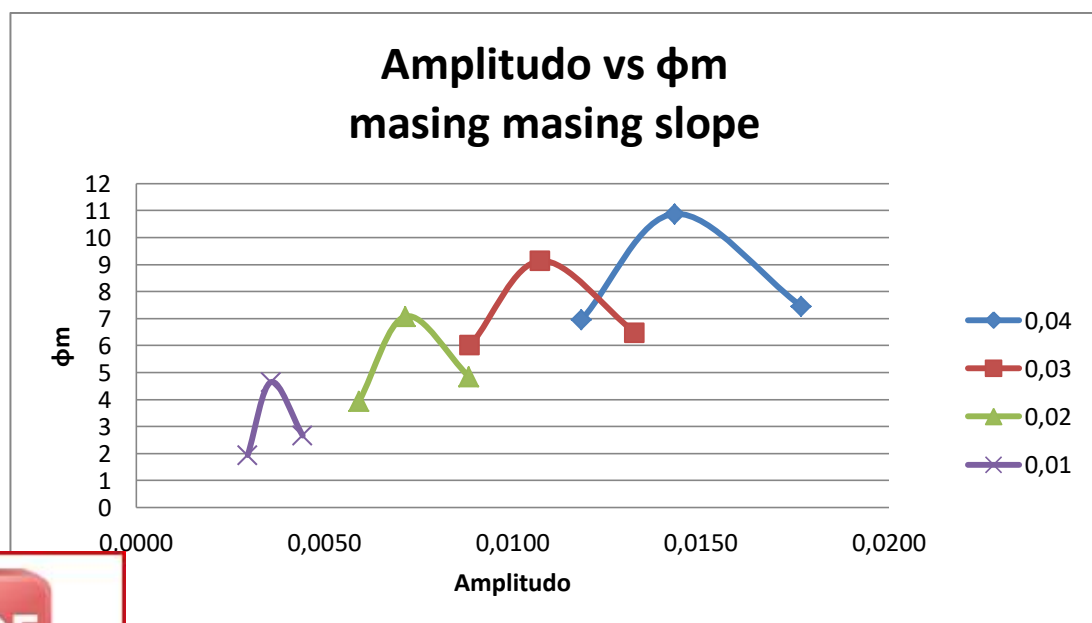
$\omega$ (herzt)	A =H/2			
	0,01	0,02	0,03	0,04
1,3289	0,0044	0,0088	0,0133	0,0177
1,4766	0,0036	0,0072	0,0107	0,0143
1,6243	0,0030	0,0059	0,0089	0,0118

Dari tabel 58 didapatkan kurva hasil Roll Decay Test pada gelombang yang dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sehingga didapatkan nilai  $\phi_m$  pada masing-masing A pada Tabel 59 :

Tabel 59. Nilai Amplitudo dan  $\phi_m$  KG aktual tanpa *bilge keel*

0,01		0,02		0,03		0,04	
Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$	Amplitudo	$\phi_m$
0,0044	2,664	0,0088	4,844	0,0133	6,468	0,0177	7,445
0,0036	4,648	0,0072	7,082	0,0107	9,137	0,0143	10,878
0,0030	1,943	0,0059	3,934	0,0089	6	0,0118	6,963

Berikut adalah gambar 35 kurva  $\phi_m$  :

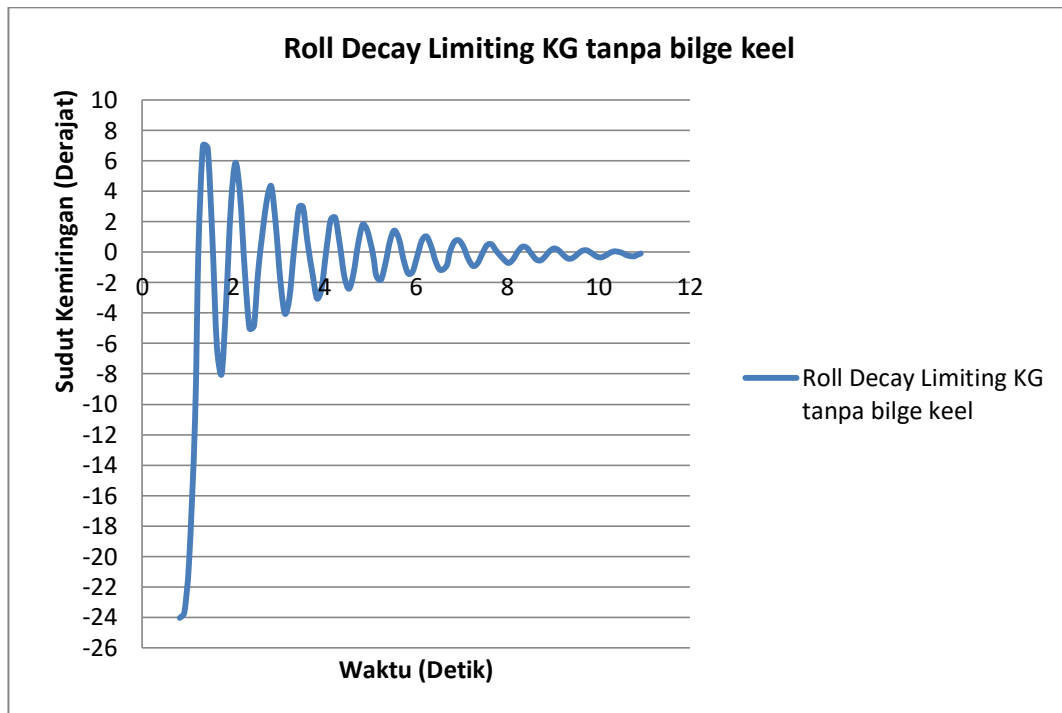


Gambar 35. Kurva Amplitudo dengan  $\phi_m$  di masing-masing slope



## 5.2 Penentuan Amplitudo Gelombang pada Limiting KG tanpa bilge keel

Untuk menentukan nilai amplitudo gelombang diperlukan data seperti kurva gelombang hasil Roll Decay Test di air tenang seperti pada gambar 36 :



Gambar 36. Kurva Roll Decay Test Limiting KG tanpa bilge keel

Dari kurva pada Gambar 30 diperoleh nilai  $t_1 = 0,712$  detik,  $t_2 = 0,782$  detik,  $t_3 = 0,698$  detik,  $t_4 = 0,706$  detik. Sehingga diperoleh nilai rata-rata yakni  $T_\phi = 0,7245$  detik.

Maka diperoleh nilai Natural Roll Frequency  $\omega_0$  sebagai berikut :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_\phi}$$

$$\omega_0 = 8,67593$$



Untuk mendapatkan nilai Natural Wave Frequency, dalam IMO aturan minimum  $\omega/\omega_0$  yang direkomendasi adalah 0.9 , 1 , 1.1. Sehingga nilai dari Natural Wave Frequency  $\omega$  adalah seperti pada Tabel 60 :

Tabel 60. Nilai  $\omega$  (herzt) Limiting KG tanpa *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)
0,9	7,80834	1,2427
1	8,67593	1,3808
1,1	9,54352	1,5189

Maka diperoleh nilai  $\lambda = 2\pi g/\omega^2$  pada Tabel 61:

Tabel 61. Nilai  $\lambda$  Limiting KG tanpa *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)	$\lambda$
0,9	7,80834	1,2427	1,0106
1	8,67593	1,3808	0,8186
1,1	9,54352	1,5189	0,6765

Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang maka  $\lambda$  dikalikan dengan masing-masing slope 0.01, 0.02, 0.03, dan 0.04 seperti pada Tabel 62 :

Tabel 62. Tinggi Gelombang Limiting KG tanpa *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	$\lambda$	$H = \lambda \cdot S$ (meter)			
		0,01	0,02	0,03	0,04
1,2427	1,0106	0,010	0,020	0,030	0,040
1,3808	0,8186	0,008	0,016	0,025	0,033
1,5189	0,6765	0,007	0,014	0,020	0,027

Tabel 62 tinggi gelombang di atas kemudian diubah menjadi tabel 63 sekaligus sebagai data yang di input ke dalam program wave maker



untuk mendapatkan gelombang. Berikut tabel amplitude dengan frekuensi :

Tabel 63. Amplitudo Gelombang Limiting KG tanpa *bilge keel*

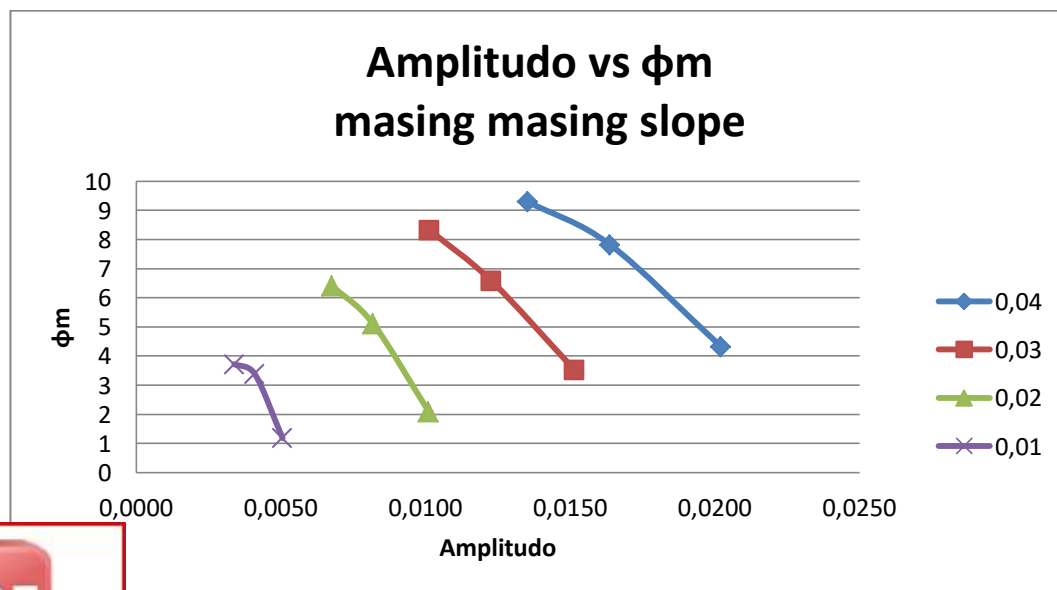
$\omega$ (herzt)	A =H/2			
	0,01	0,02	0,03	0,04
1,2427	0,00505	0,01011	0,01516	0,02021
1,3808	0,00409	0,00819	0,01228	0,01637
1,5189	0,00338	0,00677	0,01015	0,01353

Dari tabel 63 didapatkan kurva hasil Roll Decay Test pada gelombang yang dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sehingga didapatkan nilai  $\phi_m$  pada masing-masing A seperti 64 :

Tabel 64. Nilai Amplitudo dan  $\phi_m$  Limiting KG tanpa *bilge keel*

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

Berikut adalah kurva  $\phi_m$  pada Gambar 37 :

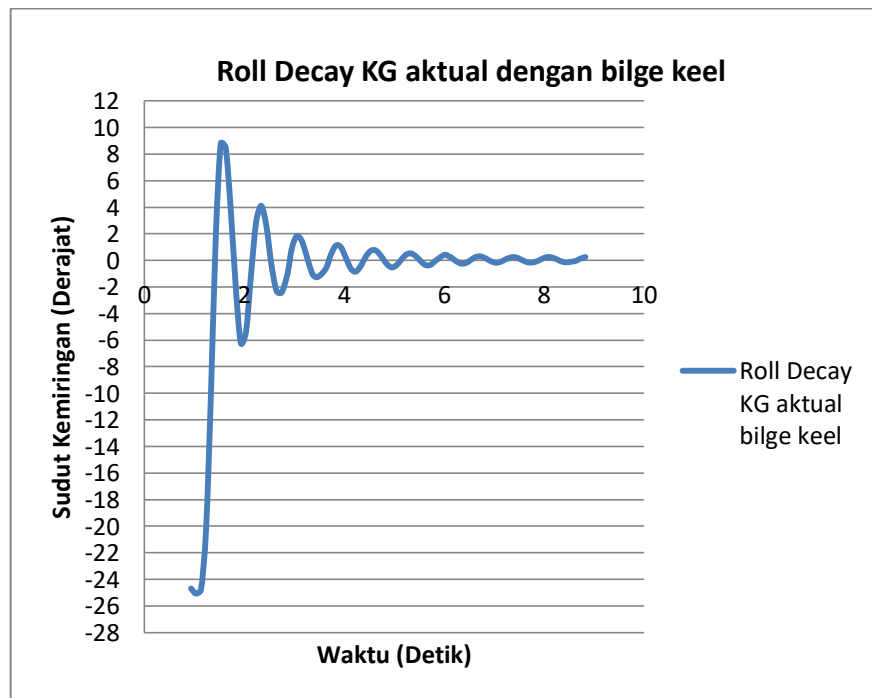


Gambar 37. Kurva Amplitudo dengan  $\phi_m$  di masing-masing slope



### 5.3 Penentuan Amplitudo Gelombang pada KG Aktual dengan bilge keel

Untuk menentukan nilai amplitudo gelombang diperlukan data seperti kurva gelombang hasil Roll Decay Test di air tenang seperti pada Gambar 38 :



Gambar 38. Kurva Roll Decay Test KG aktual dengan bilge keel

Dari kurva pada Gambar 33 diperoleh nilai  $t_1 = 0,811$  detik,  $t_2 = 0,715$  detik,  $t_3 = 0,779$  detik,  $t_4 = 0,801$  detik,  $t_5 = 0,699$  detik,  $t_6 = 0,677$  detik,  $t_7 = 0,717$  detik,  $t_8 = 0,631$  detik,  $t_9 = 0,695$ ,  $t_{10} = 0,779$  detik. Sehingga diperoleh nilai rata-rata yakni  $T_\phi = 0,7304$  detik.

Maka diperoleh nilai Natural Roll Frequency  $\omega_0$  sebagai berikut :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_\phi}$$

$$\omega_0 = 8,605852$$



Untuk mendapatkan nilai Natural Wave Frequency, dalam IMO aturan minimum  $\omega/\omega_0$  yang direkomendasi adalah 0.9 , 1 , 1.1. Sehingga nilai dari Natural Wave Frequency  $\omega$  adalah dapat dilihat pada Tabel 65 :

Tabel 65. Nilai  $\omega$  (herzt) KG aktual dengan *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)
0,9	7,74527	1,2327
1	8,60585	1,3697
1,1	9,46644	1,5066

Maka diperoleh nilai  $\lambda = 2\pi g/\omega^2$  seperti pada Tabel 66 :

Tabel 66. Nilai  $\lambda$  KG aktual dengan *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)	$\lambda$
0,9	7,74527	1,2327	1,0271
1	8,60585	1,3697	0,8320
1,1	9,46644	1,5066	0,6876

Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang maka  $\lambda$  dikalikan dengan masing-masing slope 0.01, 0.02, 0.03, dan 0.04 seperti pada Tabel 67

Tabel 67. Tinggi Gelombang KG aktual dengan *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	$\lambda$	H= $\lambda \cdot S$ (meter)			
		0,01	0,02	0,03	0,04
1,2327	1,0271	0,0103	0,0205	0,0308	0,0411
1,3697	0,8320	0,0083	0,0166	0,0250	0,0333
1,5066	0,6876	0,0069	0,0138	0,0206	0,0275

Dari tabel 67 tinggi gelombang di atas kemudian diubah menjadi tabel 68 amplitudo sekaligus sebagai data yang di input ke dalam program wave maker untuk mendapatkan gelombang. Berikut tabel amplitude dengan frekuensi :

Tabel 68. Amplitudo Gelombang KG aktual dengan *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	A =H/2			
	0,01	0,02	0,03	0,04
1,2327	0,00514	0,01027	0,01541	0,02054
1,3697	0,00416	0,00832	0,01248	0,01664
1,5066	0,00344	0,00688	0,01031	0,01375

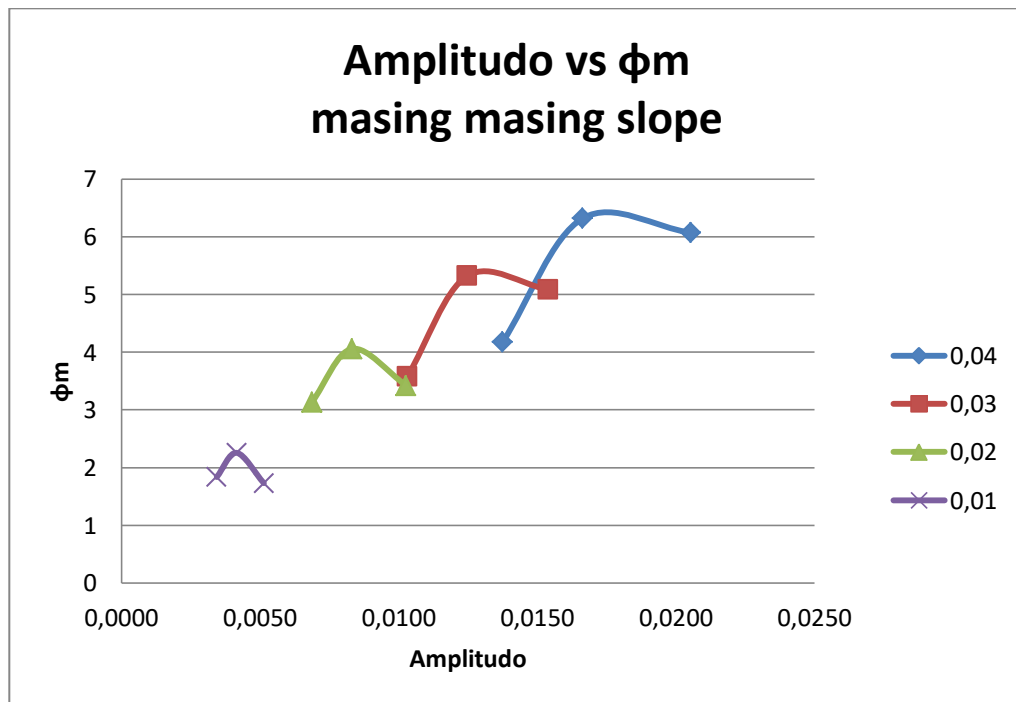


Dari tabel 68 didapatkan kurva hasil Roll Decay Test pada gelombang yang dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sehingga didapatkan nilai  $\phi_m$  pada masing-masing A seperti pada Tabel 69 :

Tabel 69. Nilai Amplitudo dan  $\phi_m$  KG aktual dengan *bilge 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
0,0042	2,256	0,0083	4,057	0,0125	5,323	0,0166	6,319
0,0034	1,837	0,0069	3,138	0,0103	3,578	0,0138	4,176

Berikut adalah kurva  $\phi_m$  pada Gambar 39 :

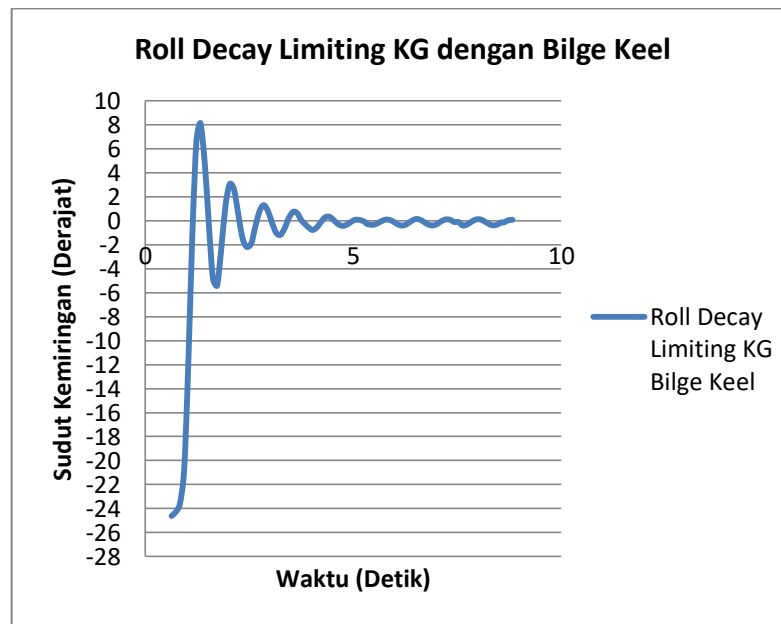


Gambar 39. Kurva Amplitudo dengan  $\phi_m$  di masing-masing slope



#### 5.4 Penentuan Amplitudo Gelombang pada Limiting KG dengan *bilge keel*

Untuk menentukan nilai amplitudo gelombang diperlukan data seperti kurva gelombang hasil Roll Decay Test di air tenang seperti dibawah :



Gambar 40. Kurva Roll Decay Test Limiting KG dengan *bilge keel*

Dari kurva di pada Gambar 35 diperoleh nilai  $t_1 = 0,706$  detik,  $t_2 = 0,815$  detik,  $t_3 = 0,712$  detik,  $t_4 = 0,874$  detik,  $t_5 = 0,699$  detik,  $t_6 = 0,696$  detik,  $t_7 = 0,7$  detik,  $t_8 = 0,703$  detik,  $t_9 = 0,821$ ,  $t_{10} = 0,782$  detik. Sehingga diperoleh nilai rata-rata yakni  $T_\phi = 0,7508$  detik.

Maka diperoleh nilai Natural Roll Frequency  $\omega_0$  sebagai berikut :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_\phi}$$

$$\omega_0 = 8,372022$$

Untuk mendapatkan nilai Natural Wave Frequency, dalam IMO aturan minimum yang direkomendasi adalah 0.9 , 1 , 1.1. Sehingga nilai dari Natural Wave Frequency  $\omega$  adalah seperti pada Tabel 70 :





Tabel 70 Nilai  $\omega$  (herzt) Limiting KG dengan *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)
0,9	7,53482	1,1992
1	8,37202	1,3324
1,1	9,20922	1,4657

Maka diperoleh nilai  $\lambda = 2\pi g/\omega^2$  seperti pada Tabel 71 :

Tabel 71. Nilai  $\lambda$  Limiting KG dengan *bilge keel*

$\omega/\omega_0$	$\omega$ (rad/sec)	$\omega$ (herzt)	$\lambda$
0,9	7,53482	1,1992	1,0853
1	8,37202	1,3324	0,8791
1,1	9,20922	1,4657	0,7265

Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang maka  $\lambda$  dikalikan dengan masing-masing slope 0.01, 0.02, 0.03, dan 0.04 seperti pada Tabel 72 :

Tabel 72. Tinggi Gelombang Limiting KG dengan *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	$\lambda$	H= $\lambda \cdot S$ (meter)			
		0,01	0,02	0,03	0,04
1,1992	1,0853	0,0109	0,0217	0,0326	0,0434
1,3324	0,8791	0,0088	0,0176	0,0264	0,0352
1,4657	0,7265	0,0073	0,0145	0,0218	0,0291

Dari tabel 72 tinggi gelombang di atas kemudian diubah menjadi tabel 73 amplitudo sekaligus sebagai data yang di input ke dalam program wave maker untuk mendapatkan gelombang.

