

PEMBUATAN DAN PENENTUAN SPESIFIKASI SENSOR GAYA BERAT BERBASIS PEGAS DAN LDR

Muhammad Fuad *) Asrizal) dan Yulkifli**)**

*)Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email :
foe_406@yahoo.com

**)Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email :
asrizal_unp@yahoo.com

**)Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang, email :
yulkifliamir@yahoo.com

ABSTRACT

Objective of this reseach are to investigate the performance spesification and the design spesification of gravity force sensor base on spring and LDR. Data is collected by direct measurement and indirect measurement. Direct measurement is done to measure mass of object and output voltage of sensor. Indirect measurement is done to determine the accuracy and the precision of gravity force sensor. Data is analized by error theory and graph method. There are two mains result of this record. First, performance spesification consist of drawing-spring, LDR, signal conditioning circuit that convert weight of object into resistance and then into output voltage. Second, transfer function sensitivity of gravity force sensor is directly proportional with initial voltage is 1,516 Volt and sensitivity is 6,013 Volt/Newton. Accuracy and presicion of gravity force sensor are high, respectly 98,59 % and 0,999

Keyword: Gravity Sensor, LDR, Spring, Spesification Performance, Spesification Design

PENDAHULUAN

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 (Madlazim:2004). 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. Pengukuran gaya dilakukan untuk mengetahui berapa besarnya gaya yang ditimbulkan oleh suatu benda. Dinamometer adalah salah

satu alat yang dapat mengukur besaran gaya secara manual. Pada dinamometer gaya dapat dihitung ada 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

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.

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 diadukan. 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.

Ada tiga tipe pegas 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 benkok dan lentur. Tipe ketiga, disebut dengan nama pegas batang torsi (*torsion bar spring*). Pegas ini dibentuk dari batang baja yang elastis.

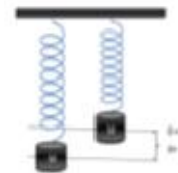
Berdasarkan jenisnya pegas spiral dapat dibedakan menjadi dua yaitu pegas tarik dan pegas tekan. Pegas tarik adalah pegas spiral yang dapat meregang memanjang akibat adanya gaya tarik, misalnya pegas spiral pada dinamometer. Pegas tekan adalah pegas spiral yang dapat meregang memendek akibat adanya gaya 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.

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

$$F = -kx \quad (1)$$

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 1.



Gambar 1. Pegas Ditarik Sejauh $-x$

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 .

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 μm untuk CdS dan 0,75 μm untuk CdSe. Sebuah LDR CdS yang tipikal memiliki resistansi sekitar 1M dalam kondisi gelap gulita dan kurang dari 1 K ketika ditempatkan ditempatkan dibawah sumber cahaya terang.



Gambar 2. 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.

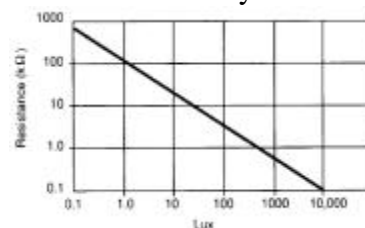


Gambar 3. Fisik LDR

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 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa LDR mempunyai karakteristik berupa nilai resistansi yang berubah-ubah sesuai dengan banyaknya cahaya yang jatuh padanya. Nilai resistansinya semakin tinggi ketika tidak terkena cahaya dan dalam keadaan gelap dan nilai resistansinya akan turun. Pada waktu cahaya rendah resistansi dari LDR akan berkurang secara linear dengan kenaikan intensitas cahaya.



Gambar 4. Hubungan Resistansi LDR Terhadap Intensitas Cahaya (<http://alldatasheet.com>)

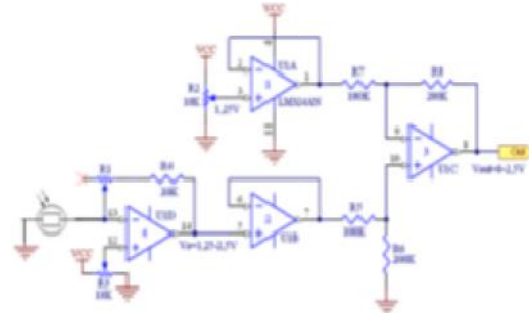
Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara perubahan intensitas cahaya terhadap perubahan resistansi. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa

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

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.

Sinyal keluaran yang dihasilkan oleh sensor LDR kemudian akan diteruskan kedalam 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.

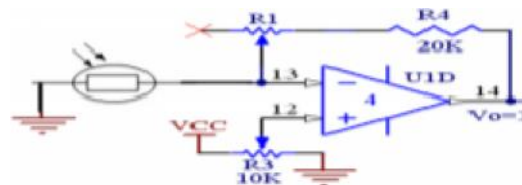
Penguat operasional (op amp) adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi. Penguat operasional memiliki dua masukan dan satu keluaran serta memiliki penguatan, untuk dapat bekerja dengan baik. Salah satu tipe dari rangkaian pengkondisian sinyal terdiri dari rangkaian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



Gambar 5. 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 6:



Gambar 6. Rangkaian Penguat Non Inverting

Op-amp U1D 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 yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan, merupakan tegangan masukan bagi rangkaian non inverting.

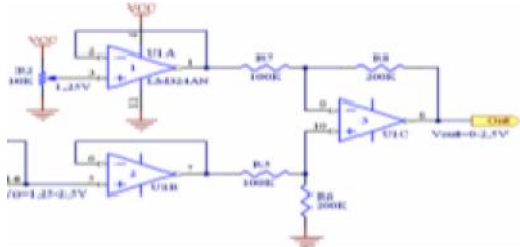
Pada rangkaian penguat non inverting R_1 dan R_3 merupakan tahanan referensi. R_1 menggunakan potensiometer yang bertujuan agar tegangan keluaran sensor dapat diatur ketika diberikan beban maksimum.

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

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 rangkaian 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 8:



Gambar 7. Rangkaian Penguat Instrumentasi

Dari Gambar 8 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 sinyal keluaran sensor atau transduser secara akurat.

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 energi, panas, cahaya, magnet, tekanan dan lain-lain kedalam sinyal listrik.

Sensor merupakan merupakan komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem 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. 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

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.

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.

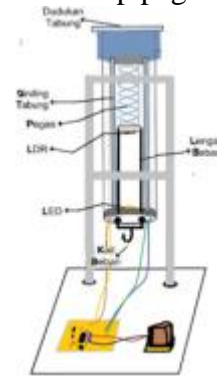
Sensor gaya berat yang dirancang menggunakan prinsip elektronika dimaksudkan agar pengukuran gaya berat dapat dilakukan dengan mudah. Pengukuran yang dilakukan dapat langsung terlihat dan terbaca sehingga besar nilai gaya berat yang diukur dapat langsung diketahui.

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan spesifikasi performansi sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR dan menentukan spesifikasi desain sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR

METODE PENELITIAN

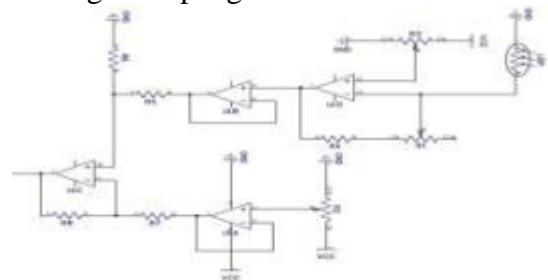
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Pembuatan sensor gaya berbasis pegas dan LDR dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perancangan perangkat sensor gaya berat memiliki karakteristik statik yang memiliki jangkauan maksimum dan minimum dari level gaya yang diukur tergantung pada komponen yang digunakan. Komponen yang digunakan terdiri atas pegas, LDR dan LED . Perubahan jarak antara LDR dan LED dipengaruhi oleh massa beban yang dikenakan terhadap pegas.



Gambar 8. Desain Sensor Gaya Berat

2. Perancangan blok rangkaian sistem yang terdiri atas rangkaian penguat non inverting, rangkaian buffer dan rangkaian penguat differensial.



Gambar 9. Blok Rangkaian Sensor Gaya Berbasis Pegas dan LDR

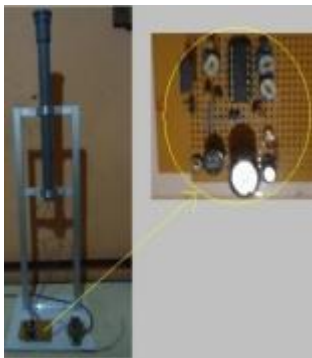
3. Penentuan spesifikasi performansi sensor yaitu pengidentifikasian fungsi-fungsi setiap bagian pembangun sensor gaya berat menggunakan LDR dan pegas ini. Pengidentifikasian dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara

pemotretan setiap bagian pembangun sensor dan menjelaskan fungsi dari masing-masing pembangun sensor

4. Menentukan spesifikasi desain sensor gaya berat yaitu karakteristik sensor gaya berat meliputi hubungan massa benda dengan keluaran sensor, ketepatan dan ketelitian.
5. Melakukan pengukuran tegangan keluaran sensor pada setiap kenaikan beban yang diberikan terhadap sensor gaya berat.
6. Mencari nilai ketelitian dan ketepatan pengukuran sensor gaya berat.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UNP. Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari multimeter digital, LDR, pegas, tabung sensor gaya yang terbuat dari pipa PVC, tiang penyangga sensor gaya serta komponen pendukung penyusun sensor gaya berat.

Foto lengkap penyusun rancangan sensor gaya berat ditunjukkan gambar 10.



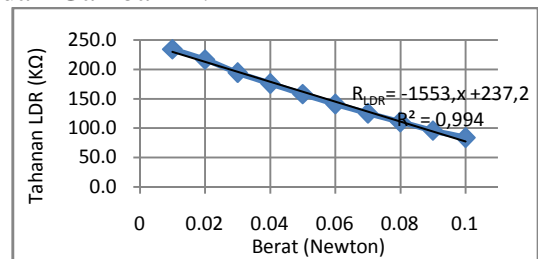
Gambar 10. Foto Rancangan Sensor Gaya Berat

HASIL PENELITIAN

Untuk mengetahui spesifikasi desain sensor gaya berat dilakukan pengukuran dengan cara mengubah-ubah besar beban yang diberikan terhadap sensor gaya berat. Dari hasil pengukuran yang dilakukan dapat ditentukan:

1. Hubungan Tahanan LDR dengan Berat

Hubungan tahanan LDR dengan berat dapat diselidiki dengan memberikan penambahan massa beban terhadap sensor. Ketika massa beban bertambah, maka jarak antara sumber cahaya terhadap LDR semakin dekat. Hal ini menyebabkan tahanan dari LDR berkurang. Dalam hal ini, makin besar intensitas cahaya yang mengenai LDR maka tahanan LDR akan mengalami pengurangan. Semakin besar massa beban yang diberikan maka tahanan LDR akan semakin berkurang. Hubungan antara tahanan LDR dengan berat dilihat dari Gambar 11:



Gambar 11. Hubungan Tahanan LDR dengan Berat

Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai tahanan LDR akan semakin kecil dengan pertambahan berat. Ke cenderung hasil pengukuran berbentuk garis lurus dengan kemiringan negatif. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan untuk tegangan keluaran sensor massa yaitu :

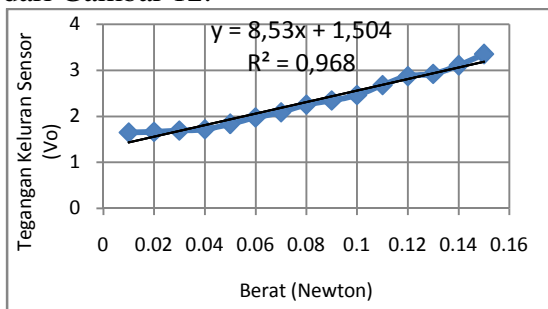
$$R_{LDR} = 237,2 - 1553W \quad (3)$$

Angka -1553 K /Newton menyatakan kemiringan garis lurus yang merupakan sensitivitas dari LDR. Angka $237,2 \text{ K}$ menyatakan nilai awal resistansi LDR pada saat sensor dalam kondisi tanpa beban. Koefisien korelasi adalah $0,994$.

2. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor dengan Berat

Tegangan keluaran sensor dengan berat dapat diselidiki dengan cara memvariasikan massa beban. Massa beban yang divariasikan diukur dengan menggunakan timbangan digital. Tegangan keluaran sensor diukur

menggunakan multimeter digital. Pada pengukuran tegangan keluaran sensor diperoleh berat minimal yang dapat diukur tegangan keluarannya pada beban 0,01 Newton dengan tegangan keluaran sebesar 1,648 Volt dan berat maksimal yang dapat diukur adalah 0,15 Newton dengan tegangan keluaran sensor sebesar 3,348 Volt. Hubungan berat dengan tegangan keluaran sensor dapat dilihat dari Gambar 12:



Gambar 12. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor dengan Berat

Gambar 12 menunjukkan bahwa tegangan keluaran sensor meningkat seiring dengan penambahan berat. Kecenderungan hasil pengukuran berbentuk garis lurus dengan kemiringan positif. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan untuk tegangan keluaran sensor gaya berat yaitu :

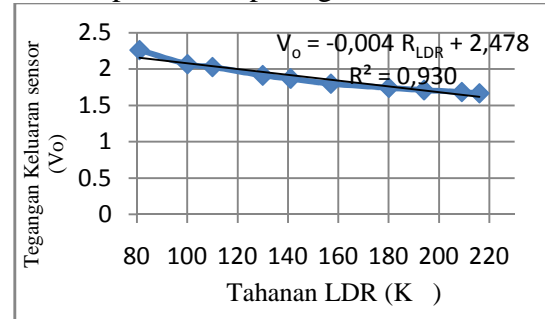
$$V_o = 1,504 + 8,53x \quad (4)$$

Angka 8,53 V/Newton menyatakan kemiringan garis lurus yang merupakan sensitivitas dari sensor gaya berat menggunakan LDR dan Pegas. Angka 1,504 V menyatakan nilai awal tegangan keluaran sensor pada keadaan tanpa beban. Koefisien korelasi dari persamaan adalah 0.968.

3. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor dengan Tahanan LDR

Hubungan tegangan keluaran sensor dengan tahanan LDR dapat diselidiki dengan memplot grafik data tegangan keluaran sensor dan tahanan LDR terhadap perubahan massa beban. Dari grafik terlihat bahwa perubahan tahanan LDR berbanding lurus dengan setiap kenaikan tegangan keluaran sensor.

Semakin besar tahanan LDR yang dihasilkan maka semakin kecil tegangan keluaran sensor. Hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan tahanan LDR dapat dilihat pada gambar 13:



Gambar 13. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor dengan Tahanan LDR

Gambar 13 menunjukkan bahwa setiap kenaikan tahanan LDR maka tegangan keluaran sensor gaya berat akan semakin kecil. Kecenderungan hasil penelitian berbentuk garis lurus dengan kemiringan negatif. Melalui pendekatan garis lurus diperoleh persamaan untuk tegangan keluaran sensor gaya berat yaitu:

$$V_o = 2,478 - 0,004R_{LDR} \quad (5)$$

Angka -0,004 KΩ menyatakan kemiringan garis lurus yang merupakan sensitivitas dari sensor gaya berat menggunakan LDR dan Pegas. Angka 2,478 V menyatakan nilai awal tegangan keluaran sensor pada keadaan tanpa beban. Koefisien korelasi dari persamaan adalah 0.930.

