

UNIVERSITAS INDONESIA

**AKUISISI DATA GETARAN PLAT VERTIKAL SEJAJAR UNTUK STUDI MASSA INERSIA DAN
GRAVITASI**

SKRIPSI

RIFQI FAROBI

0806365116

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA

DEPOK

DESEMBER 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Rifqi Farobi

NPM : 0806365116

Judul : Akuisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar Untuk Studi Massa Inersia
Dan Gravitasi

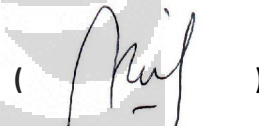
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Agus Salam

()

Pembimbing 2 : Drs. Arief Sudarmaji, MT

()

Penguji 1 : Dr. Santoso Soekirno

()

Penguji 2 : Drs. Lingga Hermanto, M.Si

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan ridho-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Fisika Jurusan Instrumentasi Elektronika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dengan terselesaikannya penelitian dan laporan skripsi ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pelaksanaan dan penyelesaiannya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih dan rasa hormat kepada :

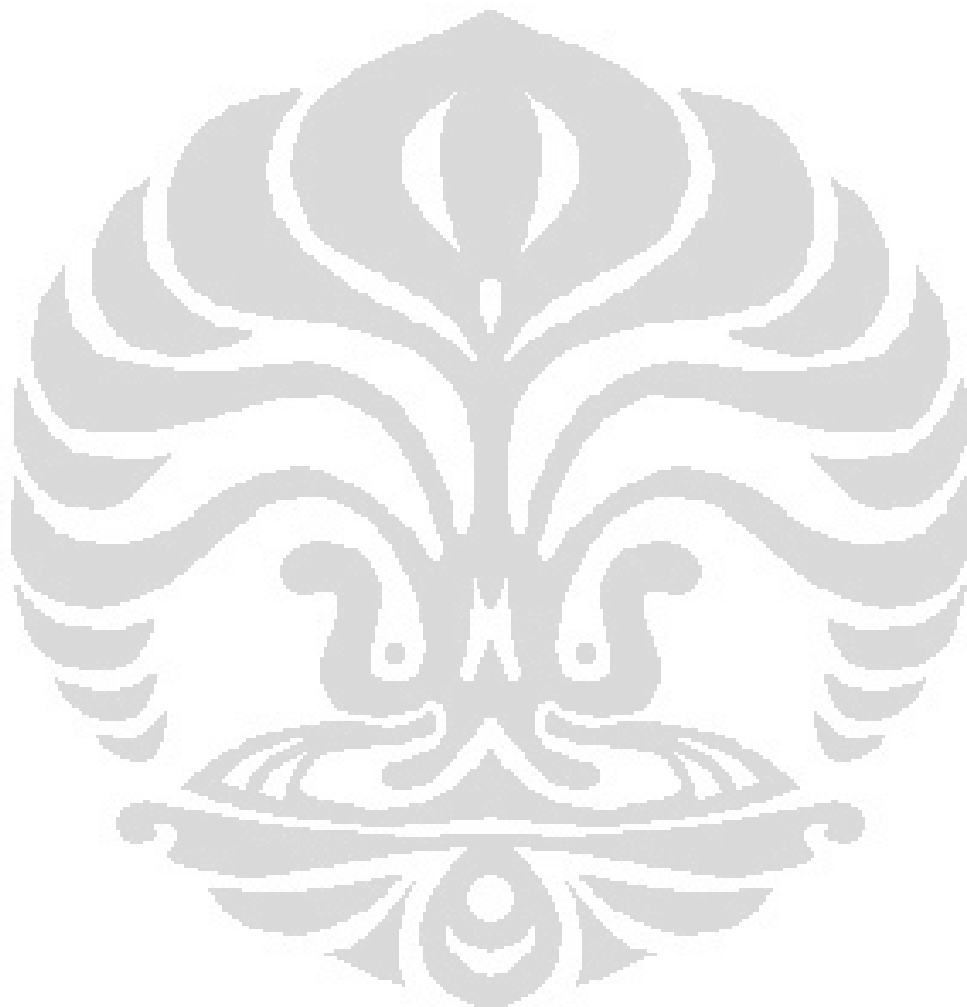
- 1) Allah SWT atas segala kuasa-Nya.
- 2) Orangtua tercinta, atas segala sarana yang diberikan dengan ikhlas dan sabar dan doa yang tak henti-hentinya dipanjatkan demi terselesaikannya skripsi ini.
- 3) Bapak Dr. Agus Salam selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan waktunya untuk memberikan pengarahan dan olusi selama berlangsungnya pembuatan skripsi ini.
- 4) Bapak Drs. Arief Sudarmaji, M.T. selaku dosen pembimbing 2 atas semua waktu, motivasi dan solusi alternatif terbaik yang sangat membantu dalam pembuatan skripsi ini.
- 5) Seluruh Dosen Fisika FMIPA yang telah memberikan ilmunya serta seluruh staf dan karyawan yang telah membantu penulis.
- 6) Rekan-rekan Fisika Ekstensi 2008 dan 2009 yang memberikan semangat dan dorongan moril demi terselesaikannya skripsi ini.
- 7) Seluruh pihak yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak disebutkan satu persatu atas amal baik yang telah diberikan dibalas dikemudian hari.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan, kesalahan dan jauh dari kata sempurna dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini. Besar harapan penulis

kepada semua pihak untuk dapat memberikan saran dan kritik yang membangun. Terimakasih, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 19 Nopember 2010

Penulis



ABSTRAK

Nama : Rifqi Farobi

Program Studi : S1 Ekstensi Fisika

Judul : Akuisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar Untuk Studi Massa
Inersia dan Gravitasi

Telah dibuat sistem akuisi data periode getaran plat vertikal sejajar untuk studi massa inersia dan massa gravitasi. Antarmuka dengan komputer dan perangkat lainnya dengan menggunakan standar komunikasi serial RS232 melalui mikrokontroler atmega16 yang diprogram menggunakan piranti lunak BASCOM AVR. LabVIEW 8.5 digunakan untuk mengakuisi data dari osilasi yang terjadi.

Kata kunci:

Akuisi data , getaran plat vertikal sejajar , massa inersia dan gravitasi , BASCOM AVR , LabVIEW 8.5.

ABSTRACT

Name : Rifqi Farobi

Study Program : Bachelor Degree (extension) Physics Electrical Instruments.

Title : Data Acquisition of Oscillation Collateral Vertical Plate for Study Inertial and Gravitational Mass..

Has been developed Data Acquisition of Oscillation Collateral Vertical Plate for Study Inertial and Gravitational Mass. The interface with personal computer and other device using standard communication RS232 through a microcontroller device atmega16 which is programmed with BASCOM AVR. Using LabVIEW 8.5 for acquisition data of oscillation happens.

Keyword:

Acquisition data, collateral vertical plate oscillation, inertial and gravitational mass, BASCOM AVR, LabVIEW 8.5.

DAFTAR ISI

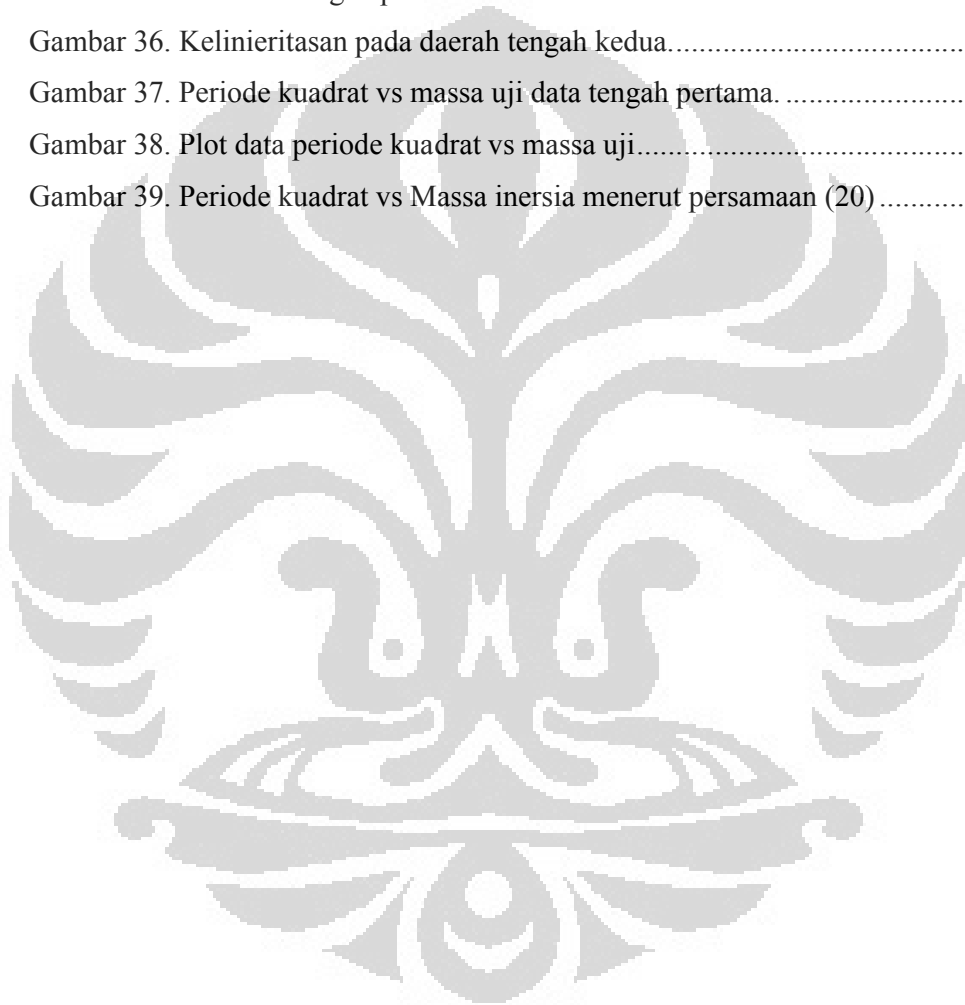
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
2. TEORI DASAR.....	6
2.1 Getaran	6
2.2 Massa Inersia dan Massa Gravitasi.....	6
2.3 Hukum Hooke.....	8
2.4 Konsep Studi Massa Inersia dan Massa Gravitasi	9
2.5 Sensor Accelerometer Sebagai Pendeteksi Getaran.....	10
2.6 Radio Frequency Untuk Pengiriman Data Nirkabel	10
3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	12
3.1 Perancangan Piranti Keras Sistem Akuisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar	12
3.1.1 Perancangan Mekanika Plat Vertikal Sejajar	12
3.1.2 Perancangan Piranti Elektronika Pendeteksi Getaran Plat Vertikal Sejajar	13

3.2 Perancangan Piranti Lunak Sistem Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar.....	20
4. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA DATA	24
4.1 Pengujian Sistem.....	24
4.1.1 Konversi data ADC ke Percepatan	24
4.1.2 Konversi data ADC ke Percepatan	27
4.1.3 Pengujian Komunikasi Nirkabel YS 1020	30
4.1.4 Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar Tidak Terbebani.....	30
4.1.5 Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar dengan Variasi Massa Uji Mg	31
4.2 Analisa Data Getaran Plat Vertikal Sejajar untuk Studi Massa Inersia dan Massa Gravitasi	34
4.3 Analisa Kecenderungan Kesepadanan Massa Inersia dan Massa Gravitasi	35
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR REFERENSI	45
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem mekanika plat vertikal sejajar	2
Gambar 2. Antarmuka piranti elektronika dengan PC.....	2
Gambar 3. Contoh penampang sensor accelerometer.....	10
Gambar 4. Contoh fisik modul RF	11
Gambar 5. Rancang bangun system mekanik yang digunakan.....	12
Gambar 6. Blok diagram sistem.	14
Gambar 7. Perubahan kapasitansi sebagai prinsip dasar accelerometer MMA7260.....	14
Gambar 8. Sensor accelerometer MMA7260.....	15
Gambar 9. Modul DC-SS009	16
Gambar 10. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega 16.....	16
Gambar 11. YS 1020	17
Gambar 12. Pin konektor DB 9	18
Gambar 13. Diagram alur program Mikrokontroler.....	21
Gambar 14. Diagram alur akuisisi data.....	22
Gambar 15. Tampilan GUI dari program yang digunakan	23
Gambar 16. Kesatuan plot data Percepatan vs Keluaran analog.....	26
Gambar 17. Data analog vs data ADC pada sumbu x.	16
Gambar 18. Data analog vs data ADC pada sumbu y.	16
Gambar 19. Data analog vs data ADC pada sumbu z.....	16
Gambar 20. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu x sensor accelerometer. 16	
Gambar 21. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu y sensor accelerometer. 16	
Gambar 22. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu z sensor accelerometer. 16	
Gambar 23. Getaran sistem saat tak terbebani massa uji	31
Gambar 24. Percepatan kontra massa pada massa uji 250 gram	31
Gambar 25. Percepatan kontra massa pada massa uji 500 gram	31
Gambar 26. Percepatan kontra massa pada massa uji 750 gram	32
Gambar 27. Percepatan kontra massa pada massa uji 1000 gram.....	32
Gambar 28. Percepatan kontra massa pada massa uji 1250 gram.....	32

Gambar 29. Percepatan kontra massa pada massa uji 1500 gram.....	33
Gambar 30. Percepatan kontra massa pada massa uji 1750 gram.....	33
Gambar 31. Percepatan kontra massa pada massa uji 2000 gram.....	33
Gambar 32. Percepatan kontra massa pada massa uji 2250 gram	34
Gambar 33. Grafik seperperiode kuadrat vs sepermassa gravitasi.....	37
Gambar 34. Grafik seperperiode kuadrat vs sepermassa inersia.....	37
Gambar 35. Plot data tengah pertama.....	38
Gambar 36. Kelinieritasan pada daerah tengah kedua.....	38
Gambar 37. Periode kuadrat vs massa uji data tengah pertama.....	40
Gambar 38. Plot data periode kuadrat vs massa uji.....	41
Gambar 39. Periode kuadrat vs Massa inersia menurut persamaan (20).....	42



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Konfigurasi fitur g-select.....	15
Tabel 2. Konfigurasi setting YS 1020	17
Tabel 3. Konfigurasi standar pin konektor DB 9	19
Tabel 4. Data Percepatan kontra Keluaran analog pada masing-masing sumbu.	24
Tabel 5. Data analog sumbu x vs data ADC.	25
Tabel 6. Data analog sumbu y vs data ADC.	26
Tabel 7. Data analog sumbu z vs data ADC.....	27
Tabel 8. Data ADC keluaran sensor accelerometer, sumbu x.....	28
Tabel 9. Data ADC keluaran sensor accelerometer, sumbu y.....	28
Tabel 10. Data ADC keluaran sensor accelerometer, sumbu z.....	28
Tabel 11. Periode osilasi akibat variasi massa uji.	35
Tabel 12. Data sepermassa kontra seperperiode kuadrat.....	36
Tabel 13. Perbandingan massa uji, frekuensi natural dan koefisien redaman.	39
Tabel 14. Massa uji kontra periode kuadrat.....	40
Tabel 15. Penambahan nilai massa uji.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak Newton menemukan prinsip dasar mekanika yaitu Hukum 2 Newton dan Hukum Gravitasi Newton maka timbul isu apakah massa pada Hukum 2 Newton (yang kemudian disebut massa inersia) sama dengan massa pada Hukum Gravitasi Newton (yang kemudian disebut massa gravitasi).