Tabel 73. Amplitudo Gelombang Limiting KG dengan *bilge keel*

$\omega$ (herzt)	A =H/2			
	0,01	0,02	0,03	0,04
1,1992	0,00543	0,01085	0,01628	0,02171
1,3324	0,00440	0,00879	0,01319	0,01758
1,4657	0,00363	0,00727	0,01090	0,01453

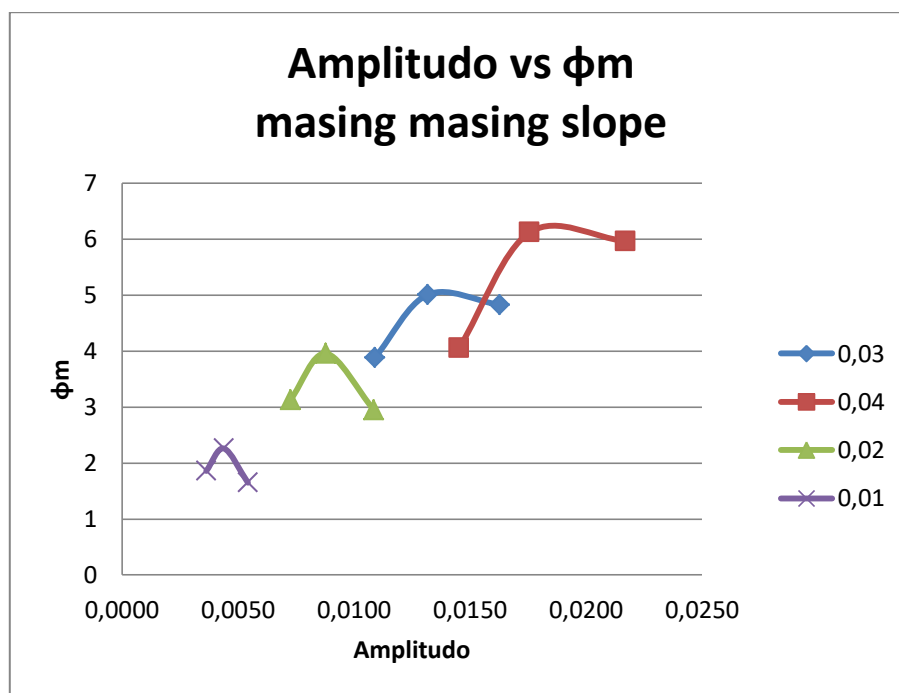
Dari tabel 73 didapatkan kurva hasil Roll Decay Test pada gelombang yang dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Sehingga didapatkan nilai  $\phi_m$  pada masing-masing A yang dapat dilihat pada Tabel 74 :



Tabel 74 Nilai Amplitudo dan  $\phi_m$  Limiting KG dengan *bilge keel*

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

Berikut adalah kurva  $\phi_m$  :

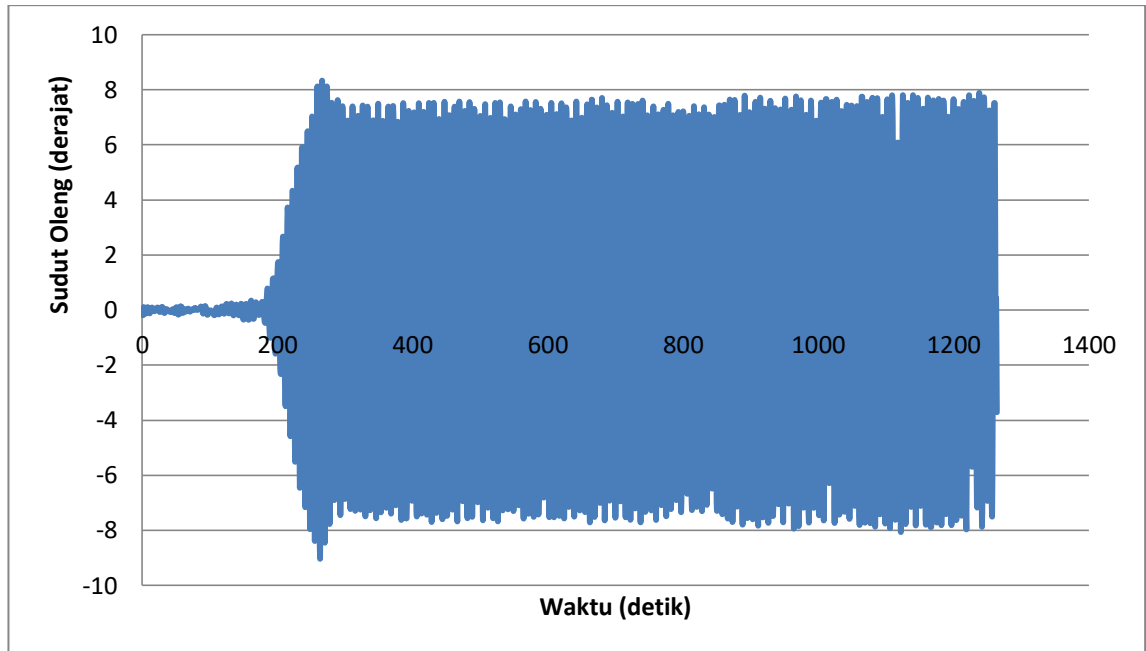


Gambar 41. Kurva Amplitudo dengan  $\phi_m$  di masing-masing slope



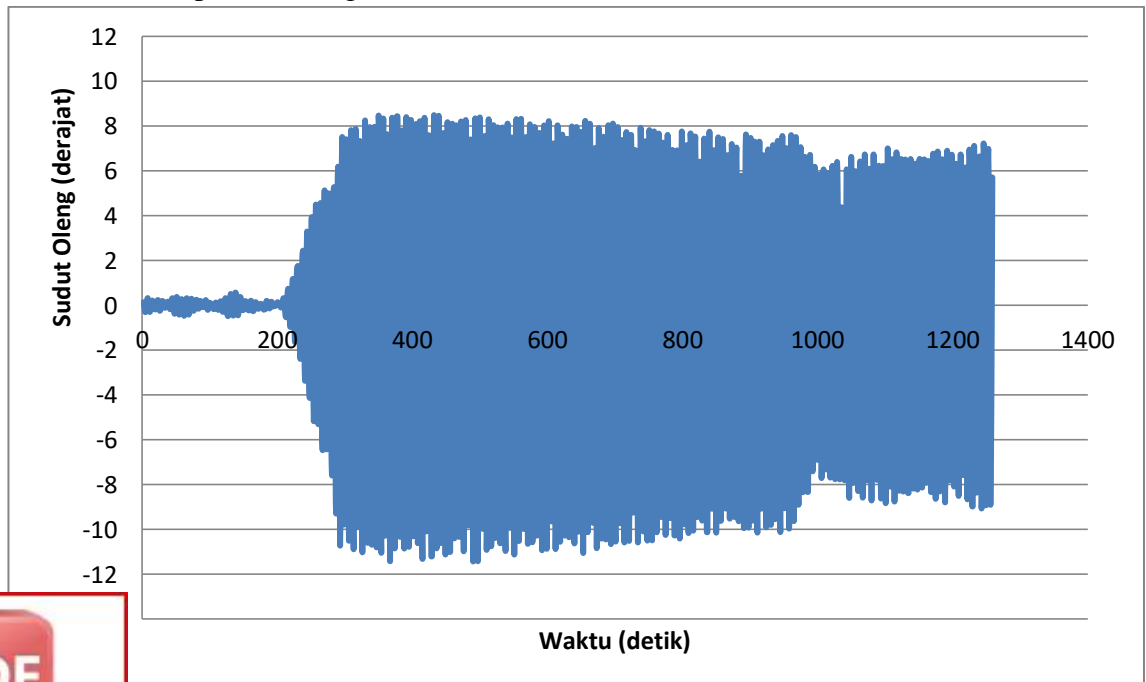
## Lampiran 5

- a. Kurva Roll Decay Test KG aktual tanpa *bilge keel* pada gelombang  
1. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3289



Gambar 42. Kurva slope 0,04 dengan frekuensi 1,3289

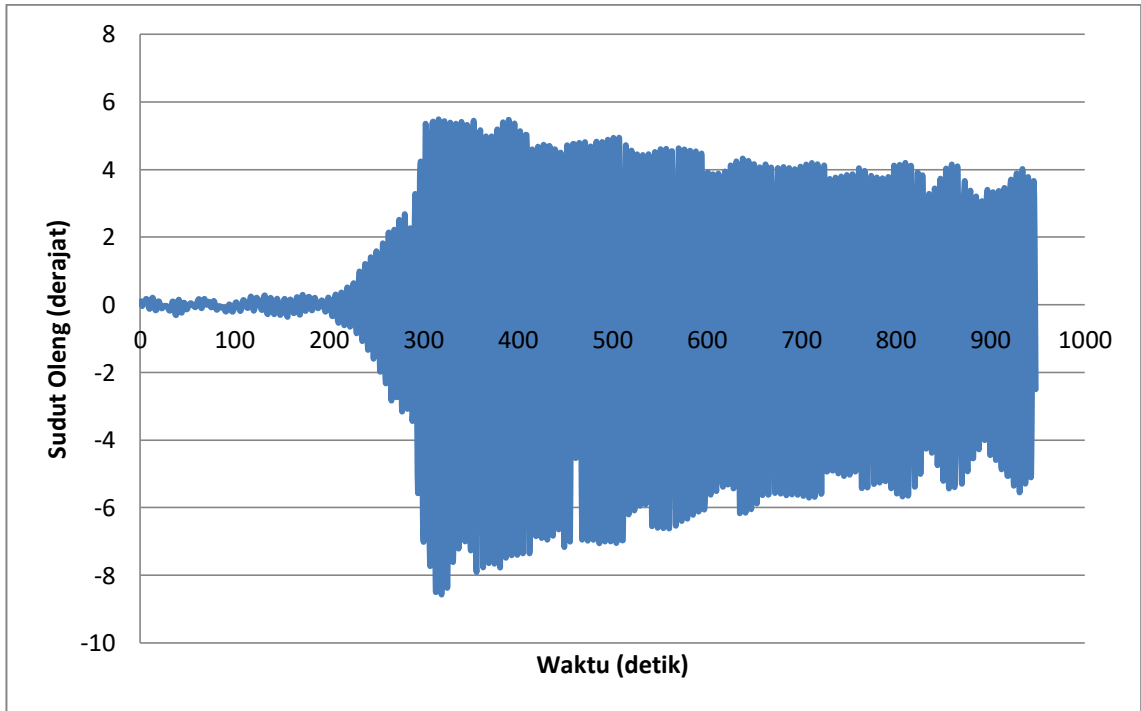
2. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,4766



Gambar 43. Kurva slope 0,04 dengan frekuensi 1,4766

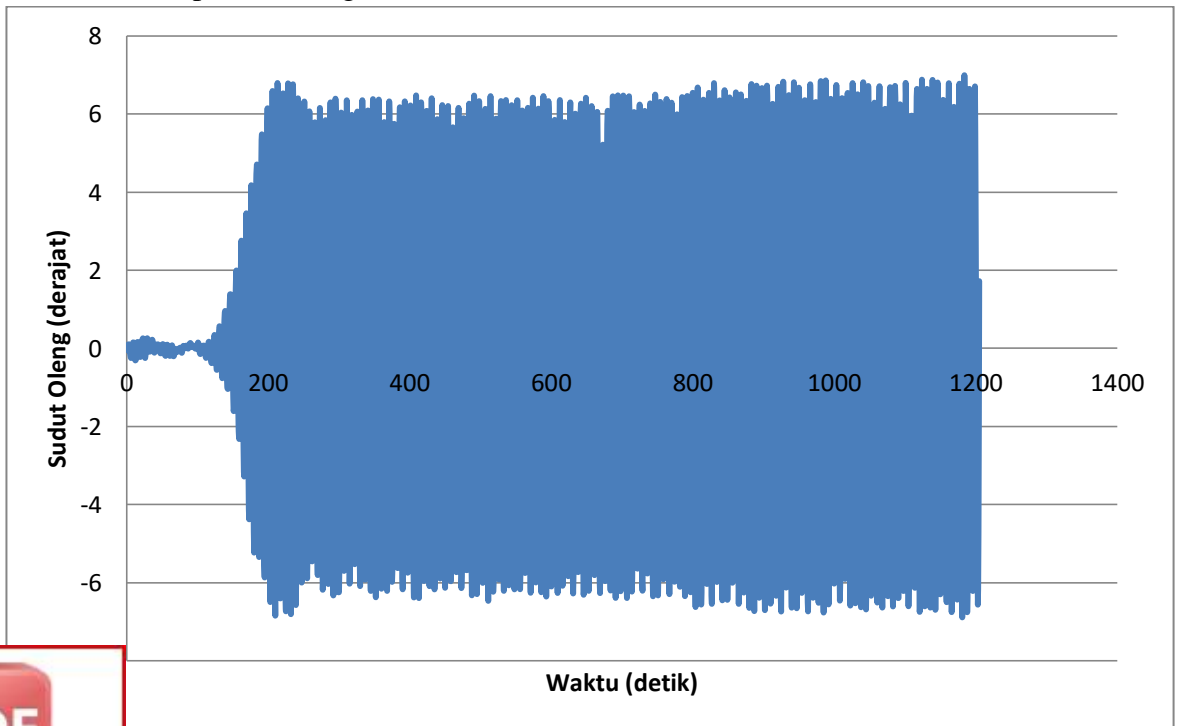


3. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,6243



Gambar 44. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,6243

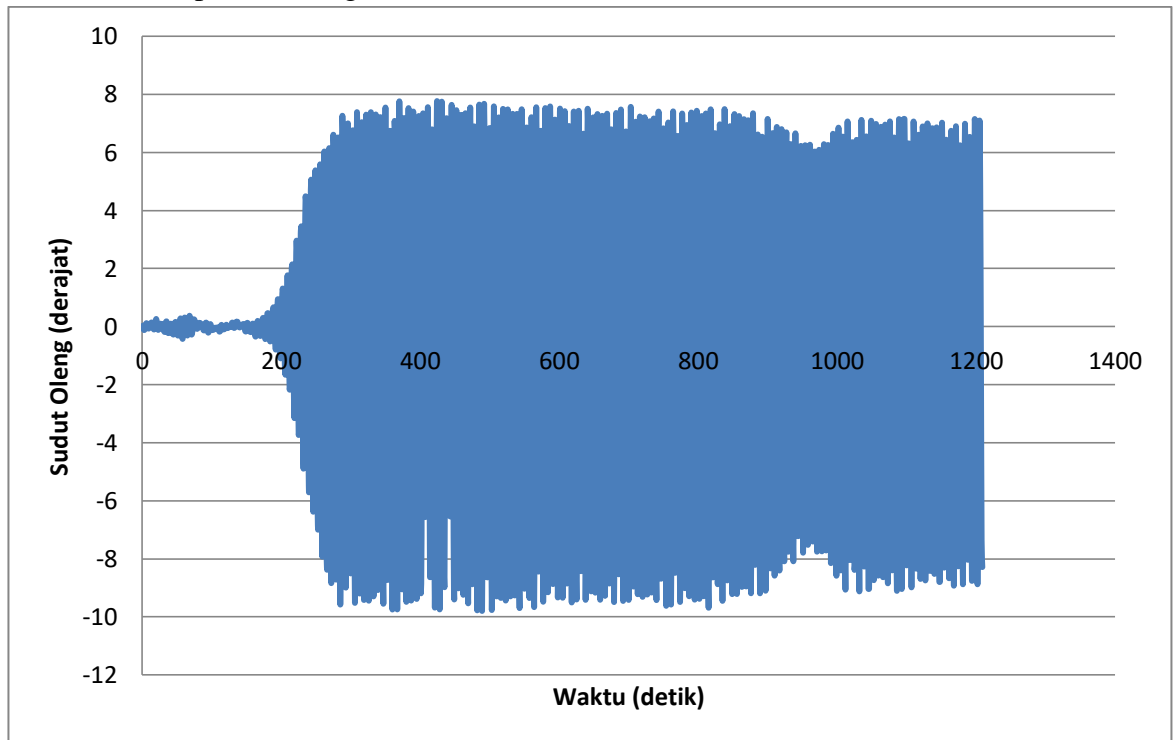
4. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3289



Gambar 45. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3289

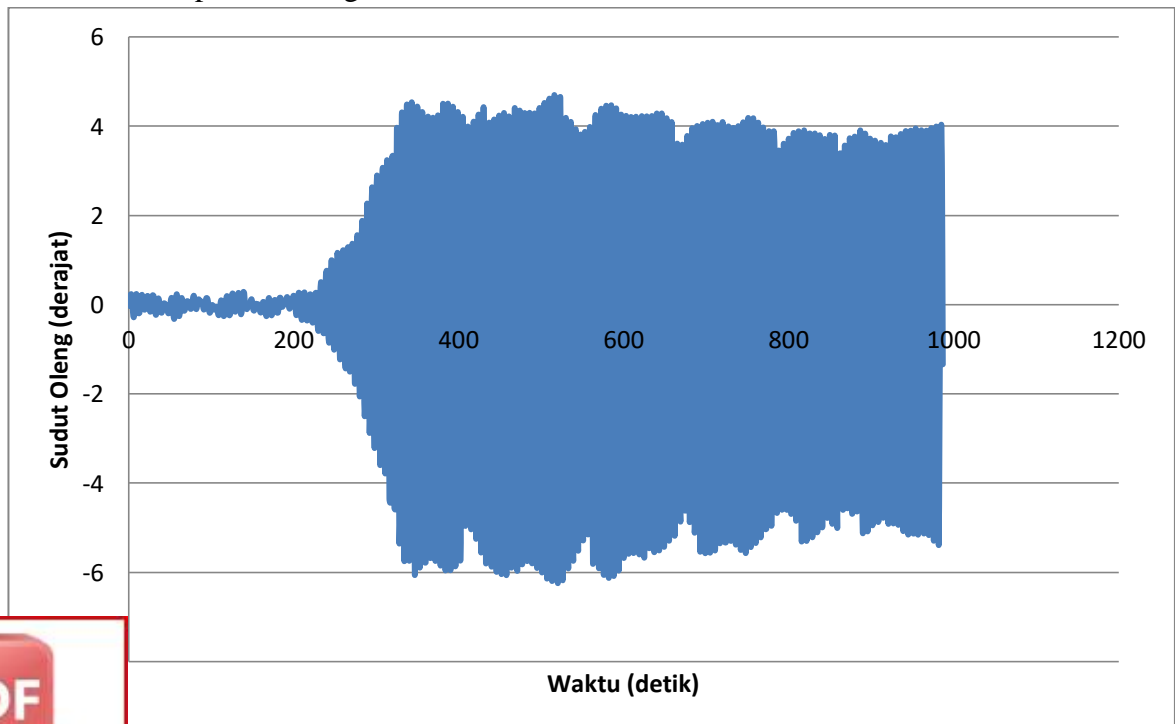


5. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,4766



Gambar 46. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,4766

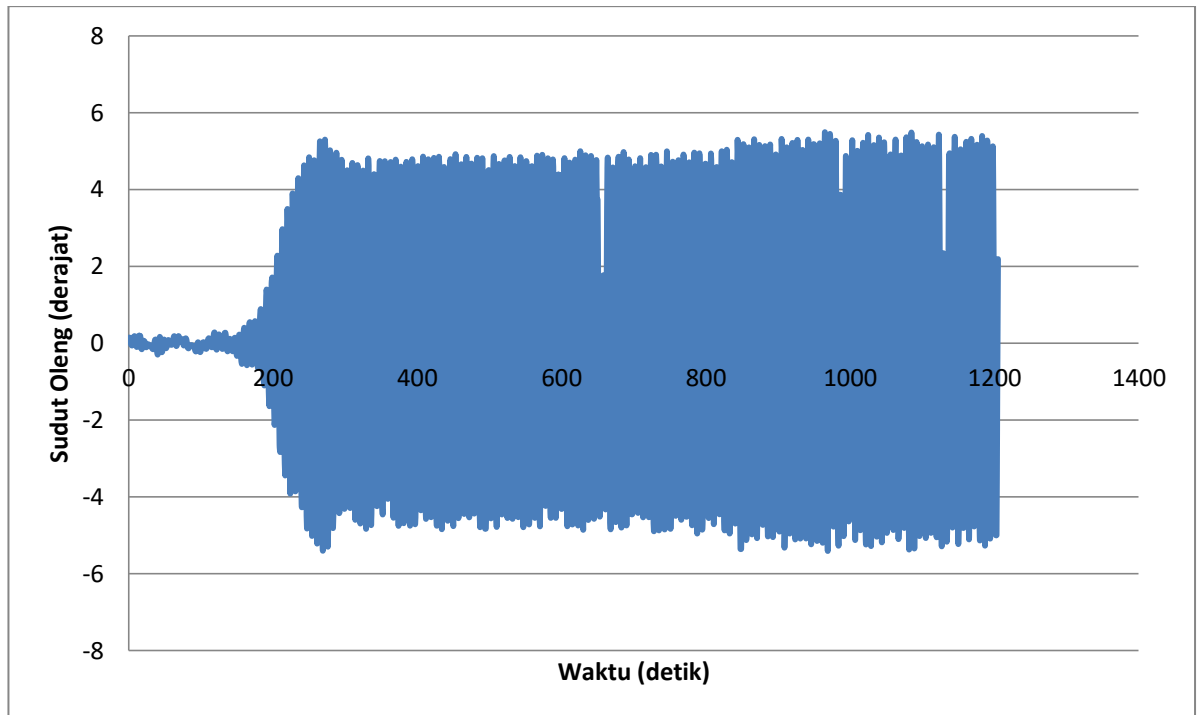
6. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,6243



