PEMBUATAN ALAT INJECTION PUMP BERBASIS OTOMASI DI BALAI BESAR LOGAM DAN MESIN

MAKING OF INJECTION PUMP BASED ON AUTOMATION IN BALAI BESAR LOGAM DAN MESIN

Robby Debriand Rumbara¹, Mas Sahid BHM², Hendri Siswanto³, Mufid Djoko Purwanto⁴

^{1,2,3,4}Balai Besar Logam dan Mesin, Kementerian Perindustrian

Jl. Sangkuriang No. 12 Bandung 40135

¹robby-debriand@kemenperin.go.id, ²massahid@kemenperin.go.id,

³hendrisiswanto@kemenperin.go.id, ⁴mufid@kemenperin.go.id

Abstrak

Injection pump adalah peralatan medis untuk memasukkan cairan obat secara otomatis pada pasien, dikarenakan alat ini masih diimpor maka perlu dibuat prototipe untuk mendukung kemandirian nasional. Prototipe *injection pump* menggunakan *arduino uno* sebagai mikrokontroler yang dilengkapi motor penggerak, layar LCD, dan beberapa tombol untuk melakukan pengaturan. Alat ini telah diuji sesuai kondisi *injection pump* komersial (6 tipe suntikan), yaitu 3 cc, 5 cc, 10 cc, 20 cc, 30 cc dan 50 cc. Prototipe ini dapat berfungsi dengan baik dan dapat memasukkan cairan obat dengan debit 0.1 mL/h hingga 999 mL/h dengan ketelitian 0.1mL.

Kata kunci: *Injection pump*, otomatis, *arduino uno*

Abstract

Injection pump is a medical equipment for injecting drug fluids into patients automatically, because this equipment is still imported therefore, a prototyping is needed to support the local industry for developing their capability in producing such equipment. The *injection pump* prototype uses *Arduino Uno* as a microcontroller equipped with a drive motor, LCD screen, and several buttons to make arrangements. This tool has been tested according to the conditions of a commercial *injection pump* (6 types of injections) they are 3 cc, 5 cc, 10cc, 20 cc, 30cc and 50 cc. This prototype can work properly and can injecting drug fluids with flowrate of 0.1 cc / h to 999 cc / h in 0.1cc accuracy.

Keywords: *Injection pump*, automatic, *Arduino Uno*

PENDAHULUAN

Injection pump merupakan salah satu alat medis yang banyak digunakan oleh unit pelayanan kesehatan yang berfungsi untuk memasukkan cairan obat pada pasien. Kebutuhan *injection pump* pada tahun 2012 adalah 863 unit dimana hal tersebut di suplai dari 1 produsen lokal dan 25 importir (Kemenkes, 2013).

Berdasarkan kebutuhan *injection pump* di atas maka permintaan impor alat tersebut

dirasakan cukup besar. Di sisi lain, Kementerian Perindustrian telah menyusun roadmap mengenai 10 industri prioritas yang dikembangkan pada tahun 2015 – 2019 termasuk industri farmasi, kosmetik, dan alat kesehatan. Sementara itu, Kementerian Perindustrian juga telah merilis program mengenai pengembangan otomatisasi di dunia industri (industri 4.0).

Balai Besar Logam dan Mesin merupakan satuan kerja di bawah Kementerian

Perindustrian, bergerak di penelitian dan pengembangan (litbang) logam dan mesin bermaksud menangkap peluang tersebut yang diwujudkan dalam bentuk pembuatan prototipe *injection pump* menggunakan mikrokontroler *Arduino Uno*.

Proses pembuatan prototipe ini utamanya adalah meniru peralatan yang sudah tersedia di dunia kesehatan sehingga fitur-fitur pengoperasian alat dan macam-macam tipe suntikan yang dapat digunakan serta standar dunia kesehatan yang dianut. Selanjutnya dilakukan pembuatan desain prototipe. Berdasarkan desain ini dapat diidentifikasi komponen-komponen yang dibutuhkan. Kemudian, dilakukan perakitan (*assembling*) komponen-komponen tersebut menjadi *injection pump*. Bagian-bagiannya ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

Parameter utama pada prototipe *injection pump* ini adalah:

- Linier actuator

Berfungsi untuk mendorong suntikan/sprit yang akan menginjeksikan cairan obat. Motor yang digunakan pada prototipe ini adalah motor *stepper*

- Sistem kontrol

Berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor penggerak (*stepper*). Sistem kontrol merupakan integrasi dari perintah *keypad*, menu di layar LCD, mikrokontroler *arduino uno* beserta program (*software*) yang telah dibuat.

