

SKRIPSI FISIKA

**Depositi Tetesan Mikro Selektif Menggunakan Pompa Jarum Suntik Kontrol
Arduino dan GUI (Graphical User Interface)**

ALWIN ADAM

H211 15 017



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**Depositi Tetesan Mikro Selektif Menggunakan Pompa Jarum Suntik Kontrol
Arduino dan GUI (Graphical User Interface)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

ALWIN ADAM

H211 15 017

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : ALWIN ADAM

NIM : H211 15 017

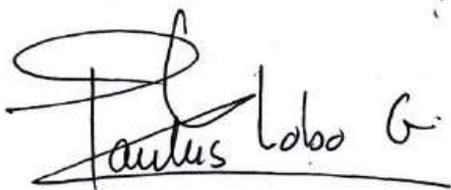
Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Deposisi Tetesan Mikro Selektif Menggunakan
Pompa Jarum Suntik Kontrol Arduino dan GUI
(Graphical User Interface)

Makassar, 14 Agustus 2020

Disahkan oleh:

Pembimbing Utama



Paulus Lobo Gareso, Ph.D
NIP. 19650305 1991031008

Pembimbing Pertama



Erry Kurniawan, Ph.D
NIP. 19861120 200912 1 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang Pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasi atau telah ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan tinggi lainnya di manapun; kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah ilmiah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan dalam batas tertentu oleh pihak pembimbing.

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alwin Adam', with a stylized, cursive script.

Alwin Adam

ABSTRAK

Telah dikembangkan sistem biaya rendah dan sederhana untuk membuat mikro / struktur nano dengan proses deposisi mikro selektif menggunakan pompa jarum suntik. Metode ini adalah metode fabrikasi adiktif di mana bahan tetesan selektif dilepaskan melalui jarum pompa jarum suntik. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai unit pengontrol dan dapat diprogram oleh komputer melalui GUI (Graphical User Interface). Parameter input, seperti dorongan atau tarikan arah aliran, laju aliran, volume tetesan, dan dimensi ukuran jarum suntik dapat dimasukkan oleh pengguna sebagai nilai yang diinginkan melalui komputer. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai kesalahan rata-rata maksimum dari volume yang diukur adalah 2,5% dan nilai kesalahan rata-rata maksimum dari laju aliran yang diukur adalah 14%. Manfaat pompa jarum suntik untuk pengendapan mikro dapat mengatasi kelemahan fotolitografi, yang membutuhkan proses etsa dan stensil dalam pembuatan semikonduktor. Menggabungkan dua atau lebih jarum suntik ke dalam satu sistem dengan bahan tetesan yang berbeda dapat digunakan sebagai metode yang menjanjikan untuk pembuatan mikro 3D di masa mendatang.

Kata Kunci : GUI, Mikro deposisi, pompa jarum suntik, Tetesan.

ABSTRACT

A low cost and simple system for developing micro / nanostructures has been developed with a selective micro deposition process using a syringe pump. This method is an additive fabrication method where selective drip material is released through the syringe pump needle. The Arduino Uno microcontroller is used as a control unit and can be programmed by a computer through the GUI (Graphical User Interface). Input parameters, such as push or pull flow direction, flow rate, droplet volume, and syringe size dimensions can be entered by the user as desired values via the computer. The measurement results show that the maximum average error value of the measured volume is 2.5% and the maximum average error value of the measured flow rate is 14%. The benefits of syringe pumps for micro-settling can overcome the weaknesses of photolithography, which requires etching and stenciling in semiconductor manufacturing. Combining two or more syringes into one system with different droplets can be used as a promising method for making micro 3D in the future.

Keyword : Droplet, GUI, micro deposition, syringe pump

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘aalamiin, Puji dan Syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kekuatan, dan rahmat-NYA dalam penyusunan skripsi dengan judul “ **Depositi Tetesan Mikro Selektif Menggunakan Pompa Jarum Suntik Kontrol Arduino dan GUI (Graphical User Interface)** ”.

