

Rancang Bangun *Data Logger* Massa Menggunakan *Load Cell*

Kamirul^{1,a)}, Hezliana Syahwanti^{1,b)}, Afni Nelvi^{c)} dan Hendro M.S.^{1,d)}

¹Program Studi Magister Fisika,
Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

a) kamirul.apr@gmail.com (corresponding author)

b) hezlyie@yahoo.com

c) afninelvi@gmail.com

d) hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Telah dibuat data logger massa berupa timbangan digital menggunakan load cell berbasis strain gage yang memiliki jangkauan ukur maksimal 330 gram dengan NST (nilai skala terkecil) 1 gram. Jenis load cell yang digunakan adalah SEN128A3B yang bekerja pada tegangan eksitasi 5 VDC. Karena keluaran load cell sangat kecil, digunakan penguat differensial INA125P yang mampu memperkuat sinyal tegangan hingga 10000 kali. Hasil validasi menunjukkan bahwa timbangan digital yang dihasilkan mampu memberikan hasil pembacaan yang valid terhadap variasi massa uji yang diterapkan dengan nilai kesalahan relatif rata-rata adalah 0,46 %. Karena kemampuannya dalam mencatat dan menyimpan data massa secara otomatis, timbangan digital dimanfaatkan sebagai pencatat otomatis pada jasa pengiriman barang. Dengan adanya implementasi tersebut, diharapkan dapat mempercepat proses pencatatan serta mengurangi faktor kesalahan yang disebabkan oleh pengguna.

Kata-kata kunci : strain gage, berat, massa.

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi dan informasi memberikan kemudahan bagi manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Perkembangan ini juga telah menjangkau hampir seluruh aspek kehidupan manusia. Digitalisasi alat ukur analog adalah salah satu contohnya dan hampir diterapkan pada semua jenis alat ukur modern. Dari sejumlah piranti ukur yang beralih dari sistem analog ke digital tersebut, timbangan juga merupakan salah satunya.

Timbangan digital dapat dirancang menggunakan *load cell* berbasis *strain gage* yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan hambatan apabila diberi gaya tekan oleh massa yang diterapkan. Namun, sinyal keluaran yang dihasilkan oleh *load cell* sangat kecil, sehingga diperlukan *amplifier* untuk memperbesar sinyal keluaran tersebut. Dalam penelitian ini, dirancang sebuah timbangan digital berbasis *strain gage* SEN128A3B yang memiliki kapasitas ukur 400 gram dengan bantuan penguatan *amplifier* INA125P. Sebagai unit pemroses data, digunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang bekerja dengan tegangan 5V. Sebelumnya, penelitian serupa telah dilakukan oleh Amil dan Suwoyo (2013) yang menerapkan *strain gage* untuk otomatisasi jembatan timbang, namun digunakan *load cell* dengan kapasitas tinggi (ton).

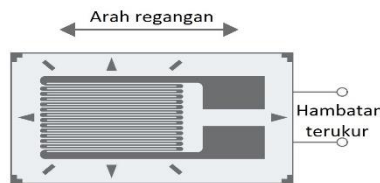
Dibandingkan dengan timbangan analog, timbangan digital yang dibuat lebih praktis karena dapat merekam dan menyimpan data langsung ke komputer tanpa harus melakukan pencatatan manual. Oleh karena itu, pada penelitian ini timbangan diaplikasikan untuk melakukan perekaman data otomatis pada jasa pengiriman barang. Hal ini dirasakan perlu karena pada kenyataannya sistem pengiriman barang khususnya yang ada di Indonesia saat ini masih menerapkan proses pencatatan manual. Diharapkan aplikasi ini dapat

mengurangi kesalahan pencatatan yang dilakukan oleh operator. Agar mudah dibaca dan dioperasikan, dibuat sistem antar muka pada komputer menggunakan LabVIEW sebagai salah satu perangkat lunak yang cukup handal dan memiliki banyak fasilitas yang memadai.

DATA LOGGER MASSA BERBASIS LOAD CELL

Strain Gage sebagai Sensor Regangan

Strain gage adalah bagian yang sangat penting dari sebuah load cell yang berfungsi untuk mendeteksi besarnya perubahan dimensi jarak yang disebabkan oleh suatu elemen gaya). Strain gauge secara umum digunakan dalam pengukuran presisi gaya, berat, tekanan, torsi, perpindahan dan kuantitas mekanis lainnya. Strain gauge menghasilkan perubahan nilai tahanan yang berbanding lurus dengan pertambahan panjang yang dialami koil sensitif pada elemen strain gage tersebut [4].



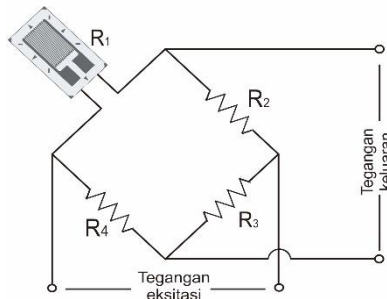
Gambar 1. Skematik strain gage

Besarnya regangan yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [2]:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R/R}{K} \tag{1}$$

Parameter ΔR adalah perubahan hambatan yang dialami strain gage, R adalah hambatan awal strain gage. Sedangkan ΔL adalah perubahan panjang, serta L , ϵ dan K masing-masing adalah panjang awal, regangan, dan faktor gage yang dimiliki bahan sensor tersebut.

Normalnya, perubahan nilai tahanan ini sangatlah kecil, sehingga memerlukan sirkuit jembatan Wheatstone untuk mengkonversinya menjadi tegangan keluaran.



Gambar 2. Strain gauge sebagai resistor variabel pada sirkuit jembatan Wheatstone

Dengan mengasumsikan bahwa nilai tahanan masing-masing resistor $R_1=R_2=R_3=R_4=R$ dan nilai R_1 sensitif terhadap gaya tekan, maka nilai tahanannya akan menjadi $R_1=R+\Delta R$. Karena nilai R_1 berubah, maka nilai tegangan keluaran e adalah [3]:

$$\Delta e = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} E \tag{2}$$

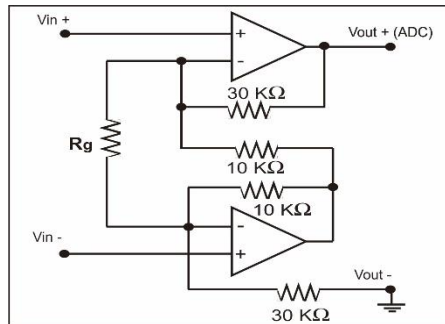
Jika dihubungkan dengan modulus Young (Y), dengan $Y=(F/A)/\epsilon$, maka :

$$\Delta e = \frac{KE}{4} \left(\frac{F}{AY} \right) \tag{3}$$

Persamaan (3) menunjukkan bahwa hubungan antara perubahan tegangan dan massa (gaya berat) yang diberikan pada sistem load cell adalah selalu berbanding lurus.

Penguat INA125P

Sinyal keluaran dari *load cell* masih sangat kecil dan berada dalam orde besaran mili volt. Untuk mendapatkan signal yang lebih besar digunakan penguat sebuah penguat differensial. Pada penelitian ini digunakan IC penguat INA125P.



Gambar 3. Rangkaian penguat pada INA125P [1]

Besarnya penguatan sinyal (G) yang dapat dihasilkan oleh penguat INA125P bergantung nilai hambatan luar yang dipasang (R_g) dan diberikan oleh persamaan berikut [5] :

$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_g} \tag{4}$$

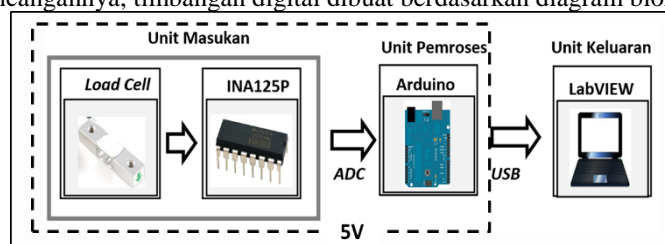
Unit Pemroses dan Display

Sebagai unit pemroses digunakan mikrokontroller Arduino Uno R3 yang memiliki fasilitas ADC (*Analog-Digital Converter*). Selain itu Arduino Uno juga memiliki keluaran 5 VDC yang dapat digunakan untuk menyuplai tegangan ke *load cell* dan penguat INA125P dengan stabil. Untuk menampilkan hasil pembacaan, digunakan perangkat lunak LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*). Karena aplikasinya yang luas dan kemampuannya dalam menyediakan paket khusus koneksi *LabVIEW Interface For arduino* (LIFA), maka LabVIEW merupakan salah satu perangkat lunak yang sesuai untuk menampilkan hasil pembacaan timbangan berbasis Arduino.

HASIL DAN DISKUSI

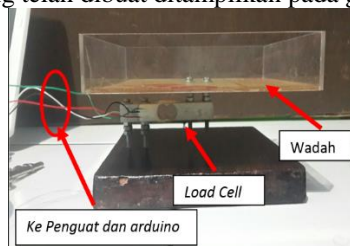
Desain dan Diagram Blok

Dalam proses perancangannya, timbangan digital dibuat berdasarkan diagram blok dibawah ini.



Gambar 4. Diagram blok timbangan digital.

