TRANSMISI: JURNAL ILMIAH TEKNIK ELEKTRO, 28, (4), OKTOBER 2026
p-ISSN 1411-0814 e-ISSN 2407-6422

INFUSION PUMP OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR DETEKSI GELEMBUNG UDARA DAN ALIRAN CAIRAN BERBASIS ARDUINO

Slamet Purwo Santosa[*)], Idris Fauzi dan Lukman Aditya

Departemen Teknik Elektro, Universitas Krisnadwipayana, Pondok Gede, Jakarta, Indonesia

[*)]*E-mail: slametpurwo@unkris.ac.id*

Abstrak

Teknologi di bidang kesehatan terus mengalami perkembangan, salah satunya adalah infusion pump yang berfungsi untuk memasukkan cairan secara terukur ke dalam tubuh pasien. Meskipun demikian, penggunaan infus masih menghadapi beberapa permasalahan, seperti cairan habis, munculnya gelembung udara, dan oklusi (penyumbatan) yang dapat membahayakan keselamatan pasien. Penelitian ini merancang infusion pump otomatis berbasis Arduino Uno dengan mengintegrasikan sistem pengaturan, flow rate cairan yang akurat, deteksi gelembung udara dengan diameter 3 mm, deteksi cairan habis, serta alarm peringatan dini untuk kasus oklusi sesuai standar Kementerian Kesehatan RI. Hasil pengujian menunjukkan alat mampu mengatur flow rate dengan rata-rata 108,75 mL/menit, error 8,55% dan akurasi 91,45% saat disetting 100 mL/menit, rata-rata 194,98 mL/menit, error 2,51% dan akurasi 97,49% saat disetting 200 mL/menit, serta rata-rata 311,1 mL/menit, error 3,74% dan akurasi 96,26% saat disetting 300 mL/menit. Alat ini juga mampu mendeteksi oklusi dengan rata-rata tekanan 3,36 Psi, jauh di bawah ambang batas < 20 Psi, serta mendeteksi gelembung berdiameter >3mm. Sistem dapat menghentikan aliran otomatis ketika cairan habis, sehingga risiko udara masuk ke tubuh pasien dapat diminimalkan. Dengan akurasi tinggi, sensitivitas yang baik, serta validasi sesuai standar medis, infusion pump otomatis ini dinyatakan aman, efektif, ekonomis, dan praktis untuk menunjang layanan kesehatan.

Kata kunci: arduinio uno, gelembung udara, infusion pump, flow rate, oklusi

Abstract

Technology in the health sector continues to develop, one of which is the infusion pump that functions to inject fluids in a measured manner into the patient's body. However, the use of infusions still faces several problems, such as running out of fluid, the appearance of air bubbles, and occlusion (blockage) which can endanger patient safety. This study designed an Arduino Uno-based automatic infusion pump by integrating a control system, accurate fluid flow rate, detection of 3 mm diameter air bubbles, detection of fluid exhaustion, and an early warning alarm for occlusion cases according to the standards of the Indonesian Ministry of Health. The test results showed that the device was able to regulate the flow rate with an average of 108.75 mL/minute, an error of 8.55% and an accuracy of 91.45% at a speed of 100 mL/minute, an average of 194.98 mL/minute, an error of 2.51% and an accuracy of 97.49% at a speed of 200 mL/minute, and an average of 311.1 mL/minute, an error of 3.74% and an accuracy of 96.26% at a speed of 300 mL/minute. This device is also capable of detecting occlusions with an average pressure of 3.36 psi, well below the threshold of <20 psi, and detecting bubbles with a diameter of >3 mm. The system can automatically stop the flow when the fluid runs out, thus minimizing the risk of air entering the patient's body. With high accuracy, good sensitivity, and validation according to medical standards, this automatic infusion pump is declared safe, effective, economical, and practical to support healthcare services.

Keywords: Arduino Uno, air bubbles, infusion pump, flow rate, occlusion

1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan bidang penting yang menjadi prioritas di Indonesia demi menciptakan manusia Indonesia sehat. Seiring dengan berkembangnya dunia kesehatan, teknologi pada dunia kesehatan juga terus mengalami perkembangan yang menyebabkan terciptanya berbagai inovasi dalam dunia kesehatan khususnya dalam hal peralatan medis. Perlatan medis yang ada saat ini semakin canggih, praktis, efisien, dan efektif, sehingga memberikan dampak posistif bagi pelayanan medis [1].

Salah satunya adalah alat medis yang digunakan untuk memasukkan cairan infus ke dalam tubuh pasien. Infus merupakan prosedur medis dimana memasukan cairan secara terus-menerus langsung ke dalam pembuluh darah vena pasien, dalam dosis yang sudah ditentukan dan dilakukan pada periode jangka waktu tertentu [2]. Dalam praktiknya proses penggunaan infus ini tidak selalu berjalan normal. Ada beberapa masalah yang sering kali terjadi, seperti cairan infus yang habis tanpa diketahui oleh tenaga medis atau adanya gelembung di dalam selang infus

[3], [4]. Masalah ini tidak bisa dianggap sepele. Dalam ilmu medis, gelembung udara yang masuk ke dalam tubuh pasien ini sangat berbahaya dikarenakan gelembung tadi dapat mencemari aliran darah dan menyebabkan terjadinya emboli yaitu masuknya benda asing kedalam jantung[5]. Jika tidak segera ditangani, kondisi ini dapat mengancam keselamatan pasien. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi berupa alat deteksi gelembung udara yang dapat mendeteksi adanya gelembung udara dan memastikan bahwa aliran tetesan cairan infus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Jika terdeteksi adanya gelembung udara atau cairan infus habis (atau masalah lain), alat tersebut akan mengaktifkan alarm untuk menghindari terjadinya emboli pada pasien dan memberikan informasi kepada perawat mengenai resiko yang bisa membahayakan kesehatan dan keselamatan pasien [6].