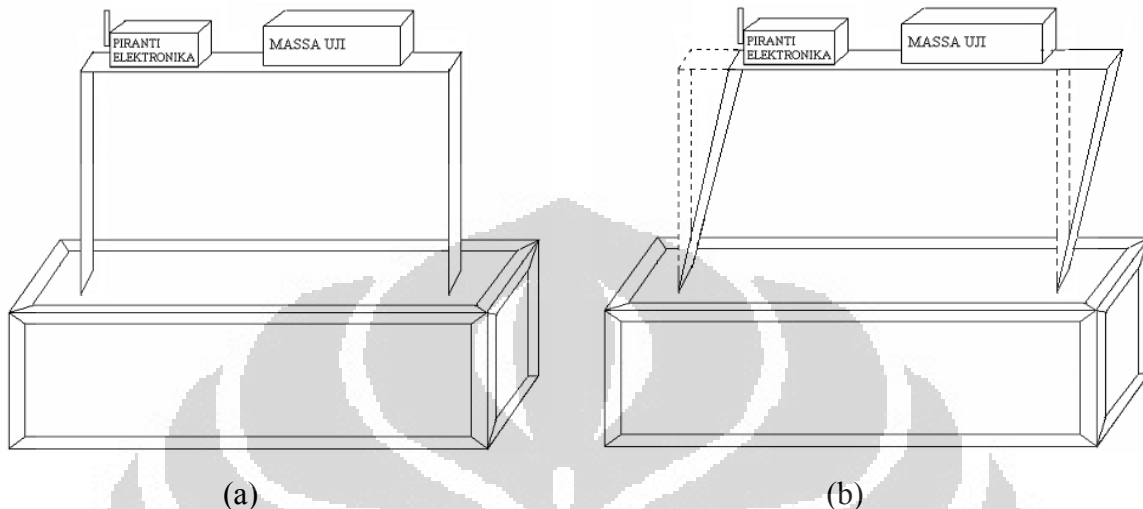
Pada tulisan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan judul tulisan "Gravitational mass vs Inertial mass" yang disusun oleh Tim Eksperimen TOFI, 6 Januari 2006, menyimpulkan bahwa massa inersia identik dengan massa gravitasi di daerah massa uji kecil. Tapi belum dapat menyimpulkan kenapa pada daerah massa uji besar hasil eksperimen menunjukkan bahwa massa inersia tidak sama dengan massa gravitasi. Percobaan yang dilakukan oleh Tim Eksperimen TOFI adalah dengan mengamati getaran yang terjadi pada Plat Vertikal Sejajar.

Dengan latar belakang diatas, sebagai bentuk usaha dalam menjawab permasalahan diatas penulis membuat alat Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar Untuk Studi Massa Inersia Dan Massa Gravitasi.

Pada alat ini bentuk dasar mekanikanya berupa sepasang lembar logam tipis yang lentur disusun tegak lurus bidang datar, yang sejajar permukaan tanah, untuk dijadikan lengan ayun tatakan dimana pada tatakan akan diletakkan massa uji. Jika lengan ayun disimpangkan mendatar maka seluruh sistem terosilasi horizontal dengan frekuensi tertentu terpengaruh massa yang digantung dan panjang dari lengan ayun yang digunakan. Karena gerakannya mendatar pengaruh gravitasi dianggap tidak berlaku dan pada gerak translasi ini pengaruh inersia lebih diutamakan eksistensinya. Rancang bangun alat dapat dilihat pada Gambar. 1

Piranti elektronika akan dipasang pada mekanika alat sehingga ikut bergetar. Osilasi plat diindera dengan menggunakan accelerometer dua axis untuk kemudian data osilasi diumpukan ke komputer. Dipilih komunikasi nirkabel untuk

antarmuka piranti elektronik dengan komputer. Blok diagram antarmuka piranti elektronik dengan PC dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) (b)
Gambar 1. plat vertikal sejajar.(a) posisi setimbang (b) saat disimpangkan sejajar



Gambar 2. Antarmuka piranti elektronik dengan PC

1.2 Perumusan Masalah

Pada saat diberikan simpangan maka akan ada gaya balik yang berasal dari kekakuan logam dimana hal ini mempunyai hubungan yang sebanding simpangan tapi berlawanan dengan arah gerak. $F = -kx$. Setelah beresilasi maka simpangan dapat diberikan oleh persamaan $X = A \sin \omega t$ dimana $\omega = \sqrt{k/m}$ dengan $k =$ konstanta pegas mekanik sistem.

Massa uji yang digunakan telah ditimbang terlebih dulu sebelumnya sehingga mendapatkan nilai Mg yang nantinya akan dijadikan sebagai pembanding. Sistem yang digunakan juga terlebih dulu disimpangkan tanpa diletakkan massa uji untuk mendapatkan M_0 . Baru setelah itu diletakkan massa uji untuk mendapatkan nilai M .

Tugas penulis adalah membandingkan apakah M_g (hasil timbangan) = M (hasil penelitian). Dengan M adalah massa inersia massa uji.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah lima poin penting yang menjadi tujuan penelitian. Diharapkan kelima poin yang ditulis dibawah ini dapat dijawab dengan selesainya skripsi.

- Membuat mekanika plat vertikal sejajar yang memungkinkan untuk melakukan akuisisi data getaran plat vertikal sejajar
- Membuat piranti elektronika yang mampu mendeteksi getaran pada plat vertikal sejajar dan mengirim data getaran pada plat vertikal sejajar dalam sinyal listrik untuk akuisisi data getaran plat vertikal sejajar ke computer
- Membuat piranti lunak yang mampu menampilkan data getaran plat vertikal sejajar secara visual untuk studi massa inersia dan massa gravitasi
- Pada akhirnya penelitian ini diharapkan mampu memperlihatkan hubungan getaran, atau sifat-sifat yang terkandung didalamnya, dengan massa inersia dan gravitasi dari hasil akuisisi data getaran plat vertikal sejajar.
- Diharapkan pada penelitian ini mampu menjawab alasan kenapa massa inersia tidak sama dengan massa gravitasi pada daerah massa uji besar, dimana penjelasan ini menjawab pertanyaan dari penulis terdahulu yang juga menggunakan Plat Vertikal Sejajar sebagai alat peraga.

Perancangan bentuk dasar mekanikanya berupa lembar logam tipis tunggal yang lentur disusun tegak lurus bidang datar, yang sejajar permukaan tanah, untuk menahan massa yang diletakkan pada tatakan.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan mekanika plat vertikal sejajar dan piranti akuisisi data (modul elektronika dan piranti lunak) getaran plat vertikal sejajar. Dari hasil akuisisi data getaran plat vertikal sejajar dibahas hubungan respon dari getaran terhadap massa gravitasi dan inersia yang menjelaskan fenomena lengkung dimana fenomena ini belum dapat dijelaskan pada penelitian terdahulu.

1.5 Metode Penelitian

Pada bagian ini penulis menggunakan lima poin yaitu perancangan alat, pembuatan alat, pengujian sistem, pengambilan data dan penulisan penelitian. Berikut akan dijelaskan materi yang dilakukan dari kelima poin tersebut.

a. Perancangan Alat

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem akuisisi baru yang ingin dibuat di dalam penelitian, berdasarkan bahan-bahan yang ada untuk dapat dianalisa kembali.

b. Pembuatan Alat

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian piranti elektronika akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan dalam pengambilan data/akuisisinya.

c. Pengujian Sistem

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari sistem akuisisi yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari sistem yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

d. Pengambilan Data

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

e. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Membahas dan menjawab kebutuhan informasi mengenai topik utama. Dalam hal ini akan ditemukan informasi tentang hasil perbandingan massa gravitasi dan inersia. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian akan dibagi menjadi beberapa bab, dengan susunan sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, deskripsi singkat dan sistematika penulisan.

BAB 2. TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang konsep yang mendasari cara kerja dari sistem akuisisi data yang digunakan penulis.

BAB 3. PERANCANGAN SISTEM

Merupakan penjelasan pembuatan rancangan akuisisi data baik menggunakan piranti lunak dengan menginputkan program atau data yang akan digunakan sebagai pengujian dari alat tersebut.

BAB 4. PENGUJIAN SISTEM DAN PENGAMBILAN DATA

Pengujian sistem dan pengambilan data kerja sistem ini juga dituliskan di bab ini untuk memastikan kemampuan sistem secara keseluruhan. Sehingga dapat diketahui apa menjadi penyebab dari kendala atau kegagalan bila selama kegiatan penelitian ditemui hal-hal tersebut.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan sistem yang telah dibuat. Penulis juga akan memberikan saran bagi penelitian lanjutan (tinjauan ilmiah) dan praktisi berikutnya yang terkait topik ini.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada penelitian ini diperlukan adanya teori-teori yang melandasi penelitian yang dilakukan antara lain :

2.1. Getaran

Getaran adalah suatu gerak bolak-balik di sekitar kesetimbangan. Suatu benda dikatakan bergetar bila benda itu bergerak bolak bolik secara berkala melalui titik keseimbangan. Kesetimbangan di sini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitudo (jarak simpangan terjauh dengan titik tengah) yang sama.

Beberapa informasi yang terkandung didalam definisi getaran antara lain adalah amplitudo. Amplitudo adalah simpangan terbesar dihitung dari kedudukan seimbang. Amplitudo diberi simbol A . Periode getaran adalah waktu yang digunakan dalam satu getaran dan diberi simbol T . Frekuensi getaran adalah jumlah getaran yang dilakukan oleh sistem dalam satu detik, diberi simbol f .

Pada model yang paling sederhana redaman dianggap dapat diabaikan, dan tidak ada gaya luar yang mempengaruhi massa (getaran bebas). Dalam keadaan ini gaya yang berlaku pada pegas F_s sebanding dengan panjang peregangan x , sesuai dengan hukum Hooke.

Bila peredaman diperhitungkan, berarti gaya peredam juga berlaku pada massa selain gaya yang disebabkan oleh peregangan pegas.

2.2. Massa Inersia dan Massa Gravitasi

Massa sebuah objek adalah sifat yang paling mendasar, bersifat konstan, dari objek tersebut. Fisikawan menggunakan konsep massa untuk mengukur jumlah materi. Namun demikian massa tidaklah mudah didefinisikan. Mendefinisikan sesuatu yang harus menggunakan konsep dasar dari apa pun yang sedang didefinisikan. Ada beberapa

konsep fisika yang secara mendasar dapat digunakan untuk mendefinisikan massa, salah satunya adalah dengan melihat hubungan periode getaran dengan massa.

Sebuah massa objek adalah ukuran inersia nya. Inersia sebuah objek adalah keengganan untuk menanggapi perubahan percepatan ketika gaya bertindak atasnya. Mempercepat atau memperlambat (mengubah kecepatan) dari objek yang lebih besar membutuhkan kekuatan yang lebih besar. Maka objek yang lebih besar memiliki inersia yang besar. Untuk itu massa objek yang menentukan ukuran inersianya disebut dengan massa inersia.

Inersia adalah hal yang paling utama ditentukan oleh Hukum Dua Newton, dimana $F = ma$, yang menyatakan bahwa ketika gaya F diterapkan pada objek, maka akan terjadi percepatan yang besarnya sebanding, dengan konstanta perbandingannya adalah massa objek tersebut. Dalam hal yang sangat konkret, untuk menentukan massa inersia, dapat diterapkan gaya Newtons F untuk objek, dengan mengukur percepatannya dalam m/s^2 , dan F/a akan mendapatkan massa inersia m dalam satuan kilogram.

Untuk mengubah keadaan suatu objek, maka harus ada gaya eksternal yang diberikan kepada objek tersebut. Akibat gaya eksternal tersebut dijelaskan oleh hukum 2 Newton (atau disebut juga persamaan dinamika Newton),

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

bahwa gaya eksternal \vec{F} membuat objek tersebut mengalami percepatan \vec{a} . Persamaan (1) jika gaya tersebut membuat benda bergerak translasi. Jika kemudian benda bergerak rotasi, maka gaya yang memutar benda itu disebut *torsi* dan hukum 2 Newton menjadi

$$\vec{\tau} = I \vec{\alpha} \quad (2)$$

dengan I disebut *momen inersia* dan α adalah percepatan sudut benda. Momen inersia adalah keengganan benda untuk berputar – dapat juga disebut massa benda berputar.

Selain berperan dalam hukum-hukum gerak, massa juga memainkan peran penting dalam teori Gravitasi Newton – bahkan sangat teramat penting karena massa adalah sumber gaya gravitasi, yaitu gaya yang menarik benda-benda bermassa

lainnya. Sebuah benda bermassa M akan membangkitkan medan gravitasi yang nilai kekuatannya pada titik sejauh r dari massa tersebut dideskripsikan Newton sebagai

$$V(r) = -G \frac{M}{r} \quad (3)$$

dengan G adalah konstanta universal gravitasi. Jenis terakhir dari massa adalah sebagai penderita gaya gravitasi. Benda bermassa m yang berada merasakan medan gravitasi V akan merasakan gaya gravitasi sebesar

$$F = -m \frac{dV}{dr} \quad (4)$$

Massa m pada kasus ini mendeskripsikan reaksi benda terhadap medan gravitasi yang dirasakannya. Pada awal abad kedua puluh Albert Einstein bertanya-tanya apakah massa gravitasi dan inersia benar-benar hal yang sama. Kebanyakan fisikawan berasumsi bahwa massa gravitasi dan massa inersia adalah hal yang sama, tetapi Einstein memikirkan pertanyaan mendalam. Kesimpulan bahwa massa inersia dan gravitasi memang hal yang sama menyebabkan timbulnya teori relativitas umum, yang merupakan teori untuk menjelaskan gravitasi.

2.3 Hukum Hooke

Gerakan yang berosilasi didefinisikan sebagai gerak harmonik sederhana. Jika terdapat gaya pemulih k yang berlawanan dan berbanding lurus dengan jarak x dari posisi kesetimbangan maka hubungan antara F dan perpindahan x dapat ditulis sebagai

$$F = -kx \quad (5)$$

dimana k adalah konstanta yang besarnya sebanding besar gaya. Tanda minus menunjukkan bahwa gaya F adalah berlawanan arah dan x adalah perpindahan terhadap posisi kesetimbangan. Setiap kali massa m menjadi subjek dari gaya pemulih yang bekerja maka akan menyebabkan osilasi, waktu untuk satu osilasi lengkap didefinisikan sebagai periode T dan akan diberikan oleh

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (6)$$

Dengan hubungan bahwa frekuensi adalah sepeperperiode maka persamaan (6) bisa dirubah menjadi fungsi frekuensi

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (7)$$

Dan dengan hubungan bahwa $2\pi f$ adalah ω maka persamaan (7) menjadi

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (8)$$

Dari persamaan (8) inilah topik perbandingan massa gravitasi dan inersia dimulai. Dapat dilihat bahwa frekuensi osilasi objek merupakan fungsi massa. Nilai massa yang ada dalam fungsi frekuensi diatur sehingga dominan massa inersia.

2.4 Konsep Studi Massa Inersia dan Massa Gravitasi

Dari persamaan (8) diterapkan dalam percobaan nyata dengan massa uji (selanjutnya ditulis M) ditimbang terlebih dahulu sehingga mendapatkan nilai dari massa gravitasi (selanjutnya ditulis M_G). Setelah itu ada baiknya mengukur osilasi sistem mekanika (yang sesuai dengan Gambar 1) tanpa massa uji M untuk mendapatkan massa awal sistem (selanjutnya ditulis M_0) [6]. Sehingga akan didapatkan persamaan

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{M_0}} \quad (9)$$

dan

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{M_1}} \quad (10)$$

Dengan $M_1 = M_0 + M$. Dari persamaan (10) ditunjukkan bahwa terdapat 3 bilangan anu (M_0 , k dan M) maka diperlukan minimal 3 persamaan atau 3 percobaan dengan massa M yang berbeda.

Persamaan (10) dapat ditulis

$$\omega_2^2 = \frac{k}{M_0 + M} \quad (11)$$

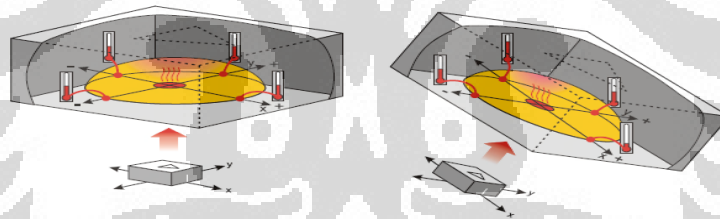
dan dapat dirubah menjadi fungsi dari periode osilasi

$$T^2 = (4\pi^2 / k)M + (4\pi^2 / k)M_0 \quad (12)$$

Maka dapat dibuat grafik T^2 sebagai fungsi M untuk memperoleh konstanta pegas K dan massa sistem tak terbebani M_0 . Jika dua variabel ini diperoleh maka seharusnya massa inersia M dapat dihitung dengan persamaan (12).

