

RANCANG BANGUN *SYRINGE PUMP* MENGGUNAKAN MOTOR *STEPPER* BERBASIS ARDUINO

DESIGNING AND REALIZING AN ARDUINO BASED *SYRINGE PUMP* WITH *STEPPER* MOTOR

Fikri Rangga Halim¹, Drs. Suwandi, M.Si.², Dr. Eng. Asep Suhendi, S.Si., M.Si.³

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
fikrirangga@students.telkomuniversity.ac.id¹, suwandi@telkomuniversity.ac.id²,
asepsuhendi@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Alat infus merupakan alat yang paling sering digunakan dalam dunia kedokteran dan keperawatan, sekitar 90% pasien di rumah sakit menerima berbagai pengobatan melalui infus. *Syringe pump* merupakan salah satu alat infus yang berfungsi untuk mendorong batang alat suntik agar dapat mengeluarkan rentang laju aliran berskala mikroliter sampai mililiter per menit secara berkala dengan ketelitian tinggi sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pemberian dosis kepada pasien. *Syringe pump* yang dibuat dalam penelitian ini mempunyai nilai akurasi 96.60% dan nilai presisi 99.24% dalam mengeluarkan flow rate dengan waktu tertentu.

Kata kunci: infus, laju alir, syringe pump.

Abstract

Infusion is a most often used instrument in medicine and nursing academies, around 90% hospital patients receive various treatment through infusion. *Syringe pump* is one of the infusion method that serves to push the syringe rod, so that can generate flow rate of microliter until milliliter per minute periodically with high precision that can give the right doses to the patient. *Syringe pump* made in this research it has value 96.60 % accuracy and value of precision 99.24 % in supplying the flow rate at a certain time

Keywords: infusion, flow rate, syringe pump.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital yang semakin maju dapat diaplikasikan dalam bidang medis, misalnya dalam pembuatan alat infus dengan tingkat ketelitian tinggi dan mudah dioperasikan. Alat infus adalah salah satu peralatan medis yang paling banyak digunakan. Dalam dunia kedokteran dan keperawatan, alat infus merupakan alat yang paling sering digunakan, sekitar 90% pasien di rumah sakit menerima berbagai pengobatan melalui infus [1]. Fungsi infus yaitu untuk memberikan sejumlah cairan kepada pasien secara berkala. Kesalahan dalam pemberian cairan infus dapat berakibat buruk kepada pasien [2].

Syringe pump adalah alat yang berfungsi untuk mendorong batang alat suntik agar dapat mengeluarkan rentang aliran berskala mikroliter sampai mililiter per menit secara berkala dengan ketelitian tinggi sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pemberian dosis kepada pasien dan alat ini dapat digunakan sebagai pengganti alat infus konvensional yang berupa infus tiang gantung.

Selain untuk bidang medis, *syringe pump* juga digunakan dalam bidang riset. *Syringe pump* banyak digunakan dalam riset *electrospinning* dan *electrospay* untuk sintesis partikel ataupun fiber [3] [4]. Dalam keperluan riset, dibutuhkan suatu kondisi ruang tertentu agar suatu fenomena dapat diteliti dan dianalisis dengan tepat. *Syringe pump* yang digunakan untuk riset ditempatkan di dalam ruangan terkondisi namun pengendali harus berada di luar agar peneliti dapat mengubah pengaturan atau kondisi alat tanpa menyentuh langsung alatnya agar kondisi ruang tidak berubah, oleh sebab itu perlu dibuat *syringe pump* yang terpisah antara bagian pendorong dan bagian pengendalinya.

Dalam penelitian ini akan dirancang *syringe pump* yang menggunakan motor *stepper* dengan batang ulir sebagai penggerak liniernya. Putaran motor *stepper* akan menghasilkan pergerakan linier secara berkala dan dapat dikontrol kecepatannya serta memiliki resolusi yang tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk

- Membuat *syringe pump* dengan rentang aliran yang dikeluarkan 10 $\mu\text{L}/\text{menit}$ – 10 ml/menit
- Membuat *syringe pump* dengan rentang volume 1 mL – 10 mL.
- Mengetahui tingkat akurasi dan presisi *syringe pump* yang dibuat.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah untuk menghasilkan alat yang dapat men-supply fluida berupa cairan dengan rentang laju alir 10 $\mu\text{l}/\text{menit}$ – 10 ml/menit yang dapat digunakan untuk bidang medis maupun riset akademis. Selain itu, alat ini juga dapat dikembangkan dan disempurnakan dalam riset mendatang dengan mempertimbangkan konteks ekonomi dalam pembuatannya agar dapat bersaing dengan produk luar negeri sehingga dapat meningkatkan kemandirian bangsa Indonesia dalam pengadaan alat medis & riset.