Gambar 47. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,6243

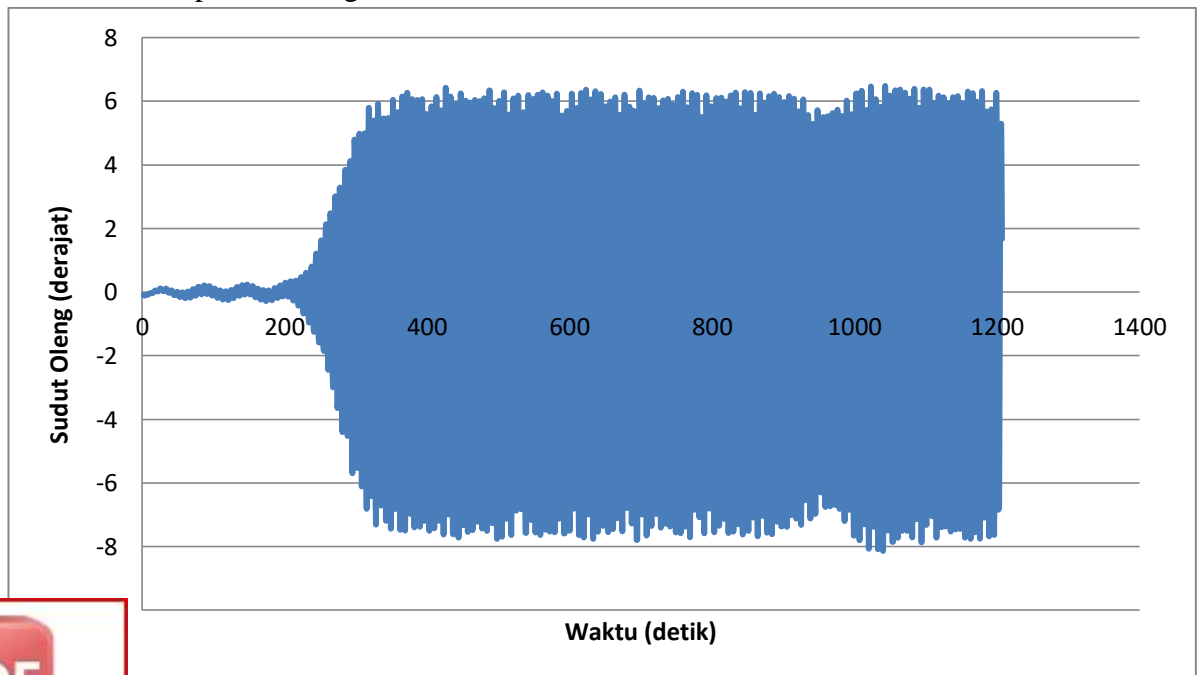


7. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3289



Gambar 48. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3289

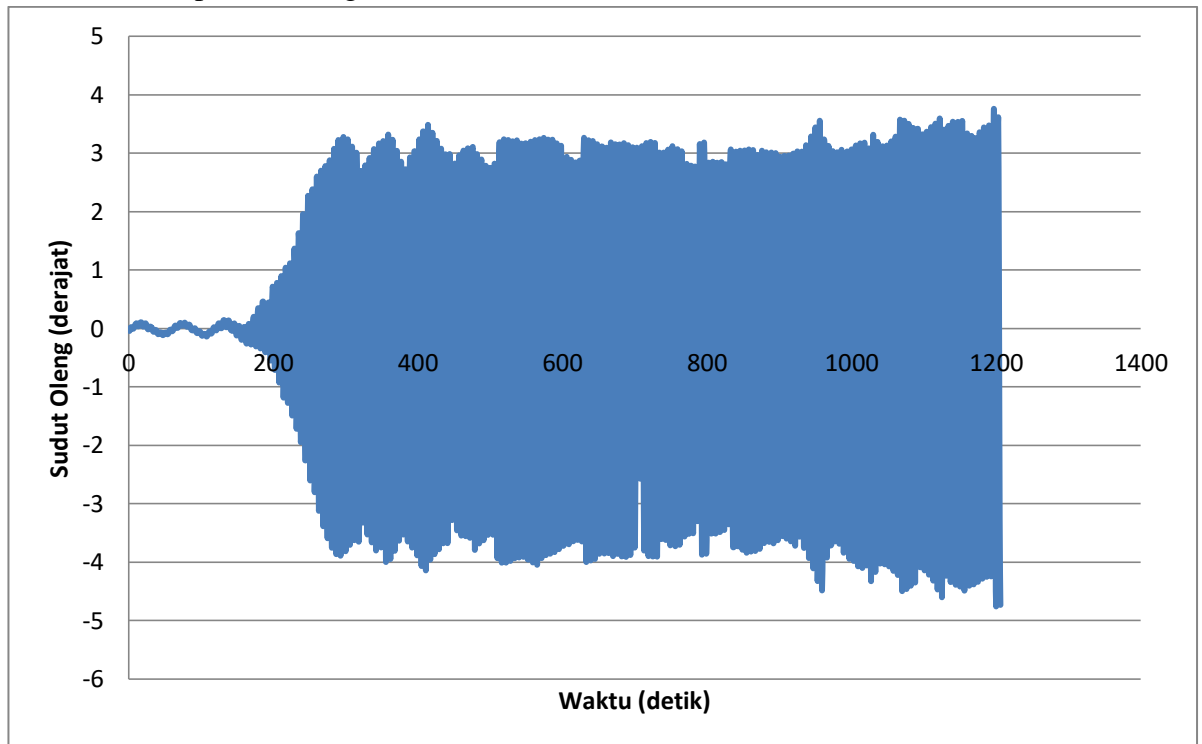
8. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,4766



Gambar 49. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,4766

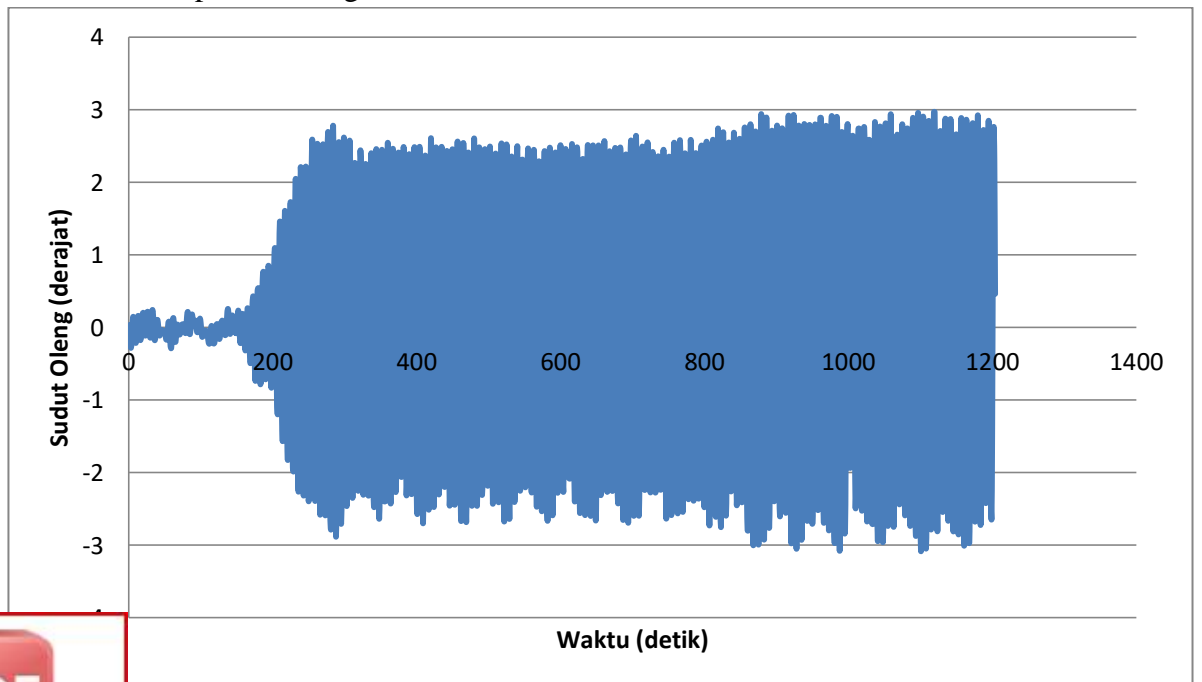


9. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,6243



Gambar 50. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,6243

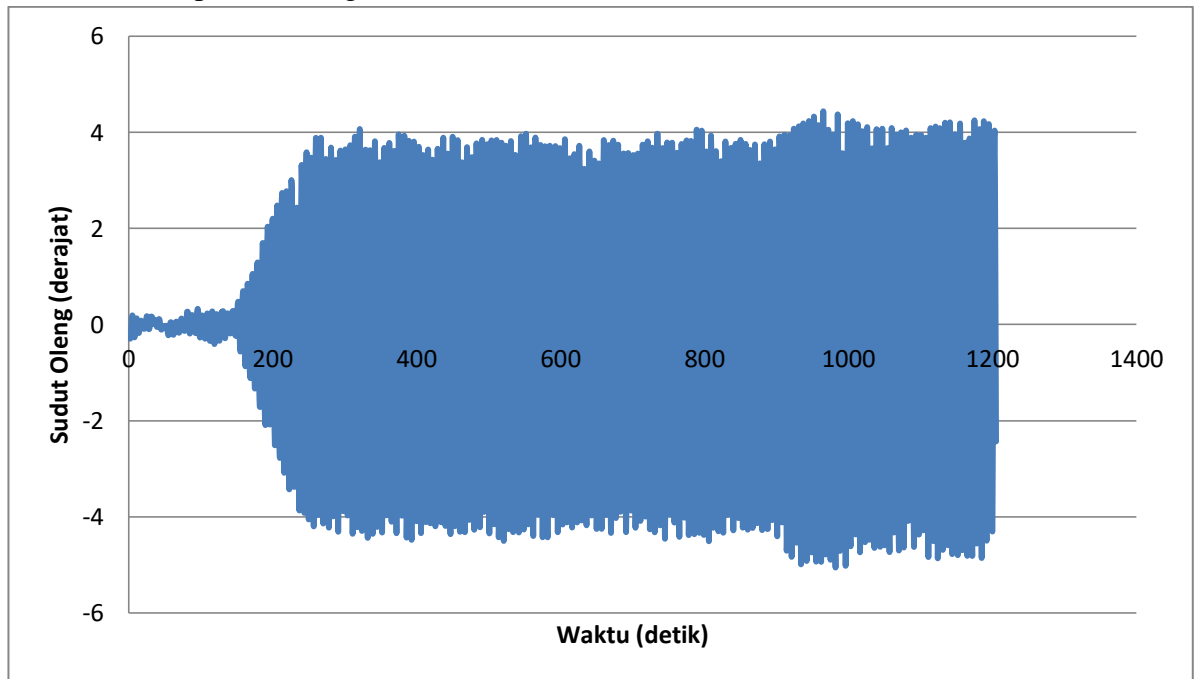
10. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3289



Gambar 51. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3289

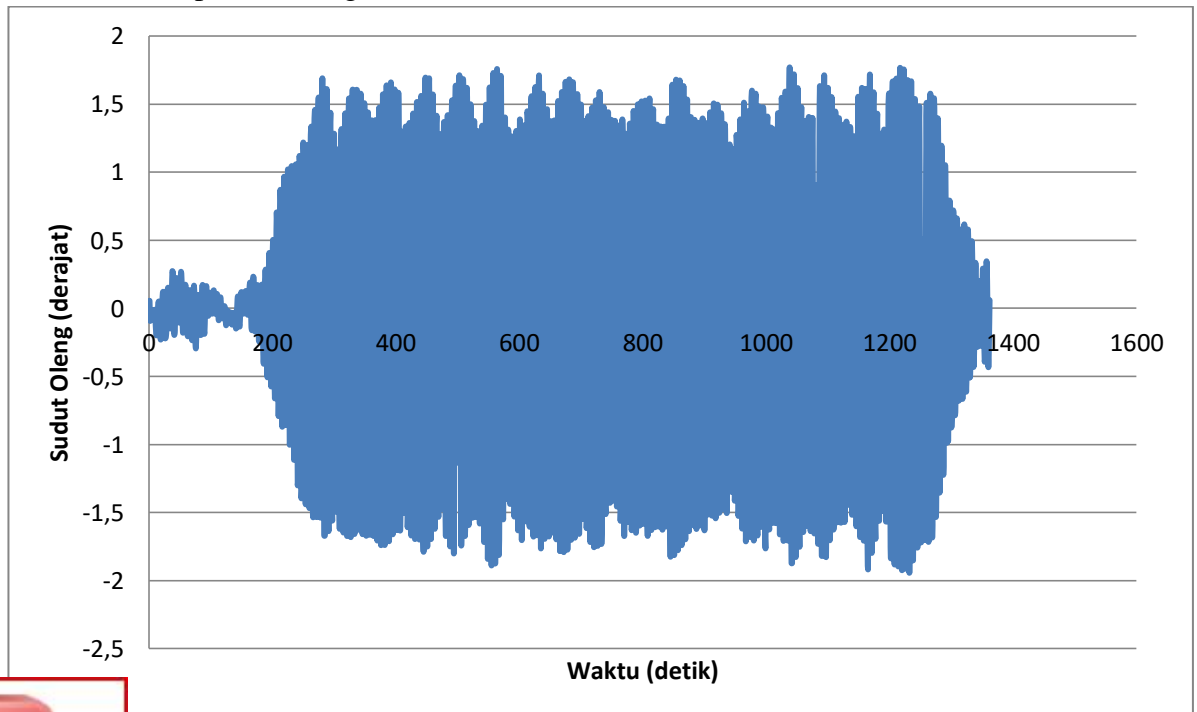


11. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,4766



Gambar 52. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,4766

12. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,6243

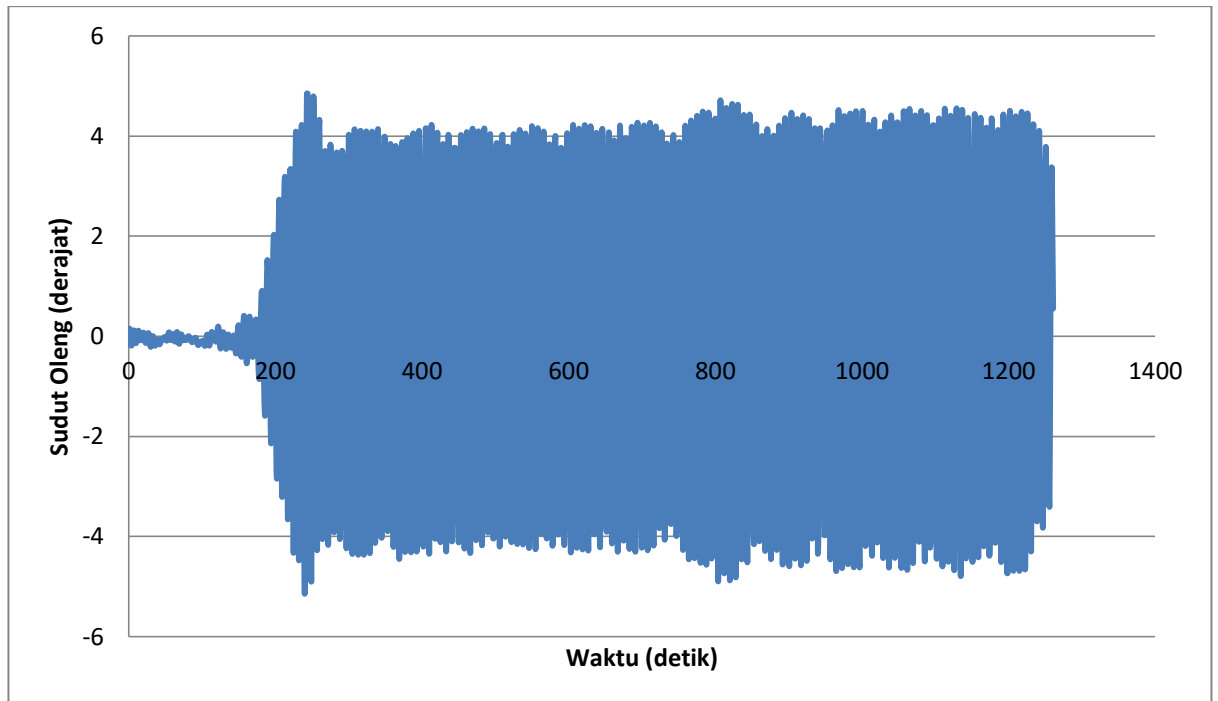


Gambar 53. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,6243



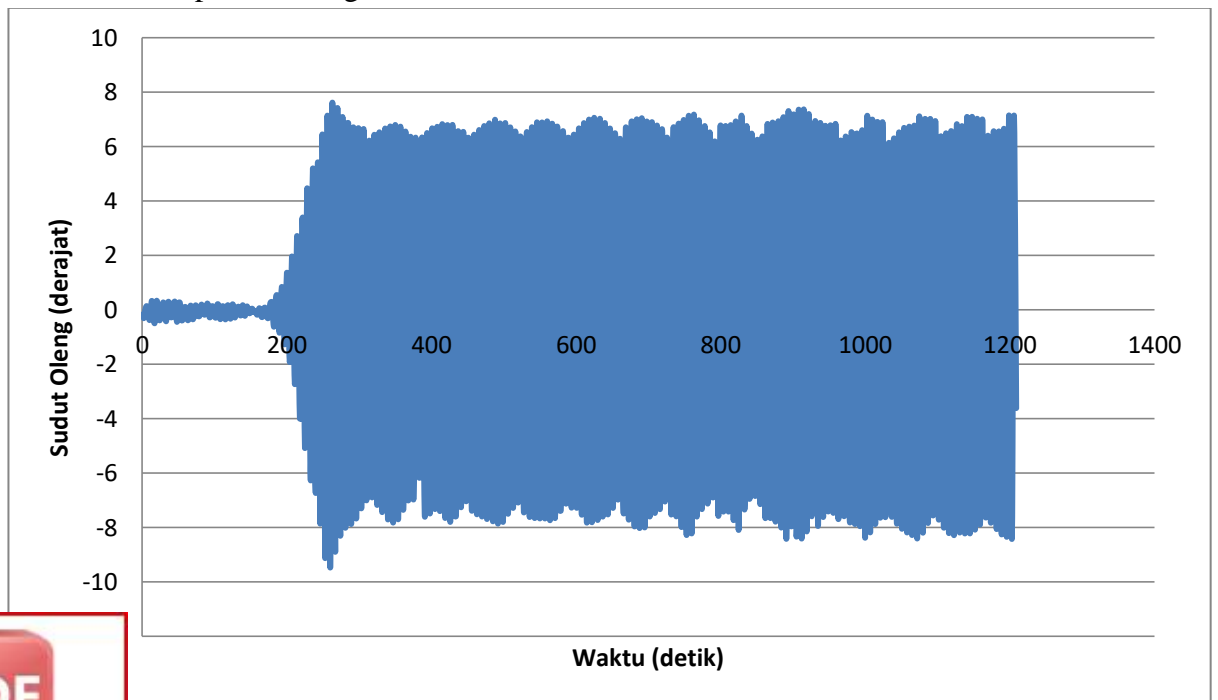


- b. Kurva Roll Decay Test Limiting KG tanpa *bilge keel* pada gelombang  
1. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,2427



Gambar 54. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,2427

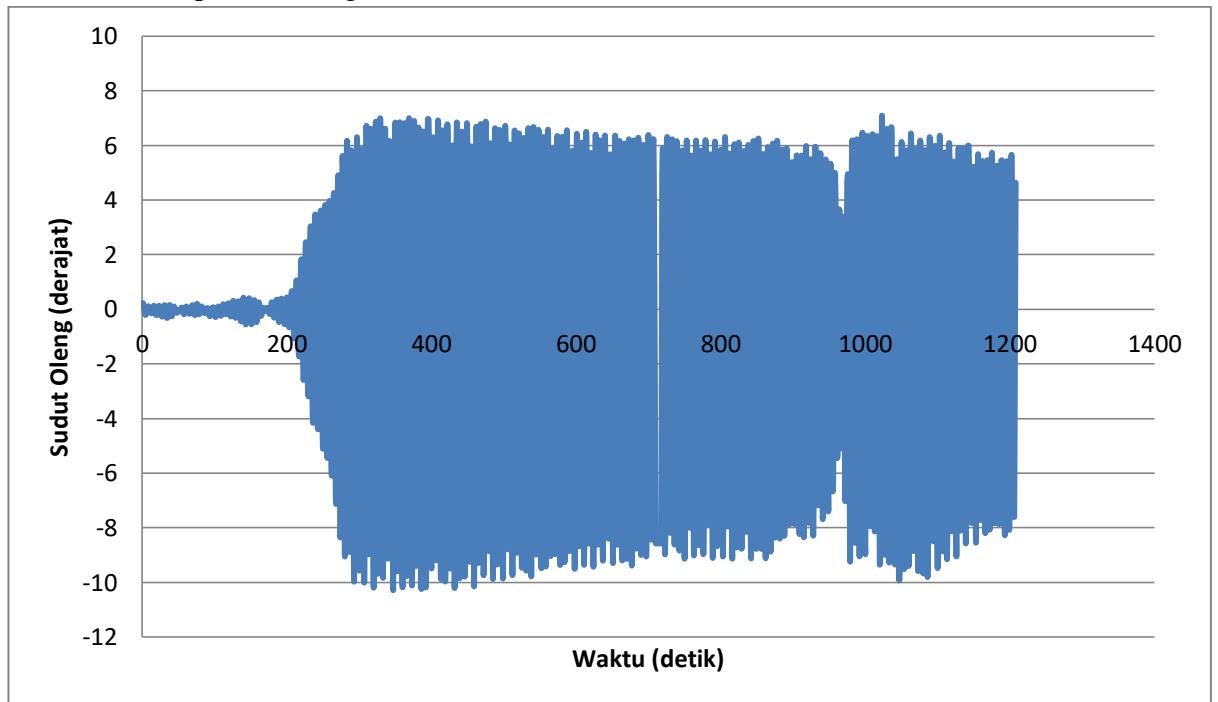
2. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3808



Gambar 55. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3808

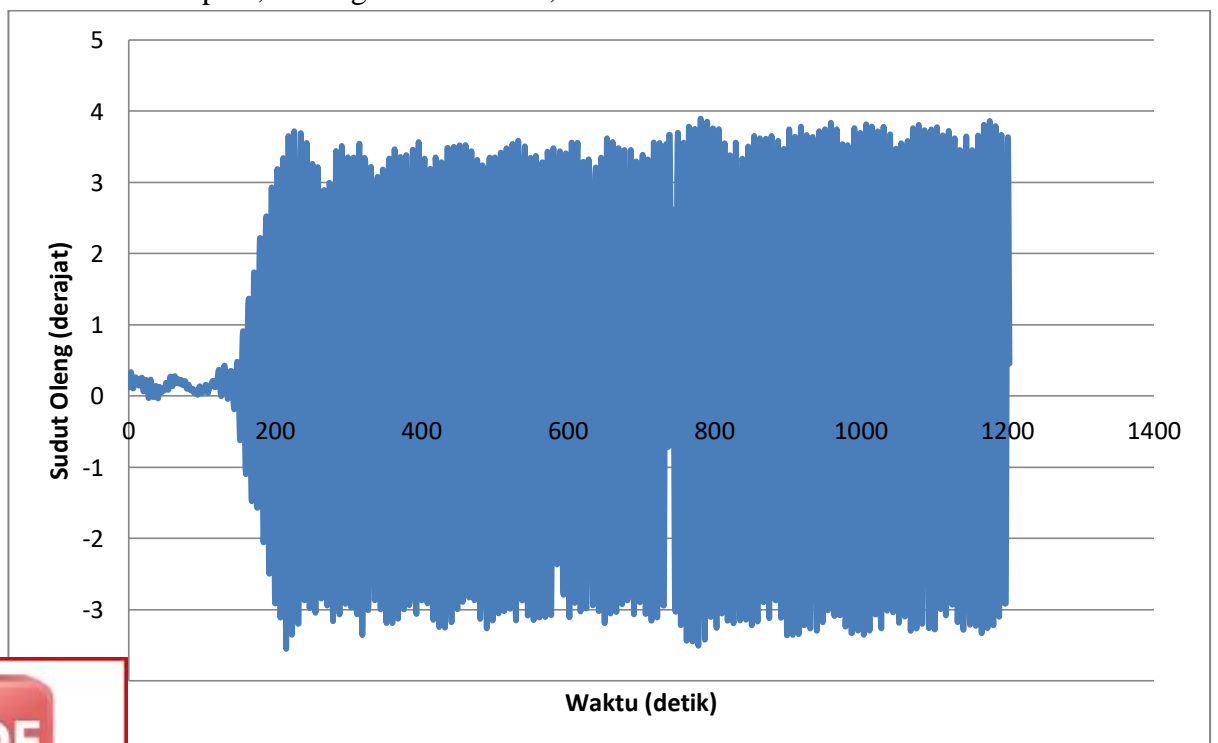


3. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,5189



Gambar 56. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,5189

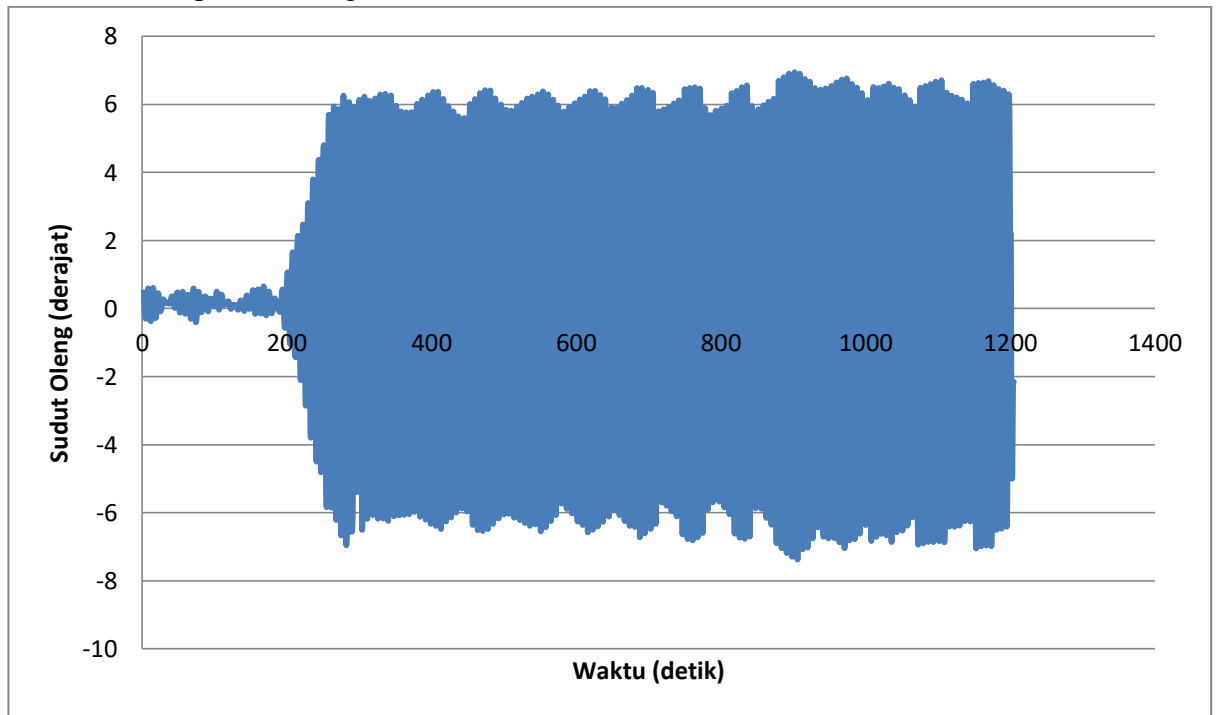
4. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,2427