Skripsi ini menjadi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains pada Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Hasanuddin. Penulis berharap, skripsi ini dapat menjadi salah satu kontribusi bagi perkembangan sains di Indonesia.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian skripsi tersebut. Secara khusus penulis ucapkan kepada

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu **Armiyati Tolulu** yang selalu mendukung, memberi kasih sayang, dan perhatian tak berhingga, hingga saat ini dan Almarhum Bapak saya **Idris Adam** yang selalu mendidik saya sewaktu beliau masih ada.
2. Bapak **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso., MSc, Ph.D** selaku pembimbing utama penulis di Universitas Hasanuddin dan bapak **Erry Dwi Kurniawan., Ph.D** selaku pembimbing pertama penulis di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Terimakasih atas arahan, nasehat, motivasi, ilmu dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini hingga selesai.
3. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** dan ibu **Drs. Bansawang B.J M.Si** selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc** selaku pembimbing akademik penulis yang selalu memberi nasihat kepada penulis mengenai akademik penulis selama menjalani perkuliahan di kampus merah.

5. Bapak **Dr. Arifin, M.T**, selaku Ketua Departemen Fisika Universitas Hasanuddin yang selalu mendukung peningkatan pemberdayaan laboratorium untuk mahasiswa.
6. Seluruh **Dosen di Departemen Fisika**, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat untuk penulis, semoga dapat bermanfaat dan menjadi bekal ilmu bagi penulis. Semoga ilmu yang didapatkan penulis dapat menjadi amal *jariah* bagi seluruh dosen Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
7. Kepada seluruh **staf Departemen Fisika** Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin yang telah memudahkan seluruh proses administrasi baik selama proses perkuliahan maupun kepengurusan tugas akhir.
8. Kepada **Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)** yang telah memberikan ruang kepada penulis untuk melakukan penelitian di Pusat Penelitian elektronika dan telekomunikasi (P2ET) beserta seluruh staf di sana yang telah melancarkan proses administrasi dan penelitian ini.
9. kepada Teman-teman seperjuangan **Fisika 2015** yang senantiasa menjadi tempat bertukar informasi serta berbagai keceriaan selama di universitas hasanuddin.
10. Teman-teman **KKN 99 Desa Manakku Kec. Labakang Kab. Pangkep**, yang telah menjadi teman yang baik bagi penulis, tempat bertukar informasi selama di tempat KKN.
11. **Teman teman seperjuangan** selama penyusunan skripsi di LIPI, tempat *sharing* suka maupun duka selama penelitian di LIPI Bandung.
12. Dan semua pihak yang tidak dapat dituliskan namanya satu per satu, yang telah memberikan semangat, motivasi, dan saran agar segera menyelesaikan skripsi ini.

Demikian, penulis memohon maaf atas kekurangan dalam skripsi ini yang tak lepas dari ketidakmampuan penulis sendiri. *Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, 24 Juli 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 <i>Syringe Pump</i>	3
II.2 Motor Stepper	6
II.3 Mikrokontroler	8
II.4 <i>Control and Inteface Syringe Pump</i>	10
BAB III METODE PENELITIAN	11
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
III.2 Alat dan Bahan	11
III.3 Metodologi Penelitian	12
III.3.1 Prosedur Penelitian	12
III.3.2 Desain Syringe Pump	14
III.3.3 Rangkaian Driver Motor Stepper	14
III.3.4 Pemrograman Arduino dan Motor Stepper	15
III.3.5 Pemrograman dan Desain GUI (<i>Graphical User Interface</i>) <i>Processing</i>	15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
IV.1 Desain Syringe Pump	17
IV.2 Pemrograman dan Tampilan GUI (Graphical User Interface)	17
IV.3 Pengukuran volume yang diinginkan pada syringe pump	18
IV.3.1 Pengukuran volume yang diinginkan pada syringe pump 12 mL ..	19
IV.3.2 Pengukuran volume yang diinginkan pada syringe pump 6 mL	19
IV.3.3 Pengukuran volume yang diinginkan pada syringe pump 3 mL	19
IV.3.4 Pengukuran volume yang diinginkan pada syringe pump 1 mL	20
IV.4 Pengukuran Jarak Pergeseran terhadap Step Motor	22
IV.5 Deposisi Tetesan Mikro pada Substrat Alumina	24
BAB V PENUTUP	26
V.1 Kesimpulan	26
V.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa Jarum Suntik Sumber Terbuka Oleh Tim Dari MTU	3
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Mekantronik Syringe Pump	4
Gambar 2.3 Prinsip Persamaan Hukum Pascal	5
Gambar 2.4 Motor Stepper Dua Fase (Bipolar)	7
Gambar 2.5 <i>Board</i> Arduino Uno	8
Gambar 2.6 <i>Project Board</i> dan Kabel <i>Jumper</i>	9
Gambar 2.7 Peta Jalur Pada <i>Project Board</i>	10
Gambar 2.8 <i>Screenshot</i> Dari <i>Web Interface Syringe Pump</i>	10
Gambar 3.1 Bagan Penelitian	12
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Kontrol	13
Gambar 3.3 Desain <i>Syringe Pump</i>	14
Gambar 3.4 Rangkaian Driver Motor Stepper (DRV8825)	14
Gambar 3.5 Desain GUI <i>Processing</i>	15
Gambar 4.1 <i>Prototype</i> Pemrograman Sistem <i>Syringe Pump</i>	17
Gambar 4.2 Tampilan GUI (<i>Graphical User Interface</i>) <i>Processing</i>	18
Gambar 4.3 Grafik <i>Flow rate</i> (mL/Menit)	21
Gambar 4.4 Grafik Presentase Nilai Error <i>Flow rate</i>	21
Gambar 4.5 Grafik Presentase Nilai Error Volume	22
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Jarak Yang Diukur dengan Jarak Yang Diinginkan	23
Gambar 4.7 Grafik Nilai Error Pada Jarak Pergeseran	24
Gambar 4.8 Deposisi Tetesan Mikro Menggunakan Fotoreisis Pada Substrat Alumina	25
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Volume Yang Disuntikkan Dengan Luas Permukaan Substrat	25

