

## KARAKTERISASI SENSOR *STRAIN GAUGE*

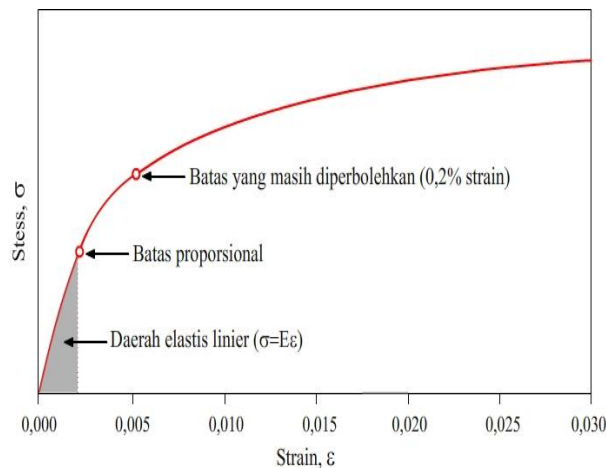
Kurriawan Budi Pranata, Wignyo Winarko  
Universitas Kanjuruhan Malang  
kurriawan@gmail.com, wignyowinarko@gmail.com

**ABSTRAK.** Karakterisasi sensor strain gauge dengan resistansi sebesar 120 ohm telah diteliti. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari grafik karakteristik hubungan antara penambahan massa dengan tegangan keluaran dari penguat diferensial. Penambahan massa ini juga mempunyai hubungan gejala fisika yaitu besaran gaya berat. Sehingga dari gaya berat ini akan dihubungkan dengan teori regangan dalam sensor *strain gauge*. Keluaran listrik dari sensor strain gauge berupa besaran resistansi. Berdasarkan hasil penelitian ini, perubahan resistansi dari sistem sensor strain gauge sangatlah kecil untuk diamati dengan menggunakan alat ukur Multimeter Standart. Sehingga, perlu metode mengkonversi besaran resistansi ke besaran tegangan untuk dapat diamati perubahannya. Konversi ini berupa pembuatan rangkaian jembatan Wheatstone tipe quarter. Kemudian, nilai perubahan sinyal tegangan dari rangkaian ini dikuatkan menggunakan penguat sinyal diferensial. Hasil dari penelitian ini adalah berupa grafik karakteristik, hubungan tegangan dengan penambahan massa pada kelipatan 1 gram dan 0,7 gram. Masing-masing dinyatakan dalam persamaan karakteristik  $m_{gr} = 0,6051 e^{1,4387 V}$  dan  $m_{0,7 gr} = 0,6445 e^{1,3887 V}$  dimana variabel  $m$  (gram) dan  $V$  (volt).

**Kata Kunci:** *Strain gauge; resistansi; wheatstone.*

## PENDAHULUAN

Perancangan sistem pengukuran untuk rekayasa fisika banyak didasarkan pada penerapan model teoritis. Salah satunya adalah sistem pengukuran massa yang memanfaatkan gejala *strain* pada material yang disebabkan oleh penambahan massa [2]. Umumnya struktur pada material menunjukkan hubungan yang linier antara *stress* dan *strain* pada tingkat *stress* rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 yang diarsir.



**Gambar 1.** Hubungan *stress* terhadap *strain* pada bahan plastik yang bersifat elastis [2].

Daerah arsiran pada Gambar 1 adalah kondisi elastis linier dari suatu bahan yang diwakili oleh garis lurus pada grafik hubungan *stress* dan *strain*, kemudian berakhir pada titik yang disebut batas proporsional. Berdasarkan gambar 1, didapatkan persamaan fisis hubungan antara *stress* dan *strain* yang dinyatakan dalam persamaan:

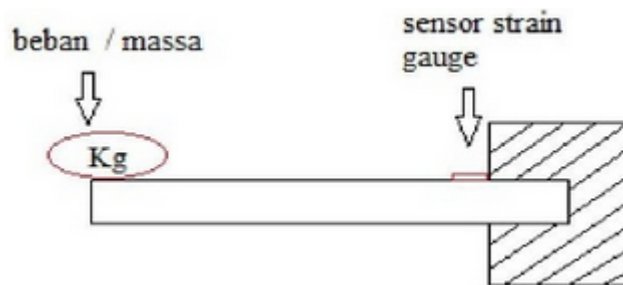
$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (1)$$

Dimana  $\epsilon$  adalah *strain* yang tidak memiliki dimensi satuan, dan  $\sigma$  adalah *stress* dalam satuan ( $N/m^2$ ), sementara  $E$  adalah modulus young dalam suatu bahan dengan satuan ( $N/m^2$ ).