2.5 Sensor *Accelerometer* Sebagai Pendeteksi Getaran.

Sensor accelerometer adalah piranti yang dapat mengukur perubahan percepatan yang terjadi juga bisa digunakan untuk mendeteksi dan mengukur getaran. Accelerometer juga kapabel untuk membandingkan percepatan yang terjadi terhadap percepatan gravitasi. Accelerometer yang mampu mendeteksi gerakan yang walau hanya terjadi sedikit, mengukur kemiringan bangunan sampai mendeteksi terjadinya getaran terkecil disebabkan oleh alat musik. Di dalam struktur sensor accelerometer terpadu rangkaian yang mengakibatkan perubahan muatan listrik jika sensor digerakan. Rangkaian ini bisa dibangun dengan prinsip perubahan resistansi bahan, perubahan kapasitansi bahan atau perubahan suhu akibat terjadinya percepatan tergantung vendor pabrikan masing-masing produk. Contoh accelerometer dengan prinsip dasar konversi perubahan percepatan menjadi perubahan besaran listrik akibat perubahan suhu ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Contoh penampang sensor accelerometer [4]

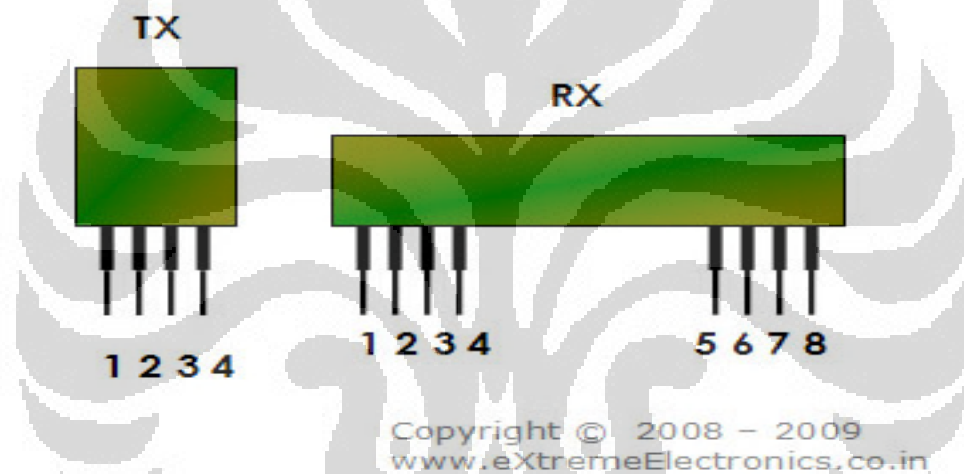
Sensor accelerometer banyak digunakan pada industri otomotif, perkakas elektronik dari bidang komunikasi hingga bidang kesehatan.

2.6 Radio Frequency Untuk Pengiriman Data Nirkabel.

Frekuensi Radio (RF) adalah tingkat osilasi dalam kisaran sekitar 30 kHz hingga 300 GHz, yang sesuai dengan frekuensi sinyal listrik yang biasanya digunakan untuk menghasilkan dan mendeteksi gelombang radio. Frekuensi ini mencakup porsi yang signifikan dari spektrum radiasi elektromagnetik, membentang dari sembilan kilohertz (9 kHz), yang dialokasikan untuk komunikasi nirkabel frekuensi terendah (yaitu dalam rentang pendengaran manusia) menjadi ribuan gigahertz (GHz). RF biasanya mengacu

pada osilasi besaran listrik daripada osilasi mekanis, meskipun sistem mekanis RF memang ada. Dalam penelitian ini RF yang digunakan adalah sistem yang biasa digunakan untuk mengirim paket data secara nirkabel.

Ada banyak cara yang berbeda untuk menerapkan sistem RF. Ide dasarnya adalah bahwa device memiliki antena heliks terukir dari aluminium tipis terikat pada selembar kertas. Pada akhir antena dihubungkan dengan dioda kecil atau jaringan RC yang menyebabkan device untuk memancarkan sinyal radio sebagai tanggapan terhadap sinyal radio yang diterimanya. Suatu modulator RF (atau radio frekuensi modulator) adalah perangkat yang mengambil sinyal input dan output baseband sinyal radio frekuensi-termodulasi. Gambar 4 menunjukkan salah satu contoh piranti RF.



Gambar 4. Contoh fisik modul RF [5]

Umumnya RF yang ada dipasaran telah tergabung antara unit transceiver dan transmitternya sehingga menjadi satu kesatuan unit yang biasa dikenal sebagai transceiver.

BAB III

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

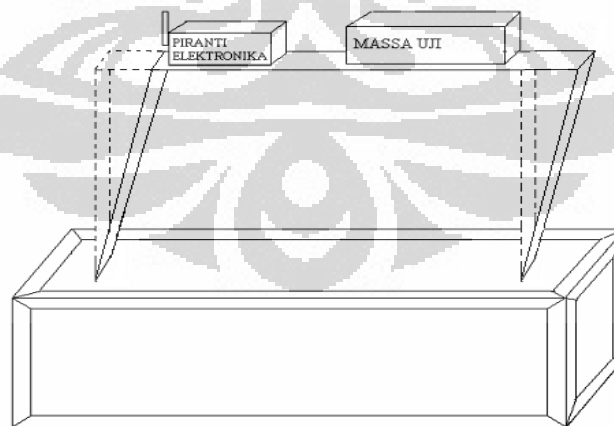
Dalam bab ini menjelaskan pembuatan rancangan akuisisi data getaran pada plat vertikal sejajar untuk studi massa inersia dan massa gravitasi.

3.1 Perancangan Piranti Keras Sistem Akusisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar.

Perancangan piranti keras sistem akusisi data plat vertikal sejajar yang digunakan sebagai alat peraga penunjang studi massa inersia dan massa gravitasi terdiri dari dua sub bab. Pertama adalah perancangan mekanika plat vertikal sejajar. Kedua adalah perancangan piranti elektronika pendeteksi getaran plat vertikal sejajar. Ketiga perancangan sistem akuisisi data getaran plat vertikal sejajar.

3.1.1 Perancangan Mekanika Plat Vertikal Sejajar.

Bagian-bagian dari perancangan mekanika plat vertikal sejajar adalah dua buah plat besi yang disusun vertikal dan sejajar satu sama lain. Kedua plat vertikal ini dihubungkan satu tatakan guna diletakkan massa uji. Secara keseluruhan Perancangan mekanika dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancang bangun system mekanik yang digunakan.

Dengan menyimpangkan kedua plat besi (secara sefase) yang telah tersusun maka dihasilkan osilasi horizontal yang akan membuat massa uji berayun horizontal pula.

Berikut ini adalah komponen dasar yang digunakan pada perancangan mekanika sistem.

- Dua buah plat besi

Pada alat ini digunakan dua buah plat besi yang lentur sebagai lengan ayun sistem. Plat besi masing-masing di susun tegak lurus bidang datar dan saling sejajar antara satu dengan yang lain. Diantara kedua plat besi yang telah disusun tersebut akan dipasang satu buah tatakan guna diletakkannya massa uji. Kedua plat sejajar digunakan sebagai pengayun massa uji yang dibebankan diantara keduanya.

- Massa Uji

Massa uji yang digunakan pada penelitian ini ada tiga macam guna mendapatkan tiga macam persamaan dengan tiga variabel anu. Massa uji yang pertama adalah besi berbentuk balok dan pejal. Massa uji yang kedua berbentuk silinder yang juga pejal dan terakhir adalah besi berbentuk balok yang berongga.

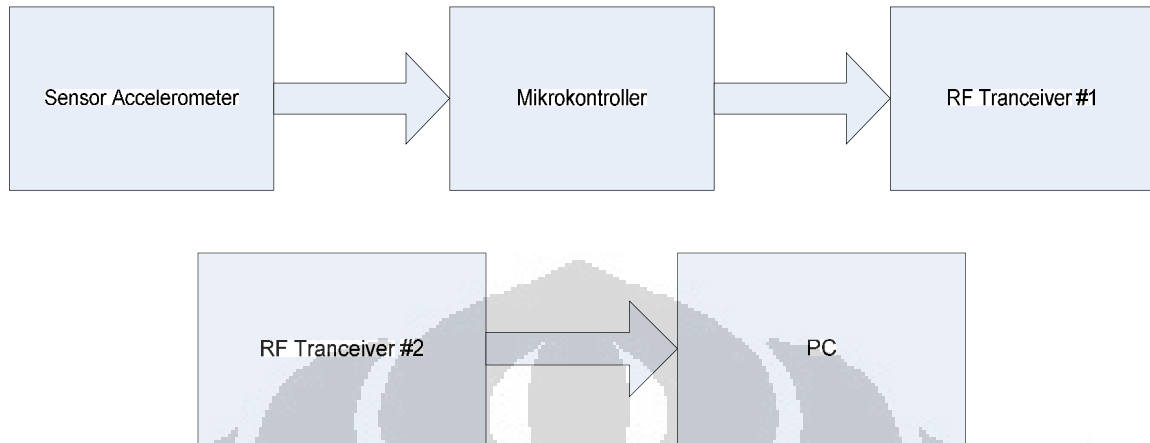
Masing-masing massa uji diukur massanya terlebih dahulu dengan menggunakan timbangan biasa. Setelah tahap ini dilakukan barulah penelitian dengan menggunakan massa uji pada sistem dilakukan.

3.1.2 Perancangan Piranti Elektronika Pendeteksi Getaran Plat Vertikal Sejajar.

Perancangan piranti elektronik dimulai dengan pendeteksi getaran pada plat vertikal sejajar dengan cara merubah besaran percepatan yang terukur pada plat vertikal sejajar menjadi besaran listrik. Proses ini dilakukan oleh sensor *accelerometer*. Perubahan percepatan yang terjadi akan dirubah menjadi besaran listrik. Setelah proses ini dilakukan maka besaran listrik yang ada di umpan ke PC. Besaran listrik tersebut di umpan tanpa menggunakan kabel atau antarmuka nirkabel.

Diagram alur dari perancangan piranti elektronika dapat dilihat pada Gambar 6. Berawal dari sensor accelerometer sebagai pendeteksi adanya osilasi kemudian diumpan ke mikrokontroller. Umpan yang dikirim ke mikrokontroller berupa data besaran listrik. Data ini diumpan ke port Analog Digital Converter yang terpadu dalam chip mikrokontroller. Kemudian data yang ada diumpan ke Transceiver unit 1. Data kemudian di transmitkan ke unit Transceiver 2 lewat radio frekuensi. Setelah data diterima oleh unit

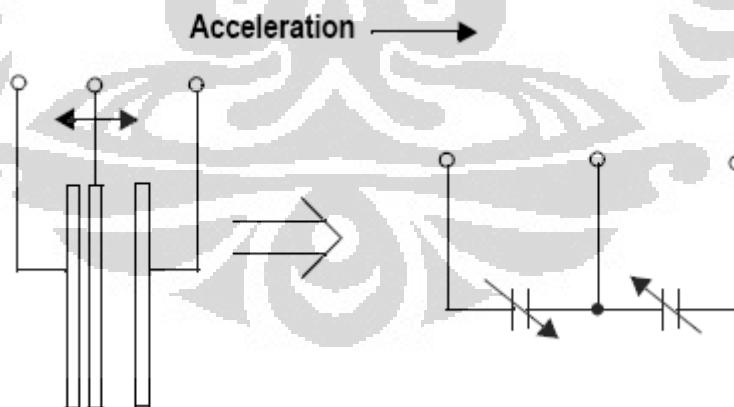
Tranceiver 2 maka data diumpun ke PC secara serial melalui port COM.Data yang ada kemudian diolah menggunakan piranti lunak.



Gambar 6.Blok diagram system.

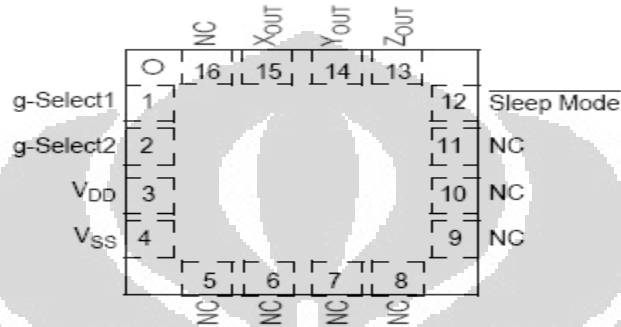
- Sensor Accelerometer (Integrated Modul DC-SS009) 3 Axis MMA7260

Produk chip accelerometer yang digunakan adalah 3 axis accelerometer MMA7260. Accelerometer tipe ini bekerja dengan prinsip perubahan kapasitansi yang terangkai dalam chip.Analogi prinsip kerja accelerometer tipe ini ditunjukkan pada Gambar 7. Dengan terjadinya perubahan akselerasi yang dialami chip maka akan berdampak pada perubahan sistem kapasitansi didalam chip sehingga memberikan beda tegangan keluaran analog yang bervariasi .Proses ini terjadi pada setiap axis.



Gambar 7.Perubahan kapasitansi sebagai prinsip dasar accelerometer MMA7260 Menurut vendornya,accelerometer tipe ini dapat mendeteksi sampai kurang lebih 2000g.Chip MMA7260 ini juga memiliki beberapa fitur tambahan yaitu pilihan deteksi terkecil (*g-selection*) dan pilihan mode *Sleep Mode*.Konfigurasi pin dari chip MMA7260 ditunjukkan pada Gambar 8.

Fitur pilihan deteksi akselerasi memungkinkan untuk kita menggunakan sensitivitas yang dibutuhkan. Ada empat pilihan yang tersedia pada chip accelerometer ini. Mode pilihan dan konfigurasinya ditunjukkan pada Tabel 1. Tergantung dari Masukan Logika yang diumpun pada pin maka sensitivitas yang tersedia dapat dipilih. Fitur ini ideal dengan penggunaan yang membutuhkan ketelitian tertentu guna mendapatkan performa yang cocok bagi pengguna.



Gambar 8. Sensor accelerometer MMA7260 [3]

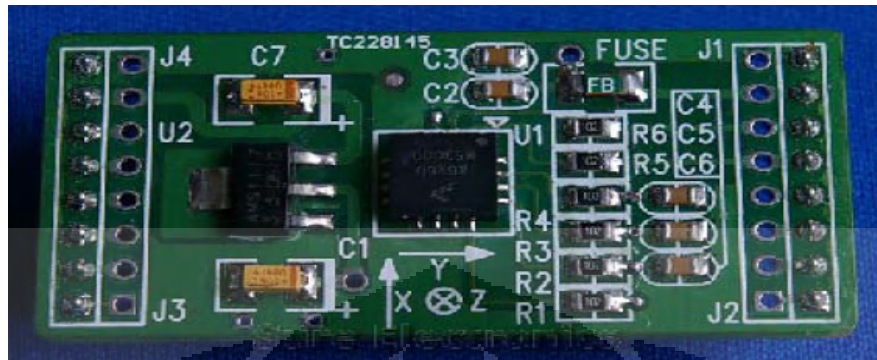
Tabel 1. Konfigurasi fitur *g-select* [3]

g-Select2	g-Select1	g-Range	Sensitivity
0	0	1.5g	800mV/g
0	1	2g	600mV/g
1	0	4g	300mV/g
1	1	6g	200mV/g

Sedangkan fitur *Sleep Mode* ideal dengan penggunaan daya pada catu daya yang digunakan. Pada saat *Sleep Mode* diaktifkan maka keluaran pada semua axis akan dipadamkan sehingga menghasilkan pengurangan arus yang beroperasi secara signifikan. [3]

DC-SS009 adalah modul yang telah terpadu dengan chip accelerometer MMA7260 buatan Sure Electronics. Inc. Modul ini telah memadukan chip MMA7260 dengan komponen diskrit yang dirangkai sehingga pengguna mudah melakukan koneksi antarmuka dengan piranti lain. Didalam modul DC-SS009 telah terpadu rangkaian lowpass filter untuk setiap keluaran analog masing-masing axis dan regulator beda

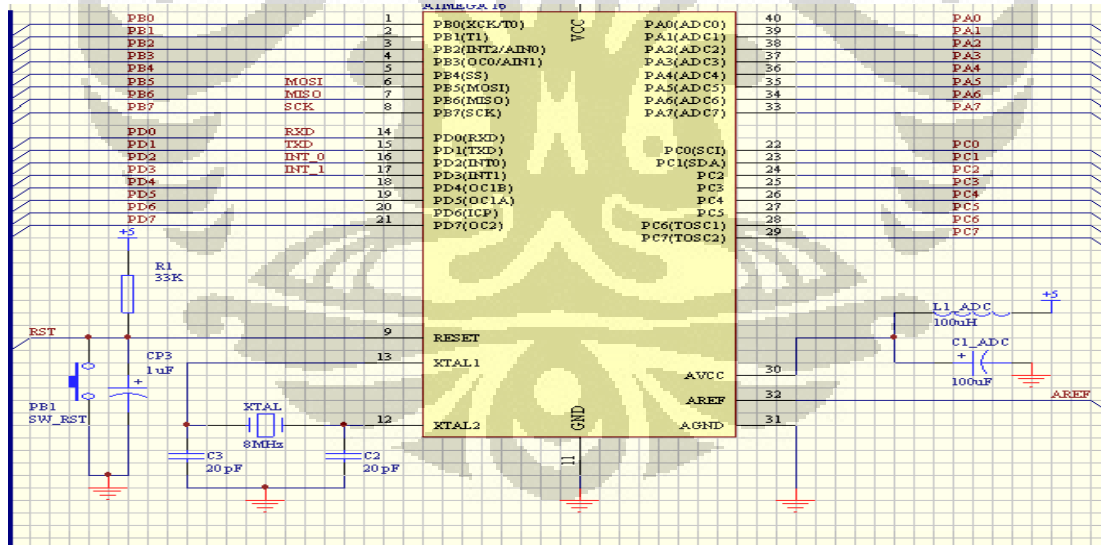
tegangan 5 volt menjadi 3.3 volt. Gambar 9 menunjukkan modul DC-SS009 yang digunakan.[2]



Gambar 9. Modul DC-SS009 [2]

- Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroller Atmega 16

ATMega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDx_n , $PORTx_n$, dan $PINx_n$. Pada rangkaian sistem minimum ini dilengkapi dengan kristal untuk membangkitkan frekuensi tinggi. *PortA* terhubung dengan kaki pin ADC.