Gambar 57. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,2427

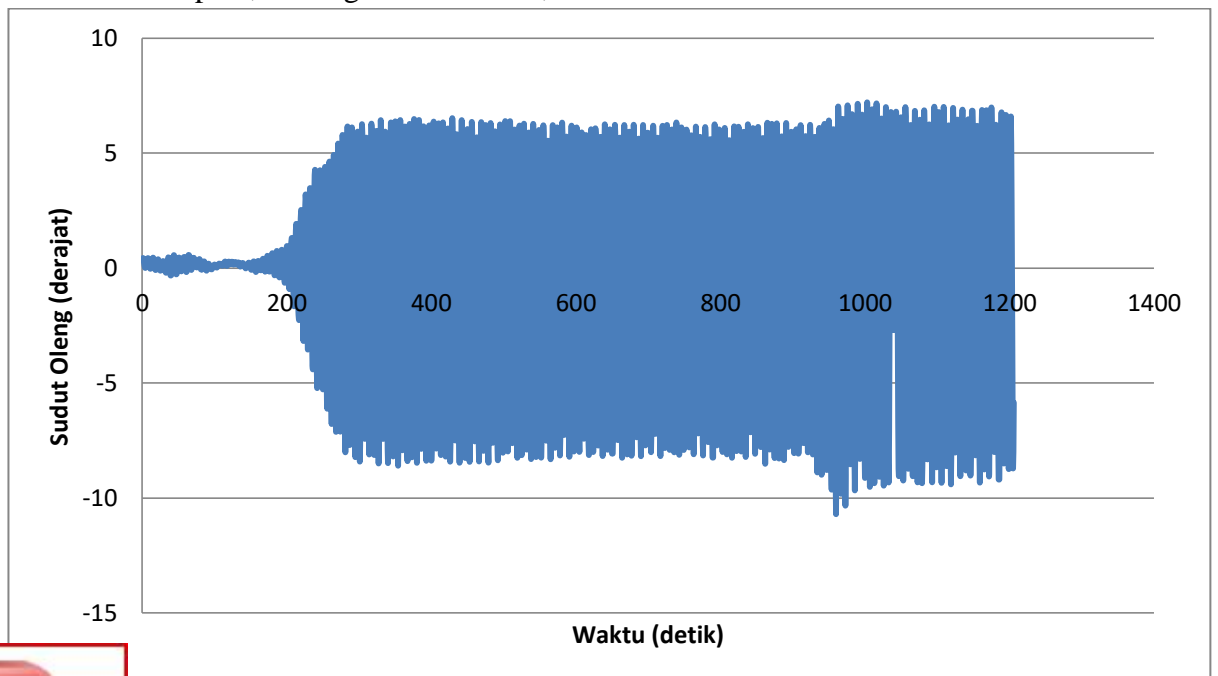


5. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3808



Gambar 58. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3808

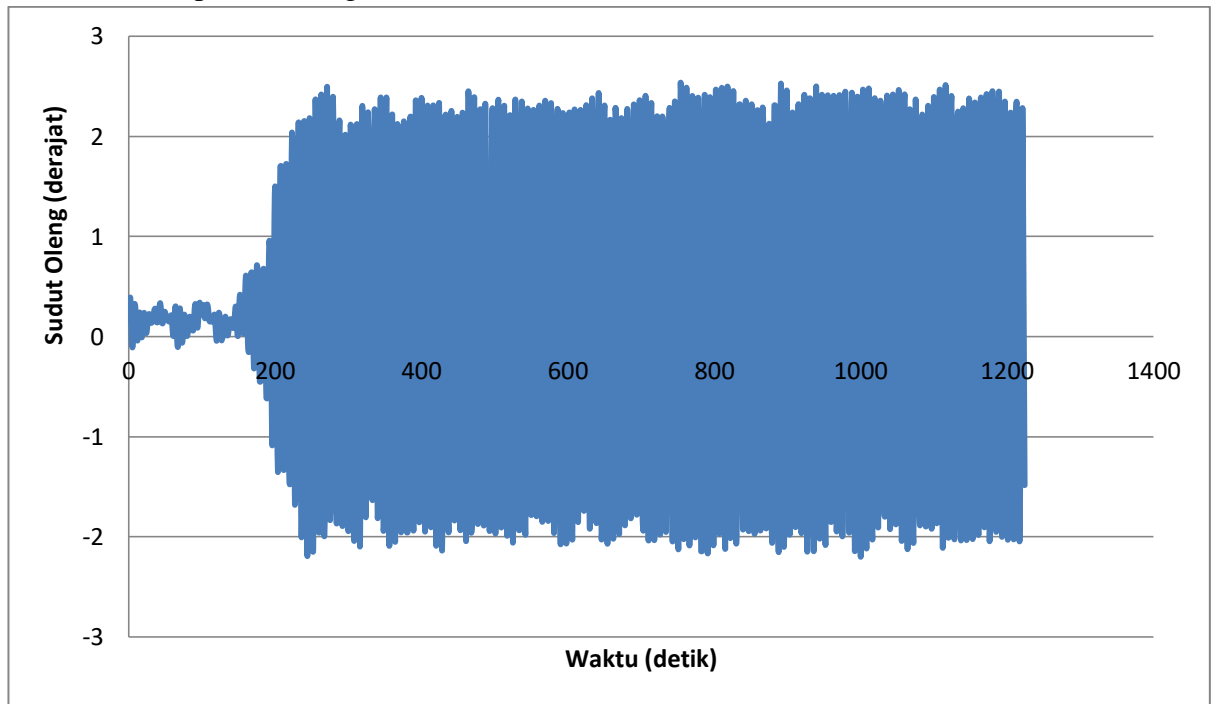
6. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,5189



Gambar 59. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,5189

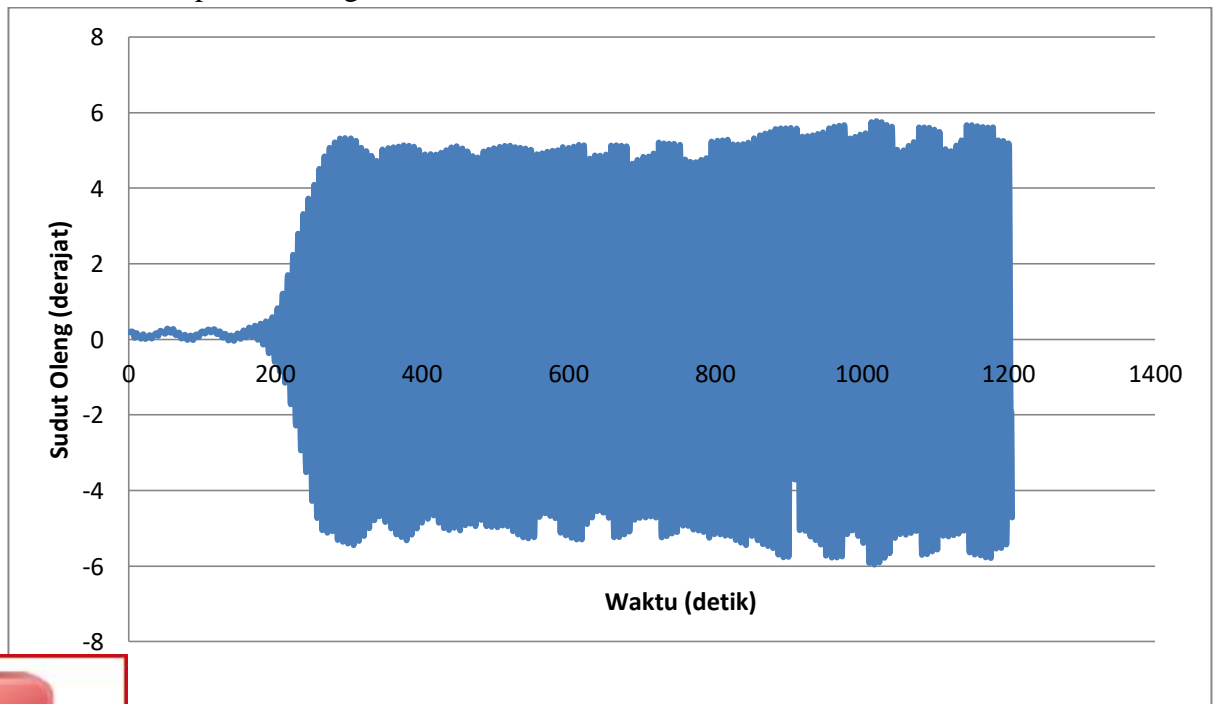


7. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,2427



Gambar 60. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,2427

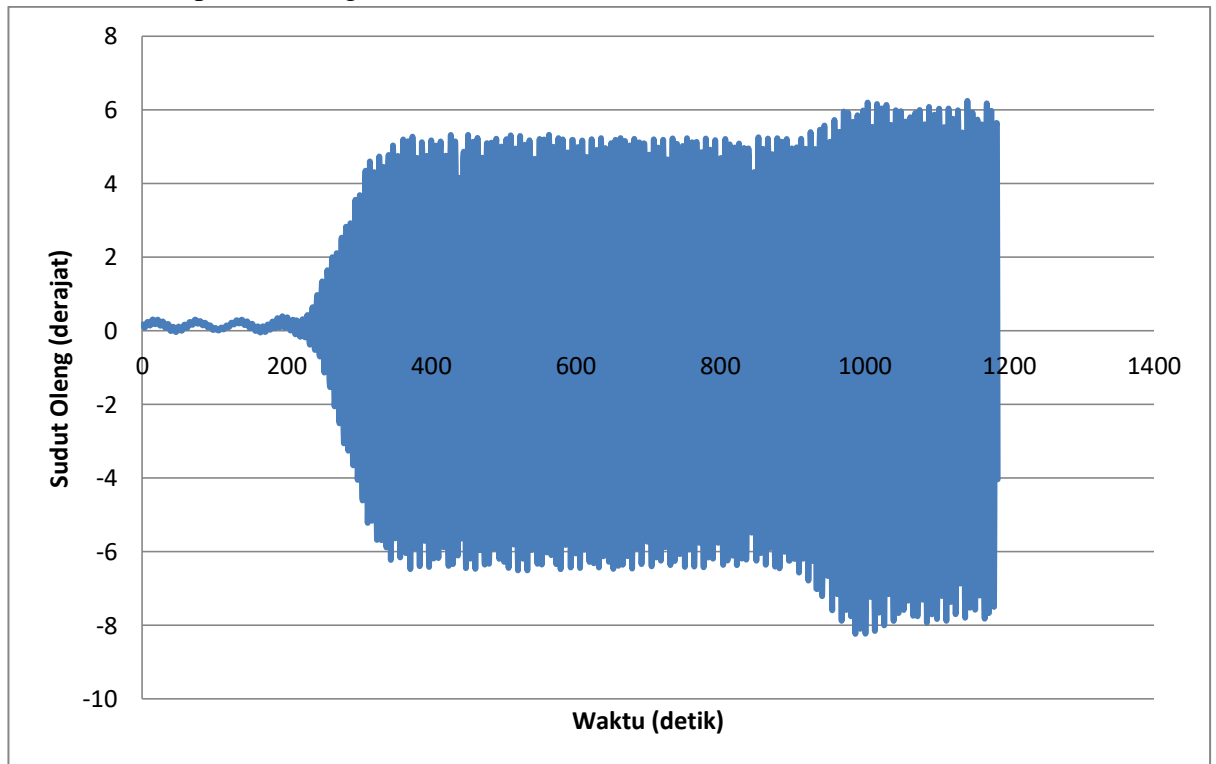
8. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3808



Gambar 61. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3808

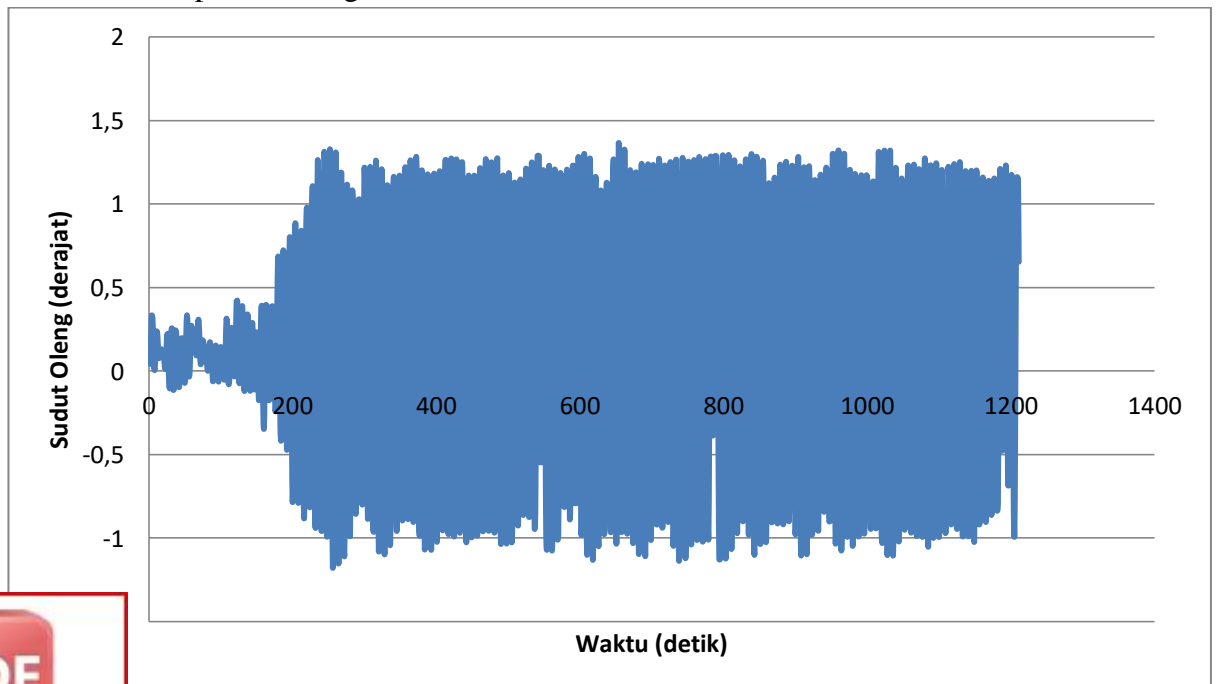


9. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,5189



Gambar 62. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,5189

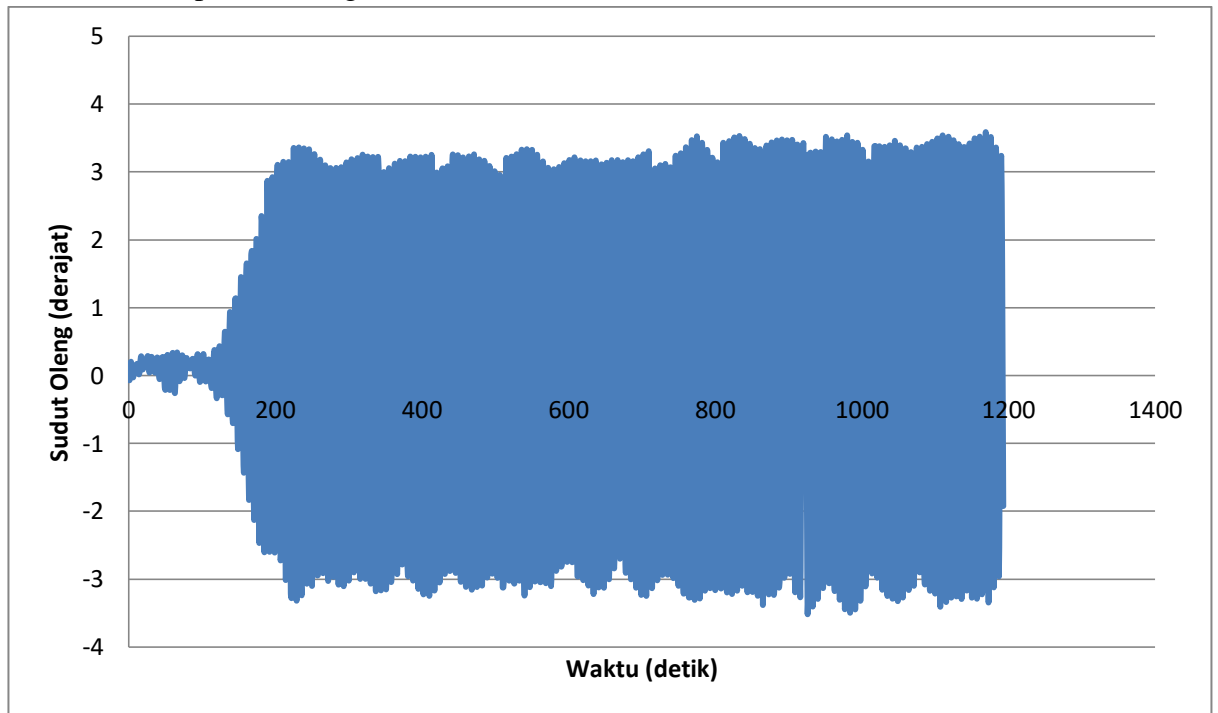
10. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,2427



Gambar 63. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,2427

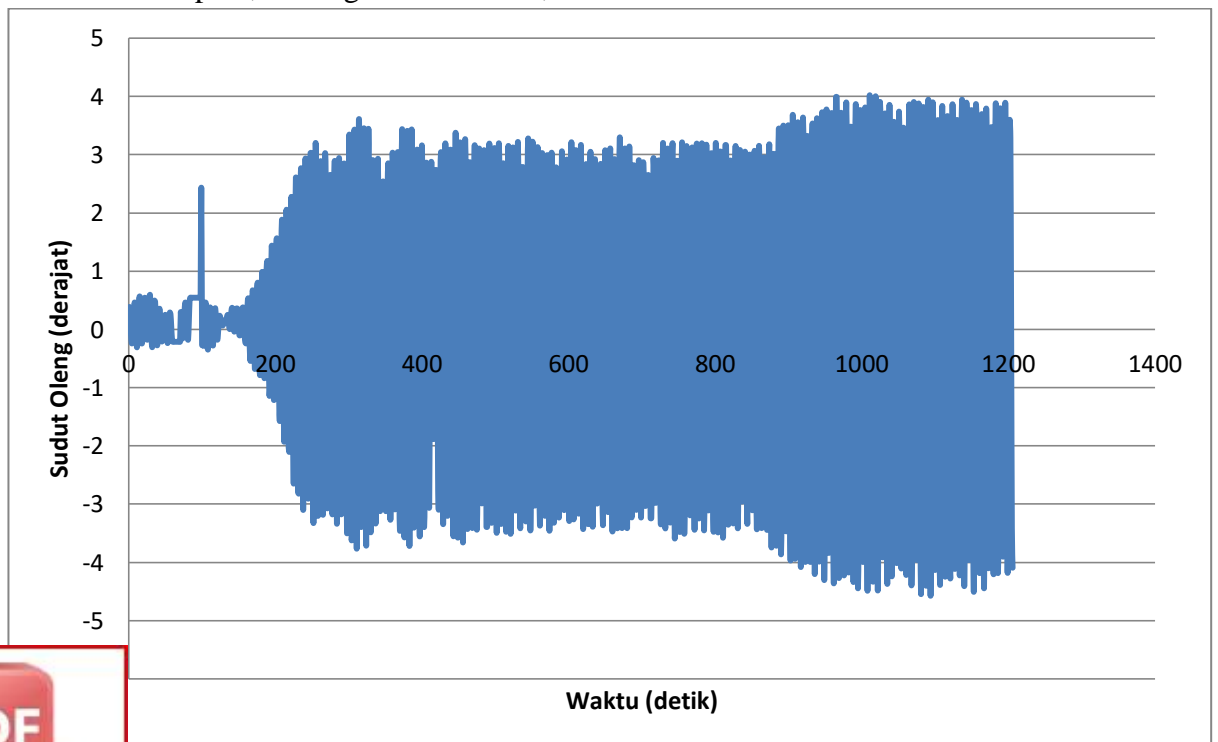


11. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3808



Gambar 64. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3808

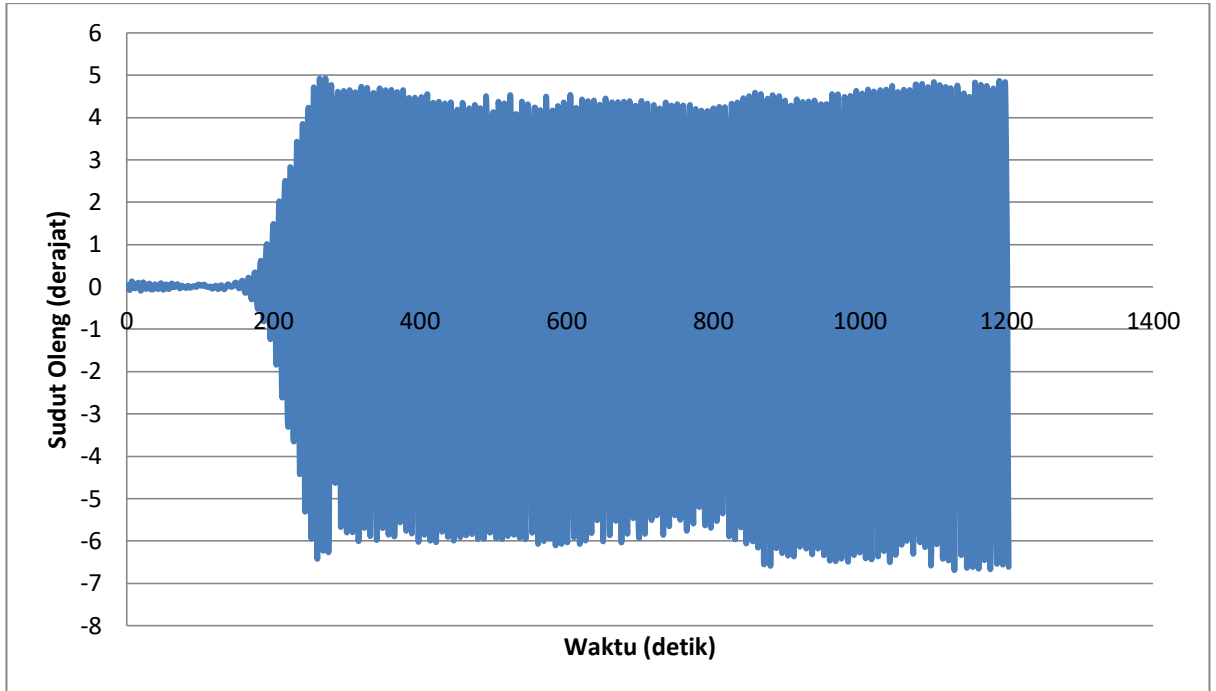
12. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,5189