Berdasarkan persamaan 1 dan hubungan koordinat pada Gambar 1, sudah jelas menunjukkan bahwa *stress* mempunyai hubungan yang erat dengan *strain*. Sehingga dari persamaan 1 ini dapat dihubungkan dalam bentuk besaran fisika gaya berat  $W$  dalam satuan Newton yang diungkapkan dalam persamaan 2.

$$\sigma = \frac{W}{A} \quad (2)$$

Dimana  $W$  adalah gaya berat dalam satuan (Newton), dan  $A$  adalah luas penampang dalam satuan ( $m^2$ ). Berdasarkan persamaan 2 ini, didapatkan konsep desain sistem untuk mengkarakterisasi sensor *strain gauge* dengan menggunakan hubungan regangan suatu bahan terhadap gaya berat. Sehingga, didapatkan suatu konsep desain sistem pengukuran massa memanfaatkan modulus elastisitas suatu bahan akibat perubahan defleksi karena terjadi penambahan gaya dari luar yang tegak lurus. Penambahan gaya dari luar ini dapat diasumsikan seperti gaya berat, sehingga variabel penambahan massa sangat berpengaruh terhadap perubahan regangan suatu bahan. Konsep desain ini seperti yang dilakukan pada penelitiannya (sudarmawan, 2009) yang ditunjukkan pada Gambar 2 [3].



**Gambar 2.** Konsep desain karakterisasi sensor *strain gauge* dengan menggunakan hubungan regangan terhadap gaya berat [3].