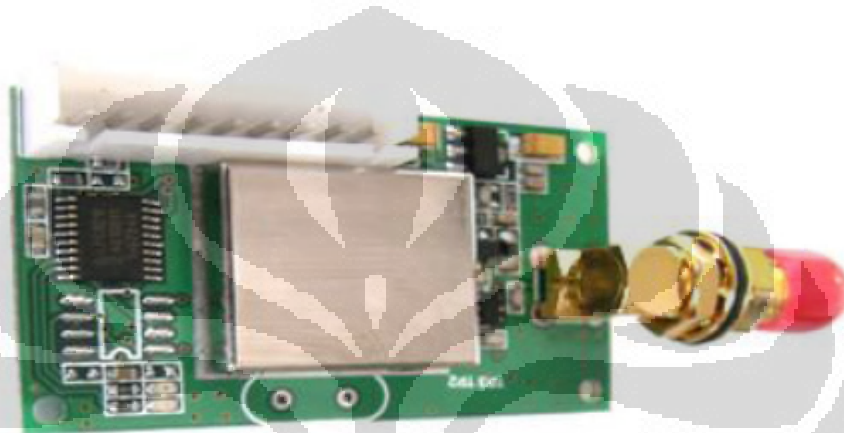
Gambar 10. Rangkaian minimum sistem mikrokontroller Atmega 16.

AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. Mikrokontroller Atmega16 mempunyai 40 kaki, yang masing-masing kaki atau pin mempunyai fungsi dan kegunaan

masing-masing yaitu sebagai ADC, interrupt, jalur komunikasi dan sebagai pin paralel, setiap pinnya terdiri dari 8 jalur yaitu dari jalur 1 sampai 8.

- YS 1020

Radio Frequency (selanjutnya di tulis RF) yang digunakan adalah YS 1020. Tranceiver yang terdiri dari antena, synthesizer frekuensi terpadu, power amplifier, kristal osilator dan perangkat modulasi. Kanal frekuensi dapat diumpan dengan 3-wire serial interface.



Gambar 11. YS 1020 [1]

Tabel 2. Konfigurasi setting YS 1020 [1]

Pin	Pin name	Description	Level	Connection with terminal	Remands
1	GND	Grounding of power supply		Ground	
2	Vcc	Power supply DC	+3.3~5.5V		
3	RXD/TTL	Serial data receiving end	TTL	TxD	
4	TXD/TTL	Serial data transmitting end	TTL	RxD	
5	DGND	Digital grounding			
6	A(TXD)	A of RS-485 or TXD of RS-232		A(RxD)	
7	B(RXD)	B of RS-485 or RXD of RS-232		B(TxD)	
8	Sleep	Sleep control (input)	TTL	Sleep signal	Low level sleep
9	Test	Ex-factory testing			

Gambar 11 menunjukkan bentuk dari YS 1020 yang digunakan. Tabel 3 menunjukkan konfigurasi pin dari modul radio frekuensi YS1020. YS 1020 diadaptasi dari chipcon Texas Instrument CC1020 RF IC, bekerja pada pita frekuensi ISM, *half duplex* terpadu transmitter dan receiver. Sebuah modul yang dapat dihubungkan langsung dengan perangkat TTL atau personal komputer dengan komunikasi RS232 atau RS485.[1]

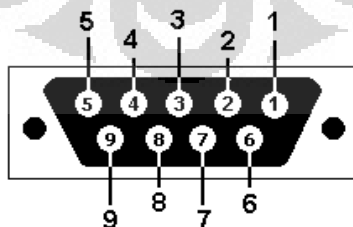
- Komunikasi Data Serial RS 232

Ada 2 macam cara komunikasi data serial yaitu Sinkron dan Asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, clock dikirimkan bersama sama dengan data serial, tetapi clock tersebut dibangkitkan sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim maupun penerima. Sedangkan pada komunikasi serial asinkron tidak diperlukan clock karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu yang sama baik pada pengirim / penerima. Komunikasi data serial ini dikerjakan oleh UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). IC UART dibuat khusus untuk mengubah data parallel menjadi data serial dan menerima data serial yang kemudian dirubah lagi menjadi data parallel. Ketika Transmitter ingin mengirimkan data, output UART akan diset dulu ke logika “0” untuk waktu satu bit. Sinyal ini pada receiver akan dikenali sebagai sinyal “Start” yang digunakan untuk menyinkronkan fase clocknya sehingga sinkron dengan fase clock transmitter.

Standar sinyal RS232 memiliki ketentuan level tegangan sebagai berikut :

- Logika 1 disebut ‘Mark’ terletak antara -3 Volt sampai -25 Volt
- Logika ‘0’ disebut ‘space’ terletak antara +3 Volt samapai +25 Volt.
- Daerah tegangan antara -3 Volt sampai +3 Volt adalah invalid level, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki level logika pasti sehingga harus ihindari. Demikian juga level tegangan dibawah -25 Volt dan diatas +25 Volt juga harus dihindari karena bisa merusak line driver pada saluran RS232.

Konektor DB-9 pada bagian belakang komputer adalah port serial RS232 yang biasa dinamai dengan COM1 dan COM2.



Gambar 12.Pin konektor DB 9

Tabel 3. Konfigurasi standar pin konektor DB 9

Pin	232 DTE	232 DCE	422/485
1	DCD ²	DCD	GND
2	RXD	TXD	CTS+ (HSI+)
3	TXD	RXD	RTS+ (HSO+)
4	DTR ²	DSR	RXD+
5	GND	GND	RXD-
6	DSR ²	DTR	CTS- (HSI-)
7	RTS	CTS	RTS- (HSO-)
8	CTS	RTS	TXD+
9	RI ²	RI	TXD-

Keterangan mengenai fungsi saluran RS232 pada konektor DB-9 adalah sebagai berikut :

1. Received Line Signal Detect, dengan saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa pada terminal masukan ada data masuk.
2. Receive Data, digunakan DTE menerima data dari DCE.
3. Transmit Data, digunakan DTE mengirimkan data ke DCE.
4. Data Terminal Ready, pada saluran ini DTE memberitahukan kesiapan terminalnya.
5. Signal Ground, saluran ground
6. DCE ready, sinyal aktif pada saluran ini menunjukkan bahwa DCE sudah siap.
7. Request to Send, dengan saluran ini DCE diminta mengirim data oleh DTE.
8. Clear to Send, dengan saluran ini DCE memberitahukan bahwa DTE boleh mulai mengirim data.
9. Ring Indicator, pada saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa sebuah stasiun menghendaki hubungan dengannya. [8]

Untuk dapat menggunakan port serial harus diketahui dahulu alamat dari port serial tersebut. Biasanya tersedia dua port serial pada CPU, yaitu COM1 dan COM2. Base Address COM1 biasanya 1016 (3F8h) dan COM2 biasanya 760 (2F8h). Alamat tersebut adalah alamat yang biasa digunakan, tergantung komputer yang digunakan. Pulsa pencacah (*baudrate*) diatur sesuai yang digunakan pada mikrokontroler.

3.2. Perancangan Piranti Lunak Sistem Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar.

Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang perancangan piranti lunak sistem akuisisi data getaran plat vertikal sejajar.

- Pemrograman Mikrokontroller.

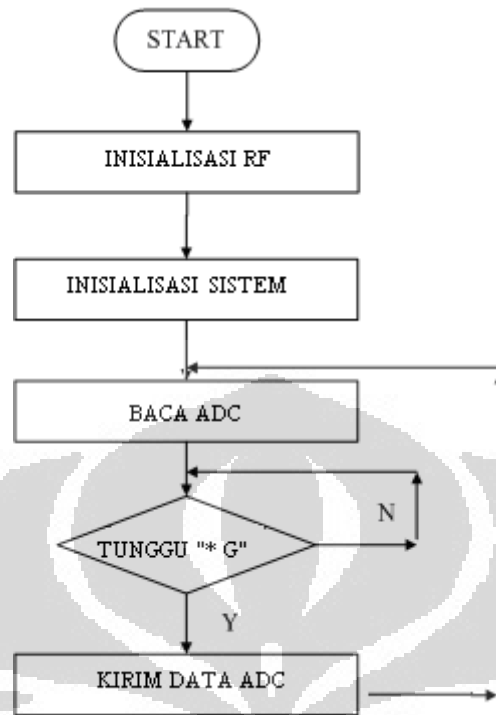
Mikrokontroller pada sistem ini digunakan sebagai portal pertama pengambilan data. Data yang dihasilkan akibat perubahan percepatan pada sistem dideteksi oleh sensor accelerometer. Data perubahan percepatan yang dikonversi menjadi perubahan besaran listrik oleh sensor diumpun ke Mikrokontroller melalui port *Analog to Digital Converter* yang terintegrasi dalam chip atmega16.

Untuk dapat mengambil data sensor dan mengumpunnya ke RF yang kemudian dikirim ke PC, dibutuhkan koding yang diunduh kedalam chip atmega16 terlebih dahulu. Koding yang digunakan adalah bahasa *Basic* dari aplikasi BASCOM AVR.

Gambar 14 menunjukkan diagram alur dari isi koding yang diunduh kedalam chip atmega16 dengan bahasa *Basic*. Data ADC pada setiap kanal chip atmega16 sudah tersimpan di masing-masing register. Setelah proses menyimpan data ADC maka program mengecek variabel tunggu apakah sudah ada perintah dari PC untuk setor data ADC ke PC atau belum. Jika perintah berupa karakter "*" "G" sudah ada maka data ADC dikirim ke PC secara serial, dan jika belum ada perintah maka program akan tetap menunggu sampai ada perintah dari PC.

- Pemrograman Akuisisi Data Pada PC.

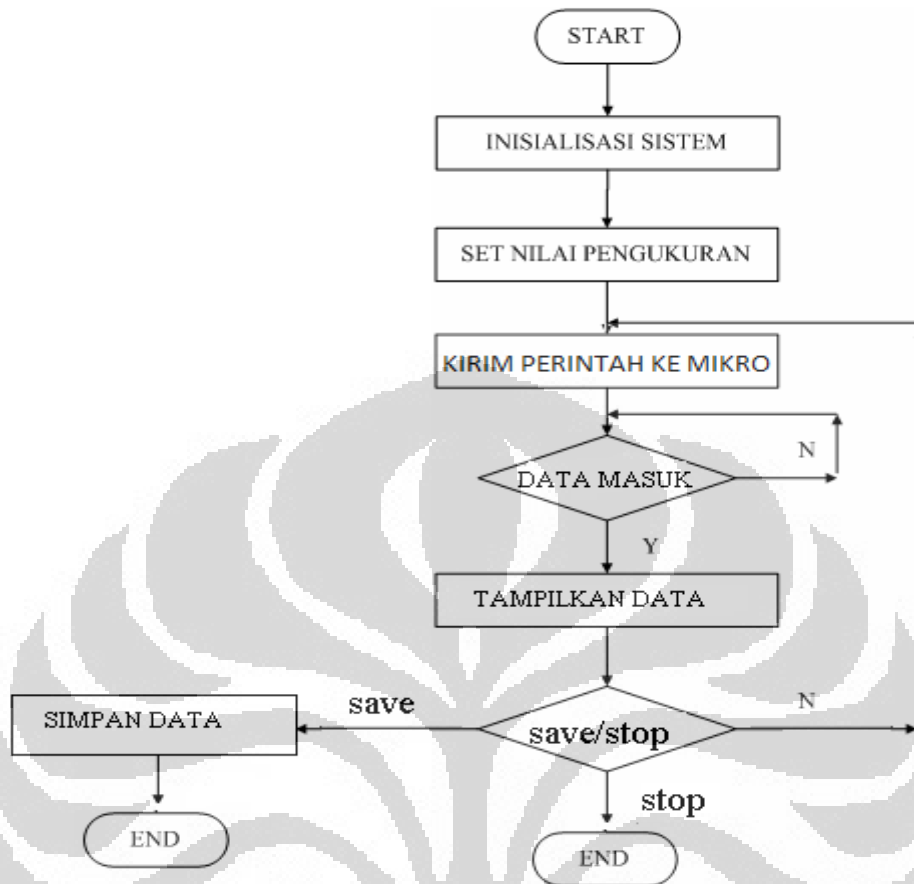
Pemrograman akuisisi data pada PC ini menggunakan LabVIEW 8.5. Sebuah piranti lunak keluaran National Instrument yang kompatibel dengan akuisisi data. Piranti yang berbasiskan dominan visual sehingga memanjakan penggunaanya yang tidak terlalu familiar dengan piranti lunak berbasiskan dominan skrip. Gambar 15 menunjukkan diagram alur dari kerja piranti lunak akuisisi data yang dibangun dengan LabVIEW 8.5. Piranti lunak akuisisi data pada PC ini dibangun didalam satu looping besar utama yang mencangkup keseluruhan proses kerja. Didalam looping besar utama tersebut dibangun urutan kerja sesuai kebutuhan penulis.



Gambar 13. Diagram alur program Mikrokontroller.

Pertama-tama dibangun urutan langkah kerja yang berurutan secara beruntun dengan menggunakan struktur sequensial. Didalam urutan pertama struktur sequensial dibangunlah inisialisasi Visa serial. Dimana inisialisasi ini menentukan konfigurasi tentang parameter baud rate, kanal COMM, panjang data dalam satuan bit, paritas, dan bit stop. Pada urutan pertama ini juga menginisialisasikan banyak data yang dicuplik per satuan waktu.