Desain fisik timbangan digital yang telah dibuat ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Timbangan digital dengan *load cell*

Pengujian dan Validasi Alat Ukur

Pengujian dilakukan dengan bervariasi nilai hambatan R_g pada rangkaian penguat. Variasi nilai R_g akan menghasilkan nilai penguatan yang bervariasi pula sesuai dengan persamaan (4). Selain itu, dengan bervariasi nilai R_g , spesifikasi timbangan (NST dan batas ukur) juga akan mengalami pergeseran. Berikut hasil pengujian sensitivitas dan batas ukur dengan bervariasi nilai R_g .

Tabel 1. Pengaruh R_g terhadap sensitivitas dan batas ukur.

No	R_g (Ω)	NST (gram)	Batas Ukur (gram)
1	5	1	210
2	10	1	330
3	15	2	350
4	20	4	350
5	25	5	350

Dari tabel 1 terlihat bahwa nilai batas ukur terbesar didapatkan dengan nilai $R_g = 15-25 \Omega$ dengan sensitivitas terbaik pada $R_g = 10 \Omega$. Hal ini menunjukkan, pada rentang variasi R_g tersebut semakin besar R_g yang digunakan, semakin tinggi nilai batas ukur, namun sensitivitas alat ukur berkurang. Hal ini kembali lagi pada jenis implementasi yang diterapkan nantinya.

Pada penelitian ini, digunakan $R_g = 10 \Omega$ sebagai hambatan tetap penguat INA125P. Nilai tersebut dipilih karena pada nilai R_g tersebut dihasilkan jangkauan pengukuran yang tinggi dan nilai sensitivitas yang tinggi pula. Hal ini dianggap sesuai untuk diimplementasikan pada jasa pengiriman barang berupa dokumen.

Hasil validasi sensor menggunakan $R_g = 10 \Omega$ ditampilkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Validasi sensor dengan $R_g = 10 \Omega$.

No	Massa Uji (gram)	Load cell (gram)	Kesalahan (%)
1	0	0	0
2	40	41	2,5
3	80	80	0
4	120	119	0,83
5	160	160	0
6	200	200	0
7	240	241	0,41
8	280	279	0,35
9	320	320	0

Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai pembacaan yang dihasilkan oleh timbangan digital sudah sangat baik dan hampir mendekati nilai sesungguhnya (massa uji) dengan nilai kesalahan relatif rata-rata sebesar 0,46 %. Ini menunjukkan bahwa timbangan digital yang dibuat sudah mampu memberikan nilai bacaan yang valid dengan nilai kesalahan yang kecil. Oleh karena itu, timbangan digital berbasis *load cell* ini sudah layak untuk diimplementasikan untuk menimbang massa beban yang dengan jangkauan maksimal 330 gram.

Pada penelitian ini, timbangan digital diimplementasikan untuk jasa pengiriman barang berupa dokumen. Seperti yang kita ketahui bahwa meskipun sudah menggunakan timbangan digital, namun proses pencatatan masih dilakukan manual. Oleh karena itu, implementasi timbangan digital pada penelitian ini difungsikan untuk dapat mencatat data secara otomatis. Hal ini dapat mengurangi kesalahan pembacaan yang diakibatkan oleh pengguna (*human error*).

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian, didapatkan kesimpulan :

1. Timbangan digital sebagai *data logger* dapat dibuat dengan memanfaatkan *load cell* berbasis *strain gage*.
2. Nilai sensitivitas (NST) dan batas ukur timbangan digital bervariasi tergantung besar penguatan yang digunakan. Pada penelitian ini, digunakan penguatan sebesar 6004 kali dengan nilai sensitivitas dan batas ukur yang dihasilkan adalah 1 gram dan 330 gram.

3. Hasil validasi menunjukkan timbangan digital yang dihasilkan mampu memberikan hasil pembacaan yang valid terhadap variasi massa uji yang diterapkan dengan nilai kesalahan relatif rata-rata adalah 0,46 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Presentasi dan pengerjaan tulisan ini didukung oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan Program Studi Magister Fisika, FMIPA, ITB.

REFERENSI

1. Amil dan Suwoyo, *Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Pengawasan Jembatan Timbang dengan Mikrokontroler AT89S51*, Jurnal JPE-Umum, UNHAS, Makassar (2013)
2. Dieter, G, E., *Mechanical Metallurgy*. Si Metric Edition, London (1988)
3. Halliday, D , Resnick, R., Walker,J., *Fundamentals Of Physics*. John Wiley and Sons, Kanada (1997)
4. Magga, R., *Penggunaan Strain Gage (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium*. Jurnal Mekanikal, Vol. 2 No. 1: Januari 2011: 53 – 61 Issn 2086 – 3403 (2011)
5. Anonim, *INA125P Datasheet*, URL <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf> [diunduh 17 November 2015]