- Suntikan/sprit

Berfungsi untuk menyimpan cairan obat yang akan diinjeksikan pada pasien. Variasi suntikan yang digunakan yaitu: 3, 5, 20, 30, dan 50 cc

Gambar 1. Bagian injection pump
Sumber gambar: Tyler (2009)

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Logam dan Mesin pada bulan September sampai Desember 2018 yang terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan bahan/studi literatur yang berkaitan dengan *injection pump*, metode kerja, prosedur penggunaan alat, maupun katalog *injection pump* yang telah dijual umum/bebas.
2. Pembuatan desain prototipe *injection pump*.
3. Instalasi/assembly beberapa komponen termasuk wiring/penyambungan kabel.
4. Pembuatan program *arduino*.
5. Proses pengujian; menggunakan peralatan seperti: gelas ukur, stopwatch, beker glass, dan timbangan digital. Pengujian debit cairan yang dihasilkan pada prototipe *injection pump* dilakukan melalui metode tidak langsung (penimbangan cairan).

Desain Injection Pump

Desain prototipe *injection pump* dapat dilihat pada Gambar 2. Secara umum bagian prototipe terdiri atas: casing, tombol perintah (*keypad*), layar LCD, *linier actuator* dan spuit/suntikan. Casing prototipe *injection pump* terbuat dari material acrylic dengan dimensi 340 x 170 x 109 mm dengan ketebalan 5 mm. Casing terdiri dari 2 bagian yaitu *upper casing* (penutup atas) dan *lower casing* (penutup bawah). Casing/penutup dihubungkan dengan engsel pada bagian depan body *injection pump*.

Upper casing digunakan untuk menyimpan beberapa komponen seperti: *linier actuator*, tombol keypad/perintah, tombol ON/OFF, tombol switch, layar LCD, dan spuit/suntikan. Sedangkan *lower casing* digunakan untuk menyimpan komponen seperti *power supply*, *driver motor*, *arduino kit*, dan *buzzer/alarm*.

Gambar 2. Desain injection pump

Rancangan Percobaan

Prinsip kerja dari alat yang akan dibuat adalah apabila tombol POWER ditekan maka layar LCD akan menyala (*splash screen*) kemudian suntikan/sprit dipasang. Setelah suntikan terpasang dilanjutkan dengan mengatur nilai kecepatan, volume, panjang

suntikan serta laju aliran. Setelah itu dilanjutkan dengan menekan tombol START maka *injection pump* akan bekerja. Apabila cairan suntikan telah habis (posisi suntikan/sput maksimum) maka alarm akan berbunyi dan posisi suntikan akan bergerak mundur pada posisi awal/semula.

Proses perencanaan hubungan antar beberapa komponen *injection pump* ditunjukkan seperti pada blok diagram berikut (Gambar 3). Komponen *injection pump* terdiri atas komponen utama (output dan input atau I/O, mikrokontroler) dan komponen pelengkap (*driver motor, power supply*).

Komponen utama dan pelengkap pada *injection pump* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- TS1 (*Toogle Switch 1*) merupakan komponen input berfungsi untuk memindahkan gerakan motor (maju/mundur)
- KP (*Keypad*) merupakan komponen input berfungsi untuk memasukkan nilai kecepatan/debit aliran cairan.
- PB1 (*Push Button 1*) merupakan komponen input yang berfungsi sebagai tombol START maupun menggerakkan *injection pump* mundur secara manual. PB1 berwarna hijau dan terletak di sebelah kiri.
- PB2 (*Push Button 2*) merupakan komponen input yang berfungsi sebagai tombol STOP maupun menggerakkan *injection pump* maju secara manual. PB2 berwarna merah dan terletak di sebelah kanan.
- PB3 (*Push Button 3*) merupakan komponen input yang berfungsi sebagai tombol CONFIRM untuk melanjutkan ke menu berikutnya. PB3 berwarna biru dan terletak di atas.
- PB4 (*Push Button 4*) merupakan komponen input yang berfungsi untuk menjalankan *injection pump* pada mode manual setelah ditekan tombol STOP. PB4 berwarna biru dan terletak di bawah.
- LCD (Layar LCD) merupakan komponen output untuk menampilkan informasi dan input laju aliran *injection pump*.
- LED (Lampu indikator) merupakan komponen output yang berfungsi sebagai tanda/signal sedang aktif (hijau), bekerja normal (berkedip), dan mengalami gangguan (merah).
- BUZZ (*Buzzer/alarm*) merupakan komponen output yang berfungsi memberikan tanda pada pengguna bahwa proses injeksi telah selesai maupun mengalami gangguan.

