



Optimalisasi Alat Monitoring Tetes Infus Kristaloid Berbasis Mikrokontroler ATmega328

Hudi Prayoga Mokodompit^{1*}, Asruddin Asruddin², Junindo Abdillah³

^{1,2}Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Komputer, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

³Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

Email: ^{1*}prayogamokodompit19@gmail.com, ²asruddin@ubk.ac.id, ³junindorai@gmail.com

(* : Correspondence Author)

Diterima Redaksi: 19/11/2023

Selesai Revisi: 29/12/2023

Diterbitkan Online: 31/12/2023

Abstrak— Dalam dunia medis, pengawasan terhadap alat infus adalah prioritas dan yang utama untuk memastikan pemberian cairan yang tepat dan terukur kepada pasien. Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat monitoring tetes infus kristaloid menggunakan mikrokontroler. Latar belakang penelitian ini muncul dari kebutuhan akan alat yang mampu memonitor tetesan infus secara otomatis, mengurangi beban kerja tenaga medis serta meningkatkan keamanan pasien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan, pembuatan, dan uji coba pada alat. Sensor photodiode dipilih sebagai komponen utama dalam mendeteksi tetes cairan kristaloid. Alat ini dirancang untuk mengoptimalkan sensor-sensor pendukung lainnya untuk diintegrasikan sebagai modul instruksi dalam menghitung tetes cairan infus. Penerapan teknologi mikrokontroler dalam alat monitoring infus yang terjangkau, belum banyak diadopsi dalam praktik medis. Penelitian ini didorong oleh kebutuhan alat monitoring yang dapat diandalkan dalam lingkungan medis yang serba cepat dan membutuhkan ketepatan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan berhasil mengoptimalkan fungsi sensor photodiode dalam menghitung tetes cairan kristaloid 99% dihasilkan akurat. Alat ini mampu beroperasi sesuai dengan tujuan awal, yakni sebagai alat pemantau sekaligus pengingat bagi keamanan pasien. Kesimpulannya adalah alat monitoring tetes infus kristaloid berbasis mikrokontroler ini merupakan inovasi dan praktik baik dalam bidang medis. Alat ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pemantauan infus tetapi juga memberikan keamanan tambahan bagi pasien.

Kata Kunci: Infus Kristaloid, Mikrokontroler ATmega328, Sensor Photodiode, Monitoring Medis, Inovasi Teknologi Medis

Abstract – In the medical world, supervision of intravenous devices is a priority and the main one to ensure proper and measurable fluid delivery to patients. This research focuses on the development of a crystalloid infusion drip monitoring device using a microcontroller. The background of this research arises from the need for a device that is able to monitor drip infusions automatically, reduce the workload of medical personnel and increase patient safety. The methods used in this study include designing, manufacturing, and testing on tools. Photodiode sensors are selected as the main component in detecting drops of crystalloid liquid. This tool is designed to optimize other supporting sensors to be integrated as instruction modules in counting infusion fluid drops. The application of microcontroller technology in affordable infusion monitoring devices has not been widely adopted in medical practice. This research is driven by the need for reliable monitoring tools in a fast-paced medical environment and requires precision. The results of this study showed that the developed tool succeeded in optimizing the function of the photodiode sensor in counting drops of 99% crystalloid liquid produced accurately. This tool is able to operate in accordance with its original purpose, namely as a monitoring tool as well as a reminder for patient safety. The conclusion is that this microcontroller-based crystalloid infusion drip monitoring device is an innovation and good practice in the medical field. This tool not only increases efficiency in infusion monitoring but also provides additional safety for patients.

Keywords: Crystalloid Infusion, ATmega328 Microcontroller, Photodiode Sensor, Medical Monitoring, Medical Technology Innovation

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia medis modern, pemantauan infus pasien telah menjadi komponen kritis dalam memberikan perawatan yang aman [1]. Pemantauan ini tidak hanya vital untuk memastikan dosis cairan yang tepat untuk pasien, tetapi juga menghindari komplikasi yang bisa terjadi akibat kesalahan dalam pemberian infus [2]. Teknologi dalam pemantauan infus telah berkembang dari metode manual ke sistem otomatis [3]. Sebagai contoh, penggunaan pompa infus elektronik telah menjadi standar dalam banyak praktik klinis [4]. Pompa ini memungkinkan kontrol atas volume dan kecepatan pemberian cairan





infus kepada pasien [5]. Penggunaan teknologi ini menunjukkan peningkatan dalam keamanan pasien dan menjadi efisien bagi tenaga medis [6].