Gambar 65. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,5189

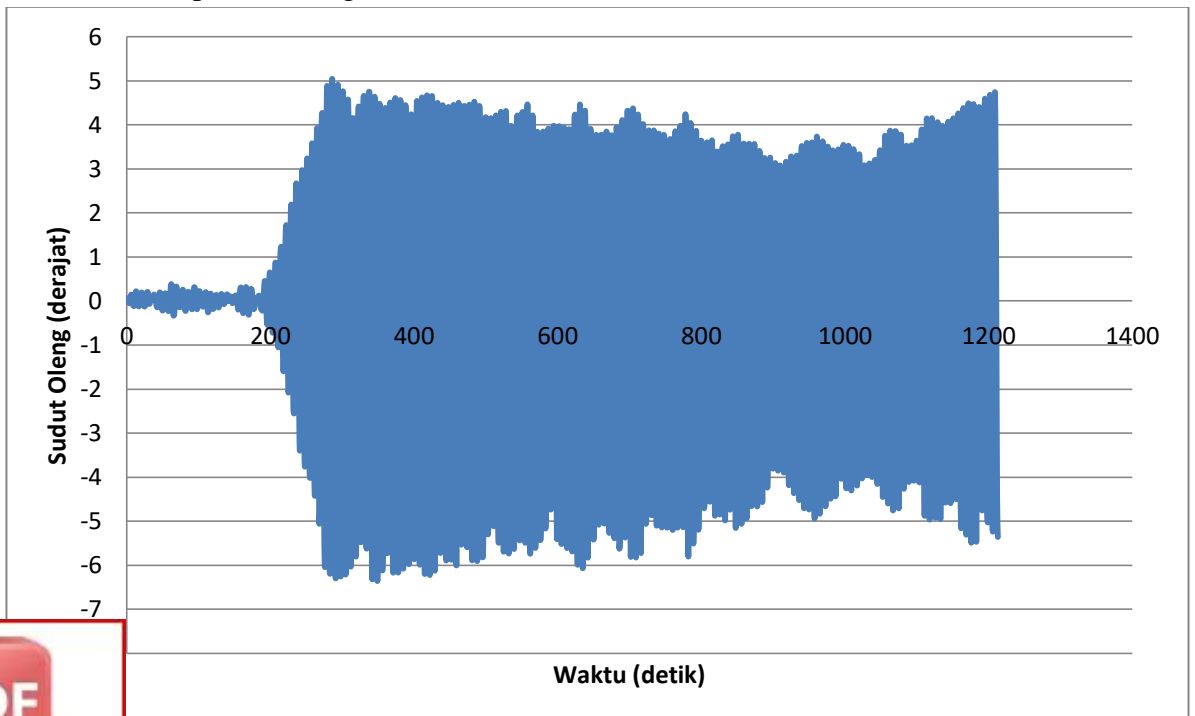


- c. Kurva 5.3 Roll Decay Test KG aktual dengan *bilge keel* pada gelombang  
1. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,2327



Gambar 66. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,2327

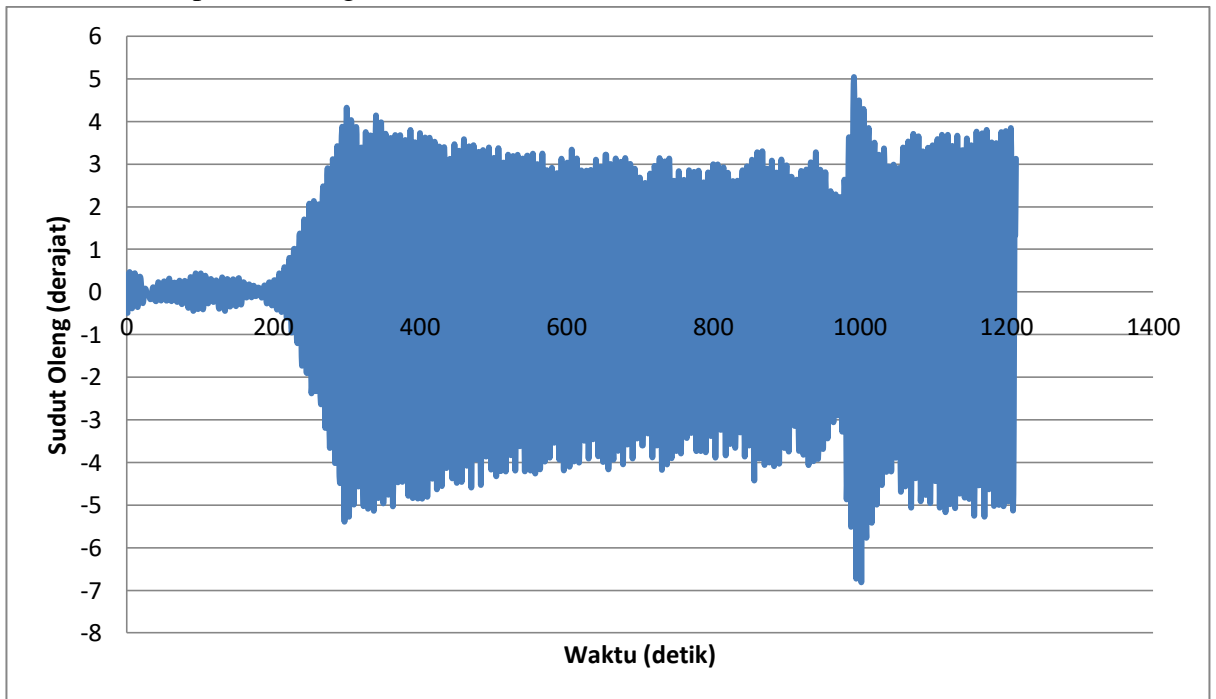
2. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3697



Gambar 67. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3697

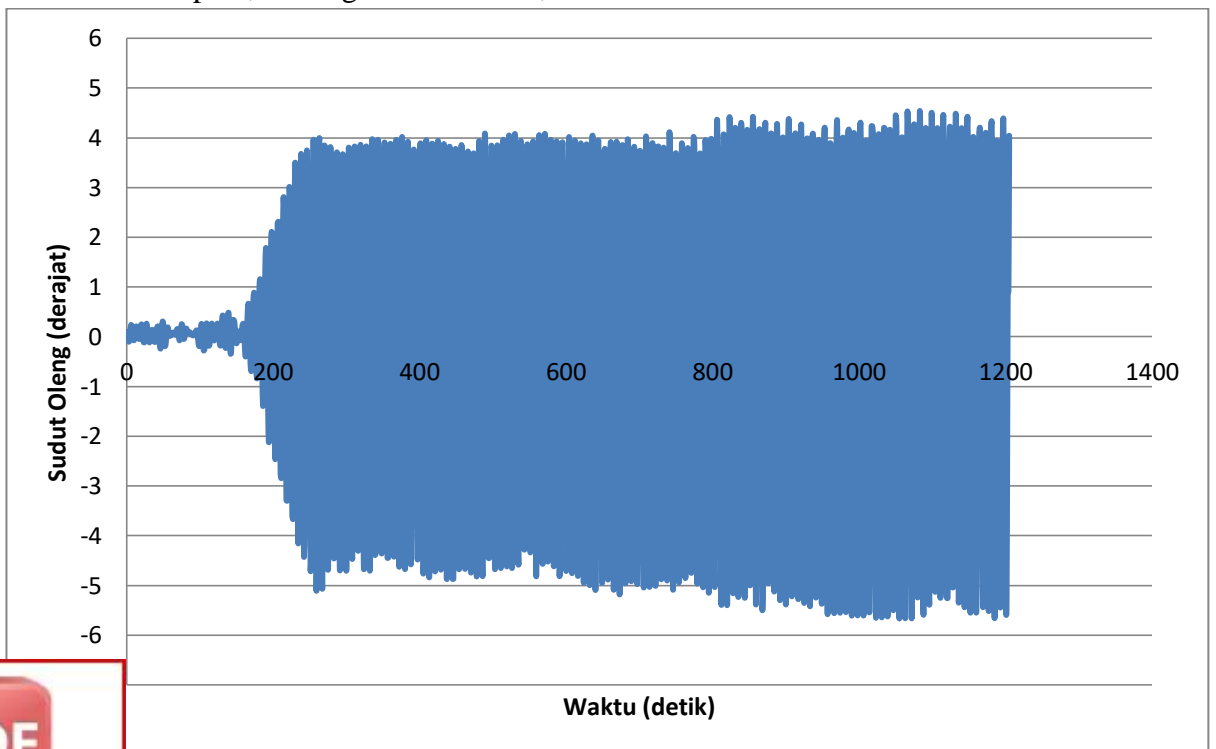


3. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,5066



Gambar 68. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,5066

4. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,2327

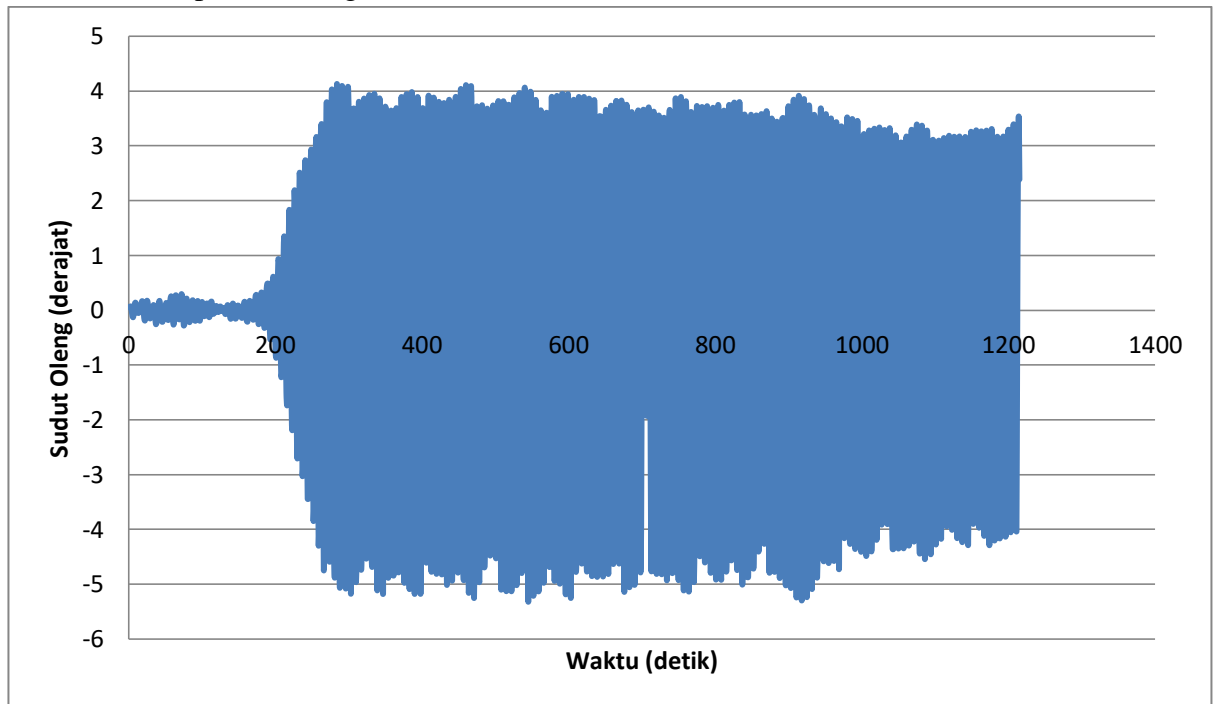


Gambar 69. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,2327



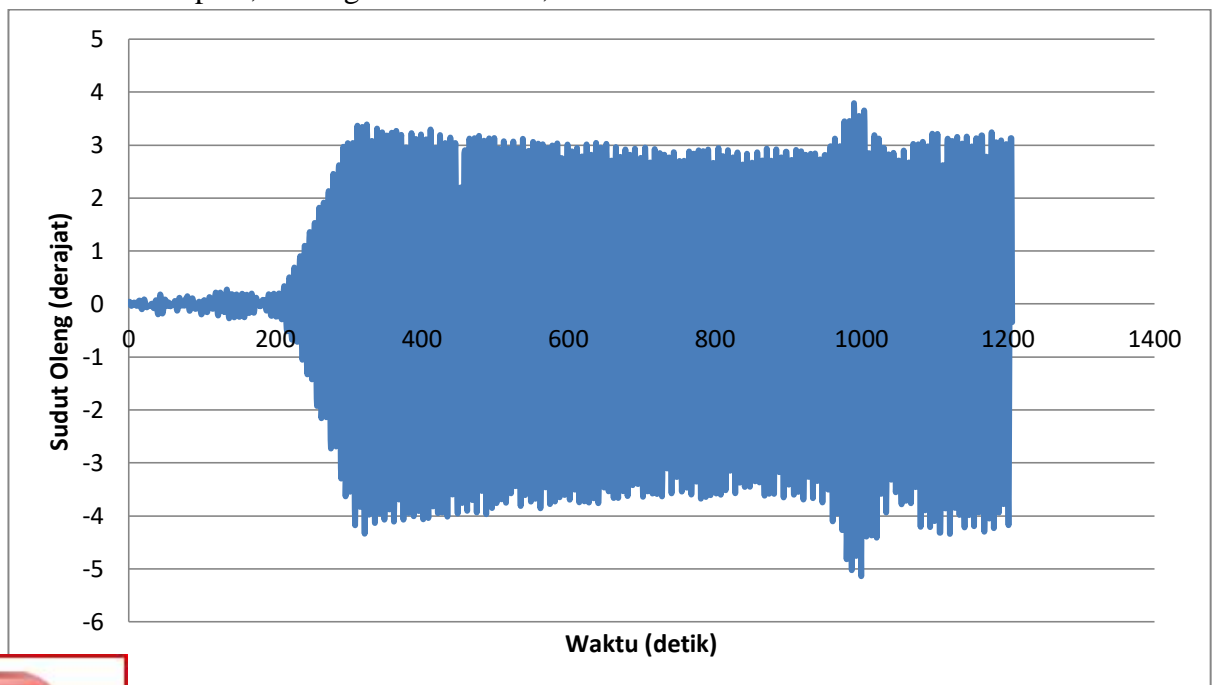


5. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3697



Gambar 70. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3697

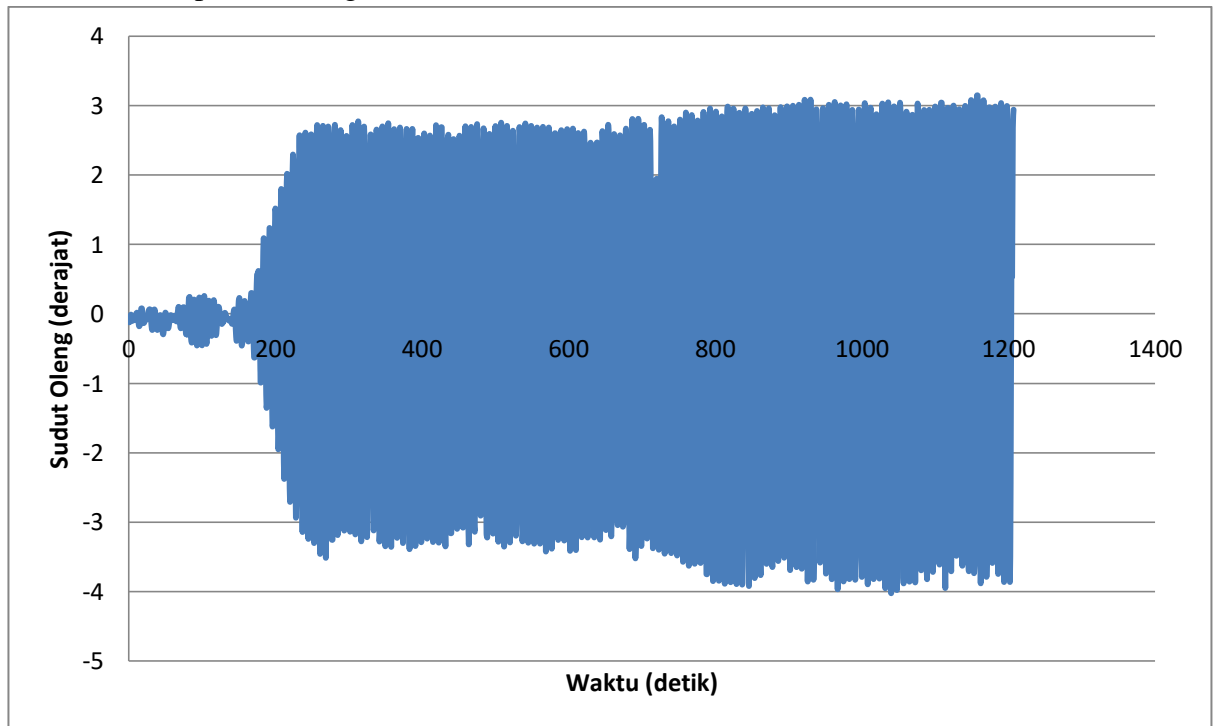
6. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,5066



Gambar 71. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,5066

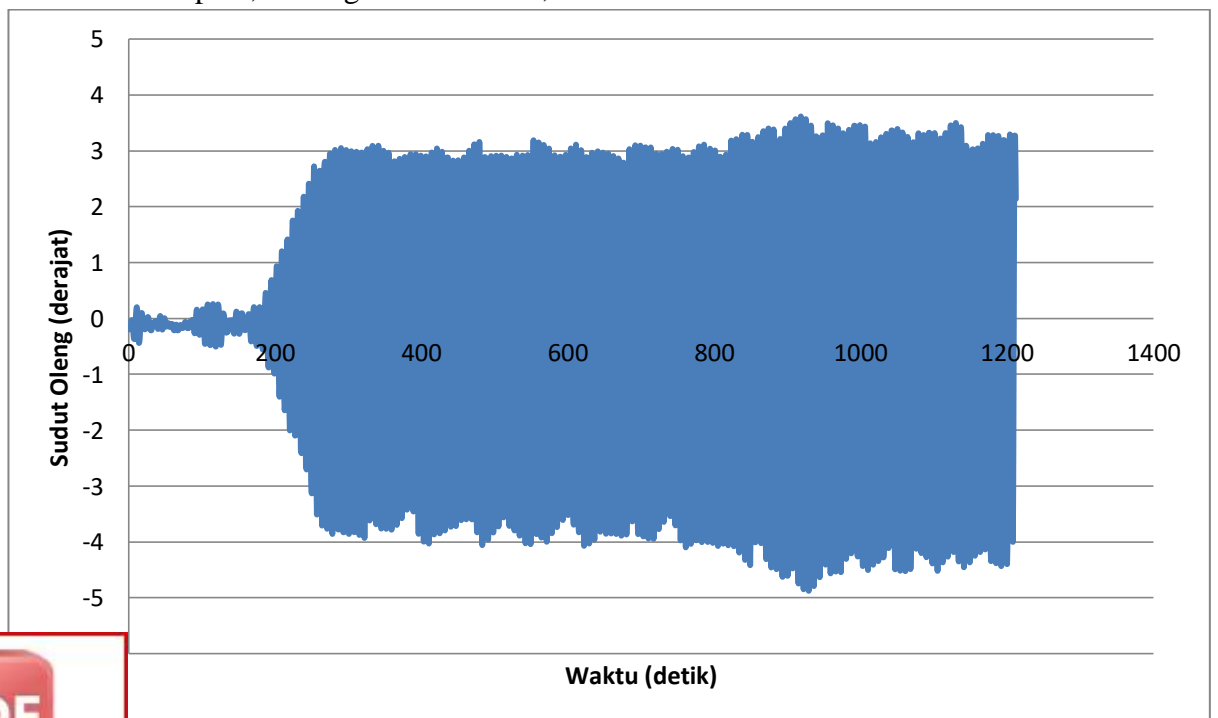


7. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,2327



Gambar 72. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,2327

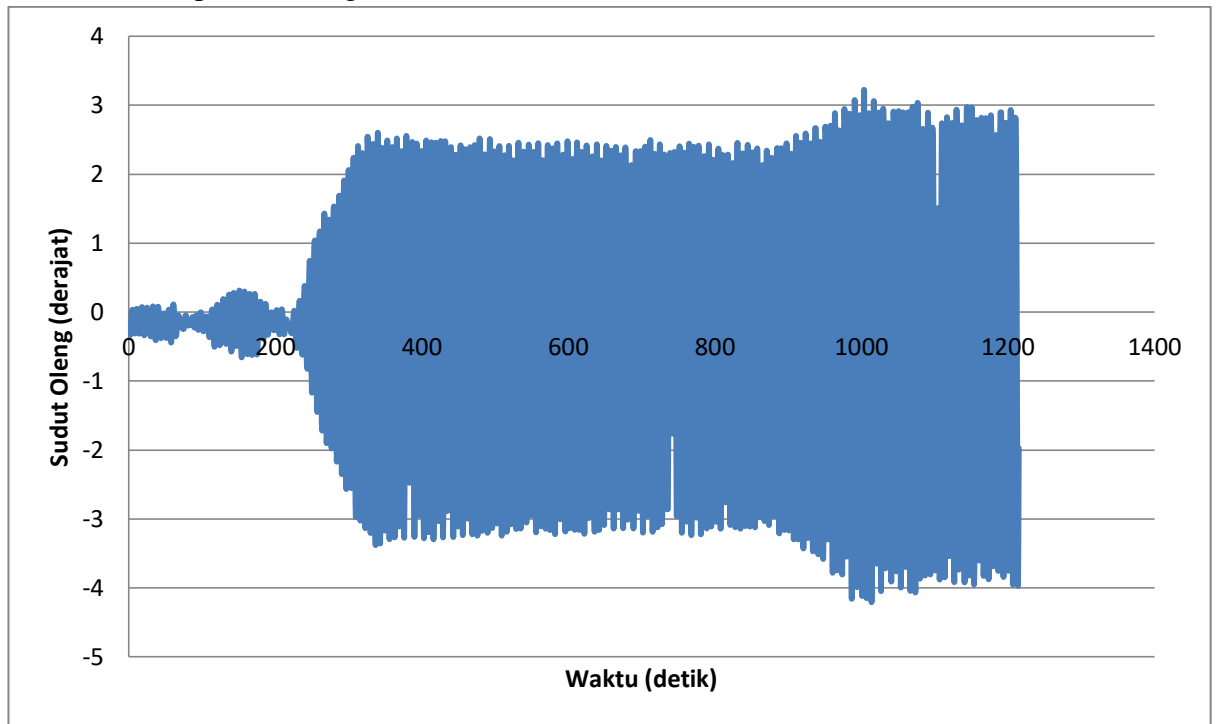
8. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3697