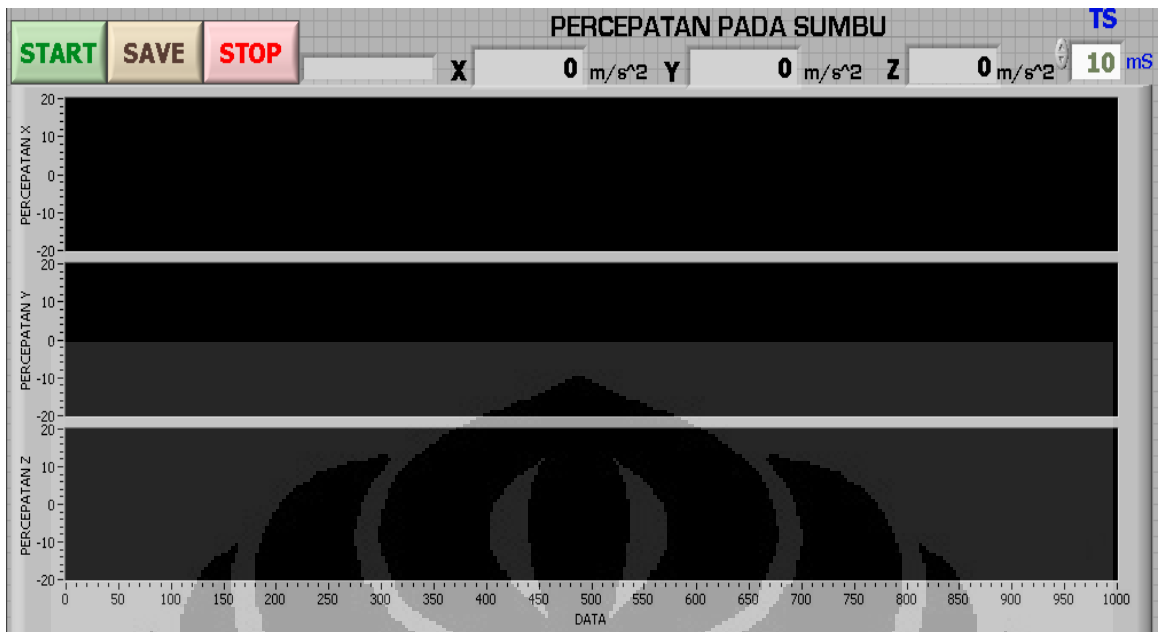
Urutan kedua yang tersusun adalah membangun sebuah looping berbasis waktu yang dikenal dengan nama *timed Loop*. Tujuan menggunakan looping berbasis waktu ini adalah tidak lain untuk mengatur waktu cuplik yang digunakan. Didalam urutan kedua ini dikerjakannya inti dari program yang dibangun. Program yang dibangun pada urutan ini bertugas membaca dan mengirimkan dari dan keluar PC melalui visa serial. Pada bagian ini juga dibangun program untuk memberikan perintah kepada mikrokontroller untuk me-



Gambar 14. Diagram alur akuisisi data.

ngirim data ADC melalui komunikasi serial yang dijemptani oleh RF. Setelah mengirimkan perintah ke mikrokontroller maka urutan ini bertugas untuk menampilkan data ADC dari masing-masing kanal secara garis grafik, Masih pada urutan ini juga dibangun sebuah formula yang mengkonversi data ADC dalam bentuk desimal ke nilai percepatan yang dialami oleh sistem. Urutan ini terus bekerja berulang-ulang sampai satu kondisi yang dijadikan kontrol looping memberikan informasi untuk berhenti bekerja.

Urutan ketiga adalah program yang dibangun untuk dapat mencatat data menjadi file dot xls. Yaitu aplikasi Excel file yang memudahkan penulis untuk mengetahui data yang terjadi selama looping urut kedua bekerja dalam angka pada kolom dan baris juga pada grafik.



Gambar 15. Tampilan GUI dari program yang digunakan.

BAB IV

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA DATA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak.

4.1. Pengujian Sistem

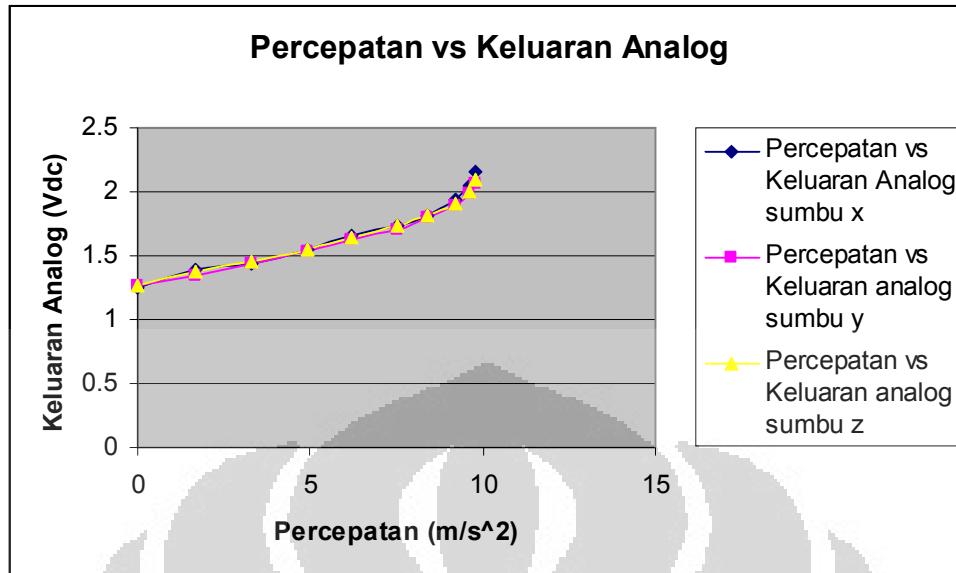
Pengujian sistem dari pembuatan sistem akuisisi data getaran plat vertikal sejajar dilakukan untuk mengevaluasi apakah sistem bekerja sesuai yang diharapkan atau tidak. Secara garis besar pengujian sistem akan mengevaluasi data ADC keluaran sensor accelerometer, komunikasi nirkabel yang digunakan dan akuisisi data getaran plat vertikal sejajar.

4.1.1. Pengambilan Data Keluaran Accelerometer dan Konversi ke Nilai ADC.

Sensor accelerometer yang digunakan mendeteksi percepatan kemudian merepresentasikan percepatan dalam bentuk keluaran sinyal listrik. Berikut ini adalah plot data akselerasi kontra keluaran analog pada masing-masing sumbu yang di deteksi sensor.

Tabel 4. Data Percepatan kontra Keluaran analog pada masing-masing sumbu

Percepatan (m/s^2)	Data analog sumbu x (Vdc)	Data analog sumbu y (Vdc)	Data analog sumbu z (Vdc)
0	1.27	1.26	1.27
1.7	1.36	1.35	1.37
3.3	1.44	1.44	1.46
4.9	1.53	1.53	1.55
6.2	1.62	1.62	1.64
7.5	1.71	1.71	1.73
8.4	1.82	1.8	1.82
9.2	1.89	1.89	1.91
9.6	1.98	1.98	2
9.8	2.08	2.07	2.09



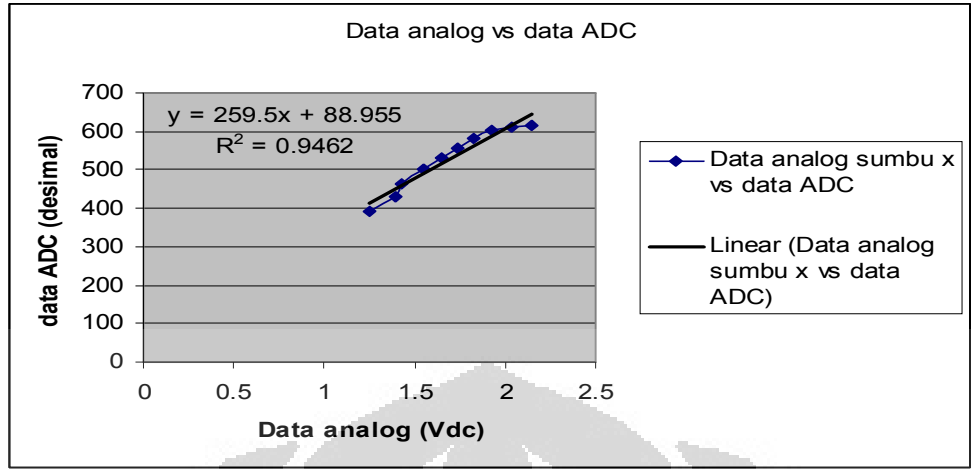
Gambar 16. Kesatuan plot data Percepatan vs Keluaran analog

Dari Gambar 16 terlihat bahwa respon dari akselerometer yang digunakan memberikan keluaran yang hampir sama disetiap sumbu akibat dari masukan percepatan yang sama. Data analog ini kemudian diumpun ke mikrokontroler ke terminal ADC sehingga mengeluarkan sinyal digital dalam bentuk decimal. Berikut ini adalah data tegangan analog kontra nilai ADC.

Tabel 5. Data analog sumbu x vs data ADC

data ADC (Desimal)	Data analog sumbu x (Vdc)
394	1.25
430	1.39
464	1.43
502	1.55
533	1.65
558	1.74
580	1.82
601	1.93
611	2.04
615	2.15

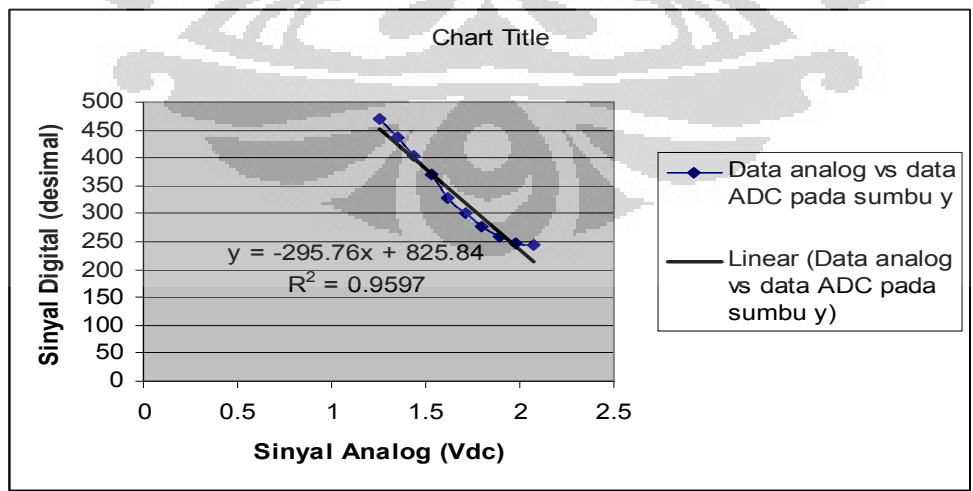
Dari Tabel 5 dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan data analog keluaran sensor akselerometer dalam beda tegangan arus searah kontra data ADC dalam bentuk sinyal digital satuan decimal. Gambar 17 menunjukkan grafik yang dimaksud dan dengan cara yang sama maka grafik untuk masing-masing sumbu yang lain juga dapat di plot.



Gambar 17. Data analog vs data ADC pada sumbu x.

Tabel 6. Data analog sumbu y vs data ADC

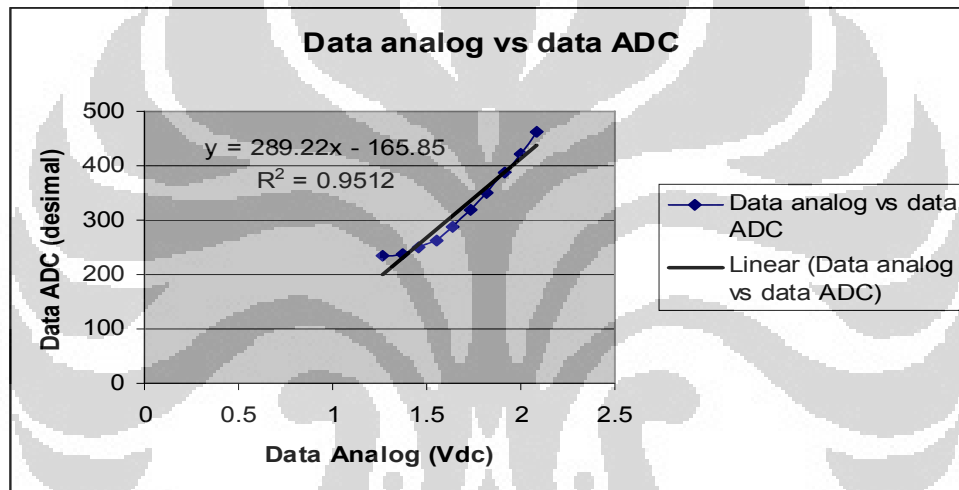
data ADC (Desimal)	Data analog sumbu y (Vdc)
469	1.26
437	1.35
405	1.44
369	1.53
327	1.62
300	1.71
278	1.8
259	1.89
246	1.98
244	2.07



Gambar 18. Data analog vs data ADC pada sumbu y

Tabel 7. Data analog sumbu z vs data ADC

data ADC (Desimal)	Data analog sumbu z (Vdc)
233	1.27
238	1.37
250	1.46
264	1.55
286	1.64
319	1.73
350	1.82
388	1.91
423	2
461	2.09



Gambar 19. Data analog vs data ADC pada sumbu z

4.1.2. Konversi Data ADC ke Percepatan.

Perubahan akselerasi yang mengakibatkan perubahan beda potensial pada keluaran sensor accelerometer diumpan ke mikrokontroler port ADC. Data analog ini kemudian di konversi kedalam bentuk besaran biner (selanjutnya ditulis data ADC). Data ADC inilah yang kemudian di umpan ke PC.

Data ADC dalam satuan bit kemudian dikonversi sehingga menunjukkan nilai percepatan dalam besaran m/s^2 . Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam konversi data ADC menjadi data percepatan:

$$dataADC(biner) = a(m/s^2) = g(m/s^2) \sin \theta \quad (13)$$

Data ADC yang dikeluarkan oleh sensor accelerometer ada tiga yaitu deteksi sumbu x,y dan z.Berikut ini adalah data perubahan data ADC akibat perubahan sudut pada masing-masing sumbu:

Tabel 8.Data ADC keluaran sensor accelerometer,sumbu x

Sudut	data ADC (Desimal)	percepatan (m/s ²)
0	394	0
10	430	1.7
20	464	3.3
30	502	4.9
40	533	6.2
50	558	7.5
60	580	8.4
70	601	9.2
80	611	9.6
90	615	9.8

Tabel 9.Data ADC keluaran sensor accelerometer,sumbu y

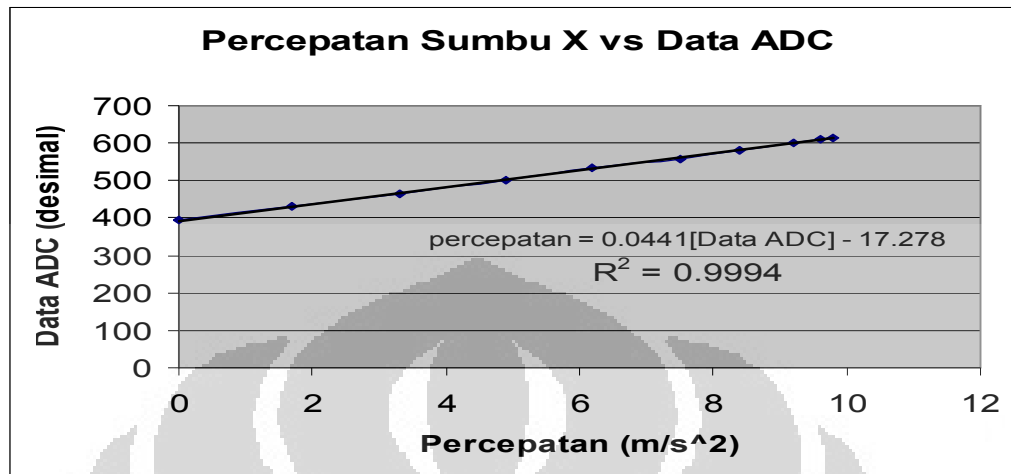
Sudut	data ADC (Desimal)	percepatan (m/s ²)
0	469	0
10	437	1.7
20	405	3.3
30	369	4.9
40	327	6.2
50	300	7.5
60	278	8.4
70	259	9.2
80	246	9.6
90	244	9.8

