

OTOMATISASI *ROTARY SAMPLE COLLECTOR* DENGAN MOTOR *STEPPER* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATmega8535 DAN SENSOR FOTODIODA

Nola Fridayanti, Wildian

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail:nolafridayanti@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dirancang suatu sistem otomasi *rotary sample collector* berbasis mikrokontroler ATmega8535 untuk pengisian tabung reaksi secara otomatis. Rak tabung reaksi dirancang berbentuk piringan dari bahan karton tebal dengan diameter 22,7 cm dan massa 145 g, sedangkan poros pemutar piringan terbuat dari pipa PVC (*polyvinyl chloride*) berdiameter 2,2 cm dan massa 49,05 g. Sistem dirancang untuk mengisi dan merotasi 4 tabung reaksi. Pengisian tabung dengan zat cair dilakukan melalui kran elektrik (*electric valve*) yang katupnya dikontrol berdasarkan sinyal keluaran fotodiode. LED (*light emitting diode*) dan fotodiode berfungsi sebagai sistem sensor ketinggian zat cair dalam tabung. Ketika zat cair dalam tabung telah mencapai ketinggian tertentu, mikrokontroler mengirimkan sinyal untuk menutup katup kran, dan kemudian mengirim sinyal untuk menggerakkan motor *stepper* sejauh 90° (untuk 4 tabung). Ketika rotasi telah mencapai 90° , mikrokontroler mengirim sinyal untuk menghentikan motor *stepper* dan kemudian mengirimkan sinyal untuk membuka kran. Proses berulang hingga tabung ke-4 terisi. Tipe motor *stepper* yang digunakan adalah *unipolar*. Sistem motor *stepper* yang telah dibuat mampu memutar beban hingga 3445,36 g. Zat cair yang dapat dideteksi dalam sistem otomasi ini bergantung pada daya tembus cahaya yang dihasilkan LED; zat cair yang lebih bening memerlukan LED yang daya tembusnya lebih lemah. Kata kunci: *rotary sample collector*, motor *stepper*, LED dan fotodiode, ATmega8535.

ABSTRACT

An automation system of a rotary sample collector based on microcontroller ATmega8535 for filling test tubes has been designed. The test tube rack designed has a shape of disc made of a thick cardboard, diameter of 22.7 cm and mass of 145 g, while the axis of the disc rotor made of PVC (*polyvinyl chloride*) pipe with a diameter of 2.2 cm and mass of 49.05 g. The system is designed to fill and rotate 4 test tubes. The liquid is filled into the tube through an electric valve where its valve is controlled according to a photodiode output signal. LED (*light emitting diode*) and photodiode act as a sensor system to detect the level of liquid surface in the tube. When the liquid reaches a certain level, the microcontroller sends a signal to switch-off the valve, and then it sends a signal to drives the stepper motor to rotates 90° (for 4 tubes). After the 90° rotation is reached, the microcontroller sends another signal to switch-on the valve. The process repeats until the forth tube filled. The type of moter stepper used is *unipolar*. The stepper motor system is able to rotates a load up to 3445.36 g. The liquids which can be detected in this automation system depend on the light penetrability yield by the LED; the more transparent liquid requires the LED which the weaker light penetrability.

Keywords: *stepper motor*, test tube, photodiode, microcontroller ATmega8535.

I. PENDAHULUAN

Otomatisasi suatu sistem pada prinsipnya bertujuan untuk memudahkan kerja manusia, terutama kerja yang bersifat rutin dan dalam waktu yang lama. Manusia pada umumnya memiliki keterbatasan dalam bekerja seperti cepat lelah, tidak konsisten, dan lalai. Dengan otomatisasi, keterbatasan/ kelemahan tersebut dapat diatasi. Selain itu, dengan otomatisasi akan diperoleh manfaat dalam hal efisiensi waktu dan tenaga.

Dewasa ini otomatisasi banyak diterapkan di dunia industri. Sejumlah peralatan rumah-tangga dan peralatan laboratorium juga telah dirancang untuk bekerja secara otomatis. Beberapa peralatan lainnya, terutama peralatan-peralatan untuk keperluan khusus, masih harus dioperasikan secara manual karena peralatan tipe otomatisnya tidak/ belum tersedia di pasaran. *Rotary sample collector* merupakan peralatan yang biasanya digunakan di laboratorium kimia

dan laboratorium farmasi untuk keperluan pengisian dan penyimpanan botol atau tabung dengan larutan kimia atau sampel lainnya. Berdasarkan survei awal diketahui bahwa alat ini umumnya dioperasikan secara manual, dimana sampel dimasukkan ke dalam beberapa tabung secara berurutan dengan memutar alat secara manual (menggunakan tangan).

Rotary sample collector yang dapat bekerja secara otomatis tidak banyak ditemukan di pasaran. Jika pun ada, harganya relatif mahal. Beberapa penelitian untuk membuat alat yang dapat bekerja secara otomatis ini telah dilakukan antara lain oleh Yusrianto (2006) dan Arinal (2008). Dalam penelitiannya, Yusrianto membuat sistem kontrol motor *stepper* dengan basis PC untuk otomatisasi pemutar *sample collector*. Dalam penelitian tersebut digunakan bahasa pemrograman Delphi 5.0 untuk mengatur waktu pengisian tabung sampel. Penggunaan PC sebagai basis pengontrolan dan setting waktu yang berbeda untuk volume tabung yang berbeda membuat alat yang dirancang Yusrianto ini menjadi kurang praktis.

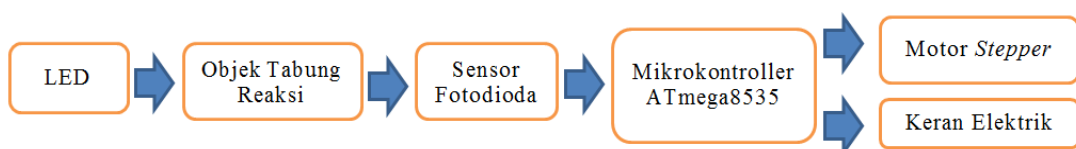
Arinal (2008) membuat alat serupa (ia menyebutnya otomatisasi pemutar *fraction collector*) tetapi dengan basis pengontrolan mikrokontroler AT89S51 dan bahasa pemrograman C. Alat hasil rancangan Arinal ini sudah lebih praktis dibandingkan hasil rancangan sebelumnya karena tidak menggunakan PC, tetapi masih menggunakan setting waktu yang berbeda untuk volume tabung yang berbeda.

Penelitian dengan judul “Otomatisasi Pemutaran *Rotary Sample Collector* dengan Motor *Stepper* Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dan Sensor Fotodiode” ini dimaksudkan untuk mengatasi kelemahan pada kedua penelitian terdahulu. Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan *rotary sample collector* yang diputar secara otomatis berdasarkan informasi level ketinggian sampel pengisi tabung yang dideteksi dengan menggunakan sistem sensor cahaya yang terdiri dari LED dan fotodiode. Dengan cara ini maka pengaturan waktu untuk pengisian larutan pada tabung reaksi tidak lagi dibutuhkan. Adapun pengaturan sistem secara keseluruhan dilakukan melalui urutan instruksi (program) yang ditulis dalam bahasa pemrograman BASCOM-AVR yang relatif lebih sederhana.

Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun suatu sistem otomatisasi pemutaran *rotary sample collector* dengan motor *stepper* berbasis mikrokontroler ATmega8535 dengan memanfaatkan fotodiode sebagai detektor ketinggian sampel (zat cair). Manfaat penelitian adalah dapat memudahkan kerja para pengguna *rotary sample collector* di laboratorium maupun di kalangan industri, di samping menambah informasi tentang teknik pengendalian motor *stepper* menggunakan bahasa pemrograman BASCOM-AVR.

II. METODE

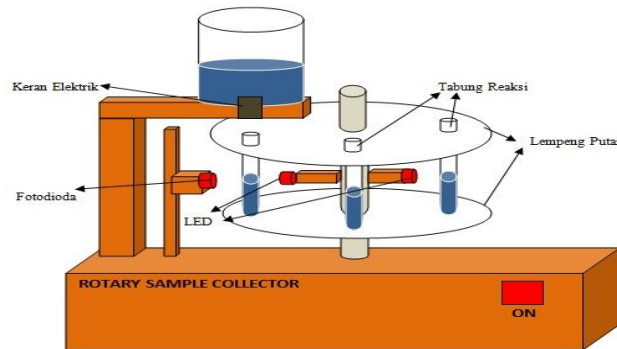
Sistem otomatisasi *rotary sample collector* dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 terdiri atas 2 bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras terdiri dari rangkaian minimum mikrokontroler, rangkaian catudaya, rangkaian sensor, rangkaian *relay*, dan rangkaian driver motor *stepper*. Sementara perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan bahasa BASCOM-AVR.



Gambar 1 Diagram blok sistem otomatisasi *rotary sample collector*

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem otomatisasi *rotary sample collector* yang menggambarkan alur proses sistem otomatisasi *rotary sample collector* bekerja, mulai dari cahaya LED yang melalui objek tabung reaksi dideteksi oleh sensor fotodiode sampai menggerakkan dan menghidupkan keran elektrik secara otomatis. Sensor fotodiode berfungsi sebagai detektor sumber cahaya yang berasal dari LED inframerah yang akan memberikan

logika *high* atau *low* dan akan diproses oleh mikrokontroler yang kemudian akan digunakan untuk menghidupkan keran elektrik dan mematikan keran elektrik. Skema umum mekanik sistem otomatisasi *rotary sample collector* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema umum otomatisasi *rotary sample collector*

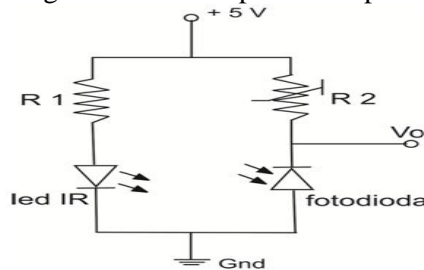
Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan kerja yaitu studi literatur, persiapan alat dan komponen, perancangan perangkat keras dan perangkat, karakterisasi sensor fotodiode, pengujian beban maksimum yang dapat ditampung motor *stepper*, perakitan rangkaian pada PCB dan pengujian akhir alat.

2.1 Perancangan Sistem Perangkat keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari bagian catudaya, sensor, rangkaian minimum mikrokontroler, rangkaian *relay*, dan rangkaian *driver* motor *stepper*. Sistem otomatisasi *rotary sampe collector* berbasis mikrokontroler ATmega8535 dibuat dengan menggunakan sistem perangkat keras terdiri dari:

2.1.1 Rangkaian Sistem Sensor

Rangkaian sistem sensor yang digunakan terdiri dari rangkaian LED inframerah, satu resistor 220 Ω sebagai pemancar (*transmitter*) dan rangkaian fotodiode, satu resistor 220 Ω sebagai penerima (*receiver*). Rangkaian sensor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian sensor cahaya

2.1.2 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Komponen yang dibutuhkan untuk membuat rangkaian mikrokontroler adalah satu buah IC Mikrokontroler ATmega8535 sebagai pusat pengolah data dan pengendali rangkaian secara keseluruhan, dua kapasitor 22 pF dan satu kristal 12 MHz, satu buah catudaya 5 V sebagai sumber tegangan DC untuk mengaktifkan IC mikrokontroler sebagai tempat menyimpan program.

2.1.3 Perancangan Sistem Relay

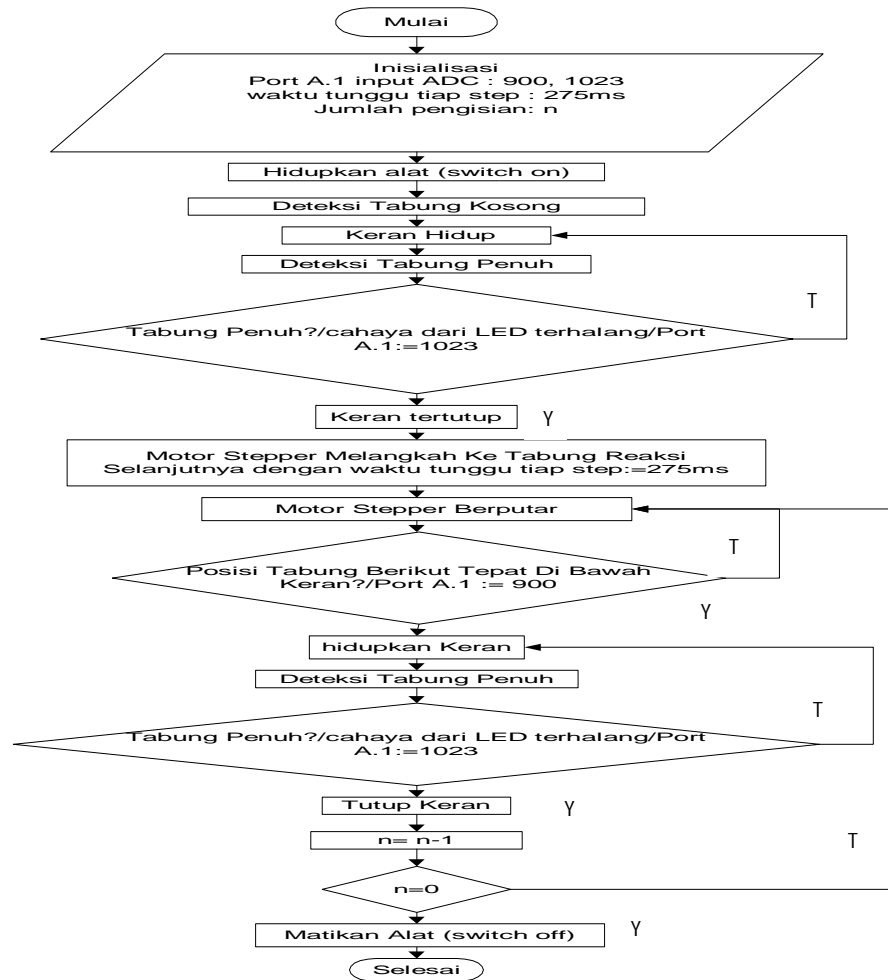
Relay yang akan digunakan merupakan *relay* elektromagnet 12 V dc untuk menghidup-matikan keran elektrik. Posisi *relay* dipasang *Normally Open* (NO) untuk mematikan keran.

2.1.4 Perancangan Sistem Driver Motor Stepper

Untuk menggerakkan motor *stepper*, diperlukan rangkaian *driver* motor *stepper*. Rangkaian *driver* motor *stepper* terdiri dari IC ULN2003 dan catudaya 12 V sebagai sumber tegangan DC.

2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Bahasa pemrograman menggunakan bahasa BASCOM-AVR yang merupakan bahasa pemrograman BASIC yang hasilnya dapat diubah menjadi format *.hex. Diagram alir dari program yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir program

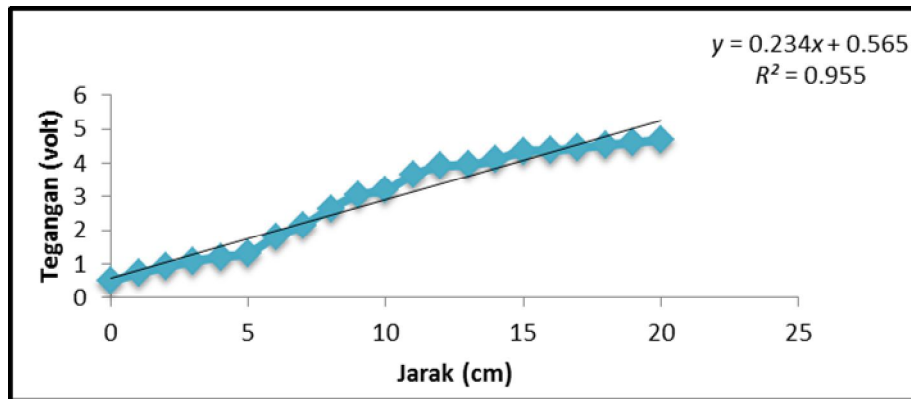
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Rangkaian Catudaya

Sistem otomatisasi yang dirancang dalam penelitian ini memerlukan dua catudaya, yaitu catudaya 5 V dan catudaya 12 V. Untuk itu digunakan transformator *step-down* 1 A yang akan menurunkan tegangan 220 V ac (*alternating current*) dari PLN menjadi tegangan 12 V ac. Tegangan yang dihasilkan oleh transformator tersebut masih berupa tegangan ac. Untuk mengubahnya menjadi tegangan dc (*direct current*) digunakan rangkaian penyearah tegangan berupa rangkaian dioda tipe penyearah jembatan (*bridge rectifier*), IC regulator LM7805 untuk keluarannya berupa tegangan dc sebesar 5 V, dan IC regulator LM7812 untuk menghasilkan tegangan dc 6 V.

3.2 Karakterisasi Sensor Fotodioda

Pada tahap karakterisasi sensor fotodioda yang dilakukan adalah dengan mengukur tegangan keluaran sensor berdasarkan variasi jarak antara LED inframerah dengan fotodioda. Tegangan keluaran diukur mulai dari jarak 1 cm – 20 cm, dan divariasikan setiap 1 cm. Data hasil pengukuran nilai tegangan keluaran sensor fotodioda dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik tegangan keluaran sensor fotodiode berdasarkan jarak

Data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa variasi jarak yang semakin jauh antara LED inframerah dengan fotodiode pada saat tidak ada penghalang diperoleh tegangan keluaran yang semakin besar sedangkan tegangan keluaran yang terukur pada saat ada penghalang antara LED inframerah dengan fotodiode diperoleh nilai yang konstan setiap variasi jarak yaitu 4,92 V. Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sensor fotodiode akan semakin besar jika jarak antara LED inframerah dengan fotodiode juga semakin jauh sehingga hubungannya berbanding lurus ($R^2 = 0,955$) terlihat bahwa koefisien determinan yang dihasilkan mendekati angka satu yang berarti hubungan linier antara dua variabel tersebut cukup besar.

Tegangan keluaran yang semakin besar disebabkan karena intensitas cahaya yang diperoleh fotodiode dari LED inframerah semakin kecil dengan jarak yang semakin jauh sehingga arus yang melalui fotodiode semakin sedikit. Sedangkan tegangan keluaran yang diperoleh pada saat cahaya LED inframerah terhalang penuh ke fotodiode berarti tidak ada arus yang mengalir ke fotodiode sehingga fotodiode berfungsi sebagai hambatan. Tegangan keluaran yang diperoleh saat kondisi terhalang tersebut digunakan untuk mematikan relay sehingga keran elektrik tidak hidup.

Pada penelitian ini diperlukan objek yang dapat menghalangi cahaya inframerah dari LED ke fotodiode, objek yang menjadi penghalang yaitu zat cair. Namun, tidak semua zat cair yang dapat menghalangi cahaya inframerah karena perbedaan pada masing-masing jenis zat cair. Dengan demikian, untuk mengetahui apakah zat cair tersebut dapat menghalangi cahaya inframerah LED ke fotodiode maka dilakukan pengujian dengan memberikan penghalang diantara LED dan fotodiode. Hasil pengujian daya tembus cahaya LED inframerah ke fotodiode terhadap beberapa jenis zat cair dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian daya tembus cahaya inframerah LED ke fotodiode terhadap beberapa jenis zat cair

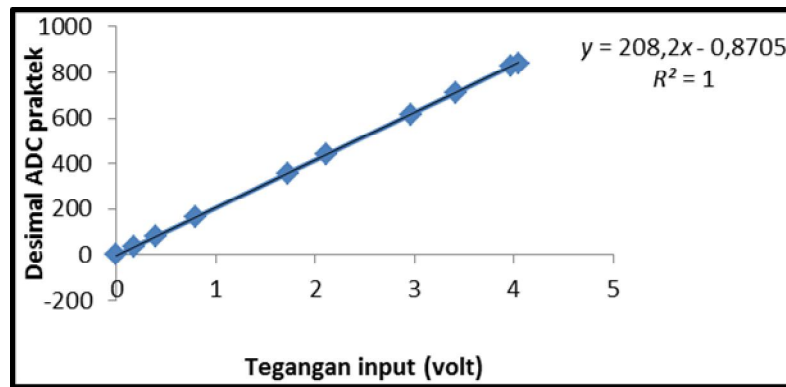
No.	Zat Cair	Kategori	Tegangan Fotodiode	Kondisi Relay	Keterangan
1.	Air Putih	Bening	1,29 V	Hidup	Tidak Terhalang
2.	Air Putih + 3 Sendok Teh Gula	Bening Keruh	2,53 V	Hidup	Tidak Terhalang
3.	Air Putih + 6 Sendok Teh Gula	Bening Keruh	1,26 V	Hidup	Tidak Terhalang
4.	Air Putih + 1/4 kg Gula	Bening Keruh	1,87 V	Hidup	Tidak Terhalang
5.	Air Kopi	Gelap	4,92 V	Tidak Hidup	Terhalang
6.	Air Susu	Putih Pekat	4,92 V	Tidak Hidup	Terhalang
7.	Air Teh	Coklat Terang	2,50 V	Hidup	Tidak Terhalang
8.	Susu Kental Manis	Kental, Putih Pekat	4,92 V	Tidak Hidup	Terhalang

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa tidak semua zat cair yang bisa menghalangi cahaya inframerah dari LED ke fotodiode. Jika tegangan yang terbaca pada multimeter sebesar 4,92 V maka relay tidak hidup dan jika tegangan yang terbaca pada multimeter kecil dari 4,92 V maka

relay hidup. Adapun yang menyebabkan relay tidak hidup karena untuk mematikan relay diperlukan tegangan keluaran dari catudaya 5 V. Pada sistem otomatisasi ini dibutuhkan zat yang dapat menghalangi cahaya inframerah LED ke fotodioda untuk mematikan relay yang berguna menandakan tabung reaksi dalam keadaan penuh maka dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa jenis zat cair yang dapat menjadi penghalang cahaya inframerah dari LED ke fotodioda yaitu zat cair yang berwarna gelap dan pekat.

3.3 Karakterisasi ADC Mikrokontroler ATmega8535

Karakterisasi ADC Mikrokontroler ATmega8535 dilakukan dengan cara memberikan tegangan input yang bervariasi pada port A.4 mikrokontroler ha ini bertujuan untuk mengetahui apakah ADC berfungsi dengan baik.



Gambar 6 Grafik tegangan input terhadap desimal ADC mikrokontroler

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki ADC internal dengan resolusi 10 bit yang berarti nilai desimalnya adalah $2^{10}-1$ untuk tegangan masukan 5 V atau dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$ResolusiADC = \frac{5V}{2^{10}-1} = \frac{5V}{1023} = 4,89mV \tag{1}$$

Jadi untuk 1 nilai desimal dari ADC mewakili 4,89 mV, dapat dilihat pada Tabel 3 untuk tegangan masukan 0,17 V akan menghasilkan nilai desimal ADC praktek maupun teori sebesar 35. Untuk perhitungan nilai desimal ADC secara teori dihitung pada Persamaan 2.

$$DesimalADC = \frac{V_{in}}{ResolusiADC} = \frac{0,17V}{4,89mV} = 35 \tag{2}$$

Hasil perhitungan desimal ADC praktek dengan teori yaitu cukup mendekati dan bahkan ada yang sama ini berarti bahwa ADC berfungsi dengan baik dan dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa terlihat bahwa koefisien determinan ($R^2=1$) yang dihasilkan mendekati satu yang berarti hubungan linier antara dua variabel tersebut.

3.4 Pengujian Beban Maksimum Yang Dapat Diputar Motor Stepper

Setelah melakukan penimbangan beban dengan menggunakan timbangan digital, beban maksimum yang dapat diputar oleh motor stepper pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Massa beban yang telah diputar motor stepper pada saat pengujian

No.	Beban Yang Diputar Motor Stepper	Massa(g)
1.	Piringan Berdiameter 28 cm	191,33
2.	Pasir	3254,03
Jumlah Massa Beban		3445,36

Pengukuran terhadap jumlah massa beban pada pengujian tersebut diperoleh saat motor stepper tidak mampu lagi untuk bergerak. Pada penelitian ini, massa beban yang akan diputar motor stepper dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Massa beban yang akan diputar motor *stepper* pada penelitian