Penelitian mengenai infusion pump telah banyak dilakukan diantarannya oleh Heru dan Fitria (2022) yang mengembangkan sistem nurse call terhadap kegagalan infusion pump menggunakan mikrokontroler Atmega 853. Penelitian ini menitik beratkan pada fitur deteksi gelembung udara dan cairan infus yang habis [7].

Penelitian selanjutnya oleh Faza Zufar Tara (2023) yang hanya menekankan pendeteksian gelembung dan oklusi tetapi tidak berfokus pada akurasi flow rate cairan infus yang sesuai dengan standar medis [8].
Penelitian selanjutnya oleh Muhammad Achsanul In'am (2023) lebih menitikberatkan pada penerapan kontrol fuzzy PI untuk stabilitas flow rate dan belum ada aspek deteksi cairan habis dan gelembung udara [9].

Sedangkan pada penelitian ini merancang infusion pump otomatis berbasis Arduino Uno yang mengintegrasikan berbagai fungsi sekaligus, yaitu pengaturan flow rate cairan dengan akurasi tinggi, deteksi gelembung udara dengan sensitivitas mencapai 3 mm, deteksi cairan habis, serta sistem peringatan awal untuk kasus oklusi.

Integrasi fungsi pada alat ini menjadikan keterbaruan dalam penelitian ini, karena selain meningkatkan keakuratan aliran cairan, juga memberikan peringatan keamanan tambahan yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya. Selain itu penelitian ini juga memasukan nilai simpangan alat, nilai error dan nilai akurasi alat. Penggunan alat ini dapat meminimalkan pemantauan secara manual karena alat ini dilengkapi alarm saat terjadi gangguan, menjadikannya lebih efisien dan aman bagi pasien.

2. Metode

2.1. Standarisasi Infusion Pump

Infusion pump merupakan perangkat medis yang berfungsi untuk mengatur aliran cairan secara presisi masuk ke dalam tubuh pasien. Sebagai alat medis yang digunakan secara luas di rumah sakit di Indonesia maka infusion pump harus memenuhi Standar Nasional Indonesia guna menjamin keamanan dan efektivitas penggunaannya seperti yang terlihat pada tabel 1.

Penelitian ini mengacu pada standar akurasi flow rate, sistem deteksi oklusi, serta kemampuan mendeteksi gelembung udara dalam cairan infus yang berlaku di Indonesia yang diterbitkan oleh Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan.

Tabel 1. Standarisasi berdasarka Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018

Parameter	Standar	Keterangan
Akurasi flow rate	Error ≤ 10%	Jika lebih dari nilai yang ditentukan alat tidak layak pakai dan harus dikalibrasi ulang
Oklusi	< 20 Psi	Alarm harus aktif bila tekanan dalam jalur infus melebihi batas ini.
Ukuran diameter gelembung	≤ 3mm	Alarm harus aktif dan infusion pump akan berhenti bila diameter dalam jalur infus melebihi batas ini.

2.2. Diagram Alir Penelitian

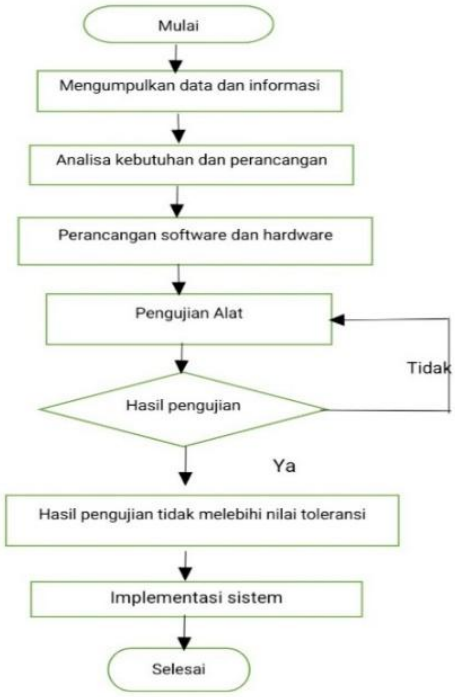
Alur penelitian secara umum seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Diagram alir ini menggambarkan tahapan penelitian mulai dari tahap awal pengumpulan data hingga pada tahap akhir berupa analisis hasil dan penyusunan kesimpulan[11].

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap awal yaitu studi literatur dengan mengkaji penelitian terdahulu terkait infusion pump serta komponen elektronik yang relevan, guna menentukan kebutuhan sistem. Tahap perancangan sistem meliputi desain perangkat keras, yaitu Arduino Uno sebagai unit kendali utama, motor peristaltik untuk mengatur aliran cairan infus, sensor optik untuk mendeteksi gelembung udara, sensor level cairan untuk mendeteksi cairan habis, serta buzzer dan LCD untuk alarm dan tampilan informasi. Perangkat lunak dirancang menggunakan Arduino IDE untuk mengatur flow rate, memproses data sensor dan mengaktifkan alarm jika terdeteksi gangguan[12].

Tahap implementasi dilakukan dengan merakit semua komponen sesuai rancangan serta mengunggah program ke mikrokontroler. Setelah itu dilakukan pengujian alat, yang mencakup: uji flow rate untuk menilai akurasi flow rate cairan, uji oklusi dengan Infusion Device Analyzer (IDA-1S) sesuai standar, uji deteksi gelembung udara untuk mengukur sensitivitas sensor hingga batas minimum 3 mm serta uji deteksi cairan habis[13].

Data hasil pengujian dianalisis untuk menghitung rata-rata flow rate, persentase error, akurasi, serta sensitivitas sensor. Jika hasil pengujian sesuai standar, penelitian dilanjutkan dengan analisis data dan penarikan kesimpulan. Namun, jika hasil tidak sesuai, sistem diperbaiki pada tahap perancangan sebelum diuji kembali.