2. Dasar Teori

2.1 Flow Rate

Flow rate adalah jumlah fluida yang mengalir yang diukur persatuan waktu. Secara umum, flow rate dapat ditunjukkan dengan persamaan 2.1.

$$Q = \dot{V} = \frac{dV}{dt} \quad (2.1)$$

Q adalah *flow rate*, V adalah volume dan t adalah waktu. *Flow rate* pada fluida tergantung pada jenis fluidanya, apakah fluida tersebut termampatkan atau tidak dan viscous (kental) atau nonviscous (tak kental) [5]. Untuk fluida termampatkan, dapat diperoleh flow rate dengan menggunakan persamaan 2.2

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2.2)$$

ρ_1 dan ρ_2 adalah massa jenis fluida saat sebelum dan setelah termampatkan, A_1 dan A_2 adalah penampang yang dilewati fluida dan v adalah kecepatan aliran fluida. Untuk fluida tak termampatkan, massa jenis ρ_1 dan ρ_2 adalah tetap sehingga didapatkan persamaan 2.3

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2.3)$$

dengan mengetahui informasi penampang dan kecepatan pada satu titik aliran fluida, maka dapat diketahui flow rate pada titik lain dengan informasi penampangnya.

Kekentalan fluida atau viskositas adalah ukuran hambatan aliran yang ditimbulkan fluida, bila fluida tersebut mengalami tegangan geser. Viskositas menggambarkan penolakan dalam fluida kepada aliran dan dapat digunakan untuk mengukur gesekan fluida. Sebagai contoh, air memiliki viskositas rendah, sedangkan minyak sayur memiliki viskositas tinggi. Gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida dapat diperoleh dengan persamaan 2.4

$$F = \eta A v / y \quad (2.4)$$

F adalah gaya yang diperlukan untuk menggerakkan suatu lapisan fluida dengan kelajuan tetap v untuk luas A dan letaknya pada jarak y dari suatu permukaan yang tidak bergerak dan η adalah koefisien viskositas [6].

2.2 Mekanika Gerak Rotasi Terhadap Gerak Linier

Perubahan gerak linier berdasarkan gerak rotasi dapat diperoleh dengan informasi derajat putaran dan jarak yang ditempuh dalam satu kali putaran penuh. Perhitungan dari perpindahan gerak linier dapat diketahui dengan persamaan 2.5

$$s = l a \quad (2.5)$$

s adalah jarak linier total yang ditempuh, l adalah jarak perpindahan linier yang terjadi akibat satu putaran penuh dan a adalah jumlah putaran penuh yang dilakukan [7]. Putaran yang diberikan motor stepper dalam satu revolusi biasanya dibagi menjadi 200 step, dengan 1,80 per step-nya. Jika jarak antar ulir pada batang screw adalah l ,

maka jarak linier yang ditempuh dalam satu step adalah 0,005 l. Jika dikaitkan dengan debit yang keluar dari syringe, dapat digunakan persamaan 2.5

$$Q = \pi r^2 s / t \quad (2.6)$$

Q adalah flow rate yang keluar dari syringe, r adalah jari-jari dalam syringe, s adalah jarak pergeseran batang syringe, dan t adalah waktu yang diperlukan untuk bergerak sejauh s.

2.3 Akurasi dan Presisi

Akurasi dan presisi menunjukkan dua informasi karakteristik yang berbeda. Akurasi adalah kedekatan nilai antara nilai terukur dengan nilai aktual, sedangkan presisi adalah kedekatan nilai terukur dengan nilai – nilai terukur lainnya dengan kondisi yang sama.

Karakteristik suatu alat bisa jadi mempunyai akurasi rendah dengan presisi rendah, akurasi rendah dengan presisi tinggi, akurasi tinggi dengan presisi rendah, ataupun juga akurasi tinggi dengan presisi tinggi.

