

Konversi Timbangan Digital untuk Pengukuran Volume pada Aplikasi Wadah Pintar

Marcella Astrid¹, Kanisius Karyono²

Program Studi Sistem Komputer, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

marcella.astrid@student.umn.ac.id

karyono@umn.ac.id

Diterima 22 Mei 2018

Disetujui 21 Desember 2018

Abstrak— Salah satu penerapan *Internet of Things* adalah wadah pintar. Wadah pintar yang dibuat memiliki fitur dapat mengirimkan informasi mengenai stok makanan atau bahan lainnya yang tersisa. Pengukuran volume stok dapat dilakukan dengan pengukuran berat. Akan tetapi, massa jenis setiap benda yang dapat ditampung di wadah dapat berbeda-beda sehingga diterapkan sistem persentase. Pengukuran berat dapat menggunakan *strain gauge* yang terdapat pada timbangan digital yang kemudian diolah dengan mikrokontroler *ATMega8535*. Batas bawah (nilai 0%) dan batas atas (nilai 100%) diinput oleh pengguna dengan *external interrupt*. Uji coba dilakukan dengan melihat keakuratan persentase bacaan yang tersimpan di *database* dengan persentase perhitungan. Hasil bacaan lebih akurat saat nilai 100% berada di tengah-tengah *range strain gauge* dibandingkan dengan yang berada di dekat batas bawah dan batas atas *range strain gauge*.

Kata Kunci—*ATMega8535*, *Strain Gauge*, Wadah Pintar

Sistem persentase digunakan untuk memperluas varietas isi wadah, menggunakan hanya sebuah sistem *strain gauge* yang diambil dari timbangan digital, dan tidak tergantung dengan bentuk wadah. Massa jenis setiap isi wadah berbeda-beda sehingga tidak cukup dengan hanya membaca nilai *strain gauge*. Pada sistem persentase ini, pengguna perlu menekan tombol 0% untuk menentukan batas bawah saat wadah kosong karena berat wadah juga dapat bervariasi. Setelah mengisi wadah, pengguna dapat menekan tombol 100% untuk menentukan batas atas karena batas atas dapat berbeda-beda pada berbagai jenis isi wadah. *ATMega8535* akan mengolah bacaan *strain gauge* dengan batas bawah dan batas atas untuk mengetahui persentase volume sisa isi wadah.

Timbangan yang digunakan memiliki spesifikasi dapat menampung hingga 7 kg dengan ketelitian 1 gram. Hal ini juga menjadi batasan pada penelitian ini yaitu maksimum berat isi wadah yang dapat ditampung adalah 7 kg.

I. PENDAHULUAN

Wadah pintar merupakan salah satu aplikasi *smart home*. Wadah yang akan dirancang dapat mengirimkan notifikasi ke perangkat *mobile* saat isi wadah tersebut sudah berada di batas bawah. Selain itu, pemilik juga dapat melihat sisa makanan atau bahan lainnya yang ada saat sedang berbelanja sehingga dapat mengetahui apa saja yang perlu dibeli tanpa harus memegang langsung wadah tersebut. Sisa isi wadah dapat dilihat dari volume isi yang tersisa.

Penelitian mengenai wadah pintar terutama untuk menyimpan makanan sudah pernah dilakukan adalah tempat makanan yang dapat mengidentifikasi lima jenis sereal kemudian mengukur massa dan volumenya untuk dikirimkan ke PDA (*Personal Digital Assistant*) [1]. Penelitian ini membutuhkan lebih banyak sensor untuk menentukan stok yang tersisa dan hanya terbatas pada lima jenis sereal. Sensor yang digunakan adalah *strain gauge* untuk massa dan matriks *infrared LED* dan *receiver* untuk volume.