Dengan metode ini diharapkan diperoleh prototipe infusion pump berbasis Arduino yang aman, akurat, dan sesuai standar medis.

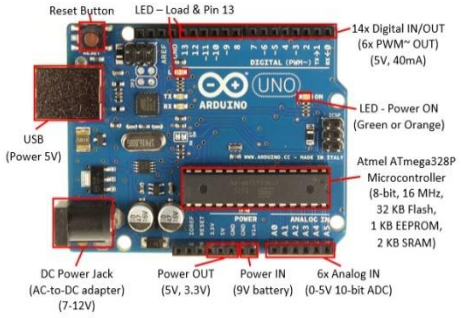


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3. Perancangan Perangkat Keras

2.3.1. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah papan elektronik berbasis mikrokontroler ATmega328 yang berfungsi seperti komputer mini. Arduino Uno ini dapat digunakan untuk membuat berbagai rangkaian elektronik, mulai dari yang sederhana seperti menyalakan lampu LED hingga yang kompleks seperti mengontrol robot. Dengan tambahan komponen, Arduino Uno juga bisa digunakan untuk melakukan monitoring jarak jauh, misalnya kondisi pasien di rumah sakit atau pengendalian alat rumah tangga melalui jaringan internet[14].



Gambar 2. Bentuk Fisik Arduino Uno.

Arduino Uno dilengkapi dengan mikroprosesor Atmel AVR, oscillator 16 MHz untuk pengaturan waktu yang akurat, serta regulator tegangan 5 volt. Terdapat pin digital (0–13) untuk sinyal digital, dan pin analog (A0–A5) untuk membaca sinyal analog. Selain itu, Arduino ini memiliki memori data SRAM 2 KB, flash memory 32 KB untuk program, dan EEPROM untuk penyimpanan permanen.

2.3.2. Motor DC

Motor arus searah (DC) adalah perangkat elektromekanis yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan rotasi atau putaran poros motor[15].



Gambar 3. Motor DC

2.3.3. Motor Peristaltic Pump

Motor Peristaltik Pump biasanya digunakan untuk memompa cairan bersih atau steril atau sangat reaktif tanpa membuat cairan tersebut terkontaminasi dari komponen pompa yang terbuka[16]. Beberapa aplikasi umum termasuk pemompaan cairan melalui perangkat infus, apheresis, bahan kimia yang sangat reaktif, bubur dengan kandungan padatan tinggi, dan bahan lain yang memerlukan isolasi produk dari lingkungan. Peristaltic pump juga digunakan dalam mesin jantung paru-paru untuk mengedarkan darah selama operasi bypass, dan dalam sistem hemodialisis, karena pompa tidak menyebabkan hemolisis yang signifikan, atau pecahnya sel darah.

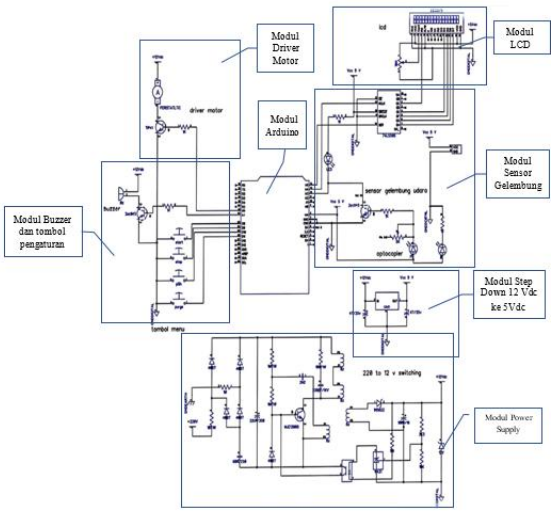


Gambar 4. Bentuk Fisik Motor Peristaltik Pump

2.3.4. Rangkaian Alat Keseluruhan

Pada gambar 5 rangkaian alat infusion pump ini terdiri dari beberapa modul utama yang saling terintegrasi dengan Arduino Uno sebagai pusat kendali. Modul power supply untuk mengubah tegangan PLN 220 Volt AC menjadi tegangan DC yang stabil, yaitu 12 Volt DC dan melalui rangkaian step down untuk dijadikan 5 Volt DC untuk

menyuplai daya Arduino, sensor, LCD, dan buzzer. Selanjutnya, modul sensor gelembung udara dan cairan menggunakan optocoupler yang dipasang pada selang infus untuk mendeteksi adanya gelembung atau cairan habis, dengan sinyal diperkuat transistor sebelum diteruskan ke Arduino. Jika terjadi gangguan, Arduino akan menghentikan kerja motor peristaltik melalui modul driver motor, sekaligus mengaktifkan alarm buzzer dan menampilkan pesan error pada LCD. Motor peristaltik sendiri bertugas mengatur flow rate cairan sesuai pengaturan yang dipilih pengguna melalui push button menu, yang terdiri atas tombol Start, Stop, Pilih setting, dan Purge. Sementara itu tampilan pada LCD 16x2 berisi informasi mengenai setting flow rate, waktu status status system. Dengan integrasinya seluruh modul ini, sistem ini dapat bekerja secara otomatis mulai dari mengatur aliran cairan, mendeteksi gangguan, hingga memberikan alarm dan informasi kepada tenaga medis sehingga penggunaan alat lebih aman, efisien, dan praktis di lingkungan klinis.



