

**KARAKTERISTIK GETARAN REDAMAN NITROGEN DAN OKSIGEN  
DENGAN VARIASI MASSA UNBALANCE**



**Predi Setiawan S**

**5315117189**

**Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**




**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

## HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ahmad Kholil, S.T., M.T. (Dosen Pembimbing I)		21/8 2017
Ragil Sukarno, S.T., M.T. (Dosen Pembimbing II)		14/8 2017

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ir. Nugroho Gama Yoga, M.T. (Ketua Penguji)		21/8 2017
I Wayan Sugita, ST, MT (Sekretaris Penguji)		14/8 2017
Dr. Catur Setyawan K, ST, MT (Dosen Ahli)		14/8 2017

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan

Teknik Mesin - UNJ



Ahmad Kholil, S.T., M.T.

NIP. 197908312005011001

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Predi Setiawan S**

Nomor Registrasi : **5315117189**

Tempat, Tanggal Lahir : Brebes, 05 September 1990

Alamat : Jl. Kebon Baru Metros Rt 014/010 Semper Barat  
Cilincing Jakarta utara

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul “ **Karakteristik Getaran Redaman Nitrogen dan Oksigen Dengan Variasi Massa *Unbalance***” adalah karya tulis ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, Juli 2017



**Predi Setiawan S**

No.Registrasi 5315117189



## ABSTRAK

PREDI SETIAWAN S. KARAKTERISTIK GETARAN REDAMAN NITROGEN DAN OKSIGEN DENGAN VARIASI MASSA UNBALANCE, Pembimbing: Ahmad Kholil, S.T., M.T. dan Ragil sukarno M.T.

Dalam menganalisis suatu getaran yang kompleks, maka memerlukan alat simulasi uji getaran yang terdiri dari pegas, massa, peredam dan gaya eksitasi. *Vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam merupakan salah satu alat simulasi uji getaran yang dapat menentukan besaran-besaran getaran yang terjadi pada mesin yang berputar yang disebabkan oleh *massa* tidak seimbang pada elemen yang sedang berputar. Dengan metode eksperimen penulis mencoba menguraikan tentang perbandingan hasil redaman nitrogen dengan oksigen. Dengan menggunakan alat simulasi getaran maka dapat diketahui frekuensi pribadi, mengetahui efektifitas redaman menggunakan peredam oli, pengaruh efek redaman oli terhadap getaran paksa dan melihat hubungan grafik putaran motor DC dalam RPM dengan amplitudo pada saat resonansi, kemudian dapat dibuktikan dengan perhitungan menggunakan rumus yang sudah baku. Kemudian peneliti menguji getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen dan oksigen dan 30 pada interval kecepatan putaran 0 sampai dengan putaran 400 RPM dengan selisi 10 RPM dan menggunakan massa unbalance 10 gram, 15 gram, 20 gram dan 25 gram sebagai gaya pengekstiasinya. Semakin kental viskositas peredam, semakin besar efek redaman untuk menurunkan amplitudo pada sistem yang bergetar. Dalam pengujian tersebut, maka diperoleh hasil rasio redaman 0.2619 untuk nitrogen dan 0.3089 untuk oksigen. Dari data tersebut,.

Kata kunci: *Vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan, efek redaman, getaran paksa, frekuensi pribadi.



## Abstract

PREDI SETIAWAN S *The characteristics vibration of nitrogen attenuation and oxygen with the unbalance mass variation* Pembimbing: Ahmad Kholil, S.T., M.T. dan Ragil sukarno M.T.

*To analyze a complex vibration, it needs a simulation vibration testing tool which consist of a spiral spring, mass, attenuation tool and force excitation*

*The apparatus vibration with one degree of freedom attenuated system is one of the simulation vibration testing tool. it can determine the scales of vibration that happen in the rotating machine which is caused by unbalance mass upon the spinning element.*

*By the experiment method, the writer try to analyze proportion ratio from the result of nitrogen attenuation and oxygen.*

*The personal frequency can be known by using the simulation vibration testing tool, to know the effectivity of attenuation is using oil attenuation, the influence of attenuation effect toward forced vibration and see the relation of motor DC rotation graphic in RPM with amplitudo at the resonance moment, then it is attested by enumeration using standard formula.*

*Afterward the writer tested the attenuated forced vibration with the nitrogen attenuation and oxygen, so 30 at the velocity in 60 rotation until 400 rotation RPM*

*with scale of error 10 RPM and used the unbalance mass with a similar weight of 10 gram,15 gram, 20 gram and 25 gram as the force excitation.*

*The more robust of attenuation viscosity tool the bigger effect of attenuation for reducing the amplitudo in the vibrate system. In these testing experiment, the writer gained the ratio result of attenuation 0.2619 for nitrogen and 0.3089 for oxygen from the data.*

*Key word: one degree of freedom vibration apparatus system, attenuation effect, forced vibration, personal frequency.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Karakteristik getaran pada massa tidak seimbang terhadap media nitrogen dan oksigen dengan *vibratiion apparatus*”.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

Terima kasih juga saya ucapkan kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T. M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan pembimbing 1 skripsi yang telah memberikan bimbingan, masukan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ragil Sukarno, ST.,MT sebagai pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan, masukan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Catur Setyawan K, selaku Pembimbing Akademik.
4. Ayah, Ibu dan kedua kakak saya yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

5. Teman seperjuangan, Moch. Banu Harjana yang selalu memberi bantuan dalam pengambilan data, hingga bisa menyelesaikan penelitian ini bersama.
6. Teman-teman teknik mesin non reguler 2011 yang menemani perjalanan kuliah dan yang memberikan tawa canda selama 4 tahun ini.
7. Teman-teman KPMDB yang selalu memotivasi untuk segera menyelesaikan studi saya.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan membawa manfaat bagi semua orang.

Jakarta, Januari 2017

Penulis

Predi Setiawan S

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	3
1.3. Pembatasan Masalah .....	5
1.4. Perumusan Masalah .....	5
1.5. Tujuan Penelitian .....	6
1.5. Manfaat .....	7
<b>BAB II KAJIAN TEORI, KERANGKA BERFIKIR, DAN HIPOTESA PENELITIAN</b>	
2.1. Kajian Teoritik .....	8
2.1.1. Getaran .....	8
a) Komponen Sistem Getaran .....	8
b) Sistem Satu Derajat Kebebasan .....	9
c) Getaran Bebas Teredam .....	10
d) Frekuensi Natural .....	12
e) Derajat Kebebasan .....	15
f) Getaran Bebas dengan Redaman Viskos .....	17
g) Getaran Paksa Satu Derajat Kebebasan Teredam .....	26
h) Gelombang .....	27
i) Suspensi Udara .....	28
j) Komponen Sistem Suspensi Udara .....	29

k) Prinsip Dasar Kerja Suspensi Udara .....	31
2.2 Elemen Pembentuk Sistem Instrumentasi .....	32
a) Sensor .....	32
b) Penampilan Data .....	32
c) Prosesor Sinyal .....	33
d) Sensor Perpindahan .....	33
e) Respon Sistem Teredam Akibat Gerakan Tidak Seimbang .....	34
f) Pegas .....	36
2.2.3. Kerangka Berfikir .....	38
2.2.4. Hipotesis Penelitian .....	38

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	39
3.2. Metode Penelitian .....	39
3.3. Alat, Peralatan, Bahan Penelitian dan Software .....	39
1. Alat .....	39
2. Peralatan .....	40
3. Bahan .....	41
4. Perangkat Lunak .....	41
3.4. Data Property Pegas .....	41
3.5. Tahapan Penelitian .....	42
3.6. Teknik Sampling .....	44
3.7. Teknik Analisis Data .....	44
1. Kajian Pustaka .....	44
2. Kajian Eksperimen .....	45
3. Deskripsi Sistem Alat Uji .....	45
a) <i>Multi Purpose Digital Indikator (MPDI)</i> .....	45
b) Transformator Diferensial Variabel Linear (LVDT) .....	46
c) Motor DC .....	47

3.8. Data Percanaan Alat .....	48
1. Kekakuan Pegas .....	48
2. Massa .....	50
3. Redaman Nitrogen .....	50
4. Frekuensi Natural .....	53
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN</b>	
4.1. Pengujian .....	60
4.2. Hasil Pengujian Getaran Paksa Tak Teredam.....	60
4.3 Pengaruh Massa Unbalance.....	100
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	107
5.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA.....	110
LAMPIRAN.....	111

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi ini, alat transportasi sangat diperlukan untuk mobilitas manusia dalam menunjang aktifitasnya. Perkembangan alat transportasi semakin pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan demikian, banyak perusahaan otomotif membuat inovasi alat transportasi untuk mempermudah aktifitas manusia. Selain itu, alat transportasi harus bekerja secara maksimum karena hampir setiap hari digunakan. Supaya mesin tetap awet dan bisa bekerja secara maksimal, maka harus dilakukan perawatan rutin.

Salah satu masalah dari suatu mesin adalah getaran yang di hasilkan oleh mesin itu sendiri. Getaraan sangat berpengaruh terhadap struktur dan kontruksi mesin. Getaran yang melebihi getaran yang diijinkan akan menyebabkan patah atau lelah pada komponen mesin tersebut. Untuk menghindari dan mencegah terjadi hal-hal tersebut, maka harus dilakukan pengukuran getaran pada mesin. Hasil pengukuran getaran dapat dijadikan patokan untuk memperoleh sumber getaran dan kemudian dilakukan identifikasi komponen mesin yang mengalami kerusakan untuk melakukan penggantian komponen mesin yang baru.

Getaran memiliki banyak definisi, secara luas diartikan sebagai gerakan bolak-balik komponen mekanik suatu mesin sebagai reaksi dari



adanya gaya dalam (gaya yang dihasilkan dari mesin tersebut) maupun gaya luar (gaya yang berasal dari luar atau sekitar mesin). Pada dasarnya, getaran yang berlebihan disebabkan oleh gaya eksitasi getaran yang berasal dari mesin tersebut yang berkaitan dengan:

1. Kondisi yang tidak seimbang baik statis maupun dinamis yang berasal dari mesin tersebut;
2. Crash atau cacat yang terjadi pada elemen rotasi seperti pada bearing rusak, impeller macet;
3. Ketidak sempurnaan bagian atau fungsi mesin tersebut. Getaran terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *massa*, pegas, peredam, dan gaya eksitasi. Energi dapat disimpan didalam *massa* dan pegas, sedangkan peredam hanya menyerap energi dalam wujud panas. Energi masuk ke dalam sistem melalui penerapan gaya eksitasi yang dikenakan pada *massa* tersebut. Mesin yang ideal tidak akan bergetar melebihi getaran yang diijinkan karena energi diterima sepenuhnya untuk fungsi mesin itu sendiri. Dalam kenyataannya, mesin dirancang sebaik-baiknya agar getaran yang dihasilkan relatif rendah tetapi, dalam jangka waktu yang relatif lama akan terjadi kenaikan level getaran. Hal tersebut disebabkan oleh:

1. Keausan pada elemen mesin;
2. Proses pemantapan pondasi (*base plante*) sedemikian rupa sehingga terjadi deformasi dan mengakibatkan misalignment pada poros;

3. Perubahan perilaku dinamik pada mesin sehingga terjadi perubahan frekuensi.

Analisis ciri mekanik memungkinkan pemanfaatan sinyal getaran untuk mengetahui kondisi mesin tersebut tanpa membongkar mesin tersebut, sehingga dapat dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut dalam perbaikan pada kerusakan yang terjadi. Dengan melakukan analisis getaran secara berkala, maka sesuatu yang tidak normal pada mesin dapat dideteksi sebelum kerusakan yang lebih besar.

Dalam proposal ini, penulis mengambil judul “KARAKTERISTIK GETARAN REDAMAN NITROGEN DAN OKSIGEN DENGAN VARIASI MASSA *UNBALANCE* ”. Penulis mencoba untuk menganalisis getaran yang terjadi pada *massa* tidak seimbang terhadap media oli dengan menggunakan *vibration apparatus* jenis getaran mekanik yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia dan untuk mengetahui fenomena getaran yang terjadi, getaran seismik yaitu getaran tanah yang disebabkan oleh peristiwa alam dan kegiatan manusia serta getaran kejut yaitu getaran yang berlangsung secara tiba-tiba dan sesaat.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dalam perkembangan dunia otomotif, mesin dirancang sedemikian rupa untuk menghasilkan kinerja mesin yang optimal dan memiliki getaran mesin yang relatif rendah. Tetapi, pada kenyataannya mesin akan mengalami peningkatan getaran yang tinggi. Hal itu disebabkan karena *massa* tidak seimbang. *Massa* tidak seimbang terjadi pada suatu mesin atau rotor jika

pusat massanya tidak terletak pada sumbu putar. Untuk itu, diperlukan pengujian getaran menggunakan alat uji *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam. *Vibration apparatus* berfungsi untuk menguji dan menganalisis getaran yang tidak memenuhi standar getaran yang diijinkan pada mesin atau roda yang sedang berotasi serta meminimalisir dampak getaran yang berkepanjangan untuk memudahkan perawatan mesin tersebut sehingga mesin dapat terdeteksi sedini mungkin untuk menghindari kerusakan komponen-komponen mesin yang lainnya. Berdasarkan pengalaman empiris dan teori yang telah dipelajari, maka identifikasi masalahnya adalah:

1. Apakah *Vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam dapat mendeteksi frekuensi *massa* tidak seimbang terhadap media nitrogen dan oksigen?
2. Bagaimana cara mencari frekuensi suatu getaran pada mesin dengan *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam terhadap media nitrogen dan oksigen?
3. Redaman viskos seperti apa yang mampu meredam getaran pada alat uji *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam terhadap redaman nitrogen dan oksigen?
4. Bagaimana prinsip kerja alat uji *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam terhadap media nitrogen dan oksigen?

5. Fenomena apakah yang terjadi pada alat vibration apparatus sistem satu derajat kebebasan teredam terhadap redaman nitrogen setelah diberikan perlakuan getaran?
6. Bagaimana karakteristik redaman yang diperoleh?
7. Bagaimana pengaruh getaran yang berlebihan kepada sistem?
8. Bagaimana cara menghindari terjadinya resonansi yang berlebihan?
9. Bagaimana cara mengukur amplitude atau simpangan?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Setiap mesin atau roda yang sedang berotasi pasti memiliki getaran, getaran yang dihasilkan sangat bervariasi. Tentunya setiap mesin pasti mempunyai karakteristik getaran yang berbeda. Untuk mempermudah penelitian, maka penulis membatasi masalah getaran hanya pada pembahasan sebagai berikut:

1. Menggunakan alat simulasi getaran bebas dan getaran paksa dengan redaman viskos satu derajat kebebasan (vibration apparatus).
2. Variabel redaman viskos menggunakan nitrogen dan oksigen
3. Eksitasi paksa pada motor unballance dengan waktu pengujian 10 detik

### 1.4 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam mendeteksi frekuensi *massa* tidak seimbang terhadap media nitrogen dan oksigen?
2. Bagaimana mencari frekuensi pribadi dari *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam terhadap redaman nitrogen dan oksigen?
3. Fenomena apa yang terjadi pada redaman?
4. Bagaimana karakteristik hubungan antara redaman dan waktu yang diperoleh dari pengujian alat simulasi *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Mesin banyak digunakan sebagai penunjang aktifitas manusia. Secara garis besar, mesin digunakan untuk menggerakkan kendaraan, bisa juga sebagai penggerak turbin untuk menghasilkan listrik. Semakin banyak digunakan, maka akan menghasilkan getaran yang tidak sesuai dengan standar sehingga dapat merusak elemen mesin yang lainnya, untuk mencegah terjadi hal seperti itu, maka harus dilakukan perawatan secara berkala. Adapun tujuan utama dalam penelitian ini adalah:

1. Mendeteksi dan mempelajari fenomena getaran yang terjadi pada mesin yang sedang berotasi menggunakan *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam menggunakan media nitrogen dan oksigen.
2. Untuk menganalisis dan mengetahui seberapa efektifkah pengaruh redaman nitrogen terhadap getaran bebas dan getaran paksa pada alat *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan.

3. Mencari frekuensi pribadi dari sistem massa pegas dengan sistem satu derajat kebebasan.
4. Membandingkan perhitungan secara teoritis berdasarkan buku dengan praktek sesungguhnya.

## 1.6 Manfaat

### 1. Mahasiswa

- a. Proses dan hasil analisis merupakan pengetahuan yang sangat berguna untuk berfikir secara ilmiah, tidak hanya menekankan berdasarkan teori tetapi juga pada hasil empiris selama penelitian,
- b. Mengembangkan kreatifitas mahasiswa dalam mengembangkan ilmu pengetahuan yang didapat selama proses belajar di perkuliahan,
- c. Meningkatkan kemampuan ilmu pengetahuan yang didapat di perkuliahan dan dapat merealisasikan dalam kehidupan sehari-hari.

### 2. Program Studi

- a. Menambah sumber pustaka di program studi pendidikan teknik mesin.
- b. Memperkaya bahan ajar untuk mata kuliah Getaran Mekanis.

### 3. Masyarakat Umum

Hasil pengujian gataran *massa* tidak seimbang menggunakan efek redaman nitrogen dan oksigen dengan *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam ini diharapkan dapat bermanfaat bagi industri otomotif atau sejenisnya untuk melakukan perawatan mesin secara

berkala dengan standar getaran yang diijinkan sehingga tidak merusak elemen yang lainnya akibat getaran yang terus menerus



## BAB II

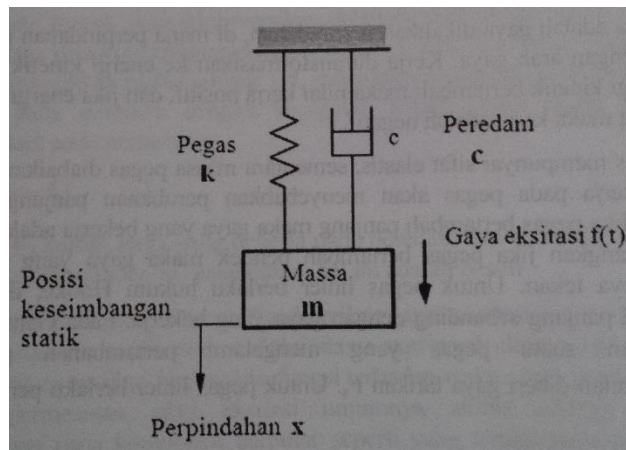
### KEAJIAN TEORITIK, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESA PENELITIAN

#### 2.1 Kajian Teoritik

##### 2.1.1 Getaran

###### a. Komponen Sistem Getaran

Getaran memiliki beberapa komponen utama, yaitu massa, pegas, peredam, dan gaya eksitasi. Energi dapat disimpan di dalam suatu massa dan suatu pegas, sedangkan peredam sebagai penyerap energi dalam bentuk panas. Energi masuk ke dalam sistem melalui penerapan gaya eksitasi yang dikenakan pada massa yang ada pada sistem.

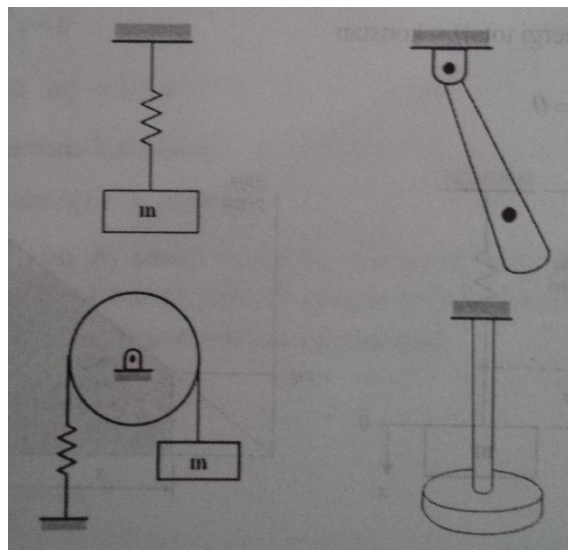


Gambar 2.1. Komponen Pegas

Massa diasumsikan sebagai bendategar. Besarnya energi kinetik tergantung dari besarnya massa dan kecepatan benda tegar tersebut. Kerja adalah gaya dikalikan perpindahan, dimana

perpindahan tersebut searah dengan arah gaya. Pegas mempunyai sifat elastis. Perubahan panjang pegas disebabkan karena adanya gaya yang bekerja mempengaruhi pegas tersebut. Didalam permesinan, gaya eksitasi timbul karena adanya ketidak seimbangan pada komponen yang berputar seperti yang terjadi pada poros atau turbin. Gaya eksitasi tersebut diberikan melalui massa atau gerak eksitasi pada fondasi. Gaya tersebut merupakan fungsi terhadap waktu atau gaya kejut.

b. Sistem Satu Derajat Kebebasan



Gambar 2.2) Sistem Satu Derajat Kebebasan

Getaran bebas adalah sistem yang bergetar bukan karena adanya gaya eksitasi (gaya pengantar), tetapi karena kondisi awal, yaitu berupa simpangan awal atau kecepatan awal. Persamaan gerak konservatif dapat diperoleh dari pertimbangan

energi. Total energi sistem tersebut adalah jumlah energi kinetik dan energi potensial.

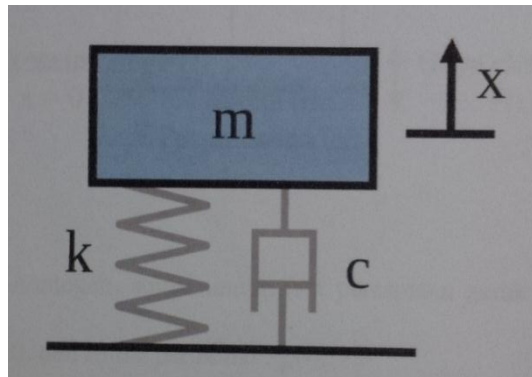
$$T + U = (\text{Energi total}) = \text{konstan}$$

$$\frac{d}{dt}(T + U) = 0$$

Energi kinetik  $T$  dikarenakan oleh kecepatan massa, dan energi potensial disebabkan oleh energi regangan pegas  $U$  pada saat mengalami deformasi. Getaran

c. Getaran bebas teredam

Getaran bebas teredam adalah sistem yang berosilasi akibat diberi kondisi awal berupa simpangan awal atau kecepatan awal, dimana osilasi tersebut akan mengecil amplitudonya. Getaran bebas satu derajat kebebasan teredam yaitu bila peredaman diperhitungkan, maka gaya peredamnya juga berlaku pada massa selain gaya yang disebabkan oleh peregangan pegas. Bila bergerak dalam fluida, benda akan mendapatkan peredam karena kekentalan fluida tersebut. Gaya akibat kekentalan ini sebanding dengan kecepatan benda. Konstanta akibat kekentalan (viskositas)  $c$  ini dinamakan koefisien peredam dengan satuan  $\text{Ns/m}$  (SI).



Gambar 2.3) Sistem getaran teredam

Dengan menjumlahkan semua gaya yang berlaku pada benda, akan mendapatkan persamaan dinamik sebagai berikut:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (2.1)$$

Solusi persamaan ini tergantung pada besarnya redaman. Bila redaman cukup kecil, maka sistem mesin akan bergetas, namun pada akhirnya akan berhenti. Keadaan ini merupakan redaman *underdamped*, hal tersebut merupakan masalah yang paling sering muncul dan harus segera dianalisis. Bila redaman diperbesar sehingga mencapai titik saat sistem tidak lagi berosilasi, maka akan mencapai titik redaman kritis (*criticaldamped*). Jika redaman ditambahkan melewati redaman kritis, sistem ini disebut dalam keadaan lebih (*overdamped*). Sedangkan frekuensi pribadinya adalah

$$\omega_n = \frac{k}{m} \quad (2.2)$$

$\omega_n$  = frekuensi natural

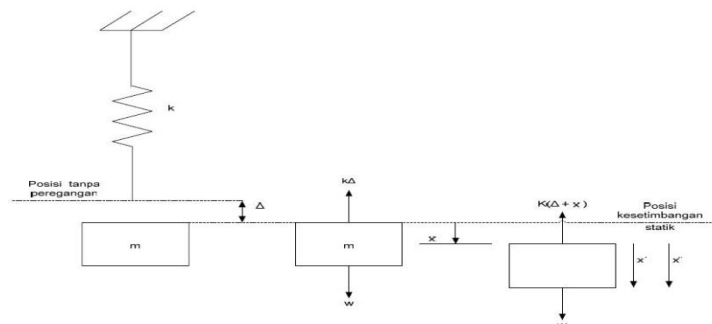
$k =$  kekakuan pegas

$m =$  massa

d. Frekuensi Natural

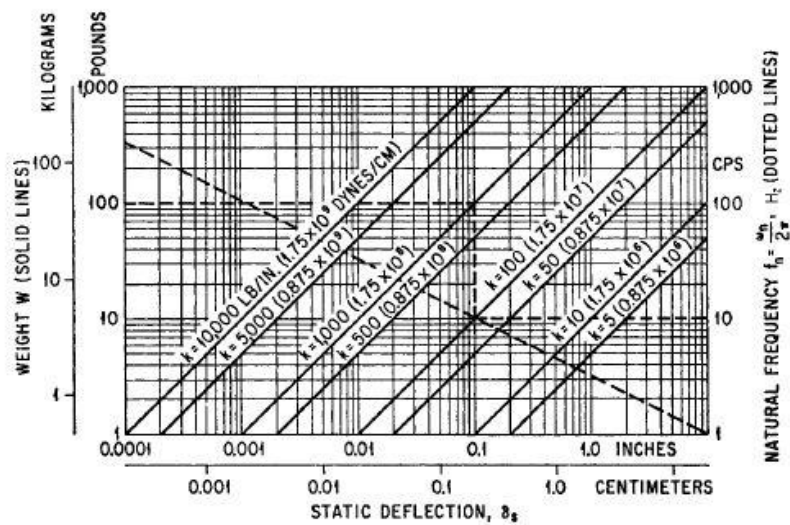
Sistem berosilasi yang paling sederhana terdiri dari massa dan pegas. Pegas yang menunjang massa dianggap mempunyai massa yang dapat diabaikan dan kekakuan  $k$  Newton per-meter simpangan. Sistem yang mempunyai satu derajat kebebasan karena gerakanya digambarkan oleh koordinat  $x$ .

Bila massa di gerakkan maka osilasi akan terjadi pada frekuensi natural  $f_n$ , yang merupakan *property* dari sistem. Pada masa kini kita dapat mengamati beberapa konsep dasar yang ada hubungannya dengan sistem getaran bebas yang memiliki derajat kebebasan tunggal. Perubahan bentuk pegas pada posisi kesetimbangan statik adalah  $\Delta$ , dan gaya pegas adalah  $k\Delta$  adalah sama dengan gaya gravitasi  $w$  yang bekerja pada massa  $m$ .



Gambar 2.9) Sistem pegas – massa dan diagram benda bebas

Dengan mengukur simpangan  $x$  dari posisi kesetimbangan statik, maka gaya-gaya yang bekerja pada  $m$  adalah  $k(\Delta+x)$  dan  $w$ . Dengan  $x$  yang dipilih positif dalam arah kebawah semua besaran – gaya, kecepatan dan percepatan – juga positif kearah bawah.



Gambar 2.10) skema frekuensi natural

Sehingga hukum ke dua newton untuk aplikasi gerak diterapkan pada  $m$  :

$$m\ddot{x} = \sum F = w - k(\Delta+x) \quad (2.29)$$

karena  $k\Delta = w$ , diperoleh,

$$m\ddot{x} = -kx \quad (2.30)$$

Dengan kata lain pemilihan posisi kesetimbangan statik sebagai acuan untuk  $x$  mengeliminasi  $w$ , yaitu gaya yang diakibatkan dari gravitasi bumi, dan gaya pegas statik  $k\Delta$  dari persamaan gerak, sehingga gaya resultan pada  $m$  adalah gaya

pegas karena simpangan  $x$  saja. Lalu dengan mendefinisikan frekuensi lingkaran  $\omega_n$  lewat persamaan:

$$\omega_n^2 = k/m \quad (2.31)$$

Jadi persamaan dapat ditulis :

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad (2.32)$$

Dan membandingkan dengan persamaan  $\ddot{x} = -\omega^2 x$  dapat disimpulkan bahwa gerak adalah harmonik.  $x = \omega_n^2 x$ , suatu persamaan differensial orde kedua yang homogen, memiliki solusi umum berikut.

$$x = A \sin \omega_n^2 t + B \cos \omega_n^2 t \quad (2.33)$$

Dengan A dan B adalah dua konstanta yang perlu. Konstanta tersebut dihitung dari kondisi awal  $x=0$  dan persamaan  $x = A \sin \omega_n^2 t + B \cos \omega_n^2 t$  dapat ditunjukkan menjadi

$$x = \dot{x}(0) / \omega_n \cdot \sin \omega_n^2 t + x(0) \cos \omega_n^2 t \quad (2.34)$$

periode natural osilasi sibenruk dari

$$\tau = 2\pi \sqrt{m/k} \quad (2.35)$$

dan frekuensi natural

$$f_n = 1/\tau = 1/2\pi \sqrt{k/m} \quad (2.36)$$

besaran besaran ini dinyatakan sebagai penyimpangan statik  $\Delta$  dengan mengamati persamaan  $k\Delta = w = mg.$ ,  $k\Delta = mg$ . Jadi



persamaan  $f_n = 1/\tau = 1/2\pi \sqrt{k/m}$  dapat dinyatakan dalam penyimpangan statik  $\Delta$  sebagai

$$f_n = 1/2\pi \sqrt{g/\Delta} \quad (2.37)$$

dan frekuensi natural sistem dengan derajat kebebasan tunggal ditentukan secara unik oleh penyimpangan statik  $\Delta$ .

Satuan yang digunakan dalam persamaan diatas harus konsisten ( $\Delta$ ). Dengan  $g = 9.81\text{m/s}^2$ ,  $\Delta$  harus dalam meter. Namun lebih mudah menggunakan  $\Delta$  dalam milimeter,  $\Delta_m = \Delta_{\text{mm}} \times 10^{-3}$ , dalam hal ini persamaan  $f_n = 1/2\pi \sqrt{g/\Delta}$  menjadi :

$$f_n = 1/2\pi \sqrt{9.81/\Delta_{\text{mm}} \times 10^{-3}} = 15.76/\sqrt{\Delta_{\text{mm}}}^1 \quad (2.38)$$

#### e. Derajat Kebebasan

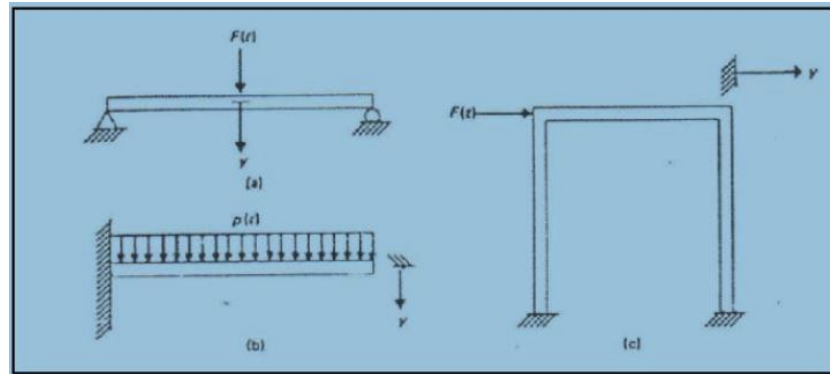
Derajat kebebasan sistem adalah jumlah koordinat bebas yang digunakan untuk menggambarkan gerak suatu sistem. Menurut derajat kebebasannya getaran dapat dibedakan menjadi getaran satu derajat kebebasan, getaran dua derajat kebebasan, dan getaran  $n$  derajat kebebasan sesuai dengan banyaknya koordinat bebas (*independence*) yang diperlukan untuk mendefinisikan persamaa gerak tersebut. Contoh kasus getaran yang terjadi dengan sistem satu derajat kebebasan dapat dilihat pada sebuah mobil yang melalui jalan yang bergelombang. Kondisi jalan yang bergelombang memberikan eksitasi getaran pada bodi mobil melalui sistem penopang atau suspensi dari mobil tersebut.

---

<sup>1</sup> S.Rao, Singiresu, hal.13

Getaran yang terjadi karena adanya gaya rangsangan dari luar disebut getaran paksa. Jika rangsangan tersebut berosilasi atau bergetar, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Jika getaran yang terjadi sama atau lebih besar dari frekuensi natural sistem, getaran tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada sistem.

Dalam getaran mekanis, jumlah koordinat bebas (*independent coordinates*) diperlukan untuk menetapkan susunan atau posisi sistem pada setiap saat, yang berhubungan dengan jumlah derajat kebebasan (*degree of freedom*). Pada umumnya, struktur berkesinambungan mempunyai jumlah derajat kebebasan (*number of degrees of freedom*) tak berhingga. Namun dengan proses idealisasi atau seleksi, sebuah model matematis yang tepat dapat mereduksi jumlah derajat kebebasan menjadi suatu jumlah diskrit dan untuk beberapa keadaan dapat menjadi berderajat kebebasan tunggal.. terlihat beberapa contoh struktur yang dapat dianggap sebagai struktur berderajat kebebasan satu (*one degree of freedom*) dalam analisis dinamis, yaitu struktur yang dimodelisasikan sebagai sistem dengan koordinat perpindahan tunggal (*single displacement coordinate*).



Gambar 2.11) Contoh struktur dengan sistem satu derajat kebebasan

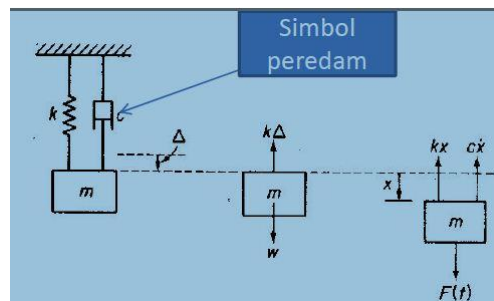
f. Getaran Bebas dengan Redaman Viskos

Redaman viskos yang paling umum adalah mekanisme redaman dalam analisis getaran. ketika sistem mekanisme bergetar dalam fluida seperti udara, gas, air dan minyak, perlawanan yang ditawarkan oleh cairan ke *body* menyebabkan energi akan hilang. dalam kasus ini. jumlah energi yang hilang tergantung pada banyak faktor, seperti ukuran dan bentuk *body* peredam. Dalam redaman viskos, gaya redaman sebanding dengan kecepatan benda yang bergetar.

Jenis	$\xi$
Peredam kejut pada automobile	0,1 – 0,5
Karet	0,04
Beton	0,02
Paku keling pada struktur baja	0,03
Kayu	0,003
Alumunium roll dingin	0,0002
Baja roll dingin	0,0006
Bronze	0,00007

Macam – macam harga  $\xi$  pada material permesinan

$\xi$  = faktor peredam



Gambar 2.4) Sistem linier dengan derajat kebebasan tunggal

Bila sistem linier dengan derajat kebebasan tunggal dirangsang, maka responnya akan tergantung pada jenis rangsangan dan redaman yang ada. Persamaan gerak pada umumnya adalah :

$$m\ddot{x} + Fd + kx = F(t) \quad (2.3)$$

$F(t)$  adalah perangsang dan  $Fd$  adalah gaya redaman. Gaya redaman karena kekentalan, sebanding dengan kecepatan, menghasilkan pengolahan matematika yang mudah.

Persamaan gaya redaman karena kekentalan dinyatakan oleh persamaan :

$$Fd = c \dot{x} \quad (2.4)$$

$c$  adalah konstanta kesebandingan. Secara simbolik gaya ini disebut peredam, maka persamaan geraknya :

$$m\ddot{x} + c \dot{x} + kx = F(t) \quad (2.5)$$

Solusi dari persamaan nya ada dua macam. Jika  $F(t) = 0$ , maka persamaan differensial homogen yang solusinya secara fisis sesuai dengan getaran bebas teredam. Dengan  $F(t)$  tidak sama dengan 0, diperoleh solusi khusus diakibatkan karena rangsangan tanpa tergantung pada solusi homogen. Caranya kita periksa persamaan homogen yang akan memberi pengertian tentang peranan redaman.

Persamaan persamaan homogennya :

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (2.6)$$

Pendekatan yang biasa adalah memisalkan solusi dengan bentuk.

$$x = e^{st} \quad (2.7)$$

s adalah konstanta. Lalu substitusikan kedalam persamaan differential:

$$(ms^2 + cs + k)e^{st} \quad (2.8)$$

Nilai untuk memenuhi semua nilai t, bila:

$$s^2 + c/m \cdot s + k/m = 0 \quad (2.9)$$

Persamaan karakteristik, diatas memiliki dua akar:

$$S_{1,2} = -c/2m \pm \sqrt{(c/2m)^2 - k/m} \quad (2.10)$$

Solusi umum diberikan persamaan:

$$x = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t} \quad (2.11)$$

A dan B konstanta harus dihitung dari kondisi awal x(0) dan  $\dot{x}(0)$

Persamaan  $S_{1,2} = -c/2m \pm \sqrt{(c/2m)^2 - k/m}$  yang disubstitusi kedalam persamaan

$x = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t}$  menghasilkan:

$$x = e^{-(c/2m)t} (Ae^{\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t} + Be^{-\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t}) \quad (2.12)$$

$e^{-(c/2m)t}$  adalah fungsi menyeluruh secara eksponensial. Sifat dalam kurung tergantung pada nilai numerik dibawah akar yaitu positif, nol atau negatif.

Bila suku redaman  $(c/2m)^2$  lebih besar dari pada  $k/m$  maka persamaan diatas bilangan rill dan getaran **tidak mungkin**. Keadaan seperti ini yang disebut redaman berlebihan. Bila suku  $(c/2m)^2$  kurang dari  $k/m$  maka eksponen bilangan khayal  $\pm i \sqrt{k/m - (c/2m)^2} t$ . Karena

$$e^{\pm i \sqrt{k/m - (c/2m)^2} t} = \cos \sqrt{k/m - (c/2m)^2} t \pm i \sin \sqrt{k/m - (c/2m)^2} t \quad (2.13)$$

Maka suku persamaan  $x = e^{-(c/2m)t} (Ae^{\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t} + Be^{-\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t})$  sistem berosilasi. Keadaan ini disebut kurang teredam.

Batas antara gerak osilasi dan gerak tak berosilasi. Keadaan ini disebut redaman kritis sebagai nilai  $c$  yang mereduksi nilai dibawah tanda akar (radikal) menjadi nol. Saat ini dianjurkan untuk memeriksa tiga keadaan itu agar lebih teliti, dengan cara praktek dimulai dari redaman kritis.

Redaman kritis atau  $C_c$  dalam persamaan mendalam dari

$$x = e^{-(c/2m)t} (Ae^{\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t} + Be^{-\sqrt{(c/2m)^2 - k/m} t}) \text{ adalah}$$

$$(c_c/2m)^2 = \omega_n^2 \quad (2.13)$$

Atau

$$C_c = 2\sqrt{km} = 2m \omega_n \quad (2.14)$$

Nilai redaman dinyatakan dalam redaman kritis oleh rasio nondimensional



$$\xi = C / Cc \quad (2.15)$$

Rasio redaman, mengingat bahwa

$$C / 2m = \xi Cc / 2m = \xi \omega_n \quad (2.16)$$

Akar persamaan  $S_{1,2} = -c/2m \pm \sqrt{(c/2m)^2 - k/m}$ , sekarang

dinyatakan  $\zeta$  sehingga redaman kritis

$$S_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1}) \omega_n \quad (2.17)$$

Ketiga redaman yang dibahas tergantung apakah  $\xi$  lebih besar dari, kurang dari, atau sama dengan satu. Gambar diatas menunjukkan persamaan  $S_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1}) \omega_n$  yang tergambar pada bidang kompleks dengan  $\xi$  sepanjang sumbu horisontal. Bila  $\xi = 0$ , persamaan  $S_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1}) \omega_n$  menjadi  $S_{1,2} / \omega_n = \pm i$ , sehingga akar pada sumbu khayal menunjukkan keadaan tanpa redaman. Persamaan dari  $S_{1,2} = (-\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1}) \omega_n$  dapat ditulis kembali menjadi  $S_{1,2} / \omega_n = -\xi \pm i \sqrt{1 + \xi^2}$ , jadi akar  $S_1$  dan  $S_2$  adalah titik kompleks konjugasi pada busur lingkaran yang konvergen dititik  $S_{1,2} / \omega_n = -1.0$ , Bila  $\xi$  bertambah sebelum 1, maka akar-akar terpisah sepanjang sumbu horisontal dan tetap merupakan bilangan nyata / rill. Dengan mengingat diagram ini, solusi yang diberikan oleh persamaan  $(c_c/2m)^2 = \omega_n^2$  akan diperiksa kembali.