Gambar 73. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3697

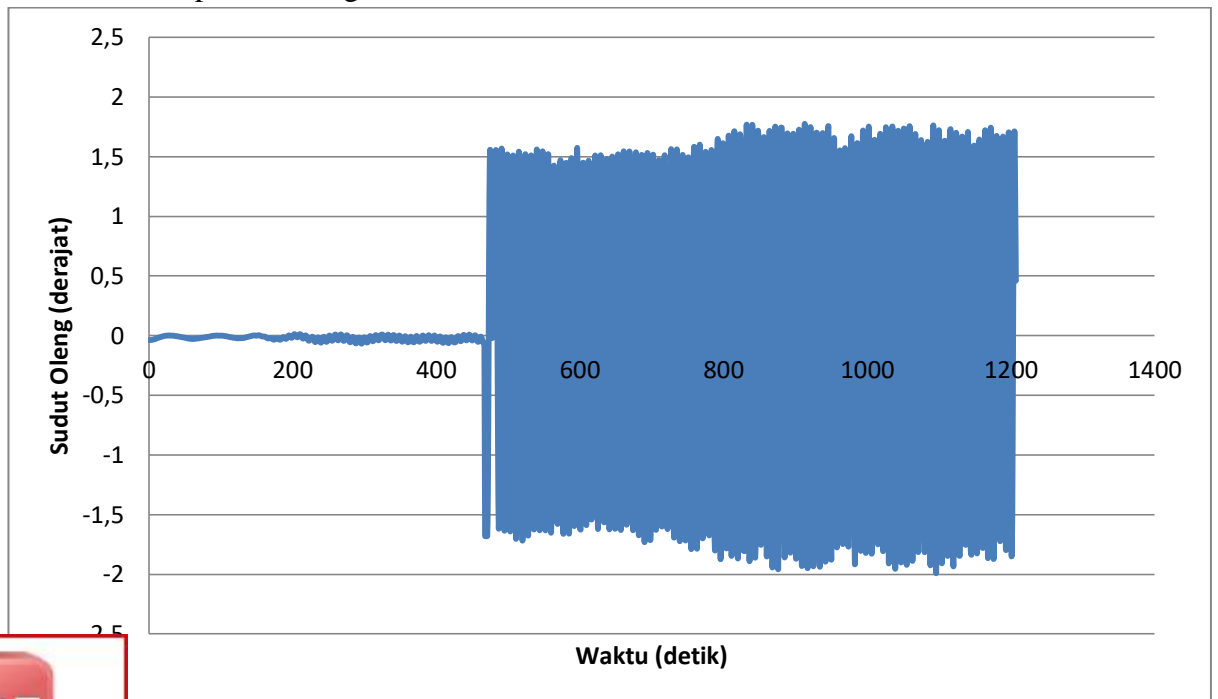


9. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,5066



Gambar 74. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,5066

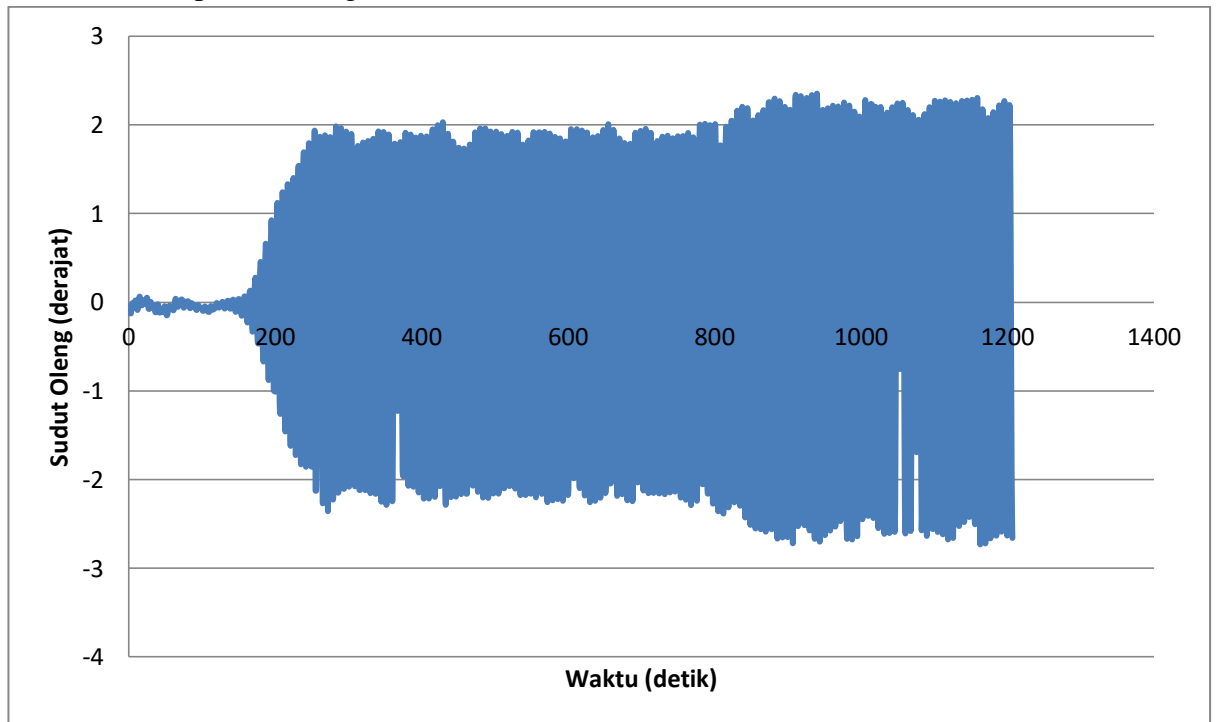
10. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,2327



Gambar 75. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,2327

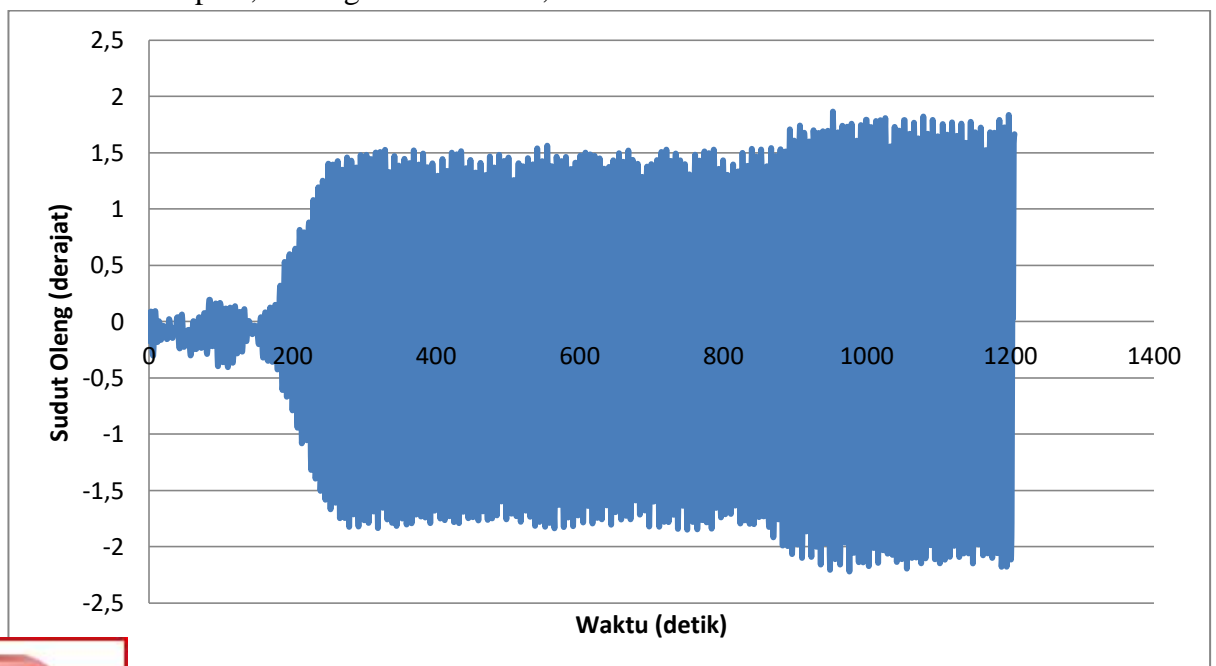


11. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3697



Gambar 76. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3697

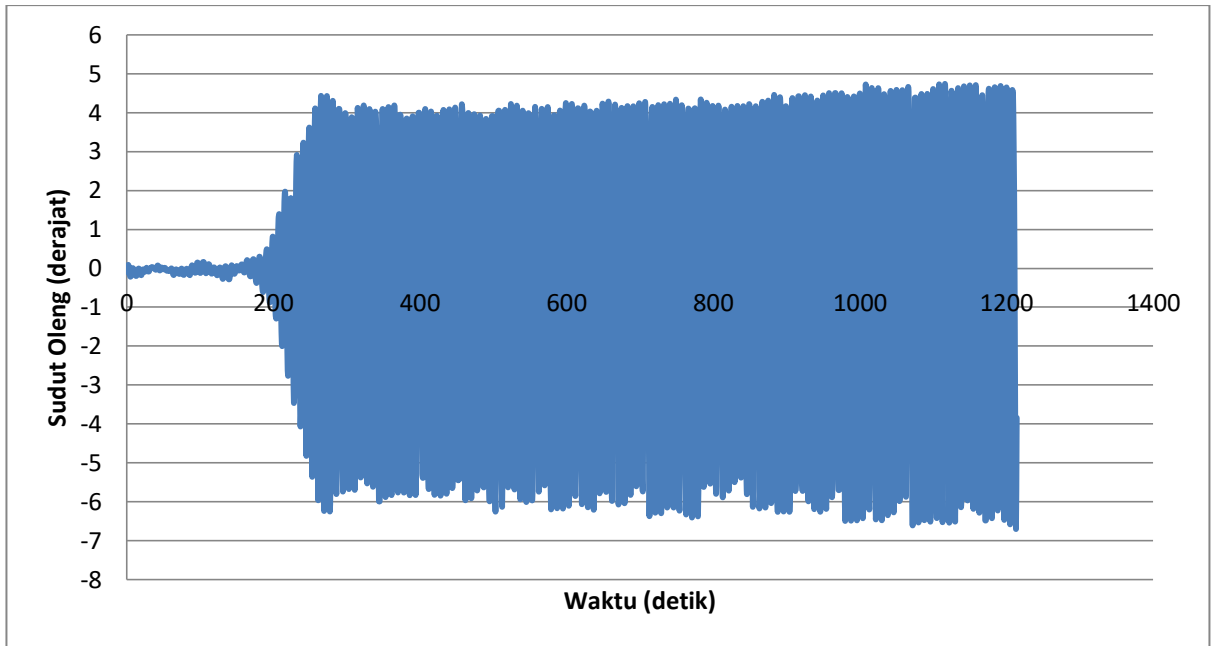
12. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,5066



Gambar 77. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,5066

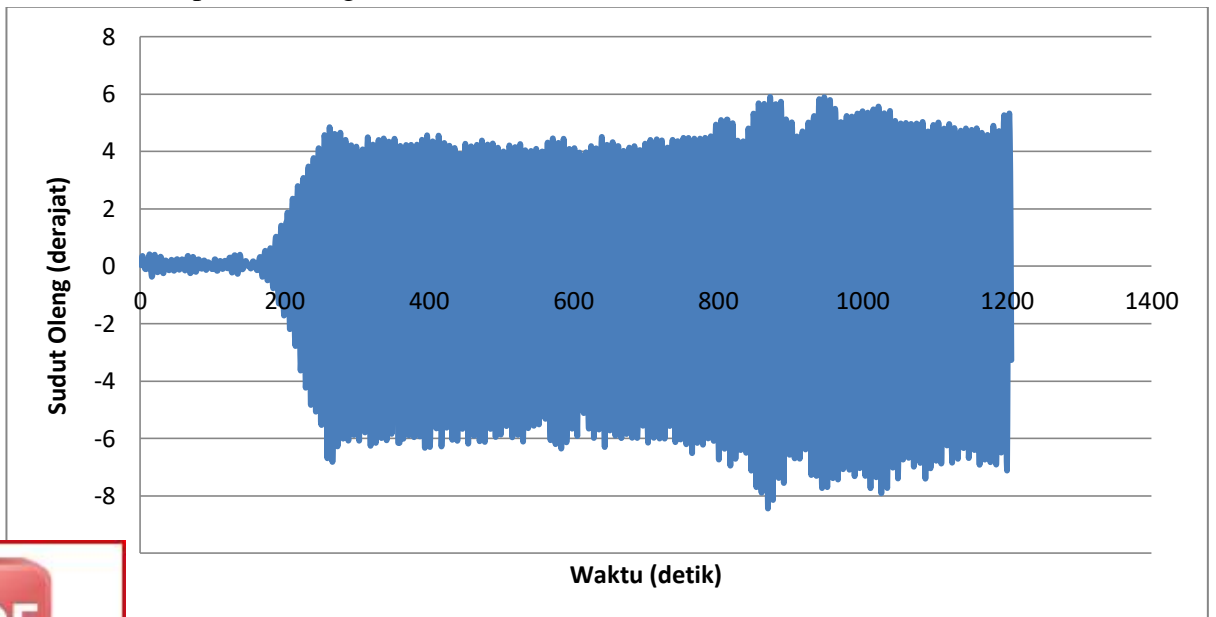


- d. Kurva 5.4 Roll Decay Test Limiting KG dengan *bilge keel* pada gelombang
1. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,1992



Gambar 78. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,1992

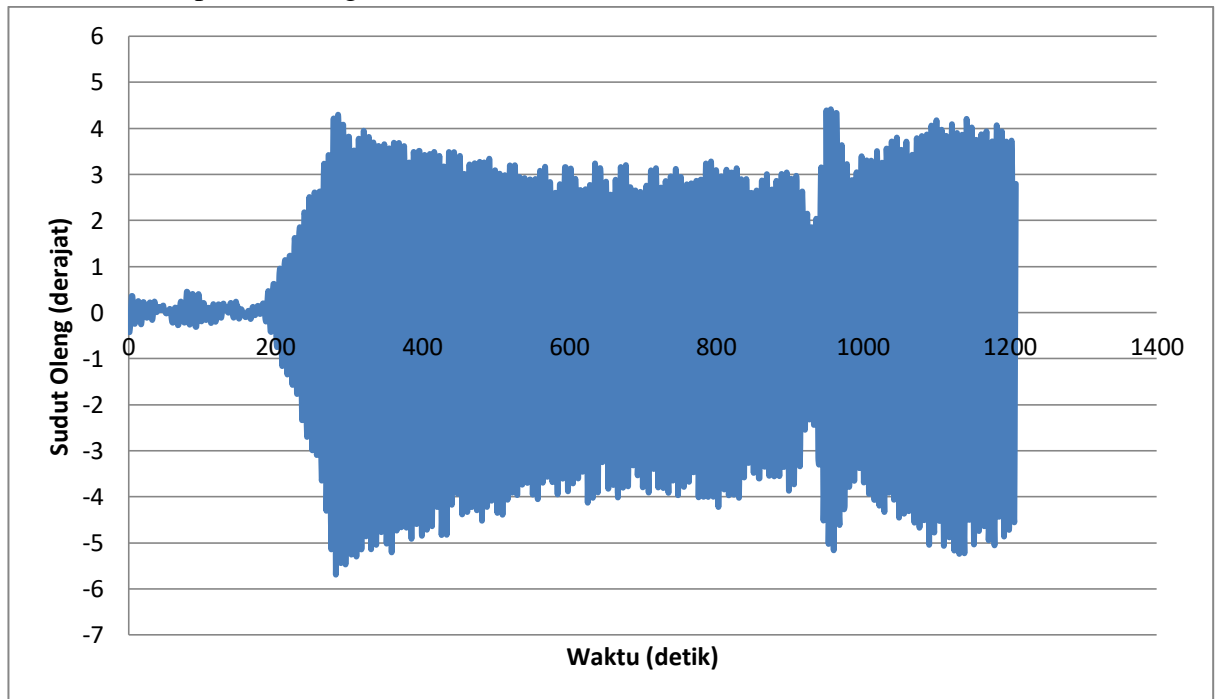
2. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3324



Gambar 79. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,3324

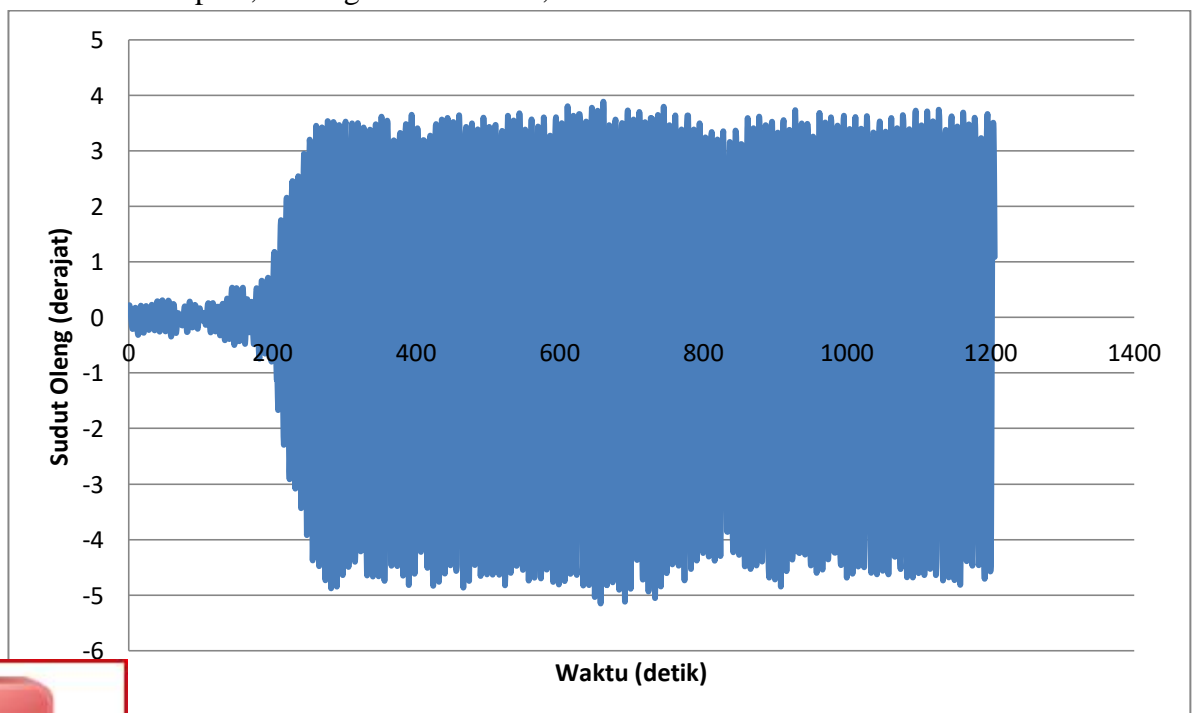


3. Slope 0,04 dengan frekuensi 1,4657



Gambar 80. Kurva Slope 0,04 dengan frekuensi 1,4657

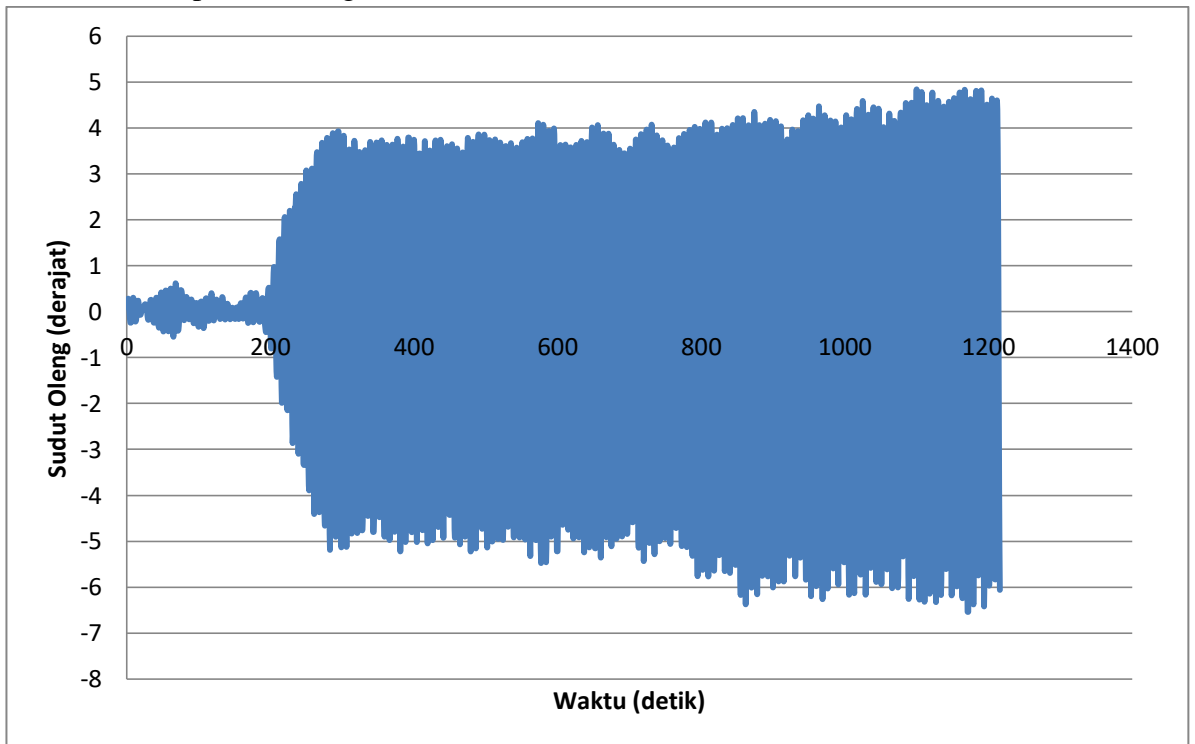
4. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,1992