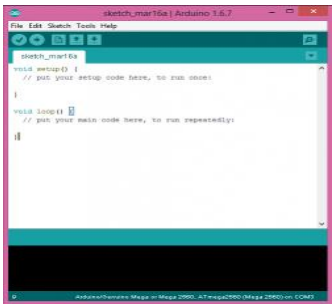
Gambar 5. Rangkaian Alat Keseluruhan

2.4. Perancangan Software

Dalam perancangan perangkat lunak digunakan untuk mengaktifkan alat jadi kita tidak hanya perangkat keras (hardware) nya saja yang dirancang tetapi diperlukan juga adanya perangkat lunak (software), berupa program-program yang bertujuan untuk menggerakan dan mengendalikan hardware sesuai dengan fungsi alat yang diinginkan. Tujuan utama dari alat atau modul yang dibuat penulis adalah untuk mendeteksi gelembung udara dan cairan. CPU sebagai pengendali utama yaitu arduino uno yang dirancang dengan menggunakan program Arduino IDE.

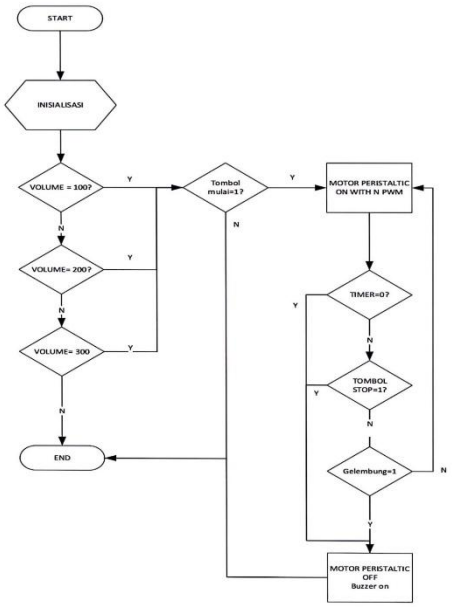
2.4.1 Program Software Arduino IDE

Pengertian Arduino Software Integrated Developtment Enviroenment (IDE) secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena dengan software inilah Arduino dapat dipemrogram untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman yang menyerupai bahasa C [17], [18].



Gambar 6. Tampilan Dari Software Arduino IDE.

2.5. Perancangan Alat



Gambar 7. Diagram Alir Perancangan Alat

Diagram alir perancangan alat seperti yang ditunjukan pada gambar 7, menggambarkan alur kerja sistem infusion pump otomatis yang dimulai dari proses inisialisasi hingga pemberhentian alat. Setelah inisialisasi, pengguna memilih volume cairan (100 mL, 200 mL, atau 300 mL), kemudian sistem menunggu tombol mulai ditekan. Jika tombol ditekan, motor peristaltik aktif dan memompa cairan sesuai volume yang dipilih, sementara timer berjalan untuk mengukur durasi infus. Selama proses, sistem terus memantau kondisi, yaitu apakah tombol stop ditekan atau sensor mendeteksi gelembung udara. Jika terdeteksi gelembung atau tombol stop diaktifkan, motor segera dimatikan dan buzzer menyala sebagai alarm. Setelah volume tercapai atau proses dihentikan, sistem berakhir pada kondisi end. Peringatan dan tindakan lanjutan

infusion pump akan memberikan peringatan visual atau suara yang di keluarkan oleh buzzer kepada petugas medis mengenai adanya gelembung udara yang terdeteksi. Untuk alat yang sudah direalisasiak dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Realisasi Alat

2.6. Flow Rate Pompa Infus

Penelitian ini dibuat rancang bangun pompa infus dengan pendeteksi gelembung udara dan cairan berbasis arduino uno dan dilakukan perhitungan untuk mengetahui flow rate atau flow rate pompa infus [19] . Flow rate atau flow rate pada pompa infus dapat dicari dengan menggunakan persamaan 1 dibawah ini.

$$\text{Flow rate (Q)} = \frac{V}{T} \quad (1)$$

Dimana
Q = Flow rate (mL/menit)
V = Volume cairan infus (mL)
T = Waktu Infus (menit)

Dari flow rate dapat kita cari rata-rata dari beberapa kali pengukuran flow rate dengan persamaan 2 dibawah ini.

$$\text{Rata - Rata (X)} = \frac{\sum xi}{n} \quad (2)$$

Dimana
X = rata-rata flow rate
∑xi = JumLah flow rate
n = Banyaknya data

2.6.1. Simpangan Flow rate

Merupakan nilai atau selisih nilai antara flow rate yang yang diukur atu disetting dengan flow rate yang diharapkan dan nilai ini dapat dicari dengan persamann 3 dibawah ini[20].

Simpangan = Setting mL/menit – Keluaran mL/menit (3)

2.6.2. Presentase Error Flow rate

Persentase error digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan pengukuran flow rate dibandingkan dengan nilai yang diharapkan atau nilai standar (target). Nilai ini dapat ditentukan dengan persamaan 4 dibawah ini [21].

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai (Rata−Rata)− Nilai Sebenarnya}}{\text{Nilai seharusnya}} \text{x100\%} \quad (4)$$

2.6.3. Akurasi

Menunjukkan seberapa dekat nilai pengukuran flow rate dengan nilai sebenarnya atau nilai yang diharapkan (teoretis). Semakin kecil selisih antara keduanya, semakin tinggi akurasinya seperti ditunjukan persamaan 5 dibawah ini [22].

Keakurasian = 100 % - Persentase Error (5)

2.7. Kemampatan (Occlusion)

Kondisi sebuah saluran atau selang mengalami penyumbatan atau hambatan aliran sehingga mengurangi atau bahkan menghentikan flow rate cairan[23].
Untuk mencari nilai-nilai rata-rata dapat menggunakan persamaan 2. Menurut standarisasi kemampatan ini bernilai tidak lebih dari 20 Psi atau < 20 Psi.