- **Gerak Berosilasi** [  $\zeta < 1,0$  (keadaan kurang teredam) ]. Dengan mensubstitusikan persamaan  $S_{1,2} = (-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}) \omega_n$  ke dalam

$$x = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t},$$

solusi umum menjadi :  $x = e^{-\zeta \omega_n t} (Ae^{\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t} + Be^{-\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t})$

Persamaan diatas juga dapat ditulis seperti salah satu dari kedua bentuk berikut

$$x = X e^{-\zeta \omega_n t} \sin(\sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t + \phi) \quad (2.18)$$

$$= e^{-\zeta \omega_n t} (C_1 \sin \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t + C_2 \cos \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t) \quad (2.20)$$

Konstanta X,  $\phi$ , atau  $C_1, C_2$ , ditentukan dari kondisi awal.

Dengan kondisi awal  $x=0$ , dan  $\dot{x}=0$ , dapat ditunjukkan bahwa persamaan

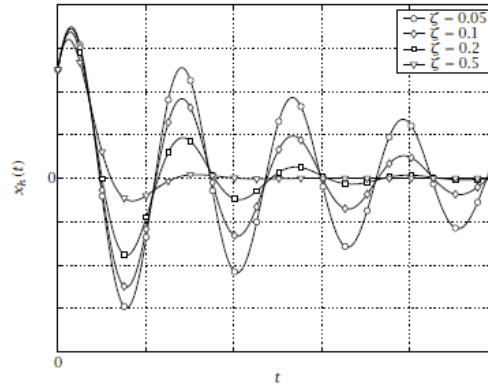
$$x = e^{-\zeta \omega_n t} (C_1 \sin \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t + C_2 \cos \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t) \quad (2.21)$$

menjadi

$$x = e^{-\zeta \omega_n t} (\dot{x}(0) + \zeta \omega_n x(0) / \omega_n \sqrt{1-\zeta^2} \sin \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t + x(0) \cos \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t) \quad (2.22)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa frekuensi getaran teredam adalah sama dengan

$$\omega_d = 2\pi/\tau_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (2.23)$$



Gambar 2.5) skema redaman *underdamp*

- **Gerak tak berosilasi** . [ $\zeta > 1.0$  (keadaan banyak teredam )]. Bila  $\zeta$  lebih besar dari satu, maka kedua akar tetap berada pada sumbu riil dan berpisah , satu membesar dan satu mengecil . Solusi umum menjadi

$$x = Ae^{-\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1} \omega_n t} + Be^{(-\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}) \omega_n t} \quad (2.24)$$

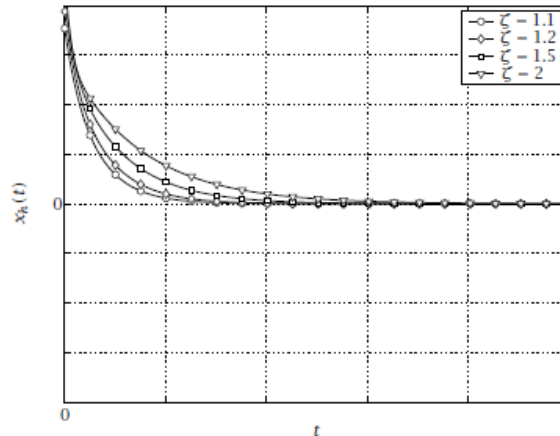
dengan

$$A = \dot{x}(0) + (\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}) \omega_n x / 2\omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1} \quad (2.25)$$

dan

$$B = -\dot{x}(0) - (\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}) \omega_n x / 2\omega_n \sqrt{\zeta^2 - 1} \quad (2.26)$$

Gerak ini merupakan eksponensial terhadap waktu dan disebut *aperiodik*.



Gambar 2.6) skema *overdamp*

**Gerak teredam kritis.** [ $\zeta = 1.0$ ], untuk  $\zeta = 1$ , diperoleh akar ganda  $S_1 = S_2 = -\omega_n$ , dan kedua suku persamaan  $x = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t}$  bergabung hingga membentuk suku tunggal.

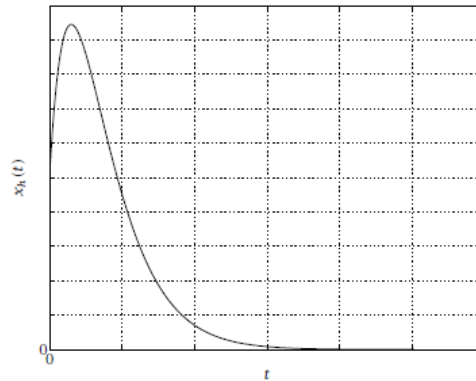
$$x = (A + B) e^{-\omega_n t} = C e^{-\omega_n t} \quad (2.27)$$

Solusi untuk kondisi awal  $x(0)$  dan  $\dot{x}(0)$  dapat dicari melalui persamaan dengan mengambil  $\zeta \rightarrow 1$ .

$$x = e^{-\omega_n t} \{ [\dot{x}(0) + \omega_n x(0)] t + x(0) \} \quad (2.28)$$

Gambar diatas menunjukkan tiga jenis respon dengan simpangan awal  $x = 0$ . Bagian bagian yang bergerak pada banyak meter listrik dan instrumen adalah teredam kritis untuk mencegah penyimpangan yang melampaui batas dan osilasi.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Thomson, W,T, Teori Getaran Dengan Penerapan hal.27-32



Gambar 2.7) skema redaman kritis

g. Getaran Paksa Satu Derajat Kebebasan Teredam

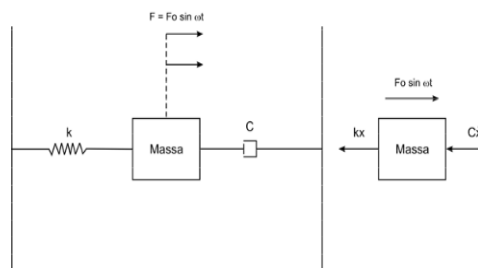
Terjadnya getaran paksa satu derajat kebebasan teredam jika gaya  $F(t)$  diberikan pada sistem massa pegas teredam maka

persamaan gerak

sistem akan

menjadi  $m\ddot{x} + c\dot{x} +$

$$kx = F(t).$$



Gambar 2.8) Getaran Paksa

Getaran paksa adalah sistem yang bergetar karena adanya gaya luar yang bekerja pada sistem tersebut. Dimana  $F(t)$  merupakan gaya luar dalam fungsi waktu  $t$ . Gaya  $F(t)$  dapat berupa gaya harmonik sederhana, periodik atau acak.

## h. Gelombang

Gelombang adalah getaran / gangguan / energi yang menjalar.

Ada beberapa karakteristik khusus gelombang antara lain :

- Jika melewati batas antara dua medium akan mengalami pemantulan atau pembiasaan
- Jika dua gelombang bertemu dia mengalami interferensi
- Jika melewati suatu halangan ( misalnya celah sempit ) dia akan mengalami difraksi ( lenturan )

Persamaan penjalaran gelombang

$$y = A \sin ( kx \pm \omega t )$$

A = amplitudo

$$k = 2\pi / \lambda \quad ( k = \text{bilangan gelombang} )$$

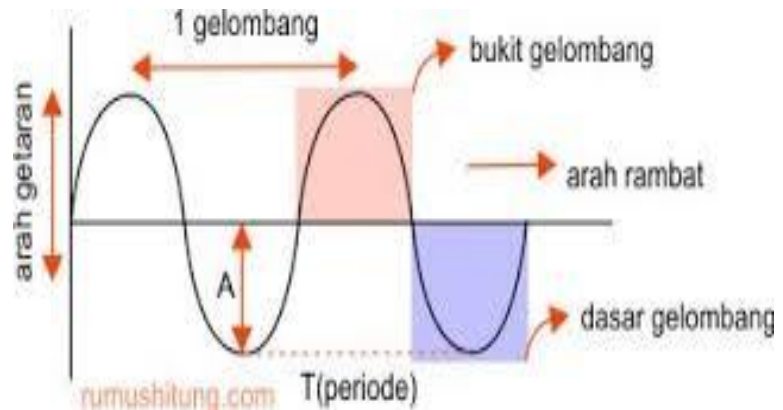
$\lambda$  = panjang gelombang

$$\omega = 2\pi f = \text{frekuensi angular}$$

Ada beberapa tipe gelombang antara lain :

- Gelombang transversal : arah gerak medium tegal lurus arah gerak gelombang.
- Gelombang longitudinal : arah gerak medium / arah gerak gelombang.

Contoh : gelombang bunyi, gelombang pada pegas



Gambar 2.8 gelombang

i. Suspensi Udara

Dalam, hal ini perkembangan teknologi melonjak tajam hingga pencapaiannya yang menghasilkan kualitas tinggi. Sementara dalam dunia otomotif perkembangannya cukup signifikan dalam hal tingkat kenyamanan berkendara, beberapa diantaranya mengenai sistem suspensi. Sistem suspensi terletak diantara body kendaraan dan roda-roda, dan dirancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas berkendara serta memperbaiki kemampuan daya cengkram roda terhadap permukaan jalan.

Sebagai pengetahuan kita suspensi udara pertama kali ditemukan pada tahun 1913 oleh seorang Amerika Hendrikson. Awalnya sistem suspensi udara digunakan hanya untuk mobil – mobil mewah pada saat itu seperti limousine, lamborghini, dan lain – lain. Kini suspensi udara sudah dipakai pada kendaraan komersial seperti truk dan bus, akan tetapi untuk di Indonesia masih terbatas

penggunaannya pada bus – bus eksekutif dan truk-truk Volvo, karena umumnya kendaraan yang menggunakan sistem suspensi udara harganya masih cukup mahal. Sistem suspensi udara yang digunakan sistem suspensi udara yang dirakit oleh pihak karoseri Adi Putro karena dengan cara ini customer bisa mendapatkan suspensi udara dengan cara mudah, untuk bus dan truk eropa menggunakan sistem suspensi udara yang dirakit produsen kendaraan yang bersangkutan sehingga jarang terjadi masalah seperti suspensi rakitan karoseri.

j. Komponen Sistem Suspensi Udara

- Pegas Udara ( air spring )

Pegas udara memanfaatkan sifat kompresibilitas udara yang dikurung dalam suatu bellow. Pegas ini pada umumnya dipakai pada kendaraan karena dapat menyerap getaran kecil-kecil lebih baik dari pada pegas logam. Keuntungan yang lain adalah bahwa tinggi pegas dapat dibuat tetap meskipun bebanya berubah, dengan jalan mengatur tekanan udara didalam bellows. Komponen utama pada system suspensi udara adalah pegas udara ( air spring ) pegas udara merupakan sebuah tabung udara yang terbuat dari karet landasan dan kepala yang terbuat dari plastik atau aluminium, karet yang digunakan adalah karet sintesis dan karet alami dengan dilapisi benang nilon diseluruh permukaan karet / air bellow.

- Shock Absorber



Sama seperti system suspensi lainnya, system suspensi udara juga menggunakan *shock absorber* dengan fungsi yang sama yaitu meredam osilasi yang terjadi akibat elastisitas *air spring*.



Gambar 2.9 Shock absorber

- Electronic Control Unit

Biasa disingkat ECU, alat ini untuk mengatur segala aktivitas system suspensi udara, karena di ECU akan mengatur supply udara dari kompresor, mendeteksi beban yang diterima, mengatur ketinggian kendaraan dan mendeteksi kerusakan yang terjadi pada system suspensi udara.



Gambar 2.10 ECU

- Kompesor

Umumnya kompresor yang digunakan pada system suspensi adalah kompresor yang juga digunakan untuk system rem, system pneumatic dan seluruh sir system yang ada pada sebuah kendaraan.



2.11 kompresor

k. Prinsip Dasar Kerja Suspensi Udara

Setelah kita mengetahui komponen yang ada di sistem suspensi udara penting bagi kita untuk mengetahui prinsip dasar kerja suspensi udara. Pada dasarnya system suspensi udara menggunakan dasar hukum pascal yang biasa kita kenal persamannya

$$F = m.a$$

Keterangan :

$$F = \text{gaya}$$

$$m = \text{massa}$$

$$a = \text{percepatan}$$

Kompresibilitas suatu gas membuat kita perlu menyimpan sejumlah udara bertekanan didalam tangki untuk didistribusikan ke berbagai system. Tangki ini, suatu kenaikan eskponensial tekanan yang lambat menghasilkan gerakan / respon aor bellow yang lambat bila katup pada leveling valve terbuka dan hal ini yang membuat penting peran tangki dalam sebuah system pneumatic termasuk dalam system suspensi udara.

#### 1. Prinsip Kerja Sistem Suspensi Udara Berdasarkan Teori Pegas

Pada prinsipnya cara kerja system suspensi udara sama seperti system suspensi lainnya. Akan tetapi fungsi pegas pada system suspensi konvensional diganti oleh air spring yang memiliki banyak kelebihan fungsi yang tidak dimiliki oleh pegas konvensional.

Sebelum kita mengetahui teori pegas pada air spring. Perlu kita mengetahui cara ketahu cara digunakan kerja pegas konvensional pada suspensi yang umum digunakan pada kendaraan konvensional.

## 2.2 Elemen Pembentuk Sistem Instrumentasi

Susunan beberapa bagian dalam suatu batasan tertentu yang bekerja bersama-sama untuk menghasilkan suatu output dari input yang diberikan disebut sistem. Batasan tersebut memisahkan sistem dari lingkungannya dan sistem akan berinteraksi dengan lingkungannya melalui sinyal yang bergerak melewati batasan tersebut baik dari lingkungan menuju sistem (*input*) ataupun dari sistem ke lingkungannya

(*output*). Sistem instrumentasi yang digunakan untuk melakukan pengukuran memiliki masukan berupa nilai sebenarnya dari variabel yang sedang diukur sehingga keluaran berupa nilai yang terukur. Sistem instrumentasi pengukuran terdiri dari beberapa elemen yang akan digunakan untuk menjalankan beberapa fungsi tertentu. Elemen – elemen tersebut adalah:

a. Sensor

Elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses suatu variabel yang sedang diukur sehingga menghasilkan keluaran dalam bentuk tertentu pada variabel masukannya dan dapat digunakan oleh sebagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tertentu disebut sensor.

b. Penampilan Data

Elemen ini berfungsi sebagai penampil nilai-nilai yang terukur dalam bentuk yang bisa dikenali oleh pengamat yang melalui sebuah alat penampil (*display*), misalnya sebuah jarum penunjuk (*pointer*) yang bergerak disepanjang skala suatu alat ukur atau bisa juga berupa informasi pada unit penampil visual (*Visual Display Unit*). Selain itu, sinyal tersebut juga dapat direkam. Misalnya pada kertas perekam diagram atau pada piringan magnetik dan dapat juga ditransmisikan ke beberapa sistem lainnya misalnya ditransmisikan ke sistem control.

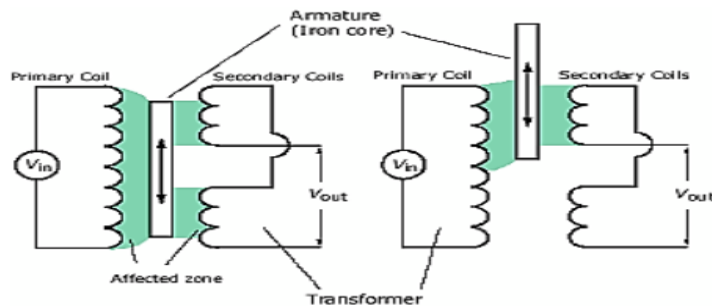
c. Prosesor Sinyal

Elemen ini akan mengambil keluaran dari sebuah sensor dan akan mengubahnya menjadi bentuk besaran yang cocok untuk tampilan atau transmisi selanjutnya dalam sistem kontrol. Banyak dijumpai kemungkinan besar terdapat suatu elemen yang menempatkan keluaran sensor dalam kondisi yang sesuai dengan pemrosesan lebih lanjut kemudian elemen lainnya akan memproses sinyal sehingga dapat ditampilkan.

#### d. Sensor Perpindahan

Sensor perpindahan merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mengukur perpindahan linier, mengukur perpindahan sudut, mendeteksi gerakan, dan mendeteksi keberadaan suatu objek. Sensor tersebut terdiri dari sensor yang berkontak langsung dengan objek dan sensor yang tidak berkontak langsung dengan objeknya.

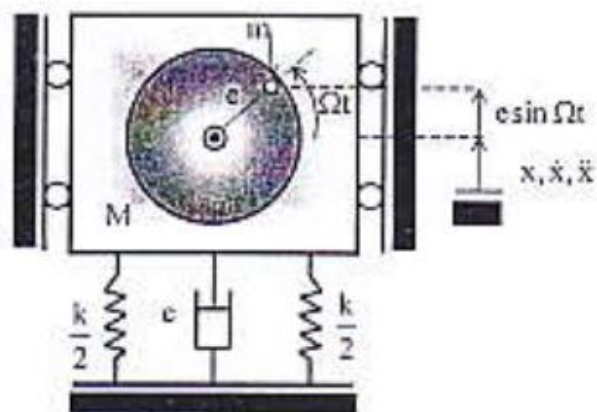
Untuk metode perpindahan sudut yang melibatkan hubungan mekanis, perputaran sebuah poros dapat langsung menggerakkan roda gigi. Perputaran elemen sensor dapat membangkitkan suatu Gaya Gerak Listrik (GGL). *Transformator Diferensial Variabel Linear* atau biasa disebut *Linear Variabel Diferensial Transformer* (LVDT) merupakan sebuah transformator yang memiliki satu kumparan primer dan dua kumparan sekunder.



Gambar 2.15. LVDT

e. Respon Sistem Teredam Akibat Gerakan Tidak Seimbang

Pada mesin yang sedang berputar, sering mengalami kerusakan pada komponen mesin tersebut karena getaran yang melebihi batas akibat ketidakseimbangan *massa* elemen yang berputar. Suatu turbin atau motor listrik merupakan mesin dengan komponen berputar. Massa tidak seimbang dapat terjadi pada suatu rotor jika pusat massanya tidak terletak pada sumbu putar. Ketidak seimbangan *me* adalah suatu *massa ekuivalen* dengan dengan eksentrisitas *e*. Massa eksentris *m* berputar dengan kecepatan sudut  $\omega$  dan perpindahan vertikalnya adalah ( $x + e \sin \omega t$ ).



Gambar 2.16. Model ketidakseimbangan pada mesin yang berputar

Mesin tersebut dibatasi gerakannya hanya dalam arah vertikal dan memiliki satu derajat kebebasan. Perpindahan *massa* (M-m) adalah  $x(t)$ . Oleh karena itu, persamaan gerakannya menjadi:

$$(M - m)\ddot{x} + m\frac{d^2}{dt^2}(x + e \sin \omega t) + c\dot{x} + kx = 0 \quad (2.55)$$

$$M \ddot{x} + c\dot{x} + kx = me\omega^2 \sin \omega t \quad (2.56)$$

$$F_{eq} = me \omega^2 \quad (2.57)$$

$$M \ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_{eq} \sin \omega t \quad (2.58)$$

Dari persamaan diatas, amplitudo respon harmonic adalah:

$$|\bar{X}| = \frac{F_{eq}}{\sqrt{(k-m\omega^2)^2+(c\omega)^2}} = \frac{me\omega^2}{\sqrt{(k-m\omega^2)^2+(c\omega)^2}} \quad (2.59)$$

$$\text{Atau } |\bar{X}| = \frac{me\omega^2}{k} R \quad (2.60)$$

Dalam bentuk non-dimensional, dengan  $r = \omega / \omega_n$ ,  $\omega_n^2 = k /$

$$m, \text{ sehingga menjadi } \frac{MX}{me} = r^2 R = \frac{r^2}{\sqrt{(1-r^2)^2-(2\zeta-r)^2}} \quad (2.61)$$

#### f. Pegas

Pegas adalah elemen mesin flexibel yang digunakan untuk memberikan gaya, torsi, dan juga untuk menyimpan atau melepaskan energi. Energi disimpan pada benda padat dalam bentuk *twist*, *stretch*, atau kompresi. Energi di-*recover* dari sifat elastis material yang telah terdistorsi. Pegas haruslah memiliki

kemampuan untuk mengalami defleksi elastis yang besar. Beban yang bekerja pada pegas dapat berbentuk gaya tarik, gaya tekan, atau torsi (*twist force*). Pegas umumnya beroperasi dengan '*high working stresses*' dan beban yang bervariasi secara terus menerus. Beberapa contoh spesifik aplikasi pegas adalah:

- Untuk menyimpan dan mengembalikan energi potensial, seperti misalnya pada '*gun recoil mechanism*'.
- Untuk memberikan gaya dengan nilai tertentu, seperti misalnya pada *relief valve*.
- Untuk meredam getaran dan beban kejutan, seperti pada mobil.
- Untuk indikator/kontrol beban, contohnya pada timbangan.
- Untuk mengembalikan komponen pada posisi semula, contohnya pada '*brake pedal*'.

Material pegas yang ideal adalah material yang memiliki kekuatan ultimate yang tinggi, kekuatan yield yang tinggi, dan modulus elastisitas atau modulus geser yang rendah untuk menyediakan kemampuan penyimpanan energi yang maksimum. Parameter *loss coefficient*,  $\Delta_v$  yang menyatakan fraksi energi yang didisipasikan pada siklus *stress-strain* juga merupakan faktor penting dalam pemilihan material. Material pegas yang baik haruslah memiliki sifat *loss coefficient* yang rendah, kekuatan *fatigue* tinggi, *ductility* tinggi, ketahanan tinggi serta harus tahan *creep*. Pegas dapat dibuat dari berbagai jenis bahan sesuai



pemakaiannya. Bahan baja dengan penampang lingkaran adalah yang paling banyak dipakai. Bahan-bahan pegas terlihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Jenis Material Penyusun Pegas

Material	Allowable shear stress ( $\tau$ ) MPa			Modulus of rigidity (G) kN/m <sup>2</sup>	Modulus of elasticity (E) kN/mm <sup>2</sup>
	Severe service	Average service	Light service		
1. Carbon steel				80	210
(a) Upto to 2.125 mm dia.	420	525	651		
(b) 2.125 to 4.625 mm	385	483	595		
(c) 4.625 to 8.00 mm	336	420	525		
(d) 8.00 to 13.25 mm	294	364	455		
(e) 13.25 to 24.25 mm	252	315	392		
(f) 24.25 to 38.00 mm	224	280	350		
2. Music wire	392	490	612	70	196
3. Oil tempered wire	336	420	525		
4. Hard-drawn spring wire	280	350	437.5		
5. Stainless-steel wire	280	350	437.5		
6. Monel metal	196	245	306	44	105
7. Phosphor bronze	196	245	306	44	105
8. Brass	140	175	219	35	100

Rumus:

$$\delta = \frac{8 W n D^3}{G d^4} \quad (2.62)$$

$$K = \frac{G d^4}{64 n R^3} \quad (2.63)$$

$$K = \frac{W}{\delta} \quad (2.64)$$

$$F = k \Delta x \quad (2.65)$$

Keterangan:

K = Konstanta pegas (N/mm)

F = Gaya (N)

W = Berat benda (N)

$\delta$  = Defleksi (mm)

- G = Modulus gelincir ( $\text{N/m}^2$ )  
D = Diameter lilitan pegas (mm)  
d = Diameter kawat (mm)

### 2.3 Kerangka Berfikir

Getaran merupakan gerakan bolak-balik yang menyebabkan kerusakan komponen-komponen disekitarnya jika getarannya terlalu kencang. *Vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam merupakan salah satu alat yang dapat menentukan besaran-besaran getaran yang terjadi pada mesin yang berputaar yang disebabkan oleh *massa* yang tidak seimbang pada elemen yang sedang berputar. Dengan menggunakan alat simulasi getaran maka dapat diketahui frekuensi pribadi, mengetahui efektifitas redaman menggunakan peredam oli, dan melihat hubungan grafik redaman dengan waktu osilasi, kemudian dapat dibuktikan dengan perhitungan menggunakan rumus yang sudah baku.

### 2.4 Hipotesis Penelitian

Pada mesin yang memiliki kinerja bagus akan mengalami getaran selama mesin tersebut berputar dan digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama, getaran tersebut diduga berasal dari putaran *massa* yang tidak seimbang sehingga dapat menyebabkan kerusakan elemen mesin disekitarnya.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan pengujian analisis dan penelitian dilakukan di Laboratorium Perancangan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Sedangkan waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan terhitung dari bulan Juni 2015 – November 2015.

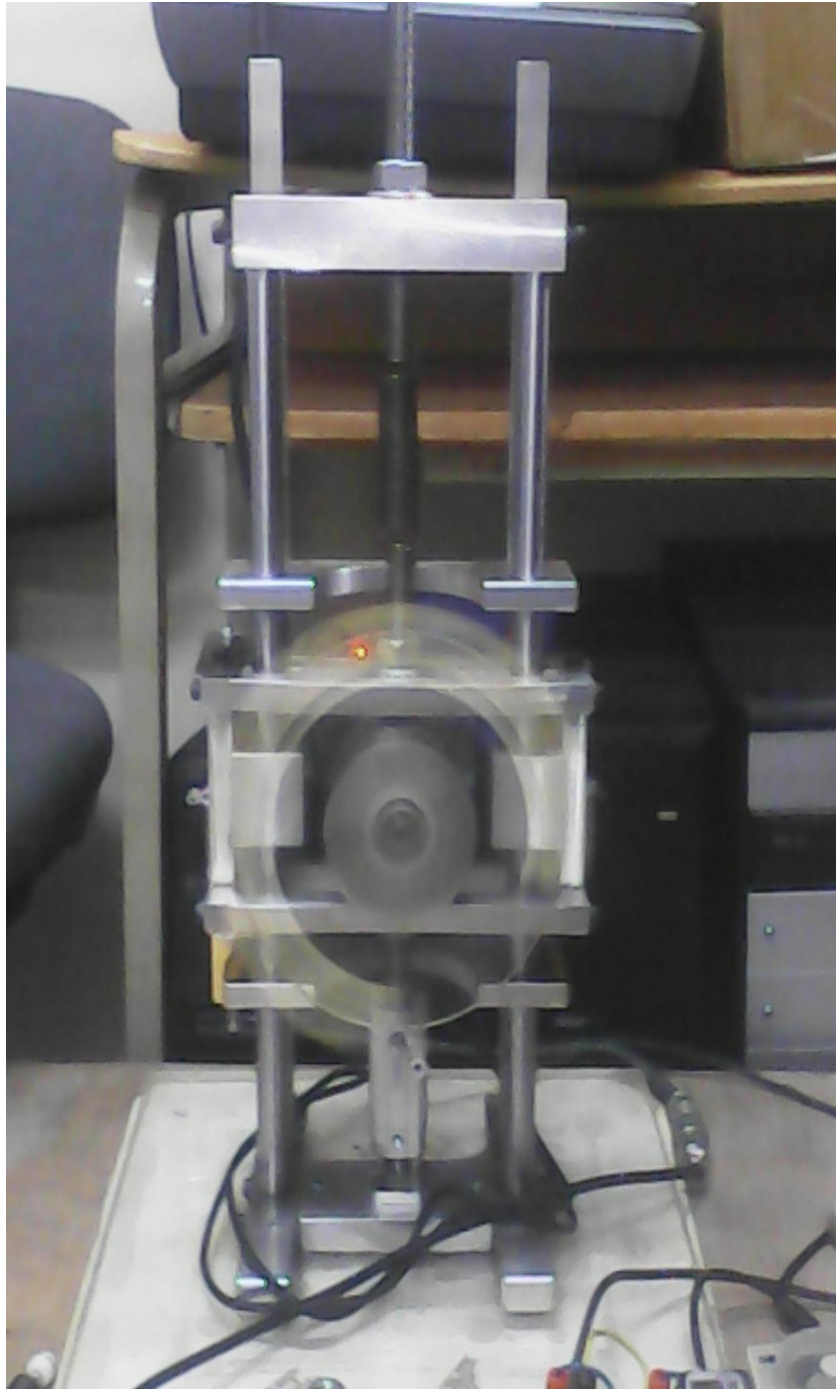
##### 3.1.1 Metode Penelitian

Pengujian *massa* tidak seimbang dengan metode eksperimen yang dilakukan oleh penguji untuk menganalisa besaran getaran pada mesin yang sedang berputar dengan massa tidak seimbang menggunakan alat simulasi *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam dengan nitrogen sebagai media redamannya. Selanjutnya penguji melakukan analisis alat simulasi dengan menggunakan perhitungan matematis untuk mengetahui pendekatan alat simulasi yang dibuat dengan rumus getaran yang sudah baku.

##### 3.1.2 Alat, Peralatan, Bahan Penelitian dan Software

###### a. Alat

Alat simulasi getaran bebas dan getaran paksa dengan redaman viskos (*Vibration Apparatus*) satu derajat kebebasan, terbagi atas komponen mekanik, elektrik dan instrumen :



Gambar 3.1 vibration apparatus

- Komponen Mekanik :
  - Pegas (*Utility Extension Spring*)
  - Massa Statik (*Round Bar Cut*)
  - Redaman Viskos dengan fluida nitrogen
  - *Ballpoint*
  - *Frame and support part*
  - *Bracket*
- Komponen Elektrik dan instrumen :
  - Motor Dinamik (Eksiter *Motor DC* dengan *Unballance*)
  - *Speed Control*
  - *Speed Indicator*
  - *Stabilizer*
  - *Stop Watch (Timer)*
  - Stop kontak 1 Phase
  - terminal power isi 6
  - LVDT (*Linear Variabel Differential Transformer*)
  - MPDI (*Multi Pupose Data Indicator*)

1. Peralatan :

Peralatan pendukung simulasi getaran bebas dan getaran paksa dengan redaman viskos (*Vibration Apparatus*) pada sistem satu derajat kebebasan, diantaranya

- Tang

- Obeng
- Kunci pas
- Netbook Acer
- Mur baut cadangan

b. Bahan :

Bahan pendukung simulasi getaran bebas dan getaran paksa dengan redaman viskos (*Vibration Apparatus*) pada sistem satu derajat kebebasan, diantaranya :

- Kertas *roll plot*
- Kertas *milimeter block*
- Nitrogen untuk peredam

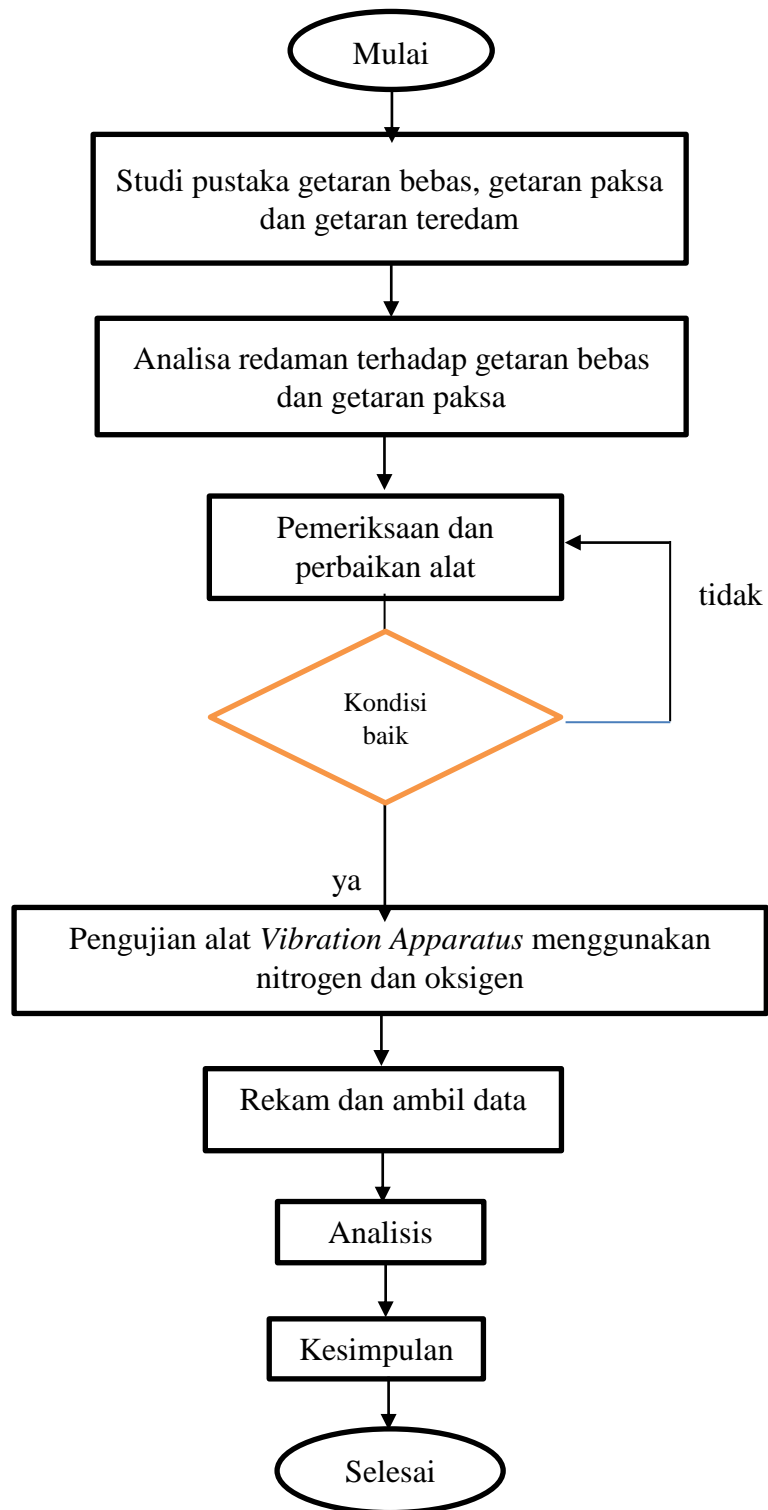
c. Perangkat lunak :

- Microsoft Word 2013
- Microsoft Excel 2013
- Autocad 2013
- Solidwork 2012 / Autodesk Inventor 2012

d. Data *Property* Getaran

- Kekakuan Pegas
- Massa
- Redaman dan Konstanta Redaman
- Frekuensi Natural

e. Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

- Pengumpulan data dan studi literature, pengumpulan spesifikasi alat vibration apparatus terhadap redaman viskos, mengetahui *massa* jenis nitrogen,
- Menganalisa alat vibration apparatus terhadap getaran bebas dan getaran paksa baik tanpa menggunakan redaman maupun menggunakan redaman pada sistem satu derajat kebebasan secara teoritis,
- Memeriksa motor DC yang digunakan sebagai alat uji *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam pada mesin atau roda yang berputar dengan massa yang tidak seimbang masih dapat berfungsi dan terpasang dengan benar, Memeriksa komponen-komponen pendukung seperti MPDI, LVDT, *timer* dan display terpasang dengan benar, Memeriksa kabel-kabel penghubung komponen satu ke yang lainnya dengan pertimbangan layak pakai sehingga dapat berfungsi dengan benar, Memeriksa keamana aliran listrik yang akan dialirkan ke komponen-komponen elektronik yang lainnya dengan benar,
- Menguji alat vibration apparatus terhadap getaran bebas dan paksa tanpa menggunakan redaman viscos serta menulis hasil pengujian pada tabel pengujian praktek,



- Pengujian alat vibration apparatus terhadap getaran bebas dan getaran paksa menggunakan redaman viskos (fluida nitrogen) serta menulis hasil pengujian pada tabel pengujian praktek,
- Menganalisa frekuensi pribadi alat vibration apparatus sistem satu derajat kebebasan dan getaran paksa baik menggunakan redaman viskos maupun tanpa redaman viskos, analisis kecepatan dan percepatan osilasi, analisis rasio redaman (Underdamp + logaritmik deccreatment, Criticaldamp + logaritmik deccreatment, Overdamp + logaritmik deccreatment), dan analisis grafik hubungan redaman dengan osilasi berdasarkan hasil pengujian.

f. Teknik Sampling

Sampling yang digunakan adalah MPDI, LVDT, *dynamo*, *timer*, *display* yang sudah disediakan oleh Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

g. Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan adalah dengan membaca grafik pada MPDI yang sudah terhubung dengan sensor perpindahan. Adapun teknik analisis data yang dilakukan agar penulisan dapat dipertanggungjawabkan adalah:

#### h. Kajian Pustaka

Peneliti melakukan pencarian berbagai sumber data dan informasi mengenai materi getaran mekanis pada beberapa media seperti buku, majalah, dan jurnal teknik mesin serta referensi lainnya yang berkaitan dengan vibration apparatus sistem satu derajat kebebasan teredam pada mesin atau roda yang berputar tidak seimbang.

#### i. Kajian Eksperimen

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, dimana peneliti mencoba mengukur getaran mekanis terhadap *massa* tidak seimbang dengan menggunakan vibration apparatus sistem satu derajat kebebasan teredam dengan menggunakan nitrogen sebagai peredamnya. Pengamatan tersebut dapat digunakan sebagai bahan penulisan analisis.

### 3.2 Deskripsi Sistem Alat Uji

Ada beberapa alat uji dalam penelitian ini, alat uji tersebut harus dirangkai menjadi satu sistem yang saling berhubungan. Adapun sistem alat uji tersebut adalah:

a. *Multi Purpose Digital Indikator (MPDI)*



Gambar 3.3. *Multi Purpose Digital Indikator (MPDI)*

*Multi Purpose Digital Indikator* merupakan *tools* pintar yang mampu membaca semua sensor dan dapat diaplikasikan pada semua *industry* serta pendidikan keteknikan. Fiturnya yang paling komplit dalam hal pengukuran membuat *tools* ini banyak digunakan. Ada beberapa keuntungan menggunakan MPDI seperti untuk melakukan riset dan penelitian dengan menggunakan fitur *SD Memory Card*, maka MPDI menyimpan hasil pengukuran dengan format CVS. Hasil semua pengukuran tersebut dapat dianalisis dengan tampilan grafik dan angka.

b. *Transformator Diferensial Variabel Linear atau LVDT*



Gambar 3.4 *Transformator Diferensial Variabel Linear (LVDT)*

*Transformator Diferensial Variabel Linear* atau sering disebut dengan *Linear Variabel Diferensial Transformer (LVDT)* adalah sebuah transformator yang memiliki kumparan primer dan dua kumparan sekunder. Ketiga kumparan tersebut dirangkai secara sistematis pada sebuah tabung isolasi. Kumparan primer berada ditengah sedangkan dua kumparan sekunder yang lainnya berada disamping sebelah kanan dan kiri dihubungkan secara seri sehingga keluarannya saling berlawanan satu sama lain. Sebuah inti magnetik akan bergerak pada tabung bagian tengah akibat pergeseran yang

sedang dimonitor. Apabila suatu tegangan bolak-balik dikenakan pada kumparan primer, maka gaya gerak listrik bolak-balik akan terinduksi pada kumparan-kumparan sekunder. Dengan ini, magnetik berada pada posisi tengah, maka banyaknya fluks magnetik pada setiap kumparan sekunder akan berjumlah sama sehingga besar gaya gerak listrik yang diinduksikanpun sama.

c. Motor DC



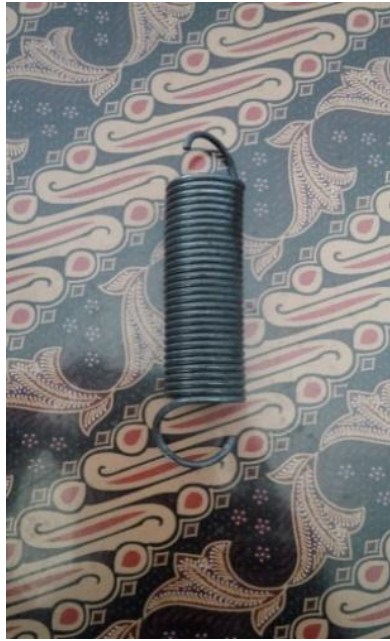
Gambar 3.5 Motor DC

Motor DC merupakan motor listrik yang memerlukan suplay tegangan arus searah pada kumparan medan magnet untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Keumparan medan magnet pada motor DC disebut stator dan kemampuan jangkar disebut rotor. Keuntungan menggunakan motor DC adalah untuk pengendali kecepatan dengan tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor DC dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan dynamo untuk meningkatkan

kecepatan motor, dan mengatur arus medan untuk meningkatkan kecepatan apabila diturunkan.