Gambar 81. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,1992

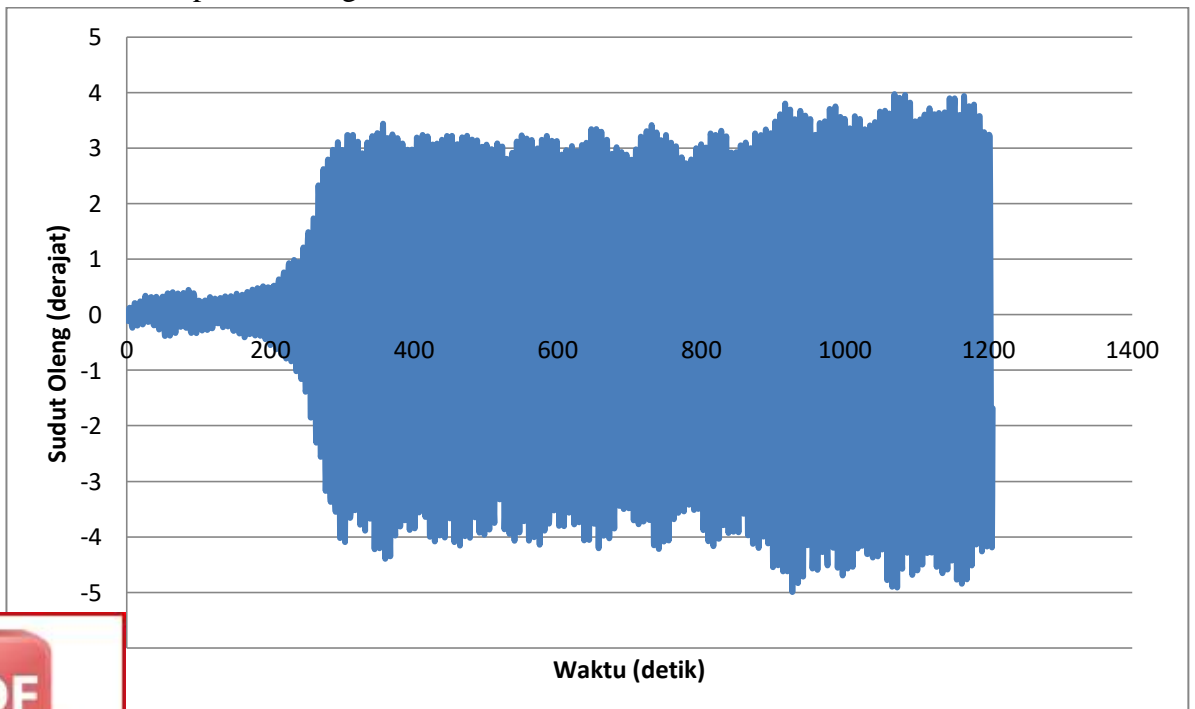


5. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3324



Gambar 82. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,3324

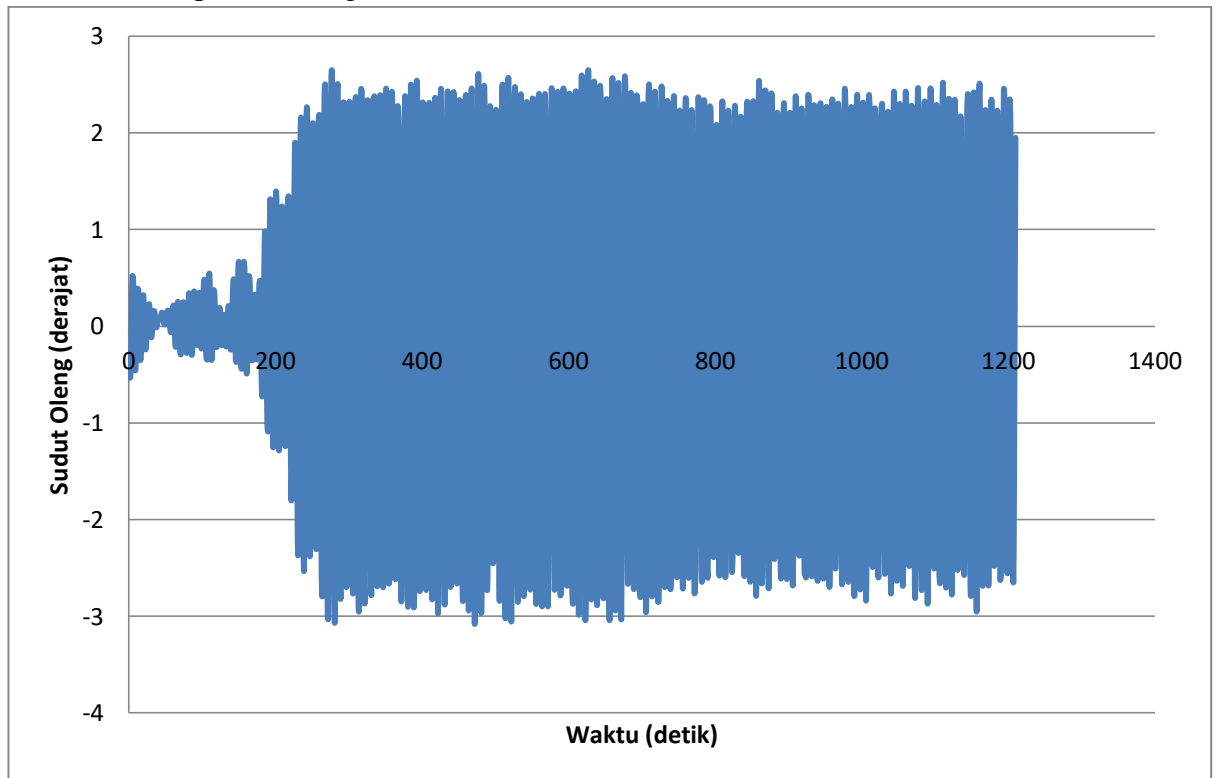
6. Slope 0,03 dengan frekuensi 1,4657



Gambar 83. Kurva Slope 0,03 dengan frekuensi 1,4657

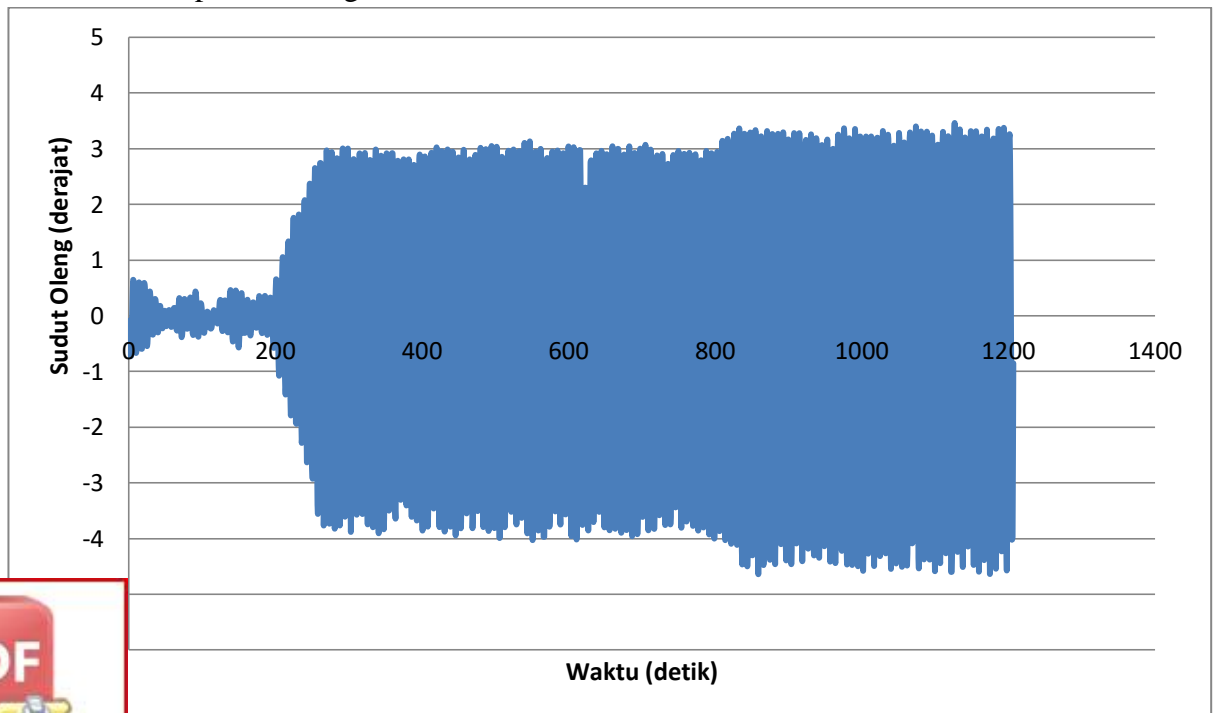


7. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,1992



Gambar 84. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,1992

8. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3324

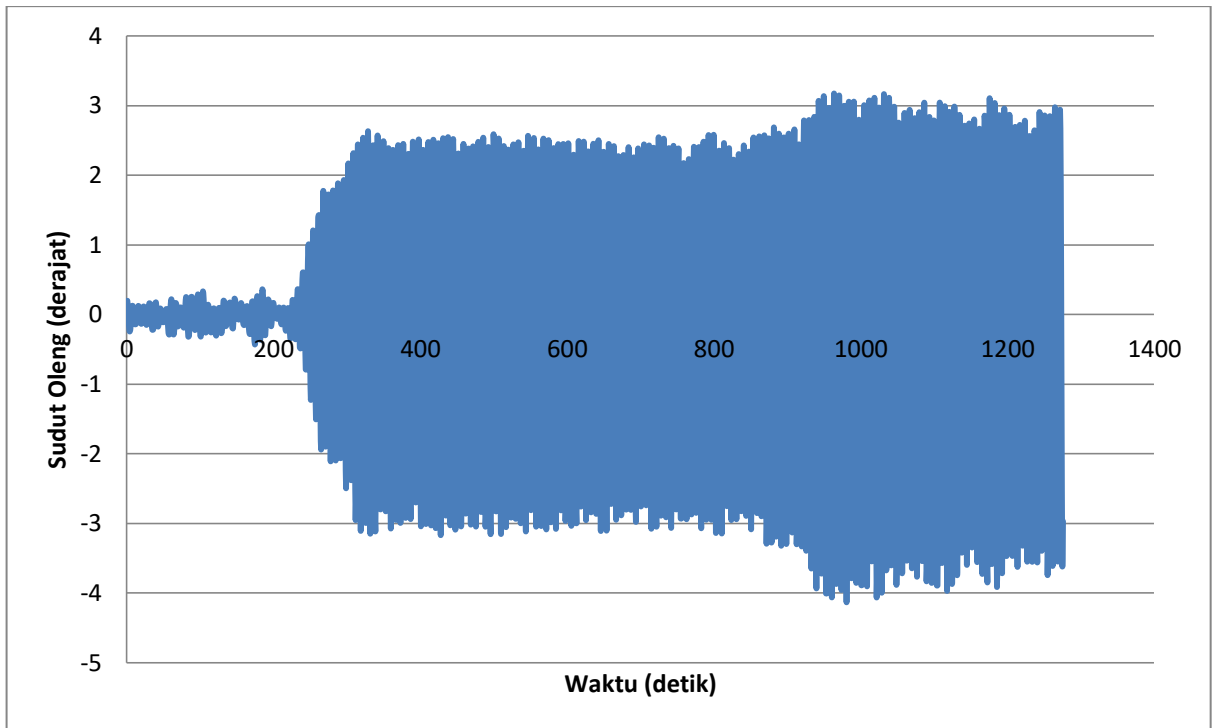


Gambar 85. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,3324



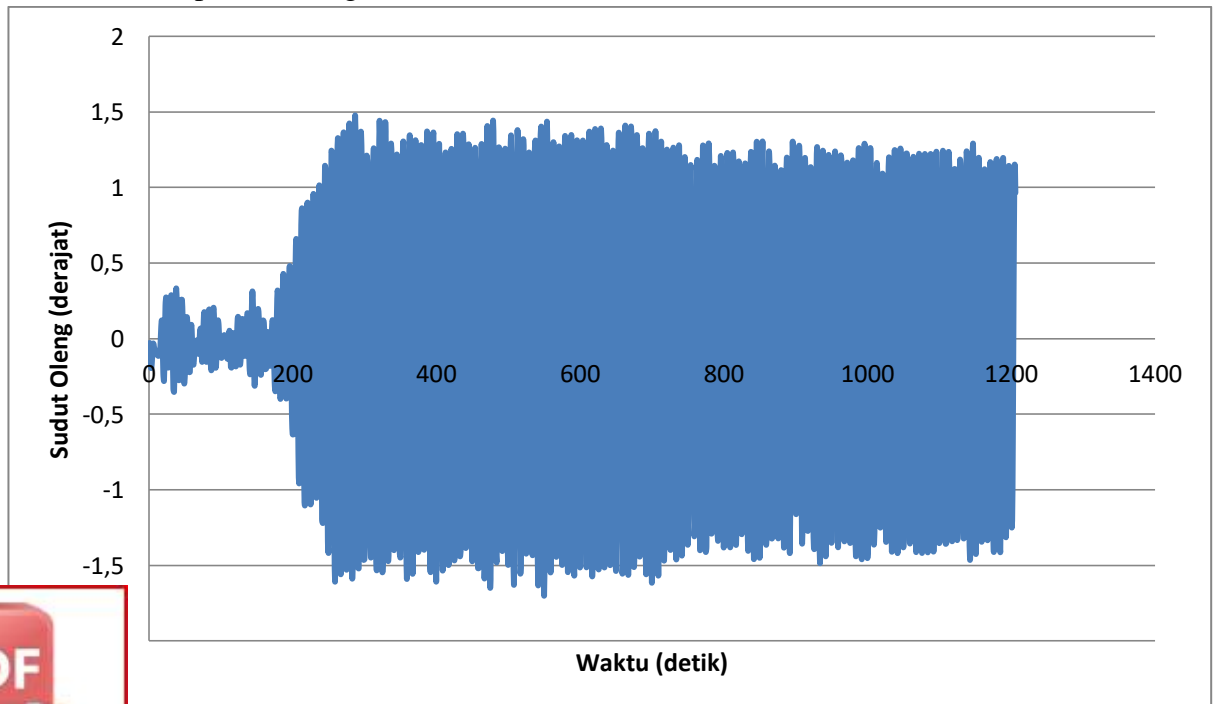


9. Slope 0,02 dengan frekuensi 1,4657



Gambar 86. Kurva Slope 0,02 dengan frekuensi 1,4657

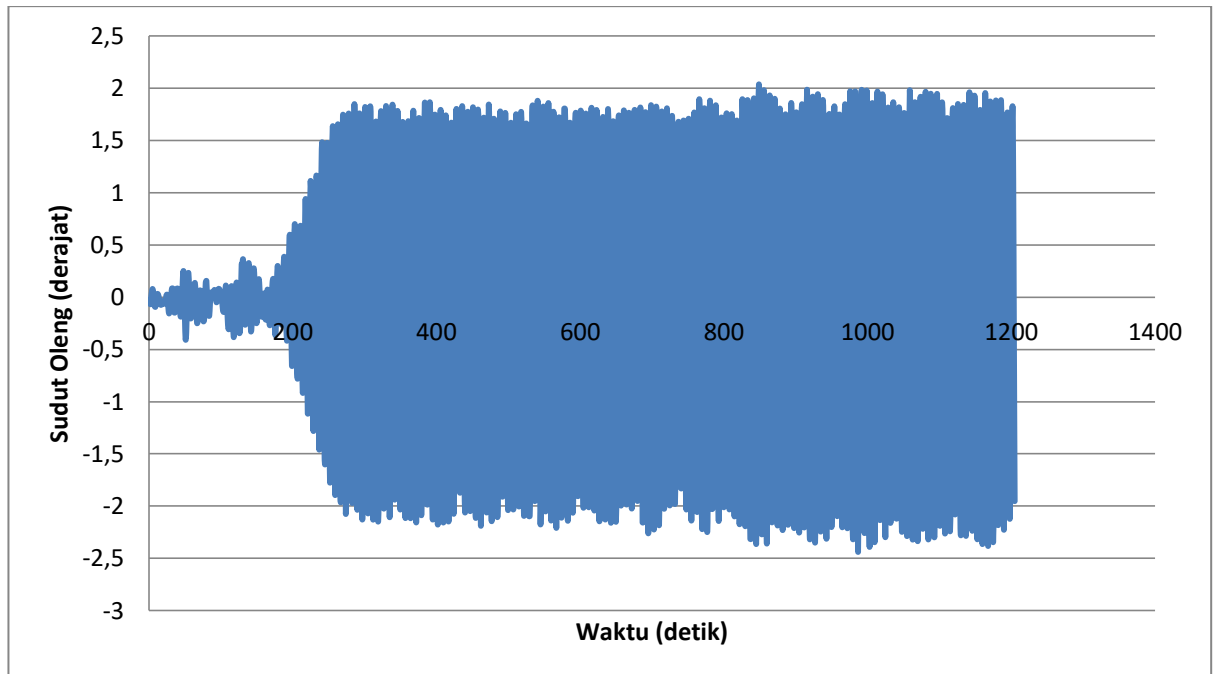
10. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,1992



Gambar 87. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,1992

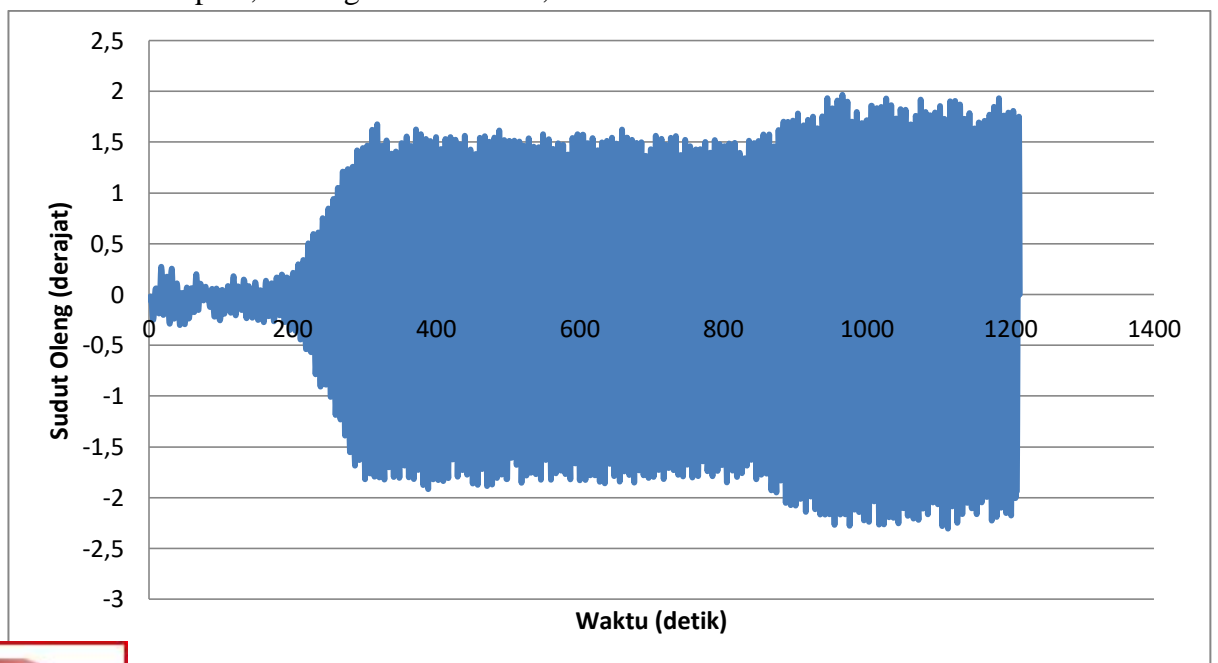


11. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3324



Gambar 88. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,3324

12. Slope 0,01 dengan frekuensi 1,4657



Gambar 89. Kurva Slope 0,01 dengan frekuensi 1,4657



## Lampiran 6

### Penentuan Nilai effective wave slope ( $r$ )

Ada 3 persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai  $r$  sebagai berikut :

A. Persamaan  $\phi_{1r} = \sqrt{\frac{90\pi r s}{N(\phi_{1r})}}$

Dari persamaan di atas disederhanakan untuk menentukan nilai  $r$  sehingga menjadi persamaan berikut :

$$r = \frac{\phi_{1r}^2 N(\phi_{1r})}{90\pi s}$$

Persamaan di atas digunakan untuk menghitung nilai  $r$  pada masing-masing kondisi KG dan model kapal.

1. Nilai  $r$  untuk KG aktual tanpa *bilge keel*

Untuk nilai  $\phi_{1r}$  dan nilai  $N(\phi_{1r})$  dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Sehingga diperoleh nilai  $r$  pada Tabel 75 :

Tabel 75. Nilai  $r$  untuk KG aktual tanpa *bilge keel*

s	$\phi_{1r}^2$	$N(\phi_{1r})$	$90\pi$	r
0,01	7,096896	0,1044	282,743339	0,2621
0,01	21,6039	0,0838	282,743339	0,6399
0,01	3,775249	0,1224	282,743339	0,1634
0,02	23,46434	0,0826	282,743339	0,3429
0,02	50,15472	0,0742	282,743339	0,6582
0,02	15,47636	0,0888	282,743339	0,2430
0,03	41,83502	0,0759	282,743339	0,3746
0,03	83,48477	0,0701	282,743339	0,6901
0,03	36	0,0775	282,743339	0,3289
0,04	55,42803	0,0733	282,743339	0,3594
0,04	118,3309	0,0679	282,743339	0,7100
0,04	48,48337	0,0745	282,743339	0,3195

2. Nilai  $r$  untuk Limiting KG tanpa *bilge keel*

Untuk nilai  $\phi_{1r}$  dan nilai  $N(\phi_{1r})$  dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel 76 :



Tabel 76. Nilai  $r$  untuk Limiting KG tanpa *bilge keel*

s	$\phi_{1r}^2$	$N(\phi_{1r})$	$90\pi$	r
0,01	1,3924	0,0865	282,7433388	0,0426
0,01	11,44469	0,0556	282,7433388	0,2249
0,01	13,83096	0,0541	282,7433388	0,2644
0,02	4,3681	0,0658	282,7433388	0,0508
0,02	26,0304	0,0500	282,7433388	0,2300
0,02	41,02403	0,0477	282,7433388	0,3464
0,03	12,31308	0,0550	282,7433388	0,0798
0,03	43,21748	0,0475	282,7433388	0,2421
0,03	69,10597	0,0457	282,7433388	0,3726
0,04	18,6624	0,0520	282,7433388	0,0857
0,04	61,18368	0,0462	282,7433388	0,2497
0,04	86,41562	0,0450	282,7433388	0,3440

3. Nilai  $r$  untuk KG aktual dengan *bilge keel*

Untuk nilai  $\phi_{1r}$  dan nilai  $N(\phi_{1r})$  dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel 77 :

Tabel 77. Nilai  $r$  untuk KG aktual dengan *bilge keel*

s	$\phi_{1r}^2$	$N(\phi_{1r})$	$90\pi$	r
0,01	2,996361	0,1638	282,7433388	0,1736
0,01	5,089536	0,1278	282,7433388	0,2300
0,01	3,374569	0,1549	282,7433388	0,1849
0,02	11,72378	0,0873	282,7433388	0,1809
0,02	16,45925	0,0751	282,7433388	0,2185
0,02	9,847044	0,0944	282,7433388	0,1644
0,03	25,83689	0,0617	282,7433388	0,1880
0,03	28,33433	0,0593	282,7433388	0,1982
0,03	12,80208	0,0839	282,7433388	0,1266
0,04	36,85704	0,0531	282,7433388	0,1732
0,04	39,92976	0,0514	282,7433388	0,1815
0,04	17,43898	0,0732	282,7433388	0,1128

4. Nilai  $r$  untuk Limiting KG dengan *bilge keel*

Untuk nilai  $\phi_{1r}$  dan nilai  $N(\phi_{1r})$  dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel 78 :



