

## DISAIN INDIKATOR LOAD CELL 10 KANAL

Effendi Dodi Arisandi  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Pos El : effendi.dodi@lapan.go.id

### Abstrak

Aplikasi sensor strain gauge dapat digunakan untuk menganalisa perubahan strain atau stress pada tabung roket pada saat uji static atau uji terbang. Sehingga diperlukan pemasangan sensor strain gauge sebanyak mungkin pada tabung roket tersebut, sehingga akan didapatkan analisa yang menyeluruh. Oleh karena itu dibutuhkan alat instrumentasi yang dapat mengukur 10 kanal sensor strain gauge. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan ADC (analogue to digital converter) 24bit pada masing-masing kanal sensor strain gauge. Seluruh data sensor setelah dikonversi ke data digital akan diproses oleh mikrokontroller dan ditampilkan di komputer. Telah dibuat hardware dan software untuk indikator load cell 10 kanal dengan resolusi pembacaan sinyal analog yang paling kecil adalah 0.29 mV.

**Kata kunci:** load cell, ADC, kanal, strain gauge, 24 bit.

### Abstract

*The application of strain gauge sensor can be used for analysis deformation of the rocket tube based on the strain and stress force in the static test or launching test. Therefore it needed assembly strain gauge sensor as many as in that rocket tube, and then it will be gotten the whole analysis. So it needed instrumentation tools which can measure 10 channel of strain gauge sensor. The method which will be used in this research is using ADC (analogue to digital converter) 24bits for each channel of strain gauge sensor. The all of the sensor data will be processed by microcontroller then will be displayed in the computer. It had made hardware and software for load cell indicator 10 channels with the resolution input is 0.29 mV .*

**Keywords:** load cell, ADC, channel, strain gauge, 24 bits.

## 1. PENDAHULUAN

Sensor strain gauge adalah sebuah sensor yang dapat mengukur perubahan *strain* atau *stress* yang sangat kecil pada sebuah bahan material padat (besi, kayu, dan beton), dalam skala mikro strain [5,9,11]. Sensor strain gauge merupakan sensor yang berdasarkan perubahan nilai resistansi pada bahan material sensor tersebut. Dikarenakan aplikasi dari sensor ini untuk mengetahui atau mengukur perubahan *strain* atau *stress* pada benda padat (seperti besi, beton, kayu). Oleh karena itu sensor ini dibuat dalam bentuk yang sangat tipis (dibawah 1mm). Ada beberapa jenis susunan rangkaian sensor strain gauge sehingga dapat digunakan untuk mengukur perubahan *strain* atau *stress* pada suatu benda. Susunan rangkain strain gauge tersebut adalah  $\frac{1}{4}$  jembatan,  $\frac{1}{2}$  jembatan, dan jembatan penuh (full bridge).

Pada dasarnya susunan pengkondisi sinyal rangkain strain gauge untuk dapat mengukur perubahann nilai resistansi yang sangat kecil adalah jembatan penuh (full bridge). Sehingga untuk penerapan susunan rangkaian yang  $\frac{1}{4}$  atau  $\frac{1}{2}$  jembatan memerlukan kompensasi dari nilai resistansi sensor strain gauge yang digunakan. Ada beberapa macam nilai resistansi dari sensor strain gauge yang dapat digunakan yaitu 120 ohm, 350 ohm, dan 750 ohm.