2.8. Gelembung Udara

Pada system infusion pump, gelembung udara yang berada dalam selang atau jalur infus harus diawasi dengan ketat, karena jika masuk kedalam aliran darah akan mengakibatkan emboli udara yang berbahaya. Salah satu parameter yang diukur adalah diameter gelembung udara. Menurut standar Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia diameter udara harus ≤ 3mm.

2.9. Kalibrasi Infusion Pump Arduino Uno

2.9.1. Kalibrasi Flow rate

Pengujian flow rate pada alat dilakukan dengan mengatur flow rate pada beberapa setting, yaitu 100, 200, dan 300 mL/menit. Volume cairan yang keluar kemudian diukur menggunakan timbangan digital dalam periode waktu tertentu untuk memperoleh data yang akurat. Setiap pengujian dilakukan sebanyak minimal enam kali, kemudian hasilnya dihitung nilai rata-rata dan dibandingkan dengan nilai setting yang telah ditentukan [24]. Pada penelitian kali ini pengujian dilakukan hinga sepuluh kali agar terlihat variasi data hasil pengujian serta memperdalam hasil analisa. Jika hasil belum sesuai bisa disetting pada program arduino IDE atau kita setting kecepatan motor peristaltiknya sampai didapat volume cairan sesuai dengan yang disetting. Berdasarkan standarisasi alat dinyatakan layak digunakan apabila persentase error yang diperoleh tidak melebihi ±10% dari nilai setting.

2.9.2. Kalibrasi Sensor Optik

Kalibrasi sensor optik pada infusion pump berbasis Arduino dilakukan untuk memastikan sistem mampu membedakan kondisi normal, yaitu ketika selang terisi penuh dengan cairan dan kondisi abnormal ketika terdapat gelembung udara atau cairan habis. Proses dimulai dengan mengukur nilai sensor optik pada kondisi normal selang yang terisi cairan penuh tanpa gelembung, kemudian mencatat hasil pengukuran enamkali apakah terdeteksi adanya gelembung atau tidak. Selanjutnya memasukan gelembung udara berdiameter ≥3 mm ke dalam selang, dan nilai sensor kembali dicatat sebanyak enam kali untuk memperoleh rata-rata kondisi gelembung. Dari kedua nilai ini ditentukan titik batas rata-rata cairan normal dan rata-rata gelembung. Nilai batas ini kemudian dimasukkan ke dalam program Arduino IDE agar sistem dapat secara otomatis mendeteksi perbedaan kondisi. Setelah nilai batas ini diatur, dilakukan validasi ulang dengan mengulangi pengujian minimal enam kali sesuai Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018 guna memastikan konsistensi hasil. Jika sensor masih salah membaca, batasan disesuaikan kembali hingga alat bekerja secara reliabel[25]. Meskipun metode ini masih manual dan sederhana, proses kalibrasi ini penting untuk menjamin bahwa prototipe berbasis Arduino dapat mendekati standar medis, meskipun pada alat medis standar deteksi gelembung biasanya dilakukan secara otomatis dengan akurasi lebih tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan penambahan jumlah data uji dari enam kali pengujian sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018 menjadi sepuluh kali pengujian. Data tambahan tersebut tidak digunakan sebagai acuan utama dalam penilaian kelayakan klinis, melainkan hanya sebagai informasi pendukung untuk menunjukkan variasi data hasil pengujian dan meningkatkan kualitas analisis statistik agar analisa hasil menjadi lebih mendalam.

3.1. Pengujian Flow rate

Proses pengukuran flow rate pada penelitian ini dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan timbangan digital sebagai alat ukur utama. Cairan infus dialirkan melalui pompa peristaltik ke wadah penampung yang sebelumnya telah ditimbang dan dilakukan kalibrasi timbangan agar menunjukkan angka nol. Setelah itu, pompa dioperasikan sesuai setting flow rate tertentu, sementara stopwatch diaktifkan untuk mengukur durasi pengujian selama 15 menit. Pada akhir waktu pengujian, massa cairan yang tertampung pada timbangan dicatat dan dikonversi menjadi volume dengan asumsi 1 gram setara dengan 1 mililiter. Nilai flow rate aktual kemudian dihitung dengan membagi volume cairan yang tertampung dengan waktu pengujian. Proses pegujian flow rate dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Proses Pengujian Flow rate

Prosedur pengujian ini dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap setting rate sehingga diperoleh data rata-rata, simpangan, serta persentase error yang dapat dibandingkan dengan batas toleransi ±10% sesuai Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018

3.1.1. Setting Rate 100 mL/Menit

Dari pengujian pada setting rate 100mL didapat data-data hasil pengujian seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Setting Rate 100 mL/menit

Setting	Pengujian	Keluaran (mL/menit)	Waktu menit	Selisih (mL/menit)
100 mL/menit	1	106,5 mL	15	6,5 mL
	2	117,9 mL	15	17,9 mL
	3	117,7 mL	15	17,7 mL
	4	117,2 mL	15	17,2 mL
	5	106,9 mL	15	6,9 mL
	6	107,3 mL	15	7,3 mL
	7	108,7mL	15	8,7mL
	8	110,3mL	15	10,3mL
	9	108,8mL	15	7,8mL
	10	107,2mL	15	7,2mL

Dari data pengujian pada tabel 2 diatas didapat nilai flow rate rata-rata sebesar 110,75mL/menit dengan nilai penyimpangan sebesar 10,75mL, persentase error 10,75% dan nilai akurasinya sebesar 89,25%. Menurut standarisasi setiap alat medis harus berada dalam batas toleransi yang ditentukan agar aman digunakan ≤ 10%.

