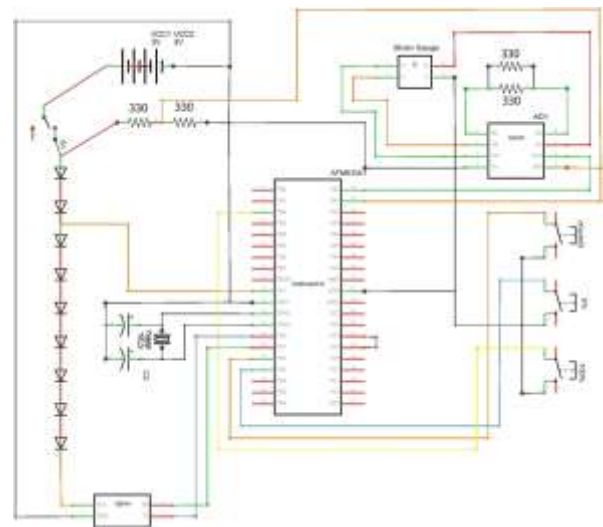


Strain gauge yang diambil dari timbangan memiliki empat kabel, yaitu warna merah untuk E+ (voltage input), warna hitam untuk E- (GND), warna biru untuk S+ (*sensing* positif), dan warna putih untuk S- (*sensing* negatif). Karena sudah ada empat kabel, sensor dari timbangan tersebut sudah mengandung jembatan *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.

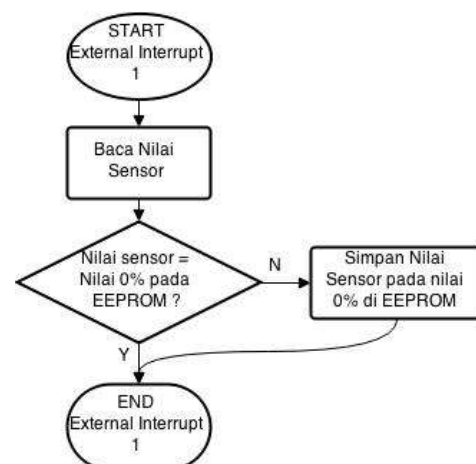
Ketiga tombol input terhubung ke pin external interrupt pada *ATMega8535*. Tombol *checkID* terpasang di pin PD2 yang merupakan *external interrupt 0*. Tombol 0% terpasang di pin PD3 yang merupakan *external interrupt 1*. Tombol 100% terpasang di pin PB2 yang merupakan *external interrupt 2*. Pin-pin 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*.



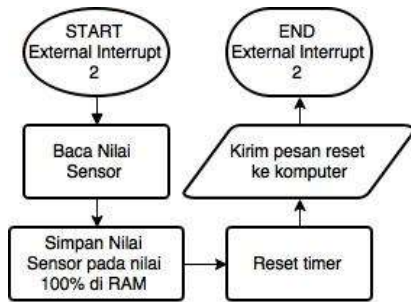
Gambar 6. Skematik Wadah Pintar

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

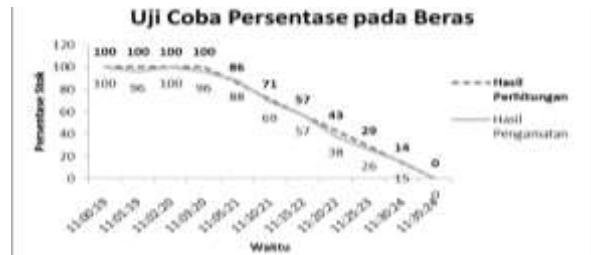
Perhitungan persentase stok menggunakan rumus selisih nilai ADC saat itu dengan nilai ADC saat 0% dibagi dengan selisih nilai ADC saat 100% dengan saat 0% kemudian dikalikan dengan 100% seperti pada Persamaan (1). Nilai persentase stok itu yang akan diterima oleh pengguna.

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

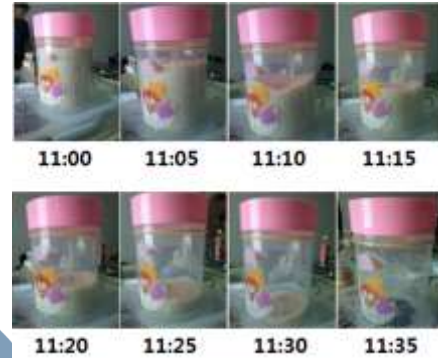
IV. UJI COBA DAN ANALISIS

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 ketidakkurataannya 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.