Tabel 78 Nilai  $r$  untuk Limiting KG dengan *bilge keel*

s	$\phi_{1r}^2$	$N(\phi_{1r})$	$90\pi$	r
0,01	2,719201	0,1861	282,7433388	0,1790
0,01	5,948721	0,1518	282,7433388	0,3193
0,01	3,455881	0,1741	282,7433388	0,2128
0,02	8,7025	0,1393	282,7433388	0,2144
0,02	15,64203	0,1242	282,7433388	0,3437
0,02	9,815689	0,1359	282,7433388	0,2358
0,03	23,28063	0,1163	282,7433388	0,3191
0,03	25,08006	0,1149	282,7433388	0,3399
0,03	15,0544	0,1251	282,7433388	0,2220
0,04	35,55737	0,1093	282,7433388	0,3438
0,04	37,46664	0,1086	282,7433388	0,3597
0,04	16,42681	0,1232	282,7433388	0,1789

Untuk memudahkan melihat perbandingannya dapat dilihat seperti pada Tabel 79 :

Tabel 79. Nilai  $r_l$  untuk masing-masing model

s	KG Model Tanpa <i>Bilge keel</i> Keel		KG Model Dengan <i>Bilge keel</i> Keel	
	4,717	5,107	4,717	5,244
0,01	0,2621	0,0426	0,1736	0,1790
0,01	0,6399	0,2249	0,2300	0,3193
0,01	0,1634	0,2644	0,1849	0,2128
0,02	0,3429	0,0508	0,1809	0,2144
0,02	0,6582	0,2300	0,2185	0,3437
0,02	0,2430	0,3464	0,1644	0,2358
0,03	0,3746	0,0798	0,1880	0,3191
0,03	0,6901	0,2421	0,1982	0,3399
0,03	0,3289	0,3726	0,1266	0,2220
0,04	0,3594	0,0857	0,1732	0,3438
0,04	0,7100	0,2497	0,1815	0,3597
0,04	0,3195	0,3440	0,1128	0,1789



Persamaan  $r = \frac{g T_{wave}^2 \phi_r^2 N(\phi_r)}{180\pi^2 H_r}$

dari persamaan di atas, untuk nilai  $g$  (percepatan gravitasi bumi) adalah  $9,80665 \text{ m/s}^2$ , nilai  $T_{wave}^2$  diambil dari frekuensi masing-masing

kondisi KG seperti pada **Lampiran 4** dengan persamaan  $T_{wave}^2 = \left(\frac{1}{f}\right)^2$ , nilai  $N(\phi_r)$  diambil dari **Lampiran 3**, nilai  $H_r$  adalah nilai tinggi gelombang dapat di ambil dari nilai amplitudo pada masing-masing percobaan seperti pada **Lampiran 4** sehingga diperoleh nilai  $r$  sebagai berikut :

1. Nilai  $r$  untuk KG aktual tanpa *bilge keel* keel

Tabel 80. Nilai  $r_2$  untuk KG aktual tanpa *bilge keel* keel

<b>Kg Actual tanpa bilge keel</b>							
s	g	$T_{wave}^2$	$\phi_r^2$	$N(\phi_r)$	$180\pi^2$	$H_r$	r2
0,01	9,81	0,566218	7,096896	0,104423	1776,529	0,008837	<b>0,2621</b>
0,01	9,81	0,458637	21,6039	0,083754	1776,529	0,007158	<b>0,6399</b>
0,01	9,81	0,379039	3,775249	0,122392	1776,529	0,005916	<b>0,1634</b>
0,02	9,81	0,566218	23,46434	0,082631	1776,529	0,017675	<b>0,3429</b>
0,02	9,81	0,458637	50,15472	0,074215	1776,529	0,014317	<b>0,6582</b>
0,02	9,81	0,379039	15,47636	0,088791	1776,529	0,011832	<b>0,2430</b>
0,03	9,81	0,566218	41,83502	0,075944	1776,529	0,026512	<b>0,3746</b>
0,03	9,81	0,458637	83,48477	0,070118	1776,529	0,021475	<b>0,6901</b>
0,03	9,81	0,379039	36	0,0775	1776,529	0,017748	<b>0,3289</b>
0,04	9,81	0,566218	55,42803	0,073327	1776,529	0,03535	<b>0,3594</b>
0,04	9,81	0,458637	118,3309	0,067859	1776,529	0,028633	<b>0,7100</b>
0,04	9,81	0,379039	48,48337	0,074526	1776,529	0,023664	<b>0,3195</b>

2. Nilai  $r$  untuk Limiting KG tanpa *bilge keel* keel

Tabel 81. Nilai  $r_2$  untuk Limiting KG tanpa *bilge keel* keel

<b>Limiting Kg tanpa bilge keel</b>							
S	g	$T_{wave}^2$	$\phi_r^2$	$N(\phi_r)$	$180\pi^2$	$H_r$	r2
0,01	9,81	0,648	1,3924	0,0865	1776,529	0,010106	<b>0,0426</b>
0,01	9,81	0,524	11,4447	0,0556	1776,529	0,008186	<b>0,2249</b>
0,01	9,81	0,433	13,8310	0,0541	1776,529	0,006765	<b>0,2644</b>
0,02	9,81	0,648	4,3681	0,0658	1776,529	0,020212	<b>0,0508</b>
0,02	9,81	0,524	26,0304	0,0500	1776,529	0,016372	<b>0,2300</b>
0,02	9,81	0,433	41,0240	0,0477	1776,529	0,01353	<b>0,3464</b>
0,03	9,81	0,648	12,3131	0,0550	1776,529	0,030318	<b>0,0798</b>
0,03	9,81	0,524	43,2175	0,0475	1776,529	0,024558	<b>0,2421</b>
0,03	9,81	0,433	69,1060	0,0457	1776,529	0,020296	<b>0,3726</b>
0,04	9,81	0,648	18,6624	0,0520	1776,529	0,040424	<b>0,0857</b>
0,04	9,81	0,524	61,1837	0,0462	1776,529	0,032744	<b>0,2497</b>
0,04	9,81	0,433	86,4156	0,0450	1776,529	0,027061	<b>0,3440</b>



3. Nilai  $r$  untuk KG aktual dengan *bilge keel keel*

Tabel 82. Nilai  $r_2$  untuk KG aktual dengan *bilge keel keel*

KG Actual dengan <i>bilge keel</i>							
S	g	$T_{wave}^2$	$\phi_r^2$	$N(\phi_r)$	$180\pi^2$	$H_r$	$r_2$
0,01	9,81	0,658	2,9964	0,1638	1776,529	0,010271	<b>0,174</b>
0,01	9,81	0,533	5,0895	0,1278	1776,529	0,00832	<b>0,230</b>
0,01	9,81	0,441	3,3746	0,1549	1776,529	0,006876	<b>0,185</b>
0,02	9,81	0,658	11,7238	0,0873	1776,529	0,020543	<b>0,181</b>
0,02	9,81	0,533	16,4592	0,0751	1776,529	0,01664	<b>0,218</b>
0,02	9,81	0,441	9,8470	0,0944	1776,529	0,013752	<b>0,164</b>
0,03	9,81	0,658	25,8369	0,0617	1776,529	0,030814	<b>0,188</b>
0,03	9,81	0,533	28,3343	0,0593	1776,529	0,024959	<b>0,198</b>
0,03	9,81	0,441	12,8021	0,0839	1776,529	0,020628	<b>0,127</b>
0,04	9,81	0,658	36,8570	0,0531	1776,529	0,041085	<b>0,173</b>
0,04	9,81	0,533	39,9298	0,0514	1776,529	0,033279	<b>0,182</b>
0,04	9,81	0,441	17,4390	0,0732	1776,529	0,027503	<b>0,113</b>

4. Nilai  $r$  untuk Limiting KG dengan *bilge keel keel*

Tabel 83. Nilai  $r_2$  untuk Limiting KG dengan *bilge keel keel*

Limitng KG dengan <i>bilge keel</i>							
S	g	$T_{wave}^2$	$\phi_r^2$	$N(\phi_r)$	$180\pi^2$	$H_r$	$r_2$
0,01	9,81	0,695	2,7192	0,1861	1776,529	0,010853	<b>0,179</b>
0,01	9,81	0,563	5,9487	0,1518	1776,529	0,008791	<b>0,319</b>
0,01	9,81	0,465	3,4559	0,1741	1776,529	0,007265	<b>0,213</b>
0,02	9,81	0,695	8,7025	0,1393	1776,529	0,021706	<b>0,214</b>
0,02	9,81	0,563	15,6420	0,1242	1776,529	0,017582	<b>0,344</b>
0,02	9,81	0,465	9,8157	0,1359	1776,529	0,014531	<b>0,236</b>
0,03	9,81	0,695	23,2806	0,1163	1776,529	0,032559	<b>0,319</b>
0,03	9,81	0,563	25,0801	0,1149	1776,529	0,026373	<b>0,340</b>
0,03	9,81	0,465	15,0544	0,1251	1776,529	0,021796	<b>0,222</b>
0,04	9,81	0,695	35,5574	0,1093	1776,529	0,043412	<b>0,344</b>
0,04	9,81	0,563	37,4666	0,1086	1776,529	0,035164	<b>0,360</b>
0,04	9,81	0,465	16,4268	0,1232	1776,529	0,029061	<b>0,179</b>



Untuk memudahkan melihat perbandingannya dapat dilihat seperti pada Tabel 84 :

Tabel 84. Tabel nilai  $r_2$  untuk masing-masing model

s	KG Model Tanpa <i>Bilge keel</i> Keel		KG Model Dengan <i>Bilge keel</i> Keel	
	4,717	5,107	4,717	5,244
0,01	0,2621	0,0426	0,1736	0,1790
0,01	0,6399	0,2249	0,2300	0,3193
0,01	0,1634	0,2644	0,1849	0,2128
0,02	0,3429	0,0508	0,1809	0,2144
0,02	0,6582	0,2300	0,2185	0,3437
0,02	0,2430	0,3464	0,1644	0,2358
0,03	0,3746	0,0798	0,1880	0,3191
0,03	0,6901	0,2421	0,1982	0,3399
0,03	0,3289	0,3726	0,1266	0,2220
0,04	0,3594	0,0857	0,1732	0,3438
0,04	0,7100	0,2497	0,1815	0,3597
0,04	0,3195	0,3440	0,1128	0,1789

### C. Persamaan $r = 0,73 + 0,6 OG / d$

Dari persamaan di atas, untuk nilai  $OG = KG - d$  ( $d$  adalah sarat kapal ) sehingga untuk masing-masing model memiliki nilai  $r$  sebagai berikut :

1. Nilai  $r$  untuk KG aktual tanpa *bilge keel* keel

$$r = 0,73 + 0,6 OG / d$$

$$r = 0,73 + 0,6 \left( \frac{4,717 - 2,7}{2,7} \right)$$

$$r = 1,1782$$

2. Nilai  $r$  untuk Limiting KG tanpa *bilge keel* keel

$$r = 0,73 + 0,6 OG / d$$

$$r = 0,73 + 0,6 \left( \frac{5,107 - 2,7}{2,7} \right)$$

$$r = 1,2649$$





3. Nilai  $r$  untuk KG aktual dengan *bilge keel* keel

$$r = 0,73 + 0,6 OG / d$$

$$r = 0,73 + 0,6 \left( \frac{4,717 - 2,7}{2,7} \right)$$

$$r = 1,1782$$

4. Nilai  $r$  untuk Limiting KG dengan *bilge keel* keel

$$r = 0,73 + 0,6 OG / d$$

$$r = 0,73 + 0,6 \left( \frac{5,244 - 2,7}{2,7} \right)$$

$$r = 1,2953$$

Berikut adalah tabel untuk melihat perbedaan nilai  $r$  :

Tabel 85. Nilai  $r_3$  untuk masing –masing model

Model	Nilai $r_3$	
	r (KG Aktual)	r (Limiting KG)
Tanpa <i>Bilge keel</i>	1,1782	1,2649
Dengan <i>Bilge keel</i>	1,1782	1,2953



## Lampiran 7

### Penentuan Nilai $X_1$

Intact Stability Code, 2008 :

$$\varphi_1 = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rs}$$

Keterangan :

$X_1$  = fungsi dari B/d yang dapat ditentukan sesuai tabel berikut :

Tabel 86. Nilai  $X_1$

B/d	$X_1$
$\leq 2.4$	1.0
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3.0	0.90
3.1	0.88
3.2	0.86
3.4	0.82
$\geq 3.5$	0.80

Dalam kasus ini  $X_1$  yang akan ditentukan berdasarkan nilai r yang telah diperoleh pada **Lampiran 6** sebelumnya.

$X_2$  = fungsi dari  $C_b$  yang dapat ditentukan sesuai tabel berikut :

Tabel 87. Nilai  $X_2$

$C_b$	$X_2$
$\leq 0.45$	0.75
0.50	0.82
0.55	0.89
0.60	0.95
0.65	0.97
$\geq 0.70$	1.00

Pada kasus ini, Nilai  $C_b$  kapal KMP. Lakaan adalah 0,7 sehingga diambil nilai  $X_2$  adalah 1.



koefisien efektif kemiringan gelombang (*effective wave slope*), nilai diambil dari perhitungan sebelumnya pada bagian **Lampiran 6**.

s = *wave steepness*, nilai diambil dari nilai yang telah ditetapkan dalam perhitungan sebelumnya yaitu 0,01 ; 0,02 ; 0,03 ; dan 0,04.

k = fungsi dari luas *bilge keel* keel, pada kasus ini diterapkan pada model tanpa *bilge keel* sehingga diambil nilai 1.

$\varphi_1$  = sudut oleng kapal yang dapat dilihat pada **Lampiran 4**

Sehingga persamaan di atas disederhanakan untuk mendapatkan nilai  $X_1$  sebagai berikut :

$$\varphi_1 = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rs}$$

$$X_1 = \frac{\varphi_1}{109 k X_2 \sqrt{rs}}$$

Nilai k dan  $X_2$  adalah 1 sehingga persamaan menjadi :

$$X_1 = \frac{\varphi_1}{109 \sqrt{rs}}$$

Sehingga nilai  $X_1$  diperoleh seperti pada tabel berikut :

1. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_1$

Tabel 88. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_1$

Tanpa <i>Bilge keel</i>							
KG AKTUAL				Limiting KG			
s	$\emptyset 1r$	r1	x	s	$\emptyset 1r$	r1	x
0,01	1,8648	0,2621	0,3342	0,01	0,8260	0,0426	0,3673
0,01	3,2536	0,6399	0,3731	0,01	2,3681	0,2249	0,4582
0,01	1,3601	0,1634	0,3087	0,01	2,6033	0,2644	0,4644
0,02	3,3908	0,3429	0,3757	0,02	1,4630	0,0508	0,4210
0,02	4,9574	0,6582	0,3964	0,02	3,5714	0,2300	0,4830
0,02	2,7538	0,2430	0,3624	0,02	4,4835	0,3464	0,4942
0,03	4,5276	0,3746	0,3919	0,03	2,4563	0,0798	0,4606
0,03	6,3959	0,6901	0,4078	0,03	4,6018	0,2421	0,4954
0,03	4,2000	0,3289	0,3879	0,03	5,8191	0,3726	0,5049
0,04	5,2115	0,3594	0,3988	0,04	3,0240	0,0857	0,4737
0,04	7,6146	0,7100	0,4145	0,04	5,4754	0,2497	0,5026
0,04	4,8741	0,3195	0,3956	0,04	6,5072	0,3440	0,5089



2. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_2$

Tabel 89. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_2$

Tanpa <i>Bilge keel</i>							
KG AKTUAL				Limiting KG			
s	$\emptyset 1r$	$r_2$	x	s	$\emptyset 1r$	$r_2$	x
0,01	1,8648	0,2621	0,3342	0,01	0,8260	0,0426	0,3673
0,01	3,2536	0,6399	0,3731	0,01	2,3681	0,2249	0,4582
0,01	1,3601	0,1634	0,3087	0,01	2,6033	0,2644	0,4644
0,02	3,3908	0,3429	0,3757	0,02	1,4630	0,0508	0,4210
0,02	4,9574	0,6582	0,3964	0,02	3,5714	0,2300	0,4830
0,02	2,7538	0,2430	0,3624	0,02	4,4835	0,3464	0,4942
0,03	4,5276	0,3746	0,3919	0,03	2,4563	0,0798	0,4606
0,03	6,3959	0,6901	0,4078	0,03	4,6018	0,2421	0,4954
0,03	4,2000	0,3289	0,3879	0,03	5,8191	0,3726	0,5049
0,04	5,2115	0,3594	0,3988	0,04	3,0240	0,0857	0,4737
0,04	7,6146	0,7100	0,4145	0,04	5,4754	0,2497	0,5026
0,04	4,8741	0,3195	0,3956	0,04	6,5072	0,3440	0,5089

3. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_3$

Tabel 90. Nilai  $X_1$  untuk nilai  $r_3$

Tanpa <i>Bilge keel</i>							
KG AKTUAL				Limiting KG			
s	$\emptyset 1r$	$r_3$	x	s	$\emptyset 1r$	$r_3$	x
0,01	3,2536	1,1782	0,2750	0,01	2,3681	1,2649	0,1932
0,02	4,9574	1,1782	0,2963	0,02	3,5714	1,2649	0,2060
0,03	6,3959	1,1782	0,3121	0,03	4,6018	1,2649	0,2167
0,04	7,6146	1,1782	0,3218	0,04	5,4754	1,2649	0,2233



## Lampiran 8

### Penentuan Nilai k

Intact Stability Code, 2008 :

$$\varphi_1 = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rs}$$

Keterangan :

k = fungsi dari luas *bilge keel* keel, pada kasus ini nilai k akan dicari berdasarkan nilai  $X_1$  dan nilai r yang telah diperoleh pada **Lampiran 6** dan **Lampiran 7**.

$X_1$  = fungsi dari B/d yang dapat ditentukan sesuai tabel berikut :

Tabel 91. Nilai  $X_1$

B/d	$X_1$
$\leq 2.4$	1.0
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3.0	0.90
3.1	0.88
3.2	0.86
3.4	0.82
$\geq 3.5$	0.80

Dalam kasus ini  $X_1$  diambil dari perhitungan sebelumnya pada **Lampiran 7**

$X_2$  = fungsi dari  $C_b$  yang dapat ditentukan sesuai tabel berikut :

Tabel 92. Nilai  $x_2$

$C_B$	$X_2$
$\leq 0.45$	0.75
0.50	0.82
0.55	0.89
0.60	0.95
0.65	0.97
$\geq 0.70$	1.00

Dalam kasus ini, Nilai  $C_b$  kapal KMP. Lakaan adalah 0,7 sehingga diambil nilai  $X_2$



r = koefisien efektif kemiringan gelombang (*effective wave slope coefficient*), nilai ini diambil dari perhitungan sebelumnya pada bagian **Lampiran 6**.

s = *wave steepness*, nilai diambil dari nilai yang telah ditetapkan dalam perhitungan sebelumnya yaitu 0,01 ; 0,02 ; 0,03 ; dan 0,04.

$\varphi_1$  = sudut oleng kapal yang dapat dilihat pada **Lampiran 4**

Sehingga persamaan di atas disederhanakan untuk mendapatkan nilai k sebagai berikut :

$$\varphi_1 = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rs}$$

$$k = \frac{\varphi_1}{109 X_1 X_2 \sqrt{rs}}$$

Maka nilai k diperoleh pada masing-masing nilai  $x_1$  dan r sebagai berikut :

1. Nilai k untuk  $x_1$  ,  $r_1$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Tabel 93. Nilai k untuk  $x_1$  ,  $r_1$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Dengan <i>Bilge keel</i> keel									
KG AKTUAL					Limiting KG				
s	$\varnothing 1r$	$r1$	$x1$	k	s	$\varnothing 1r$	$r1$	$x1$	k
0,01	1,2117	0,2621	0,3342	0,6498	0,01	1,1543	0,0426	0,3673	1,3975
0,01	1,5792	0,6399	0,3731	0,4854	0,01	1,7073	0,2249	0,4582	0,7210
0,01	1,2859	0,1634	0,3087	0,9454	0,01	1,3013	0,2644	0,4644	0,4999
0,02	2,3968	0,3429	0,3757	0,7069	0,02	2,0650	0,0508	0,4210	1,4115
0,02	2,8399	0,6582	0,3964	0,5729	0,02	2,7685	0,2300	0,4830	0,7752
0,02	2,1966	0,2430	0,3624	0,7977	0,02	2,1931	0,3464	0,4942	0,4891
0,03	3,5581	0,3746	0,3919	0,7859	0,03	3,3775	0,0798	0,4606	1,3750
0,03	3,7261	0,6901	0,4078	0,5826	0,03	3,5056	0,2421	0,4954	0,7618
0,03	2,5046	0,3289	0,3879	0,5963	0,03	2,7160	0,3726	0,5049	0,4667
0,04	4,2497	0,3594	0,3988	0,8154	0,04	4,1741	0,0857	0,4737	1,3803
0,04	4,4233	0,7100	0,4145	0,5809	0,04	4,2847	0,2497	0,5026	0,7825
0,04	2,9232	0,3195	0,3956	0,5997	0,04	2,8371	0,3440	0,5089	0,4360



2. Nilai k untuk  $x_1$ ,  $r_2$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Tabel 94. Nilai k untuk  $x_1$ ,  $r_2$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Dengan <i>Bilge keel</i> keel									
KG AKTUAL					Limiting KG				
s	$\emptyset 1r$	r2	x1	k	s	$\emptyset 1r$	r2	x1	k
0,01	1,2117	0,2621	0,3342	0,6498	0,01	1,1543	0,0426	0,3673	1,3975
0,01	1,5792	0,6399	0,3731	0,4854	0,01	1,7073	0,2249	0,4582	0,7210
0,01	1,2859	0,1634	0,3087	0,9454	0,01	1,3013	0,2644	0,4644	0,4999
0,02	2,3968	0,3429	0,3757	0,7069	0,02	2,0650	0,0508	0,4210	1,4115
0,02	2,8399	0,6582	0,3964	0,5729	0,02	2,7685	0,2300	0,4830	0,7752
0,02	2,1966	0,2430	0,3624	0,7977	0,02	2,1931	0,3464	0,4942	0,4891
0,03	3,5581	0,3746	0,3919	0,7859	0,03	3,3775	0,0798	0,4606	1,3750
0,03	3,7261	0,6901	0,4078	0,5826	0,03	3,5056	0,2421	0,4954	0,7618
0,03	2,5046	0,3289	0,3879	0,5963	0,03	2,7160	0,3726	0,5049	0,4667
0,04	4,2497	0,3594	0,3988	0,8154	0,04	4,1741	0,0857	0,4737	1,3803
0,04	4,4233	0,7100	0,4145	0,5809	0,04	4,2847	0,2497	0,5026	0,7825
0,04	2,9232	0,3195	0,3956	0,5997	0,04	2,8371	0,3440	0,5089	0,4360

3. Nilai k untuk  $x_1$ ,  $r_3$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Tabel 95 Nilai k untuk  $x_1$ ,  $r_3$  diambil dari data tanpa *bilge keel*

Dengan <i>Bilge Keel</i>									
KG AKTUAL					Limiting KG				
s	$\emptyset 1r$	r3	x1	k	s	$\emptyset 1r$	r3	x1	k
0,01	1,5792	1,1782	0,2750	0,4854	0,01	1,7073	1,2953	0,1932	0,7124
0,02	2,8399	1,1782	0,2963	0,5729	0,02	2,7685	1,2953	0,2060	0,7660
0,03	3,7261	1,1782	0,3121	0,5826	0,03	3,5056	1,2953	0,2167	0,7528
0,04	4,4233	1,1782	0,3218	0,5809	0,04	4,2847	1,2953	0,2233	0,7733