Pada kondisi jika nilai error melebihi batas toleransi yang ditetapkan, maka alat dinyatakan tidak aman secara klinis karena pasien berisiko menerima cairan terlalu banyak (over-infusion) atau terlalu sedikit (under-infusion). Kondisi ini dapat meningkatkan risiko medis, terutama pada terapi obat tertentu di mana kesalahan volume sekecil apa pun dapat menyebabkan dosis berlebih atau kekurangan yang membahayakan keselamatan pasien.

Jika menemukan kondisi seperti ini dapat diatasi mengan mengatur kecepatan motor peristaltic, seperti yang ditunjukan pada gambar10.



Gambar 10. Pengaturan Kecepatan Motor Peristaltik

Setelah mengubah nilai kecepatan motor peristaltik di dapat data-data seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Setting Rate 100 mL/menit Setelah Disesuaikan Kecepatan Motor Pompa Peritaltik

Setting	Pengujian	Keluaran (mL/menit)	Waktu (Menit)	Selisih (mL/menit)
100 mL/mnit	1	104,5 mL	15	4.5mL
	2	105,9 mL	15	5.9 mL
	3	107,7 mL	15	7.7 mL
	4	110,2 mL	15	10.2 mL
	5	111,9 mL	15	11.9 mL
	6	110,3 mL	15	10.3 mL
	7	109,7mL	15	9.7 mL
	8	110,3mL	15	10.3 mL
	9	108,8mL	15	8.8 mL
	10	106,2mL	15	6.2 mL

Dari data pengujian pada tabel 3 diatas didapat nilai flow rate rata-rata sebesar 108,75mL/menit dengan nilai penyimpangan sebesar 8,55mL, persentase error 8,55% dan nilai akurasinya sebesar 91,45%. Hasil pengujian alat didapat nilai nilai yang sesuai dengan standarisasi.

3.1.2. Setting Rate 200 mL/menit

Dari pengujian pada setting rate 200mL didapat data-data hasil pengujian seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Setting Rate 200 mL/menit

Setting	Pengujian	Keluaran mL/menit	Waktu menit	Selisih mL/menit
200 mL/menit	1	194,1 mL	15	5,9 mL
	2	193,1 mL	15	6,9 mL
	3	193,7 mL	15	6,3 mL
	4	194,5 mL	15	5,5 mL
	5	193,8 mL	15	6,2 mL
	6	194,0 mL	15	6,0 mL
	7	194,3ml	15	5,7mL
	8	193,7mL	15	6,3 mL
	9	199,2mL	15	0,8 mL
	10	199,7mL	15	0,3 mL

Dari data pengujian pada tabel 4 diatas didapat flow rate rata-rata sebesar 194,98mL/menit, penyimpangan sebesar 5,02mL persentase error 2,51% dengan akurasian 97,49%. Hasil pengujian alat didapat nilai yang sesuai dengan standarisasi.

3.1.3. Setting Rate 300 mL/menit

Dari pengujian pada setting rate 300mL didapat data-data hasil pengujian seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Setting Rate 300 mL/menit

Setting	Pengujian	Keluaran (mL/menit)	Waktu (menit)	Selisih (mL/menit)
300 mL/menit	1	309,0 mL	15	9,0 mL
	2	314,5 mL	15	14,5 mL
	3	312,3 mL	15	12,3 mL
	4	310,4 mL	15	10,4 mL
	5	309,6 mL	15	9,6 mL
	6	311,2 mL	15	11,2 mL
	7	308,9mL	15	8,9 mL
	8	310,9mL	15	10,9 mL
	9	312,7mL	15	12,7 mL
	10	312,8mL	15	12,8 mL

Dari data pengujian pada tabel 5 diatas didapat flow rate rata-rata sebesar 311,1mL/menit, penyimpangan sebesar 11,23 mL persentase error 3,74% dan ke akurasian 96,26%. Hasil pengujian alat didapat nilai nilai yang sesuai dengan standarisasi.

Dari tabel 3, tabel 4, dan tabel 5 diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan dari peraturan Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dengan nomer MK: 027-18 yang telah ditentukan dengan enam kali percobaan begitu juga setelah ditambahkan pengujiannya hingga sepuluh kali didapat nilai error ≤ 10 % dari pemilihan setting rate, maka dari hasil penyimpangan data diatas yang masih masuk dengan nilai toleransi adalah setting rate 100mL, 200 mL dan 300 mL.

3.2. Pengujian Kemampatan (Occlusion Test)

Pengujian Kemampatan atau Occlusion Test (Psi) menggunakan cairan infus dengan melakukan pengujian menggunakan IDA 1 (Infusion Device Analyzer) dengan mengatur flow rate pompa infus pada 100 mL/menit kemudian memposisikan pada IDA 1 dalam mode pengukuran uji occlusion seperti yang ditunjukan pada gambar 11. Selama pengujian, alarm pompa infus akan berbunyi, maka tekan tombol stop pada IDA 1 dan pompa infus. IDA 1 akan menampilkan hasil uji occlusion, yang kemudian dimasukkan ke dalam data uji occlusion. Nilai occlusion yang diizinkan ialah tidak boleh < 20 Psi sesuai pada metode kerja pengujian pompa infus dari Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018.

Setelah dilakukan 10 kali pengujian sensor occlusion didapat nilai yang dihasilkan tersebut nenunjukan bahwa tidak ada nilai yang lebih besar dari atau sama dengan < 20 Psi sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik dan masih dalam batas nilai toleransi. Seperti dapat dilihat dalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Occlusion

Pengujian	Occlusion (Psi)	Waktu (s)
1	3,34	00:00:16
2	3,34	00:00:15
3	3,49	00:00:22
4	3,37	00:00:18
5	3,42	00:00:23
6	3,33	00:00:27
7	3,29	00:00:18
8	3,32	00:00:14
9	3,34	00:00:16
10	3,36	00:00:17

Dari data pengujian pada tabel 6 diatas didapat kemampatan (occlusion) rata-rata sebesar 3,36 Psi. Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai oklusi (Psi) < 20 Psi dan sesuai dengan standa Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tentang Metode Kerja Pengujian dan/atau Kalibrasi Alat Kesehatan.