Nilai akurasi dapat diketahui dengan persamaan 2.7

$$Akurasi = \frac{x_i}{\bar{x}_i} \times 100 \quad \% \quad (2.7)$$

dan nilai presisi dapat dihitung dengan persamaan 2.8 dan 2.9

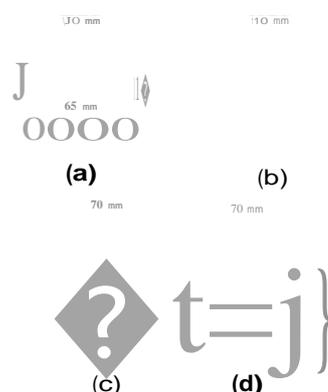
$$\bar{x}_i = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \right) \quad (2.8)$$

$$Presisi = 100 - \frac{((x_1 - \bar{x}_i) + \dots + (x_n - \bar{x}_i))}{n} \times 100 \quad \% \quad (2.9)$$

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Alat

Pembuatan syringe pump bertujuan untuk dapat memompa syringe yang berisi fluida berupa cairan dengan kecepatan yang dapat diatur. Prinsip kerja dari alat ini secara garis besar adalah dengan memberi informasi kecepatan yang diinginkan pada pengendali dan kemudian diproses oleh arduino untuk menentukan seberapa cepat motor stepper berputar agar dapat sesuai dengan aliran yang diinginkan. Arduino Uno, modul LCD dan rangkaian driver motor stepper akan ditempatkan di dalam controller, sedangkan motor stepper akan ditempatkan di dalam pendorong. Pendorong dan controller akan dihubungkan menggunakan kabel.



Gambar 1: Desain Controller (a) Tampak Atas ; (b) Tampak Depan; (c) Tampak kanan; (d) Tampak kiri



Gambar 2: Desain Mekanik Pendorong

Perancangan perancangan perangkat keras dari *syringe pump* meliputi perancangan tempat untuk *syringe*, *holder* untuk motor stepper, ukuran *screw* untuk motor stepper, bentuk *pusher* untuk batang *syringe*, dan *case* untuk keseluruhan. Perancangan perangkat lunak untuk syringe pump adalah program yang digunakan di arduino untuk memproses informasi masukan agar nilai keluarannya sesuai dengan yang diinginkan. Pembuatan program ini menggunakan software Arduino IDE yang telah terintegrasi dengan modul Arduino sehingga memudahkan dalam penggunaannya.

3.2 Perhitungan Delay Tiap Step

Untuk menghitung delay yang diberikan untuk tiap step ke step selanjutnya dapat menggunakan persamaan 4.1

$$\text{delay tiap step} = 60 \cdot \frac{n}{m} \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{Q} \quad (3.1)$$

m menunjukkan banyaknya step dalam satu putaran, n adalah jarak antar ulir pada batang ulir, r adalah jari-jari *syringe*, dan Q adalah *flow rate*. Pada persamaan 3.1, digunakan pengali dengan angka 60 karena Q yang dimasukkan adalah dalam satuan mL/menit.

Langkah perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai macam variasi laju alir jika diketahui jumlah step dalam satu putaran, dan jarak antar ulir, serta diameter dari *syringe* yang dipakai.

3.3 Perhitungan Jumlah Step

Jarak yang diperlukan untuk mendorong batang *syringe* agar dapat mengeluarkan volume tertentu berkaitan dengan jari-jari *syringe*, jumlah step dalam satu putaran, dan jarak antar ulir. Untuk menghitung jumlah step yang diperlukan untuk volume tertentu dapat menggunakan persamaan 3.2

$$\text{jumlah step} = \frac{m}{n} \cdot \frac{\text{volume}}{\pi \cdot r^2} \quad (3.2)$$

m menunjukkan banyaknya step dalam satu putaran, n adalah jarak antar ulir pada batang ulir, dan r adalah jari-jari *syringe*. Pada penelitian ini digunakan dua ukuran *syringe*, yaitu 5 mL dan 10 mL dengan diameter masing-masing 13 mm dan 15.8 mm serta menggunakan motor stepper dengan spesifikasi 200 step tiap putarannya dan menggunakan batang ulir dengan jarak antar ulirnya yaitu 1.25 mm. Sehingga, m berbanding n menunjukkan karakteristik mekanik alat yang merupakan satu nilai yang konstan.

Langkah perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai macam variasi volume jika diketahui jumlah step dalam satu putaran, dan jarak antar ulir, serta diameter dari *syringe* yang dipakai.