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran Volume Yang Diinginkan Pada <i>Syringe Pump</i> 12 mL	19
Tabel 4.2 Pengukuran Volume Yang Diinginkan Pada <i>Syringe Pump</i> 6 mL	19
Tabel 4.3 Pengukuran Volume Yang Diinginkan Pada <i>Syringe Pump</i> 3 mL	19
Tabel 4.4 Pengukuran Volume Yang Diinginkan Pada <i>Syringe Pump</i> 1 mL	20
Tabel 4.5 Pengukuran Step Motor Terhadap Jarak Pergeseran.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan	29
Lampiran 2 Code Program Arduino dan GUI Processing	31

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Mikrofluida telah memiliki kemajuan pesat khususnya dalam mengembangkan perangkat dan sistem baru. Salah satunya seperti pencetakan inkjet. Permukaan micromachining memiliki metode umum dalam fabrikasi perangkat mikrofluida. Kesulitan dalam kasus permukaan micromachining terletak pada menyuntikkan sejumlah cairan tepat pada saluran saluran mikro[1].

Sistem mikrofluida telah menjadi salah satu alat yang lebih produktif bagi para peneliti. Volume kecil reagen dan sampel diperlukan untuk digunakan dalam sistem mikrofluida, dikombinasikan dengan kemampuan luas untuk membuat mikrofluida kinerja *chip* tinggi yang menggunakan poli (dimethylsiloxane) (PDMS). Sistem mikrofluida tidak terbatas pada penelitian biologi, seperti yang dilakukan oleh para peneliti nanoteknologi sebagai pembuatan nano devais yang berproduksi tinggi dan sebagai elektroforesis dan kromatografi yang dilakukan oleh peneliti kimia analitik[2].

Microfluidic digunakan dalam bidang multidisiplin yang menyelidiki perilaku cairan mikro dan skala nano. Aplikasi perangkat mikrofluida adalah seperti bio-sensing, immunosensing, fabrikasi mikrokapsul. Di laboratorium, sebuah pompa infus digunakan untuk menyuntikkan volume kecil cairan ke perangkat mikrofluida [3].