Gambar 11. Hasil Pengujian Dengan Alat Kalibrator IDA 1S

Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata yang didapat dari pengujian occlusion ialah 3,36 Psi dan dinyatakan aman untuk pelayanan kesehatan serta melindungi pasien dari komplikasi akibat tekanan infus yang berlebihan dikarenakan tidak melebihi dari nilai toleransi sebesar < 20 Psi berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018.

3.3. Pengujian Gelembung Udara

Pengujian gelembung udara dilakukan untuk mengetahui besarnya kesalahan yang terjadi pada proses pengujian dilakukan pengolahan data alat secara keseluruhan, menurut teori jumlah gelembung udara yang dinilai berbahaya adalah sekitar 3-5 mL/kg, atau 300 - 500 mL udara pada laju 100 mL/detik, seberapa jauh lokasi infus dengan jantung juga mempengaruhi letalitas dari udara pada selang infus tersebut, pada alat infus Terumo TE–112 nilai terdeteksinya gelembung udara adalah 3–24 mm untuk proses pengukuran gelembung uudara dapat dilihat pada gambar 12. Dibawah ini adalah analisis fenomena gelembung udara pada pompa infus adalah masalah serius yang perlu di perhatikan dalam penggunaaan alat medis ini. Ukuran gelembung udara yang terdeteksi, dapat dilihat dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Gelembung Udara

Pengujian	Ukuran Gelembung	Terdeteksi atau Tidak Terdeteksi
1	5,4 mm	Terdeteksi
2	4,0 mm	Terdeteksi
3	3,4 mm	Terdeteksi
4	4,5 mm	Terdeteksi
5	3,2 mm	Terdeteksi
6	3,0mm	Terdeteksi

Dari data pengujian pada tabel 7 dapat disimpulkan bahwa sensor optocoupler berfungsi dengan baik terhadap perubahan cairan pada selang infus, dengan sistem deteksi berupa alarm dan penghentian otomatis alat sebagai langkah penanganan yang cepat dan tepat dalam mengatasi gelembung udara, demi keselamatan pasien dan peningkatan perawatan kesehatan.



Gambar 12. Proses Pengujian Gelembung Udara

4. Kesimpulan

Pada setting flow rate (flow rate) 100 mL/menit 108,75mL/menit dengan nilai penyimpangan sebesar 8,55mL, persentase error 8,55% dan nilai akurasinya sebesar 91,45%, pada setting flow rate (flow rate) 200 flow rate rata-rata sebesar 194,98mL/menit, penyimpangan sebesar 5,02mL persentase error 2,51% dengan akurasian 97,49%.dan untuk setting flow rate (flow rate) 300 mL/menit didapat flow rate rata-rata sebesar 311,1mL/menit, penyimpangan sebesar 11,23 mL persentase error 3,74% dan ke akurasian 96,26%. Kondisi ini sudah sesuai dengan standar. Alat dapat mendeteksi terjadinya kemampatan (occlusion) menggunakan alat kalibrator IDA - 1S sesuai dengan nilai standar yang diizinkan yaitu < 20 Psi dengan nilai rata - rata terdeteksi terjadinya kemampatan (occlusion) ialah 3,36 Psi. Sensor optocoupler dapat mendeteksi dengan baik gelembung udara dengan diameter terkecil yang dapat terdeteksi sensor sebesar 3,0 mm dan cairan habis pada infus.

Alat ini mampu mendeteksi gelembung udara sekecil 3 mm, meminimalkan risiko emboli yang berbahaya, dan memberikan peringatan dini melalui alarm ketika cairan infus habis atau terjadi penyumbatan (occlusion). Dengan akurasi pengaturan aliran cairan yang mencapai hingga Nilai-nilai diatas sudah sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor: Hk.02.02/V/5771/2018 tentang Metode Kerja Pengujian dan/atau Kalibrasi Alat Kesehatan, dimana gelembung yang disarankan memiliki diameter ≤3mm.

Alat ini juga dapat diandalkan dalam mengatur laju infus. Pengembangan perangkat ini berperan penting dalam mendukung perawatan pasien yang lebih aman dan efektif di fasilitas kesehatan. Untuk kedepannya alat ini dapat dikombinasikan dengan IoT sehingga akan mempermudah proses monitoring dari beberapa pasien.

Referensi

[1]. B. S. Santoso, M. Rahmah, T. Setiasari, and P. Sularsih, "Perkembangan dan masa depan telemedika di indonesia," *Natl. Coference Inf. Technol. Tech. Enginee-Ring CITEE*, 2015, Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Budi-Santoso-9/publication/281497363_PERKEMBANGAN_DAN_MASA_DEPAN_TELEMEDIKA_DI_INDONESIA/links/55eb90cf08ae3e1218469f85/PERKEMBANGAN-DAN-MASA-DEPAN-TELEMEDIKA-DI-INDONESIA.pdf

[2]. S. K. HUSADA, "GAMBARAN PELAKSANAAN PEMASANGAN INFUS YANG TIDAK SESUAI SOP TERHADAP KEJADIAN FLEBITIS DI RSUD dr. SOEDIRAN MANGUN SUMARSO KABUPATEN WONOGIRI", Accessed: Sep. 09, 2025. [Online]. Available: https://digilib.ukh.ac.id/files/disk1/11/01-gdl-nurmairawa-548-1-nurma.pdf

[3]. S. Mutia, "HUBUNGAN TEHNIK PEMASANGAN INFUS DENGAN KEJADIAN FLEBITIS PADA ANAK YANG MENDAPATKAN TERAPI CAIRAN DIRUANG RAWAT INAP DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH MEURAXA KOTA BANDA ACEH," PhD Thesis, Universitas Bina Bangsa Getsempena, 2024. Accessed: Sep. 09, 2025. [Online]. Available: https://eprints.bbg.ac.id/id/eprint/843/

[4]. W. S. Salsa, E. D. Setioningsih, S. Sumber, and A. T. Nugraha, "Syring Pump Equipped with Nearly Empty and Occlusion Based sensors Microcontroller ATmega 2560 (Occlusion)," *Med. Electron. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–33, 2025.