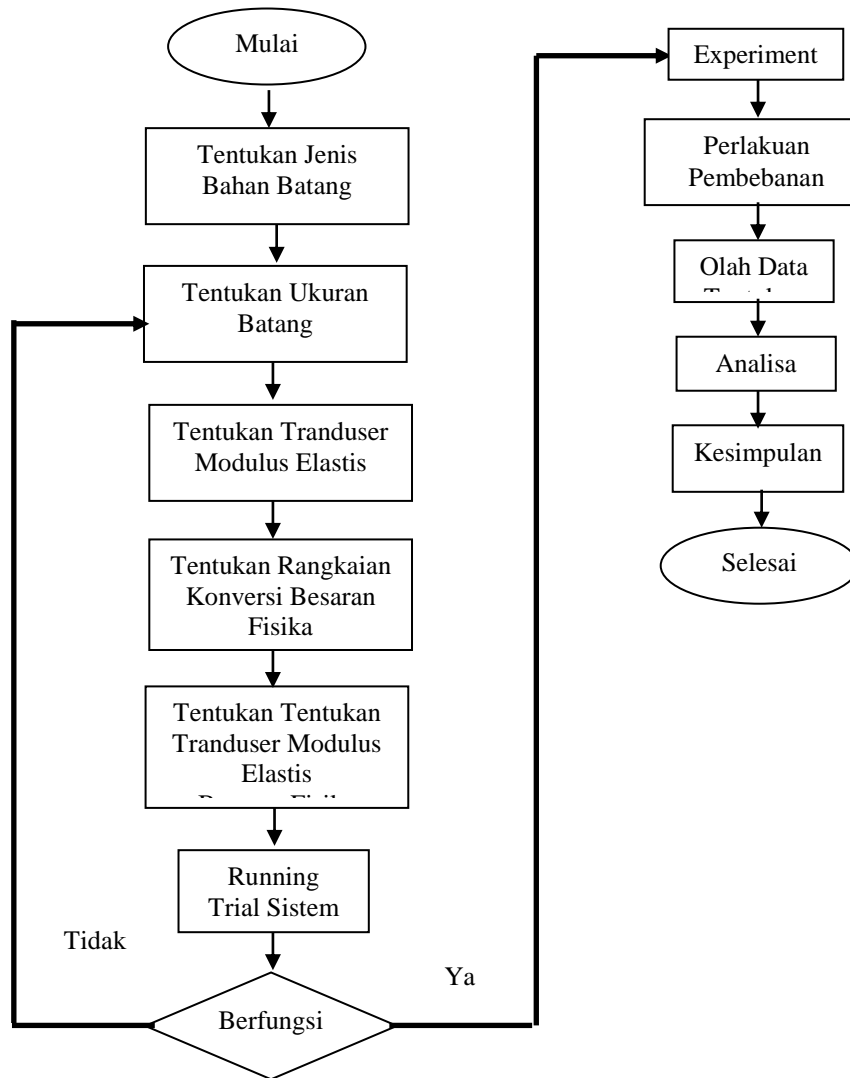
## METODE PENELITIAN

### Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini pada dasarnya mengkonversi besaran resistansi sensor strain gauge menjadi tegangan [1]. Sensor strain gauge ini dirangkai dengan jembatan Wheatstone sebagai pengindera dari perubahan defleksi suatu bahan yang akan diuji. Besaran regangan akan diindera oleh sensor strain gauge [1]. Keluaran sistem sensor ini berupa tegangan analog dari konfigurasi jembatan Wheatstone yang menghasilkan tegangan dalam orde mV yang kemudian akan dikuatkan dengan penguat diferensial sehingga menghasilkan tegangan dalam orde volt.

### Langkah Penelitian

Dalam langkah pengujian karakterisasi sensor strain gauge ini adalah memilih spesimen material bahan yang akan dijadikan sebagai batang yang akan diuji. Sementara itu, ditentukan dimensi spesimen serta memasang sensor strain gauge pada body batang yang diuji. Kemudian dilakukan pengukuran resistansi dari sensor strain gauge yang sudah dikonversi dalam bentuk tegangan. Setelah pemasangan sensor strain gauge pada batang, dilakukan perlakuan pemberian beban massa secara vertikal pada ujung batang. Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram flowchart dibawah ini :



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

### Desain Sistem Pengujian

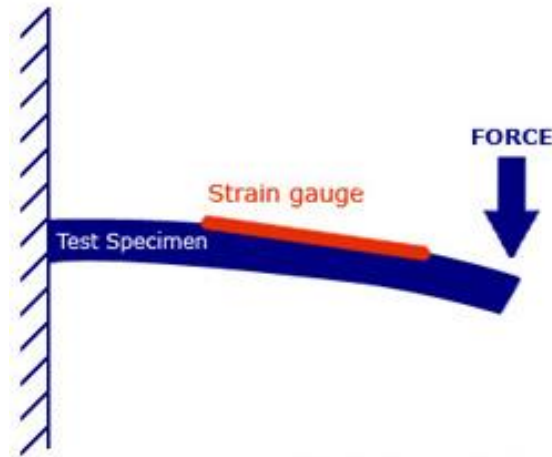
Desain sistem pengujian karakterisasi sensor strain gauge mengacu pada penelitian sudarmawan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sehingga, didapatkan suatu konsep desain sistem karakterisasi sensor strain gauge dengan memanfaatkan modulus elastisitas suatu bahan akibat perubahan defleksi suatu bahan. Defleksi ini terjadi dari perubahan pembebanan massa pada suatu batang yang diletakkan pada ujung batang tersebut. Karena terjadi penambahan gaya berat dari luar secara tegak lurus pada bagian ujung batang, maka korelasi penambahan massa akan mengakibatkan bertambahnya suatu regangan pada batang tersebut. Sehingga, metode pada penelitian ini merancang dan membuat desain batang yang elastis. Pada penelitian ini, batang dibuat menggunakan bahan kuningan dengan memiliki dimensi panjang (L), ketebalan (t), dan lebar (b), yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Detail Ukuran Dimensi Batang