### 3.3 Data Perencanaan Alat

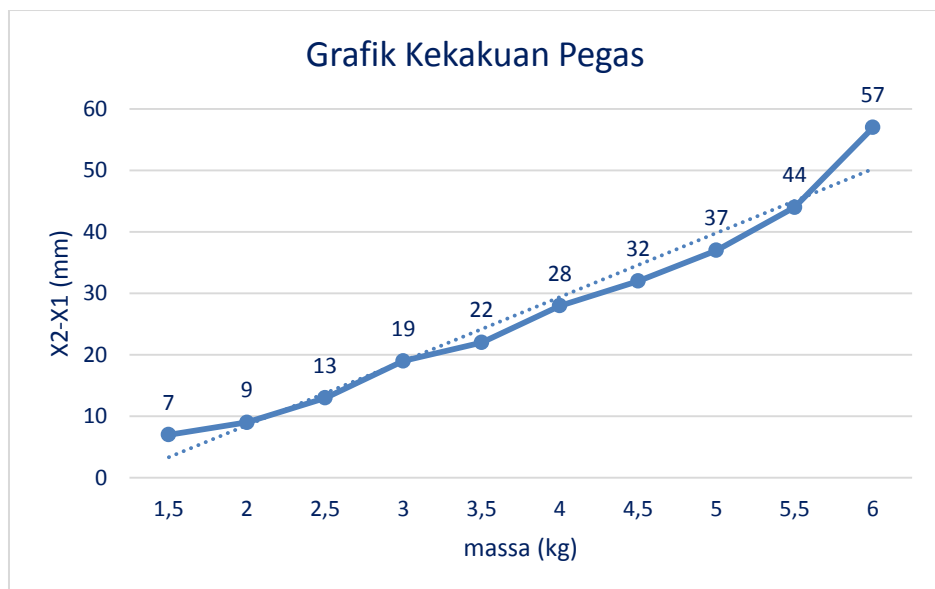
#### a. Kekakuan Pegas



Gambar 3.6 Kekakuan Pegas

Tabel III.H.1. Kekakuan Pegas

No	Massa (kg)	X1 (mm)	X2 (mm)	X2-X1	F=m.g (N)	K (N/mm)
1	1,5	58	65	7	14,7	2,1
2	2	58	67	9	19,6	2,17
3	2,5	58	71	13	23,7	1,82
4	3	58	77	19	29,4	1,54
5	3,5	58	80	22	33,8	1,53
6	4	58	86	28	39,2	1,40
7	4,5	58	90	32	44,1	1,37
8	5	58	95	37	49	1,32
9	5,5	58	102	44	53,9	1,22
10	6	58	115	57	58,8	1,03



Grafik III.H.1. Kekakuan Pegas

Dari grafik tersebut, maka didapatkan harga koefisien (K) pegas rata-rata nya adalah 1,36 N/mm.

b. Massa

Massa semua komponen alat uji getaran vibration apparatus sebagai berikut:

- Berat (Frame, Motor dan Acrilic) : 2,24 kg
- Massa unbalance : 5,10,15,dan 20 gr
- Power Source : 12 VDC
- Maksimum RPM : 1450 RPM

c. Redaman nitrogen



Gambar 3.7 Redaman nitrogen



Adapun perhitungan pemilihan silinder redaman nitrogen adalah berikut:

$$\begin{aligned}F &= m \cdot g \\&= 2.24 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \\&= 2.197 \text{ N}\end{aligned}$$

Konstanta redaman dengan menggunakan peredam media nitrogen dengan diketahui

$$c = 1.76$$

d. Frekuensi natural

Frekuensi natural/pribadi ini adalah kondisi dimana sistem akan beresonansi apabila frekuensi putaran telah mencapai pada suatu nilai frekuensi tertentu. Frekuensi natural/pribadi tak teredam diketahui dengan persamaan :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Pada penerapan penelitian ini menjadi :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{(m+M)}}$$

Diketahui :

$$K = 1360 \text{ N/m}$$

$$M = 2,24 \text{ kg}$$

$$m_1 = 10 \text{ gram}$$

$$m_2 = 15 \text{ gram}$$

$$m_3 = 20 \text{ gram}$$

$$m_4 = 25 \text{ gram}$$

Frekuensi tak teredam dengan massa *unballance* 10 gram

$$\begin{aligned}\omega_n &= \sqrt{\frac{k}{(m+M)}} \\ &= \sqrt{\frac{1360 \text{ N/m}}{(0,01 \text{ kg}+2,24)}} = 24,58 \text{ rad/s} \quad 234,84 \text{ Rpm}\end{aligned}$$

Frekuensi tak teredam dengan massa *unballance* 15 gram

$$\begin{aligned}\omega_n &= \sqrt{\frac{k}{(m+M)}} \\ &= \sqrt{\frac{1360 \text{ N/m}}{(0,015 \text{ kg}+2,24)}} = 24,55 \text{ rad/s} \quad 234,55 \text{ Rpm}\end{aligned}$$

Frekuensi tak teredam dengan massa *unballance* 20 gram

$$\begin{aligned}\omega_n &= \sqrt{\frac{k}{(m+M)}} \\ &= \sqrt{\frac{1360 \text{ N/m}}{(0,02 \text{ kg}+2,24)}} = 24,53 \text{ rad/s} \quad 234,36 \text{ Rpm}\end{aligned}$$

Frekuensi tak teredam dengan massa *unballance* 25 gram

$$\begin{aligned}\omega_n &= \sqrt{\frac{k}{(m+M)}} \\ &= \sqrt{\frac{1360 \text{ N/m}}{(0,025 \text{ kg}+2,24)}} = 24,50 \text{ rad/s} \quad 234,07 \text{ Rpm}\end{aligned}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 10 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,01) \times 24,58 \\ &= 110,61 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 15 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,015) \times 24,55 \\ &= 110,72 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 20 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,02) \times 24,53 \\ &= 110,87 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 25 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,025) \times 24,50 \\ &= 110,98 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman nitrogen dengan *unbalance* 10 gram  
didapat

$$\begin{aligned}\zeta &= \frac{c}{C_r} \\ &= \frac{1,76}{110,61} = 0,01591\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman nitrogen dengan *unbalance* 15 gram  
didapat

$$\begin{aligned}\zeta &= \frac{c}{C_r} \\ &= \frac{1,76}{110,72} = 0,01589\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman nitrogen dengan *unbalance* 20 gram

didapat

$$\begin{aligned}\zeta &= \frac{c}{C_r} \\ &= \frac{1,76}{110,87} = 0,01587\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman nitrogen dengan *unbalance* 25 gram  
didapat

$$\zeta = \frac{c}{Cr}$$
$$= \frac{1,76}{110,98} = 0,01585$$

Konstanta redaman dengan menggunakan peredam media oxygen  
dengan diketahui

$$c = 2.04$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 10 gram

$$Cr = 2M\omega_n$$
$$= 2 \times (2,24+0,01) \times 24,58$$
$$= 110,61 \text{ N.s/m}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 15 gram

$$Cr = 2M\omega_n$$
$$= 2 \times (2,24+0,015) \times 24,55$$
$$= 110,72 \text{ N.s/m}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 20 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,02) \times 24,53 \\ &= 110,87 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Koefisien redaman kritisnya adalah 25 gram

$$\begin{aligned}C_r &= 2M\omega_n \\ &= 2 \times (2,24+0,025) \times 24,50 \\ &= 110,98 \text{ N.s/m}\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman oxygen dengan *unbalance* 10 gram didapat

$$\begin{aligned}\zeta &= \frac{c}{C_r} \\ &= \frac{2,04}{110,61} = 0,01844\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman oxygen dengan *unbalance* 15 gram didapat

$$\begin{aligned}\zeta &= \frac{c}{C_r} \\ &= \frac{2,04}{110,72} = 0,01842\end{aligned}$$

Sehingga rasio redaman oxygen dengan *unbalance* 20 gram

didapat

$$\zeta = \frac{c}{Cr}$$
$$= \frac{2.04}{110,87} = 0,01839$$

Sehingga rasio redaman oxygen dengan *unbalance* 25 gram didapat

$$\zeta = \frac{c}{Cr}$$
$$= \frac{2.04}{110,98} = 0,01838$$

## **BAB IV**

### **HASIL PENGUJIAN**

#### 4.1 Pengujian

Pada pengujian getaran paksa satu derajat kebebasan dengan putaran massa *unbalance* sebagai gaya pengeksitasi pada alat uji *simple vibration apparatus* terdapat beberapa bagian yang akan dianalisis, adapun proses pengujian simulasi getaran ini antara lain:

- a. Pengujian sistem getaran tanpa redaman dengan massa *unbalance* 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram.
- b. Pengujian getaran paksa dengan massa *unbalance* 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. menggunakan redaman nitrogen.
- c. Pengujian getaran paksa dengan massa *unbalance* 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram. menggunakan redaman oksigen.

#### 4.2 Hasil Pengujian Getaran Paksa tak Teredam

Pengambilan data pengujian ini berdasarkan gerak bolak-balik pegas terhadap massa *unbalance* dan melalui sensor perpindahan LVDT dan dibaca oleh MPDI. Dari MPDI tersebut, peneliti dapat mengetahui amplitudo dan grafik getaran yang akan diteliti. Setelah membaca amplitudo sesuai dengan kecepatan putaran motor DC, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:



1. Pengujian getaran tanpa peredam dengan massa 10 gram

Tabel 4.2.1. Hasil pengujian getaran tak teredam dengan massa 10gram

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
1	30	0.12	1.01	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	40	0.16	1.02	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	50	0.20	1.04	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	60	0.24	1.06	0.10	0,1	10	Osilasi
5	70	0.28	1.08	0.10	0,1	10	Osilasi
6	80	0.32	1.11	0,1	0,1	10	Osilasi
7	90	0.36	1.14	0.10	0,1	10	Osilasi
8	100	0.40	1.19	0.10	0,1	10	Osilasi
9	110	0.44	1.24	0.10	0,1	10	Osilasi
10	120	0.48	1.29	0.10	0,1	10	Osilasi
11	130	0.52	1.37	0.10	0,2	10	Osilasi
12	140	0.56	1.45	0.10	0,2	10	Osilasi
13	150	0.60	1.56	0.10	0,2	10	Osilasi
14	160	0.64	1.69	0.20	0,2	10	Osilasi
15	170	0.68	1.86	0.20	0,3	10	Osilasi
16	180	0.72	2.07	0.10	0,2	10	Osilasi
17	190	0.76	2.36	0.10	0,3	10	Osilasi
18	200	0.80	2.77	0.70	0,6	10	Osilasi
19	210	0.84	3.39	13.70	18,7	10	Osilasi
20	220	0.88	4.43	27.30	3,59	10	Osilasi
21	230	0.92	6.51	29.90	32,7	10	Osilasi
22	240	0.96	12.75	26.60	36,2	10	Osilasi
23	250	1.00	-	49.70	47,1	10	Resonansi
24	260	1.04	12.31	13.10	28,8	10	Osilasi
25	270	1.08	6.01	12.50	13,7	10	Osilasi
26	280	1.12	3.93	13.00	18,9	10	Osilasi
27	290	1.16	2.89	7.50	15,0	10	Osilasi
28	300	1.20	2.27	9.90	12,1	10	Osilasi
29	310	1.24	1.89	9.54	10.23	10	Osilasi
30	320	1.28	1.59	9.23	9.43	10	Osilasi
31	330	1.32	1.37	8.23	9.27	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
32	340	1.36	1.19	6.63	7.22	10	Osilasi
33	350	1.40	1.05	6.61	7.10	10	Osilasi
34	360	1.44	0.94	5.45	5.27	10	Osilasi
35	370	1.48	0.85	5.21	4.13	10	Osilasi
36	380	1.52	0.77	4.43	3.22	10	Osilasi
37	390	1.56	0.70	3.12	3.26	10	Osilasi
38	400	1.60	0.65	2.56	2.46	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa tak teredam mulai dari putaran 0 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 10 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 30 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 60 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 49.70 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Setelah melewati kondisi resonansi, nilai amplitudo menurun dikarenakan kecepatan putaran motor bertambah. Terjadinya getaran yang berlebihan atau biasa disebut kondisi resonansi sangat mempengaruhi kerusakan komponen-komponen disekitar benda yang bergetar. Untuk mencegah terjadinya ahal tersebut, maka perlu dipasang sistem peredam yang bisa menahan dan menyerap energi yang dihasilkan oleh getaran yang berlebihan tersebut.

2. Pengujian getaran tanpa peredam dengan massa 15 gram

Tabel 4.2.2. Hasil pengujian getaran tak teredam massa 15 gram

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
1	40	0.16	1.02	0	0	10	Tidak ada osilasi
2	50	0.20	1.04	0	0	10	Tidak ada osilasi
3	60	0.24	1.06	0	0	10	Tidak ada osilasi
4	70	0.28	1.08	0.20	0.20	10	Osilasi
5	80	0.32	1.11	1.00	0.90	10	Osilasi
6	90	0.36	1.14	1.30	0.90	10	Osilasi
7	100	0.40	1.19	1.40	0.70	10	Osilasi
8	110	0.44	1.24	2.60	3.10	10	Osilasi
9	120	0.48	1.29	4.20	3.70	10	Osilasi
10	130	0.52	1.37	4.40	4.70	10	Osilasi
11	140	0.56	1.45	3.80	4.40	10	Osilasi
12	150	0.60	1.56	5.80	6.00	10	Osilasi
13	160	0.64	1.69	6.30	5.90	10	Osilasi
14	170	0.68	1.86	7.30	6.90	10	Osilasi
15	180	0.72	2.07	7.50	6.90	10	Osilasi
16	190	0.76	2.36	12.5	10.0	10	Osilasi
17	200	0.80	2.77	13.4	11.9	10	Osilasi
18	210	0.84	3.39	17.8	16.0	10	Osilasi
19	220	0.88	4.43	24.5	25.6	10	Osilasi
20	230	0.92	6.51	30.1	33.5	10	Osilasi
21	240	0.96	12.75	37.7	32.6	10	Osilasi
22	250	1.00	12.85	43.0	45.0	10	Resonansi
23	260	1.04	12.31	15.5	20.1	10	Osilasi
24	270	1.08	6.01	19.7	20.5	10	Osilasi
25	280	1.12	3.93	13.2	12.3	10	Osilasi
26	290	1.16	2.89	12.3	12.6	10	Osilasi
27	300	1.20	2.27	11.3	12.3	10	Osilasi
28	310	1.24	1.89	10.5	11.4	10	Osilasi
29	320	1.28	1.59	9.68	11.2	10	Osilasi
30	330	1.32	1.37	9.54	10.6	10	Osilasi
31	340	1.36	1.19	9.23	9.45	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
32	350	1.40	1.05	8.66	9.21	10	Osilasi
33	360	1.44	0.94	8.34	8.32	10	Osilasi
34	370	1.48	0.85	8.21	7.22	10	Osilasi
35	380	1.52	0.77	8.18	6.34	10	Osilasi
36	390	1.56	0.70	7.03	6.21	10	Osilasi
37	400	1.60	0.65	6.12	5.09	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa tak teredam mulai dari putaran 0 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 15 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 40 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 70 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 43.0 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Setelah melewati kondisi resonansi, nilai amplitudo menurun dikarenakan kecepatan putaran motor bertambah. Terjadinya getaran yang berlebihan atau biasa disebut kondisi resonansi sangat mempengaruhi kerusakan komponen-komponen disekitar benda yang bergetar. Untuk mencegah terjadinya ahal tersebut, maka perlu dipasang sistem peredam yang bisa menahan dan menyerap energi yang dihasilkan oleh getaran yang berlebihan tersebut.

3. Pengujian getaran tanpa peredam dengan massa 20 gram

Tabel 4.2.3. Hasil pengujian getaran tak teredam massa 20 gram

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
1	40	0.16	1.02	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	50	0.20	1.04	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	60	0.24	1.06	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	70	0.28	1.08	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	80	0.32	1.11	0.1	0.1	10	Osilasi
6	90	0.36	1.14	0.1	0.1	10	Osilasi
7	100	0.40	1.19	0.2	0.2	10	Osilasi
8	110	0.44	1.24	0.1	0.2	10	Osilasi
9	120	0.48	1.29	0.2	0.2	10	Osilasi
10	130	0.52	1.37	0.7	0.5	10	Osilasi
11	140	0.56	1.45	2.6	1.5	10	Osilasi
12	150	0.60	1.56	7.2	7.1	10	Osilasi
13	160	0.64	1.69	9.0	6.8	10	Osilasi
14	170	0.68	1.86	8.8	6.3	10	Osilasi
15	180	0.72	2.07	10.3	9	10	Osilasi
16	190	0.76	2.36	13.0	11.9	10	Osilasi
17	200	0.80	2.77	29.7	26.3	10	Osilasi
18	210	0.84	3.39	31.1	29.3	10	Osilasi
19	220	0.88	4.43	32.4	34.5	10	Osilasi
20	230	0.92	6.51	42.8	52.2	10	Osilasi
21	240	0.96	12.75	52.6	54.4	10	Osilasi
22	250	1.00	-	35.6	29.0	10	Resonansi
23	260	1.04	12.31	30.0	23.4	10	Osilasi
24	270	1.08	6.01	24.0	16.1	10	Osilasi
25	280	1.12	3.93	18.6	14.4	10	Osilasi
26	290	1.16	2.89	13.7	10.5	10	Osilasi
27	300	1.20	2.27	14.8	11.3	10	Osilasi
28	310	1.24	1.89	13.2	12.2	10	Osilasi
29	320	1.28	1.59	12.3	11.4	10	Osilasi
30	330	1.32	1.37	12.1	10.2	10	Osilasi
31	340	1.36	1.19	11.6	10.4	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
32	350	1.40	1.05	11.5	9.45	10	Osilasi
33	360	1.44	0.94	11.2	9.23	10	Osilasi
34	370	1.48	0.85	10.2	9.12	10	Osilasi
35	380	1.52	0.77	9.23	8.71	10	Osilasi
39	390	1.56	0.70	9.11	7.23	10	Osilasi
40	400	1.60	0.65	8.34	7.02	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa tak teredam mulai dari putaran 0 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 20 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 40 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 80 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 240 RPM pada amplitudo maksimum di angka 52.6 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Setelah melewati kondisi resonansi, nilai amplitudo menurun dikarenakan kecepatan putaran motor bertambah. Terjadinya getaran yang berlebihan atau biasa disebut kondisi resonansi sangat mempengaruhi kerusakan komponen-komponen disekitar benda yang bergetar. Untuk mencegah terjadinya ahal tersebut, maka perlu dipasang sistem peredam yang bisa menahan dan menyerap energi yang dihasilkan oleh getaran yang berlebihan tersebut.

4. Pengujian getaran tanpa peredam dengan massa 25 gram

Tabel 4.2.4. Hasil pengujian getaran tak teredam massa 25 gram

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
1	40	0.16	1.02	0	0	10	Tidak ada osilasi
2	50	0.20	1.04	0	0	10	Tidak ada osilasi
3	60	0.24	1.06	0	0	10	Tidak ada osilasi
4	70	0.28	1.08	0	0	10	Tidak ada osilasi
5	80	0.32	1.11	0.2	1.8	10	Osilasi
6	90	0.36	1.14	1.1	2.2	10	Osilasi
7	100	0.40	1.19	2.1	2.8	10	Osilasi
8	110	0.44	1.24	1.1	1.9	10	Osilasi
9	120	0.48	1.29	3.4	3.9	10	Osilasi
10	130	0.52	1.37	3.1	5.2	10	Osilasi
11	140	0.56	1.45	4.2	4.7	10	Osilasi
12	150	0.60	1.56	5.2	5.6	10	Osilasi
13	160	0.64	1.69	6.4	7.4	10	Osilasi
14	170	0.68	1.86	6.8	9.2	10	Osilasi
15	180	0.72	2.07	9.3	11.5	10	Osilasi
16	190	0.76	2.36	14.0	16.5	10	Osilasi
17	200	0.80	2.77	16.1	19.3	10	Osilasi
18	210	0.84	3.39	37.7	36.0	10	Osilasi
19	220	0.88	4.43	40.3	32.2	10	Osilasi
20	230	0.92	6.51	46.8	42.2	10	Osilasi
21	240	0.96	12.75	55.8	57.7	10	Osilasi
22	250	1.00	-	35.7	33.1	10	Resonansi
23	260	1.04	12.31	30.0	39.4	10	Osilasi
24	270	1.08	6.01	20.2	22.8	10	Osilasi
25	280	1.12	3.93	17.1	18.9	10	Osilasi
26	290	1.16	2.89	12.6	13.9	10	Osilasi
27	300	1.20	2.27	13.2	15.9	10	Osilasi
28	310	1.24	1.89	12.3	14.3	10	Osilasi
29	320	1.28	1.59	11.3	13.5	10	Osilasi
30	330	1.32	1.37	10.8	12.8	10	Osilasi
31	340	1.36	1.19	10.6	12.5	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Tanpa Redaman		t (detik)	Keterangan
				A + (mm)	A - (mm)		
32	350	1.40	1.05	10.2	11.7	10	Osilasi
33	360	1.44	0.94	9.4	11.3	10	Osilasi
34	370	1.48	0.85	9.1	10.2	10	Osilasi
35	380	1.52	0.77	8.8	9.5	10	Osilasi
36	390	1.56	0.70	8.4	9.2	10	Osilasi
37	400	1.60	0.65	7.2	8.3	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa tak teredam mulai dari putaran 0 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 25 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 40 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 80 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 240 RPM pada amplitudo maksimum di angka 55.6 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Setelah melewati kondisi resonansi, nilai amplitudo menurun dikarenakan kecepatan putaran motor bertambah. Terjadinya getaran yang berlebihan atau biasa disebut kondisi resonansi sangat mempengaruhi kerusakan komponen-komponen disekitar benda yang bergetar. Untuk mencegah terjadinya ahal tersebut, maka perlu dipasang sistem peredam yang bisa menahan dan menyerap energi yang dihasilkan oleh getaran yang berlebihan tersebut.



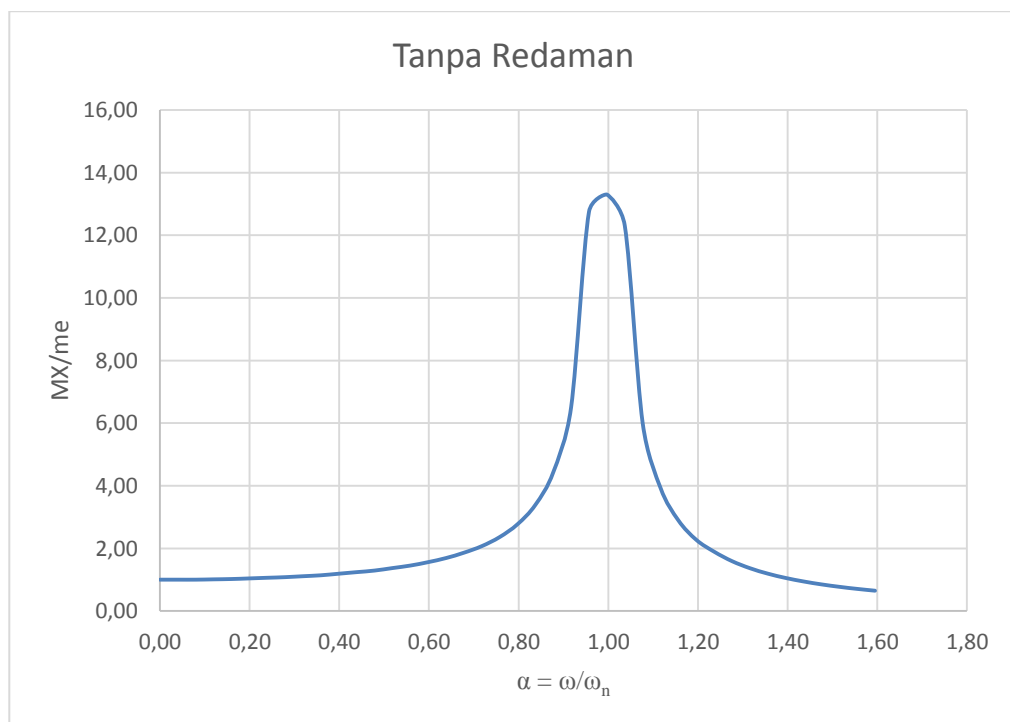
Tabel 4.2.5 Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

$$\frac{MX}{me} = \frac{1}{\sqrt{(1-\alpha^2)^2}} \quad (4.1)$$

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2}}$
1	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.0016	0.9968	0.9984	1.0016
3	0.0064	0.9872	0.9936	1.0065
4	0.0144	0.9714	0.9856	1.0146
5	0.0256	0.9494	0.9744	1.0263
6	0.0400	0.9216	0.9600	1.0417
7	0.0576	0.8881	0.9424	1.0611
8	0.0784	0.8493	0.9216	1.0851
9	0.1024	0.8057	0.8976	1.1141
10	0.1296	0.7576	0.8704	1.1489
11	0.1600	0.7056	0.8400	1.1905
12	0.1936	0.6502	0.8063	1.2402
13	0.2304	0.5922	0.7695	1.2995
14	0.2704	0.5323	0.7296	1.3706
15	0.3136	0.4711	0.6864	1.4569
16	0.3600	0.4096	0.6400	1.5625
17	0.4096	0.3486	0.5904	1.6937
18	0.4624	0.2890	0.5376	1.8602
19	0.5184	0.2319	0.4816	2.0766
20	0.5726	0.1784	0.4224	2.3676
21	0.6400	0.1296	0.3600	2.7778
22	0.7056	0.0866	0.2943	3.3981
23	0.7744	0.0508	0.2254	4.4368
24	0.8464	0.0236	0.1536	6.5094
25	0.9216	0.0061	0.0781	12.8037
26	1.0000	0.0000	0.0000	~
27	1.0816	0.0066	0.0812	12.3091

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2}}$
28	1.1664	0.0277	0.1664	6.0084
29	1.2544	0.0647	0.2544	3.9314
30	1.3456	0.1194	0.3455	2.8940
31	1.4400	0.1936	0.4400	2.2727
32	1.5283	0.2791	0.5283	1.8929
33	1.6285	0.3950	0.6285	1.5911
34	1.7319	0.5356	0.7319	1.3664
35	1.8384	0.7029	0.8384	1.1927
36	1.9481	0.8990	0.9481	1.0547
37	2.0610	1.1258	1.0610	0.9425
38	2.1771	1.3857	1.1771	0.8495
39	2.2964	1.6807	1.2964	0.7714
40	2.4189	2.0132	1.4189	0.7048
41	2.5445	2.3855	1.5445	0.6475

Grafik 4.2.6 Grafik Rasio Amplitudo terhadap Rasio Frekuensi



Grafik  $\frac{MX}{me}$  (rasio amplitude) terhadap  $\alpha = \omega/\omega_n$  (rasio frekuensi) menunjukkan bahwa sistem tidak menggunakan peredam. Grafik akan semakin naik sampai titik tertentu kemudian turun lagi karena adanya perbandingan frekuensi yang semakin kecil.

e. Hasil Pengujian Getaran Paksa Tereadam dengan Efek Redaman nitrogen

Untuk pengujian getaran paksa teredam menggunakan redaman nitrogen. Pengujiannya sama dengan pengujian pada getaran paksa tak teredam. Dari pengujian tersebut, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen massa *unbalance* 10 gram.

Tabel 4.3.1. Hasil pengujian getaran teredam redaman nitrogen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{X1}{X2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	50	0.20	1.04	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	60	0.24	1.05	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	70	0.28	1.07	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	80	0.32	1.09	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	90	0.36	1.12	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
6	100	0.40	1.15	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
7	110	0.44	1.19	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
8	120	0.48	1.23	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
9	130	0.52	1.28	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
10	140	0.56	1.34	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
11	150	0.60	1.40	2.4	0.8	1.7047	0.2715	10	Osilasi
12	160	0.64	1.47	3.5	0.7	1.6094	0.2563	10	Osilasi
13	170	0.68	1.55	3.6	0.7	1.6376	0.2608	10	Osilasi
14	180	0.72	1.63	4.0	0.8	1.6044	0.2555	10	Osilasi
15	190	0.76	1.72	4.5	0.9	1.6094	0.2563	10	Osilasi
16	200	0.80	1.81	4.7	1.0	1.5412	0.2454	10	Osilasi
17	210	0.84	1.89	4.8	0.9	1.6719	0.2662	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{X1}{X2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
18	220	0.88	1.95	5.0	0.9	1.7168	0.2734	10	Osilasi
19	230	0.92	1.96	5.2	1.1	1.5533	0.2473	10	Osilasi
20	240	0.96	1.97	5.3	1.0	1.6752	0.2668	10	Osilasi
21	250	1.00	1.98	5.5	1.0	1.6956	0.2700	10	Resonansi
22	260	1.04	1.83	5.5	1.1	1.6058	0.2557	10	Osilasi
23	270	1.08	1.71	5.7	1.2	1.5564	0.2478	10	Osilasi
24	280	1.12	1.58	6.3	1.2	1.6646	0.2651	10	Osilasi
25	290	1.16	1.44	7.2	1.3	1.7131	0.2728	10	Osilasi
26	300	1.20	1.32	7.7	1.4	1.6982	0.2704	10	Osilasi
27	310	1.24	1.20	7.9	1.6	1.5956	0.2541	10	Osilasi
28	320	1.28	1.09	8.8	1.8	1.5892	0.2531	10	Osilasi
29	330	1.32	1.00	9.1	2.0	1.5096	0.2404	10	Osilasi
30	340	1.36	0.91	9.8	1.9	1.6446	0.2619	10	Osilasi
31	350	1.40	0.84	9.2	2.0	1.5271	0.2432	10	Osilasi
32	360	1.44	0.77	8.6	1.5	1.7416	0.2773	10	Osilasi
33	370	1.48	0.71	8.3	1.5	1.7156	0.2732	10	Osilasi
34	380	1.52	0.66	8.2	1.6	1.6353	0.2604	10	Osilasi
35	390	1.56	0.61	7.4	1.3	1.7432	0.2776	10	Osilasi
36	400	1.60	0.57	7.0	1.2	1.7664	0.2813	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen mulai dari putaran 50 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 10 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 50 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 150 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 9.8 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena

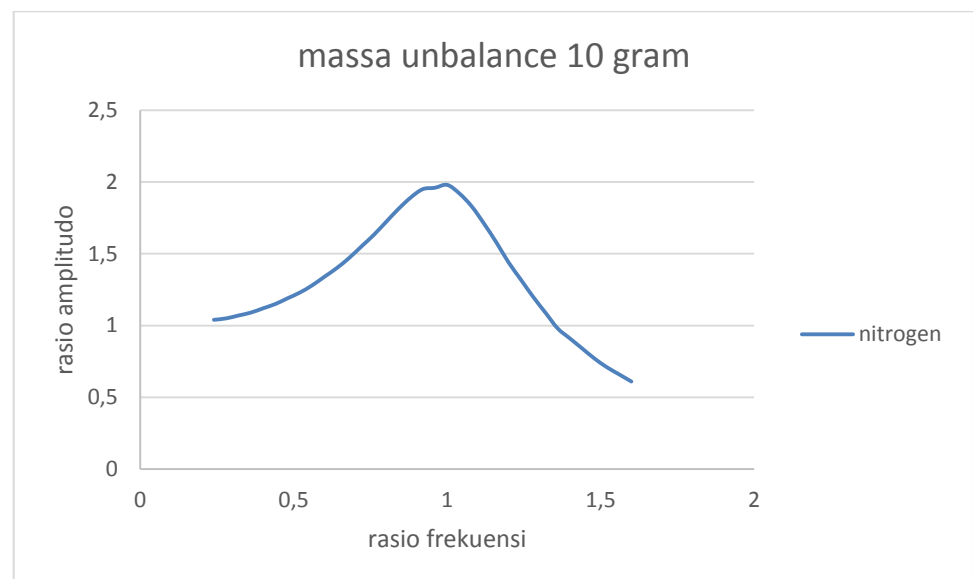
terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*.

Tabel 4.3.2. Perhitungan Magnifier (Rasio amplitudo)

$$\frac{MX}{me} = \frac{1}{\sqrt{(1-\alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}} \quad (4.2)$$

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000
2	0.0016	0.9968	0.0004	0.9986	1.0014
3	0.0064	0.9873	0.0017	0.9945	1.0055
4	0.0143	0.9716	0.0039	0.9877	1.0125
5	0.0254	0.9498	0.0070	0.9781	1.0224
6	0.0398	0.9221	0.0109	0.9659	1.0353
7	0.0573	0.8888	0.0157	0.9510	1.0515
8	0.0779	0.8502	0.0213	0.9336	1.0711
9	0.1018	0.8068	0.0279	0.9136	1.0946
10	0.1288	0.7590	0.0353	0.8912	1.1221
11	0.1590	0.7072	0.0436	0.8665	1.1541
12	0.1924	0.6522	0.0527	0.8396	1.1911
13	0.2290	0.5944	0.0627	0.8107	1.2336
14	0.2688	0.5347	0.0736	0.7800	1.2821
15	0.3117	0.4738	0.0854	0.7478	1.3373
16	0.3578	0.4124	0.0980	0.7144	1.3997
17	0.4071	0.3515	0.1115	0.6805	1.4696
18	0.4596	0.2920	0.1259	0.6465	1.5468
19	0.5153	0.2350	0.1412	0.6133	1.6305
20	0.5741	0.1814	0.1573	0.5819	1.7184
21	0.6361	0.1324	0.1743	0.5538	1.8058
22	0.7013	0.0892	0.1921	0.5304	1.8853
23	0.7697	0.0530	0.2109	0.5137	1.9466
24	0.8413	0.0252	0.2305	0.5056	1.9777
25	0.9160	0.0071	0.2509	0.5079	1.9688
26	0.9939	0.0000	0.2723	0.5218	1.9163
27	1.0751	0.0056	0.2945	0.5479	1.8253

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
28	1.1593	0.0254	0.3176	0.5857	1.7075
29	1.2468	0.0609	0.3416	0.6344	1.5763
30	1.3375	0.1139	0.3664	0.6930	1.4430
31	1.4313	0.1860	0.3921	0.7603	1.3152
32	1.5283	0.2791	0.4187	0.8353	1.1971
33	1.6285	0.3950	0.4461	0.9171	1.0904
34	1.7319	0.5356	0.4744	1.0050	0.9950
35	1.8384	0.7029	0.5036	1.0984	0.9104
36	1.9481	0.8990	0.5337	1.1969	0.8355
37	2.0610	1.1258	0.5646	1.3002	0.7691
38	2.1771	1.3857	0.5964	1.4079	0.7103
39	2.2964	1.6807	0.6291	1.5198	0.6580
40	2.4189	2.0132	0.6626	1.6358	0.6113
41	2.5445	2.3855	0.6971	1.7557	0.5696



Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.2619 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*

2. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen massa  
*unbalance* 15 gram.

Tabel 4.3.4. Hasil pengujian getaran teredam redaman nitrogen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{X1}{X2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	60	0.24	1.05	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	70	0.28	1.07	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	80	0.32	1.10	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	90	0.36	1.12	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	100	0.40	1.16	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
6	110	0.44	1.19	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
7	120	0.48	1.24	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
8	130	0.52	1.29	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
9	140	0.56	1.34	3.6	0.7	1.6236	0.2585	10	Osilasi
10	150	0.60	1.41	3.6	0.7	1.6292	0.2594	10	Osilasi
11	160	0.64	1.48	4.0	0.8	1.6094	0.2563	10	Osilasi
12	170	0.68	1.56	3.5	0.6	1.7492	0.2785	10	Osilasi
13	180	0.72	1.65	3.7	0.7	1.6569	0.2638	10	Osilasi
14	190	0.76	1.74	6.8	0.8	1.6606	0.2644	10	Osilasi
15	200	0.80	1.84	7.1	0.9	1.5709	0.2501	10	Osilasi
16	210	0.84	1.92	7.7	1.0	1.4861	0.2366	10	Osilasi
17	220	0.88	1.99	7.9	1.0	1.5129	0.2409	10	Osilasi
18	230	0.92	2.03	8.4	1.0	1.5304	0.2437	10	Osilasi
19	240	0.96	2.04	8.8	0.9	1.7579	0.2799	10	Osilasi
20	250	0.98	2.05	9.6	1.2	1.5333	0.2442	10	Osilasi
21	260	1.00	2.08	10.1	1.2	1.5686	0.2498	10	Resonansi
22	270	1.08	1.94	9.2	1.4	1.5819	0.2519	10	Osilasi
23	280	1.12	1.88	8.7	1.3	1.6907	0.2692	10	Osilasi
24	290	1.16	1.62	7.7	1.6	1.5738	0.2506	10	Osilasi
25	300	1.20	1.34	7.4	1.7	1.5324	0.2440	10	Osilasi
26	310	1.24	1.22	7.2	1.8	1.5593	0.2483	10	Osilasi
27	320	1.28	1.11	7.0	1.9	1.5806	0.2517	10	Osilasi
28	330	1.32	1.01	6.8	2.1	1.5726	0.2504	10	Osilasi
29	340	1.36	0.92	6.4	1.8	1.6117	0.2566	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
30	350	1.40	0.84	6.2	1.9	1.5295	0.2435	10	Osilasi
31	360	1.44	0.78	6.0	1.7	1.6269	0.2591	10	Osilasi
32	370	1.48	0.72	5.4	1.6	1.5069	0.2399	10	Osilasi
33	380	1.52	0.66	5.2	1.2	1.6646	0.2651	10	Osilasi
34	390	1.56	0.62	4.6	1.2	1.6292	0.2594	10	Osilasi
35	400	1.60	0.57	4.2	1.1	1.5572	0.2480	10	Osilasi

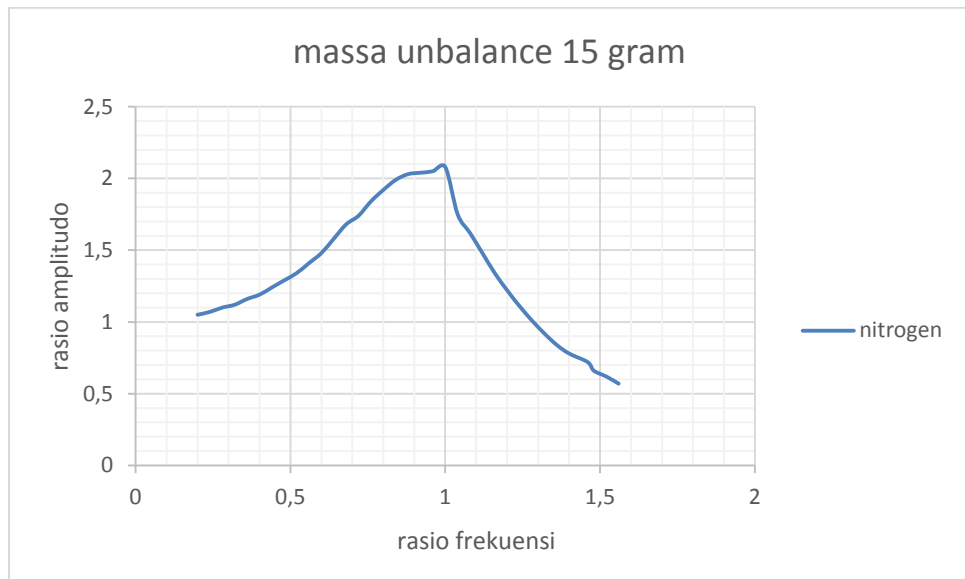
Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen mulai dari putaran 60 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 15 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 60 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 140 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 260 RPM pada amplitudo maksimum di angka 10.1 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Pada percobaan ini, mulai terlihat adanya efek redaman sehingga menyebabkan lambatnya motor berputar dan cepatnya osilasi disebabkan oleh semakin besarnya massa *unbalance* sehingga mempercepat terjadinya resonansi.



Tabel 4.3.5. Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.0573	0.8888	0.0148	0.9506	1.0520
2	0.0779	0.8502	0.0201	0.9329	1.0719
3	0.1018	0.8068	0.0263	0.9127	1.0956
4	0.1288	0.7590	0.0333	0.8901	1.1235
5	0.1590	0.7072	0.0411	0.8651	1.1560
6	0.1924	0.6522	0.0497	0.8378	1.1936
7	0.2290	0.5944	0.0592	0.8085	1.2369
8	0.2688	0.5347	0.0695	0.7773	1.2865
9	0.3117	0.4738	0.0806	0.7445	1.3431
10	0.3578	0.4124	0.0925	0.7105	1.4074
11	0.4071	0.3515	0.1052	0.6758	1.4797
12	0.4596	0.2920	0.1188	0.6410	1.5602
13	0.5153	0.2350	0.1332	0.6068	1.6481
14	0.5741	0.1814	0.1484	0.5743	1.7414
15	0.6361	0.1324	0.1644	0.5448	1.8355
16	0.7013	0.0892	0.1813	0.5201	1.9228
17	0.7697	0.0530	0.1989	0.5020	1.9921
18	0.8413	0.0252	0.2174	0.4926	2.0301
19	0.9160	0.0071	0.2368	0.4938	2.0252
20	0.9939	0.0000	0.2569	0.5069	1.9728
21	1.0751	0.0056	0.2779	0.5324	1.8781
22	1.1593	0.0254	0.2997	0.5701	1.7540
23	1.2468	0.0609	0.3223	0.6190	1.6155
24	1.3375	0.1139	0.3457	0.6779	1.4751
25	1.4313	0.1860	0.3699	0.7456	1.3412
26	1.5283	0.2791	0.3950	0.8210	1.2180
27	1.6285	0.3950	0.4209	0.9033	1.1071
28	1.7319	0.5356	0.4476	0.9916	1.0085
29	1.8384	0.7029	0.4752	1.0854	0.9213
30	1.9481	0.8990	0.5035	1.1843	0.8444
31	2.0610	1.1258	0.5327	1.2878	0.7765
32	2.1771	1.3857	0.5627	1.3958	0.7164
33	2.2964	1.6807	0.5936	1.5081	0.6631
34	2.4189	2.0132	0.6252	1.6243	0.6156

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
35	2.5445	2.3855	0.6577	1.7445	0.5732



Grafik 4.3.6. kurva respon frekuensi (redaman nitrogen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.2542 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

3. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen massa  
*unbalance* 20 gram.