- LS1 (*Limit Switch 1*) merupakan komponen input yang berfungsi memberikan pengaman bahwa posisi *injection pump* maksimum sehingga akan mematikan motor *stepper*.

Gambar 3. Rancangan percobaan alat

- LS0 (*Limit Switch 0*) merupakan komponen input yang berfungsi memberikan pengaman bahwa posisi *injection pump* minimum sehingga akan mematikan motor *stepper*.
- DM (*Driver Motor*) merupakan komponen yang berfungsi untuk mengatur gerakan motor *stepper* sehingga putaran motor lebih presisi.
- PS (*Power Supply*) merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah listrik AC ke DC yang dijadikan sumber daya utama pada mikrokontroler.
- M (*Motor stepper*) merupakan komponen output yang berfungsi mendorong suntikan/sput maju (injeksi cairan) maupun mundur (mode manual).
- μ C (*Mikrokontroler*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk mengendalikan komponen elektronik lain (proses tunggal) dan sederhana.

Instalasi dan Wiring Diagram

Prototipe *injection pump* yang telah dilakukan proses assembling ditunjukkan pada Gambar 4, adapun rangkaian wiring prototipe dapat dilihat pada Gambar 5. Bahasa yang digunakan untuk melakukan program pada mikrokontroler *arduino* adalah bahasa C.

(tampak dari luar)

(tampak dari dalam)

Gambar 4. Hasil proses assembling

Gambar 5. Wiring injection pump

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebuah suntikan/spuit yang berisi cairan dan didorong secara manual maupun

menggunakan motor listrik akan menghasilkan laju alir/debit tertentu yang memiliki nilai sesuai persamaan berikut:

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots (1)$$

dimana

Q = laju alir atau debit

A = luas penampang (saluran fluida)

v = kecepatan aliran

Pada sistem *injection pump*, kecepatan aliran fluida identik dengan panjang langkah injeksi cairan terhadap waktu injeksi. Namun dikarenakan sistem penggerak yang digunakan adalah motor dan ulir maka berlaku persamaan:

$$v = \frac{l_p}{t_p} \dots\dots\dots (2)$$

dimana

v = kecepatan aliran

l_p = panjang pitch ulir

t_p = waktu revolusi 1 putaran (motor *stepper*)

Persamaan (1) dan (2) selanjutnya dilakukan substitusi sehingga diperoleh:

$$Q = \frac{A \cdot l_p}{t_p} \dots\dots\dots (3)$$

Dikarenakan motor penggerak pada *injection pump* menggunakan motor *stepper* tipe Nema 17 yang memiliki sudut step $1,8^\circ$ yang memiliki arti yaitu untuk melakukan 1 kali putaran motor diperlukan sinyal step sebanyak 200 sehingga dapat ditulis seperti pada persamaan berikut:

$$t_p = x \cdot t_m$$

$$t_p = 200 \cdot t_m \dots\dots\dots (4)$$

dimana

x = jumlah step dalam 1 kali revolusi

t_m = waktu jeda (mikrokontroler)