No.	Beban Yang Akan Diputar Motor <i>Stepper</i>	Massa(g)
1.	Piringan Berdiameter 22,7 cm	191,33
2.	Batang Poros Putar	49,05
3.	Tabung Reaksi Sebanyak 4 Buah	38,59 x 4 = 154,36
Jumlah Massa Beban		348,41

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa beban maksimum yang telah dapat diperoleh pada pengujian motor *stepper* adalah 3445,36 g sedangkan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah massa beban yang akan diputar motor *stepper* untuk penelitian ini adalah 348,41 g, sehingga massa zat cair yang dapat ditampung motor *stepper* yaitu:

$$3445,36g - 348,41g = 3096,95g \tag{3}$$

Jadi, massa zat cair yang dapat ditampung oleh motor *stepper* adalah 3096,95 g.

3.5 Pengujian Alat Keseluruhan

Sistem otomatisasi *rotary sample collector* ini meliputi rangkaian sensor, rangkaian *relay*, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian motor *stepper*. Keseluruhan rangkaian tersebut merupakan bagian yang paling penting agar sistem otomatisasi *rotary sample collector* dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 8 *Rotary sample collector* yang dihasilkan dari penelitian.

Mikrokontroler akan mengontrol sistem otomatisasi *rotary sample collector* secara otomatis. Ketika sensor mendeteksi ada yang menghalangi cahaya inframerah ke fotodiode, sensor akan memberikan masukan ke mikrokontroler pada *port* A.4 lalu mikrokontroler memproses logika *high* dan menyampaikan perintah ke *port* B.0 untuk menon-aktifkan *relay* secara otomatis yang kemudian keran elektrik akan mati secara otomatis dan ketika sensor mendeteksi tidak ada yang menghalangi cahaya inframerah ke fotodiode, sensor akan memberikan masukan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sistem otomatisasi *rotary sample collector* menggunakan sensor fotodiode ini telah dapat bekerja, namun dalam pengujian alat terdapat kendala pada keran elektrik yang tetap mengeluarkan larutan walaupun keran dalam kondisi *off*. Hal ini disebabkan kesulitan yang dialami pada saat memodifikasi keran tersebut dari kondisi tidak bisa mengeluarkan larutan menjadi bisa pada kondisi keran dalam *on*. Kendala juga terdapat pada pengisian yaitu pada saat pengisian berlangsung itu memanfaatkan waktu tunggu tiap *step* motor *stepper* yaitu 275 ms dimana seharusnya terdapat waktu tunggu untuk pengisian. Hal ini disebabkan sulitnya mencari referensi tentang pemrograman BASCOM AVR untuk pengendalian motor *stepper*. Pada pergerakan motor *stepper* dengan kondisi waktu tunggu tiap *step* sebesar 275 ms

sehingga pergerakan motor *stepper* menjadi lambat, dimana seharusnya jika pada program terdapat waktu tunggu untuk pengisian maka waktu tunggu tiap *step* bisa lebih kecil lagi sehingga pergerakan motor *stepper* bisa lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinal, H., 2008, Rancang Bangun Alat Pemutar Fraction Collector Menggunakan Motor Stepper Berbasis Mikrokontroler AT89S51, Tesis, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA UNAND, Padang.
- Atmel, 2006, ATmega8535 Datasheet, San Jose, California, USA.
- Danel, G., 2012, Otomatisasi Keran Dispenser Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Menggunakan Sensor Fotodiode dan Sensor Ultrasonik PING, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA UNAND, Padang.
- Fraden, J., 2004, Handbook of Modern Sensors, Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J., 2001, Fundamental of Physics, John Wiley & Sons, Inc.
- Harto, S.J., dkk., 2013, Analisa Pengguna Lampu LED Pada Penerangan dalam Rumah, Jurnal, Transmisi, Vol.15, No.1, Jurusan Teknik Elektro UNDIP.
- Pieter, P. dan Yuri, T.J., 2011, Pemrograman Motor Stepper dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C, Majalah Ilmiah Mektek, No.1, Vol 7, Mektek.
- Sutrisno., 1986, Elektronika Teori Dasar dan Penerapan I, ITB, Bandung.
- Yusrianto, E., 2006, Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor Stepper Berbasis PC untuk Otomatisasi Pemutaran Sample Collector, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA UNAND, Padang.