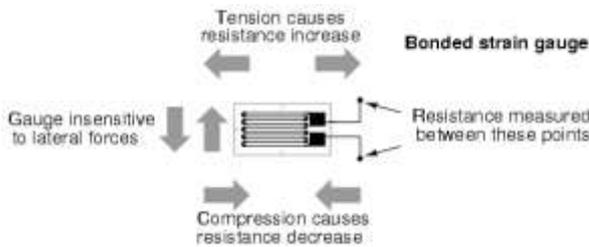
II. DASAR TEORI

A. *Strain Gauge*

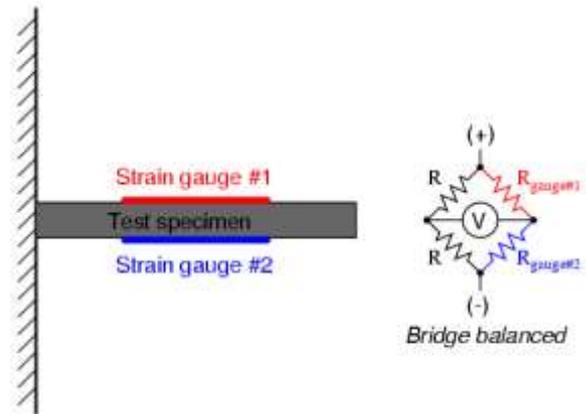
Sensor adalah alat untuk mengukur berbagai macam kondisi dengan mekanisme yang bervariasi [2]. *Transducer* mengonversi keluaran dari sensor kemudian mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur. *Strain gauge* merupakan salah satu sensor mekanik yang paling umum digunakan. *Strain gauge* dapat digunakan sebagai sensor tekanan, *load cell* [3], sensor berat, dan sensor torsi.

Pengukuran dilakukan dengan melihat perubahan resistansi karena material yang meregang (*strained*) atau memendek [2]. Ilustrasi dapat dilihat pada . *Strain gauge* umumnya memiliki nilai resistansi, mulai dari puluhan ohm hingga ribuan ohm. *Strain gauge* dipakai bersama dengan jembatan Wheatstone seperti pada **Error! Reference source not found.** Saat *strain gauge* diberikan tekanan, maka akan mengubah resistansinya sehingga membuat jembatan

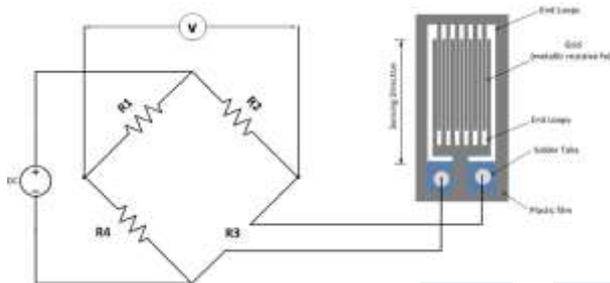
Wheatstone tidak seimbang. Jika jembatan Wheatstone tidak seimbang, maka terdapat perbedaan potensial pada jembatan. Perbedaan potensial tersebut yang diambil nilainya dan dikonversi nilainya.



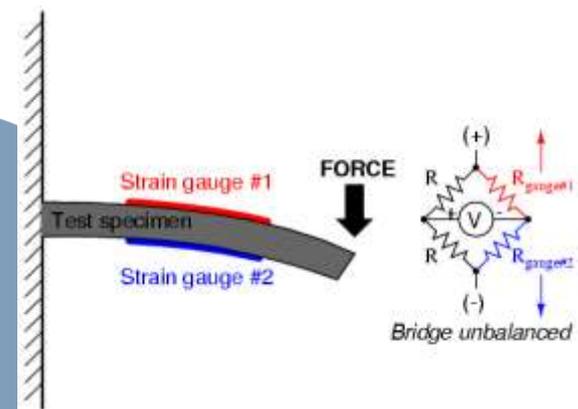
Gambar 1. Ilustrasi Perubahan Resistansi *Strain Gauge* [4]



Gambar 1. Peletakan *Strain Gauge* pada *Cantilever* [4]



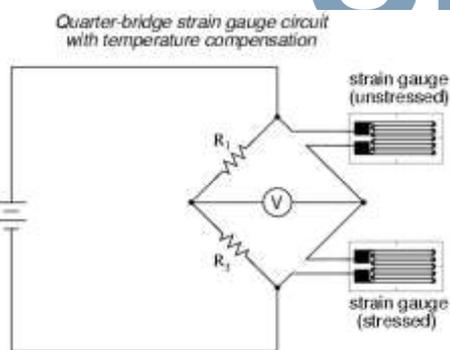
Gambar 2. Rangkaian Jembatan Wheatstone dengan *Strain Gauge* [2]



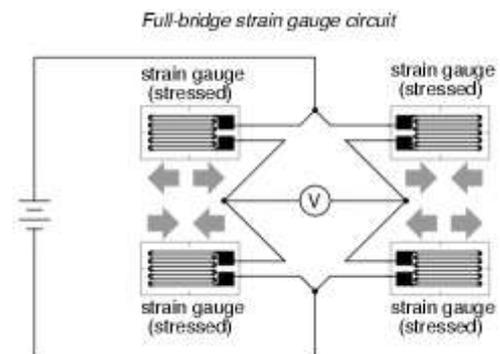
Gambar 2. Kondisi *Strain Gauge* saat *Cantilever* diberi Gaya [4]

Selain karena beban, perubahan resistansi bisa juga terjadi karena temperatur yang dapat menyebabkan kesalahan pada pembacaan nilai tegangan jembatan *Wheatstone* [4]. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan menambahkan *strain gauge* tambahan pada rangkaian seperti pada **Error! Reference source not found.** sehingga jembatan tetap seimbang walaupun terjadi perubahan temperatur.

Supaya lebih sensitif, rangkaian *full-bridge strain gauge* yang menggunakan empat *strain gauge* seperti pada **Error! Reference source not found.** lebih disarankan. Keluarannya proposional dengan gaya yang diberikan (dengan syarat perubahan resistansi keempat *strain gauge* sama). Rangkaian sebelumnya hanya kurang lebih proposional dengan gaya.



Gambar 3. Rangkaian Jembatan Wheatstone dengan 2 *Strain Gauge* [4]



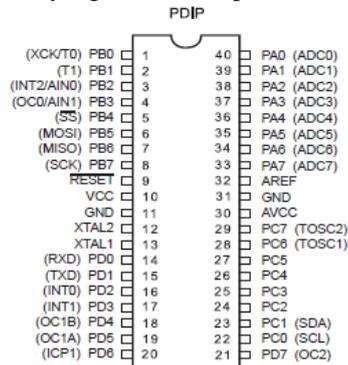
Gambar 6. Rangkaian *Full-Bridge Strain Gauge* [4]

Strain gauge dipasang pada *cantilever* seperti pada Gambar 1. Pada saat diberi beban seperti pada Gambar 2, *strain gauge #1* memanjang dan *strain gauge #2* memendek. Makin diberi gaya, makin besar perubahan panjang *strain gauge* dan juga resistansinya.

B. Mikrokontroler *ATMega8535*

ATmega8535 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit dengan 8 kilobytes memori flash, 512 bytes SRAM (*Static Random Access Memory*), dan 512 bytes

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) [5]. ATmega8535 memiliki empat port I/O yang bisa dipakai juga untuk fungsi-fungsi khusus yang bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi Pin ATmega8535

DT-AVR Low Cost Micro System pada Gambar 4 merupakan board untuk *ATmega8535*, tetapi bisa juga dipakai untuk mikrokontroler AVR tipe lain dengan 40 pin [6]. Pin ke-1 dan 2 pada masing-masing port merupakan *GND* dan *5V*. Pin ke-3 hingga 10 terhubung ke pin ke-0 hingga 7 pada setiap port di mikrokontroler. Board ini menggunakan dua macam tegangan input yaitu 9-12V atau 5V. Untuk menggunakan serial *TTL*, *jumper* pada J4 dan J5 harus menyambungkan pin 2 dengan pin 3.



Gambar 4. *DT-AVR Low Cost Micro System*.

AVR menyediakan beberapa macam *interrupt*. *Interrupt* dan *Reset Vector* yang terpisah masing-masing memiliki *Program Vector* terpisah di dalam program memory space [5]. Semua *interrupt* masing-masing memiliki *enable bit* yang dapat ditentukan nilainya untuk mengaktifkan/menonaktifkan *interrupt*. Alamat terkecil dari *program memory space* secara *default* adalah *Reset* dan *Interrupt Vectors*. Makin kecil alamatnya, prioritasnya makin tinggi. *Reset* memiliki prioritas yang paling tinggi kemudian diikuti oleh *External Interrupt 0*.

ATmega8535 memiliki 10 bit *successive approximation ADC* [5]. Cara kerja ADC tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. ADC terkoneksi dengan 8-channel *Analog Multiplexer* yang menghasilkan delapan pin keluaran untuk tegangan input yang dapat diakses di port A. Setiap pin input me-refer ke 0V (*GND*). Selain itu, *ATmega8535* juga menyediakan kombinasi 16 *differential voltage input* pada pin *ADC1-ADC0* dan *ADC3-ADC2*. Fitur ini dapat digunakan jika input tidak me-refer *GND*. Pada fitur ini, *ATmega8535* menyediakan amplifikasi secara *software* sebesar 1x, 10x, dan 200x. Jika

menggunakan amplifikasi 1x atau 10x, resolusi ADC menjadi 8 bit. Jika menggunakan aplifikasi 200x, resolusi ADC menjadi 7 bit. Pemilihan mode input diatur dari *Register MUX* bit 4 sampai bit 0.

III. PERANCANGAN WADAH PINTAR

A. Perancangan Hardware

Komponen-komponen yang digunakan untuk membangun wadah pintar adalah sebagai berikut.

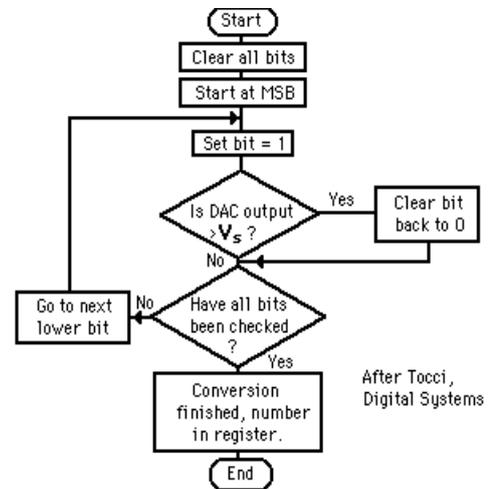
a. *Strain gauge* diambil dari timbangan digital sf-400.

Spesifikasi timbangan:

- Kapasitas Timbangan: 7kg.
- Ketelitian/resolusi Timbangan: 1gr.
- Sumber daya: 3V (2 buah baterai AA).

b. Mikrokontroler *Atmega8535* beserta sistem minimumnya.

c. *Operational Amplifier AD620* untuk menguatkan sinyal dari *strain gauge*.



Gambar 5. *Successive Approximation ADC* [7]

d. Rangkaian pembagi tegangan dari 6V ke 2,6V untuk sumber daya *operational amplifier*.

e. Baterai AA Alkaline 1.5V 4 buah sebagai sumber daya untuk wadah pintar.

f. Modul *zigbee ETRX2*.

g. *Push button* untuk button 0%, 100%, dan *checkID*.

h. Saklar ON/OFF.

i. Resistor 330Ω 4 buah.

j. Dioda 10 buah.

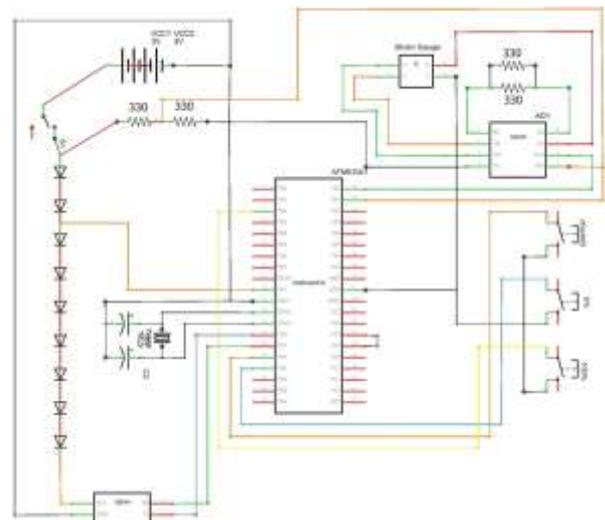
Gambar 10 menggambarkan skematik wadah pintar. *ATmega8535* dapat menerima input dari 4.5V sampai 5.5V. Maka dari itu, tegangan input tidak dapat diambil langsung dari baterai yang bernilai 6V. Tegangan diambil dari keluaran dioda yang diseri sebanyak dua buah yang masing-masing dioda menurunkan 0.3V sehingga masukan yang diterima *ATmega8535* adalah 6V dikurangi dengan dua kali penurunan tegangan sebesar 0.3V, sehingga didapatkan nilai 5.4V.

Strain gauge yang diambil dari timbangan memiliki empat kabel, yaitu warna merah untuk E+ (voltage input), warna hitam untuk E- (GND), warna biru untuk S+ (*sensing* positif), dan warna putih untuk S- (*sensing* negatif). Karena sudah ada empat kabel, sensor dari timbangan tersebut sudah mengandung jembatan *wheatstone*. Kabel S+ dan S- masuk ke pin +IN dan -IN pada *op-amp* untuk dinaikkan tegangannya. Perbedaan voltase pada S+ dan S- bernilai sangat kecil. Perubahan voltase saat diberi beban, dapat hanya mengakibatkan perubahan keluaran arus sebesar 0.01mA, sedangkan ADC pada *ATMega8535* memiliki ketelitian sekitar 5mA. Voltase input sensor adalah 6V yang diambil langsung dari baterai.

Op-amp AD620 menggunakan tiga input voltase, yang terdiri dari pin +Vs, -Vs, dan REF. Nilai +Vs diambil langsung dari baterai, yaitu 6V. Nilai -Vs dihubungkan ke ground. Nilai REF diambil dari pembagi tegangan yang terdiri dari dua resistor 330 Ω yang mengeluarkan voltase 3V (rangkaiannya pembagi 2). Nilai resistansi yang terhubung di kedua pin RG pada *AD620* menentukan nilai *gain*. Nilai *gain* yang didapat dari 165 Ω (dua buah 330 Ω yang diparalel), adalah 49400 dibagi dengan 165+1 yang bernilai sekitar 300.39394 kali penguatan. Nilai resistansi tersebut diambil dari hasil percobaan pembacaan ADC. Karena *Gain* yang dipilih tidak terlalu besar, mengakibatkan nilai keluaran *op-amp* saat beban 7 kg masih dapat dibaca oleh sistem (nilai voltase keluaran tidak sama dengan nilai voltase keluaran saat beban di bawah 7 kg). *Gain* juga tidak terlalu kecil sehingga voltase keluaran masih dapat dibaca oleh sistem saat beban yang diberikan pada wadah tidak banyak.

Karena voltase REF pada *op-amp* tidak sama dengan GND *ATMega8535*, ADC pada *ATMega8535* menggunakan mode yang memiliki input dua buah yaitu REF dari keluaran *op-amp* dan keluaran *op-amp* itu sendiri. Keluaran *op-amp* terhubung ke ADC0 yang berada di pin PA0 pada *ATMega8535*. Voltase REF dihubungkan ke ADC1 yang berada di pin PA1.

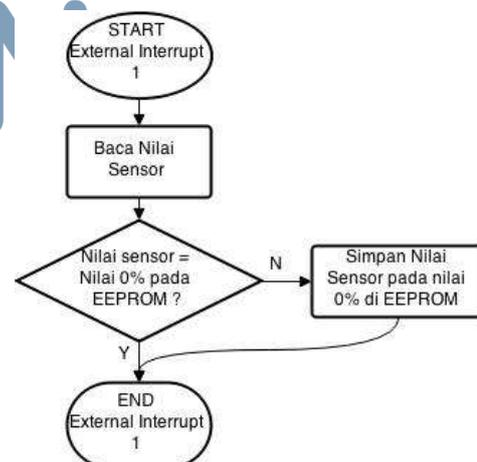
Ketiga tombol input terhubung ke pin external interrupt pada *ATMega8535*. Tombol *checkID* terpasang di pin PD2 yang merupakan *external interrupt 0*. Tombol 0% terpasang di pin PD3 yang merupakan *external interrupt 1*. Tombol 100% terpasang di pin PB2 yang merupakan *external interrupt 2*. Pin-pin tersebut memiliki resistor *pull-up* yang berada di dalam chip sehingga normalnya pin-pin tersebut bernilai *high* ("1"). Saat tombol ditekan, nilai pin yang terhubung dengan tombol yang bersangkutan akan menjadi *low* ("0") karena terhubung dengan *ground*. *External interrupt* akan *ter-trigger* saat ada perubahan nilai dari *high* ke *low*.



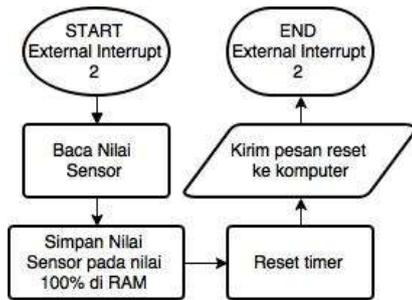
Gambar 6. Skematik Wadah Pintar

B. Perancangan Software

Program yang dimasukkan pada perangkat keras, dibuat dengan bahasa C. Terdapat enam *interrupt* pada program, yaitu *external interrupt 0*, *external interrupt 1*, *external interrupt 2*, *timer 1 interrupt*, *timer 2 interrupt*, dan *serial interrupt (receive interrupt)*. Untuk pengaplikasian persentase hanya menggunakan *external interrupt 1* dan *external interrupt 2*. *External interrupt 1* dipakai untuk tombol 0% yang memiliki *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 7. *External interrupt 2* dipakai untuk tombol 100% memiliki *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Flowchart External Interrupt 1



Gambar 8. Flowchart External Interrupt 2

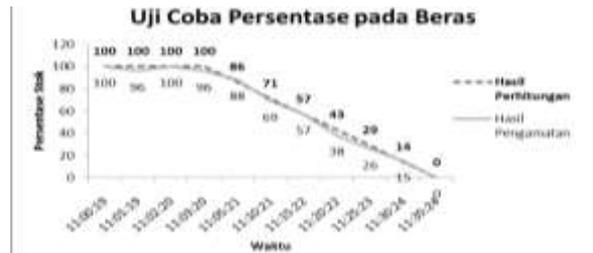
Perhitungan persentase stok menggunakan rumus selisih nilai ADC saat itu dengan nilai ADC saat 0% dibagi dengan selisih nilai ADC saat 100% dengan saat 0% kemudian dikalikan dengan 100% seperti pada Persamaan (1). Nilai persentase stok itu yang akan diterima oleh pengguna.

$$\text{Persentase Stok} = \frac{(\text{nilai ADC bacaan} - \text{nilai ADC } 0\%)}{(\text{nilai ADC } 100\% - \text{nilai ADC } 0\%)} \times 100\% \quad (1)$$

IV. UJI COBA DAN ANALISIS

Uji coba dilakukan dengan frekuensi pembacaan update stok 1 menit. Isi wadah adalah air, beras, dan trafo. Jumlahnya akan dibuat bervariasi per 5 menit. Pemilihan variasi isi itu digunakan untuk mensimulasikan kondisi nyata dimana benda yang dimasukkan ke wadah dapat dalam wujud cair maupun padat, dengan densitas yang tinggi maupun rendah. Uji coba ini dilakukan untuk melihat akurasi dan kestabilan pembacaan sensor. Jika persentase saat membaca sama dengan persentase bacaan sebelumnya, wadah pintar tidak akan memberikan bacaan baru ke pengguna.

Gambar merupakan hasil uji coba persentase pada beras. Beras dimasukkan sebanyak 7 takar yang setiap 5 menit dikurangi 1 takar (1 takar sekitar 160 ml; total volume = 1.120 ml = 1,12 liter; massa jenis beras = 0,753 kg/liter; total berat = 0,84336 kg). Terjadi sedikit ketidakstabilan pada saat persentase beras seharusnya 100% pada 11:00 sampai 11:04. Terjadi perubahan menjadi 96% pada 11:01:19 dan 11:03:20. Akan tetapi setelah itu stabil walaupun mengalami perubahan nilai dari yang seharusnya. Rata-rata selisih nilai persentase dan nilai hasil perhitungan adalah 1,9%. Gambar merupakan foto wadah berisi beras sebagai perbandingan, melalui pengamatan secara visual.



Gambar 13. Grafik Uji Coba Persentase pada Beras



Gambar 14. Foto Wadah berisi Beras

Gambar 9 merupakan grafik uji coba persentase dengan air. Air yang digunakan sebanyak 7 liter atau jika dikonversi ke berat adalah 7 kg (massa jenis air = 1 kg/liter). Berat 7 kg merupakan batas atas dari strain gauge yang digunakan (berdasarkan spesifikasi timbangan sf-400). Setiap 5 menit, air dikeluarkan sebanyak 500 ml atau 500 gr. Hasil yang didapatkan adalah ketidakstabilan pada posisi 3 kg, 2 kg, dan 1,5 kg. Bacaan hanya akurat pada awal-awal pengukuran, yaitu saat 7 kg dan 6,5 kg. Jika dilihat pada grafik pada Gambar 10, selisih hasil perhitungan dan pengamatan meningkat hingga pada puncaknya ada pada saat 3 kg pukul 15:55:07, yaitu hingga 10% yang kemudian membaik kembali setelah 3 kg. Rata-rata ketidakkukurannya mencapai sekitar 5.2%.

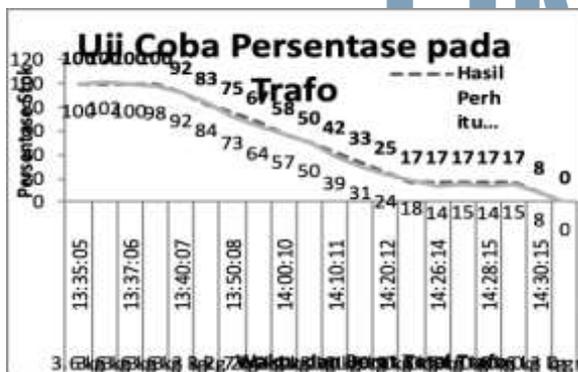


Gambar 9. Grafik Uji Coba Persentase pada Air



Gambar 10. Selisih Perhitungan dengan Pengamatan (Wadah Isi Air)

Uji coba juga dilakukan dengan menggunakan trafo sebanyak 12 buah yang masing-masingnya memiliki berat 300 gr (0,3 kg) sehingga total berat saat 100% adalah di 3,6 kg yang berada di sekitar tengah-tengah *range strain gauge* yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 11. Ketidakstabilan terjadi saat pembacaan seharusnya 100% dan 17%. Akan tetapi, keakuratannya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12, lebih akurat dibandingkan dengan wadah isi air yang nilai 100%-nya berada pada batas atas. Keakuratan terjadi saat awal dan akhir pembacaan. Nilai keakuratan yang paling rendah adalah saat berat benda berada pada jangka 1,5 kg sampai 0,6 kg (mendekati akhir pembacaan). Rata-rata ketidakakuratan sebesar 1,45%. Hasil ini merupakan hasil yang paling akurat dibandingkan isi beras yang nilai maksimumnya berada di 0,8 kg dan dibandingkan isi air yang nilai maksimumnya berada di 7 kg. Hal ini disebabkan oleh linearitas *strain gauge* yang digunakan. *Strain gauge* memiliki nilai yang lebih tidak akurat di batas atas dan batas bawah *range*-nya. Nilai 100% yang berada di batas atas *range strain gauge* akan mempengaruhi perhitungan-perhitungan setelahnya.



Gambar 11. Grafik Uji Coba Persentase pada Trafo



Gambar 12. Selisih Perhitungan dengan Pengamatan (Wadah Isi Trafo)

V. SIMPULAN

Penelitian ini memberikan metode perhitungan sisa stok dengan menggunakan satuan persentase yang diolah pada mikrokontroler. Hal ini dilakukan karena berat setiap jenis benda berbeda-beda. Metode ini memerlukan peran pengguna untuk menentukan batas bawah (saat wadah kosong, bernilai 0%) dan batas atas (saat wadah penuh, bernilai 100%) melalui tombol-tombol yang terhubung ke *external interrupt* yang ada pada mikrokontroler. Perhitungan persentase paling akurat saat nilai 100% berada pada tengah-tengah *range strain gauge* dibandingkan dengan yang berada di dekat batas bawah dan batas atas *range strain gauge*. Hal ini berkaitan dengan sifat linearitas *strain gauge* yang tidak akurat di dekat batas bawah dan batas atas *range*. Penggunaan *strain gauge* yang disesuaikan dengan penggunaan, penting untuk keakuratan data.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Richard M. Voyles and Jaewook Bae, "Smart Tupperware: An Example of Bluetooth Wireless Sensor Networks for Human Assistive Mechatronic Systems".
- [2] Michael J. McGrath and Clíodhna Ní Scanaill, *Sensor Technologies*. New York: Apress Media, 2014.
- [3] Raivis. (2013, June) morf.lv. [Online]. <http://morf.lv/modules.php?name=tutorials&lasit=19>.
- [4] allaboutcircuits.com. [Online]. http://www.allaboutcircuits.com/vol_1/chpt_9/7.html.
- [5] Atmel, ATmega8535 ATmega8535L datasheet, Februari 2006, [Revisi Oktober 2006].
- [6] Innovative Electronics Technical Staff, DT-AVR Low Cost Micro System.
- [7] R.J. Tocci, *Digital Systems*. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.