Analisis perubahan struktur tabung roket sangat diperlukan untuk menjadi dasar pemilihan jenis tabung roket yang sesuai dengan komposisi bahan bakar yang digunakan [6,7,8]. Dalam banyak kasus tabung roket yang meledak baik dalam uji statik atau uji terbang. Sehingga diperlukan informasi yang cukup akurat tentang kekuatan suatu tabung terhadap pengaruh pembakaran bahan bakar roket baik padat maupun cair. Selain analisis struktur tabung roket secara x-ray, juga diperlukan analisis secara langsung pada perubahan struktur tabung tersebut dengan menggunakan sensor strain gauge. Pemasangan sebanyak mungkin sensor strain gauge pada tabung roket, akan didapatkan informasi perubahan *strain* atau *stress* yang lebih lengkap. Salah satu manfaat dari menggunakan sensor strain gauge untuk mengukur perubahan *strain* atau *stress* pada tabung roket adalah bahwa penerapan sensor ini dapat dilakukan pada uji statik roket maupun uji terbang. Sedangkan jika menggunakan x-ray, maka hanya dapat dilakukan sebelum uji statik atau uji terbang roket.

Metode yang digunakan dalam desain indikator load cell 10 kanal ini adalah dengan menggunakan ADC 24bit. Dengan menggunakan ADC 24 bit maka perubahan terkecil yang bisa dikonversi oleh ADC dari sinyal analog ke sinyal digital adalah 0.29 mikro volt. Tipe IC ADC yang digunakan adalah cirrus CS5532. Keluaran sensor strain gauge akan dikonversi oleh ADC ke data digital. Secara alamiah sinyal sensor strain gauge mengandung noise, maka diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat digunakan untuk mengurangi noise tersebut. Tipe rangkaian pengkondisi sinyal yang dipilih adalah rangkaian low pass filter, pemilihan tersebut berdasarkan bahwa perubahan frekuensi keluaran sinyal pada sensor strain gauge relatif rendah.

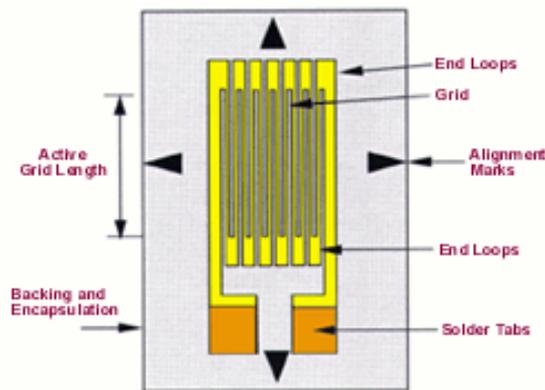
Pada disain 10 kanal indicator load cell ini dapat digunakan pada tipe rangkaian ¼ atau full bridge pada sensor strain gauge. Data hasil konversi dari sinyal analog ke digital akan diolah oleh mikrokontroller ATmega 32 yang memiliki kapasitas memori program 32 kb. Data digital tersebut setelah diproses oleh mikrokontroller selanjutnya dikirimkan ke komputer dengan melalui komunikasi serial RS232. Kecepatan transfer data dari mikrokontroller ke komputer adalah 19200bps. Software pada computer secara otomatis akan menampilkan data sensor strain gauge berdasarkan urutan kanalnya. Software aplikasi yang di computer juga dapat digunakan untuk melakukan *tare* pada masing-masing kanal secara serentak atau satu per satu.