3.4 Perhitungan Waktu Tempuh

Waktu tempuh yang dibutuhkan untuk mengalirkan volume tertentu berhubungan dengan laju alirnya. Untuk menghitung waktu tempuh dapat menggunakan persamaan 3.3

$$\text{waktu tempuh} = \text{delay tiap step} \cdot \text{jumlah step} \quad (3.3)$$

Dengan persamaan 3.1 dan 3.2 yang disubstitusikan ke persamaan 3.3, menghasilkan hubungan antara volume dengan *flow rate*-nya, sehingga didapatkan persamaan 3.4

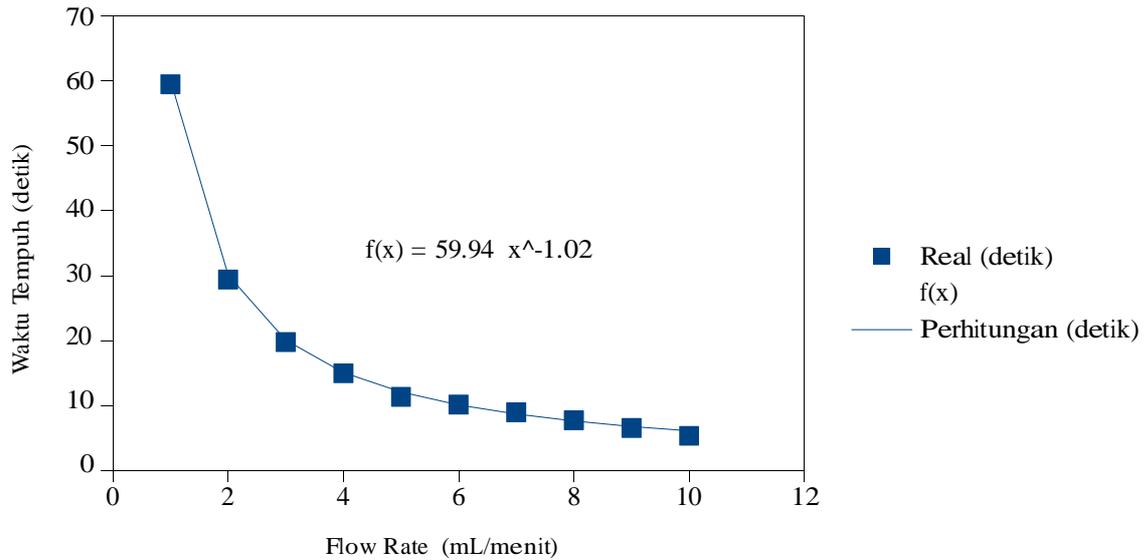
$$\text{waktu tempuh} = 60 \cdot \frac{\text{volume}}{Q} \quad (3.4)$$

Persamaan 4.4 menunjukkan fungsi waktu tempuh terkait dengan volume dengan *flow rate*, sehingga dapat dihitung waktu tempuh untuk setiap variasi volume dan *flow rate*.

3.5 Perhitungan Akurasi dan Presisi

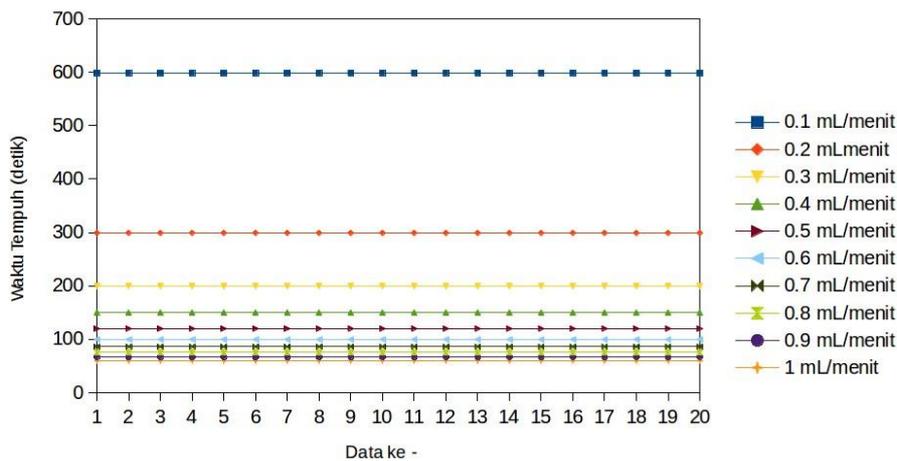
Karakteristik yang ingin diketahui adalah nilai akurasi dan presisi dari syringe pump yang telah dibuat. Nilai tersebut dapat ditentukan dengan mengolah data yang telah didapat dengan beberapa kali pengulangan pada ukuran syringe, volume, dan *flow rate* tertentu. Perhitungan akurasi dari alat ini dilakukan dengan menggunakan 100 data yang telah diambil dengan variasi pada *flow rate*.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dibuat grafik perbandingan antara waktu real dan perhitungan, gambar grafik waktu perhitungan dan real ditunjukkan oleh gambar 3