4. Ketepatan Sensor Gaya Berat

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan jarak antara sumber cahaya terhadap LDR dan luxmeter. Dengan memvariasikan jarak tersebut maka akan didapatkan suatu hubungan antara perubahan jarak terhadap intensitas dan nilai resistansi LDR.

Melalui perhitungan didapatkan nilai persentase kesalahan pengukuran berkisar dari 1,0530 % sampai 2,267 % Ketepatan relatif pengukuran berkisar dari 0,982 sampai 0,989 dan persentase ketepatan berkisar dari 98,535 % sampai 98,947 % dengan persentase ketepatan rata-rata 98,592 %.

5. Ketelitian Sensor Gaya Berat

Untuk mengetahui tingkat ketelitian dari sensor gaya berat dilakukan pengukuran secara berulang, yakni sebanyak sepuluh kali pengukuran untuk setiap beban yang diberikan pada sensor gaya berat. Beban yang diberikan terhadap sensor gaya berat divariasikan dari 10 gram sampai 150 gram. Dari pengukuran didapatkan nilai pengukuran rata-rata, ketelitian rata-rata dan persentase kesalahan pengukuran relatif. Nilai ketelitian pengukuran yang diperoleh dari penelitian sensor gaya berat berkisar 0,999

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan baik secara grafik maupun secara statistik dapat memberikan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Prinsip kerja dari sensor gaya berat ini adalah, apabila sensor diberi beban maka terjadi perubahan jarak antara LED dan LDR dan akan menghasilkan keluaran berupa tegangan. Besar tegangan keluaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar beban yang diberikan terhadap sensor gaya berat. Semakin besar beban yang diberikan maka tegangan keluaran sensor akan semakin besar.

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, dapat dikemukakan bahwa tahanan LDR berbanding terbalik terhadap setiap kenaikan berat beban. Hal ini dikarenakan setiap kenaikan berat beban maka jarak antara LDR dengan LED akan semakin dekat, sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh LDR semakin besar. Sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa tahanan LDR berbanding terbalik secara linear dengan intensitas cahaya 10 lux. Sebaliknya tegangan keluaran sensor pada intensitas cahaya rendah berbanding lurus dengan pertambahan nilai berat beban.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh dari pengujian sensor gaya berat berbasis pegas dan LDR diperoleh grafik yang menyatakan hubungan hambatan LDR dan tegangan keluaran sensor terhadap berat. Beberapa hal yang telah berhasil dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Grafik hubungan antara tahanan LDR berbanding lurus dengan berat benda dengan nilai awal 237,2 K dan kemiringan negatif 1553 K /Newton.
2. Tegangan keluaran sensor gaya berbanding lurus dengan berat dengan nilai awal 1,504 Volt dan kemiringan 8,53 Volt/Newton
3. Tegangan keluaran sensor gaya berbanding lurus dengan tahanan LDR dengan nilai awal 2,478 Volt dan kemiringan dalam arah negatif sebesar 0,930
4. 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 %.
5. 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 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Etsa, Irawan dan Zulfiani. (2008). *Pelajaran IPA Fisika Bilingual*. Bandung: CV. Yrama Widya
- Fraden, Jacob. (2004). *Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs and Applications Third Edition*. AIP Press. Springer-Verlag New York, Inc
- Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika Jilid I* (Terjemahan), Jakarta. Erlangga
- Kirkup, L. (1994). *Experimental Method An Introduction to The Analysis and*

- Presentation of Data.* John Willey & Sons, Singapore
- Madlazim. (2004). *Pengukuran Gaya dan Tekanan.* Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah: Depdiknas
- S.M Sze, Kwok K.Ng. (2007). *Physics of Semiconductor Devices.* New Jersey: John Wiley & Sons.Inc
- Sudaryatno , Sudirham. (2002). *Analisis Rangkaian Listrik.* Bandung: ITB
- Sutrisno. (1987). *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya.* Bandung: ITB
- Sutrisno. (1994). *Elektronika Teori dan Penerapannya .* Bandung : ITB
- Sutrisno. (1999). *Elektronika Lanjutan Teori dan Penerapannya.* Bandung: ITB