## 2. SENSOR STRAIAN GAUGE DAN PENGKONDISI SINYAL

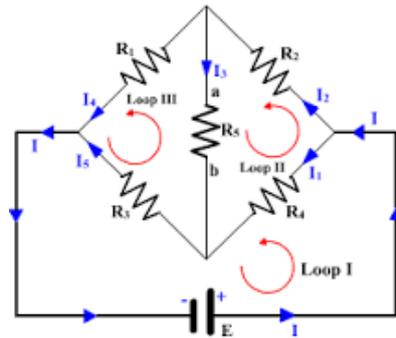
### 2.1. Sensor Strain Gauge

Sensor strain gauge adalah sensor yang dapat mengukur perubahan *strain* atau *stress* yang terjadi pada sebuah benda padat (besi, kayu atau beton). Banyak sekali penelitian yang menggunakan aplikasi dari sensor strain gauge ini, salah satu contoh adalah untuk mengetahui perubahan struktur pada tabung roket [10]. Gambar 2-1 adalah bentuk dari sensor strain gauge. Ada beberapa macam jenis rangkaian strain gauge yang dapat digunakan untuk mengukur perubahan nilai resistansi yang sangat kecil. Pada dasarnya prinsip dari rangkaian sensor strain gauge adalah rangkaian jembatan wheatstone [1]. Gambar 2-2. Adalah prinsip dasar rangkaian jembatan wheatstone dengan analisis arah arus pada masing-masing rangkain tertutup [1,10]. Tiga macam tipe rangkaian sensor strain gauge dapat dilihat pada Gambar 2-3. Persamaan 1 adalah formula untuk mengetahui tegangan keluaran pada rangkaian jembatan wheatstone.

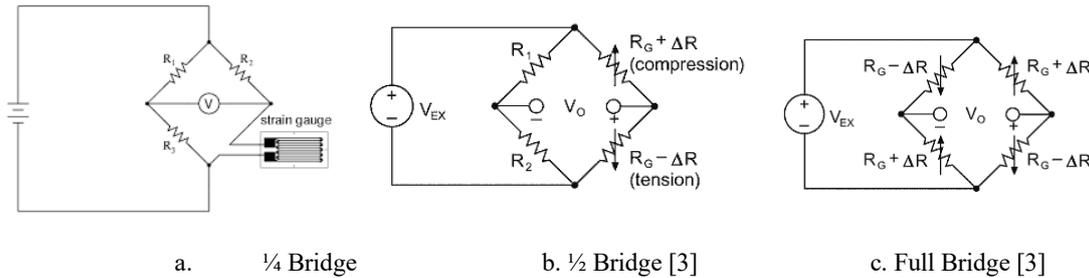
$$V_o = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] * V_{EX} \quad (1)$$



Gambar 2-1 Sensor Strain Gauge [2]



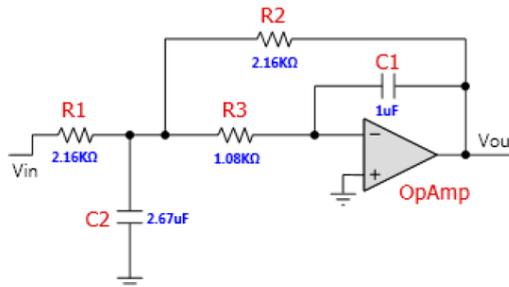
Gambar 2-2 Jembatan Wheatstone [1]



Gambar 2-3 Tipe Rangkaian Sensor Strain Gauge

### 2.2. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Seperti yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan diatas bahwa rangkain pengkondisi sinyal yang digunakan adalah low pass filter. Pada perancangan filter ini, frekuensi cut-off yang dipilih adalah 50Hz. Untuk merancang rangkaian low pass filter dapat menggunakan *software* FilterPro dari texas instrument. Jenis rangkaian filter ini adalah tipe besseel dengan orde 2. Gambar 2-4. Adalah hasil perancangan low pass filter dengan menggunakan *software* FilterPro. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan software ini adalah nilai resistor maupun kapasitor yang mendukung rangkain filter tersebut, dapat ditentukan secara otomatis oleh software FilterPro.