Tabel 4.3.7. Hasil pengujian getaran teredam redaman nitrogen

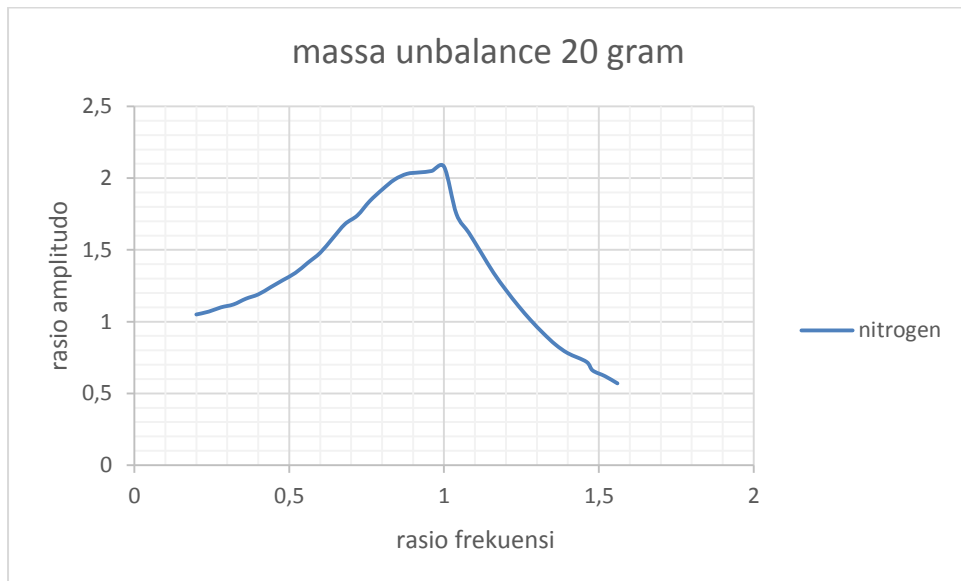
No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	nitrogen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	80	0.32	1.10	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	90	0.36	1.13	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	100	0.40	1.16	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	110	0.44	1.20	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	120	0.48	1.25	4.2	0.9	1.5404	0.2453	10	Osilasi
6	130	0.52	1.31	4.4	1.0	1.4702	0.2341	10	Osilasi
7	140	0.56	1.37	4.5	1.1	1.4088	0.2243	10	Osilasi
8	150	0.60	1.44	4.6	1.2	1.3416	0.2136	10	Osilasi
9	160	0.64	1.52	5.1	1.2	1.4508	0.2310	10	Osilasi
10	170	0.68	1.62	5.2	1.3	1.3824	0.2201	10	Osilasi
11	180	0.72	1.73	5.2	1.2	1.4721	0.2344	10	Osilasi
12	190	0.76	1.85	5.3	1.4	1.3237	0.2108	10	Osilasi
13	200	0.78	1.98	5.7	1.5	1.3297	0.2117	10	Osilasi
14	210	0.80	2.00	6.5	1.6	1.3941	0.2220	10	Osilasi
15	220	0.82	2.08	6.8	1.8	1.3232	0.2107	10	Osilasi
16	230	0.86	2.12	6.9	1.7	1.3965	0.2224	10	Osilasi
17	240	0.92	2.16	7.1	1.9	1.3126	0.2090	10	Osilasi
18	250	0.94	2.18	7.1	2.1	1.2224	0.1946	10	Osilasi
19	260	0.98	2.20	7.2	2.0	1.2865	0.2049	10	Osilasi
20	270	1.00	2.24	8.0	2.2	1.2960	0.2064	10	Resonansi
21	280	1.12	2.04	8.1	2.0	1.4036	0.2235	10	Osilasi
22	290	1.16	1.88	8.3	2.1	1.3683	0.2179	10	Osilasi
23	300	1.20	1.68	9.2	2.3	1.3830	0.2202	10	Osilasi
24	310	1.24	1.54	9.7	2.5	1.3538	0.2156	10	Osilasi
25	320	1.28	1.36	10.5	2.7	1.3534	0.2155	10	Osilasi
26	330	1.32	1.24	10.1	2.3	1.4816	0.2359	10	Osilasi
27	340	1.36	0.97	9.3	1.9	1.5925	0.2536	10	Osilasi
28	350	1.40	0.88	9.3	2.1	1.4827	0.2361	10	Osilasi
29	360	1.44	0.81	8.8	2.3	1.3373	0.2129	10	Osilasi
30	370	1.48	0.74	8.6	2.0	1.4586	0.2323	10	Osilasi
31	380	1.52	0.69	7.5	2.1	1.2663	0.2016	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	nitrogen		$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
32	390	1.56	0.63	7.0	1.9	1.3069	0.2081	10	Osilasi
33	400	1.60	0.59	6.9	1.7	1.3936	0.2219	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen mulai dari putaran 80 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 20 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 80 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 120 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 270 RPM pada amplitudo maksimum di angka 10.4 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Pada percobaan ini, mulai terlihat adanya efek redaman sehingga menyebabkan lambatnya motor berputar dan cepatnya osilasi disebabkan karena semakin besarnya massa *unbalance* sehingga mempercepat terjadinya resonansi.

Tabel 4.3.8. Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.1018	0.8068	0.0198	0.9092	1.0999
2	0.1288	0.7590	0.0250	0.8854	1.1294
3	0.1590	0.7072	0.0309	0.8591	1.1639
4	0.1924	0.6522	0.0374	0.8304	1.2042
5	0.2290	0.5944	0.0445	0.7993	1.2510
6	0.2688	0.5347	0.0522	0.7661	1.3053
7	0.3117	0.4738	0.0606	0.7310	1.3680
8	0.3578	0.4124	0.0695	0.6942	1.4405
9	0.4071	0.3515	0.0791	0.6562	1.5239
10	0.4596	0.2920	0.0893	0.6175	1.6194
11	0.5153	0.2350	0.1001	0.5789	1.7275
12	0.5741	0.1814	0.1116	0.5412	1.8476
13	0.6361	0.1324	0.1236	0.5060	1.9764
14	0.7013	0.0892	0.1363	0.4748	2.1060
15	0.7697	0.0530	0.1496	0.4501	2.2217
16	0.8413	0.0252	0.1635	0.4343	2.3023
17	0.9160	0.0071	0.1780	0.4302	2.3247
18	0.9939	0.0000	0.1931	0.4395	2.2753
19	1.0751	0.0056	0.2089	0.4632	2.1591
20	1.1593	0.0254	0.2253	0.5007	1.9974
21	1.2468	0.0609	0.2423	0.5506	1.8162
22	1.3375	0.1139	0.2599	0.6114	1.6357
23	1.4313	0.1860	0.2781	0.6813	1.4679
24	1.5283	0.2791	0.2970	0.7590	1.3176
25	1.6285	0.3950	0.3164	0.8435	1.1856
26	1.7319	0.5356	0.3365	0.9339	1.0708
27	1.8384	0.7029	0.3572	1.0296	0.9712
28	1.9481	0.8990	0.3785	1.1303	0.8847
29	2.0610	1.1258	0.4005	1.2354	0.8094
30	2.1771	1.3857	0.4230	1.3449	0.7436
31	2.2964	1.6807	0.4462	1.4584	0.6857
32	2.4189	2.0132	0.4700	1.5758	0.6346
33	2.5445	2.3855	0.4944	1.6970	0.5893



Grafik 4.3.9. Kurva respon frekuensi (redaman nitrogen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.2204 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

4. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen massa *unbalance 25 gram*.

Tabel 4.3.10. Hasil pengujian getaran teredam redaman nitrogen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	80	0.32	1.10	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	90	0.36	1.13	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	100	0.40	1.17	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	110	0.44	1.21	4.5	1.1	1.4088	0.2243	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Nitrogen		$\delta = \ln \frac{X1}{X2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
5	120	0.48	1.25	5.0	1.4	1.2730	0.2027	10	Osilasi
6	130	0.52	1.31	5.1	1.5	1.2238	0.1949	10	Osilasi
7	140	0.56	1.37	5.0	1.2	1.4291	0.2276	10	Osilasi
8	150	0.60	1.45	5.2	1.3	1.3920	0.2217	10	Osilasi
9	160	0.64	1.54	5.3	1.5	1.2604	0.2007	10	Osilasi
10	170	0.68	1.63	5.4	1.5	1.2754	0.2031	10	Osilasi
11	180	0.72	1.75	5.6	1.4	1.3791	0.2196	10	Osilasi
12	190	0.76	1.88	5.7	1.5	1.3315	0.2120	10	Osilasi
13	200	0.80	2.02	6.3	1.7	1.3115	0.2088	10	Osilasi
14	210	0.84	2.16	6.3	1.6	1.3769	0.2192	10	Osilasi
15	220	0.88	2.29	6.4	1.8	1.2669	0.2017	10	Osilasi
16	230	0.92	2.39	6.5	1.6	1.3941	0.2220	10	Osilasi
17	240	0.96	2.42	6.5	1.7	1.3396	0.2133	10	Osilasi
18	250	1.00	2.47	10.7	1.7	1.3534	0.2155	10	Resonansi
19	260	1.04	2.25	9.2	1.9	1.2617	0.2009	10	Osilasi
20	270	1.08	2.07	9.1	1.8	1.3737	0.2187	10	Osilasi
21	280	1.12	1.88	8.9	2.0	1.3124	0.2090	10	Osilasi
22	290	1.16	1.68	7.2	2.1	1.2756	0.2031	10	Osilasi
23	300	1.20	1.50	7.0	2.7	1.3751	0.2190	10	Osilasi
24	310	1.24	1.35	6.2	2.2	1.4329	0.2282	10	Osilasi
25	320	1.28	1.21	6.0	2.3	1.3776	0.2194	10	Osilasi
26	330	1.32	1.09	5.4	2.5	1.2664	0.2017	10	Osilasi
27	340	1.36	0.98	4.8	2.4	1.2936	0.2060	10	Osilasi
28	350	1.40	0.90	4.4	2.3	1.3142	0.2093	10	Osilasi
29	360	1.44	0.82	4.3	2.2	1.3302	0.2118	10	Osilasi
30	370	1.48	0.75	4.2	2.0	1.2823	0.2042	10	Osilasi
31	380	1.52	0.69	4.1	1.8	1.3737	0.2187	10	Osilasi
32	390	1.56	0.64	3.8	1.7	1.2826	0.2042	10	Osilasi
33	400	1.60	0.59	3.4	1.5	1.2809	0.2040	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman nitrogen mulai dari putaran 80 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 25 gram

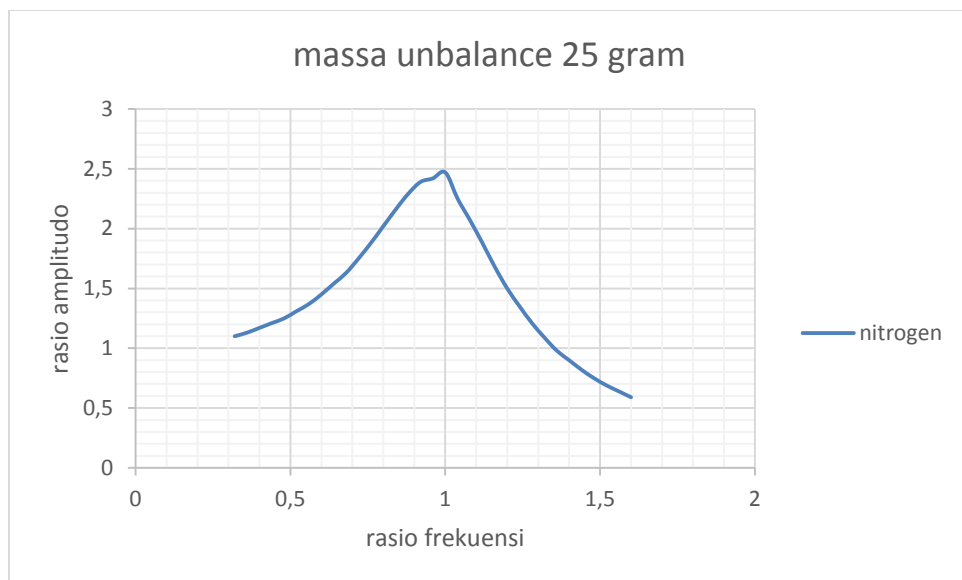
sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 80 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 110 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 10.7 mm. pada kondisi resonansi, pegas bergerak naik turun dengan panjang langkah yang sangat besar karena terjadi gerakan mengayun efek dari massa *unbalancenya*. Pada percobaan ini, mulai terlihat adanya efek redaman sehingga menyebabkan lambatnya motor berputar dan cepatnya osilasi disebabkan oleh semakin besarnya massa *unbalance* juga mempercepat terjadinya resonansi.

Tabel 4.3.11. Perhitungan Magnifier (Rasio Redaman)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.1018	0.8068	0.0182	0.9083	1.1010
2	0.1288	0.7590	0.0230	0.8843	1.1308
3	0.1590	0.7072	0.0285	0.8577	1.1659
4	0.1924	0.6522	0.0344	0.8286	1.2068
5	0.2290	0.5944	0.0410	0.7971	1.2545
6	0.2688	0.5347	0.0481	0.7634	1.3099
7	0.3117	0.4738	0.0558	0.7277	1.3742
8	0.3578	0.4124	0.0640	0.6902	1.4488
9	0.4071	0.3515	0.0728	0.6514	1.5351
10	0.4596	0.2920	0.0822	0.6118	1.6346
11	0.5153	0.2350	0.0922	0.5720	1.7483
12	0.5741	0.1814	0.1027	0.5330	1.8761
13	0.6361	0.1324	0.1138	0.4962	2.0153
14	0.7013	0.0892	0.1255	0.4633	2.1582
15	0.7697	0.0530	0.1377	0.4368	2.2896
16	0.8413	0.0252	0.1505	0.4192	2.3855
17	0.9160	0.0071	0.1639	0.4135	2.4186



No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
18	0.9939	0.0000	0.1778	0.4218	2.3710
19	1.0751	0.0056	0.1924	0.4450	2.2474
20	1.1593	0.0254	0.2074	0.4825	2.0724
21	1.2468	0.0609	0.2231	0.5329	1.8765
22	1.3375	0.1139	0.2393	0.5943	1.6827
23	1.4313	0.1860	0.2561	0.6649	1.5040
24	1.5283	0.2791	0.2735	0.7433	1.3453
25	1.6285	0.3950	0.2914	0.8285	1.2070
26	1.7319	0.5356	0.3099	0.9195	1.0875
27	1.8384	0.7029	0.3289	1.0158	0.9844
28	1.9481	0.8990	0.3486	1.1169	0.8953
29	2.0610	1.1258	0.3688	1.2225	0.8180
30	2.1771	1.3857	0.3896	1.3324	0.7505
31	2.2964	1.6807	0.4109	1.4462	0.6915
32	2.4189	2.0132	0.4328	1.5640	0.6394
33	2.5445	2.3855	0.4553	1.6855	0.5933



Grarik 4.3.12. Kurva respon frekuensi (redaman nitrogen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.2115 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang

dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

f. Pengujian Getaran Paksa Tereadam terhadap Efek Redaman oksigen

Metode pengujian getaran paksa terhadap efek redaman oksigen sama dengan pengujian getaran bebas tak teredam dan getaran paksa teredam terhadap efek redaman nitrogen. Dari data yang sudah ditampilkan di layar MPDI, maka akan didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen massa *unbalance* 10 gram.

Tabel 4.4.1. Hasil pengujian getaran teredam redaman oksigen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	60	0.24	1.04	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	70	0.28	1.06	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	80	0.32	1.08	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	90	0.36	1.10	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	100	0.40	1.12	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
6	110	0.44	1.15	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
7	120	0.48	1.18	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
8	130	0.52	1.21	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
9	140	0.56	1.24	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
10	150	0.60	1.28	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
11	160	0.64	1.31	2.2	0.2	2.3979	0.3818	10	Osilasi
12	170	0.68	1.35	2.4	0.2	2.4807	0.3950	10	Osilasi
13	180	0.72	1.38	2.5	0.2	2.5055	0.3990	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
14	190	0.76	1.41	2.5	0.3	2.1122	0.3363	10	Osilasi
15	200	0.80	1.43	2.6	0.3	2.1401	0.3408	10	Osilasi
16	210	0.84	1.44	2.6	0.3	2.1595	0.3439	10	Osilasi
17	220	0.88	1.43	2.7	0.4	1.9132	0.3047	10	Osilasi
18	230	0.92	1.45	2.9	0.3	2.2583	0.3596	10	Osilasi
19	240	0.96	1.48	3.0	0.2	2.7047	0.4307	10	Osilasi
20	250	1.00	1.50	8.8	0.3	2.3765	0.3784	10	Resonansi
21	260	1.04	1.28	8.1	0.3	2.4423	0.3889	10	Osilasi
22	270	1.08	1.21	7.2	0.2	2.9096	0.4633	10	Osilasi
23	280	1.12	1.14	6.3	0.3	2.5337	0.4035	10	Osilasi
24	290	1.16	1.07	6.1	0.4	2.2747	0.3622	10	Osilasi
25	300	1.20	1.00	5.9	0.4	2.3632	0.3763	10	Osilasi
26	310	1.24	0.94	5.7	0.4	2.4047	0.3829	10	Osilasi
27	320	1.28	0.87	5.5	0.5	2.2105	0.3520	10	Osilasi
28	330	1.32	0.81	5.3	0.5	2.4283	0.3867	10	Osilasi
29	340	1.36	0.76	5.1	0.6	2.3545	0.3749	10	Osilasi
30	350	1.40	0.71	5.0	0.6	2.4723	0.3937	10	Osilasi
31	360	1.44	0.66	4.8	0.8	2.3922	0.3809	10	Osilasi
32	370	1.48	0.62	4.6	0.8	2.3175	0.3690	10	Osilasi
33	380	1.52	0.58	4.2	0.9	2.0836	0.3318	10	Osilasi
34	390	1.56	0.54	3.6	0.6	2.3577	0.3754	10	Osilasi
35	400	1.60	0.51	3.2	0.6	2.3224	0.3698	10	Osilasi

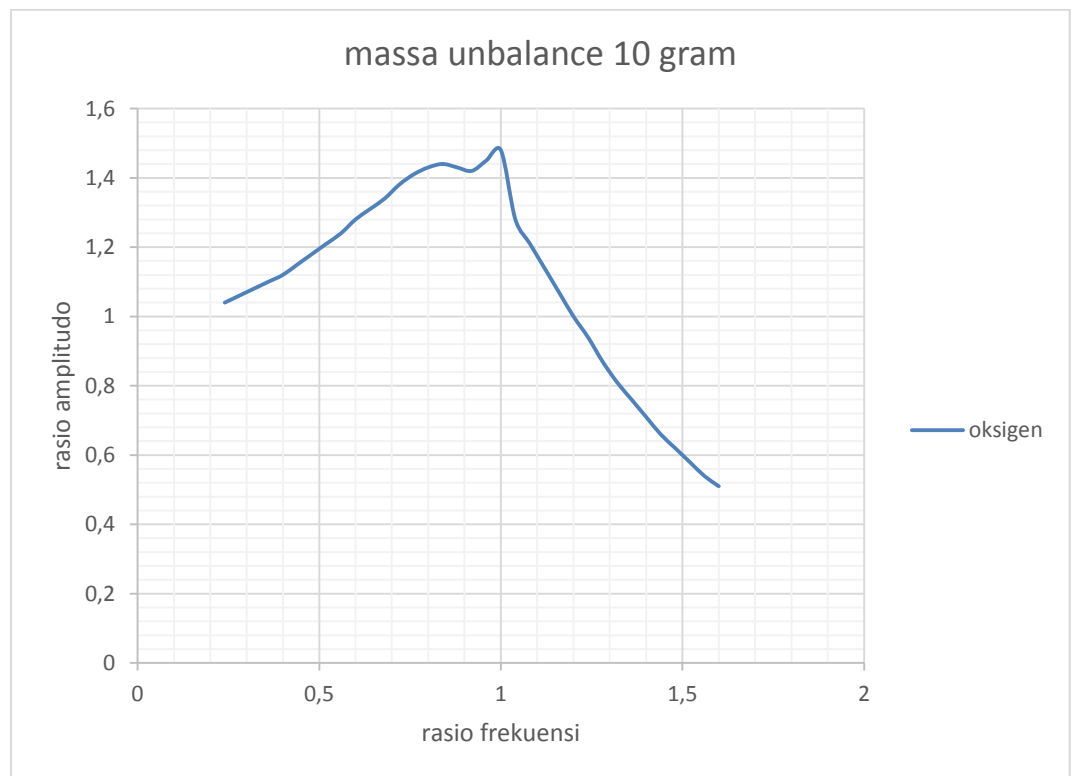
Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen mulai dari putaran 60 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 10 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 60 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 160 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang

sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 8.8 mm.

Tabel 4.4.2. Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.057	0.889	0.032	0.960	1.042
2	0.078	0.850	0.044	0.946	1.058
3	0.102	0.807	0.057	0.930	1.076
4	0.129	0.759	0.073	0.912	1.097
5	0.159	0.707	0.090	0.893	1.120
6	0.192	0.652	0.108	0.872	1.147
7	0.229	0.594	0.129	0.851	1.176
8	0.269	0.535	0.151	0.828	1.207
9	0.312	0.474	0.176	0.806	1.241
10	0.358	0.412	0.202	0.784	1.276
11	0.407	0.352	0.229	0.762	1.312
12	0.460	0.292	0.259	0.742	1.347
13	0.515	0.235	0.290	0.725	1.380
14	0.574	0.181	0.323	0.711	1.407
15	0.636	0.132	0.358	0.701	1.427
16	0.701	0.089	0.395	0.696	1.437
17	0.770	0.053	0.434	0.698	1.433
18	0.841	0.025	0.474	0.707	1.415
19	0.916	0.007	0.516	0.723	1.483
20	0.994	0.000	0.560	0.748	1.533
21	1.075	0.006	0.606	0.782	1.279
22	1.159	0.025	0.653	0.824	1.214
23	1.247	0.061	0.702	0.874	1.145
24	1.337	0.114	0.754	0.931	1.074
25	1.431	0.186	0.806	0.996	1.004
26	1.528	0.279	0.861	1.068	0.937
27	1.628	0.395	0.917	1.146	0.873
28	1.732	0.536	0.976	1.229	0.813
29	1.838	0.703	1.036	1.319	0.758
30	1.948	0.899	1.098	1.413	0.708
31	2.061	1.126	1.161	1.512	0.661

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
32	2.177	1.386	1.227	1.616	0.619
33	2.296	1.681	1.294	1.725	0.580
34	2.419	2.013	1.363	1.837	0.544
35	2.545	2.385	1.434	1.954	0.512



Grafik 4.4.3. Kurva respon frekuensi (efek redaman oksigen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.3809 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

2. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen massa

*unbalance* 15 gram

Tabel 4.4.4. Hasil pengujian getaran teredam redaman oksigen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	70	0.28	1.06	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	80	0.32	1.08	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	90	0.36	1.10	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	100	0.40	1.13	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	110	0.44	1.16	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
6	120	0.48	1.19	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
7	130	0.52	1.23	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
8	140	0.56	1.27	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
9	150	0.60	1.31	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
10	160	0.64	1.36	3.0	0.3	2.3026	0.3667	10	Osilasi
11	170	0.68	1.40	3.4	0.4	2.1401	0.3408	10	Osilasi
12	180	0.72	1.45	3.5	0.5	1.9459	0.3099	10	Osilasi
13	190	0.76	1.49	3.5	0.4	2.1691	0.3454	10	Osilasi
14	200	0.80	1.52	3.6	0.5	1.9741	0.3143	10	Osilasi
15	210	0.84	1.55	3.7	0.5	2.0015	0.3187	10	Osilasi
16	220	0.88	1.55	3.8	0.4	2.2513	0.3585	10	Osilasi
17	230	0.92	1.54	7.1	0.3	2.539	0.4043	10	Osilasi
18	240	0.96	1.51	7.1	0.4	2.2407	0.3568	10	Osilasi
19	250	0.98	1.58	7.2	0.5	2.0464	0.3259	10	Osilasi
20	260	1.00	1.60	7.3	0.5	2.1861	0.3481	10	Resonansi
21	270	1.08	1.33	7.1	0.5	2.2343	0.3558	10	Osilasi
22	280	1.12	1.24	7.1	0.6	2.1614	0.3442	10	Osilasi
23	290	1.16	1.16	6.8	0.7	2.0883	0.3325	10	Osilasi
24	300	1.20	1.08	6.5	0.7	2.1111	0.3362	10	Osilasi
25	310	1.24	1.00	5.9	0.8	2.0015	0.3187	10	Osilasi
26	320	1.28	0.93	6.1	0.8	2.0363	0.3243	10	Osilasi
27	330	1.32	0.86	6.5	0.7	2.2208	0.3536	10	Osilasi
28	340	1.36	0.80	6.7	0.7	2.2543	0.3590	10	Osilasi
29	350	1.40	0.74	7.2	0.9	2.0836	0.3318	10	Osilasi
30	360	1.44	0.69	3.7	1.1	1.8967	0.3020	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X1}{X2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
31	370	1.48	0.64	3.8	0.8	2.1861	0.3481	10	Osilasi
32	380	1.52	0.60	3.8	0.7	2.3182	0.3691	10	Osilasi
33	390	1.56	0.56	3.8	0.8	2.1327	0.3396	10	Osilasi
34	400	1.60	0.53	3.9	0.7	2.2346	0.3558	10	Osilasi

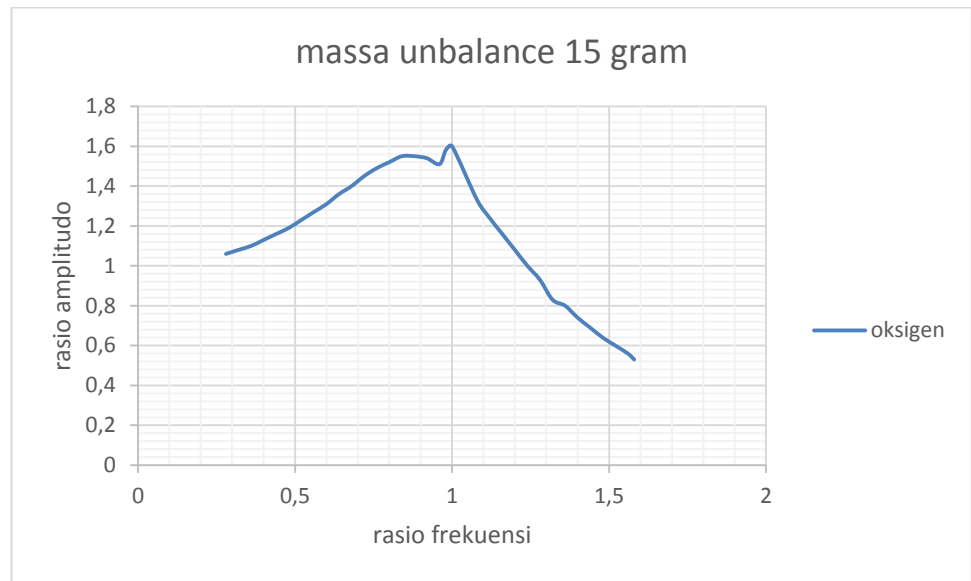
Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen mulai dari putaran 70 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 15 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 70 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 160 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 260 RPM pada amplitudo maksimum di angka 7.2 mm. pengaruh redaman oksigen sangat berpengaruh untuk meredam getaran yang terjadi pada *vibration apparatus*, efek redaman dapat memperlambat kondisi resonansi sehingga getaran yang berlebih dapat ditahan dengan baik oleh peredam. Dengan adanya redaman juga dapat memperlambat resonansi dan cepatnya osilasi disebabkan oleh semakin besarnya massa *unbalance*.

Tabel 4.4.4. Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.078	0.850	0.037	0.942	1.062
2	0.102	0.807	0.048	0.924	1.082
3	0.129	0.759	0.060	0.905	1.105

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
4	0.159	0.707	0.075	0.884	1.131
5	0.192	0.652	0.090	0.862	1.161
6	0.229	0.594	0.107	0.838	1.194
7	0.269	0.535	0.126	0.813	1.230
8	0.312	0.474	0.146	0.787	1.270
9	0.358	0.412	0.168	0.762	1.313
10	0.407	0.352	0.191	0.736	1.358
11	0.460	0.292	0.216	0.712	1.404
12	0.515	0.235	0.242	0.690	1.449
13	0.574	0.181	0.269	0.671	1.490
14	0.636	0.132	0.298	0.656	1.524
15	0.701	0.089	0.329	0.647	1.547
16	0.770	0.053	0.361	0.643	1.554
17	0.841	0.025	0.395	0.648	1.544
18	0.916	0.007	0.430	0.661	1.513
19	0.994	0.000	0.466	0.683	1.565
20	1.075	0.006	0.504	0.714	1.586
21	1.159	0.025	0.544	0.754	1.326
22	1.247	0.061	0.585	0.803	1.245
23	1.337	0.114	0.627	0.861	1.162
24	1.431	0.186	0.671	0.926	1.080
25	1.528	0.279	0.717	0.998	1.002
26	1.628	0.395	0.764	1.076	0.929
27	1.732	0.536	0.812	1.161	0.861
28	1.838	0.703	0.862	1.251	0.799
29	1.948	0.899	0.914	1.346	0.743
30	2.061	1.126	0.967	1.446	0.691
31	2.177	1.386	1.021	1.551	0.645
32	2.296	1.681	1.077	1.661	0.602
33	2.419	2.013	1.134	1.774	0.564
34	2.545	2.385	1.193	1.892	0.529





Grafik 4.4.5. Kurve respon frekuensi (efek redaman oksigen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.3424 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

3. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen massa *unbalance* 20 gram.

Tabel 4.4.5. Hasil pengujian getaran teredam redaman oksigen

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	70	0.28	1.06	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	80	0.32	1.08	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	90	0.36	1.11	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	100	0.40	1.14	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	110	0.44	1.17	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{X_1}{X_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
6	120	0.48	1.20	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
7	130	0.52	1.24	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
8	140	0.56	1.29	3.3	0.3	2.4069	0.3833	10	Osilasi
9	150	0.60	1.33	3.4	0.4	2.1401	0.3408	10	Osilasi
10	160	0.64	1.38	3.4	0.5	1.9110	0.3043	10	Osilasi
11	170	0.68	1.44	3.4	0.4	2.1430	0.3412	10	Osilasi
12	180	0.72	1.49	3.4	0.4	2.1489	0.3422	10	Osilasi
13	190	0.76	1.54	3.5	0.5	1.9373	0.3085	10	Osilasi
14	200	0.80	1.58	3.7	0.5	1.9961	0.3178	10	Osilasi
15	210	0.84	1.62	3.9	0.5	2.0412	0.3250	10	Osilasi
16	220	0.88	1.63	6.9	0.6	1.8996	0.3025	10	Osilasi
17	230	0.92	1.63	7.8	0.6	1.9507	0.3106	10	Osilasi
18	240	0.96	1.60	8.4	0.7	1.8451	0.2938	10	Osilasi
19	250	1.00	1.65	9.5	0.6	2.0303	0.3233	10	Resonansi
20	260	1.04	1.48	9.0	0.6	2.0520	0.3267	10	Osilasi
21	270	1.08	1.40	8.5	0.6	2.1614	0.3442	10	Osilasi
22	280	1.12	1.31	7.2	0.7	2.1299	0.3392	10	Osilasi
23	290	1.16	1.22	6.2	0.7	2.1861	0.3481	10	Osilasi
24	300	1.20	1.13	6.0	0.8	2.1342	0.3398	10	Osilasi
25	310	1.24	1.04	5.8	0.8	2.1561	0.3433	10	Osilasi
26	320	1.28	0.96	5.4	0.9	2.1531	0.3428	10	Osilasi
27	330	1.32	0.89	4.8	1.0	2.1247	0.3383	10	Osilasi
28	340	1.36	0.82	4.4	1.3	1.9931	0.3174	10	Osilasi
29	350	1.40	0.76	4.2	1.2	2.0160	0.3210	10	Osilasi
30	360	1.44	0.71	4.0	1.2	1.9518	0.3108	10	Osilasi
31	370	1.48	0.66	3.6	1.1	1.8802	0.2994	10	Osilasi
32	380	1.52	0.62	3.2	0.9	1.9153	0.3050	10	Osilasi
33	390	1.56	0.57	3.0	0.8	1.9151	0.3049	10	Osilasi
34	400	1.60	0.54	2.2	0.8	1.6630	0.2648	10	Osilasi

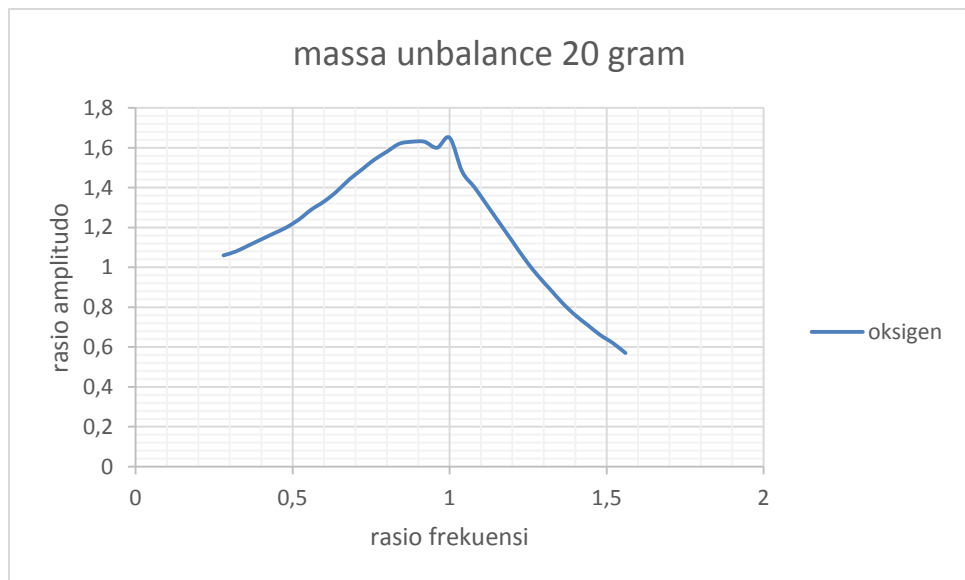
Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen mulai dari putaran 70 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 20 gram

sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 70 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 140 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 9.5 mm. pengaruh redaman oksigen sangat berpengaruh untuk meredam getaran yang terjadi pada *vibration apparatus*, efek redaman dapat memperlambat kondisi resonansi sehingga getaran yang berlebih dapat ditahan dengan baik oleh peredam. Dengan adanya redaman juga dapat memperlambat resonansi dan cepatnya osilasi disebabkan oleh semakin besarnya massa *unbalance*.

Tabel 4.4.6. Perhitungan Magnifier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
1	0.0779	0.8502	0.0327	0.9396	1.0643
2	0.1018	0.8068	0.0427	0.9217	1.0850
3	0.1288	0.7590	0.0540	0.9016	1.1091
4	0.1590	0.7072	0.0667	0.8797	1.1367
5	0.1924	0.6522	0.0807	0.8561	1.1682
6	0.2290	0.5944	0.0960	0.8309	1.2035
7	0.2688	0.5347	0.1126	0.8046	1.2429
8	0.3117	0.4738	0.1306	0.7774	1.2863
9	0.3578	0.4124	0.1500	0.7499	1.3335
10	0.4071	0.3515	0.1706	0.7226	1.3839
11	0.4596	0.2920	0.1926	0.6962	1.4364
12	0.5153	0.2350	0.2160	0.6715	1.4892
13	0.5741	0.1814	0.2406	0.6496	1.5394
14	0.6361	0.1324	0.2666	0.6317	1.5831
15	0.7013	0.0892	0.2939	0.6190	1.6155
16	0.7697	0.0530	0.3226	0.6129	1.6316
17	0.8413	0.0252	0.3526	0.6147	1.6269

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot \alpha^2}}$
18	0.9160	0.0071	0.3839	0.6253	1.5993
19	0.9939	0.0000	0.4166	0.6455	1.5493
20	1.0751	0.0056	0.4506	0.6754	1.4805
21	1.1593	0.0254	0.4859	0.7151	1.3985
22	1.2468	0.0609	0.5226	0.7639	1.3091
23	1.3375	0.1139	0.5606	0.8212	1.2177
24	1.4313	0.1860	0.5999	0.8865	1.1280
25	1.5283	0.2791	0.6405	0.9590	1.0428
26	1.6285	0.3950	0.6825	1.0380	0.9634
27	1.7319	0.5356	0.7259	1.1232	0.8903
28	1.8384	0.7029	0.7705	1.2139	0.8238
29	1.9481	0.8990	0.8165	1.3098	0.7635
30	2.0610	1.1258	0.8638	1.4106	0.7089
31	2.1771	1.3857	0.9125	1.5160	0.6596
32	2.2964	1.6807	0.9625	1.6258	0.6151
33	2.4189	2.0132	1.0138	1.7398	0.5748
34	2.5445	2.3855	1.0665	1.8579	0.5382



Grafik 4.4.7. Kurva respon frekuensi (efek redaman oksigen)

Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.3237 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang

dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*

4. Pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen massa *unbalance* 25 gram.

Tabel 4.4.7. Hasil pengujian getaran teredam redaman oksigen

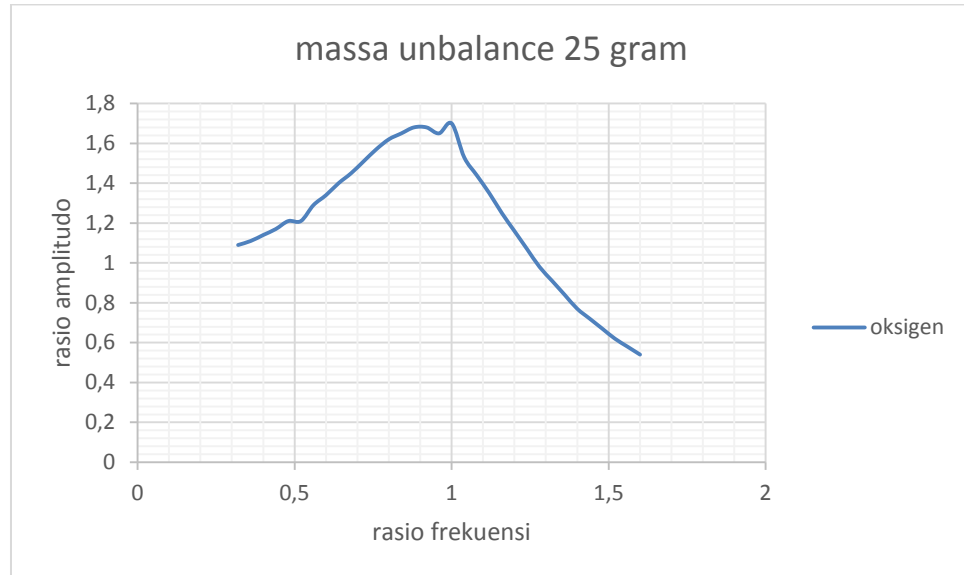
No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
1	80	0.32	1.09	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
2	90	0.36	1.11	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
3	100	0.40	1.14	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
4	110	0.44	1.17	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
5	120	0.48	1.21	-	-	-	-	10	Tidak ada osilasi
6	130	0.52	1.25	4.4	0.5	2.1815	0.3474	10	Osilasi
5	140	0.56	1.29	4.5	0.6	2.0149	0.3208	10	Osilasi
6	150	0.60	1.34	5.0	0.7	1.9661	0.3131	10	Osilasi
7	160	0.64	1.40	5.0	0.8	1.8326	0.2918	10	Osilasi
8	170	0.68	1.45	5.0	0.6	2.1122	0.3363	10	Osilasi
9	180	0.72	1.51	5.2	0.7	2.0092	0.3199	10	Osilasi
10	190	0.76	1.57	5.5	0.8	1.9188	0.3055	10	Osilasi
11	200	0.80	1.62	5.5	0.8	1.9261	0.3067	10	Osilasi
12	210	0.84	1.65	6.9	0.8	1.9333	0.3079	10	Osilasi
13	220	0.88	1.68	7.2	0.9	1.8405	0.2931	10	Osilasi
14	230	0.92	1.68	7.9	0.9	1.8769	0.2989	10	Osilasi
15	240	0.96	1.65	8.6	0.9	1.9021	0.3029	10	Osilasi
16	250	1.00	1.70	10.0	1.0	1.8294	0.2913	10	Resonansi
17	260	1.04	1.53	8.8	1.1	1.7688	0.2817	10	Osilasi
18	270	1.08	1.44	7.5	1.0	1.8931	0.3015	10	Osilasi
19	280	1.12	1.35	7.0	1.1	1.8348	0.2922	10	Osilasi
20	290	1.16	1.25	6.6	1.0	1.9755	0.3146	10	Osilasi
21	300	1.20	1.16	6.5	0.9	2.1671	0.3451	10	Osilasi
22	310	1.24	1.07	6.6	1.2	1.9671	0.3132	10	Osilasi
23	320	1.28	0.98	6.5	1.2	2.0637	0.3286	10	Osilasi

No	RPM	$\alpha = \frac{\omega}{\omega_n}$	$\frac{MX}{me}$	Oksigen		$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2}$ (mm)	$\zeta = \frac{\delta}{2\pi}$	t (detik)	Keterangan
				X1 (mm)	X2 (mm)				
24	330	1.32	0.91	5.4	1.4	1.9889	0.3167	10	Osilasi
25	340	1.36	0.84	5.0	1.2	2.1173	0.3371	10	Osilasi
26	350	1.40	0.77	4.8	1.2	1.989	0.3167	10	Osilasi
27	360	1.44	0.72	4.6	1.0	2.0082	0.3198	10	Osilasi
28	370	1.48	0.67	4.2	0.9	2.0555	0.3273	10	Osilasi
29	380	1.52	0.62	3.6	0.8	2.1132	0.3365	10	Osilasi
30	390	1.56	0.58	3.0	0.8	1.9151	0.3049	10	Osilasi
31	400	1.60	0.54	2.4	0.7	1.9661	0.3131	10	Osilasi

Dari hasil pengujian getaran paksa teredam dengan redaman oksigen mulai dari putaran 80 RPM s.d. 400 RPM dengan selisi 10 RPM setiap kenaikan kecepatan motor yang menggunakan massa *unbalance* 20 gram sebagai gaya eksitasi, maka didapatkan hasil dari tabel diatas yaitu sistem mulai berputar pada putaran 80 RPM tetapi tidak mengalami osilasi, pada putaran 140 RPM mulai terjadi osilasi dan memiliki amplitudo yang sangat kecil. Sedangkan mulai beresonansi pada putaran 250 RPM pada amplitudo maksimum di angka 9.5 mm. pengaruh redaman oksigen sangat berpengaruh untuk meredam getaran yang terjadi pada *vibration apparatus*, efek redaman dapat memperlambat kondisi resonansi sehingga getaran yang berlebih dapat ditahan dengan baik oleh peredam. Dengan adanya redaman juga dapat memperlambat resonansi dan cepatnya osilasi disebabkan oleh semakin besarnya massa *unbalance*.