Dimensi	Ukuran
Panjang (L)	1 cm
Lebar (b)	0,4 cm
Tebal (t)	6 $\mu$ m

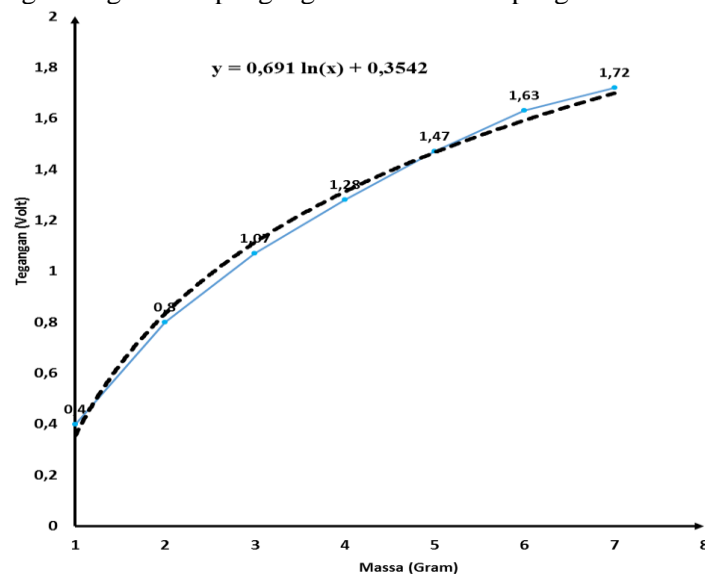
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi sensor strain gauge telah berhasil dilakukan dan di pelajari berdasarkan analisa sistem fisika seperti pada Gambar 4. Konsep dasar pada Gambar 4 menunjukkan bahwa jika beban massa diletakkan pada ujung batang, maka beban massa tersebut akan menghasilkan gaya berat dengan arah vektor kebawah [4]. Sehingga, akan menghasilkan perubahan defleksi suatu bahan.



**Gambar 4.** Peletakan sensor strain gauge pada batang elastis [4].

Akibat defleksi yang terjadi pada batang tersebut, menghasilkan perubahan modulus elastisitas atau perubahan selisih panjang pada batang specimen yang diuji [1]. Sehingga, strain gauge yang diletakkan pada batang specimen uji juga mengalami perubahan modulus elastis yang selanjutnya di indera oleh sensor strain gauge menjadi besaran resistansi [1]. Hasil besaran resistansi yang di indera oleh strain gauge bernilai sangat kecil sekali, maka untuk mengkonversi besaran resistansi ini dibuat rangkaian jembatan Wheatstone dan dikuatkan oleh penguat diferensial sebagai pengubah besaran resistansi menjadi tegangan. Hasil yang didapat dari pengukuran ini berupa grafik yang menunjukkan hubungan antara penambahan massa beban yang diletakkan pada ujung batang terhadap tegangan keluaran dari penguat diferensial.

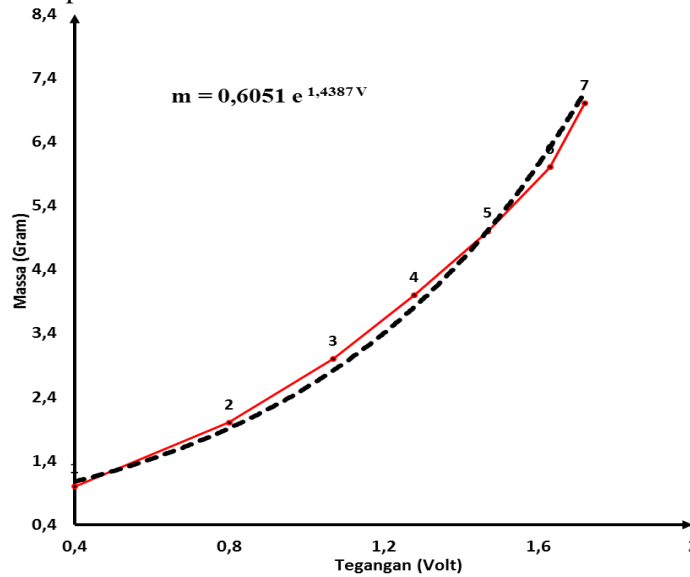


**Gambar 5.** Grafik hasil karakterisasi tegangan keluaran sensor strain gauge yang dirangkai jembatan Wheatstone beserta penguat diferensial terhadap penambahan beban massa dengan kelipatan 1 gram dengan span antara 1 gram sampai 7 gram.