Selanjutnya untuk memperoleh persamaan hubungan antara waktu jeda dengan laju alir atau debit yang dihasilkan maka dilakukan substitusi persamaan (4) ke persamaan (3) sebagai berikut:

$$Q = \frac{A \cdot l_p}{200 \cdot t_m} \dots\dots\dots (5)$$

Sebagai contoh berdasarkan hasil pengujian prototipe *injection pump* diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pengujian prototipe *injection pump* ini dilakukan dengan variasi suntikan/spuit 3 cc, 5 cc, 10 cc, 20 cc, 30 cc dan 50 cc. Setiap ukuran suntikan diberikan 20 variasi waktu jeda pada program *arduino* yaitu 10 s.d. 100000 *mikro second*. Setelah dilakukan perhitungan untuk beberapa ukuran suntikan, diperoleh bahwa terdapat perbedaan nilai antara hasil pengujian terhadap hasil perhitungan, maka pada

persamaan 5 diperlukan penambahan nilai konstanta (k) agar besaran nilai pada program *arduino* tidak menyimpang jauh terhadap hasil perhitungan. Sehingga persamaan yang akan digunakan pada basic program di *arduino* mengikuti persamaan (6) sebagai berikut:

$$Q = \frac{A \cdot l_p}{200 \cdot k \cdot t_m} \dots \dots \dots (6)$$

Besar nilai k untuk masing-masing suntikan telah ditetapkan yaitu: 3 cc (13), 5 cc (14), 10 cc (15), 20 cc (16), 30 cc (15) dan 50 cc

(16,5). Setelah dilakukan input nilai k pada masing-masing suntikan dengan 20 variabel waktu jeda diperoleh nilai error/kesalahan tiga terbesar secara berurutan yaitu:

- 3 cc: waktu jeda 10, 20 dan 100000 μ S
- 5 cc: waktu jeda 4000, 20000 dan 10 μ S
- 10 cc: waktu jeda 10, 20 dan 500 μ S
- 20 cc: waktu jeda 10, 20 dan 50 μ S
- 30 cc: waktu jeda 10, 20 dan 20000 μ S
- 50 cc: waktu jeda 10, 20 dan 1000 μ S

Tabel 1. Hasil Pengujian Injection Pump

t_m	Volume Suntikan (Sput)																	
	3cc			5cc			10cc			20cc			30cc			50cc		
	t_{uk}	v_u	Q	t_{uk}	v_u	Q	t_{uk}	v_u	Q	t_{uk}	v_u	Q	t_{uk}	v_u	Q	t_{uk}	v_u	Q
10	1.6	4	9000	0.4	3	27000	1.2	7	21000	1.8	20	40000	1.9	27	51239	3.2	51	57375
20	1.7	3	6353	1.8	9	18000	2.1	9	15429	2.7	20	26667	3.0	28	33962	4.5	55	44000
50	3.8	4	3790	1.9	3	5684	3.7	8	7784	5.7	20	12631	6.2	28	16193	7.1	51	25859
100	6.8	4	2118	5.6	5	3214	6.9	8	4174	10.1	20	7129	11.5	28	8762	15.2	58	13737
200	13.7	4	1051	11.1	5	1622	13.6	8	2118	21	21	3600	21	27	4631	23	45	7043
300	19.8	4	727	16.2	5	1111	21.1	8	1365	29.7	20	2424	31.5	27	3082	41.5	56	4858
400	24.9	3	434	21.3	5	845	26.7	8	1079	40.1	20	1796	41.2	27	2357	48.5	51	3786
500	36.3	4	397	26.9	5	669	25.6	7	984	49.7	21	1521	51.4	27	1891	59.7	50	3015
1000	64.1	4	225	54.2	5	332	65.9	8	437	101	21	748	97.6	26	959	160	51	1147
1500	89.8	3	120	79.5	5	226	107	9	303	149	21	508	156	28	646	177	49	997.2
2000	130	4	111	107.8	5	167	121	7	209	201	20	358	206	27	471	239	50	751.6
2500	142	4	102	130	5	138	172	9	187.8	242	20	298	206	22	384	296	50	608.5
3000	191	4	75.2	168.9	5	107	202	7	124.7	293	20	246	314	27	310	352	51	521.2
4000	250	4	57.7	224.8	4	64.1	280	8	103	396	20	182	408	28	247	391	41	377.3
6000	365	4	39.5	315.4	5	57.1	410	8	70.2	585	19	117	629	29	166	694	49	254.2
10000	604	3	17.9	546.5	5	32.9	649	8	44.4	1067	22	74.2	955	26	98	824	34	148.6
15000	876	3	12.3	828.2	5	21.7	839	6	25.7	1495	20	48.2	1443	26	64.8	1716	48	100.7
20000	1017	3	10.6	1085	4	13.3	1113	6	19.4	1878	20	38.3	1566	26	59.8	2400	51	76.5
50000	3535	4	4.1	2709	5	6.6	2851	7	8.8	4280	17	14.3	3737	19	18.3	4278	34	28.6
100000	4877	2	1.5	5322	4	2.7	4570	5	3.9	8903	18	7.3	5158	16	11.2	9649	40	14.9