Gambar 3: Grafik Waktu Perhitungan dan Real Terhadap Flow Rate

Dengan menggunakan persamaan 2.7 didapatkan perhitungan nilai akurasi tiap data dengan rata-rata nilai akurasi sebesar 96.60%. Perhitungan presisi dari alat ini dilakukan dengan menggunakan data yang telah diambil dengan variasi pada *flow rate* sebanyak 20 kali pada tiap *flow rate*-nya. Grafik waktu tempuh dengan 20 kali pengambilan data ditunjukkan oleh gambar 4

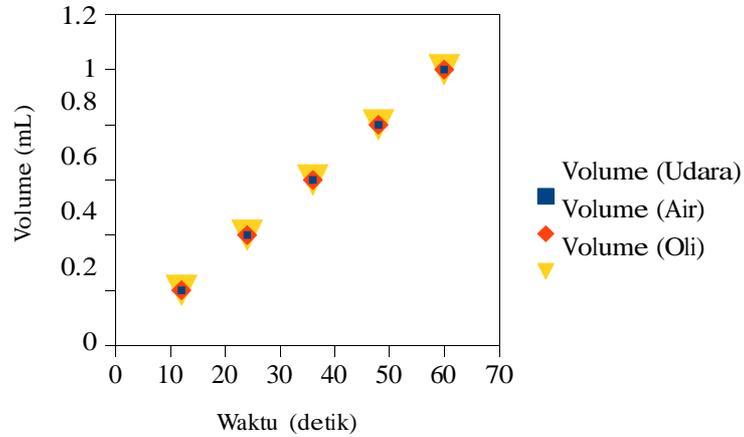


Gambar 4: Grafik Waktu Tempuh Dengan 20 Kali Pengambilan Data

Dengan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9 didapatkan nilai presisi dari alat ini adalah 99.24%.

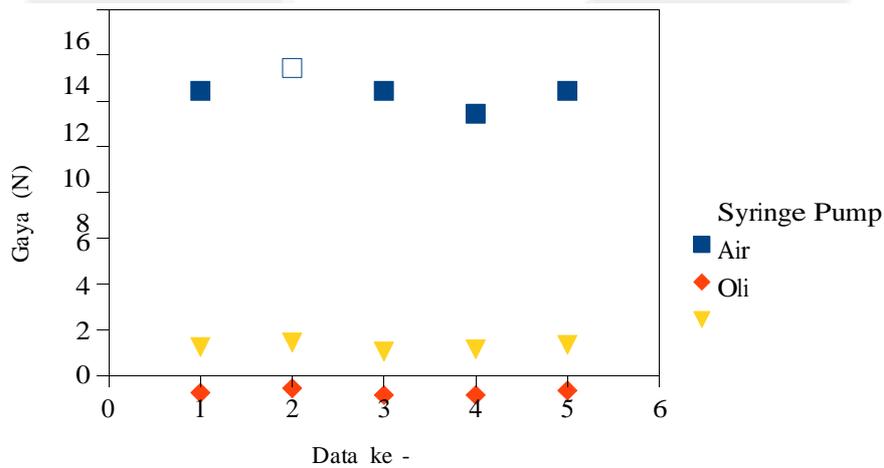
3.6 Variasi Jenis Fluida

Setelah dilakukan perhitungan akurasi dan presisi dari alat, dilakukan percobaan dengan menggunakan variasi fluida kerja pada syringe untuk mengetahui apakah syringe pump masih dapat bekerja dengan fluida yang berbeda. Digunakan tiga jenis fluida, yaitu udara, air, dan oli.