Pompa jarum suntik dapat digunakan untuk menyuntikkan cairan ini pada tingkat yang terkontrol. Hal tersebut dapat digunakan untuk memberikan sejumlah kecil cairan tepat di berbagai media seperti cairan kental tinggi, bahan kimia, perekat dan cairan mudah terbakar dan reaktif lainnya. pompa jarum suntik telah dirancang sebelumnya yang digunakan sebagai aplikasi di bidang kedokteran dan farmakologi. pompa mikro silikon memiliki kinerja tinggi untuk sistem pengiriman obat sekali pakai, untuk mengantarkan obat-obatan cair yang digunakan dalam bidang medis, digunakan sebagai jarum suntik dermis hiper

untuk menyuntikkan energi elektromagnetik ke dalam jaringan berbaring , digunakan untuk menyimpan film nano berbagai analisis injeksi aliran multi-jarum suntik, pompa jarum suntik laju aliran variabel untuk sintesis batang nano fe₂P. [1].

Dalam Penelitian Kian Sek tee dkk, telah mengembangkan system pengontrol aliran fluida dalam perangkat mikrofluida poli-dimetilsilikon (PDMS) berdasarkan laminasi film polimida. Pompa jarum suntik dirancang dengan laju aliran 100 ml dan 1000 ml/ menit yang dikontrol dengan motor stepper melalui system mikrokontroler arduino. Dari hasil penelitian tersebut pompa jarum suntik bisa akurat menyuntikkan volume cairan pada 100 dan 100 ml/menit[3].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini saya membuat suatu system pengontrol syringe pump sebagai deposisi tetesan mikro yang selektif dengan menggunakan syringe pump 12 mL, 6 mL, 3 mL dan 1 mL dan masing masing laju aliran 1 mL/ menit – 8mL/menit untuk mengetahui tingkat akurasi dari syringe pump dengan volume kecil dan juga sebagai deposisi tetesan mikro dalam pembuatan devais material.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat system Mikrokontroler pada *syringe pump*
2. Bagaimana nilai akurasi dari sebuah alat syringe pump yang dibuat dengan menghitung volume yang dikeluarkan dan laju aliran yang dihasilkan.
3. Bagaimana Hubungan antara Step Motor dengan Jarak yang bergeser
4. Bagaimana Deposisi tetetsan mikro pada jarum suntik yang dibuat.

I.3 Tujuan Penelitian

1. Mendesain system mikrokontroler pada *syringe pump*
2. Menganalisis nilai akurasi dari sebuah alat syringe pump yang dibuat dengan menghitung volume yang dikeluarkan dan laju aliran yang dihasilkan..
3. Menganalisis hubungan antara Step Motor dengan Jarak yang bergeser.
4. Menganalisis deposisi tetesan mikro pada jarum suntik yang dibuat.

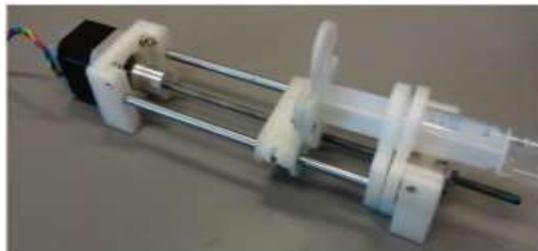
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Syringe Pump

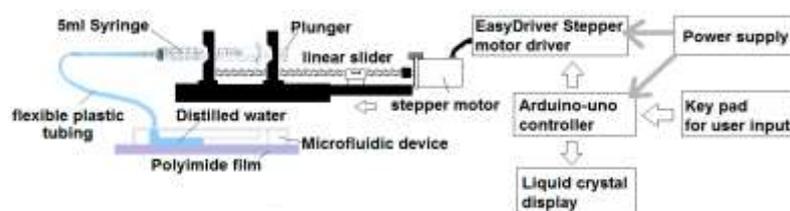
Syringe Pump atau jarum suntik, adalah perangkat, yang secara linear mendorong atau menarik plunger jarum suntik yang dipasang, dan dengan demikian menyebabkan pompa mengeluarkan volume atau aliran cairan yang terkandung di dalamnya dengan tepat. Contoh-contoh berikut dari pompa jarum suntik yang ada dipilih dari jenis yang lebih kecil, meninggalkan perangkat infus yang lebih besar dan mesin serupa. Semuanya berfungsi sebagai dukungan untuk jarum suntik ukuran biasa dan dapat digunakan di laboratorium Syringe Pump dapat mengontrol laju aliran yang berskala milliliter sampai mikroliter dalam jangka waktu tertentu dengan ketelitian yang sangat tinggi. Syringe pump selain digunakan dalam bidang medis juga digunakan dalam bidang nanoteknologi contohnya seperti elektrospinner[4].

Contoh pertama (Gambar 2.1) adalah proyek yang dibuat oleh tim mahasiswa pascasarjana dan sarjana di Universitas Teknologi Michigan, dipimpin oleh Associate Professor Joshua M. Pearce. Tampaknya menjadi satu dengan pendekatan dan dokumentasi paling serius, mereka bahkan merilis makalah tentang itu. Pompa ini dibangun menggunakan bagian cetak 3D yang dapat disesuaikan yang dirancang pada motor stepper OpenScad dan NEMA yang dikendalikan oleh Raspberry Pi dengan antarmuka pengguna web. Namun, tampaknya memberikan sedikit penekanan pada area volume rendah, menyatakan di koran bahwa pengukuran yang dilakukan terbatas pada setetes volume cca 20 μL [4],



Gambar 2.1 Pompa Jarum Suntik Sumber Terbuka oleh Tim dari MTU

Konfigurasi dan sirkuit mikrokontroler untuk kontrol pompa jarum suntik. Papan mikrokontroler Arduino-uno digunakan sebagai sistem kontrol untuk motor stepper uni-polar yang digabungkan ke sistem pompa jarum suntik. Papan pengontrol Arduino-uno dibangun dengan 14 pin digital input / output, di mana 6 pin dapat digunakan sebagai output modulasi lebar pulsa, 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, bus serial universal, input daya universal dan reset tombol. Untuk koneksi input, delapan pin input digital dihubungkan ke membran keypad 4 × 4 di mana 4 pin untuk baris dan kolom, masing-masing. Enam pin analog dari mikrokontroler dihubungkan sebagai keluaran ke layar kristal cair (LCD) 16 × 2. Dua pin output ditugaskan untuk modul motor stepper EasyDriver (SparkFun Electronics, Inc). LCD dan keypad terpasang dan diberdayakan langsung oleh Arduino-uno yang memiliki tegangan operasi 5 Vdc. Sumber daya 8 Vdc yang terpisah untuk motor stepper diperoleh dari adaptor daya. Oleh karena itu, daya ke pengontrol dipisahkan dari daya ke motor untuk menghindari kerusakan karena arus berlebih yang berasal dari motor stepper. Untuk mekanisme bergerak, motor stepper menggerakkan slider untuk memasukkan atau menyempitkan jarum suntik 5 ml. Motor stepper menerima sinyal dari driver motor (L293D) yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino. Mikrokontroler mengirimkan sinyal ke EasyDriver untuk menggerakkan motor stepper[1].

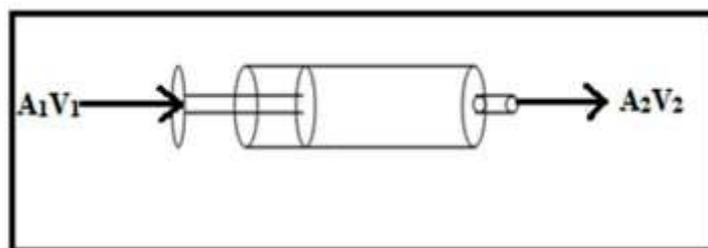


Gambar 2.2 Diagram Blok Sstem Mekantronik *Syringe Pump* [1]

Untuk bagian pemrograman, kecepatan motor stepper ditentukan oleh algoritma stepping mikro yang ditetapkan dalam program. Dalam pemrograman motor stepper dari proyek ini, metode langkah mikro diterapkan untuk mengendalikan kecepatan motor. Kecepatan motor stepper dapat diatur dengan rotasi per menit (rpm) atau perubahan stepping mikro. Motor stepper uni-polar berputar 1,8 derajat per langkah. Delapan langkah mikro diaktifkan dengan

menggunakan EasyDriver. Motor stepper membutuhkan 2,54 ms untuk satu langkah. Oleh karena itu, waktu langkah dibagi dengan faktor delapan menghasilkan 317,5 μ s untuk langkah mikro tunggal di EasyDriver. Untuk mencapai 0,06 detik untuk revolusi, 190 langkah mikro per revolusi akan digunakan. Untuk laju aliran, itu akan menjadi 1000 μ l / min atau 16,7 μ l / s. Untuk laju aliran 100 μ l / mnt atau 1,67 μ l / s, langkah total yang digunakan adalah 1900 langkah mikro per revolusi. Gaya dorong ke plunger pompa jarum suntik 5 ml berasal dari rotasi motor stepper melalui sekrup timah yang berfungsi sebagai slider linier. LCD diprogram untuk menampilkan menu untuk pemilihan volume cairan dan inisiasi proses infus. Tabel 1 menunjukkan instruksi yang dapat ditampilkan pada LCD. Keypad 4 \times 4 telah ditentukan sebelumnya dengan pilihan input. Pengguna dapat memilih volume aliran 100 atau 1000 μ l. Volume air suling yang dikeluarkan dari pompa jarum suntik ditentukan menggunakan tabung pengukur[1].

Elemen kunci dari pompa jarum suntik adalah jarum suntik. cairan diinjeksikan keluar dari syringe tergantung pada tekanan yang diberikan oleh plunger. tekanan yang diterapkan pada jarum suntik akan ditransmisikan melalui fluida sesuai dengan hukum pascal seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3 tekanan yang diterapkan untuk laju aliran yang diinginkan dapat dihitung menggunakan persamaan bernoulli[3]



Gambar 2.3 Prinsip Persamaan Hukum Pascal [3]

Menurut Hukum Pascal, tekanan input eksternal diterapkan pada fluida dalam bejana tertutup secara seragam ditransmisikan tanpa kehilangan ke setiap bagian fluida. Karena cairan tidak dapat dimampatkan, laju aliran masuk (Q_1) ke

suatu area harus sama dengan laju aliran keluar (Q_2) keluar dari area sebagai Persamaan Kontinuitas[3].

$$Q_1 = Q_2 \quad \dots(1)$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 \quad \dots(2)$$

Di mana Q adalah laju aliran, v adalah kecepatan fluida, dan A adalah luas penampang ruang yang dilewati fluida. Tekanan yang diterapkan untuk laju aliran yang diinginkan dapat ditentukan oleh Persamaan Bernoulli berikut:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad \dots (3)$$

Dalam sistem kami yang dirancang, masukan dan keluaran syringe adalah posisi horizontal yang sama. Jadi, ketinggian elevasi masukan dan keluaran adalah sama [3].

$$Z_1 = Z_2 \quad \dots (4)$$

pada laju aliran, tekanan pada saluran masuk sedikit lebih tinggi dari tekanan keluar yang dianggap atmosfer [3].

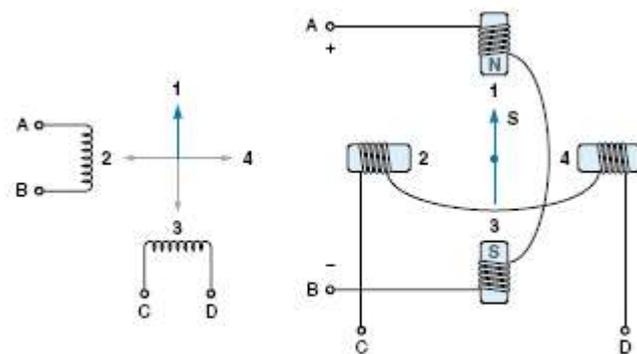
$$\frac{P_1}{\rho g} = 11.12 + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots (5)$$

II.2 Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada bagian *stator* sedangkan pada bagian *rotor* merupakan *magnet* permanen (bahan *ferromagnetic*). Karena konstruksi inilah maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya. Ada tiga jenis motor stepper: motor stepper Magnet Permanen, Variable Reluctance dan Hybrid. Semua jenis tersebut

melakukan fungsi dasar yang sama, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi [5].