Tabel 4.4.8. Perhitungan Magnefier (Rasio Amplitudo)

No	$\alpha^2$	$(1 - \alpha^2)^2$	$4. \zeta^2 . \alpha^2$	$\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4. \zeta^2 . \alpha^2}$	$\frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + 4. \zeta^2 . \alpha^2}}$
1	0.1018	0.8068	0.0401	0.9203	1.0867
2	0.1288	0.7590	0.0507	0.8998	1.1113
3	0.1590	0.7072	0.0626	0.8774	1.1397
4	0.1924	0.6522	0.0757	0.8532	1.1721
5	0.2290	0.5944	0.0901	0.8274	1.2086
6	0.2688	0.5347	0.1058	0.8003	1.2495
5	0.3117	0.4738	0.1227	0.7723	1.2948
6	0.3578	0.4124	0.1408	0.7438	1.3444
7	0.4071	0.3515	0.1603	0.7154	1.3979
8	0.4596	0.2920	0.1809	0.6877	1.4541
9	0.5153	0.2350	0.2028	0.6617	1.5114
10	0.5741	0.1814	0.2260	0.6383	1.5668
11	0.6361	0.1324	0.2504	0.6187	1.6163
12	0.7013	0.0892	0.2761	0.6044	1.6546
13	0.7697	0.0530	0.3030	0.5967	1.6760
14	0.8413	0.0252	0.3312	0.5969	1.6752
15	0.9160	0.0071	0.3606	0.6063	1.6493
16	0.9939	0.0000	0.3912	0.6255	1.5987
17	1.0751	0.0056	0.4232	0.6548	1.5271
18	1.1593	0.0254	0.4564	0.6941	1.4408
19	1.2468	0.0609	0.4908	0.7428	1.3463
20	1.3375	0.1139	0.5265	0.8002	1.2497
21	1.4313	0.1860	0.5634	0.8657	1.1552
22	1.5283	0.2791	0.6016	0.9384	1.0656
23	1.6285	0.3950	0.6410	1.0178	0.9825
24	1.7319	0.5356	0.6817	1.1033	0.9064
25	1.8384	0.7029	0.7237	1.1944	0.8372
26	1.9481	0.8990	0.7668	1.2907	0.7748
27	2.0610	1.1258	0.8113	1.3918	0.7185
28	2.1771	1.3857	0.8570	1.4975	0.6678
29	2.2964	1.6807	0.9039	1.6077	0.6220
30	2.4189	2.0132	0.9521	1.7220	0.5807
31	2.5445	2.3855	1.0016	1.8404	0.5434



Grafik 4.4.9. Kurva respon frekuensi (efek redaman oksigen)

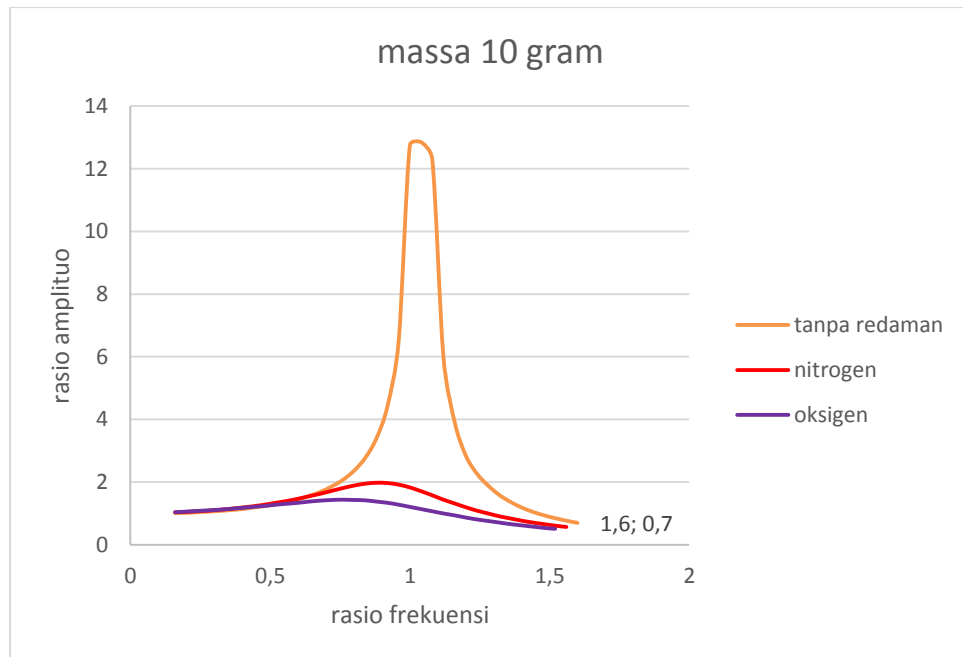
Grafik diatas memiliki nilai rasio redaman 0.3137 menandakan bahwa redaman masih memiliki efek untuk menyerap getaran yang dihasilkan oleh *vibration apparatus*. Dalam hal ini, redaman tersebut dapat dikatakan kondisi *underdamped* karena masih bisa meredam getaran pada *vibration apparatus*.

#### 4.3 Pengaruh massa unbalance

Dari hasil pengujian tersebut, ada perbedaan getaran karena adanya efek redaman dan massa *unbalance*. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa adanya fenomena getaran paksa teredam karena kekentalan dan getaran paksa tak teredam. Adapun dari hasil pengujian tersebut dapat menghasilkan data sebagai berikut:



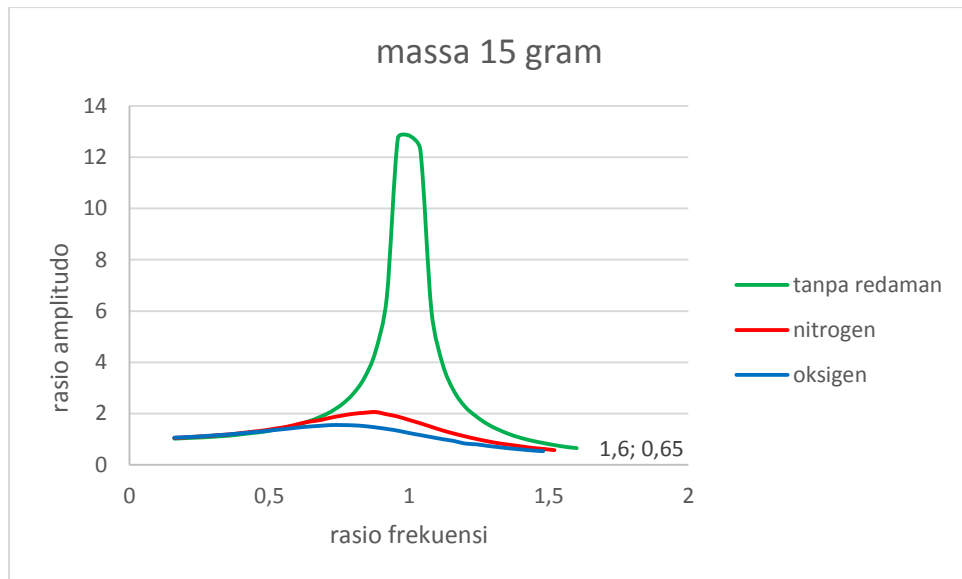
### 1. Massa *unbalance* 10 gram



Grafik 4.5.1. Pengaruh efek redaman terhadap massa 10 gram

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa penurunan rasio amplitudo disebabkan karena adanya efek redaman yang dihasilkan oleh peredam nitrogen dan oksigen dengan massa *unbalance* 10 gram sebagai gaya pengeksitasinya. Efek redaman oksigen lebih baik untuk menurunkan rasio amplitudo pada *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan daripada menggunakan nitrogen.

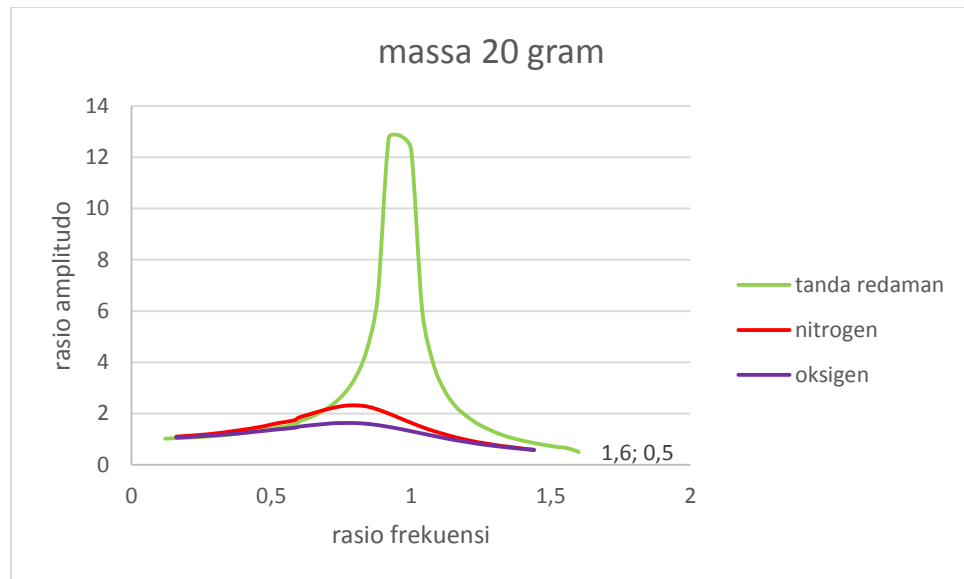
## 2. Massa *unbalance* 15 gram



Grafik 4.5.2. Kurva frekuensi respon terhadap massa 15 gram

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kurva respon frekuensi pada penurunan rasio amplitudo disebabkan karena adanya efek redaman yang dihasilkan oleh peredam nitrogen dan oksigen dengan massa *unbalance* 15 gram sebagai gaya pengeksitasinya. Efek redaman oksigen lebih baik untuk menurunkan rasio amplitudo pada *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan daripada menggunakan nitrogen.

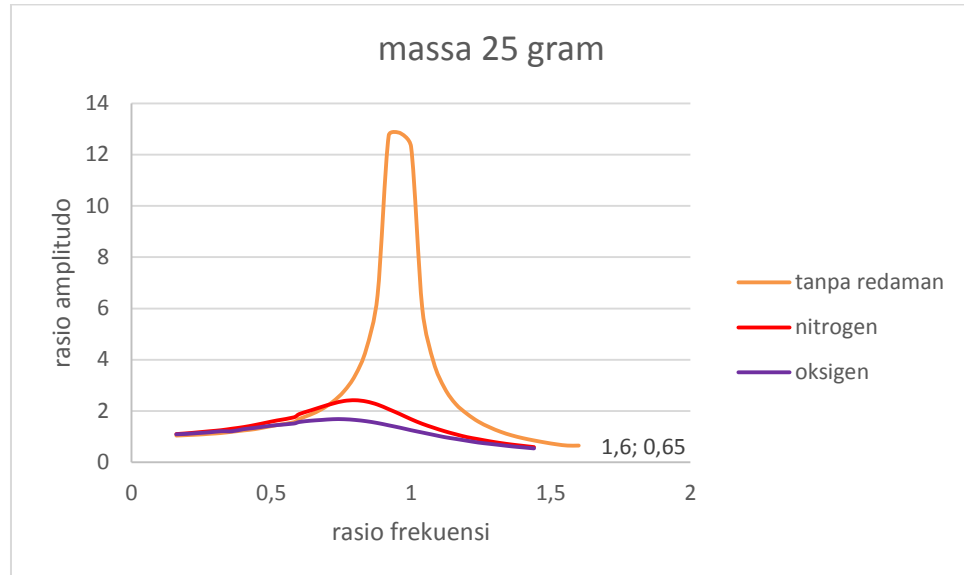
### 3. Massa *unbalance* 20 gram



Grafik 4.5.3. Pengaruh efek redaman terhadap massa 20 gram

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kurva respon frekuensi pada penurunan rasio amplitudo disebabkan karena adanya efek redaman yang dihasilkan oleh peredam nitrogen dan oksigen dengan massa *unbalance* 20 gram sebagai gaya pengeksitasinya. Efek redaman oksigen lebih baik untuk menurunkan rasio amplitudo pada *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan daripada menggunakan nitrogen.

#### 4. Massa unbalance 25 gram



Grafik 4.5.4. Pengaruh efek redaman terhadap massa 25 gram

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kurva respon frekuensi pada penurunan rasio amplitudo disebabkan karena adanya efek redaman yang dihasilkan oleh peredam nitrogen dan oksigen dengan massa *unbalance* 25 gram sebagai gaya pengeksitasinya. Efek redaman oksigen lebih baik untuk menurunkan rasio amplitudo pada *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan daripada menggunakan nitrogen.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat simulasi getaran paksa *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan massa *unbalance*, dapat disimpulkan bahwa:

- Pada pengujian getaran paksa tak teredam dengan interval kecepatan putaran motor 60 sampai 400 rpm dengan massa unbalance 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 25 gram didapatkan hasil pengujian yaitu pada pengujian getarna massa unbalance 10 gram mulai beresilasi pada putaran 110 rpm dan beresonansi pada putaran 230 rpm di amplitudo maksimum A+ 5,97 dan A- 6,71 mm, pada pengujian getaran massa unbalance 15 gram mulai beresilasi pada putaran 110 rpm dan beresonansi pada putaran 230 rpm di amplitudo maksimum A+ 10,3 dan A- 9,5 mm, pada pengujian getaran massa unbalance 20 gram mulai beresilasi pada putaran 110 rpm dan beresonansi pada putaran 240 rpm di amplitudo maksimum A+ 9,62 dan A- 10,6 mm, sedangkan pada pengujian getaran tak teredam pada massa unballance 25 gram mulai berisolasi pada putaran 70 rpm dan beresonansi pada putaran 240 rpm di amplitudo maksimum A+ 9,4 dan A- 14,7 mm
- Hasi pengujian getaran paksa teredam karena efek redaman oli nitrogen yaitu pada pengujian getaran massa unbalance 10 gram mulai beresilasi pada putaran 300 rpm dan beresonansi pada putaran 440 rpm di ampilitudo

maksimum A+ 5,97 dan A- 6,71 mm, pada pengujian getaran massa unbalance 15 gram mulai beresonansi pada putaran 240 rpm dan beresonansi pada putaran 440 rpm di amplitudo maksimum A+ 5,63 dan A- 5,82 mm, pada pengujian getaran massa unbalance 20 gram mulai beresonansi pada putaran 220 rpm dan beresonansi pada putaran 400 rpm di amplitudo maksimum A+ 5,8 dan A- mm, sedangkan pada pengujian getaran massa unbalance 25 gram mulai beresonansi pada putaran 220 dan beresonansi pada putaran 400 rpm.

- Efek redaman nitrogen sangat berpengaruh terhadap penurunan amplitudo dan memperlambat sistem beresonansi sehingga bisa mencegah kerusakan pada sistem yang bergetar.
- Data hasil pengujian alat simulasi getaran paksa vibration apparatus adanya perbedaan disebabkan oleh banyak faktor yaitu kurangnya tingkat ketelitian pada saat pengukuran, adanya gesekan antar rangka vibration apparatus yang menyebabkan pengukuran LVDT tidak maksimal. Dengan adanya faktor penghambat tersebut, maka akan berpengaruh dalam pengujian alat.

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan, maka ada beberapa saran untuk melakukan penelitian lanjutan tentang pengujian getaran paksa massa unbalance pada vibration apparatus sistem satu derajat kebebasan, yaitu:

- Lebih teliti lagi dalam pengambilan data karena banyak faktor yang mempengaruhi pengujian seperti: gesekan yang berlebihan pada batang atau rangka vibration apparatus karena sudah lama tidak dipergunakan. Untuk itu, sebelum melakukan pengujian harus diberikan pelumas agar tidak terjadi gesekan yang berlebihan.
- Pengukuran amplitudo menggunakan perekam yang ditampilkan kembali di komputer dengan software tertentu agar mempermudah pengambilan data.
- Dikembangkan lagi dalam penelitian berikutnya agar mendapatkan hasil pengujian yang lebih bervariasi tentang karakteristik getaran menggunakan *vibration apparatus* sistem satu derajat kebebasan teredam.
- Bisa dijadikan alat uji getaran mekanik pada mata kuliah getaran mekanik agar mahasiswa dapat mengetahui fenomena yang terjadi pada vibration apparatus sehingga mengerti materi getaran mekanik bukan hanya teori saja.

## DAFTAR PUSTAKA

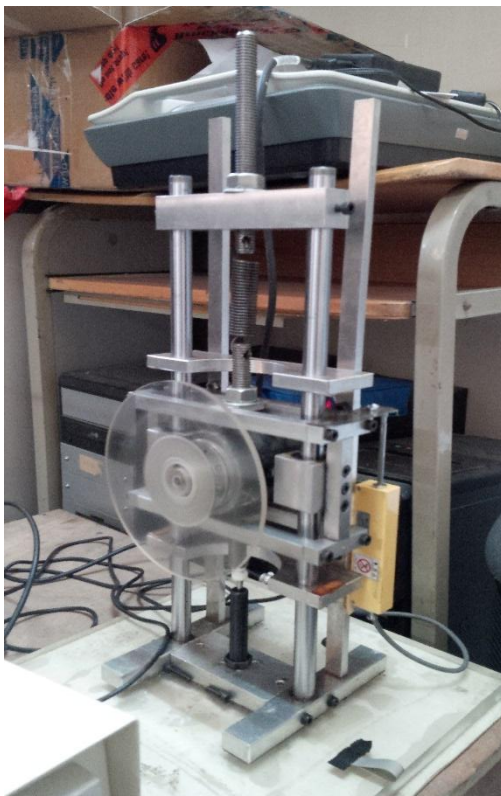
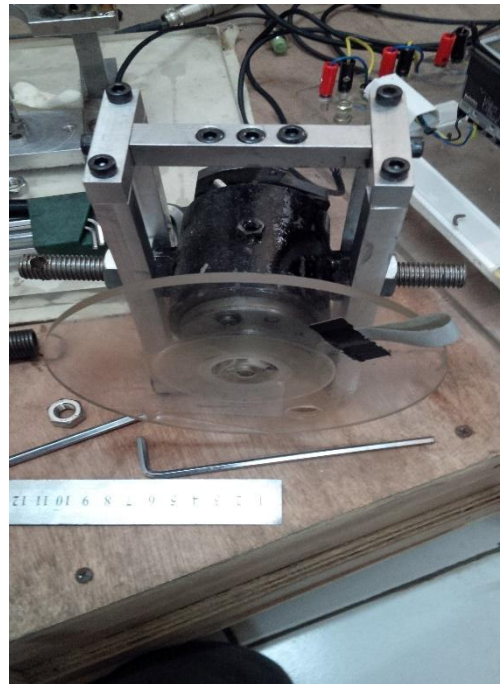
- Meirovites, L, *Element of Vibration*, McGraw-Hill, Inc, 1975
- S.G. Kelly, *Theory and Problems of Mechanical Vibration*, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, New York, 1996
- S. Rao Singiresu, 1995. *Mechanical Vibration*. Third Edition, United States Of america: Addison weasley publishing company.
- Bolton, W, *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*, Erlangga, Jakarta
- Thomson T.William, 1986. *Teori Getaran dengan Penerapan*, terj. Lea Prasetyo. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hutahaean, Ramses, 2012. *Getaran Mekanik*, penerbit Andi, Yogyakarta.
- K. Tungga B, 2011. *Dasar-dasar Getaran Mekanik*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sugiyono, 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung
- PT Toyota-Astra Motor, 2011. *New Step 1 Training Manual*, Toyota-Astra Motor Training Center. Jakarta



# LAMPIRAN

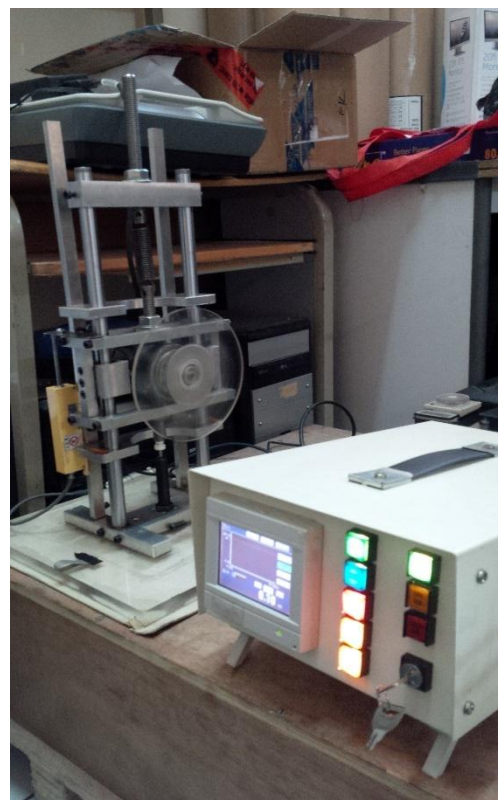
## DAFTAR LAMPIRAN

Persiapan pengujian

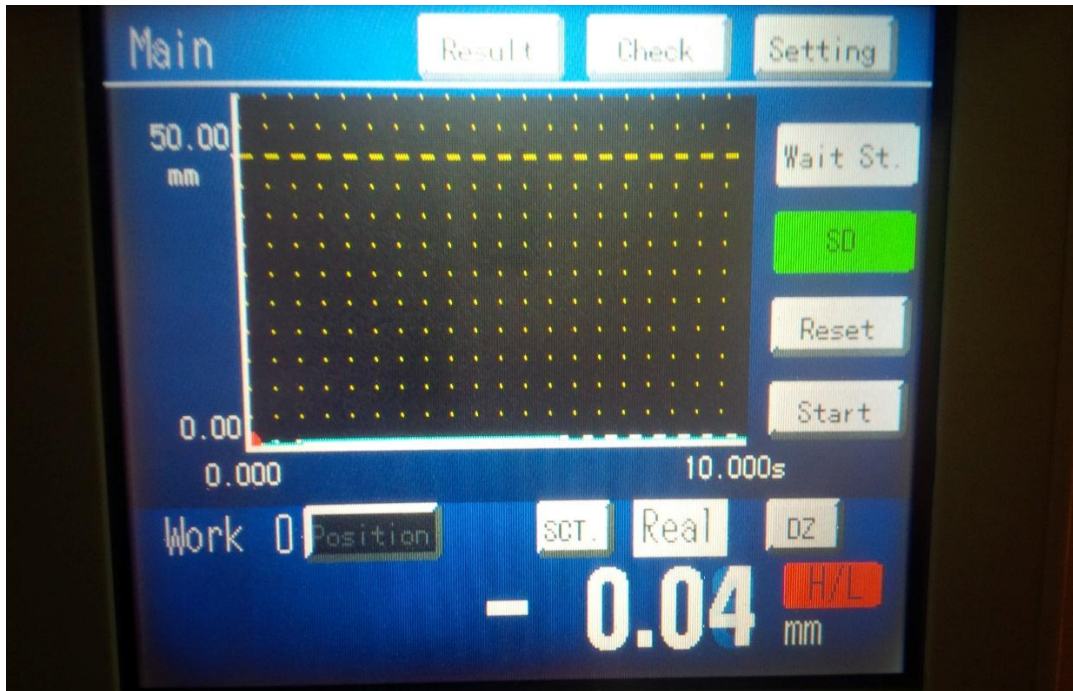




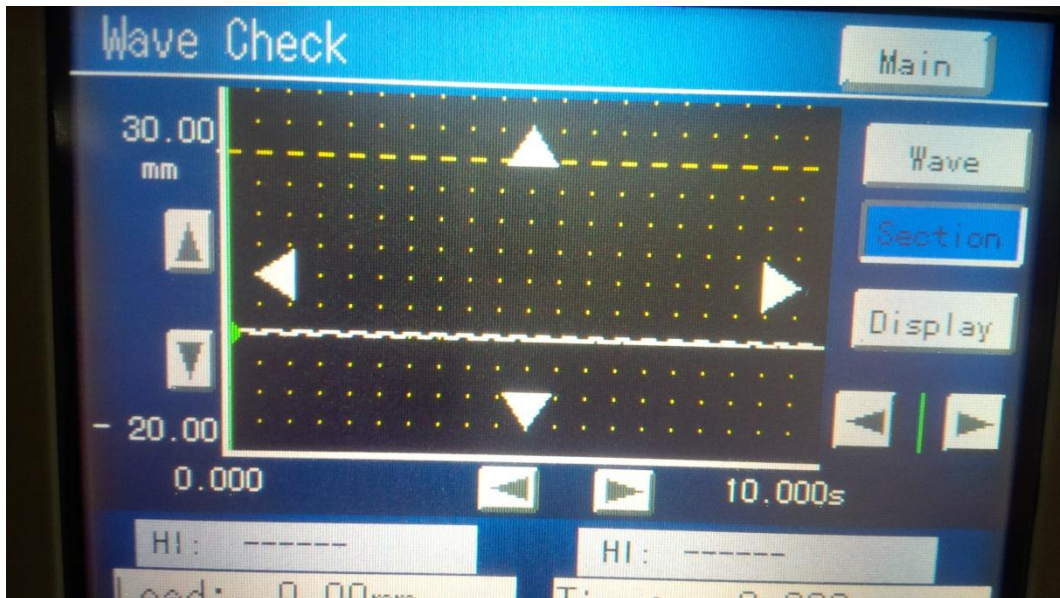
Pengujian getaran tak teredam massa  
*unbalance* 10 gram putaran 140 RPM



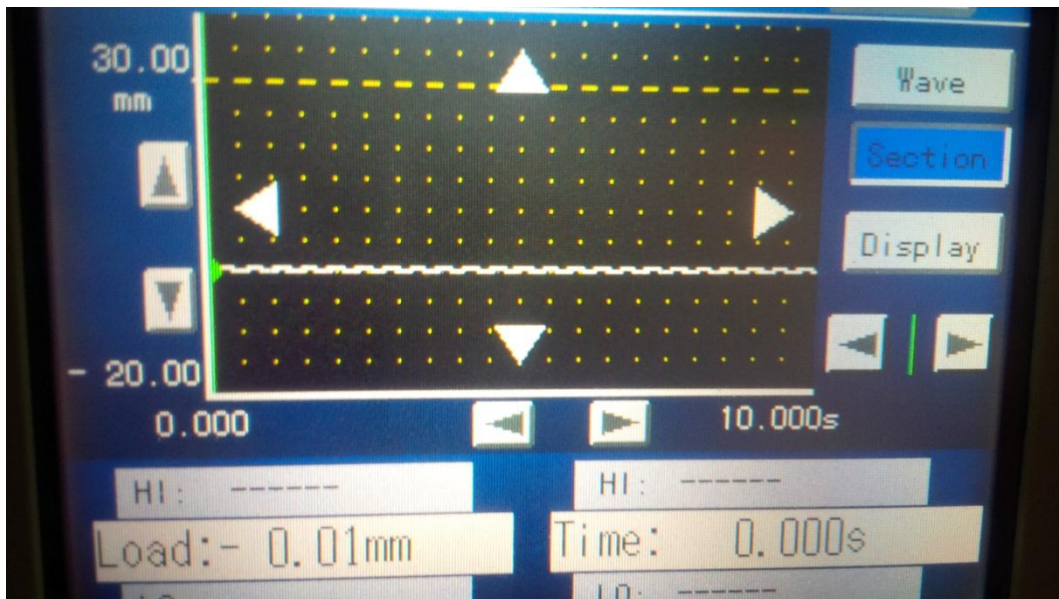




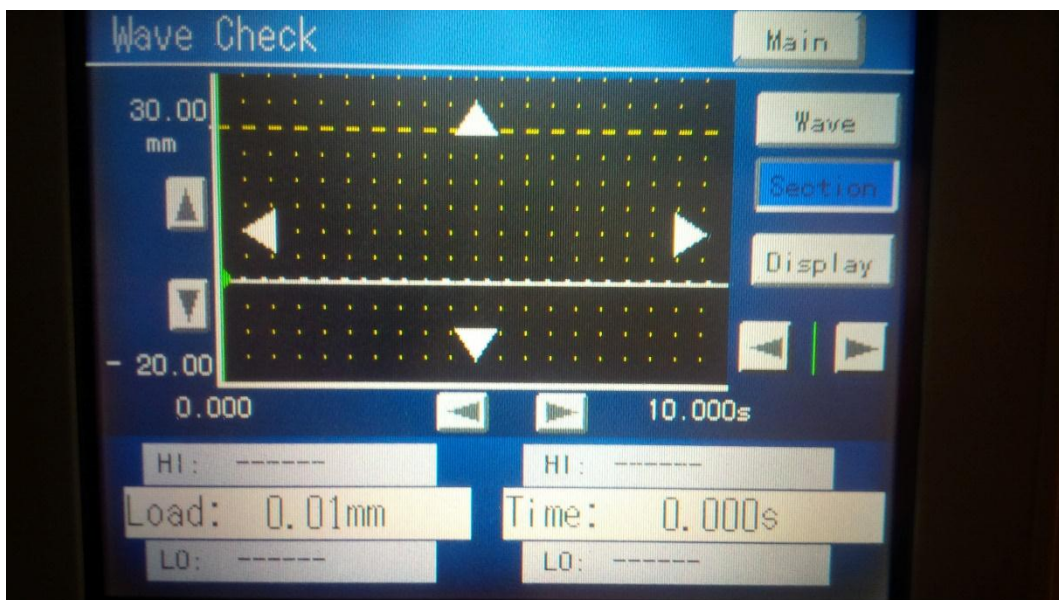
Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 150 RPM



Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 150 RPM

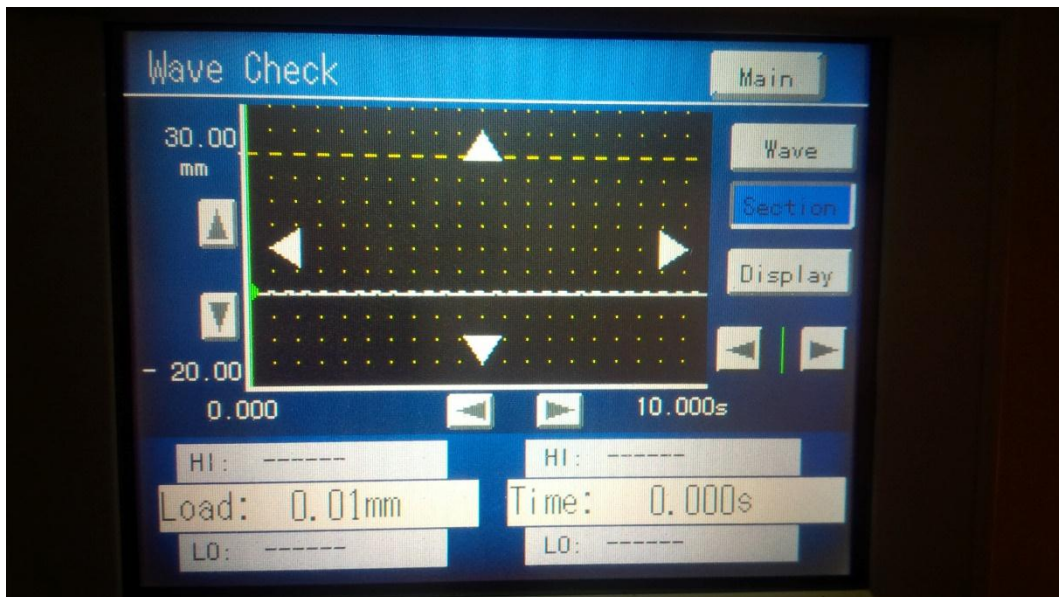


Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 160 RPM

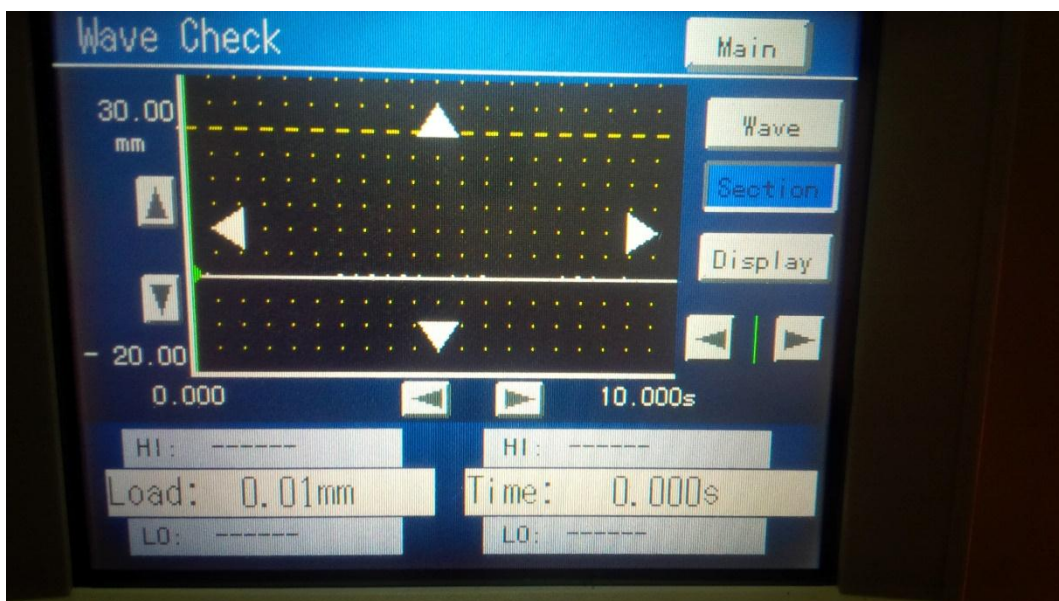


Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 170 RPM

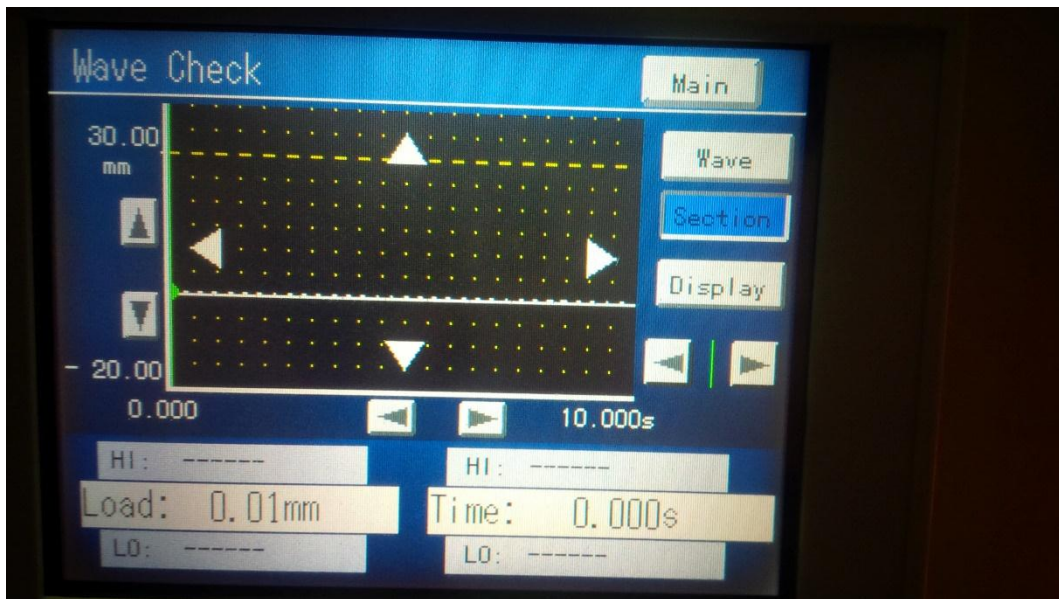




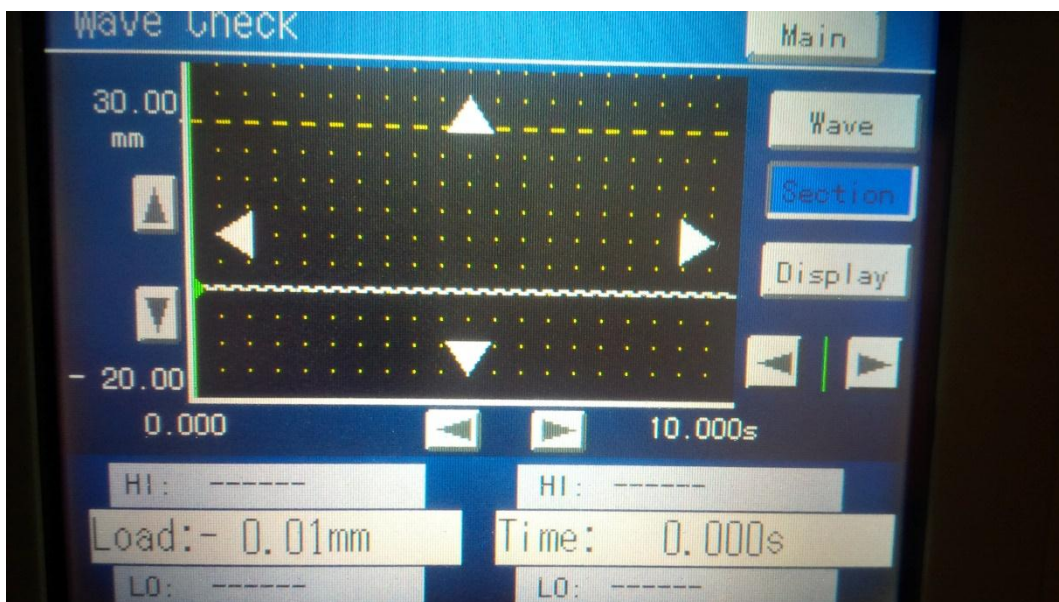
Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 180 RPM



Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 190 RPM

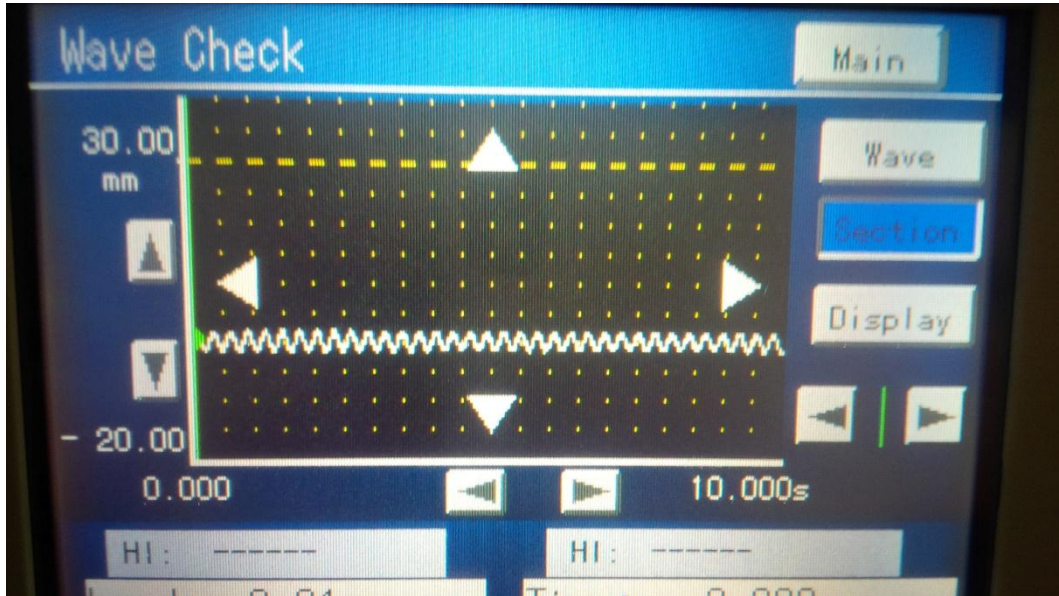


Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 200 RPM

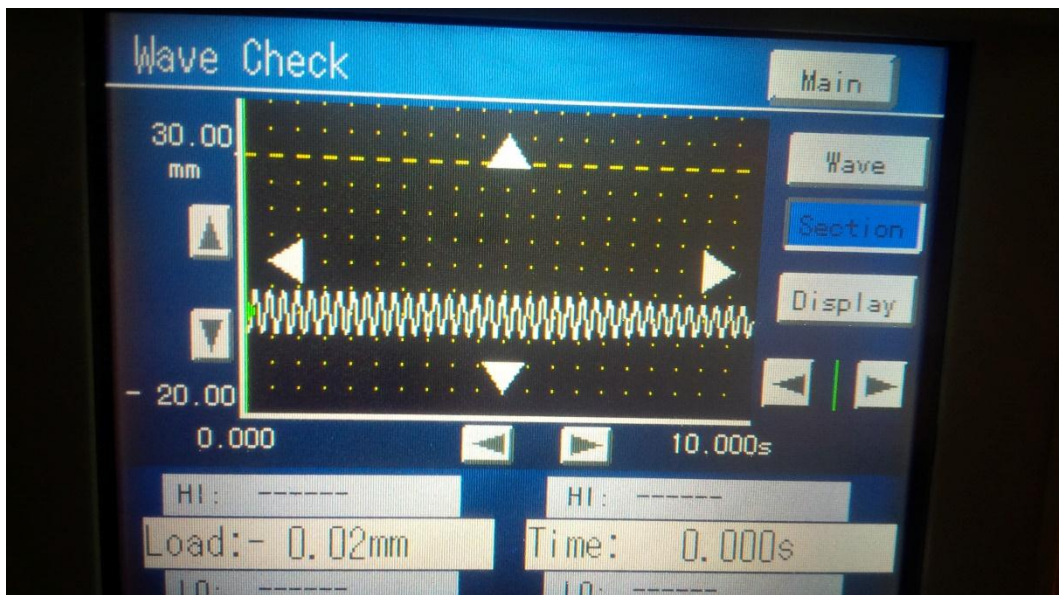


Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 210 RPM

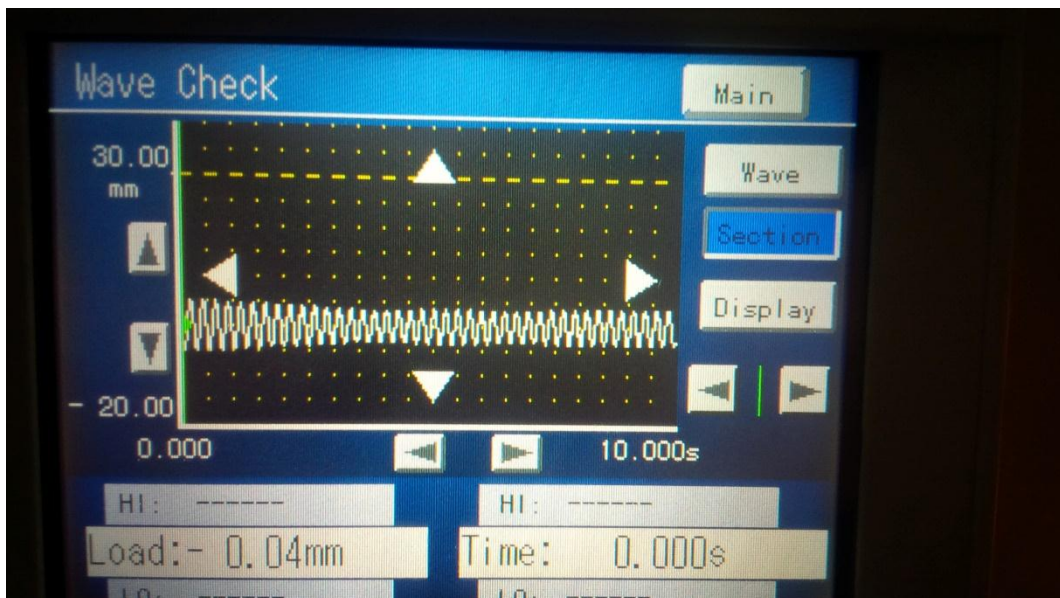
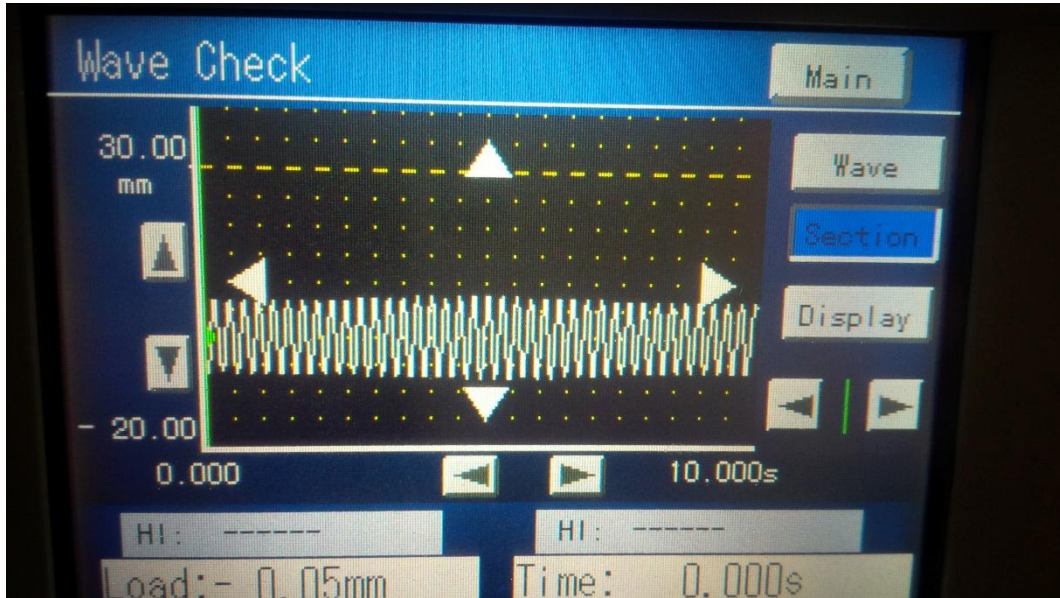


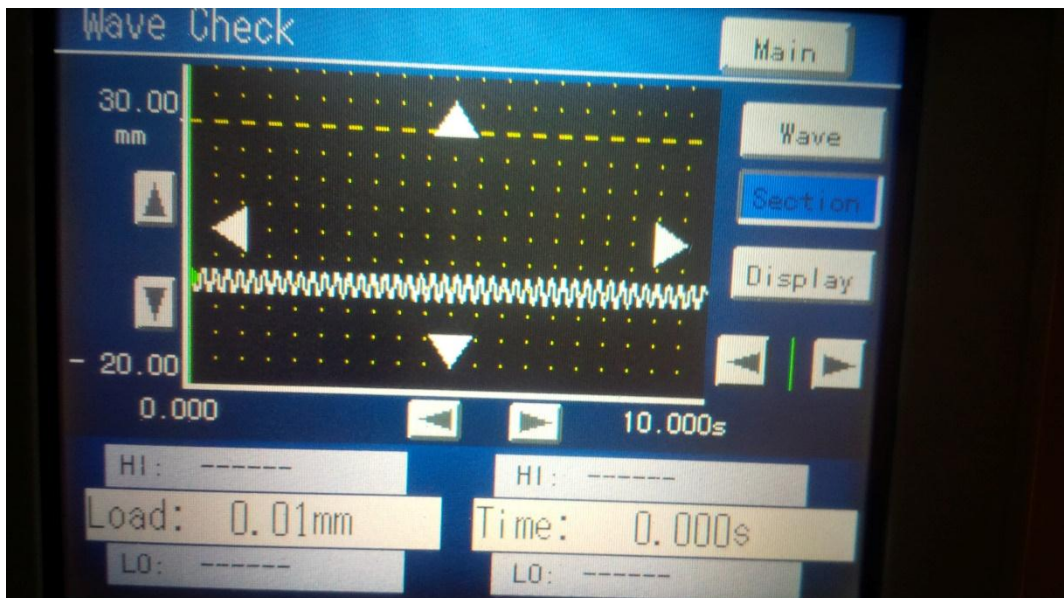
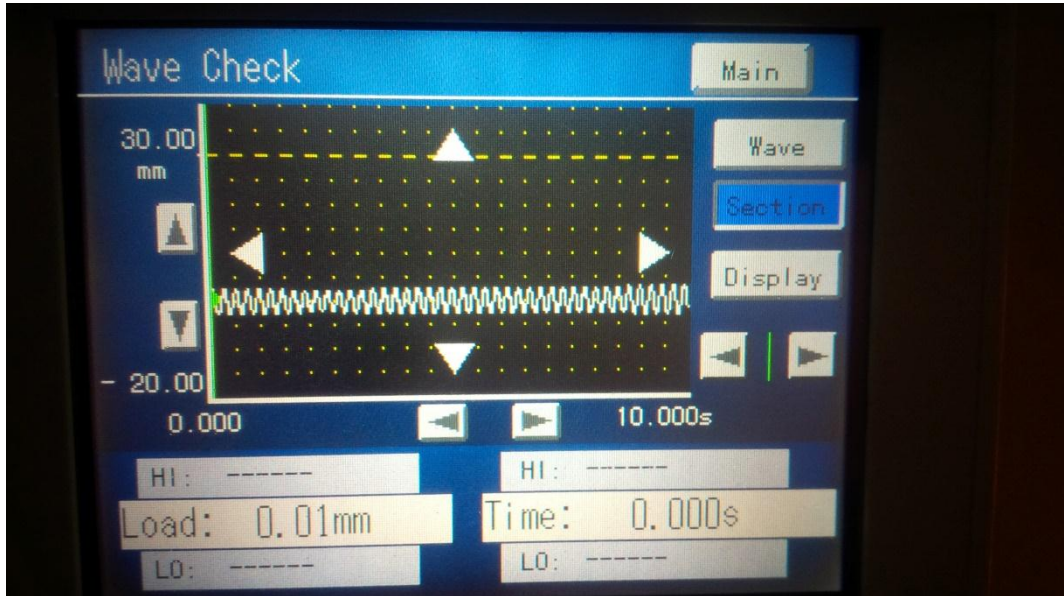


Pengujian getaran tak teredam massa *unbalance* 10 gram putaran 220 RPM

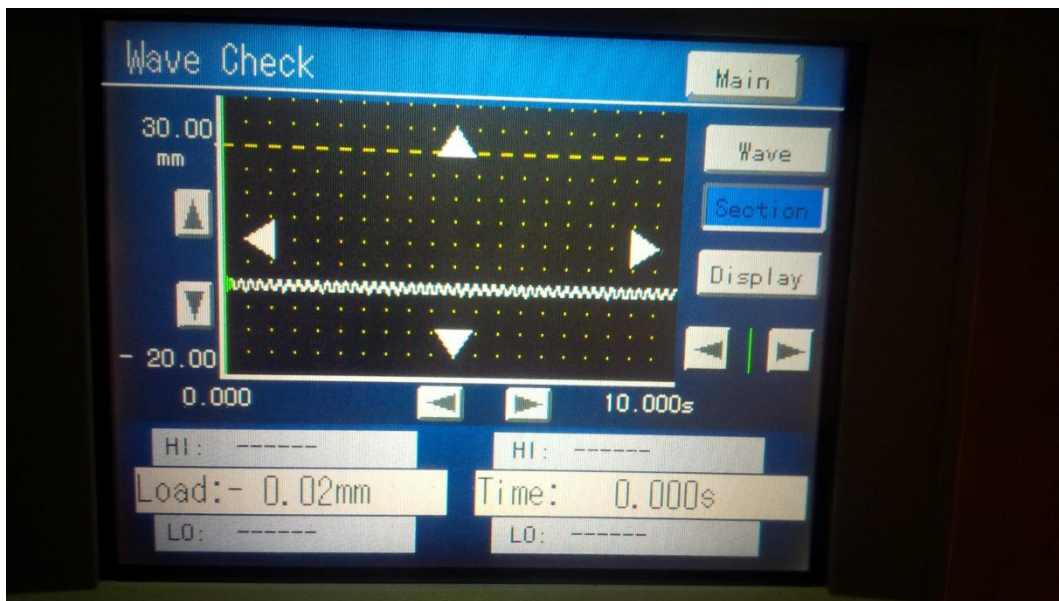
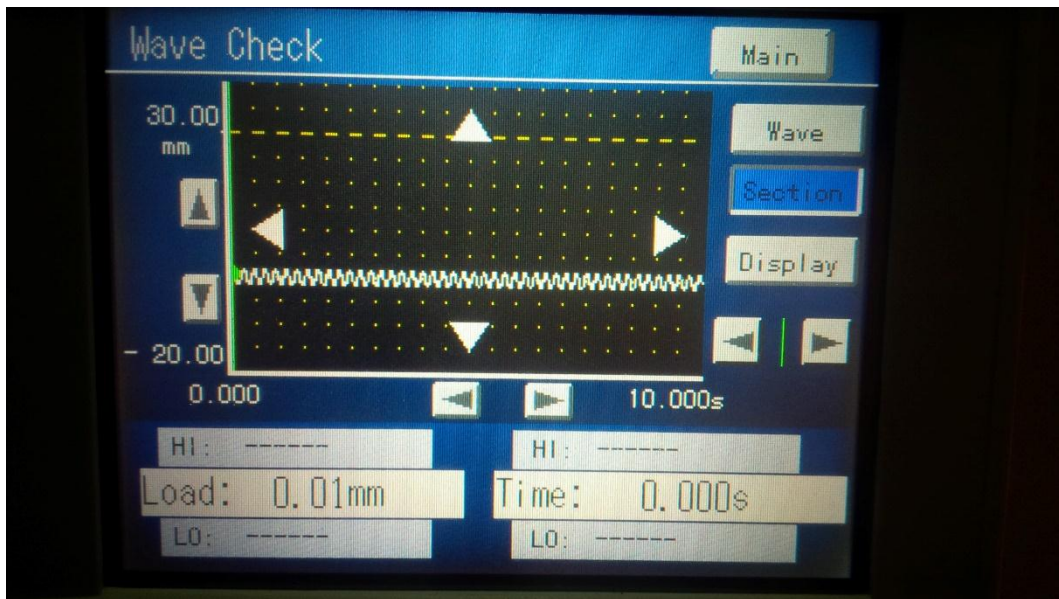


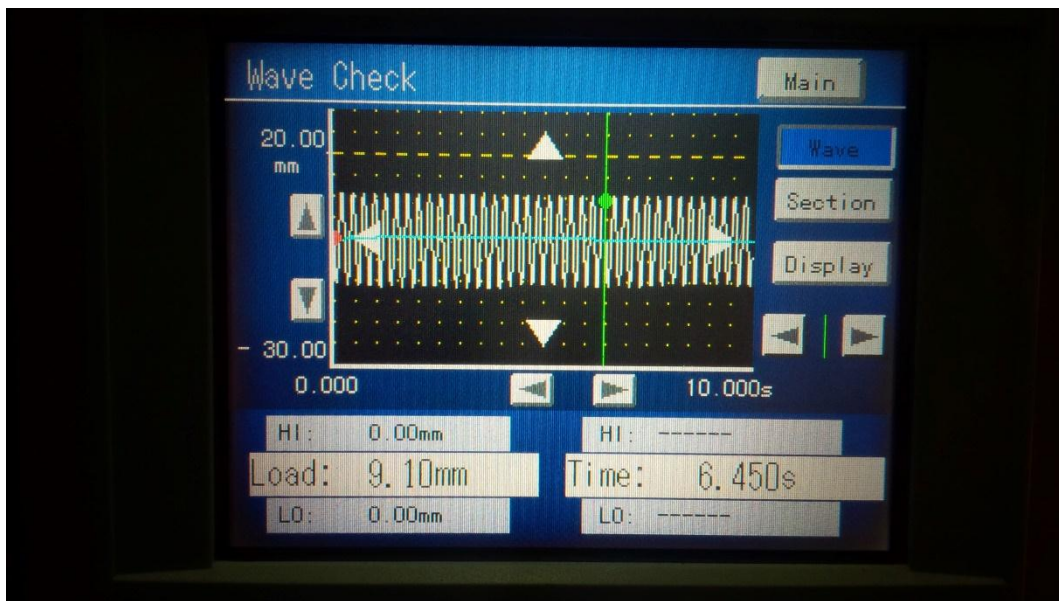
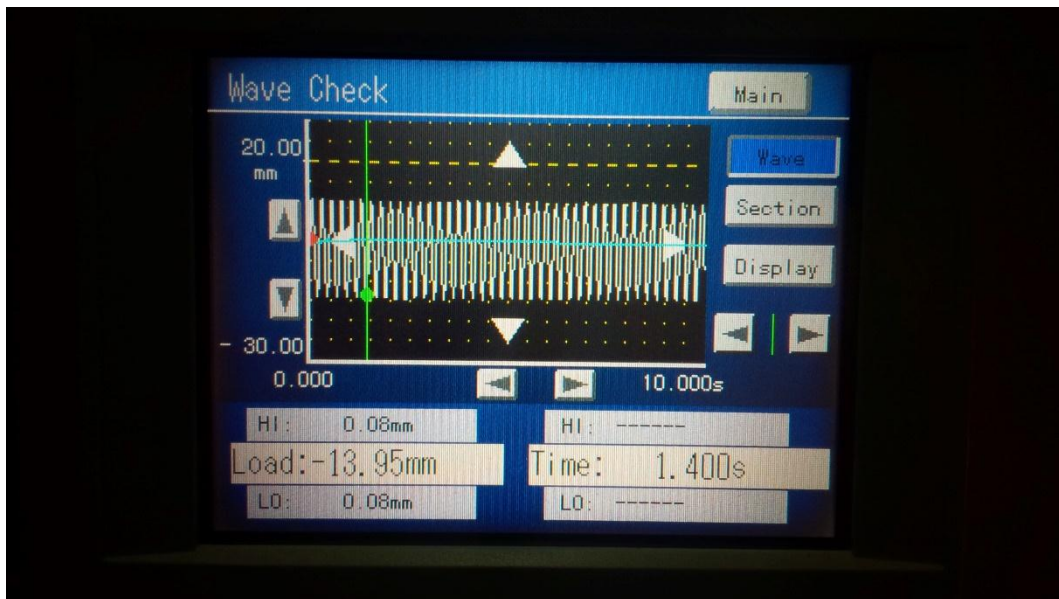




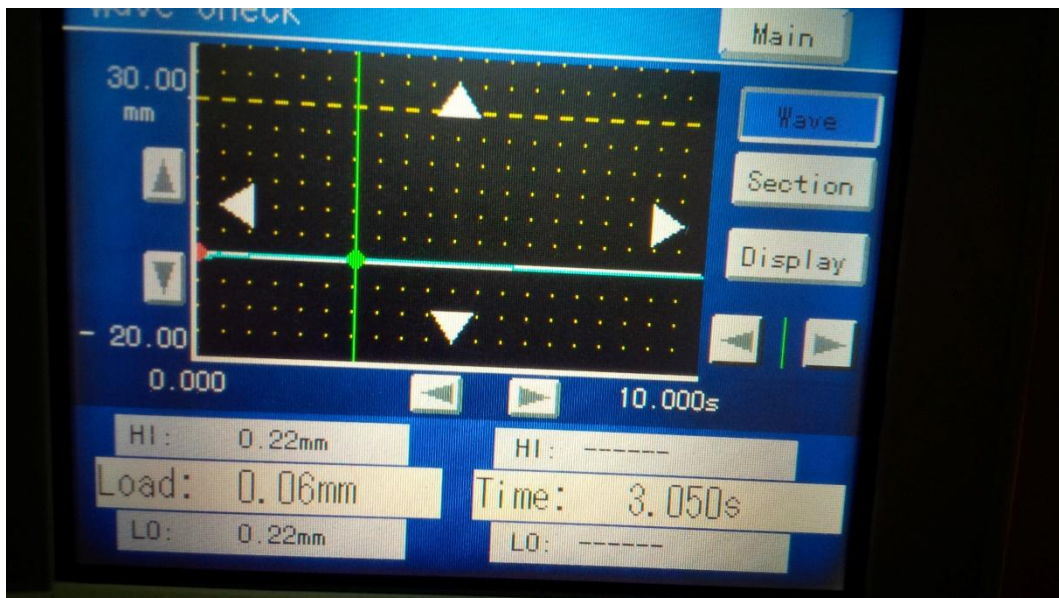
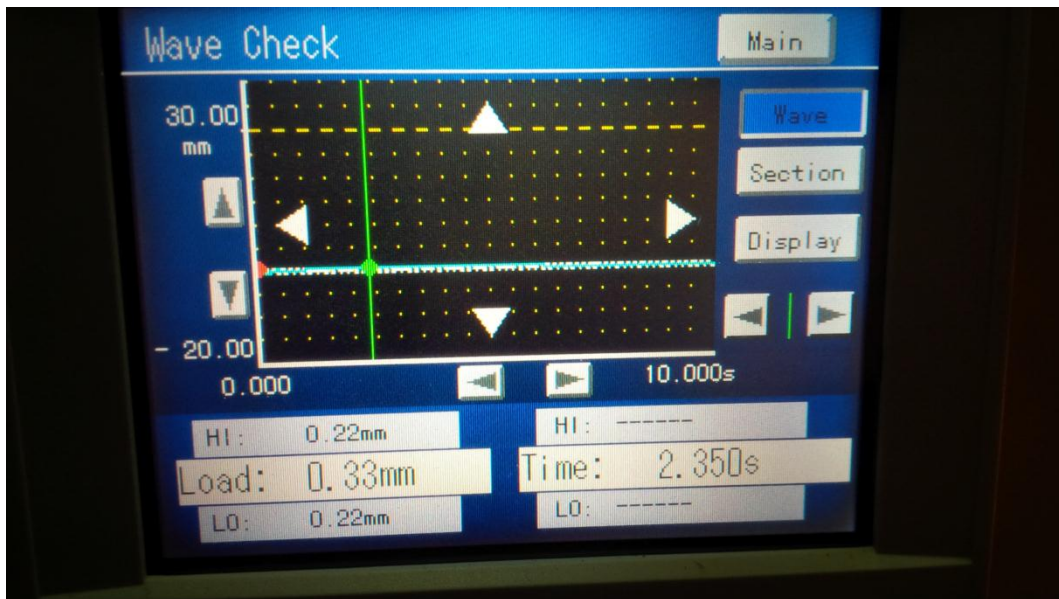






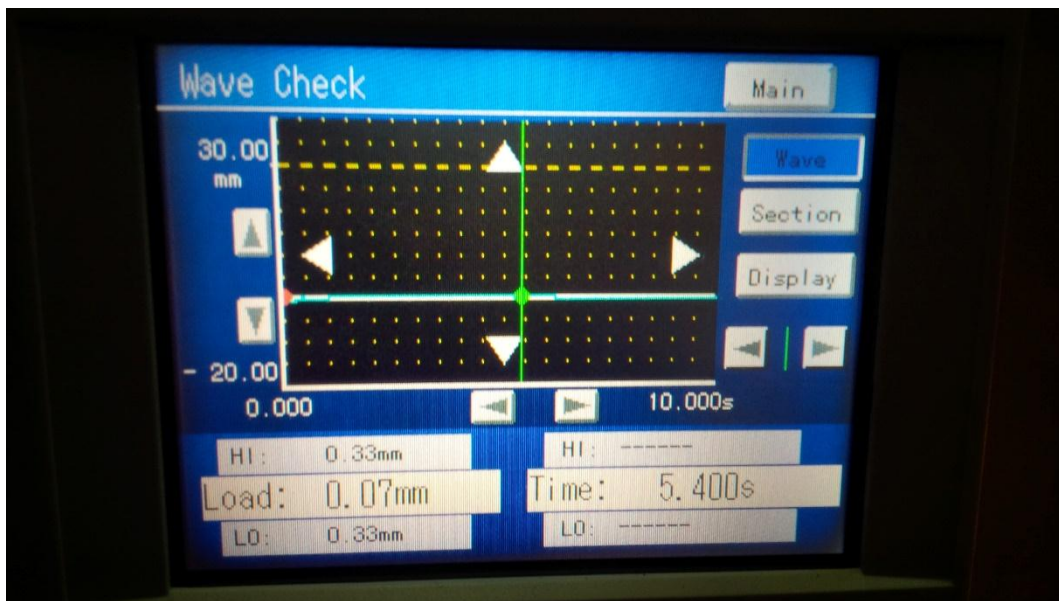
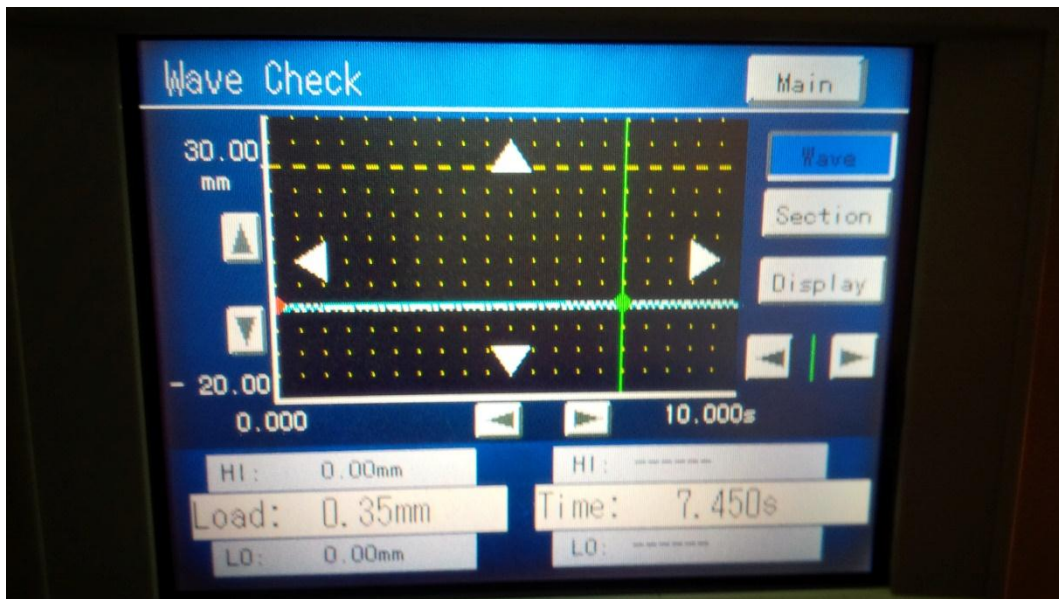


Pengujian putaran 150 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 10 gram

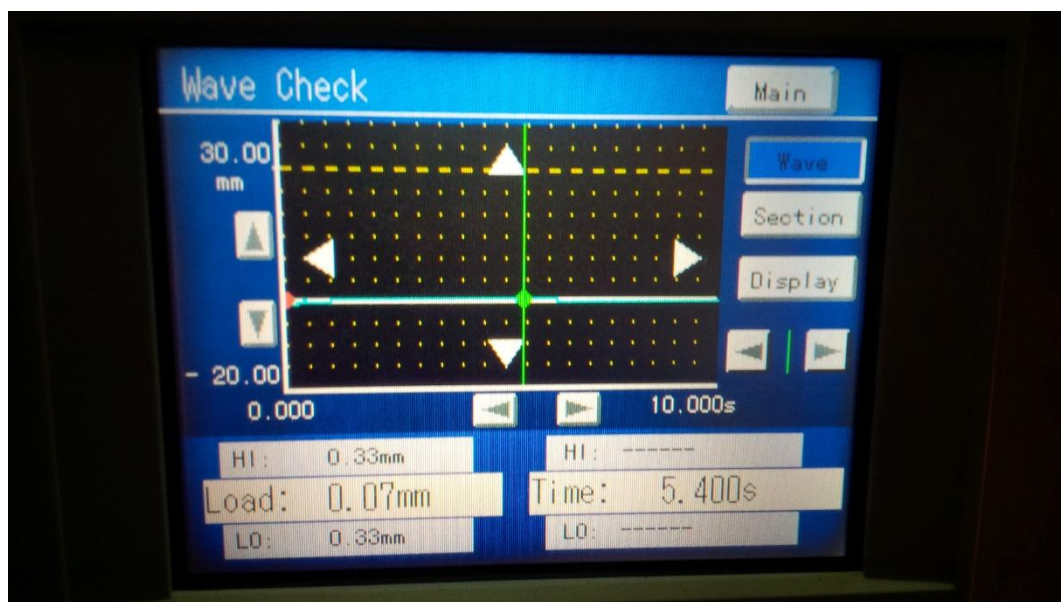
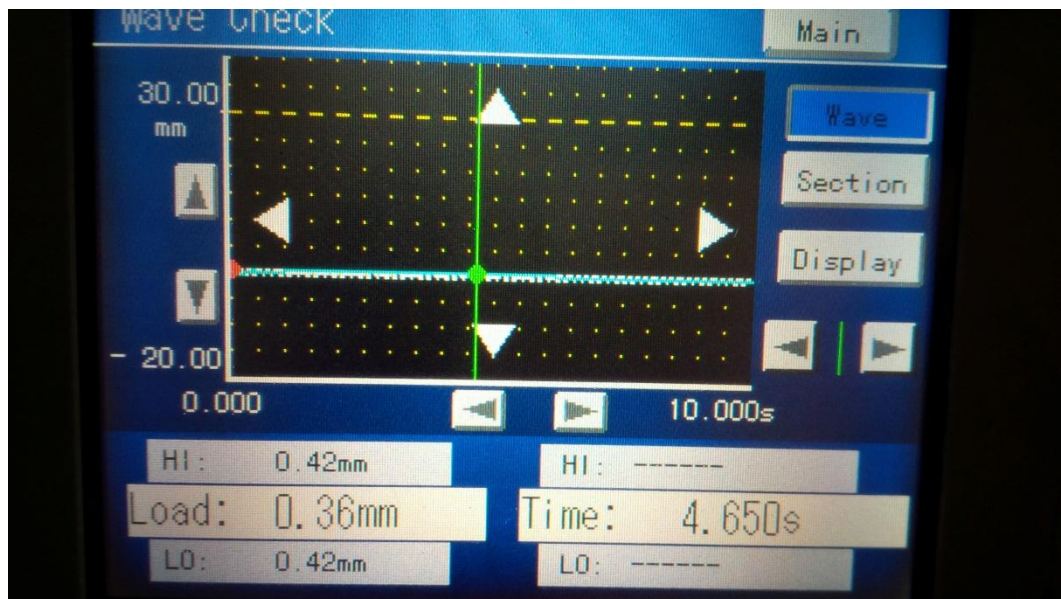




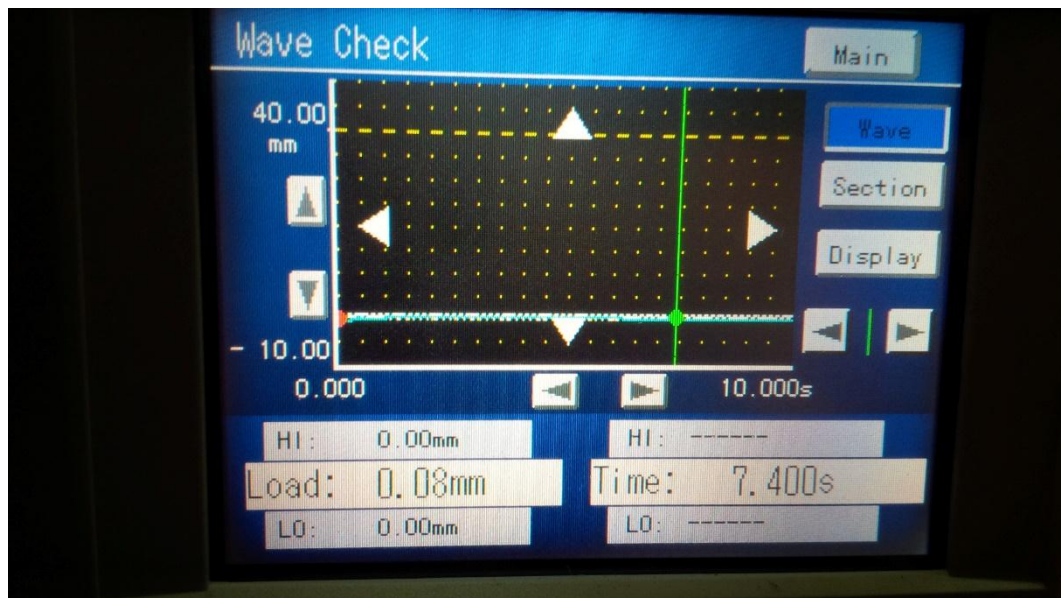
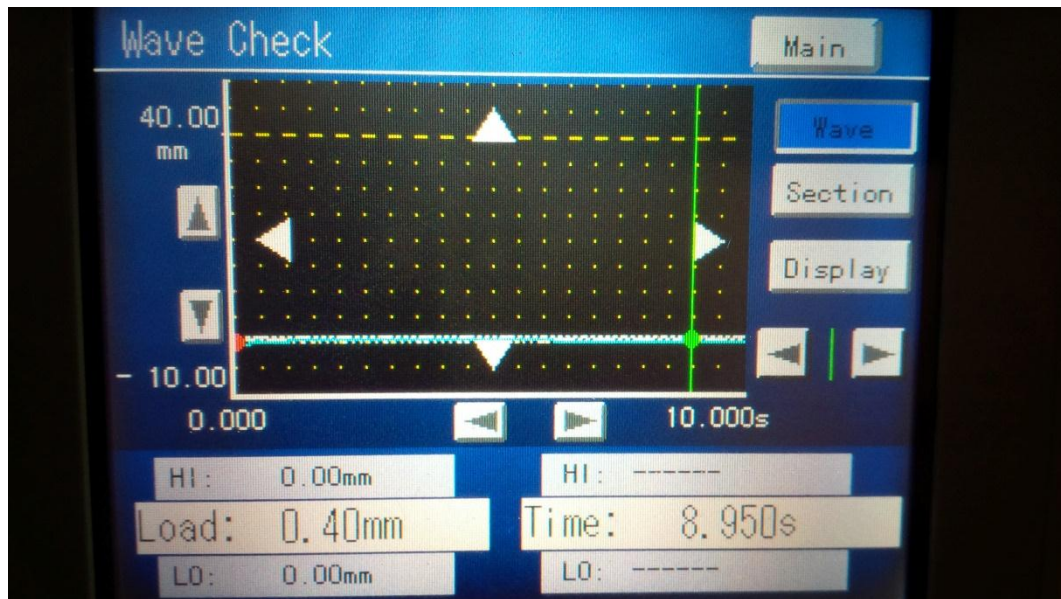
Pengujian putaran 160 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 10 gram



Pengujian putaran 170 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 10 gram

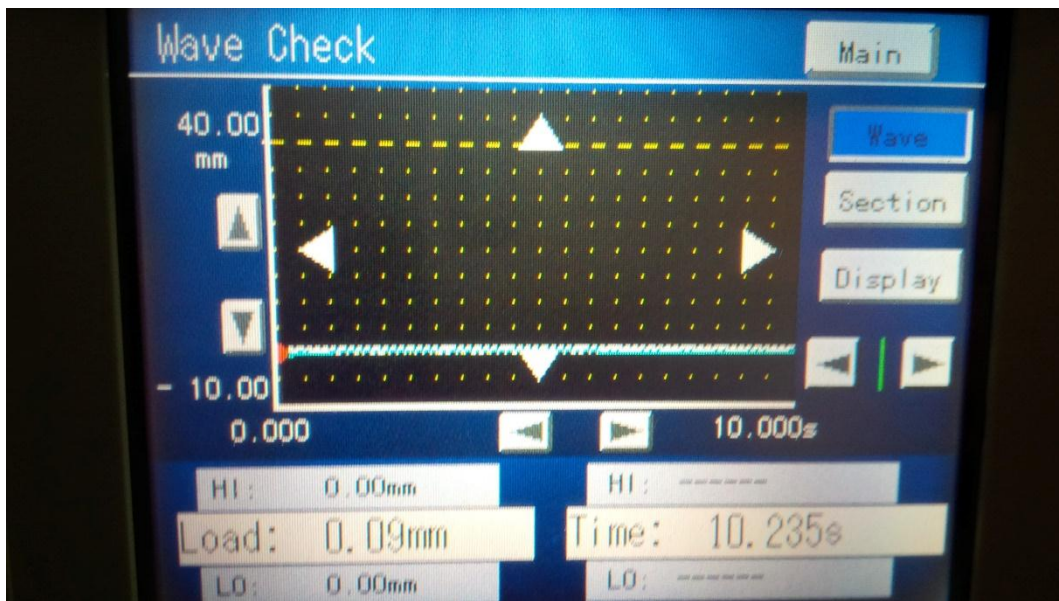
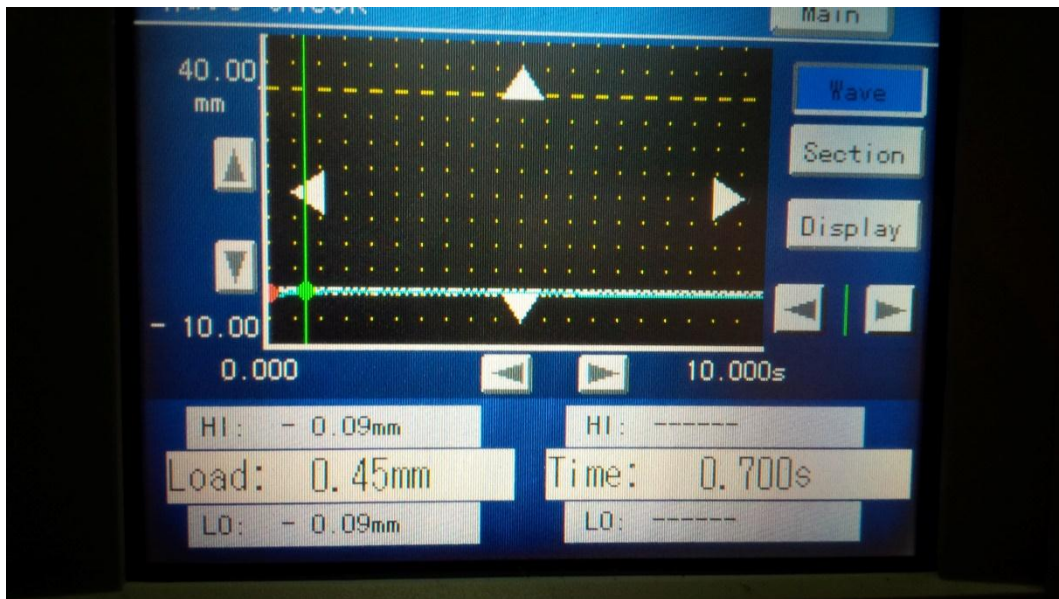