Gambar 5: Grafik Waktu Terhadap Volume dengan Variasi Jenis Fluida

Gambar 5. menunjukkan bahwa pada ketiga jenis fluida, syringe pump menghasilkan volume yang sama terhadap waktu.



Gambar 6: Grafik Gaya Syringe Pump, Air, dan Oli

Setelah dilakukan pengambilan data waktu terhadap waktu dengan variasi jenis fluida, dilakukan juga pengukuran gaya yang dibutuhkan untuk mendorong pada tiap fluida untuk mengetahui besar gaya yang diperlukan. Gambar 6 menunjukkan gaya yang dibutuhkan oleh tiap fluida dan gaya yang dapat dihasilkan oleh syringe pump.

3.7 Analisis Data

Berdasarkan data yang telah diambil, terdapat perbedaan nilai waktu real dengan nilai perhitungan yang dijadikan sebagai referensi. Sebagai contoh, pada *flow rate* 1 mL/menit dengan ukuran syringe 5 mL dan volume 1 mL, pada pengambilan data tersebut menunjukkan bahwa waktu tempuhnya adalah 59.41 detik, sedangkan berdasarkan perhitungan adalah 60 detik. Hal tersebut terjadi disebabkan terkait dengan ketelitian *clock* dari arduino sebagai otak dari *syringe pump* ini dalam memberikan informasi *delay* tiap step-nya kepada motor stepper.

Delay yang seharusnya diberikan tiap *step*-nya berdasarkan perhitungan adalah sebesar 49.77 ms, namun *delay real* yang diberikan dari arduino kepada motor stepper ditunjukkan oleh gambar 7

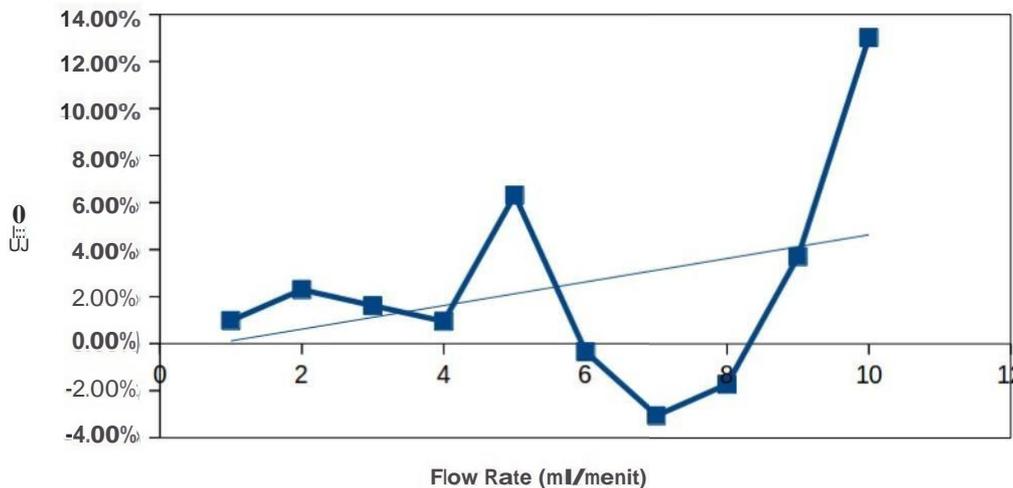
Tabel 1: Perbedaan Delay Perhitungan dan Real

Delay Perhitungan (s)	Delay Real (s)	Ilmial Waktu Pemitungan (s)	Total Waktu Real (s)	Flow Rate Perhitungan (mUmenit)	Flow Rate Real (mUmenit)
0.0497	0.0494	60	59.4306	1	1.0096
0.0497	0.0494	60	59.4306	1	1.0096
0.0497	0.0494	60	59.4294	1	1.0096
0.0497	0.0494	60	59.4451	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4439	1	1.0094
0.0497	0.0494	60	59.4487	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4499	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4511	1	1.0092
0.0497	0.0494	60	59.4451	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4451	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4463	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4523	1	1.0092
0.0497	0.0494	60	59.4499	1	1.0093
0.0497	0.0494	60	59.4535	1	1.0092
0.0497	0.0494	60	59.4487	1	1.0093

Oleh sebab itu, maka terjadi perbedaan waktu tempuh real dan waktu tempuh perhitungan.