Tabel 10.Data ADC keluaran sensor accelerometer,sumbu z

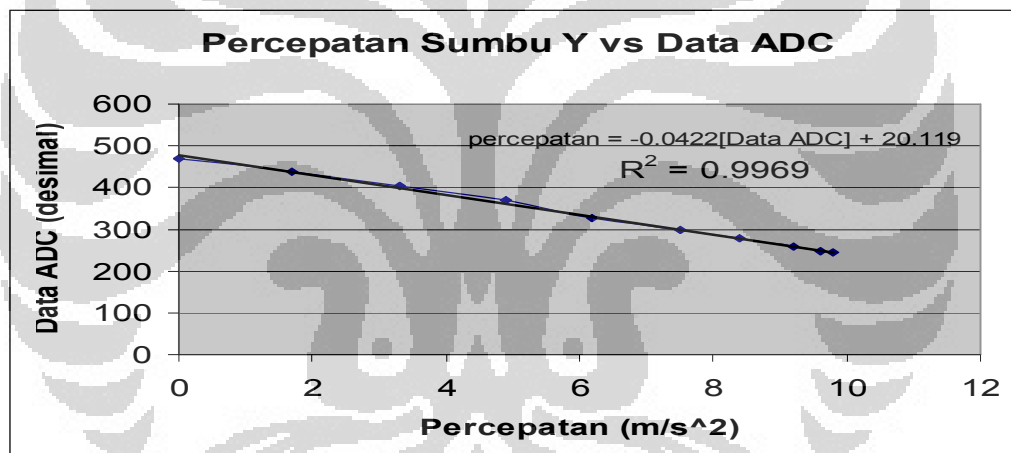
Sudut	data ADC (Desimal)	percepatan (m/s ²)
90	233	9.8
80	238	9.6
70	250	9.2
60	264	8.4
50	286	7.5
40	319	6.2
30	350	4.9
20	388	3.3
10	423	1.7
0	461	0

Dari ketiga data diatas dapat dibuat grafik Data ADC vs percepatan.Persamaan linear dari ketiga sumbu masing-masing nanti digunakan sebagai fungsi transfer Data

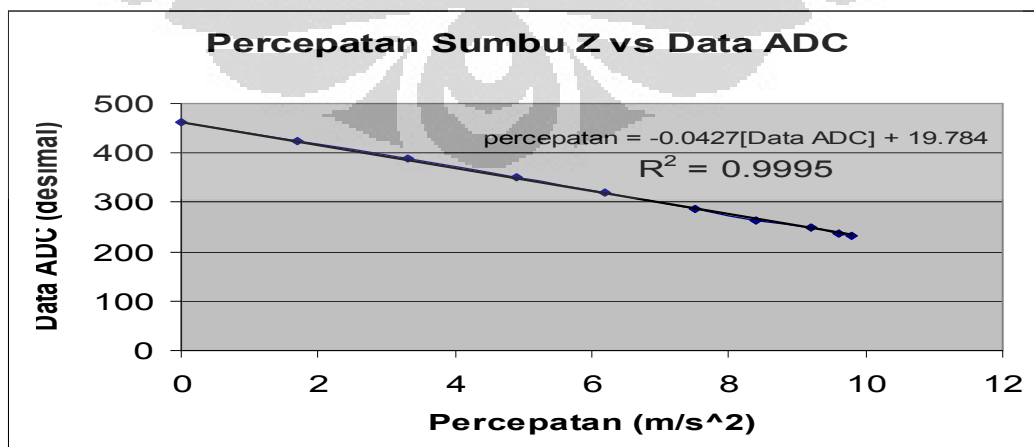
ADC ke percepatan. Gambar 17 sampai dengan Gambar 19 menunjukkan masing-masing grafik Data ADC vs percepatan.



Gambar 20. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu x sensor accelerometer.



Gambar 21. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu y sensor accelerometer.



Gambar 22. Linieritas Data ADC vs percepatan sumbu z sensor accelerometer.

Dari ketiga grafik diatas menunjukkan bahwa data ADC linier terhadap perubahan akselerasi pada masing-masing sumbu. Keluaran dari mikrokontroler yang kemudian diumpan ke personal komputer. Manipulasi data ADC dilakukan pada piranti lunak LabVIEW 8.5 dengan fungsi transfer masing-masing sumbu.

4.1.3. Pengujian Komunikasi Nirkabel Modul YS 1020.

Pengiriman data nirkabel menggunakan modul YS 1020 diuji dengan cara meletakkan modul piranti elektronika pada plat vertikal sejajar yang kemudian disimpangkan dari posisi setimbangnya. Data getaran plat vertikal sejajar yang ditransmitkan akan diterima oleh unit resiver yang terhubung dengan personal komputer.

Dengan piranti lunak yang menjadi pengatur hubungan sinkronisasi antara personal komputer dengan piranti elektronik menggunakan LabVIEW 8.5. Inisialisasi waktu sampling yang digunakan adalah 10 ms dengan pencuplikan data sebanyak 1000 kali maka didapat data getaran plat vertikal sejajar pada selang waktu 10s. Karena waktu real dan waktu yang ada pada sistem akuisisi data menjadi tidak sama. Pengiriman dan penerimaan data diharapkan mampu bekerja secara *real time*. Ketidak mampuan sistem pengiriman data bekerja secara *real time* disebabkan karena keterbatasan pulsa *baud rate* yang ada pada modul YS 1020. Modul YS 1020 hanya dapat mengirim data dengan *baud rate* paling cepat sebesar 19200. Padahal untuk sistem akuisisi data getaran plat vertikal yang dibangun bisa bekerja secara *real time* diperlukan *baud rate* sebesar 115200.

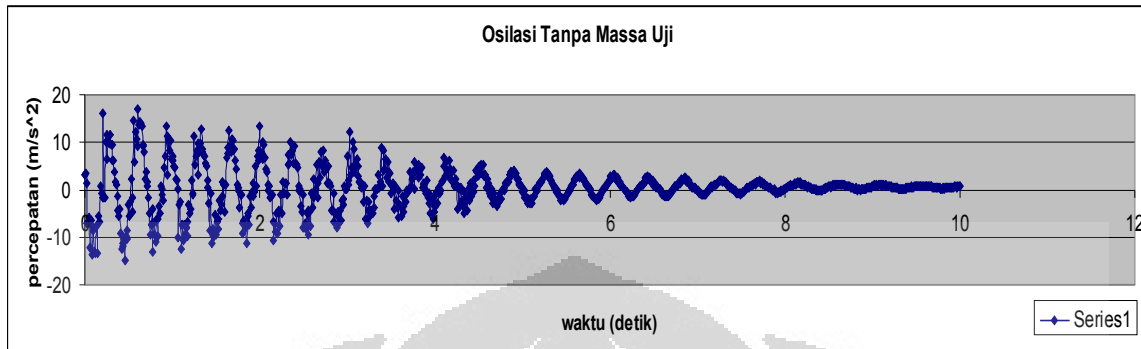
Untuk mengatasi masalah ini maka komunikasi diganti menggunakan kabel sehingga memungkinkan pengiriman dan penerimaan data dengan *baud rate* sebesar 115200. Hal ini dipilih untuk dilakukan dengan alasan tidak bertentangan dengan tujuan yang telah dikemukakan pada awal bab.

4.1.4. Akuisisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar Sistem Tak Terbebani.

Sebelum mengambil data pengukuran massa uji M diperlukan mengetahui massa awal sistem pada saat tidak terbebani M_0 . Hal ini diperlukan untuk dapat membandingkan respon antara pengukuran awal dan ketika dibebani massa uji M .

Dengan menggunakan prinsip dari persamaan (9) maka M_0 dapat dicari ketika kita mendapatkan frekuensi dari osilasi sistem.

Data dibawah ini adalah hasil pengukuran osilasi sistem yang diambil saat tak terbebani massa uji.



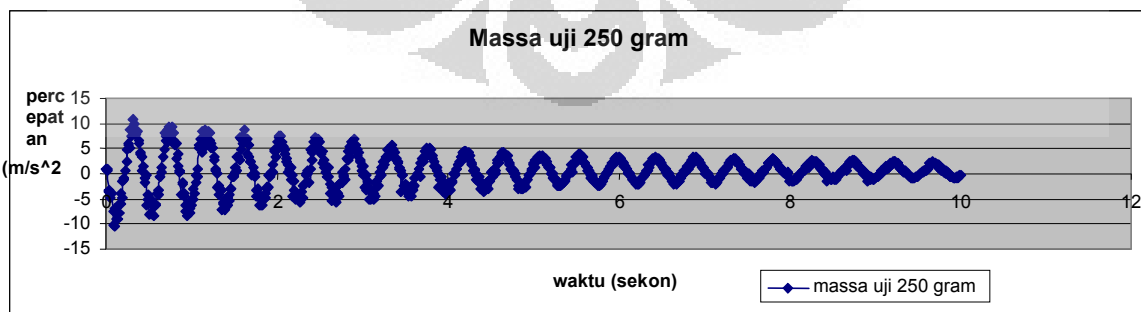
Gambar 23. Getaran sistem saat tak terbebani massa uji

Respon yang diberikan sistem saat tidak terbebani massa uji memperlihatkan sifat dari osilasi teredam.

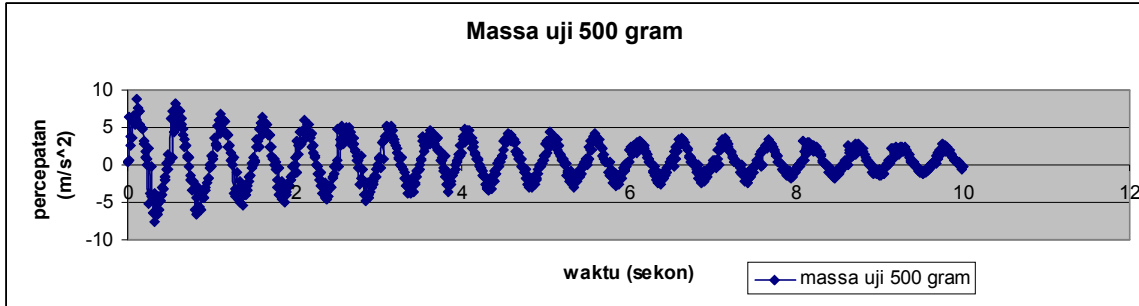
4.1.5. Akusisi Data Getaran Plat Vertikal Sejajar dengan Variasi Massa Uji M_G .

Akuisisi data getaran plat vertikal sejajar dengan variasi massa uji menggunakan anak timbangan. Anak timbangan yang digunakan adalah satu takaran 250 gram, dua takaran 500 gram dan satu takaran 1000 gram. Dengan empat anak timbangan tersebut didapatkan variasi massa uji mulai dari 250 gram sampai dengan 2250 gram dengan interval kenaikan 250 gram.

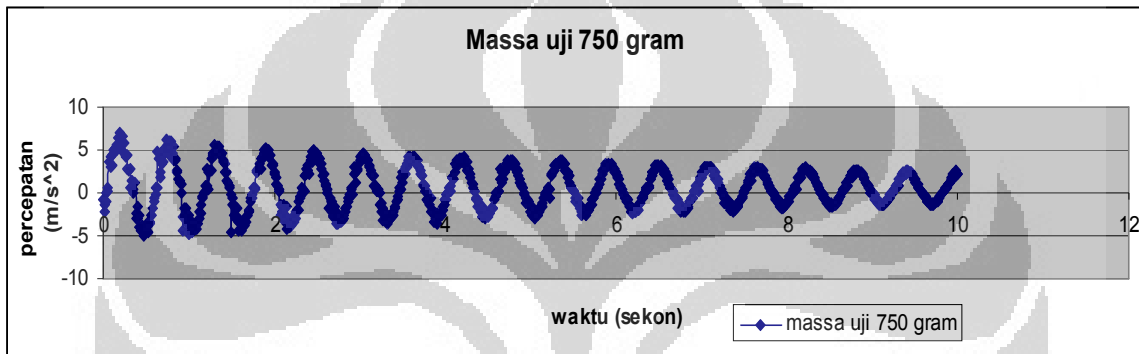
Dari sembilan variasi massa uji didapat sembilan data percepatan. Gambar 21 sampai dengan Gambar 29 menampilkan sembilan grafik percepatan kontra massa uji. Setiap pengambilan data dari kesembilan massa uji disimpangkan pada simpangan awal yang sama besarnya. Dan didata dengan selang waktu yang juga sama.



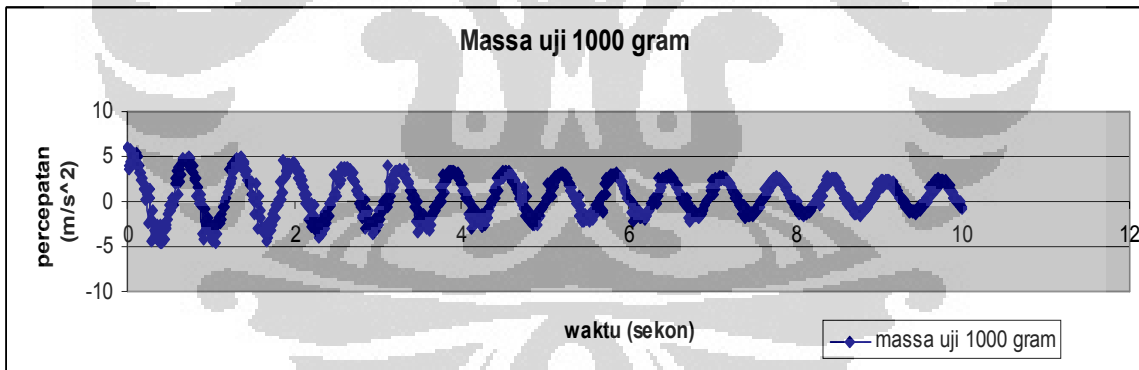
Gambar 24. Percepatan kontra massa pada massa uji 250 gram.



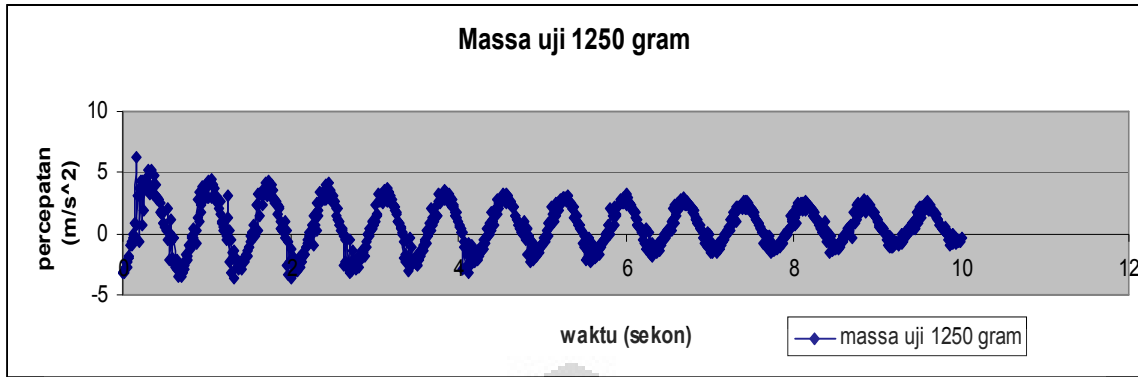
Gambar 25. Percepatan kontra massa pada massa uji 500 gram.



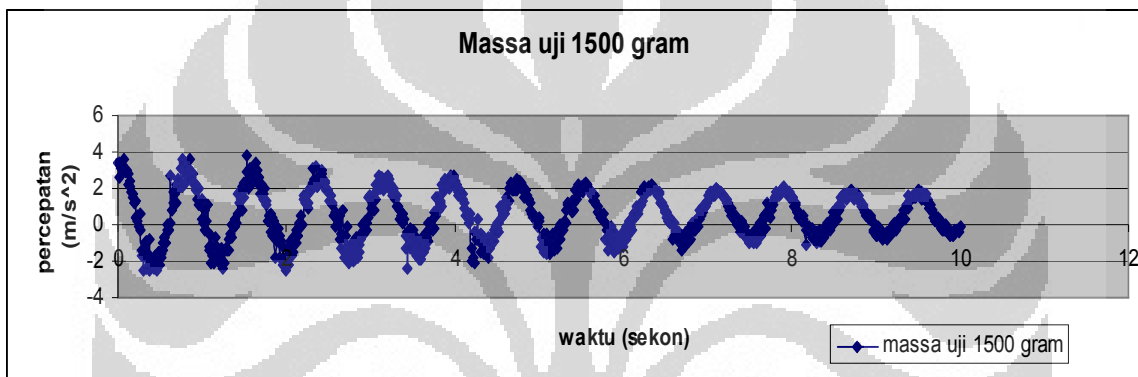
Gambar 26. Percepatan kontra massa pada massa uji 750 gram.



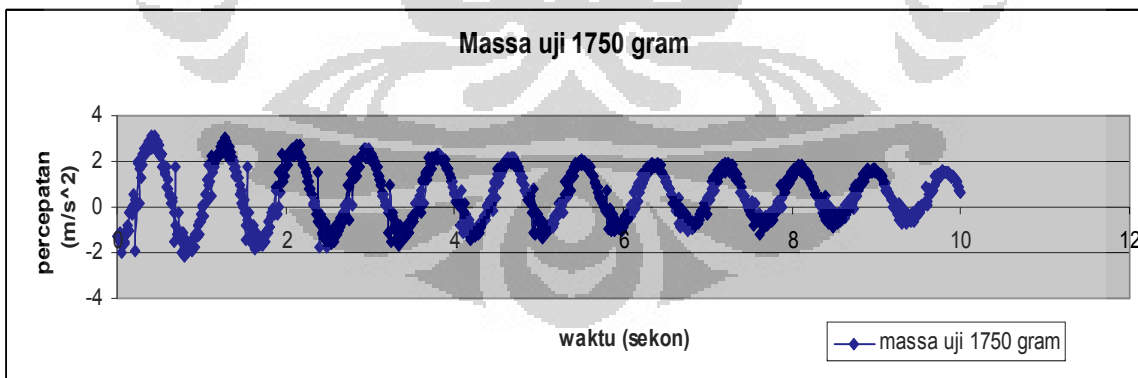
Gambar 27. Percepatan kontra massa pada massa uji 1000 gram.



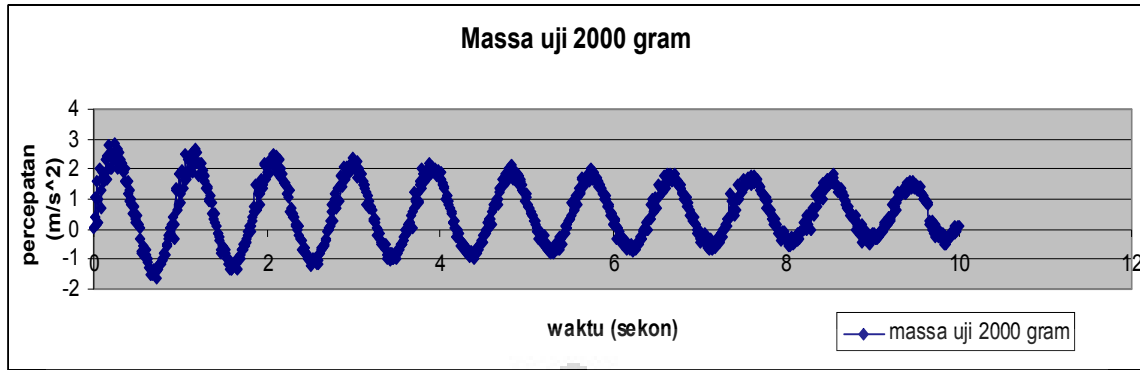
Gambar 28. Percepatan kontra massa pada massa uji 1250 gram.



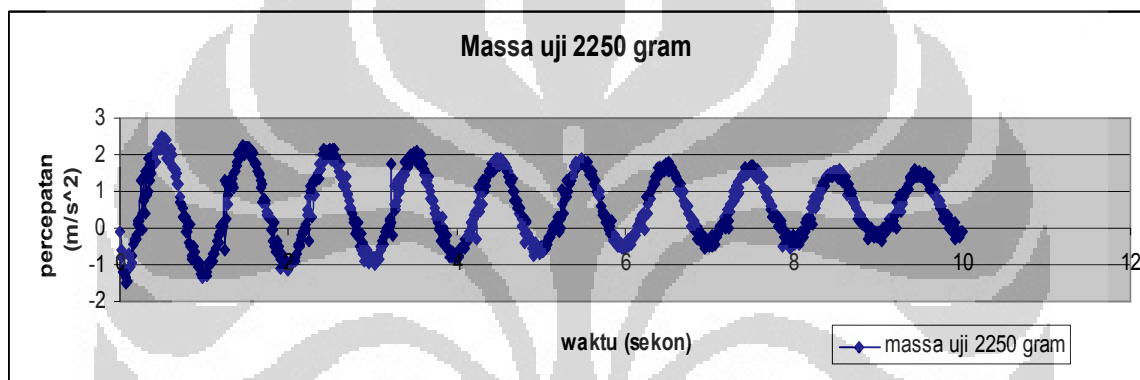
Gambar 29. Percepatan kontra massa pada massa uji 1500 gram.



Gambar 30. Percepatan kontra massa pada massa uji 1750 gram.



Gambar 31. Percepatan kontra massa pada massa uji 2000 gram.



Gambar 32. Percepatan kontra massa pada massa uji 2250 gram.

Dapat terlihat adanya variasi periode osilasi akibat variasi massa uji yang dibebankan pada sistem. Semakin besar massa uji yang dibebankan pada sistem akan berpengaruh dengan semakin kecilnya jumlah getaran.

4.2. Analisa Data Getaran Plat Vertikal Sejajar untuk Studi Massa Inersia dan Massa Gravitasi.

Setelah didapatkan plot data dari getaran yang terjadi dan terakuisisi untuk setiap perubahan massa uji, maka dapat dibahas hubungan antara periode getar dengan perubahan massa uji. Tabel 11 menunjukkan besarnya periode getaran yang bervariasi sesuai dengan variasi massa uji yang dibebankan ke sistem.

Dapat terlihat dari akuisisi data getaran plat vertikal sejajar menunjukkan perilaku dari getaran teredam.

Tabel 11. Periode osilasi akibat variasi massa uji.

Massa uji (gram)	Periode (sekon)
250	0.44
500	0.51
750	0.58
1000	0.65
1250	0.72
1500	0.78
1750	0.84
2000	0.9
2250	0.96

Nilai periode didapat dengan menghitung banyaknya gelombang osilasi dalam selang waktu yang diseragamkan yaitu sepuluh sekon.

4.3. Analisa Kecenderungan Kesepadanan Massa Inersia dan Massa Gravitasi.

Kecenderungan kesepadanan massa inersia dan massa gravitasi bisa dilihat dari hubungan periode kuadrat dengan massa sesuai dengan persamaan (12). Namun demikian, persamaan (12) tidak mengikut sertakan koefisien redaman didalamnya. Sedangkan respon dari getaran yang terjadi menunjukkan perilaku osilasi teredam. Terbukti dengan semakin kecilnya amplitudo osilasi terhadap penambahan waktu untuk setiap massa uji yang dibebankan. Dengan alasan ini maka persamaan (12) tidaklah terlalu tepat digunakan dalam penelitian ini karena persamaan (12) adalah persamaan gerak harmonik sederhana yang mengabaikan faktor redaman. Untuk itu perlu adanya koreksi persamaan yang mewakili osilasi penelitian ini.

Berangkat dari persamaan osilasi teredam yaitu:

$$y'' + by' + \omega_0 y = 0 \quad (13)$$

dengan y sama dengan

$$y_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \phi) \quad (14)$$

maka persamaan osilasi teredam menjadi :

$$(\beta^2 - \omega^2 + \omega_0^2 - b\beta)y + (b\omega - 2\beta\omega)y_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t - \phi) \quad (15)$$

untuk itu maka suku-sukunya sesuai dengan persamaan (16) dan (17)

$$(\beta^2 - \omega^2 + \omega_0^2 - b\beta) = 0 \quad (16)$$

$$(b\omega - 2\beta\omega) = 0 \quad (17)$$

dengan β^2 adalah koefisien redaman sistem. Maka akan diperoleh hubungan frekuensi dengan koefisien redaman sesuai dengan:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2 \quad (18)$$

dan jika persamaan (18) dijabarkan akan diperoleh hubungan yang linear (secara teori) antara seperiode kuadrat dengan sepermassa yaitu

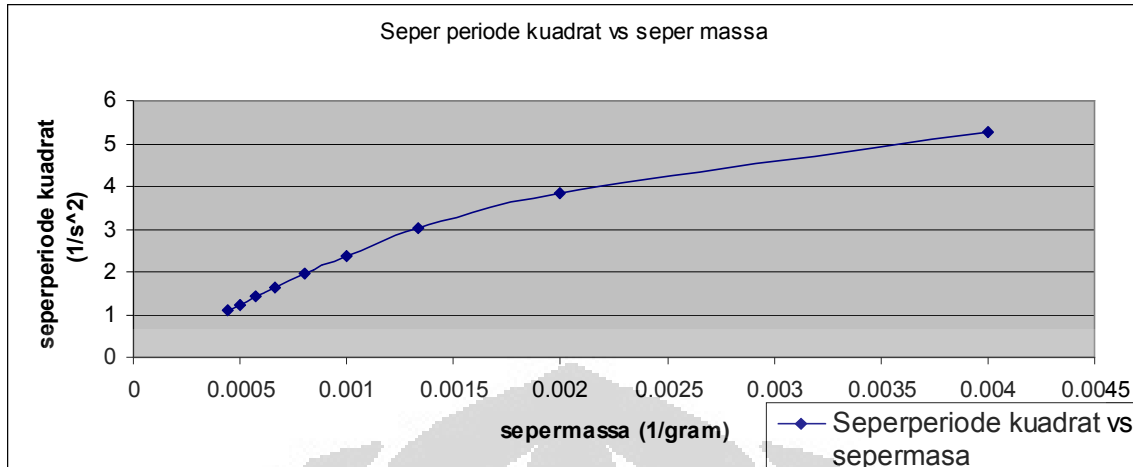
$$\frac{1}{T^2} = \frac{k}{4\pi^2} \frac{1}{m} - \frac{\beta^2}{4\pi^2} \quad (19)$$

Persamaan (19) lebih cocok untuk penelitian ini dibanding persamaan (13). Untuk itu data yang sudah ada akan diolah sesuai dengan persamaan (19). Tabel 10 adalah data sepermassa kontra seperiode kuadrat sesuai data penelitian. Dari data pada Tabel 10 kemudian bisa dibuat grafik sepermassa, sebagai sumbu x, kontra seperiode kuadrat, sebagai sumbu y.

Dengan mendapatkan informasi nilai periode dan massa uji pada penjelasan sebelumnya, maka dapat dibuat grafik seperiode kuadrat kontra sepermassa. Grafik 1/periode kuadrat kontra 1/massa uji ini dapat memberikan gambaran kesepadanan antara massa inersia dan massa gravitasi dari setiap massa uji. Berikut ini adalah tabel dan grafik seperiode kuadrat kontra sepermassa.

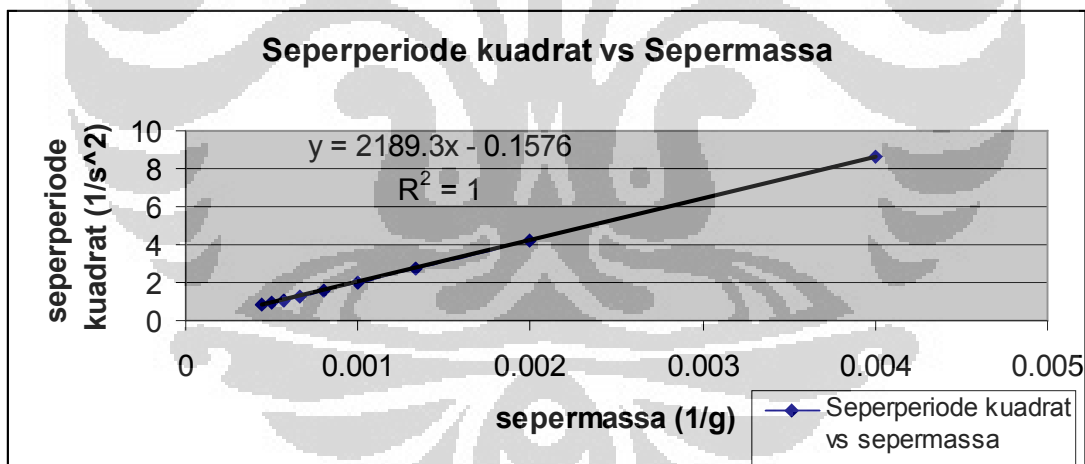
Tabel 12. Data sepermassa kontra seperiode kuadrat.

Sepermassa (1/m)	seperiode kuadrat (1/s ²)
0.00400	5.26315
0.00200	3.84615
0.00133	3.03030
0.00100	2.38095
0.00080	1.96078
0.00066	1.63934
0.00057	1.40845
0.00050	1.23456
0.00044	1.08695



Gambar 33. Grafik seperperiode kuadrat vs sepermassa gravitasi.

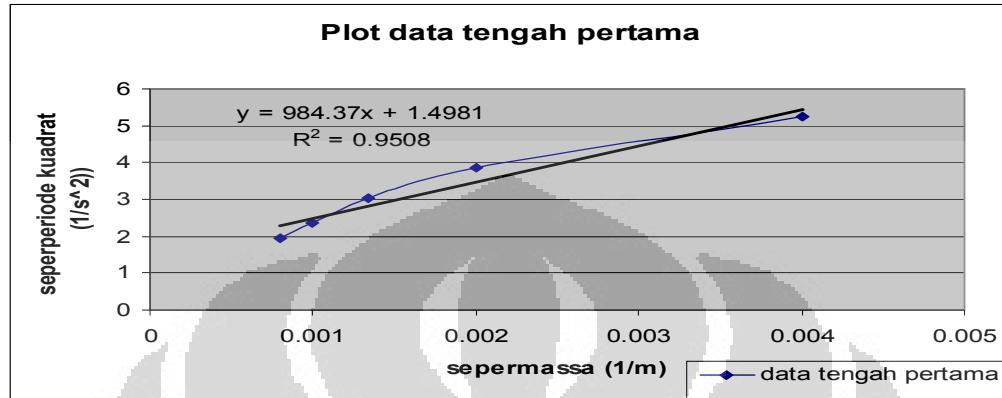
Grafik seperperiode kuadrat kontra sepermassa yang ditunjukkan pada Gambar 30 tidaklah menunjukkan perilaku linear sesuai yang diharapkan. Dengan kenyataan yang ada perlu dilakukan analisa penyebab ketidak linearitasan data yang seharusnya linear sesuai dengan persamaan (19). Gambar 31 menunjukkan kurva seperperiode kuadrat kontra massa inersia yang linier.



Gambar 34. Grafik seperperiode kuadrat kontra sepermassa inersia.

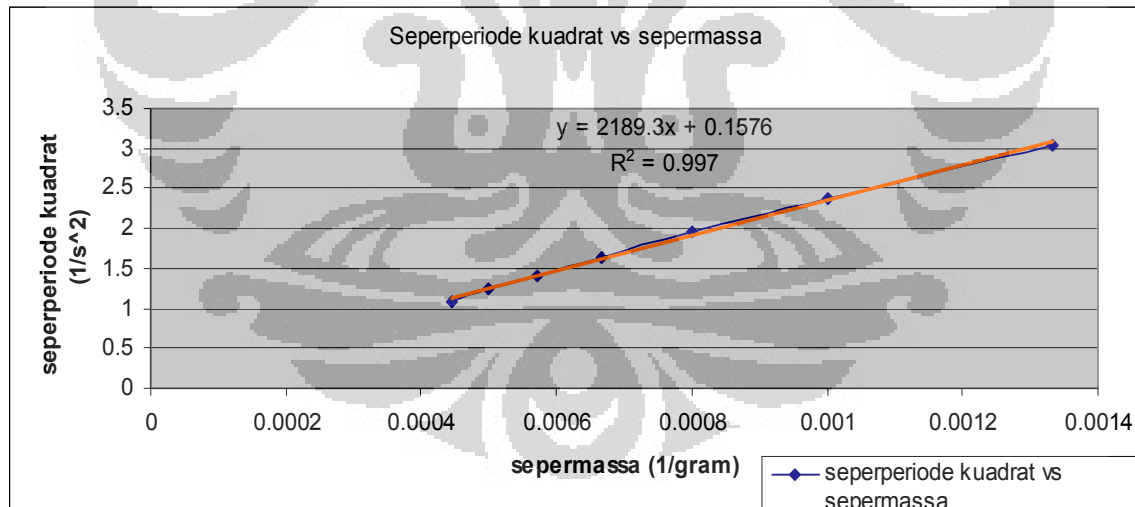
Untuk itu mari kita bagi menjadi dua bagian plot data hasil akuisisi data percobaan ini. Pertama adalah bagian plot data massa uji, yaitu massa uji tengah pertama, mulai dari 250 g sampai dengan 1250 g. Kedua adalah bagian plot data massa uji tengah kedua, mulai dari 750 g sampai dengan 2250 g.

Plot data untuk massa uji tengah pertama ditunjukkan oleh Gambar 32. Terlihat bahwa pada grafik tidak menunjukkan perilaku linier yang diharapkan. Hal ini bisa dijelaskan dengan mengacu ke persamaan (18).



Gambar 35. Plot data tengah pertama.

Plot data tengah kedua untuk massa mulai dari 750 g sampai dengan 2250 g ditunjukkan oleh Gambar 33. Dengan kelinieritasan yang ditunjukkan pada daerah ini maka jelas bahwa massa grafitasi bisa dikatakan sama dengan massa inersia, tapi tidak untuk daerah plot data tengah pertama.



Gambar 36. Kelinieritasan pada daerah tengah kedua.

Dapat dilihat kelinieritasan pada data tengah kedua lebih bagus dibanding data tengah pertama. Dan jika persamaan (19) dipadankan dengan persamaan garis sesuai dengan Gambar 33 maka akan diperoleh nilai konstanta pemulih sistem dan koefisien redaman. Dari perhitungan diperoleh nilai konstanta pemulih k sebesar:

$$k=86342.2 \text{ dyne/cm}$$

dan koefisien redaman β^2 sebesar:

$$\beta^2 = 6.2154 \text{ 1/s}^2$$

Grafik hasil akuisisi data percobaan yang ditunjukkan Gambar 30 seharusnya menyerupai grafik yang ditunjukkan pada Gambar 31. Ketidak linieran akuisisi data hasil percobaan bisa dijelaskan dengan mengacu ke persamaan (18). Dengan mendapatkan nilai k sistem dan nilai β^2 sistem maka ada baiknya membuat tabel perbandingan antara massa uji, ω_0^2 dan β^2 untuk melihat seberapa besar koefisien redaman bekerja pada masing-masing massa uji yang dibebankan ke sistem.

Tabel 13. Perbandingan massa uji, frekuensi natural dan koefisien redaman.

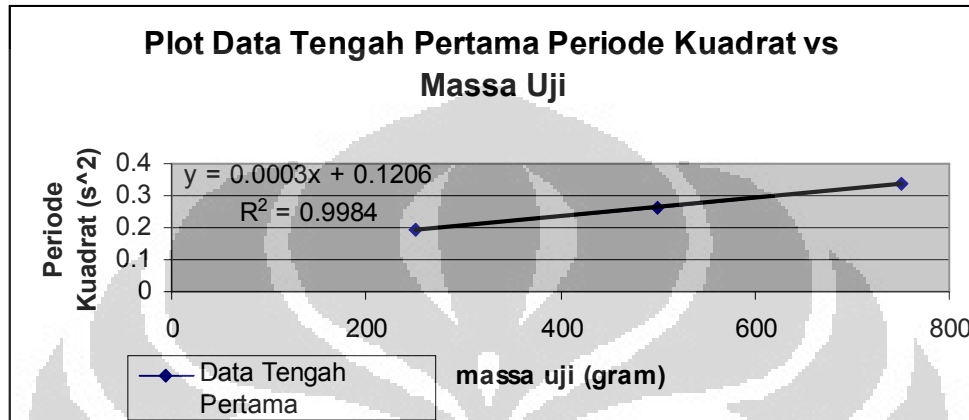
Massa Uji (gram)	Fungsi Seperperiode Getar Kuadrat (1/s ²) ω_0^2	Koefisien Redaman (1/s ²) β^2
250	345.4	6.2154
500	172.6	6.2154
750	115.1	6.2154
1000	86.3	6.2154
1250	69.1	6.2154
1500	57.5	6.2154
1750	49.3	6.2154
2000	43.1	6.2154
2250	38.4	6.2154

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa pada massa uji yang relatif kecil (kisaran 250 g, 500 g dan 750 g), koefisien redaman kecil dibanding dengan frekuensi naturalnya. Ini memberi arti bahwa pada daerah massa kecil persamaan (19) tidak cocok digunakan karena koefisien redaman bisa diabaikan. Sedangkan untuk massa lebih dari 750 g koefisien redaman tidak boleh diabaikan. Untuk itu pada massa lebih dari 750 g persamaan (19) sesuai dengan percobaan dan terbukti dengan grafik yang linier untuk daerah ini. Gambar 32 menunjukkan seperperiode kuadrat kontra massa uji pada daerah massa lebih dari 750 g.

Untuk itu mari kembali kita plot data tengah pertama dengan persamaan yang tidak mengikutsertakan koefisien redaman. Persamaan (12) akan digunakan untuk acuan dalam plot data tengah pertama.

Tabel 14. Massa uji kontra periode kuadrat.

Massa uji (gram)	Periode kuadrat (s ²)
250	0.19
500	0.26
750	0.33



Gambar 37. Periode kuadrat vs massa uji data tengah pertama

Dari respon yang ditunjukkan pada Gambar 34 maka mengindikasikan bahwa kemungkinan yang telah dikemukakan sebelumnya, berdasarkan data pada Tabel 11, sangat mungkin terjadi. Bahwa pada daerah data tengah pertama koefisien redaman bisa diabaikan dan pada data tengah kedua koefisien redaman tidak boleh diabaikan.

Untuk lebih jelas melihat hubungan periode getaran dengan massa inersia dan gravitasi marilah kita tinjau kembali persamaan (18).

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2 \quad (18)$$

dari hubungan yang ditunjukkan persamaan (18) maka dapat dijabarkan menjadi:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (20)$$

persamaan (20) menunjukkan hubungan yang paling sesuai untuk setiap keadaan massa uji dan sistem yang digunakan. Karena menunjukkan hubungan periode kuadrat dengan massa, konstanta pemulih dan koefisien redaman.

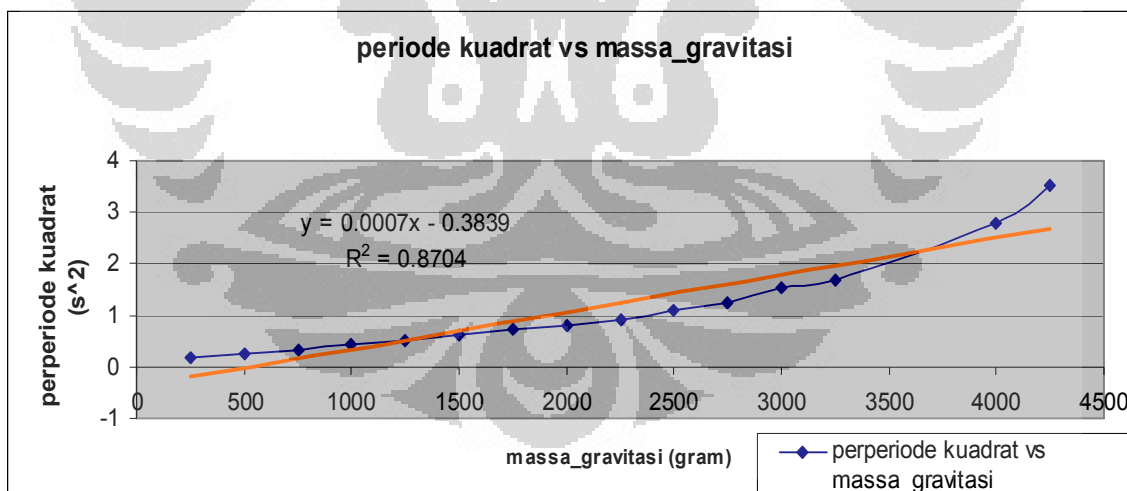
Sampai dengan sekarang ini kurva hasil plot data belum menunjukkan fenomena kelengkungan seperti yang terjadi pada penelitian terdahulu. Maka dapat diulas bahwa hubungan antara periode kuadrat dengan massa (baik gravitasi maupun inersia) secara keseluruhan sesuai dari persamaan (20). Untuk itu marilah kita tambah nilai massa uji

dalam penelitian. Penambahan nilai massa uji (massa gravitasi) diharapkan dapat memberikan grafik kurva yang menunjukkan fenomena lengkung.

Tabel 15. Penambahan nilai massa uji.

Massa uji (gram)	Periode kuadrat (s ²)
250	0.19
500	0.26
750	0.33
1000	0.42
1250	0.51
1500	0.61
1750	0.71
2000	0.81
2250	0.92
2500	1.11
2750	1.24
3000	1.52
3250	1.67
4000	2.77
4250	3.53

Dari penambahan nilai massa uji dapat dibuat plot kurva hubungan periode kuadrat kontra massa sesuai dengan persamaan (20).



Gambar 38. Plot data periode kuadrat vs massa uji

Dari percobaan terakhir didapat kurva periode kuadrat vs massa gravitasi yang menunjukkan fenomena lengkung. Fenomena lengkung ini dapat dijelaskan dengan terjadinya dua kondisi yang terjadi dan sesuai dengan persamaan (20).

Jika kondisi

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \gg \beta^2$$

terjadi maka koefisien redaman bisa diabaikan. Sehingga persamaan (20) menjadi:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m^2}{k} \quad (21)$$

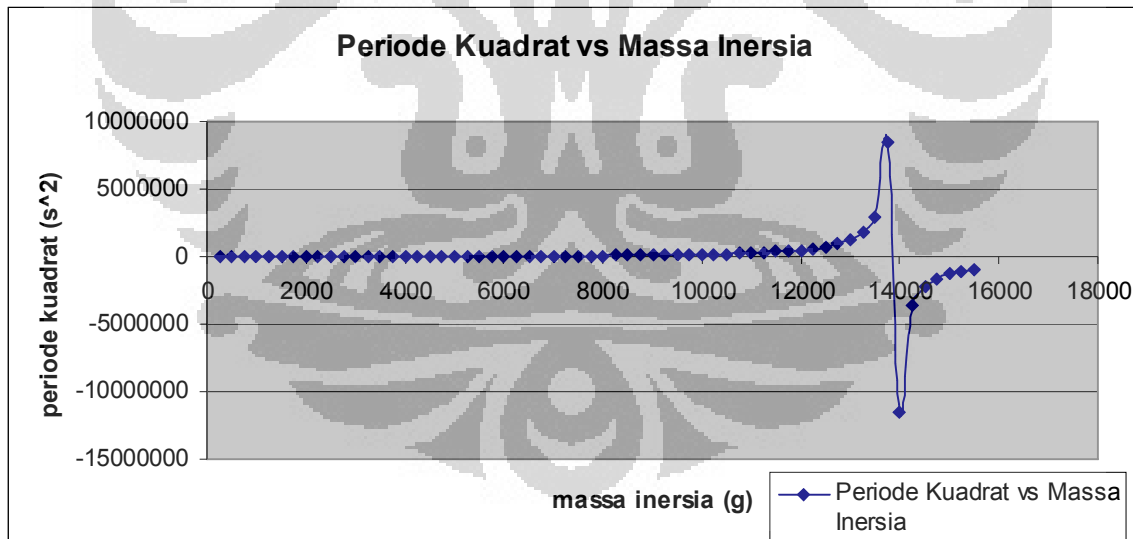
Dan masih ada satu kondisi lagi yang mungkin terjadi, yaitu:

$$k \ll \beta^2$$

Jika konstanta pemulih sangat kecil disbanding koefisien redamannya maka ini berarti:

$$T^2 = \text{negatif}$$

dan hal ini tidak boleh terjadi. Karena ketika periode kuadrat bernilai negatif keadaannya sudah tidak menunjukkan adanya getaran secara fisis. Gambar 35 menunjukkan plot periode kuadrat kontra massa inersia yang sesuai dengan persamaan (20). Kelinieritasan terjadi jika nilai ω_0^2 relatif lebih besar dibanding dengan nilai β^2 . Dan pada daerah ω_0^2 mendekati nilai β^2 maka kelinieritasan tidak lagi berlaku.



Gambar 39. Periode kuadrat vs Massa inersia menurut persamaan (20)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah menyelesaikan perancangan dan pengujian sistem serta pengambilan dan analisa hasil akuisisi data getaran plat vertikal sejajar diambil kesimpulan dan saran yang dituliskan dibawah ini.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan perancangan dan pengujian sistem serta pengambilan dan analisa hasil akuisisi data getaran plat vertikal sejajar adalah:

1. Telah dibuat mekanika plat vertikal sejajar yang memungkinkan akuisisi data getaran plat vertikal sejajar dengan nilai konstanta pemulih k sebesar 86342.2 dyne/cm dan koefisien redaman β^2 sebesar 6.2154 1/s².
2. Telah dibuat piranti elektronika yang mampu mendeteksi getaran pada plat vertikal sejajar menggunakan sensor accelerometer DC-SS009 dengan respon yang linier terhadap perubahan percepatan getaran plat vertikal sejajar. Terbukti fungsi alih dengan nilai R^2 mendekati 1 pada masing-masing sumbu pada kalibrasi sensor accelerometer. Piranti elektronika juga telah mampu mengirim data dalam bentuk sinyal listrik dari perubahan besaran fisis getaran plat vertikal sejajar untuk kebutuhan akuisisi data.
3. Telah dibuat piranti lunak yang mampu menampilkan data getaran plat vertikal sejajar secara visual menggunakan LabVIEW 8.5 dimana perilaku getaran plat vertikal sejajar menunjukkan peristiwa getaran teredam.
4. Telah dapat memperlihatkan hubungan yang linier dari sifat getaran, seperperiode kuadrat, dari plat vertikal sejajar dengan perubahan sepermassa uji. Dimana hubungan ini membuktikan bahwa sistem mekanika plat vertikal sejajar yang dibuat berada pada daerah *under damp* dengan nilai frekuensi natural kuadratnya relatif lebih besar dibanding koefisien redamannya sesuai dengan data pada Tabel 11.

5. Kolinieritas hubungan periode kuadrat dengan massa uji pada hasil akuisisi data getaran plat vertikal sejajar (Gambar 33) yang identik dengan hubungan linier periode kuadrat dengan massa inersia (Gambar 31) membuktikan bahwa pada daerah ini massa gravitasi sama dengan massa inersia.
6. Telah dapat menjelaskan fenomena lengkung yang terjadi sesuai dengan persamaan osilasi teredam. Terjadi pada kondisi satu sesuai dengan persamaan (21).

5.2 Saran

Dari pengerjaan penelitian ini penulis menyisipkan beberapa poin sebagai saran untuk praktikan yang ingin melanjutkan penelitian terkait topik ini:

1. Plat vertikal sejajar yang digunakan pada sistem mekanika ada baiknya menggunakan bahan yang proporsional antara ketebalan bahan plat sejajar dengan kisaran massa uji yang digunakan sehingga diharapkan mendapatkan hasil akuisisi data getaran yang baik.
2. Jika menggunakan piranti nirkabel ada baiknya menggunakan piranti yang kompatibel dengan pulsa pencacah dengan nilai yang besar. Karena memudahkan pengambilan data dalam mode *real time*.

DAFTAR REFERENSI

- [1]. YS-1020ub User Manual
- [2]. DC-SS009 Sure Electronics 3 axis accelerometer board user guide
- [3]. MMA 7260 Free Scale ,Technical Data,rev-1
- [4]. Smart Sensors and Application ver-1.0, Parallax
- [5]. <http://extremeelectronics.co.in>
- [6]. Gravitational Mass vs Inertial Mass, Tim Eksperimen TOFI, Januari 2006
- [7]. Fisika Jilid 1 Edisi 3 (Halliday Resnick), Pantur Silaban Ph D, Erlangga 1985
- [8]. http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_communication