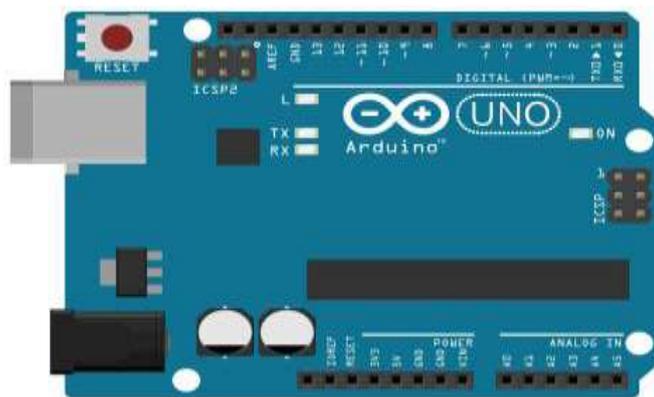
Motor stepper dua-phase (bipolar) mempunyai konstruksi yang mirip dengan jenis unipolar, hanya tidak terdapat *tap* pada kumparannya (gambar). Penggunaan motor stepper jenis bipolar memerlukan rangkaian yang agak lebih rumit untuk mengatur agar motor ini dapat berputar dalam dua arah. Untuk menggerakkan motor stepper jenis ini biasanya diperlukan sebuah *driver* motor yang dikenal dengan nama *H bridge*. Rangkaian ini akan mengontrol setiap kumparan secara terpisah (*independent*) termasuk polaritas untuk setiap kumparan. Motor stepper dua-phase (bipolar) hanya mempunyai dua rangkaian tetapi sebenarnya terdiri dari empat kutub medan. Gambar 7(a) menunjukkan simbol motor dan gambar 7(b) menunjukkan bagaimana perkawatan/lilitan internal motor tersebut. Pada gambar 7(b), rangkaian AB terdiri dari dua kutub berlawanan sedemikian bila tegangan yang dikenakan (+A-B), kutub bagian atas akan memberikan ujung utara terhadap rotor dan kutub bawah akan memberikan ujung selatan. Rotor akan cenderung sejajar sendiri secara vertikal (posisi 1) dengan kutub selatannya mengarah ke atas (sebab kutub magnet yang berlawanan akan saling menarik). Jika rotor bergerak CCW (*counterclockwise*, berlawanan arah jarum jam) dari posisi 1, maka rangkaian CD harus diberi energi dengan polaritas C+D-. Hal ini akan menarik rotor ke posisi 2. Selanjutnya, rangkaian AB diberi energi lagi, tetapi kali ini polaritasnya terbalik (-A+B), yang menyebabkan kutub bawah memberikan ujung utara pada rotor, dengan demikian tertarik ke posisi 3. Istilah bipolar digunakan pada motor ini karena arus kadang-kadang terbalik [5].



Gambar 2.4 Motor Stepper Dua Fase (bipolar) [5],

II.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (integrated circuit) yang terdiri dari processor, memory, dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau chip mikrokontroler terdiri dari CPU, memory, dan I/O yang bisa kita kontrol dengan memprogramnya [6]. Mikrokontroler juga dikenal dengan mikroprocessor CPU (*Central Processing Unit*) yang dikombinasikan dengan I/O dan memori ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Access Memory*). Berbeda dengan mikrokomputer yang memiliki bagian-bagian tersebut secara terpisah, mikrokontroler mengkombinasikan bagian tersebut dalam tingkat *chip*. Contoh dari mikrokontroler salah satunya adalah ATmega328. Salah satu mikrokontroler berbasis ATmega328 adalah Arduino UNO. Board Arduino terdiri dari hardware / modul mikrokontroler yang siap pakai dan *software* IDE yang digunakan untuk memprogram sehingga kita bisa belajar dengan mudah. Kelebihan dari Arduino yaitu kita tidak direpotkan dengan rangkaian minimum sistem dan *programmer* karena sudah *built in* dalam satu *board*. Oleh sebab itu kita bisa fokus ke pengembangan sistem [7].

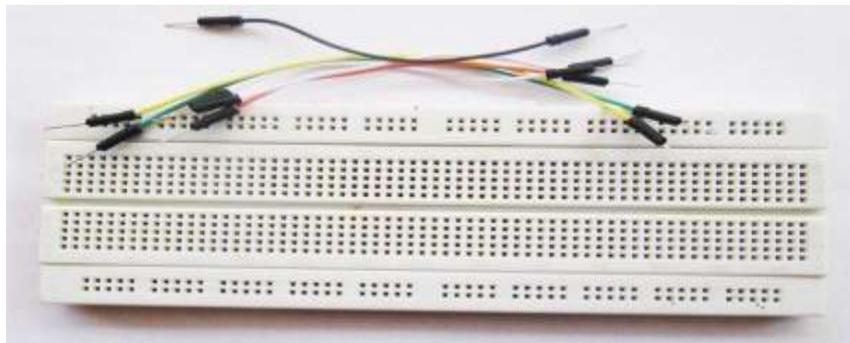


Gambar 2.5 Board Arduino Uno [6].