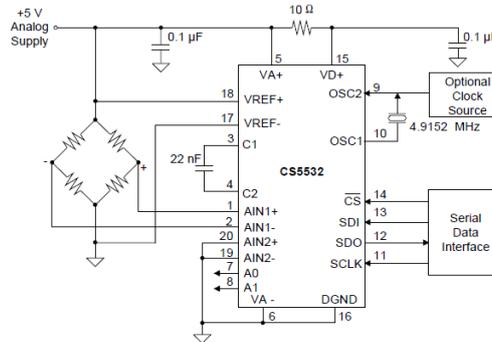
Gambar 2-4 Low Pass Filter Orde 2 50Hz

### 2.3. ADC 24 bit dan Mikrokontroller

Sinyal keluaran dari sensor strain gauge tidak bisa secara langsung diproses oleh mikrokontroller, hal ini disebabkan masih merupakan sinyal analog. Oleh karena itu diperlukan suatu IC yang dapat mengkonversi dari sinyal analog ke sinyal digital. Meskipun teknologi saat ini sudah melengkapi mikrokontroller dengan ADC internal, tetapi masih 8 bit yang sangat kurang untuk memproses sinyal analog dari sensor strain gauge yang sangat kecil. Sinyal keluaran sensor strain gauge dapat diperbesar beberapa kali, maka *noise* yang terdapat pada sensor strain gauge juga akan mengalami pembesaran. Sehingga menyulitkan untuk memperoleh data yang benar. Oleh karena itu diperlukan pemilihan tipe ADC yang sesuai untuk dapat mengkonversi sinyal analog yang sangat kecil. ADC cirrus CS522 adalah ADC yang mempunyai resolusi 24 bit, sehingga ADC tersebut dapat mengkonversi

sinyal analog yang paling kecil adalah 0.29 mili volt dengan tegangan referensi 5 volt. Sinyal analog 0.29 mili volt setara dengan 1 bit hasil konversi ke data digital.

Data sheet ADC cirrus CS5522 memberikan spesifikasi secara detail. ADC tersebut membutuhkan catu daya tunggal 5 volt. Gambar 2-5. adalah pin out dari ADC 3205. Untuk mengolah data digital hasil konversi dari ADC 3205, maka diperlukan sebuah mikrokontroller atau mikroprosesor. Pemilihan jenis mikrokontroller juga sangat diperlukan dengan 2 pertimbangan, yaitu kapasitas memori pemrograman yang cukup dan harganya. Sehingga pada penelitian ini dipilih jenis mikrokontroller ATmega32 yang mempunyai kapasitas memori pemrograman cukup besar 32 kb dan harganya murah.



Gambar 2-5 Pin Konfigurasi ADC CS5532

### 3. HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Desain Hardware dan Software

Pada perancangan skematik dan PCB dari rangkaian indicator load cell 10 kanal ini menggunakan *software* Altium 2004. Dari hasil perancangan pada gambar skematik dapat secara otomatis dikonversikan ke dalam gambar PCB. Gambar 3-1. adalah PCB yang telah dicetak menjadi board indicator load cell 10 kanal. Masing-masing kanal mempunyai rangkaian pengkondisi sinyal dan rangkaian ADC yang terpisah, hal ini dimaksudkan untuk menjaga waktu pembacaan ADC yang konsisten. Dapat juga digunakan metode lain yaitu dengan cara *scanning* untuk masing-masing kanal dan hanya cukup menggunakan satu ADC dan multiplekser. Metode ini jarang digunakan karena kestabilan pembacaan sinyal dari perpindahan kanal satu ke kanal yang lainnya dapat mengganggu hasil konversinya.

IC mikrokontroller memerlukan perangkat *software* yang dapat digunakan untuk memprogram IC tersebut. Ada beberapa macam bahasa pemrograman yang dapat digunakan, seperti bahasa c dan basic. Pada penelitian ini yang digunakan adalah bahasa tingkat rendah yaitu basic dengan editor dan compilernya bascom. Untuk menampilkan data di komputer maka digunakan bahasa tingkat tinggi yaitu visual basic. Blok diagram proses pengolahan data sensor strain gauge dan pembacaan data dari ADC sampai dengan pengiriman ke komputer dapat dilihat pada Gambar 3-1. Dari fitur *software* yang telah dibuat, setiap kanal bisa di-*tare* satu persatu maupun secara bersamaan. Interval pembacaan data dan penampilan dapat ditentukan melalui fitur *software* tersebut. Data juga dapat disimpan atau di print secara langsung.