Gambar 5 merupakan grafik karakterisasi tegangan keluaran sensor strain gauge terhadap penambahan massa kelipatan 1 gram, dari span antara 1 gram sampai 7 gram. Grafik pada gambar

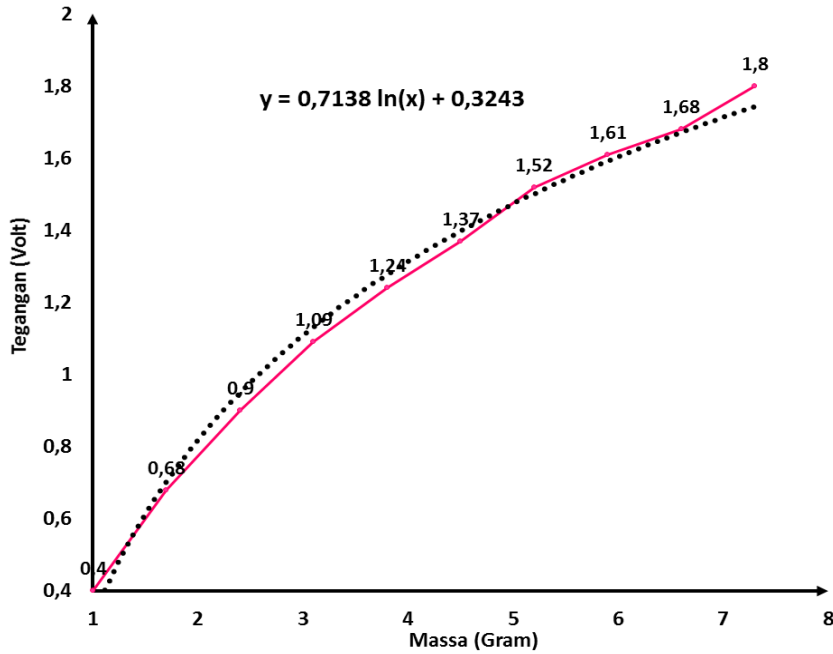
5 menunjukkan pola grafik logaritmik dengan memiliki pendekatan persamaan  $y = 0,691 \ln(x) + 0,3542$ . Pola grafik hasil penelitian ini hampir mendekati dengan pola grafik landasan teori yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sehingga, pola grafik pada Gambar 5 mempunyai makna fisis bahwa setiap kenaikan massa pada kelipatan 1 gram dengan span antara 1 gram sampai 7 gram, mengakibatkan batang specimen mengalami defleksi menuju keadaan saturasi hingga tidak dapat lagi untuk meregang.

Berdasarkan hasil pola grafik pada Gambar 5, dapat ditentukan persamaan karakteristik untuk mengkonversi dari besaran tegangan menjadi besaran massa, dengan tujuan untuk mengkonversi pembacaan analog kedalam bentuk pembacaan digital. Hasil interpolasi grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

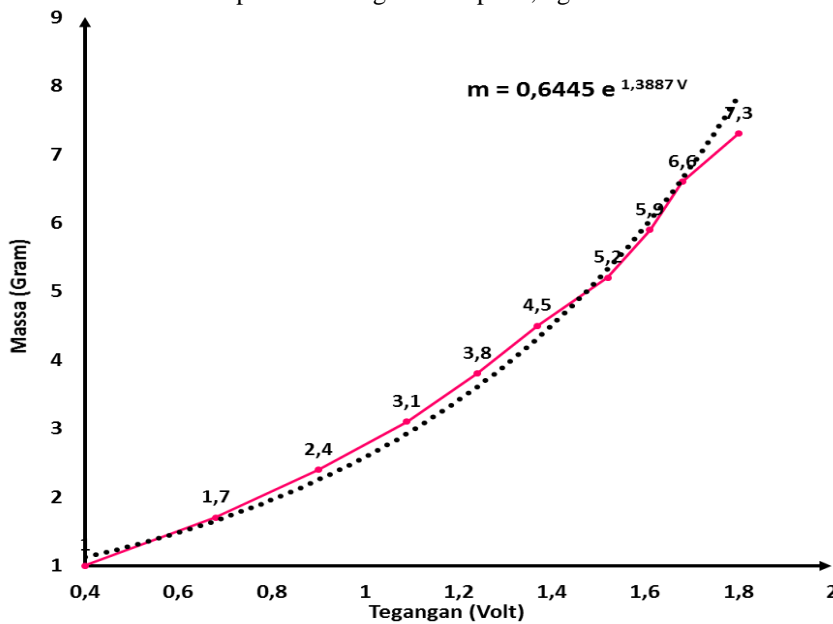


**Gambar 6.** Grafik hasil karakterisasi sensor strain gauge hubungan tegangan keluaran terhadap penambahan beban massa dengan kelipatan 1 gram dengan span antara 1 gram sampai 7 gram.