Arduino UNO merupakan sebuah *board* yang berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, *jack* listrik, dan tombol *reset*. Arduino UNO ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Arduino diaktifkan dengan cara

menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB yang menggunakan daya AC DC atau baterai. Elemen utama dari mikrokontroler Arduino UNO yaitu *Input/Output* atau I/O melalui pin-pin, *port* USB, dan mikrokontroler yang di dalamnya terdapat sejumlah kecil RAM. ATmega328 pada Arduino UNO hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru ke ATmega328. Sifat *open source* Arduino banyak memberikan keuntungan tersendiri, dikarenakan dengan sifat *open source* komponen yang digunakan tidak hanya tergantung pada satu merek tetapi juga memungkinkan bisa digunakan dalam semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman Arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan dengan *syntax* sehingga dapat mempermudah dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler [7].

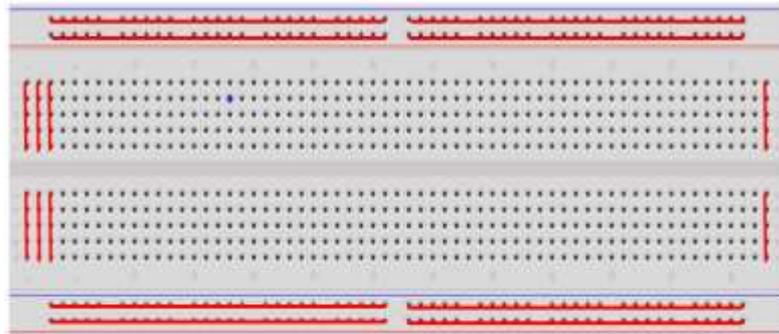
Project board atau *bread board* dan kabel jumper untuk menghubungkan antara komponen dan Arduino. Dengan *project board* tidak perlu menyolder rangkaian sehingga relatif mudah dan cepat dalam merangkai. *Project board* memungkinkan untuk membangun dan membongkar rangkaian dengan cepat. sehingga sangat cocok untuk eksperimen. Tapi jika ingin membuat rangkaian yang permanen, maka harus menggunakan PCB [6].



Gambar 2.6 *Project Board* dan Kabel *Jumper* [6].

Hal yang harus dipahami yaitu jalur-jalur pada *project board*. *Project board* terdiri dari jalur vertikal dan jalur horisontal. Jalur vertikal ada di bagian tengah yang terdiri dari 2 x 64 jalur. Masing-masing jalur terdiri dari 5 titik vertikal, misal jalur 1A-1B-1C-1D-1E dan jalur 1F-1G-1H-1I-1J yang kedua tidak saling tersambung. Jalur horisontal sebanyak 8 jalur, 4 jalur ada di bagian atas dan 4

jalur lagi di bagian bawah. Jalur ini bisa digunakan untuk power supply (VCC dan GND) untuk rangkaian [6].



Gambar 2.7 Peta Jalur pada *Project Board* [6].

II.4 Control and Interface Syringe Pump

Pompa jarum suntik dikendalikan oleh program Python open-source yang berjalan pada Raspberry Pi, yang merupakan komputer berbasis ARM yang menjalankan GNU / Linux. Raspberry Pi adalah komputer murah berukuran kartu kredit yang memiliki jaringan terintegrasi, suara, video, host USB dan yang paling penting, jalur I / O yang terbuka dan mudah diakses. Raspberry Pi diinstal dengan sistem operasi Raspbian standar. Server web kustom dijalankan, yang melayani halaman web melalui jaringan kabel atau secara nirkabel melalui adaptor USB nirkabel yang terpasang pada port USB Raspberry Pi. Setiap komputer di jaringan kemudian dapat mengendalikan pompa melalui halaman web ini [8].



Gambar 2.8 *Screenshot* dari *Web Interface* Syringe Pump [8].