[5]. L. A. Wijayanti *et al.*, "Penerapan Prosedur Tindakan Keperawatan Pemasangan Cairan Infus Di Instalasi Gawat Darurat," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 7219–7229, 2024.

[6]. N. Lestari, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Sisa Cairan Infus Dan Monitoring Aliran Infus Berbasis Arduino Di Puskesmas Muara Beliti," *Jusikom J. Sist. Komput. Musirawas*, vol. 2, no. 1, pp. 21–27, 2017.

[7]. H. Heru and F. Priyulida, "RANCANG BANGUN SISTEM NURSE CALL TERHADAP KEGAGALAN INFUSE PUMP MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATmega8535," *J. Mutiara Elektromedik*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2022.

[8]. F. Z. Tara, "Pendeteksi Oklusi dan Gelembung Udara Pada Infus Pump," PhD Thesis, Universitas Widya Husada Semarang, 2023. Accessed: Sep. 09, 2025. [Online]. Available: https://eprints.uwhs.ac.id/1983/

[9]. M. A. IN'AM, "PENERAPAN FUZZY PI PADA KONTROL KECEPATAN RENDAH MOTOR STEPPER UNTUK STABILITAS FLOW RATE MEDICAL INFUSION PUMP", Accessed: Sep. 09, 2025. [Online]. Available: https://repository.pnj.ac.id/14659/1/Halaman%20Identitas%20Tesis.pdf

[10]. "KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN.pdf.pdf."

[11]. M. E. Mansour, "Design of Low Cost Smart Infusion Pump," in *2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE)*, Khartoum, Sudan: IEEE, Feb. 2021, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICCCEEE49695.2021.9429591.

[12]. A. Muwahhid, H. R. Fajrin, and S. A. Wibowo, "Alat Pengatur Aliran Infus Dilengkapi Sensor Occlusion dan Sensor Empty Berbasis Arduino," *Naskah Publ. Program Studi D3 Teknol. Elektro-Medis Program Vokasi Univ. Muhammadiyah Yogyak.*, 2020, Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/31365/e.%20BAB%20I.pdf?sequence=5

[13]. I. P. Mariawan, I. Z. Nasibu, A. Y. Dako, Z. Bonok, W. Musa, and S. Abdussamad, "AUTOMATIC INFUSION PUMP ADJUSTMENT SYSTEM USING ESP32 S3," *Integr. Perspect. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 01 Februari, pp. 889–897, 2025.

[14]. T. Naeem, "Arduino based automated flow control system," 2021, Accessed: Sep. 09, 2025. [Online]. Available: https://summit.sfu.ca/item/35525

[15]. R. Rikwan and A. Ma'arif, "DC Motor Rotary Speed Control with Arduino UNO Based PID Control," *Control Syst. Optim. Lett.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–31, 2023.

[16]. P. Ferretti, C. Pagliari, A. Montalti, and A. Liverani, "Design and development of a peristaltic pump for constant flow applications," *Front. Mech. Eng.*, vol. 9, p. 1207464, 2023.

[17]. F. Djuandi, "Pengenalan arduino," *E-Book Www Tobuku*, vol. 24, 2011, Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/51861163/Arduino-Pengenalan.pdf

[18]. Z. Budiarso, E. Winarno, and H. Listiyono, "Implementasi teknik I/O interfacing berbasis arduino," *Dinamik*, vol. 20, no. 1, 2015, Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1307857&val=544&title=Implementasi%20Teknik%20IO%20Interfacing%20berbasis%20Arduino

[19]. H. Dabukke, D. L. R. L. Rajagukguk, S. Sijabat, and A. Adiansyah, "ANALISIS PEMANTAUAN INFUS PERISTALTIK BERBASIS SENSOR TCRT 5000," *RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 140–144, 2024.

[20]. N. F. Hikmah, "Rancang Bangun Syringe Pump Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Dilengkapi Detektor Oklusi," PhD Thesis, UNIVERSITAS AIRLANGGA, 2012. Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: https://repository.unair.ac.id/25690/

[21]. S. Youda and J. Sardi, "Rancang Bangun Kontrol Kecepatan Cairan Infus Berbasis Arduino Uno," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–32, 2022.

[22]. L. C. Asyari and A. Budiman, "Alat Monitoring Infus Berbasis IoT," *Pros. Simp. Nas. Rekayasa Apl. Peranc. Dan Ind.*, pp. 183–188, 2021.

[23]. N. Havilda, "Rancang Bangun Infusion Device Analyzer Tampil Grafik (Occlusion)," PhD Thesis, Poltekkes Kemenkes Surabaya, 2021. Accessed: Sep. 15, 2025. [Online]. Available: http://repo.poltekkes-surabaya.ac.id/4109/

[24]. O. Atanda, J. West, T. Stables, C. Johnson, R. Merrifield, and J. Kinross, "Flow rate accuracy of infusion devices within healthcare settings: a systematic review," *Ther. Adv. Drug Saf.*, vol. 14, p. 20420986231188602, Jan. 2023, doi: 10.1177/20420986231188602.

[25]. E. Batista *et al.*, "Calibration of Syringe Pumps Using Interferometry and Optical Methods," vol. 14, no. 10, 2020.