Pengujian putaran 180 RPM efek redaman nitrogenem massa *unbalance* 10 gram

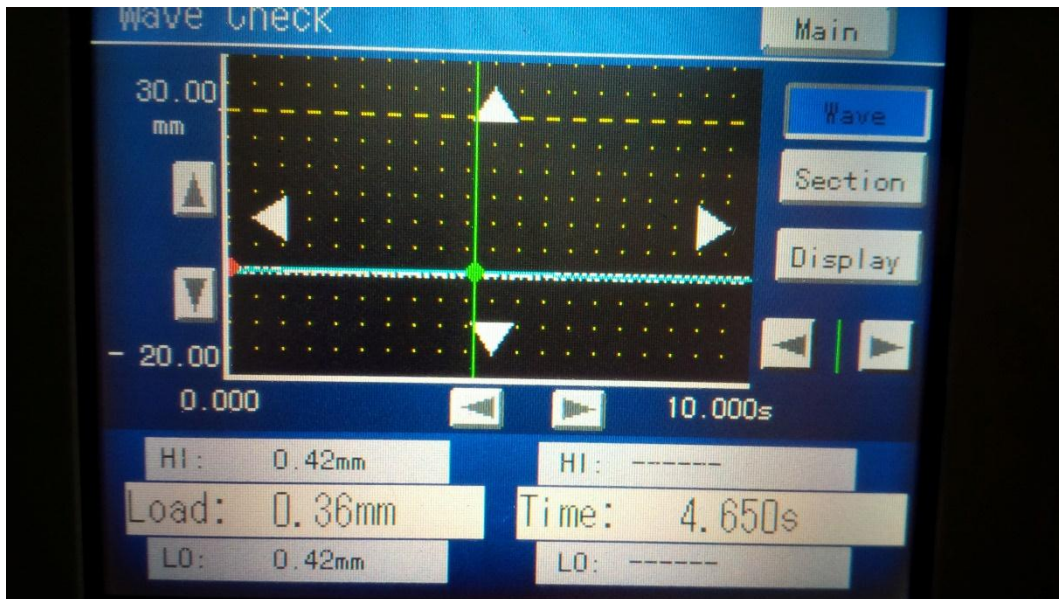




Pengujian putaran 190 RPM efek redaman nitrogenem massa *unbalance* 10 gram

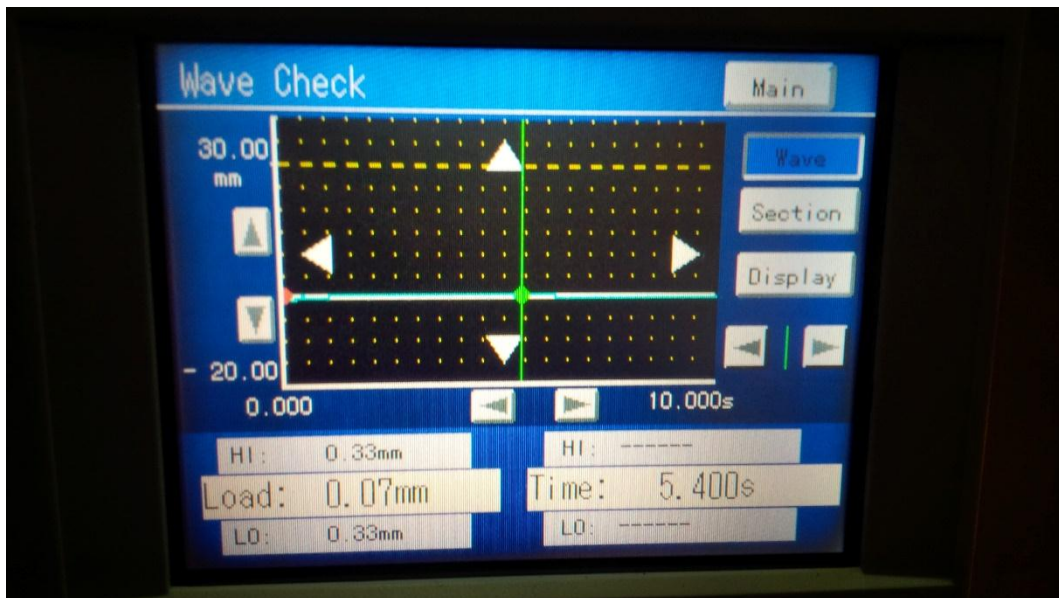
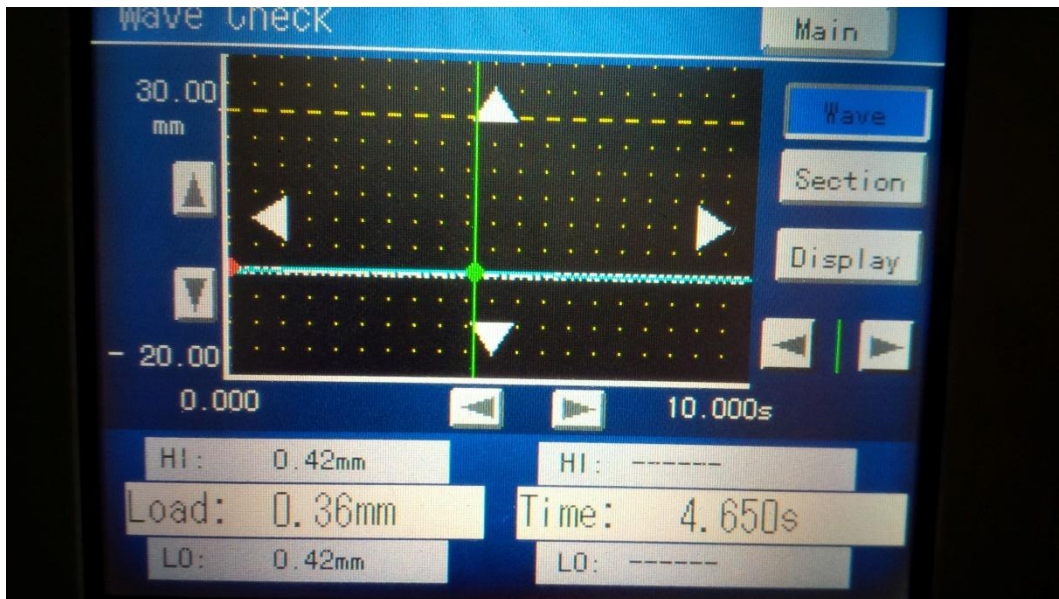


Pengujian putaran 140 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 15 gram

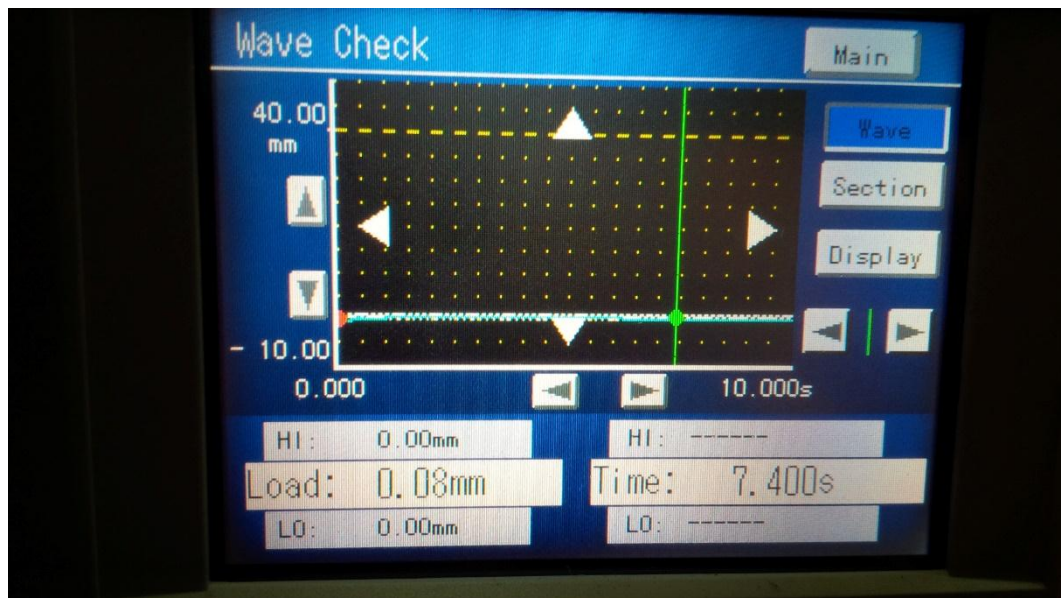
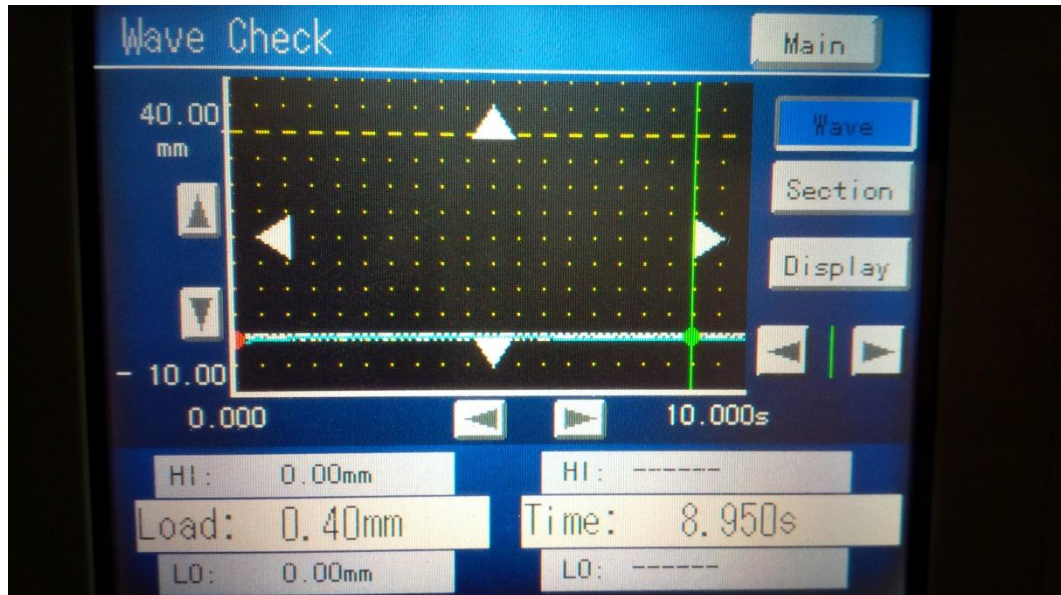




Pengujian putaran 150 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 15 gram

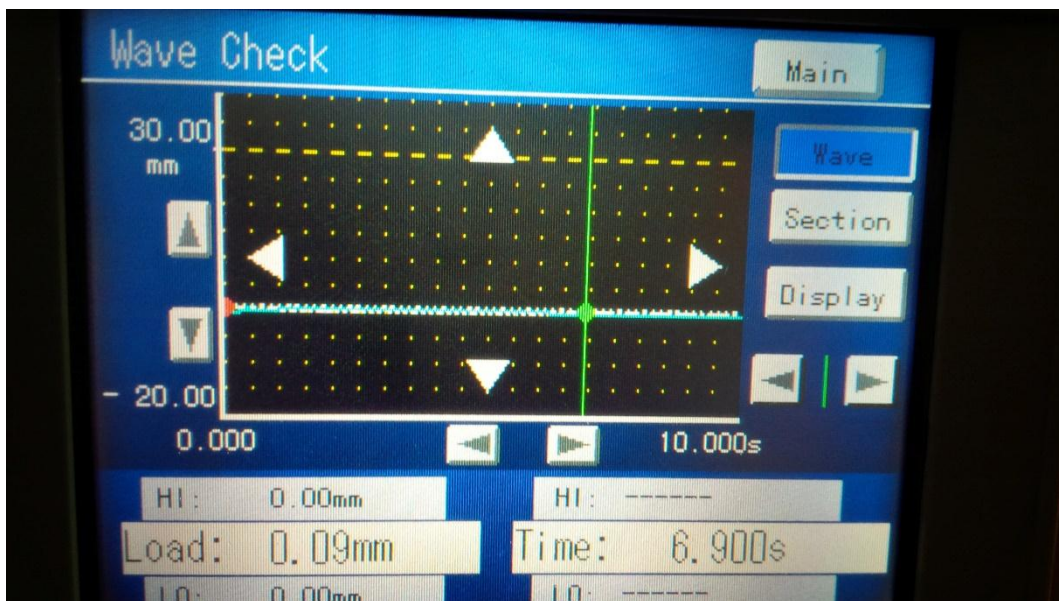
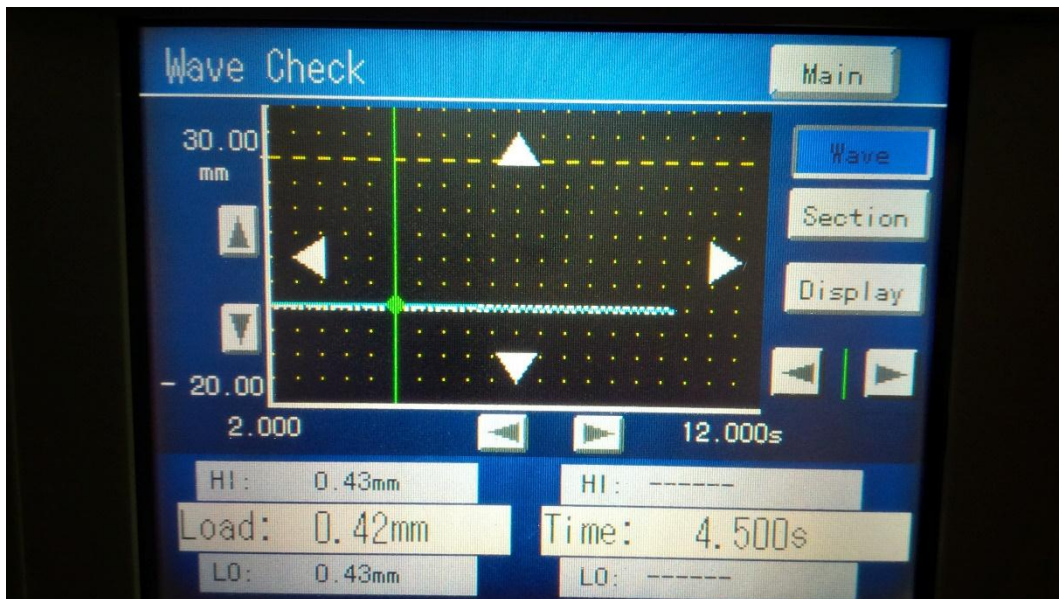


Pengujian putaran 160 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 15 gram

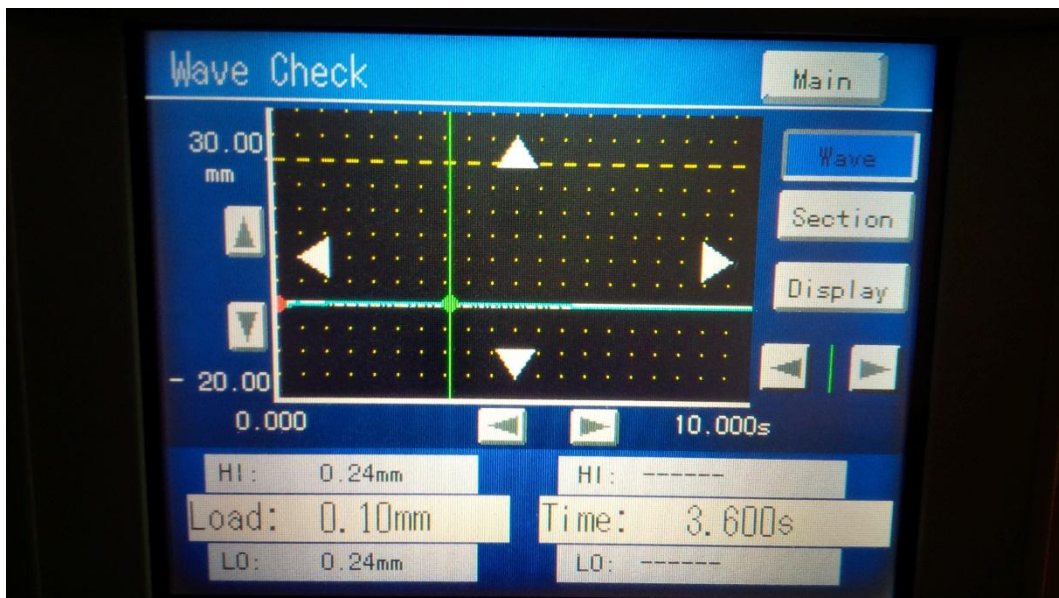
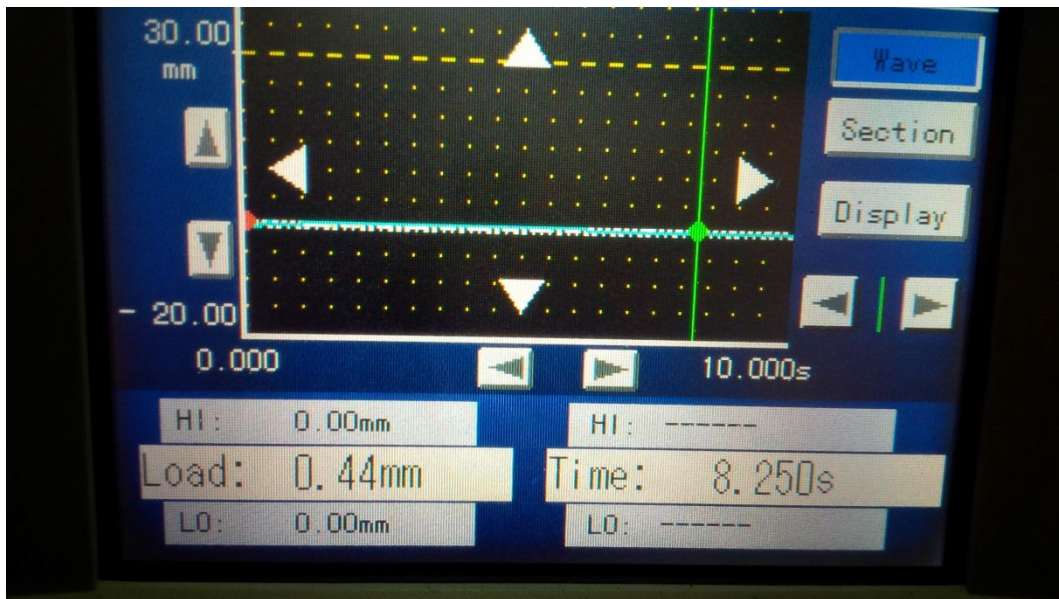




Pengujian putaran 120 RPM efek redaman nitrogemmassa *unbalance* 20 gram

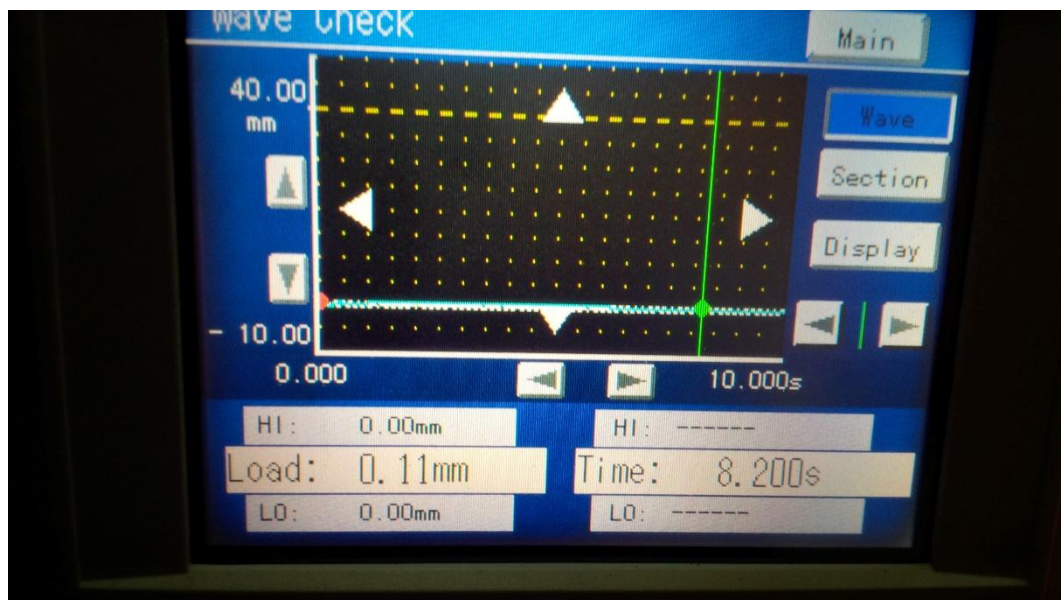
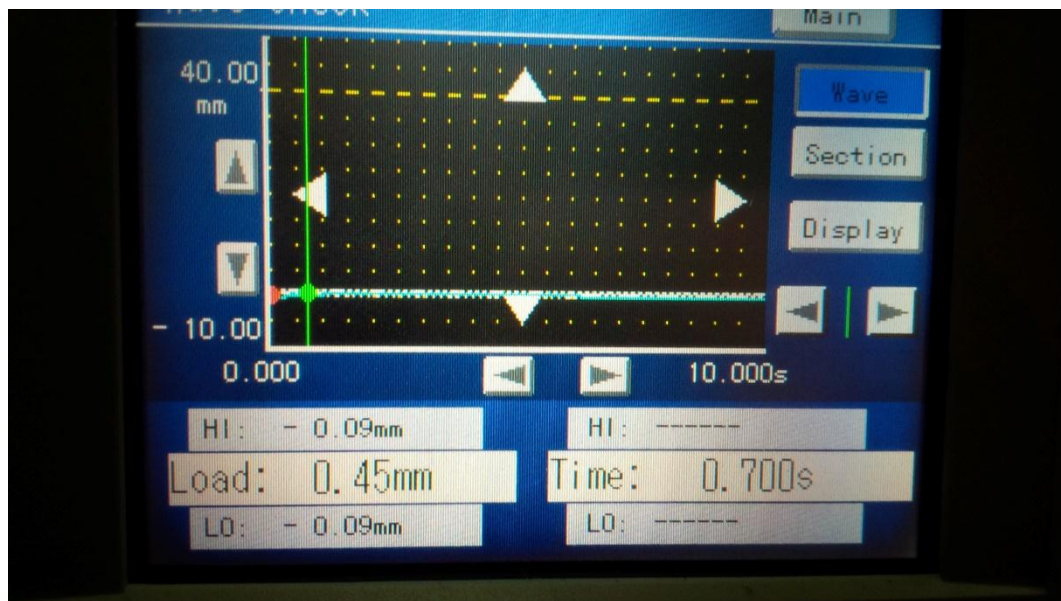


Pengujian putaran 130 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 20 gram

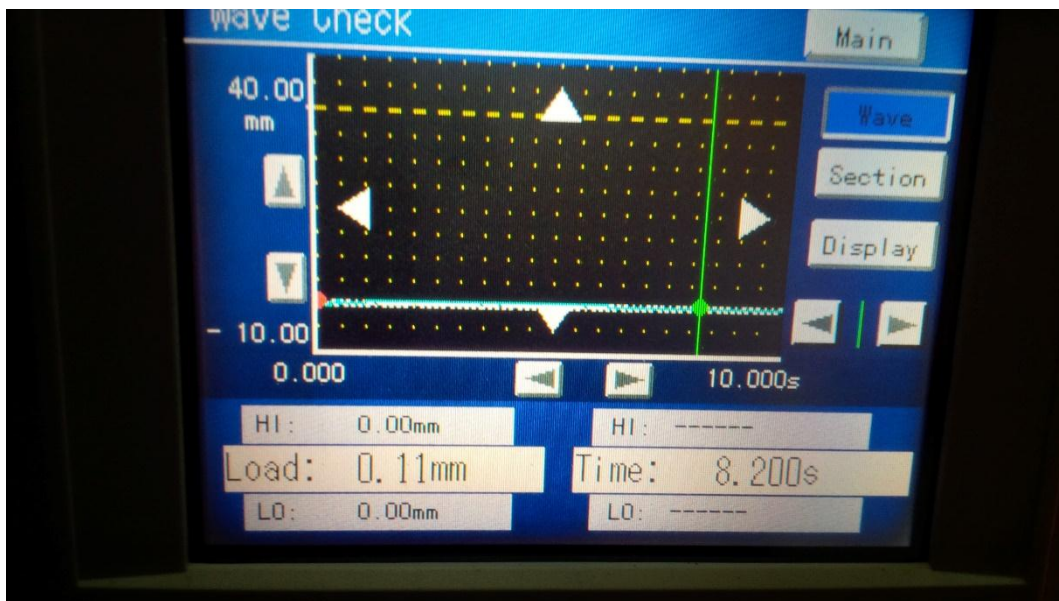
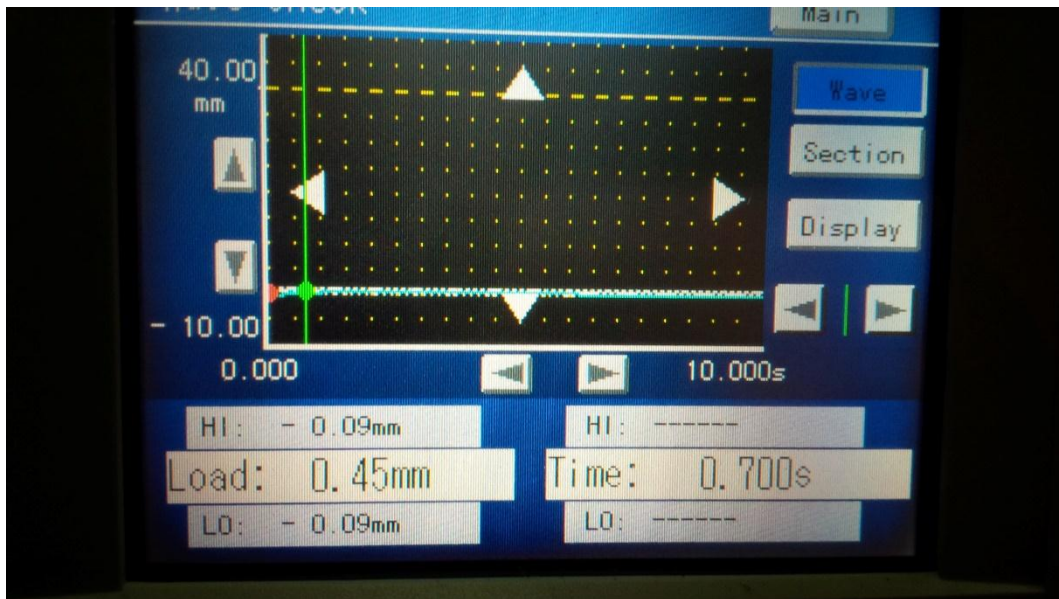




Pengujian putaran 140 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 20 gram

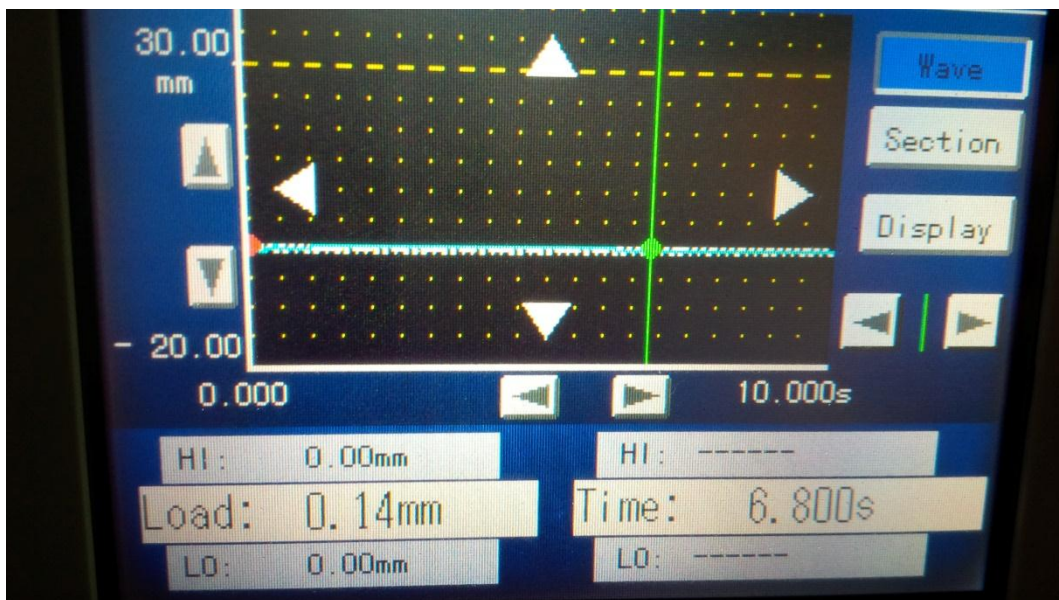
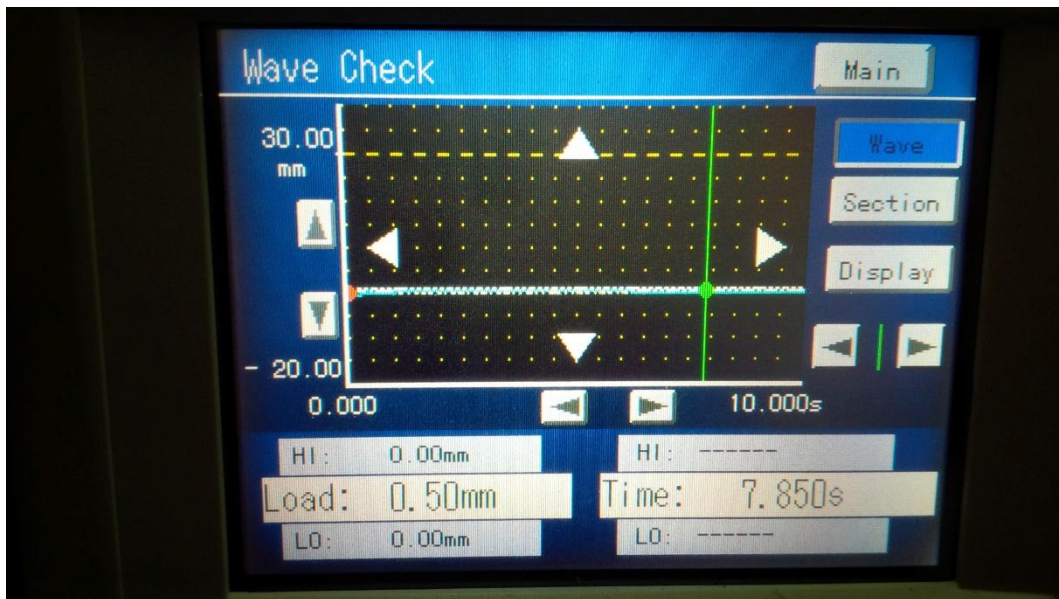


Pengujian putaran 110 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 25 gram

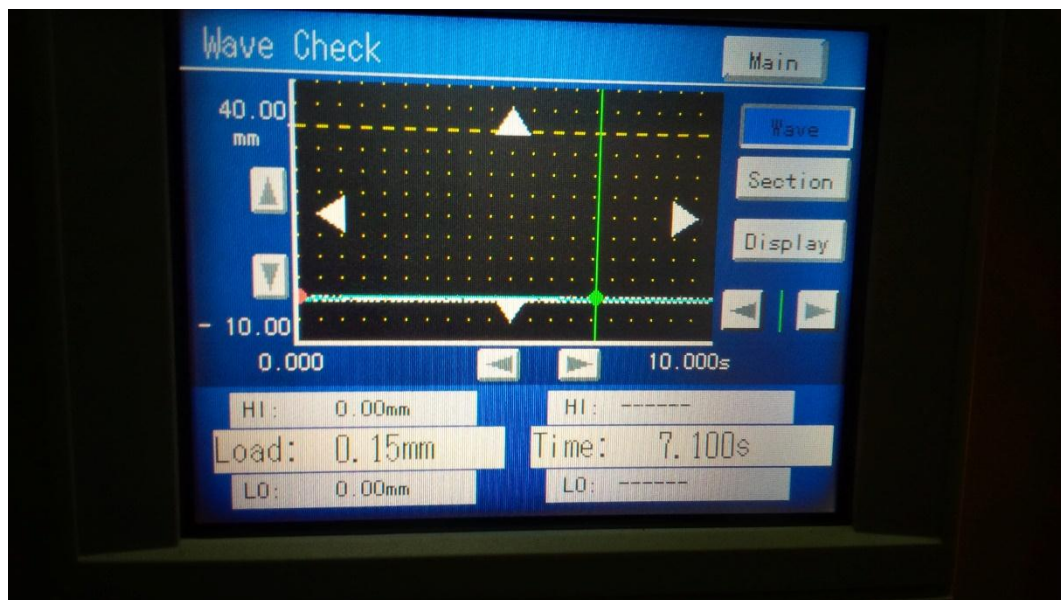
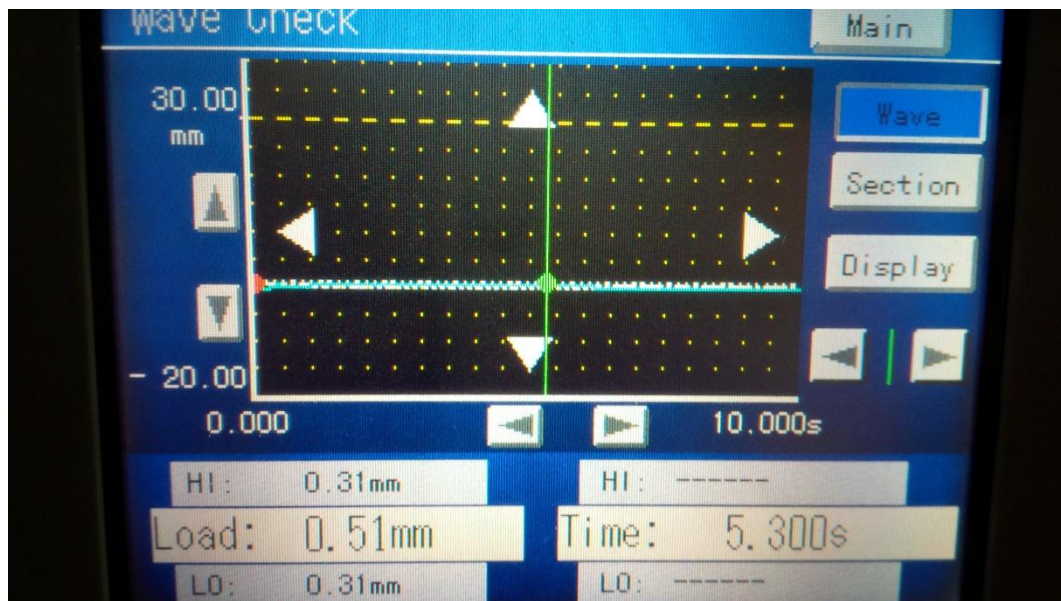




Pengujian putaran 120 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 25 gram

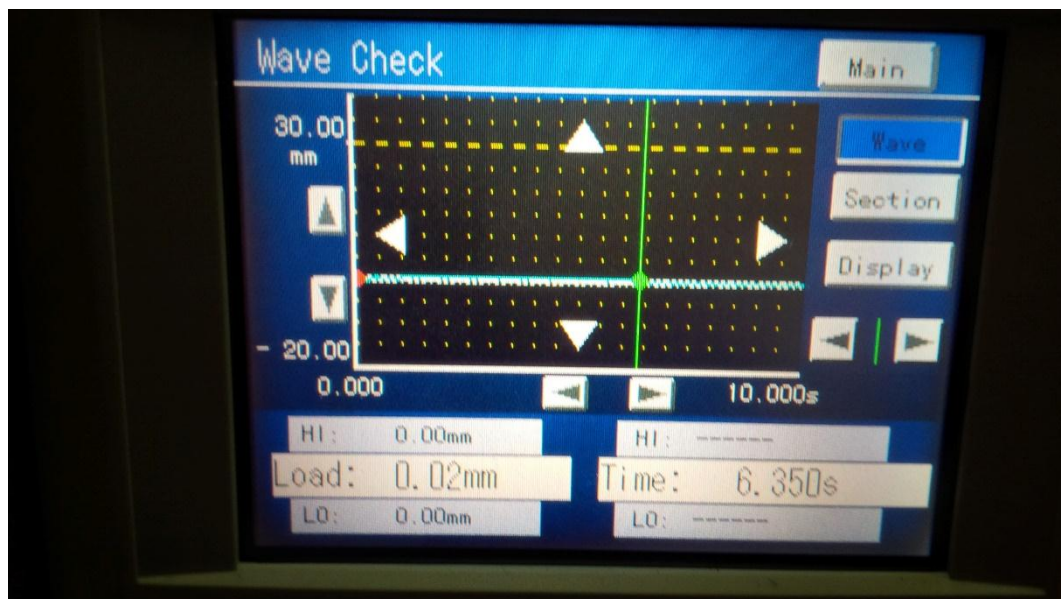
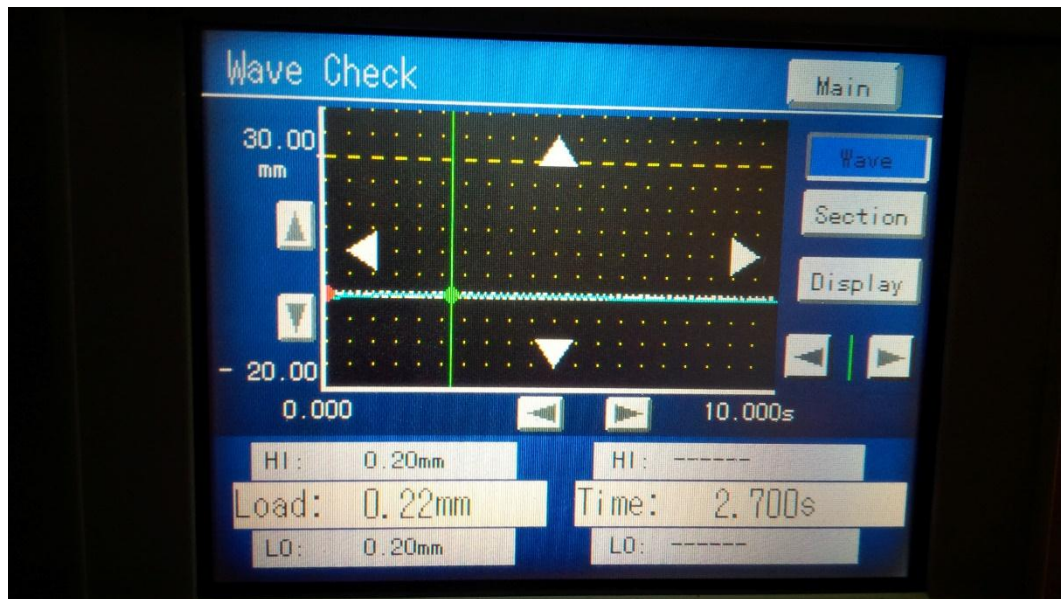


Pengujian putaran 130 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 25 gram

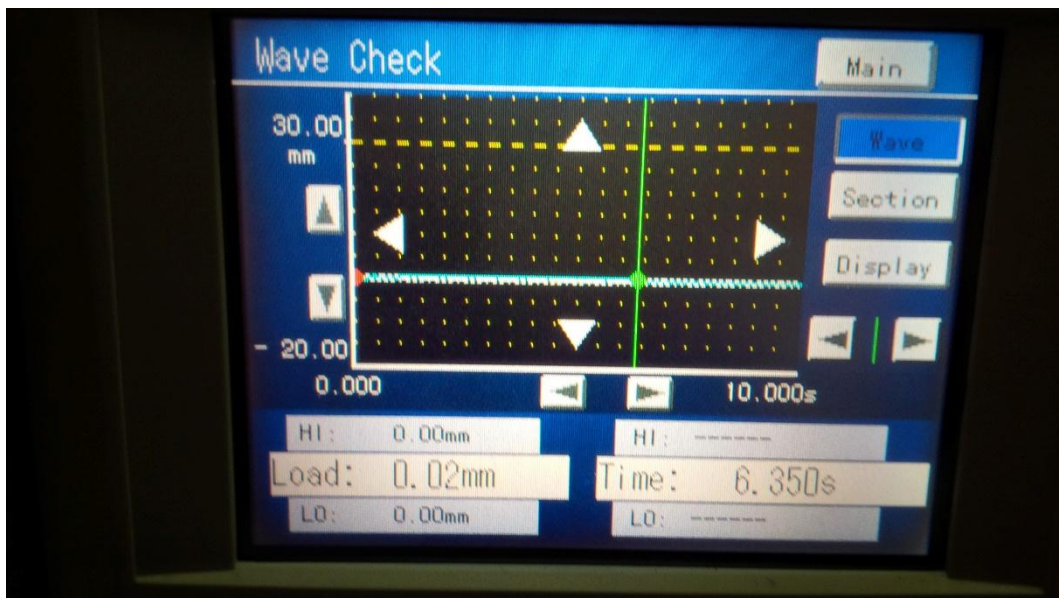
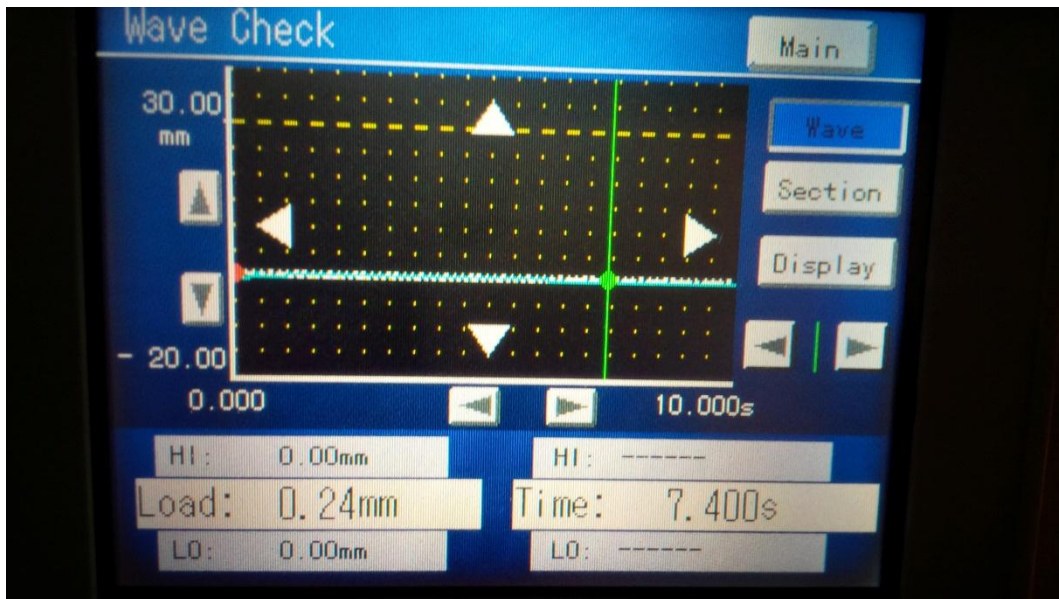