Gambar 6 menunjukkan pola grafik eksponensial naik, dengan pendekatan persamaan eksponensial  $m_{1\text{ gr}} = 0,6051 e^{1,4387 V}$ . Hasil persamaan ini, dapat digunakan sebagai acuan untuk mengkonversi pembacaan analog (besaran tegangan) menjadi pembacaan digital (besaran massa) dalam tampilan aplikasi antar muka interface. Adapun hasil variasi perlakuan penambahan beban massa juga dilakukan dalam penelitian ini. Hasil berupa grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7.** Grafik hasil karakterisasi tegangan keluaran sensor strain gauge yang dirangkai jembatan Wheatstone beserta penguat diferensial terhadap penambahan beban massa dengan kelipatan 0,7 gram dengan span antara 1 gram sampai 7,3 gram.



**Gambar 8.** Grafik hasil karakterisasi sensor strain gauge hubungan tegangan keluaran terhadap penambahan beban massa dengan kelipatan 0,7 gram dengan span antara 1 gram sampai 7,3 gram.

Meskipun dalam penelitian ini dilakukan variasi perlakuan penambahan massa yang berbeda, yaitu perlakuan pertama penambahan massa dengan kelipatan 1 gram dengan span 1 gram

– 7 gram, sementara itu perlakuan ke dua penambahan massa 0,7 gram dengan span 1,7 gram – 7,3 gram. Memberikan hasil pola grafik pada perlakuan ke dua yang hampir mendekati sama dengan pola grafik yang dihasilkan pada perlakuan pertama. Pola grafik yang hampir sama ini, dapat ditunjukkan dari hasil pendekatan persamaan pola logaritmik pada Gambar 5 yaitu  $y = 0,691 \ln(x) + 0,3542$  dibandingkan dengan hasil pendekatan persamaan pada Gambar 7 yaitu  $y = 0,7138 \ln(x) + 0,3243$ . Begitupun juga pada persamaan pola grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan 8 yang memberikan hampir kesamaan yaitu  $m_{1\text{ gr}} = 0,6051 e^{1,4387 V}$  grafik pada Gambar 6,  $m_{0,7\text{ gr}} = 0,6445 e^{1,3887 V}$  grafik pada Gambar 8. Artinya, sensor strain gauge yang dikarakterisasi dalam penelitian ini memberikan karakter output hasil yang konsisten, meskipun dilakukan variasi perlakuan pembebanan massa yang berbeda pada kelipatan 1 gram dan 0,7 gram.

## KESIMPULAN

1. Sensor strain gauge resistansi 120 ohm dapat digunakan sebagai deteksi regangan pada suatu batang yang elastis akibat perubahan defleksi pada batang tersebut jika diberikan gaya luar yang tegak lurus pada ujungnya.
2. Pola grafik karakterisasi sensor strain gauge resistansi 120 ohm membentuk pola logaritmik. Hasil ini memberikan kesesuaian pada landasan teori pada pola grafik hubungan antara stress dan strain.
3. Karakterisasi sensor strain gauge memberikan output hasil karakter yang konsisten, meskipun dilakukan variasi perlakuan pembebanan massa yang berbeda pada kelipatan 1 gram dan 0,7 gram. Karakter yang konsisten ini dapat ditunjukkan pada bentuk pola grafik dan nilai persamaan yang hampir mendekati sama dari hasil variasi pembebanan massa pada perlakuan pertama dan kedua.

## DAFTAR PUSTAKA

Fraden, J. (2003), “*Handbook of modern sensors*”, Physics. Designs and Applications, Springer.

FEA-Opt Technology. (2005), “ Hooke’s Stress and Strain Calculation”, Uniform Plate Analysis An Engineers Toolbox Calculation Module, Url. [http://www.feaoptimization.com/ETBX/uplate\\_help.html](http://www.feaoptimization.com/ETBX/uplate_help.html).

Sudarmawan D, 2009. Desain Sistem Alat Ukur Tegangan dan Regangan pada Batang Kantilever menggunakan sensor *strain gauge* berbasis labjack dengan material baja tipe plat JIS-G 3101 SS400. [http://www.academia.edu/9806674/TUGAS\\_AKHIR\\_SAYA.\\_12-2009-021](http://www.academia.edu/9806674/TUGAS_AKHIR_SAYA._12-2009-021).

IT Instrumentasi Today, 2011. Electrical Resistance Strain Gauge. <http://www.instrumentationtoday.com/strain-gauge/2011/08/>.