Keterangan:

- Diameter dalam suntikan masing-masing adalah: 3 cc (9,6 mm), 5 cc (12,5 mm), 10 cc (15 mm), 20 cc (20,3 mm), 30 cc (22,7 mm), 50 cc (29,5 mm)
- Panjang suntikan masing-masing yaitu: 3 cc (55 mm), 5 cc (58 mm), 10 cc (76 mm), 20 cc (90 mm), 30 cc (102,5 mm), 50 cc (104,5 mm)

t_m = waktu jeda di program arduino (μ S); t_{uk} = waktu pengukuran pengujian (S); v_u = volume cairan hasil pengujian (gr); Q = debit hasil pengujian (ml/h)

KESIMPULAN

Pembuatan prototipe *injection pump* di Balai Besar Logam dan Mesin Tahun 2018 dengan laju alir/debit 0.1 mL/h hingga 999 mL/h dengan ketelitian 0.1 mL telah selesai dilakukan, namun untuk mendapatkan debit minimum 0.1 mL/h untuk setiap ukuran suntikan, diperlukan penyesuaian pada program arduino sebagai berikut:

- Ukuran suntikan 3 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 2 detik
- Ukuran suntikan 5 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 3,18 detik
- Ukuran suntikan 10 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 4,2 detik

- Ukuran suntikan 20 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 7,54 detik
- Ukuran suntikan 30 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 9,66 detik
- Ukuran suntikan 50 cc, setting waktu jeda (t_m) adalah 14,85 detik.

SARAN

Prototipe *injection pump* telah berfungsi dengan baik, akan tetapi alat ini belum dikalibrasi oleh lembaga yang berwenang agar dapat diterima oleh masyarakat luas/ lingkup medis. Selain itu juga diperlukan perhatian yang lebih mendalam mengenai aspek-aspek lain di luar keberfungsian alat, seperti: keselamatan

dan keamanan serta peraturan maupun undang-undang yang berkaitan dengan peralatan medis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Kepala Balai Besar Logam dan Mesin dan Bapak Mufid Djoko Purwanto (Kepala Bidang Penilaian Kesesuaian, BBLM) yang telah berkenan untuk memberikan bantuan dan fasilitas untuk mendukung dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkes, S. (2018, May 7). Alkes info. Retrieved October 16, 2018, from Alkes info Website:<https://sentralalkes.com/blog/syringe-pump/>
- Ampall.co., Ltd. Catalogue Volumetric Infusion Pump IP-7700 Syringe Pump SP-8800. Korea
- Arduino. (2018). Arduino. Retrieved October 16, 2018, from www.arduino.cc: <https://www.arduino.cc/en/tutorial/>
- Halim, F. R., Drs. Suwandi, M. & Dr. Eng. Asep Suhendi, S. M. (2016). Rancangan Bangun Syringe Pump Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino. E-Proceeding of Engineering: Vol. 3, No. 2 Agustus 2016
- Hikmah, N. F. (2012). Rancang Bangun Syringe Pump Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535 Dilengkapi Deteksi Oklusi. Surabaya: Universitas Erlangga
- Kemenkes. 2013. Permenkes No. 86 Tahun 2013. Jakarta: Kemenkes.
- Polak, A. (2017). Design and Fabrication of Controllable Syringe Pumps for Microfluidics. Prague: Czech Technical University in Prague
- Sulistiyanto, P. (2013). Syringe Pump Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma
- Suprianto. (2015, October 30). <http://blog.unnes.ac.id>. Retrieved October 16, 2018, from <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/limit-switch-saklar-pembatas/>
- Kementerian Kesehatan RI (2017). Sosialisasi Peraturan Perundang-undangan Bidang Kefarmasian dan Alat Kesehatan. Bogor
- Tyler, I. (2009). Alaris GH Syringe Pump User Manual (pp. 1-34). Rolle, Switzerland