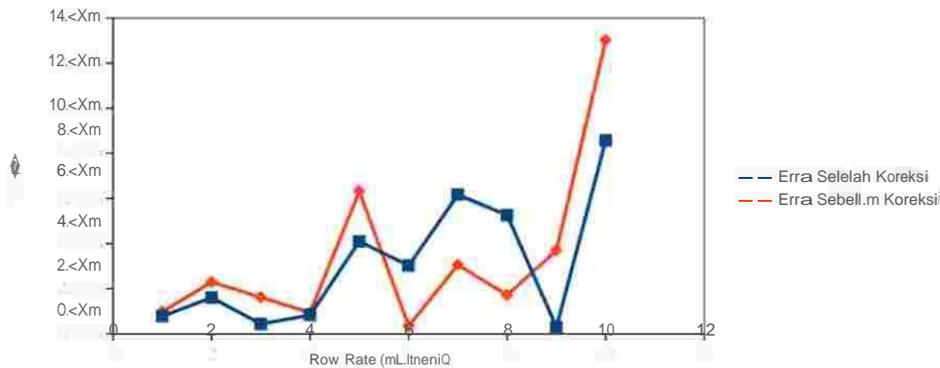
3.8 Koreksi Nilai Error

Berdasarkan pengambilan data dan analisis, diketahui bahwa *delay* yang diberikan oleh arduino ternyata lebih cepat dari yang seharusnya. Untuk meningkatkan nilai akurasi alat, diperlukan nilai koreksi untuk mengurangi nilai error. Gambar 7 menunjukkan grafik *error* terhadap *flow rate*



Gambar 7: Grafik Error Terhadap Flow Rate

Berdasarkan gambar 7, didapatkan fungsi linear dari *error* terhadap *flow rate* yaitu $f(Q) = (5.02x - 3.88) \times 10^{-3}$. Fungsi linear tersebut dijadikan nilai koreksi untuk mengurangi *error* tiap *flow rate*-nya dengan cara memodifikasi *delay* tiap stepnya. Modifikasi *delay* step dilakukan tiap 40 step, terkait sensitifitas waktu dari prosesor-nya, Tabel 2 menunjukkan perbedaan *delay* step yang diberikan sebelum nilai koreksi dan setelah diberikan nilai koreksi dan gambar 8 menunjukkan perbandingan error sebelum diberi nilai koreksi dan setelah diberikan nilai koreksi.



Gambar 8: Perbedaan Nilai Error Sebelum dan Setelah Diberi Nilai Koreksi

Setelah diberi nilai koreksi, error rata-rata menjadi lebih kecil dibandingkan error rata-rata sebelumnya yaitu dari 3.3995% menjadi 3.1059%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengambilan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Syringe pump dapat menghasilkan laju alir dengan range 10 μ l/menit – 10 ml/menit dan volume dengan range 1 mL – 10 mL dengan akurasi 96.60%.
2. Syringe pump dapat menghasilkan laju alir dengan range 10 μ l/menit – 10 ml/menit dan volume dengan range 1 mL – 10 mL dengan presisi 99.24%
3. Ketelitian *clock* pada arduino berpengaruh terhadap perhitungan dan pemberian informasi delay ke motor stepper.

Daftar Pustaka:

- [1]. Morgan, L., Lee, L. (2007). Implementation of Wireless “Intelligent” Pump IV Infusion Technology in a Not-for-Profit Academic Hospital Setting. *Hospital Pharmacy* Vol.42 No.9. pp 832.
- [2]. Borden, S. (2002). Medmarx report news release. United States: Center for the Advancement of Patient Safety, December.
- [3]. IW, Fathona., A, Yabuki. (2013). One-step fabrication of short electrospun fibers using an electric spark *Journal of Materials Processing Technology* 213 (11), 1894-1899.
- [4]. IW, Fathona, A, Yabuki. (2014). A simple one-step fabrication of short polymer nanofibers via electrospinning. *Journal of Materials Science* 49, 3519-3528.
- [5]. Indrajit, D. (2009). Mudah dan Aktif Belajar Fisika. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- [6]. UPI (t.t.). Mekatronika Modul 9 Motor Stepper. Diakses 5 Januari 2015 dari http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/MEKATRONIKA_MODUL_9.pdf
- [7]. Mosaic Industries (t.t.). Stepper Motor Specifications. Diakses 5 Januari 2015 dari <http://www.mosaic-industries.com/stepper-motors/specifications>.
- [8]. Halliday, R., Resnick, R. (1978). *Physics*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc.