

**PEMBUATAN DAN PENENTUAN SPESIFIKASI SENSOR
GAYA BERAT BERBASIS PEGAS DAN LDR**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Tugas Akhir Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



Oleh :

MUHAMMAD FUAD

2004/46776

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2012**

PERSETUJUAN SKRIPSI

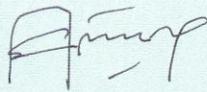
**PEMBUATAN DAN PENENTUAN SPESIFIKASI SENSOR GAYA BERAT
BERBASIS PEGAS DAN LDR**

Nama : Muhammad Fuad
NIM : 46776
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2012

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. H. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

Pembimbing II



Dr. Yulkifji, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002

PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Program
Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Univesitas Negeri Padang

Judul : Pembuatan dan Penentuan Spesifikasi Sensor Gaya Berat
Berbasis Pegas dan LDR

Nama : Muhammad Fuad

NIM : 46776

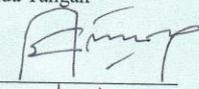
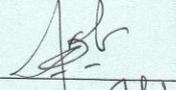
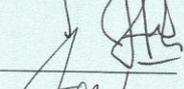
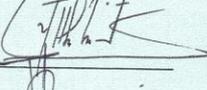
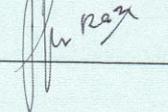
Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2012

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. H. Asrizal, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si	2. 
3. Anggota	: Drs. Hufri, M.Si	3. 
4. Anggota	: Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si	4. 
5. Anggota	: Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim

Padang, Agustus 2012

Yang menyatakan



Muhammad Fuad

ABSTRAK

Muhammad Fuad : Pembuatan dan Penentuan Spesifikasi Sensor Gaya Berat Berbasis Pegas dan LDR

Gaya merupakan salah satu besaran fisika yang perlu diukur untuk berbagai keperluan. Salah satu keperluan adalah untuk mengetahui pengaruh massa terhadap gaya berat yang ditimbulkannya. Dengan dasar ini perancangan dan pembuatan sensor gaya berat penting dilakukan. Tujuan dari penelitian untuk menyelidiki spesifikasi performansi sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR, dan menentukan spesifikasi desain dari sensor gaya berat.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan terhadap massa dan tegangan keluaran sensor. Pengukuran tidak langsung dilakukan untuk menentukan ketepatan dan ketelitian dari sensor gaya berat. Data yang didapatkan melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu secara statistik dan grafik.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat dikemukakan dua hasil penelitian ini. Pertama spesifikasi performansi terdiri dari pegas tarik, LDR, rangkaian pengkondisian sinyal dan LDR yang merupakan satu kesatuan dan berfungsi untuk mengkonversi berat benda kedalam bentuk tahanan dan tegangan listrik. Kedua spesifikasi desain meliputi fungsi transfer dan sensitivitas sensor, ketepatan dan ketelitian. Fungsi transfer dan sensitivitas dari sensor gaya berat berbanding lurus dengan tegangan awal 1,516 Volt dengan sensitivitas sensor 6,013 Volt/Newton. Ketepatan dan ketelitian sensor gaya berat termasuk tinggi masing-masing dengan nilai rata-rata 98,59% dan 0,999

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena dengan berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, judul dari skripsi yaitu “ Pembuatan dan Penentuan Spesifikasi Sensor Gaya Berat Berbasis Pegas dan LDR ”. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi di jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis banyak mengalami kendala dan hambatan, namun berkat bantuan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikannya. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan penulis kepada:

1. Bapak Drs. H. Asrizal, M.Si sebagai pembimbing I atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas dalam memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai pembimbing II atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas dalam memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Drs. Hufri, M.Si, Zulhendri Kamus S.Pd, M.Si dan Bapak Pakhrur Razi S.Pd, M.Si sebagai tim penguji skripsi.
4. Bapak/Ibu staf pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Staf administrasi dan laboran di Laboratorium Fisika FMIPA
6. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Fisika FMIPA UNP atas motivasi dan kritikan dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. Semua pihak yang turut membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga semua bantuan, bimbingan dan arahan yang telah diberikan kepada penulis dapat menjadi amal ibadah dan mendapat balasan dari Allah SWT, amin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari penulis. Untuk itu, kritik dan saran penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan bagi penulis sendiri.

Padang , Agustus 2012

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	4
D. Pertanyaan Penelitian	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gaya	6
B. Pegas	8
C. Sensor LDR	12
D. Rangkaian Pengkondisi Sinyal	15
E. Spesifikasi Sensor	20

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	24
B. Jenis Penelitian	24
C. Alat dan Bahan	25
D. Desain Penelitian	25
E. Teknik Pengumpulan Data	29
F. Teknik Analisis Data	30

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	33
B. Pembahasan	43

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan	46
B. Saran	47

DAFTAR PUSTAKA	48
----------------------	----

LAMPIRAN	50
----------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pegas Dipasang Vertikal	9
2. Pegas Ditarik Sejauh $-x$	10
3. Gaya Pemulih Pada Pegas	10
4. Lambang LDR	12
5. Fisik LDR	13
6. Hubungan Resistansi LDR Terhadap Intensitas Cahaya	14
7. Rangkaian Pengkondisian Sinyal	15
8. Rangkaian Penguat Non Inverting	16
9. Rangkaian Penguat Instrumentasi	17
10. Rangkaian Buffer	18
11. Rangkaian Penguat Differensial	18
12. Desain Sensor Gaya Berat	26
13. Sensor Gaya Berat	34
14. Blok Rangkaian Pengkondisian Sinyal	35
15. Blok Rangkaian Penguat Instrumentasi	36
16. Hubungan Intensitas Cahaya Dengan Jarak	37
17. Hubungan Tahanan LDR Dengan Berat.....	38
18. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor Dengan Berat	39
19. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor Dengan Tahanan LDR	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ketepatan Perubahan Tahanan Terhadap Tegangan Keluaran	42
2. Data Pengukuran Ketelitian Sensor	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Foto-Foto Hasil Desain Sistem	50
2. Skema Rangkaian Pengolahan Sinyal	53
3. Data Hasil Pengukuran Sensor Gaya Berat	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang fisika telah mengalami kemajuan yang pesat. Salah satu bidang dari Fisika yang selalu mengalami perubahan dan perkembangan adalah elektronika dan instrumentasi. Hal ini disebabkan oleh semakin kompleksnya keinginan manusia untuk memenuhi dan melaksanakan aktivitas sehari-hari secara cepat dan tepat.

Salah satu komponen penting dalam perkembangan elektronika yakni adalah sensor. Sensor merupakan salah satu komponen utama pembangun sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan. Melalui sensor dapat dirancang instrumen-instrumen yang dapat bekerja secara otomatis dan mampu menganalisis fenomena-fenomena alam. Selain itu, sensor dapat berfungsi untuk membantu tugas manusia yang terbatas.

Sensor yang digunakan untuk membangun sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan berbeda-beda sesuai dengan fungsi dan kegunaan masing-masing sensor tersebut. Sensor suhu adalah sensor yang dapat mengubah besaran temperatur menjadi besaran listrik. Sensor pizoelektrik adalah sensor yang dapat mengubah besaran gaya atau tekanan menjadi besaran muatan listrik. Sensor getaran adalah sensor yang dapat mengubah besaran getaran menjadi besaran listrik. Sensor termokopel yaitu sensor yang dapat mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik.

Gaya merupakan salah satu besaran Fisika yang penting untuk dideteksi dan diukur untuk berbagai keperluan. Secara operasional gaya dapat diartikan sebagai suatu dorongan atau tarikan yang diberikan sebuah benda terhadap benda lain. Dalam fisika gaya didefinisikan sebagai percepatan yang dialami oleh suatu benda standar bila diletakkan dalam lingkungan tertentu yang sesuai. Prinsip gaya banyak diterapkan pada kehidupan sehari-hari diantaranya gaya tarik pada dinamometer, gaya pegas, dan sebagainya.

Dalam perkembangannya ada beberapa alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran gaya salah satu diantaranya adalah dinamometer. Dinamometer adalah alat yang dapat mengukur besaran gaya secara manual. Pada dinamometer gaya dapat dihitung pada skala hitung yang terdapat pada tabung dinamometer.

Pada pengukuran gaya menggunakan dinamometer perlu dilakukan pengkalibrasian alat setiap kali akan melakukan pengukuran untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Untuk mengatasi kesalahan pengukuran maka perlu dikembangkan alat pengukuran yang lebih mudah dalam penggunaannya. Untuk lebih memudahkan pembacaan dan pengukuran gaya maka diperlukan pengembangan alat ukur gaya yang sifatnya memakai prinsip elektronika dan instrumentasi sehingga hasil pengukuran jadi lebih mudah dibaca dan diketahui.

Penelitian dengan memanfaatkan sifat elastisitas pegas dan LDR (*light dependent resistor*) telah dilakukan oleh Mairizwan (2011) dengan judul pembuatan sensor berbasis pegas dan Light Depent Resistor untuk aplikasi getaran. Pegas yang dipakai oleh Mairizwan adalah pegas tarik. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Mairizwan dapat diperoleh besarnya simpang

getaran yang diterima oleh sensor getaran. Ani Ramadhan (2011) juga melakukan penelitian dengan mengangkat judul desain dan karakteristik statik sensor massa menggunakan LDR dan pegas. Ani Ramadhan mendesain sensor massa menggunakan pegas dan LDR yang dipakai untuk mengukur besar massa benda dengan mengubah-ubah massa dan koefisien pegas yang digunakan. Pegas yang dipergunakan oleh Ani Ramadhan adalah pegas tekan dengan koefisien yang berbeda-beda.

Penggunaan pegas dan LDR memberikan peluang untuk pengembangan sensor yang lain. Pegas dan LDR merupakan komponen yang banyak terdapat dipasaran dan memiliki harga yang relatif murah. LDR adalah sensor yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi resistansi atau besaran tahanan. Perubahan resistansi LDR memiliki hubungan yang linier terhadap intensitas cahaya yang mengenainya. Pegas merupakan objek yang memiliki sifat elastisitas yang baik, sehingga cocok untuk dipakai untuk mengukur gaya. Setiap pegas memiliki konstanta yang menggambarkan perbandingan antara gaya pemulih dengan perubahan panjang pegas.

Berdasarkan latar belakang yang diutarakan, penulis tertarik untuk mengembangkan sensor berbasis pegas dan LDR untuk membuat alat ukur gaya. Karena itu, sebagai judul dari penelitian ini adalah “Pembuatan dan Penentuan Spesifikasi Sensor Gaya Berat Berbasis Pegas dan LDR”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah yaitu

“Bagaimana spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR (light dependent resistor) ?”

C. Pembatasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pencapaian tujuan dalam penelitian ini maka perlu dilakukan pembatasan masalah. Sebagai pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pegas yang digunakan dalam desain sensor gaya berat adalah pegas tarik.
2. Spesifikasi performansi yang meliputi identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sensor gaya berat.
3. Spesifikasi desain sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR berupa fungsi transfer sensor, sensitivitas sensor, ketelitian dan ketepatan alat ukur gaya.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini perlu dikemukakan pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR (*light dependent resistor*) ?
2. Bagaimana spesifikasi desain sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR (*light dependent resistor*) ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah maka secara umum penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendeskripsikan spesifikasi performansi sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR.
2. Menentukan spesifikasi desain sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat pada:

1. Kelompok bidang kajian elektronika dalam pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
2. Laboratorium fisika, terutama dalam pengembangan perkuliahan eksperimen fisika secara elektronika dan instrumentasi.
3. Desain industry sebagai dasar dalam pengembangan sensor gaya berat dan alat ukur gaya berat
4. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan instrumentasi.
5. Peneliti lain, sebagai sumber dan referensi dalam pengembangan penelitian tentang instrumentasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gaya

Konsep gaya dapat didefinisikan secara operasional yang dalam bahasa sehari-hari gaya dapat diartikan sebagai dorongan atau tarikan. Dalam ilmu fisika gaya dinyatakan dalam percepatan yang dialami oleh suatu benda standar bila diletakkan dalam lingkungan tertentu yang sesuai. Gaya dapat juga didefinisikan sebagai dorongan atau tarikan yang dapat menyebabkan sebuah benda berubah bentuk, berubah posisi, berubah kecepatan, berubah panjang atau volume, dan berubah arah (Karim:2009).

Gaya merupakan suatu besaran vektor yang dapat dianggap sebagai dorongan atau tarikan. Pada Hukum Kedua Newton, gaya didefinisikan sebagai aksi yang bisa menimbulkan percepatan. Gaya total pada sebuah benda adalah jumlah vektor dari semua gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Satuan gaya didefinisikan sebagai sebuah gaya yang menimbulkan satu satuan percepatan bila dikerjakan pada satu satuan massa. Dalam masing-masing sistem satuan tersebut, telah dipilih massa, panjang, dan waktu sebagai besaran-besaran dasar. Untuk besaran-besaran dasar ini diperlukan standar dan definisi satuan yang dinyatakan dalam standar tersebut. Gaya muncul sebagai besaran turunan yang ditentukan dari hubungan :

$$F = m \cdot a \tag{1}$$

Dalam persamaan ini F adalah jumlah (vektor) semua gaya yang bekerja pada benda, m adalah massa benda dan a adalah vektor percepatannya. Persamaan

(1) dapat diambil sebagai pernyataan Hukum Newton kedua. Jika persamaan tersebut dituliskan dalam bentuk $a = F/m$, maka tampak bahwa percepatan benda berbanding lurus dengan resultan gaya dan arahnya sejajar dengan arah gaya tersebut. Juga tampak untuk suatu gaya tertentu, percepatan benda berbanding terbalik dengan massa benda.

Massa adalah ukuran inersia suatu benda atau ukuran jumlah zat yang dikandung oleh suatu benda. Massa benda adalah besaran skalar. Makin besar massa suatu benda, makin sulit mengubah keadaan gerak benda tersebut. Dengan kata lain makin besar massa suatu benda maka semakin besar hambatan benda tersebut untuk dipercepat.

Gaya terbagi atas beberapa jenis. Salah satu jenis gaya adalah gaya berat. Gaya berat yaitu gaya yang bekerja pada suatu benda yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Menurut Irawan (2008) gaya berat merupakan hubungan antara massa benda dengan gravitasi bumi. Besarnya gaya gravitasi bumi bergantung pada ketinggian letak suatu benda dari permukaan bumi.

Berdasarkan pengertian berat maka Arini (2010) mengemukakan bahwa berat adalah gaya gravitasional yang dilakukan oleh Bumi pada suatu benda yang arahnya menuju ke pusat Bumi. Berat sebuah benda adalah besaran vektor. Vektor berat benda selalu digambarkan berarah tegak lurus ke bawah, di manapun posisi benda diletakan, baik pada bidang horisontal, bidang miring, atau pada bidang tegak. Hubungan massa benda terhadap gaya gravitasi bumi dapat dirumuskan melalui persamaan 2:

$$W = m \cdot g \tag{2}$$

Dimana W adalah gaya berat, m adalah massa benda dan g adalah gaya gravitasi bumi. Berat dari benda tergantung pada massa dan percepatan gravitasi bumi.

B. Pegas

Pegas adalah benda yang memiliki sifat elastisitas hingga batas tertentu. Sifat elastisitas pegas adalah kemampuan pegas untuk kembali ke bentuk awal ketika gaya luar yang diberikan dihilangkan. Pegas akan bertambah panjang jika diberikan gaya kepadanya dan akan kembali ke keadaan semula pada saat gaya itu dihilangkan. Sebuah pegas ringan memiliki tetapan pegas k , dalam keadaan ditarik sehingga pegas meregang sejauh x dari posisi setimbangnya, dalam hal ini x masih berada di daerah elastisitas pegas (Jati:2005)

Timbulnya gaya regang pada pegas sebagai reaksi adanya pengaruh gaya tarik atau gaya dorong dapat menyebabkan perubahan panjang pada pegas. Sebagai contoh gaya berat dari suatu benda yang digantungkan pada ujung bawah pegas spiral, menyebabkan pegas berubah memanjang dan sekaligus timbul gaya regang yang besarnya sama dengan berat benda yang digantung.

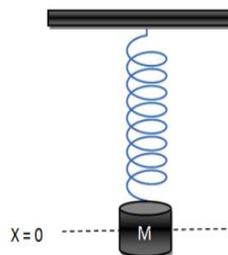
Besar gaya yang diberikan pada pegas memiliki batas-batas tertentu yang disebut batas elastisitas. Elastisitas adalah kemampuan sebuah benda untuk kembali ke bentuk awalnya ketika gaya luar yang diberikan pada benda tersebut dihilangkan. Pegas tidak akan kembali ke bentuk semula jika diregangkan dengan gaya yang sangat besar. Semakin besar konstanta pegas (semakin kaku sebuah pegas), maka semakin besar gaya yang diperlukan untuk menekan atau meregangkan pegas. Sebaliknya semakin elastis sebuah pegas (semakin kecil konstanta pegas), semakin kecil gaya yang diperlukan untuk meregangkan pegas.

Menurut Hooke “pertambahan panjang berbanding lurus dengan gaya yang diberikan pada benda”. Secara matematis, hukum Hooke ini dapat dituliskan melalui persamaan:

$$F = - k x \quad (3)$$

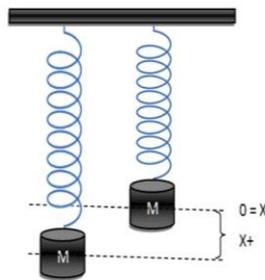
Pada persamaan (2) k adalah konstanta dan x adalah simpangan. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya pemulih alias F mempunyai arah berlawanan dengan simpangan x . Ketika kita menarik pegas ke kanan maka x bernilai positif, tetapi arah F ke kiri (berlawanan arah dengan simpangan x). Sebaliknya jika pegas ditekan, x berarah ke kiri (negatif), sedangkan gaya F bekerja ke kanan. Gaya F selalu bekerja berlawanan arah dengan arah simpangan x . Konstanta pegas berkaitan dengan elastisitas sebuah pegas. Semakin besar konstanta pegas (semakin kaku sebuah pegas), semakin besar gaya yang diperlukan untuk menekan atau meregangkan pegas. Sebaliknya semakin elastis sebuah pegas (semakin kecil konstanta pegas), semakin kecil gaya yang diperlukan untuk meregangkan pegas.

Semua pegas memiliki panjang alami sebagaimana tampak pada Gambar 1. Ketika sebuah benda dihubungkan ke ujung sebuah pegas, maka pegas akan meregang (bertambah panjang) sejauh x . Pegas akan mencapai titik kesetimbangan jika tidak diberikan gaya luar.



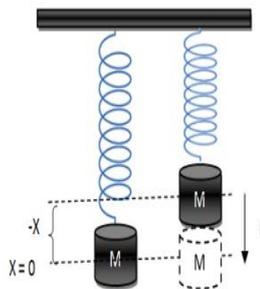
Gambar 1. Pegas Dipasang Vertikal

Hubungan antara gaya dan simpangan yang dialami pegas yang dipasang vertikal dimana pada ujung pegas tersebut digantungkan sebuah benda bermassa m . Dalam hal ini diasumsikan pegas merenggang secara vertikal tanpa hambatan. Pada keadaan ini, benda yang digantung pada ujung pegas berada pada posisi setimbang. Jika benda ditarik kebawah sejauh $+x$, pegas akan memberikan gaya pemulih pada benda tersebut yang arahnya keatas sehingga benda kembali ke posisi setimbangnya, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pegas Ditarik Sejauh $-x$

Sebaliknya, jika benda ditekan sejauh $-x$, pegas juga memberikan gaya pemulih untuk mengembalikan benda tersebut ke bawah sehingga benda kembali ke posisi setimbang, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gaya Pemulih Pada Pegas

Berdasarkan hukum hooke, besar gaya pemulih F pada pegas ternyata berbanding lurus dengan simpangan x dari pegas yang direntangkan atau ditekan dari posisi setimbang. Pertambahan panjang suatu pegas bergantung pada besarnya gaya yang diberikan dan konstanta dari pegas tersebut.

Gaya pegas merupakan gaya konservatif. Secara umum, sebuah gaya bersifat konservatif apabila usaha yang dilakukan oleh gaya pada sebuah benda yang melakukan gerakan menempuh lintasan tertentu hingga kembali ke posisi awalnya sama dengan nol. Hukum kekekalan energi mekanik akan berlaku untuk gaya konservatif.

Ada tiga tipe pegas yang umum digunakan, yaitu pegas koil (*coil spring*) yang dibuat dari batang baja dan memiliki bentuk spiral. Bentuk kedua, pegas daun (*leaf spring*) dibuat dari baja yang bengkok dan lentur. Tipe ketiga, disebut dengan nama pegas batang torsi (*torsion bar spring*). Pegas jenis ini dibentuk dari batang baja yang elastis.

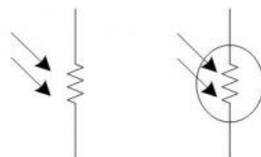
Berdasarkan jenisnya pegas spiral dapat dibedakan menjadi dua yaitu pegas tarik dan pegas tekan. Pegas tarik adalah pegas spiral yang dapat meregang memanjang akibat adanya gaya tarik, misalnya pegas spiral pada dinamometer. Pegas tekan adalah pegas spiral yang dapat meregang memendek akibat adanya gaya dorong, misalnya timbangan massa. Gaya regang yang terjadi pada pegas spiral merupakan reaksi adanya pengaruh gaya tarik atau gaya dorong pada pegas sehingga menyebabkan perubahan panjang pegas.

Pegas yang digunakan dalam perancangan sensor getaran menggunakan LDR dan pegas adalah jenis pegas tarik. Pemilihan pegas sebagai komponen utama pembentuk sistem sensor gaya ini adalah karena pegas memiliki hubungan yang linear terhadap perubahan panjang pegas. Selain itu pegas mudah didapat dipasaran dan memiliki harga yang relatif murah.

C. Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR adalah singkatan dari *Light Dependent Resistor* yaitu resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah karena adanya intensitas cahaya yang diserap. LDR juga merupakan resistor yang mempunyai koefesien temperatur negatif, dimana resistansinya dipengaruhi intensitas cahaya. LDR dibentuk dari *Cadium Sulviet* (CdS) yang mana CdS dihasilkan dari serbuk keramik dan *Cadmium Selenida* (CdSe) (Fraden:2004).

CdS memiliki nilai konduktivitas dan resistansi yang bervariasi terhadap intensitas cahaya. Jika intensitas cahaya yang diterima tinggi maka hambatan yang diterima juga akan tinggi yang mengakibatkan tegangan keluar juga akan tinggi dan begitu sebaliknya bahan-bahan ini paling sensitif terhadap cahaya dalam spektrum tampak, dengan puncaknya sekitar $0,6 \mu\text{m}$ untuk CdS dan $0,75 \mu\text{m}$ untuk CdSe. Sebuah LDR CdS yang tipikal memiliki resistansi sekitar $1\text{M}\Omega$ dalam kondisi gelap gulita dan kurang dari $1 \text{K}\Omega$ ketika ditempatkan ditempatkan dibawah sumber cahaya terang (Tooley :2003)



Gambar 4. Lambang LDR

Simbol rangkaian yang digunakan untuk LDR adalah penggabungan resistor dan penunjukkan bahwa resistor tersebut sensitif terhadap cahaya. Simbol dasar LDR memiliki persegi panjang yang digunakan untuk menunjukkan fungsi resistansinya dan kemudian memiliki dua panah masuk untuk menunjukkan sensitivitasnya terhadap cahaya.



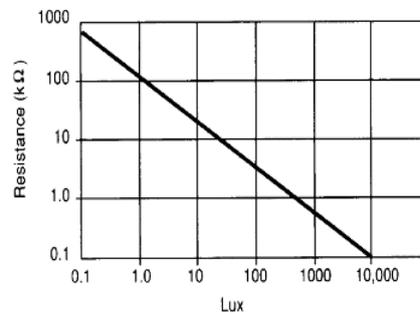
Gambar 5. Fisik LDR

Sebuah LDR adalah komponen yang menggunakan fotokonduktor di antara dua pinnya. LDR terdiri dari kumpulan papan semikonduktor sederhana atau berbentuk film tipis yang saling berhubungan satu sama lain. ketika cahaya jatuh ke permukaan LDR maka terjadi perubahan resistansi diantaranya. perubahan resistansi akibat adanya cahaya yang diserap oleh bahan semikonduktor akan menyebabkan perubahan nilai konduktansi LDR (Sze:2007).

Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram yang ada pada LDR menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil, sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut, sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.

Nilai tahanan LDR tergantung pada intensitas cahaya yang datang pada permukaannya. Grafik hubungan resistansi LDR terhadap intensitas cahaya ditunjukkan Gambar 6. Pada Gambar 6 terlihat bahwa LDR mempunyai karakteristik berupa nilai resistansi yang berubah-ubah sesuai dengan banyaknya

cahaya yang jatuh padanya. Nilai resistensinya semakin tinggi ketika tidak terkena cahaya tetapi nilai resistansinya akan turun dengan drastis ketika LDR terkena cahaya.



Gambar 6. Hubungan Resistansi LDR Terhadap Intensitas Cahaya
(Sumber : <http://alldatasheet.com>)

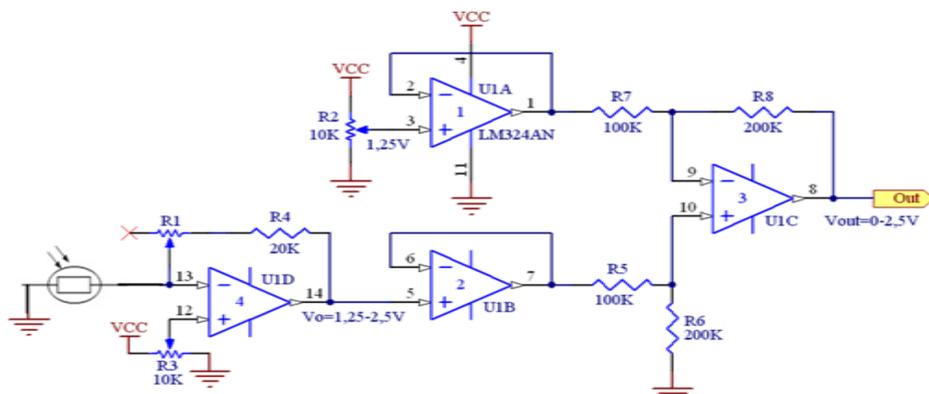
Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara perubahan intensitas cahaya terhadap perubahan resistansi. Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa resistansi LDR pada intensitas cahaya dibawah 10 lux berbanding terbalik dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Semakin kuat intensitas cahaya, maka semakin resistansi LDR akan semakin kecil dan sebaliknya. Intensitas cahaya berperan sebagai variabel bebas, sedangkan resistansi LDR sebagai variabel terikat

LDR banyak digunakan dalam membangun sistem instrumentasi atau elektronika. Pemanfaatan LDR digunakan untuk mempermudah pekerjaan suatu sistem, yang awalnya dikerjakan secara manual dengan menggunakan LDR dapat dilakukan secara otomatis. Contoh pengaplikasian LDR adalah sebagai saklar otomatis pada lampu-lampu jalan. Aplikasi lain dari LDR yaitu sebagai detektor api dan sebagai alat pendeteksi warna cat pada industri.

D. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengkondisi sinyal adalah rangkaian elektronik yang dirancang khusus sehingga dapat digunakan untuk penguatan, penyaringan (filter) dan lain-lain. Rangkaian pengkondisi sinyal digunakan secara langsung oleh sensor untuk memperoleh parameter fisik yang diubah menjadi sinyal keluaran. Tipe dan spesifikasi dari pengkondisi sinyal tergantung pada tipe sensor yang digunakan dan karakteristik sinyal keluaran yang dihasilkan. Salah satunya pemanfaatan op amp dalam peralatan elektronika sebagai penguat sensor.

Penguat operasional (op amp) adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi. Penguat operasional memiliki dua masukan dan satu keluaran serta memiliki penguatan, untuk dapat bekerja dengan baik. Salah satu tipe dari rangkaian pengkondisian sinyal terdiri dari rangkaian penguat non inverting, rangkaian buffer, dan rangkaian penguat differensial

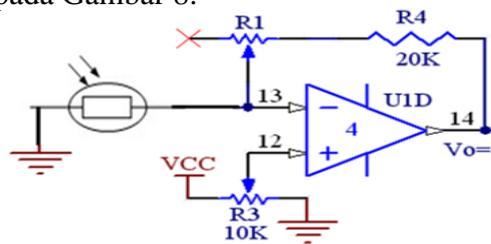


Gambar 7. Rangkaian Pengkondisian Sinyal

1. Rangkaian Konverter Tahanan ke Tegangan Non Inverting

Penguat ini dinamakan penguat non inverting karena masukan dari penguat tersebut adalah masukan non inverting dari op amp. Sinyal keluaran

penguat jenis ini sefasa dengan sinyal keluarannya. Rangkaian penguat non inverting dapat dilihat pada Gambar 8:



Gambar 8. Rangkaian Penguat Non Inverting

Op-amp UID merupakan rangkaian penguat noninverting yang akan mengubah keluaran sensor berupa resistansi ke tegangan, nilai tegangan input rangkaian penguat non inverting didapat dengan mengatur R_3 yang bekerja berdasarkan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan, merupakan tegangan masukan bagi rangkaian non inverting.

Pada rangkaian penguat non inverting R_1 dan R_3 merupakan tahanan referensi. R_1 menggunakan potensiometer yang bertujuan agar tegangan keluaran sensor dapat diatur ketika diberikan beban maksimum.

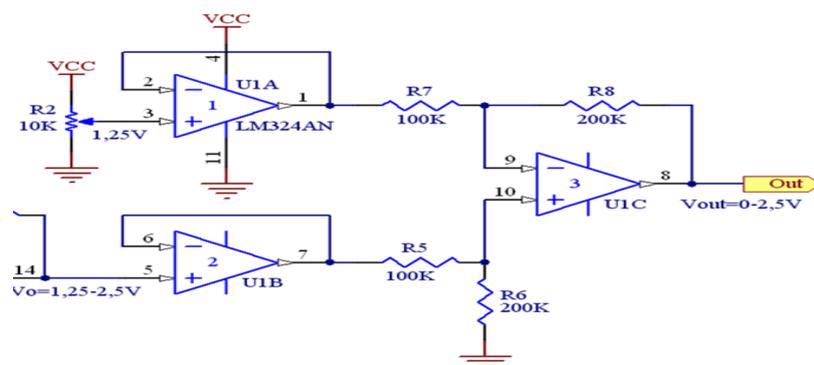
$$V_o = \left(1 + \frac{(R_1 + R_4)}{R_{LDR}} \right) \times 1,25 \quad (4)$$

Dari persamaan ini penguat tersebut dinamakan penguat noninverting karena masukan dari penguat tersebut adalah masukan noninverting dari Op Amp. Sinyal keluaran penguat jenis ini sefasa dengan sinyal keluarannya.

2. Penguat Instrumentasi

Output dari UID akan dilewatkan pada rangkain penguat instrumentasi. Penguat instrumentasi merupakan penguat lingkaran tertutup dan merupakan

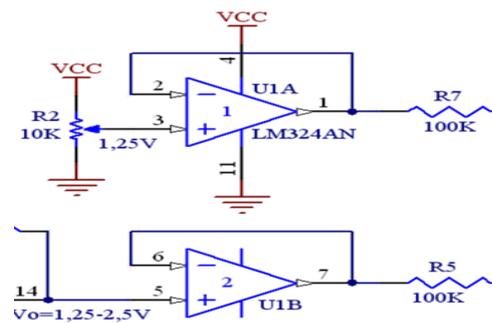
gabungan dari penguat diferensial dan rangkaian *buffer*. Hal ini sesuai dengan Sutrisno (1987) yang menyatakan “penguat instrumentasi adalah suatu penguat lingkaran tertutup (*closed loop*) dengan masukan diferensial, dan penguatannya dapat diatur dengan menggunakan sebuah resistor variabel tanpa mempengaruhi CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*)”. Jelaslah bahwa penguat instrumentasi merupakan penguat lingkaran tertutup dengan penguatan dapat diatur. Rangkaian penguat instrumentasi diperlihatkan oleh Gambar 9:



Gambar 9. Rangkaian penguat instrumentasi

Dari Gambar. 9 dapat diperhatikan bahwa rangkaian penguat instrumentasi tersusun atas dua blok yaitu rangkaian buffer (U1A dan U1B) dan rangkaian penguat diferensial (U1C). Fungsi utama penguat instrumentasi adalah untuk memperkuat tegangan yang tepat berasal dari sensor atau transduser secara akurat.

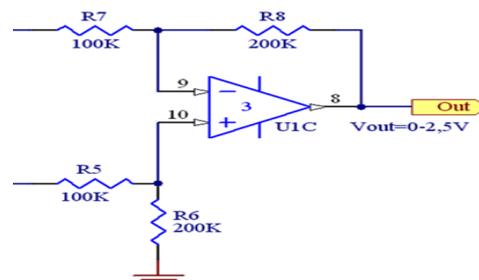
Rangkaian buffer merupakan perantara untuk masukan yang mempunyai impedansi yang tinggi, sehingga apabila dihubungkan dengan rangkaian elektronika sebelumnya tidak terjadi jatuh tegangan. Rangkaian *buffer* ini dapat dilihat pada Gambar 10:



Gambar 10. Rangkaian Buffer

Dari Gambar 10 dapat diketahui bahwa R_2 digunakan untuk mengeliminasi nilai offset (1,25 Volt) yang muncul pada output U1D, oleh karena itu R_2 diatur sedemikian agar output dari buffer U1A adalah 1,25 Volt. Besarnya penguatan dari rangkaian *buffer* ditentukan oleh komponen eksternal yang dipasang.

Bagian kedua dari penguat instrumentasi adalah penguat *differensial*. Rangkaian ini digunakan karena memiliki dua masukan yang dapat dibandingkan, sehingga tegangan keluaran dapat diatur sesuai dengan keinginan. Bentuk rangkaian yang dimaksud diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Penguat Differensial

Op-amp U1C dikonfigurasi sebagai penguat differential dengan nilai penguatan (gain) 2, nilai output U1C dapat diperlihatkan oleh persamaan

$$V_{0P} = \left(\left(\frac{R_1 + R_4}{R_{LDR}} \right) \times 1,25 \right) \times 2 \quad (5)$$

Tegangan keluaran dari U1C ini akan linier terhadap nilai konduktansi sensor LDR. Penguatan dari penguat *differensial* merupakan perbandingan tegangan keluaran (V_{0P}) dengan perbedaan tegangan masukannya ($V_a - V_b$), sehingga dapat ditulis dalam bentuk.

$$A_{V_{diff}} = \frac{R_8}{R_7} \quad (6)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa penguatan dari penguat diferensial hanya bergantung dari besar nilai R_7 dan R_8 .

Pada penguat instrumentasi, tegangan keluaran dari rangkaian *buffer* merupakan tegangan masukan bagi penguat diferensial. Tegangan keluaran dari rangkaian penguat diferensial merupakan tegangan keluaran dari rangkaian penguat instrumentasi. Dengan mensubstitusikan persamaan (4) ke dalam persamaan (5), maka dihasilkan tegangan keluaran dari penguat instrumentasi yang dapat dirumuskan.

$$V_{0P} = \left\{ \left[\left(1 + \frac{R_1 + R_4}{R_{LDR}} \right) \times 1,25 \right] - 1,25 \right\} \times 2 \quad (7)$$

Dalam keadaan yang sederhana, tegangan keluaran dari penguat instrumentasi dapat diekspresikan pada persamaan.

$$V_{0P} = 2,5 \times \left(\frac{R_1 + R_4}{R_{LDR}} \right) \quad (8)$$

Pada persamaan, $A_{V_{inst}}$ adalah penguatan dari penguat instrumentasi yaitu

$$A_{V_{inst}} = \left(\frac{R_8}{R_7} \right) \left[1 + \frac{R_4 + R_5}{R_6} \right] \quad (9)$$

Persamaan (9) menyatakan bahwa penguatan dari penguat instrumentasi bergantung pada nilai tahanan R_4 , R_5 , R_6 , R_7 dan R_8 . Penguatan pada penguat instrumentasi ini diatur sebesar dua kali dengan tegangan keluaran sebagai berikut.

$$V_{out} = \left(V_{sensor} - V_{buffer} \right)^2 \quad (10)$$

Tegangan keluaran dari penguat instrumentasi berbanding lurus dengan perbedaan tegangan antara keluaran sensor dan tegangan buffer

E. Spesifikasi Sensor

Sensor adalah alat yang dapat menerima dan merespon stimulus atau respon berupa sinyal listrik. Stimulus yang diterima dapat berupa kuantitas, sifat atau kondisi yang diindera dan diubah menjadi sinyal listrik (Fraden :2004). Dengan kata lain sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam lingkungan seperti energy, panas, cahaya, magnet, tekanan dan lain-lain kedalam sinyal listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengontrolan dan pengukuran. Beberapa jenis sensor yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika antara lain sensor suhu, sensor cahaya dan sensor tekanan.

Sensor merupakan merupakan komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah system pengontrolan otomatis. Besaran masukan pada kebanyakan sistem kontrol bukan merupakan besaran listrik, seperti besaran fisika, besaran kimia, mekanis dan lainnya. Untuk menggunakan besaran listrik

pada sistem pengukuran atau sistem pengontrolan maka besaran yang bukan listrik diubah terlebih dahulu menjadi suatu sinyal listrik melalui sebuah alat yang disebut transduser.

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengontrolan harus memenuhi spesifikasi dan persyaratan yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor. Spesifikasi sensor yang harus dipenuhi yaitu:

1. Spesifikasi Performansi

Spesifikasi performansi mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem. Spesifikasi performansi biasa disebut juga dengan spesifikasi fungsional. Nasution (2010) menyatakan bahwa “Spesifikasi performansi merupakan suatu proses membuat spesifikasi kerja yang akurat dari suatu solusi rancangan yang diperlukan”. Spesifikasi performansi meliputi kualitas dan kuantitas pembentuk sistem yang dapat memberikan kemudahan dalam penggunaannya.

2. Spesifikasi Desain

Spesifikasi desain adalah spesifikasi yang menjelaskan tentang ketepatan dan ketelitian pengukuran, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem, dimensi sistem dan uji produk. Spesifikasi desain bergantung pada sifat alami dari material yang digunakan. Penentuan spesifikasi desain sensor meliputi karakteristik statik berikut:

a. Fungsi Transfer dan Sensitivitas Sensor

Sensor menghasilkan sebuah fenomena mekanik dan listrik yang berkaitan dengan variabel proses pada saat dilakukan pengambilan data atau

pengukuran. Transmitter mengubah fenomena ini menjadi bentuk sebuah sinyal tertentu yang dapat ditransmisikan oleh rangkaian elektronika. Fungsi transfer menjelaskan hubungan variabel yang diukur oleh sensor dengan keluaran yang dihasilkan oleh sensor berupa sinyal listrik, mekanik kimia atau keluaran lainnya berdasarkan sifat dari sensor tersebut.

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan. Contoh sensor suhu memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan satu volt per derajat, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan satu volt pada keluarannya.

b. Ketepatan

Ketepatan digunakan untuk mengukur seberapa baik sensor dapat memberikan keluaran yang sama terhadap suatu masukan yang diberikan secara berulang-ulang. Dengan kata lain ketepatan adalah kedekatan pengukuran masing-masing yang didistribusikan terhadap harga rata-ratanya. Ketepatan merupakan ukuran kesamaan terhadap angka yang yang diukur sendiri dengan alat yang sama, jadi tidak dibandingkan dengan harga standar/baku.

c. Ketelitian

Ketelitian yaitu kesesuaian antara hasil pengukuran dengan harga sesungguhnya. Ketelitian pengukuran memiliki sifat yang relatif pada setiap pengukuran. Ketelitian dipengaruhi oleh kesalahan statis, kesalahan dinamis, sifat berubah dan reproduksibilitas.

d. Linearitas

Linearitas didefenisikan sebagai kemampuan untuk mereproduksi karakteristik masukan secara simetris, dan ini dapat dirumuskan sebagai $y=mx+c$, dengan y sebagai keluaran, x sebagai masukan, m kemiringan dan c titik potong. Kedekatan kurva kalibrasi dengan sebuah garis lurus adalah kelinieran transduser.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis terhadap besaran yang terdapat dalam sensor gaya berat dapat dibuat beberapa kesimpulan berikut:

Berdasarkan pengujian dan analisis terhadap besaran yang terdapat dalam sensor gaya berat dapat dibuat beberapa kesimpulan berikut:

1. Desain sensor gaya berat menggunakan pegas, LED dan LDR sebagai piranti utama untuk membangun sensor gaya berat. Sensor gaya berat memiliki ukuran tinggi tabung sensor 45 cm, dan alas 25 cm x 25 cm.
2. Spesifikasi desain dari sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR termasuk baik dengan beberapa kriteria berikut :
 - a. Intensitas cahaya berbanding lurus dengan jarak dengan nilai awal 454,2 dan kemiringan negatif 36,78 Lux/cm.
 - b. Tahanan LDR berbanding lurus dengan berat benda dengan nilai awal 237,2 K Ω dan kemiringan negatif 1553 K Ω /Newton.
 - c. Tegangan keluaran sensor gaya berbanding lurus dengan berat dengan nilai awal 1,504 Volt dan kemiringan 8,53 Volt/Newton
 - d. Tegangan keluaran sensor berbanding lurus dengan tahanan LDR dengan nilai awal 2,478 Volt dan kemiringan negatif -0,004 Volt/ Ω
 - e. Persentase ketepatan pengukuran untuk setiap variasi beban yang dideteksi oleh sensor berkisar antara 98,535 % sampai 98,947 % dengan persentase ketepatan rata-rata 98,592 %.

- f. Persentase ketelitian pengukuran untuk setiap variasi beban yang dideteksi oleh sensor berkisar antara 99,94 % sampai dengan 99,99 % dengan persentase ketelitian rata-rata 99,97 %.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat dikemukakan beberapa saran berikut:

1. Pada pengukuran menggunakan sensor gaya berat diharapkan dapat melakukan pengukuran gaya berat yang lebih besar.
2. Untuk perancangan sensor gaya berat selanjutnya hendaknya dapat mengatur posisi lengan beban agar tidak mudah bergeser atau berubah.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sensor gaya berat menjadi alat ukur gaya berat dengan display agar hasil pengukuran dapat langsung dibaca
4. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengubah nilai konstanta pegas dengan yang lebih besar sehingga dapat digunakan untuk mengukur gaya berat yang lebih besar.