Gambar 3-1 PCB Indikator Load Cell 10 Kanal



**Tabel 3-1** Hasil Kalibrasi Indikator Load Cell 10 Kanal

Kanal N	Input (mV/V) 1mV/V = 2000 mikro strain	Output T1(mikro strain)	Output T2 (mikro strain)	Output T2 (mikro strain)	Rata – rata Error (%)
1	0.1	205	201	204	0.67
2	0.2	401	400	399	0.00
3	0.3	605	602	600	0.39
4	0.4	799	801	802	0.08
5	0.5	1004	1003	1001	0.27
6	0.6	1203	1202	1199	0.11
7	0.7	1406	1402	1401	0.21
8	0.8	1601	1604	1602	0.15
9	0.9	1802	1799	1803	0.07
10	1	2000	2005	1999	0.07

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis perubahan struktur pada benda padat, seperti besi, kayu atau beton sangat diperlukan untuk menjaga keselamatan dari pemakaian bahan tersebut, maka diperlukan suatu alat ukur yang dapat membaca perubahan strain atau stress pada bahan tersebut, terutama pada tabung motor roket. Sensor strain gauge merupakan sensor yang sesuai untuk mengukur perubahan strain atau stress pada benda padat. Telah dibuat alat indikator load cell 10 kanal dengan menggunakan ADC 24 bit cirrus CS3522 yang dapat membaca perubahan sinyal analog yang cukup kecil yaitu 0.29 mili volt dan interval pembacaan dan penyimpanan data yang paling cepat adalah 10 ms.

Alat ukur ini dapat juga digunakan untuk menganalisa struktur tabung roket baik pada saat uji static atau uji terbang. Untuk dapat digunakan pada uji terbang roket, maka disaian PCBnya harus menyesuaikan ukuran dari tabung motor roket itu sendiri.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada pusat teknologi roket yang telah menyediakan fasilitas sehingga penelitian ini bisa berhasil dan selesai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) [http://fd.fmipa.itb.ac.id/artikel/modul\\_interaktif/modul\\_2\\_f/teori.html](http://fd.fmipa.itb.ac.id/artikel/modul_interaktif/modul_2_f/teori.html).
- 2) <http://www.sensorland.com/HowPage002.html>.
- 3) <http://www.ni.com/white-paper/3432/en/>.
- 4) Edi Sofyan, “Rancang-bangun motor roket S100-200 dengan Menggunakan Full-Grafit Nosel”, Prosiding Siptekgan X 2006, 05.05;388-396.
- 5) Wahyu Widada, “Sistem Data Akuisisi Baru Untuk Sensor Strain Gauge Pada Sting-balance Terowongan Angin Supersonic”, Prosiding Siptekgan X 2010, 09-08; 646-649.
- 6) Mujtahid, “Pengaruh Handling Motor Roket Terhadap Deformasi yang Terjadi Pada Struktur Tabung Motor Roket RX-2428.02”, Prosiding Siptekgan XIV 2010, 10-02; 670-675.
- 7) Ganda Samosir, “Perancangan Komponen Struktur Roket (studi kasus roket RKX-10c15)”, Prosiding Siptekgan XV 2011, 01-18; 103-109.
- 8) Setiadi, “Analisis Tegangan dan Defleksi Struktur Roket RX-2428 Pada Waktu Handling dengan Metode Elemen Hingga (FEM)”, Prosiding Siptekgan XV 2011, 01-40: 243-250.
- 9) Sayr Bahri, “Pembuatan Load Cell untuk Sensor Rolling Moment Pada Turn Table External Balance Terowongan Angin Subsonic”, Prosiding Siptekgan XV 2011, 01-40: 243-250.
- 10) Ralf H. Stark and Chole Genin, “Experimental Study on Rocket Nozzle Side Load Reduction”, 49<sup>th</sup> AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 4-7 January 2011, Orlando, Florida.
- 11) Effendi Dodi Arisandi dan Wigati, “Designing One Channel Wireless Load Cell Indicator”, Proceedings International Seminar of Aerospace Science and Technology 17<sup>th</sup> Siptekgan-2013, 43:313-318.