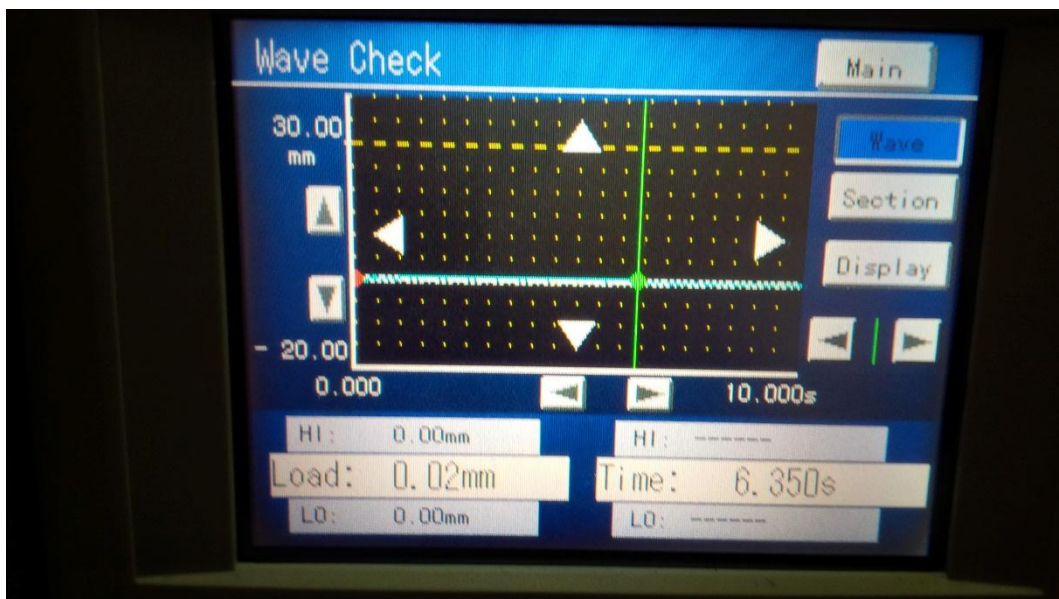
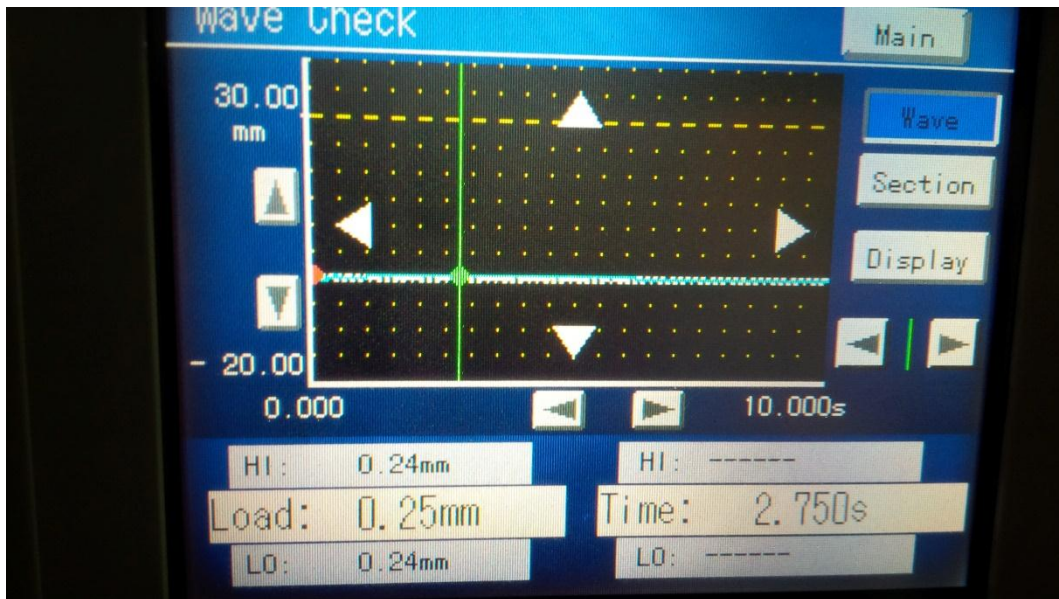
Pengujian putaran 160 RPM efek redaman nitrogen massa *unbalance* 10 gram



Pengujian putaran 170 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 10 gram

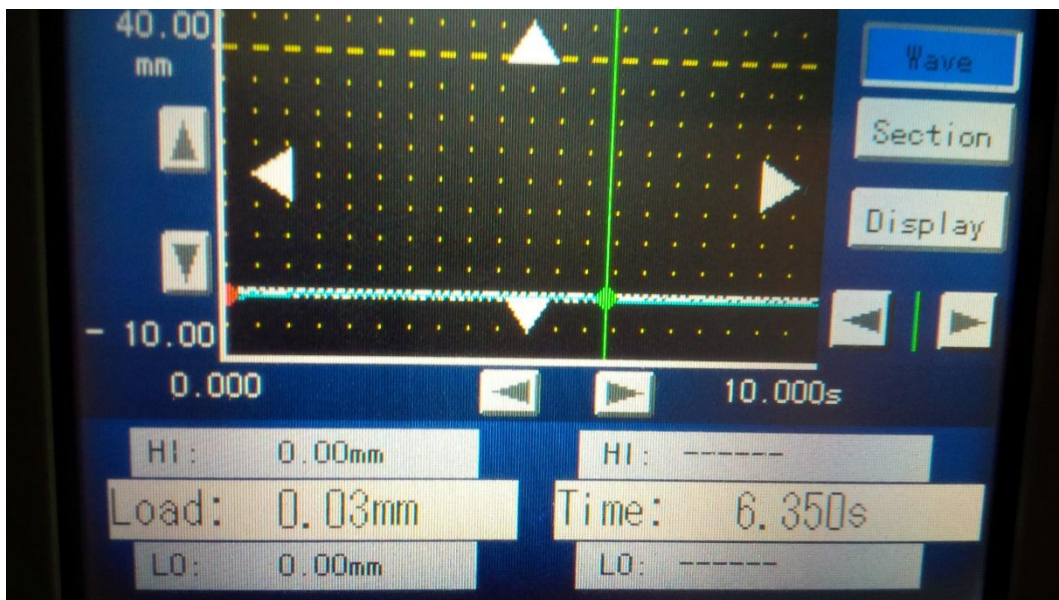
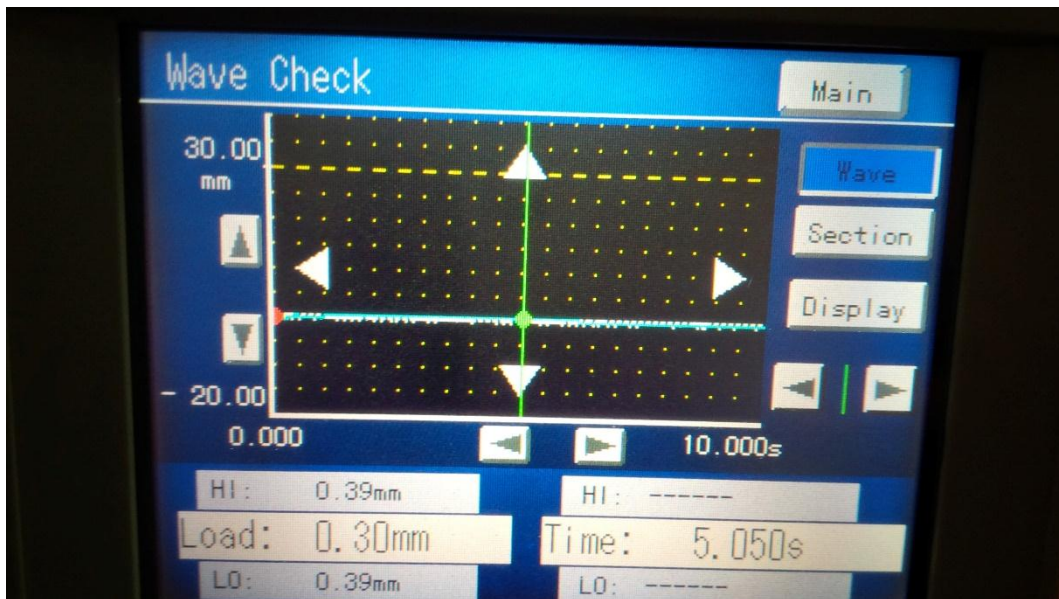


Pengujian putaran 180 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 10 gram

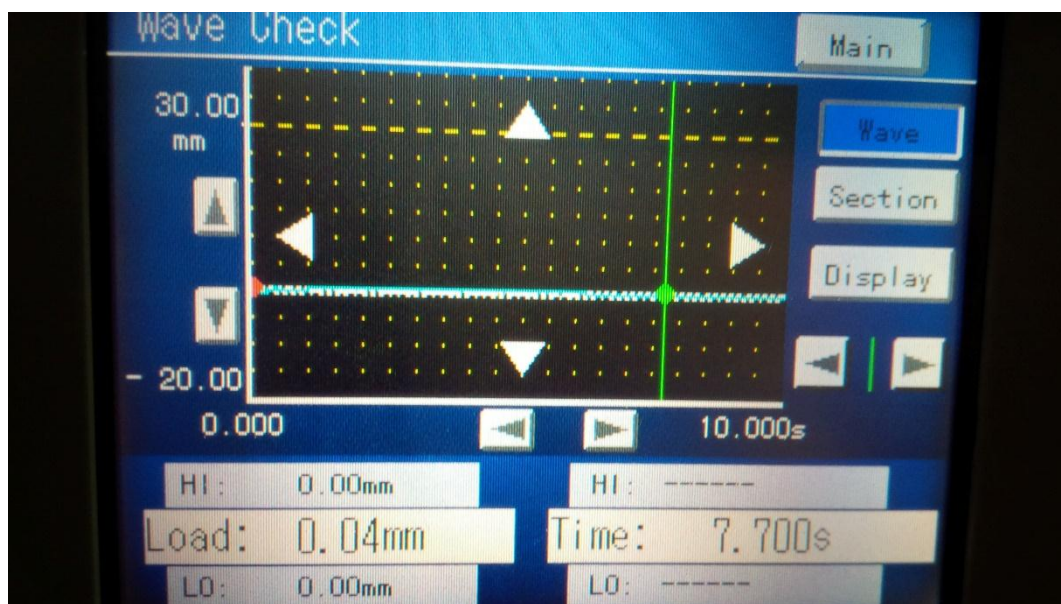
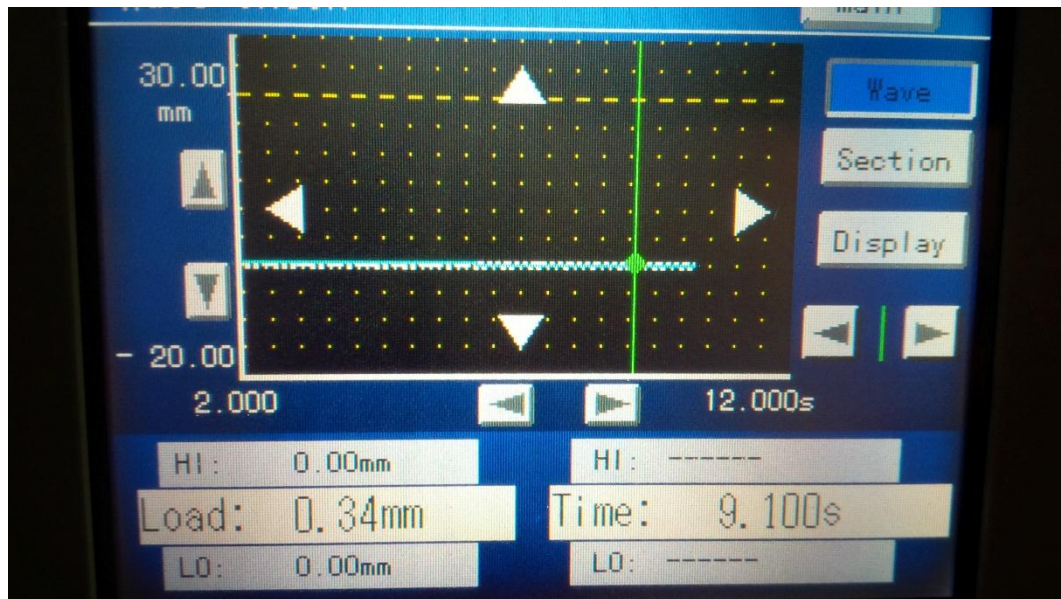




Pengujian putaran 160 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 15 gram

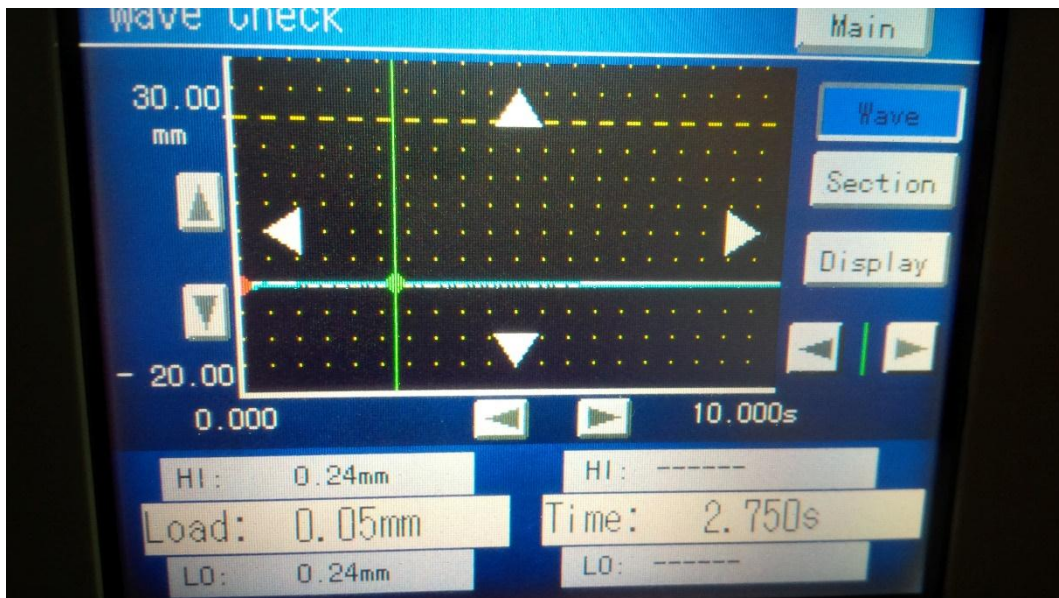
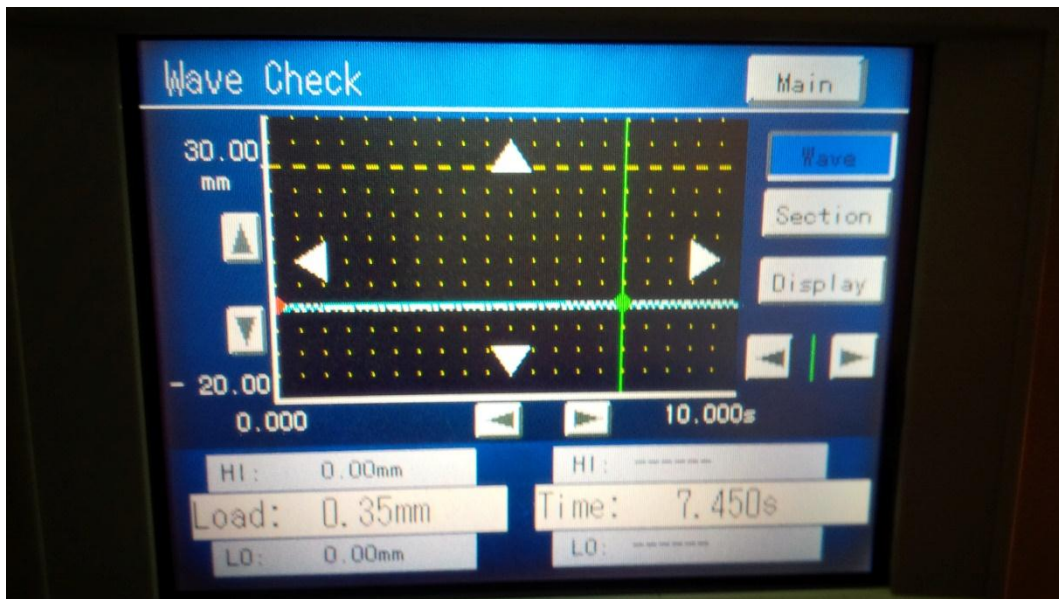


Pengujian putaran 170 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 15 gram



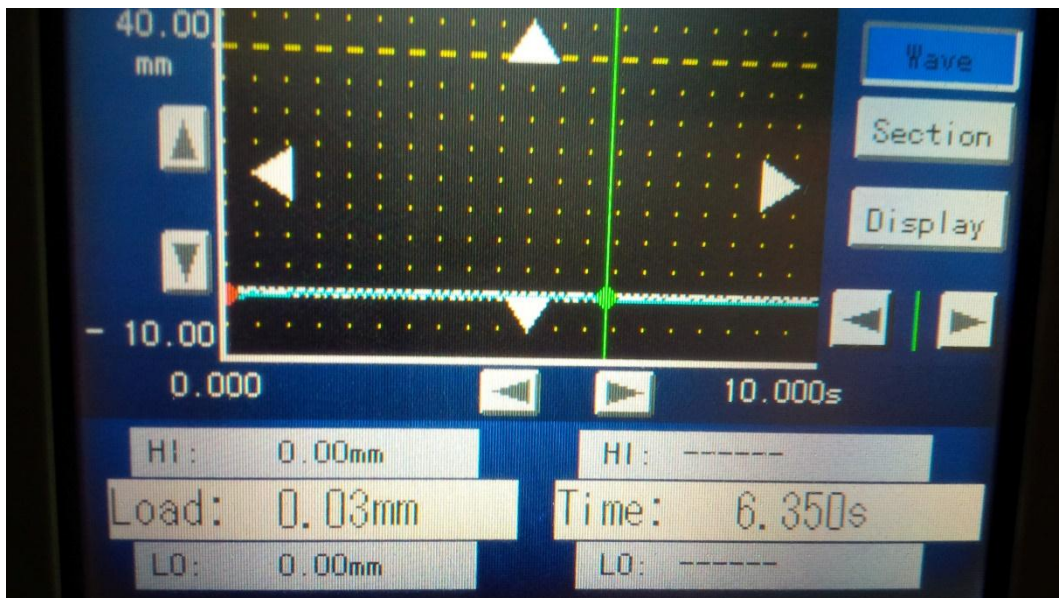
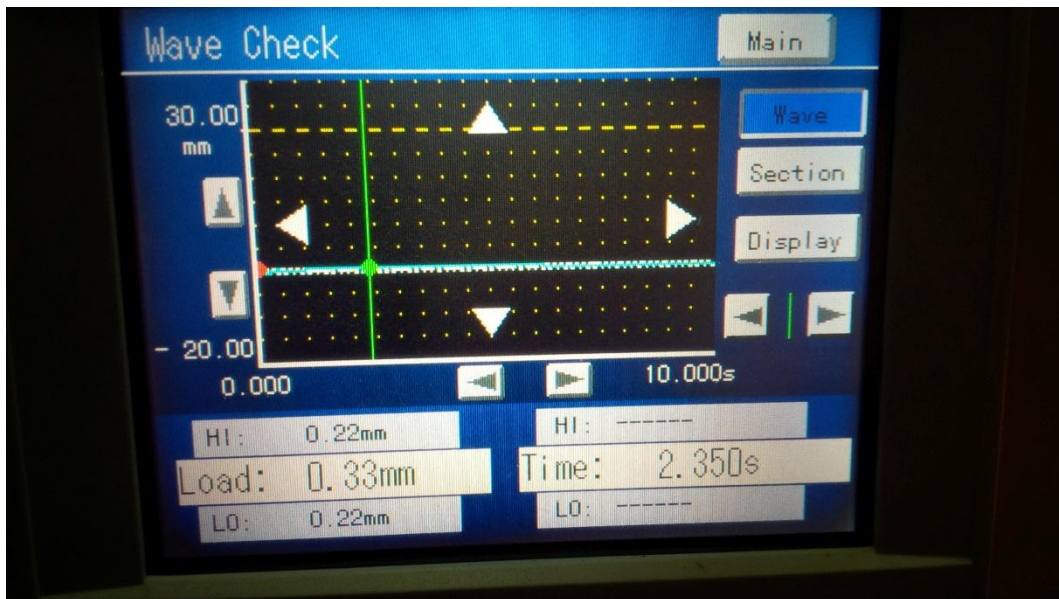


Pengujian putaran 180 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 15 gram

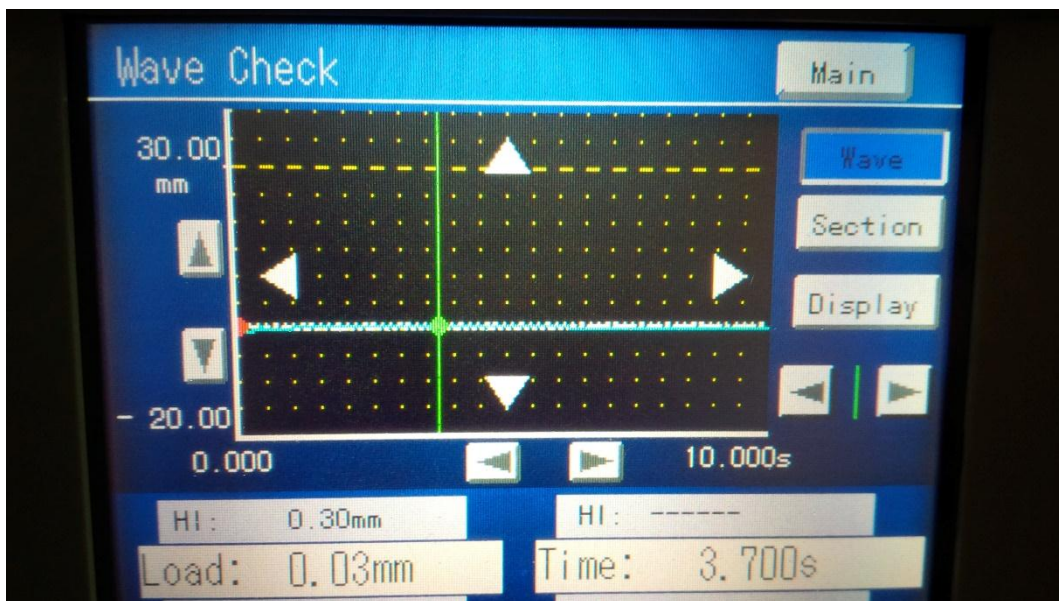
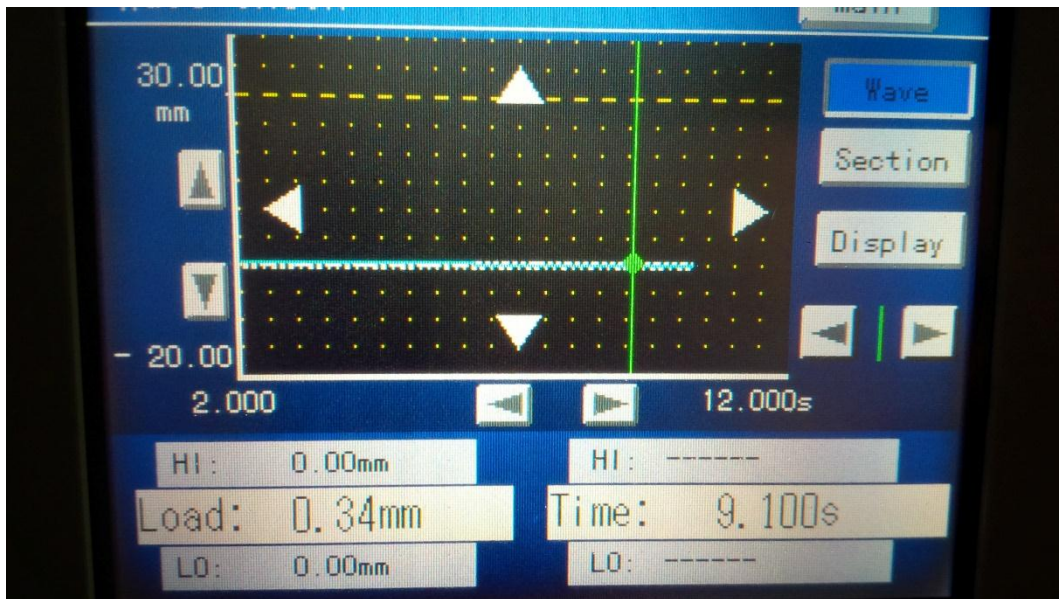




Pengujian putaran 140 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 20 gram

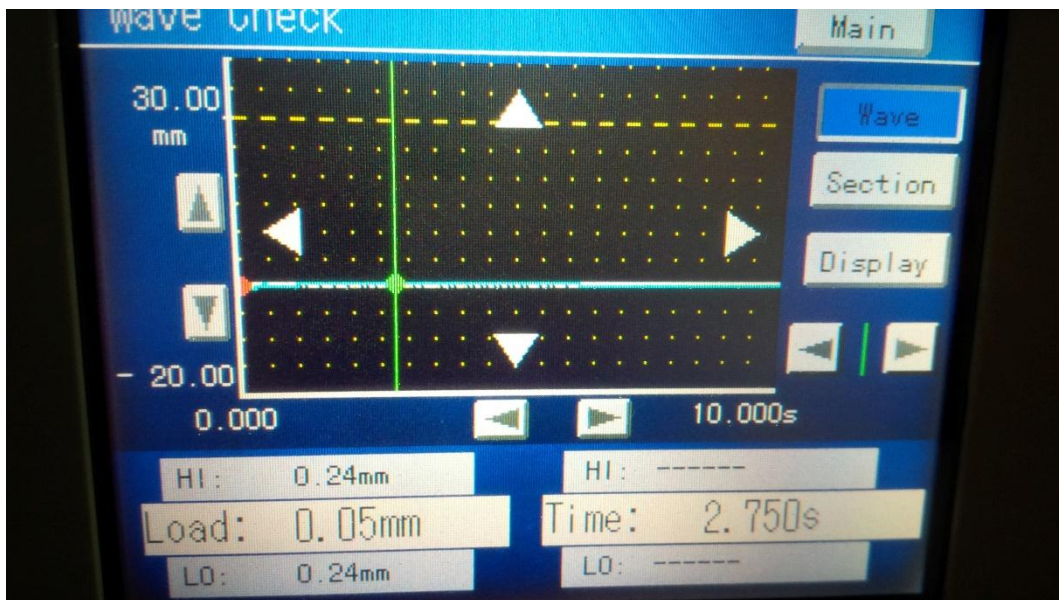
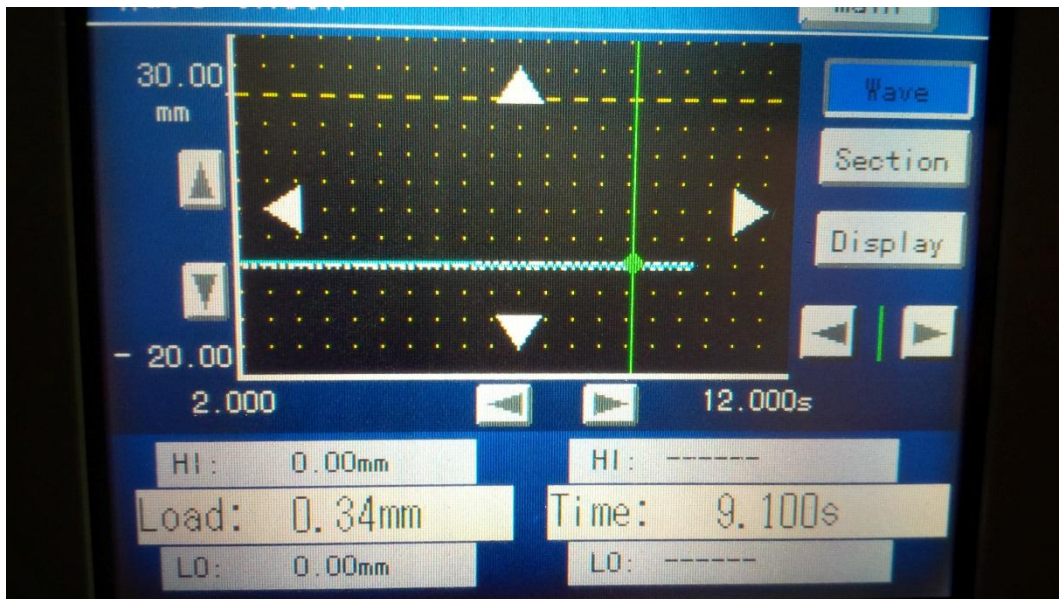


Pengujian putaran 150 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 20 gram

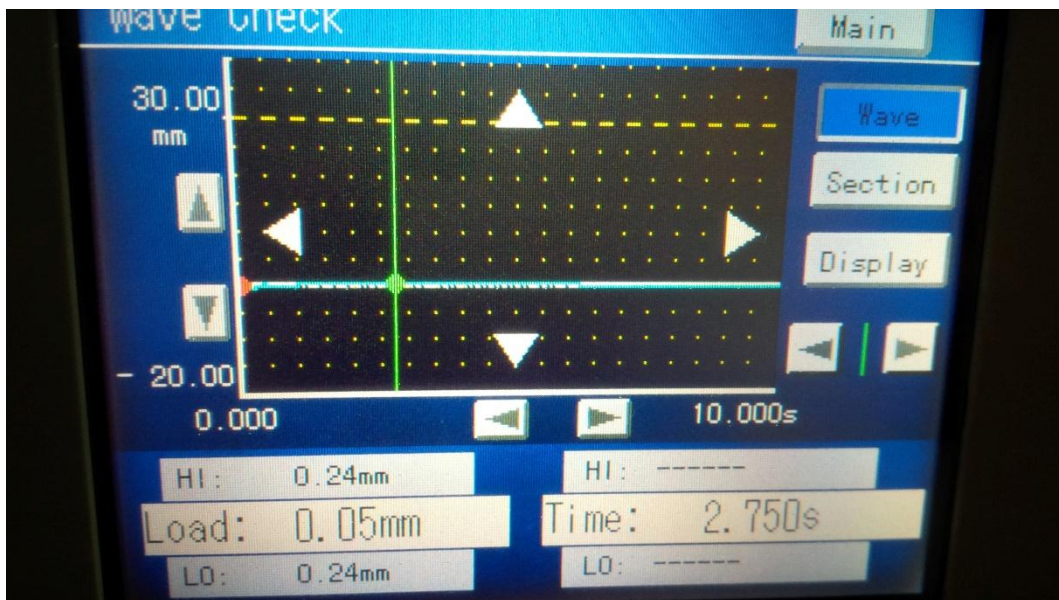
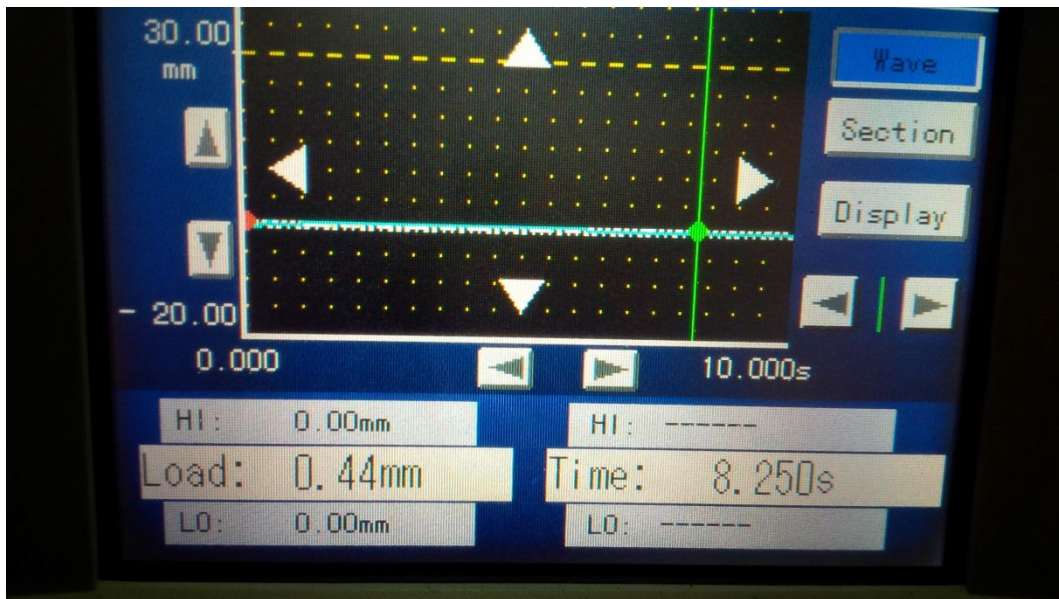




Pengujian putaran 160 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 20 gram



Pengujian putaran 130 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 25 gram

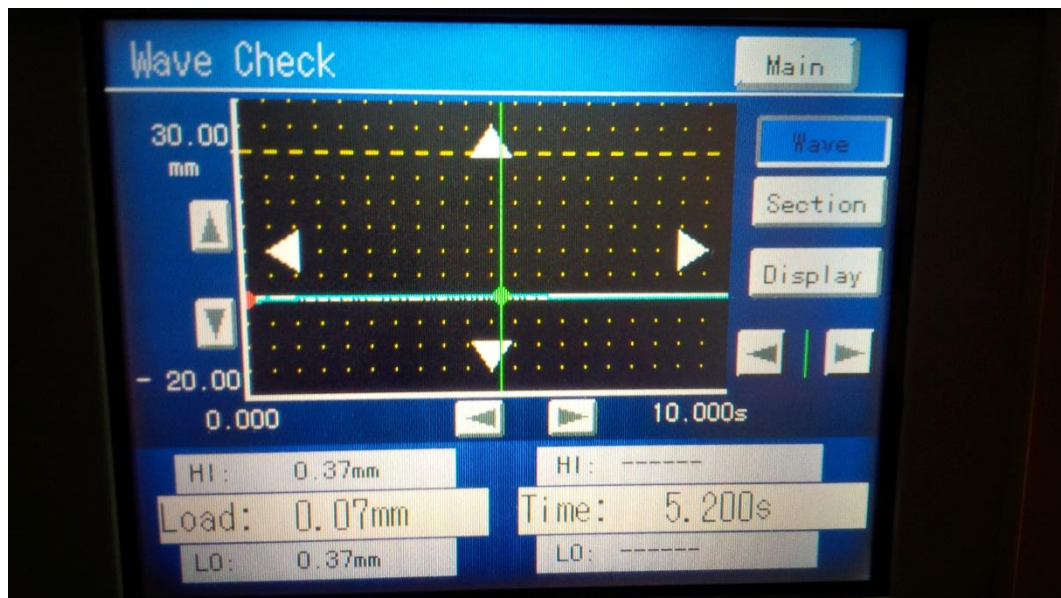
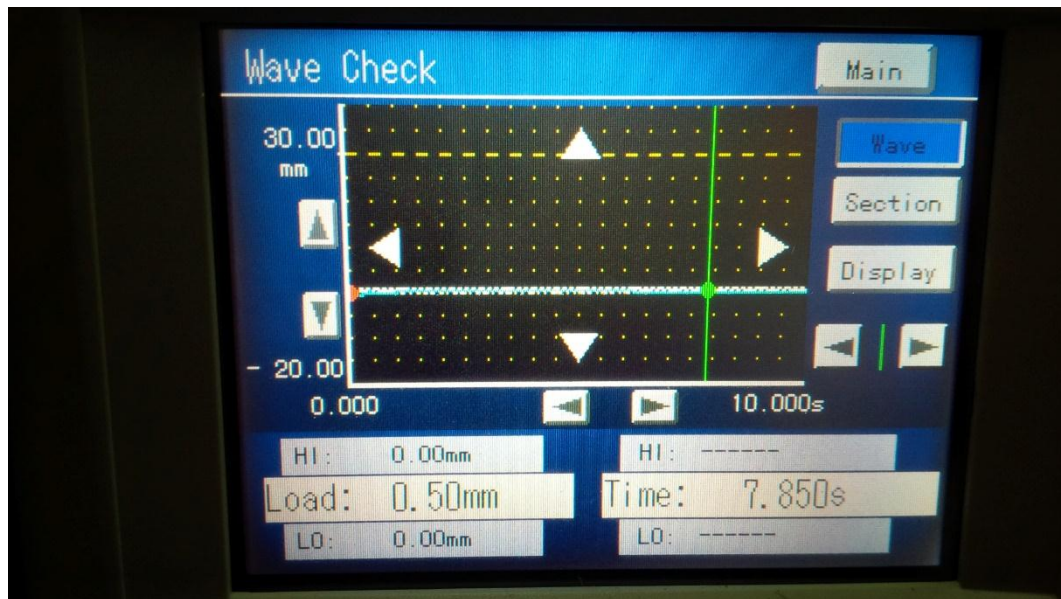




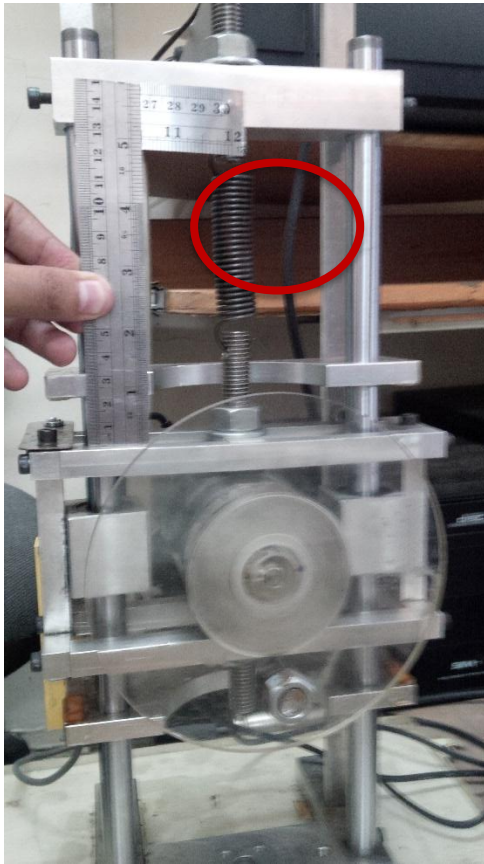
Pengujian putaran 140 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 25 gram



Pengujian putaran 150 RPM efek redaman oksigen massa *unbalance* 25 gram



## Kalibrasi alat



Pada Vibration Apparatus menunjukkan angka 20 mm sedangkan pada display MPDI menunjukkan angka 2.03 mm, jadi perbandingan pengukuran MPDI 1 : 10. Maka untuk mengkalibrasi ukuran dikalikan dengan angka 10.



## **RIWAYAT HIDUP**



**PREDI SETIAWAN S**, dilahirkan di Kabupaten brebes, jawa tengah pada tanggal 05 september 1990, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Sutrisn dan ibu Darwiti. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jalan Kebon Baru Metros RT 014/010 Semper Barat Cilincing Jakarta Utara.

Pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri Terlangu 1 kec. Brebes kab. Brebes dan lulus tahun 2003, lalu melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Brebes dan lulus tahun 2006, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Dinamika Tegal dan lulus tahun 2009, kemudian melanjutkan jenjang pendidikan ke Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Tahun 2011 sampai dengan penulisan skripsi ini penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta (UNJ).