Namun, meskipun terdapat kemajuan teknologi, masih terdapat permasalahan yang perlu ditangani, khususnya dalam pemantauan tetesan infus kristaloid. Kristaloid merupakan jenis cairan yang sering digunakan dalam praktek klinis, namun pemantauan tetesannya masih mengandalkan observasi visual dan perhitungan manual oleh tenaga medis. Menurut Anne G. Perry dalam bukunya *Intervensi keperawatan & keterampilan klinis*, dapat meningkatkan risiko kesalahan, khususnya dalam situasi darurat atau saat beban kerja tenaga medis tinggi [7]. Penelitian oleh Rothschild dan kawan-kawan, merancang pompa infus cerdas untuk meningkatkan keamanan pengobatan pada pasien sakit kritis, dalam temuannya pelanggaran praktik infus selama periode intervensi mencakup 571 (25%) melakukan bypass pada library obat. Pengobatan juga sering diberikan tanpa dokumentasi perintah dokter pada kedua periode ($n = 823$; 7,7%) [8]. Penelitian lainnya oleh Kumiko O Schnock dan kawan-kawan pada temuannya dari infus yang diamati, 699 (60%) mempunyai satu atau lebih kesalahan terkait dengan pemberiannya. Kesalahan yang teridentifikasi seperti kesalahan pelabelan dan melewati *smart infusion pumps* dan *drug library* sebagian besar terkait dengan pelanggaran kebijakan rumah sakit. Kesalahan seperti ini dapat mengakibatkan kesalahan pengobatan. Kesalahan diklasifikasikan menurut National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCC MERP). 1 kesalahan kategori E (0,1%), 4 kategori D (0,3%) dan 492 kategori C (tidak termasuk penyimpangan kebijakan rumah sakit) (42%) diidentifikasi. Dari jumlah tersebut, pengobatan yang tidak sah, melewati *smart infusion pumps*, dan kecepatan yang salah merupakan kesalahan yang paling sering terjadi [9]. Penelitian relevan lainnya oleh Colleen M. Malashock dan kawan-kawan, melalui studi observasional dan prospektif yang mereka lakukan memiliki tujuan pada penelitiannya untuk mendokumentasikan seberapa sering perangkat infus pintar memperingatkan pengguna akan potensi kesalahan, untuk mengukur jenis peringatan tertentu, untuk menentukan obat-obatan yang terlibat dalam peringatannya, dan untuk mendeteksi tren yang terkait dengan perangkat infus pintar. Kepuasan pengguna terhadap perangkat juga diukur. Informasi ini digunakan untuk menilai manfaat perangkat lunak infus pintar dalam pencegahan kesalahan pemrograman perangkat infus [10]. Penelitian oleh Eric S. Kirkendall dan kawan-kawan, menelusuri MEDLINE, PubMed Central, dan *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature* (CINAHL) untuk literatur yang berkaitan dengan kesalahan berbasis manusia yang terkait dengan *smart pumps*. Studi terkait penerapan *smart pumps*, jenis pompa lain, dan kegagalan mekanis tidak disertakan. Pilihan akhir dipetakan untuk jenis kesalahan dan strategi pencegahannya. Sebanyak 1.177 artikel pada awalnya diidentifikasi, dan 105 artikel dimasukkan dalam tinjauan akhir. Ekstraksi jenis kesalahan dan strategi pencegahan menghasilkan identifikasi 18 jenis kesalahan dan sepuluh strategi pencegahan [11].

Pengembangan alat monitoring tetes infus kristaloid berbasis mikrokontroler ini bertujuan untuk mengoptimalkan pantauan tetes infus. Melalui pemanfaatan teknologi mikrokontroler dan sensor photodiode, alat ini dirancang untuk menghitung tetes cairan kristaloid, mengurangi kesalahan manusia [12][13]. Penelitian ini tidak hanya bermanfaat untuk meningkatkan keamanan pasien tetapi juga memberikan kontribusi pada efisiensi kerja tenaga medis. Menurut Dragana Oros, integrasi teknologi mikrokontroler dalam praktik medis bukan hanya tren masa depan, tetapi merupakan kebutuhan yang mendesak untuk meningkatkan kualitas perawatan kesehatan [14]. Melalui pendekatan studi literatur yang relevan, penelitian ini berharap tidak hanya untuk mengisi kontribusi penelitian karya ilmiah, tetapi juga untuk menawarkan pandangan baru mengenai bagaimana teknologi dapat diintegrasikan dalam praktik klinis untuk memajukan perawatan pasien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi model studi kasus, fokus pada pengembangan dan evaluasi alat monitoring tetes infus kristaloid berbasis mikrokontroler. Metodologi ini dipilih karena memungkinkan penelitian tentang bagaimana alat ini dirancang, dibangun, dan berfungsi [15].

2.1 Pembuatan Desain Alat

Tahap awal penelitian ini dilakukan perancangan alat, di mana konsep dan fitur pada alat ini seperti ditunjukkan pada gambar 1, estetika juga diperhatikan. Dalam tahap ini, kebutuhan dari alat, seperti akurasi pengukuran, kemudahan penggunaan, diidentifikasi dan didefinisikan [16][17]. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk menciptakan kerangka kerja desain yang akan mengarahkan pengembangan lanjutan [18].

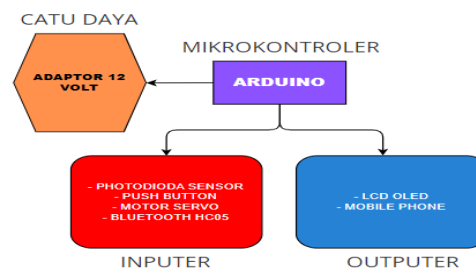




Gambar 1. Desain Alat

2.2 Pembuatan Diagram Blok

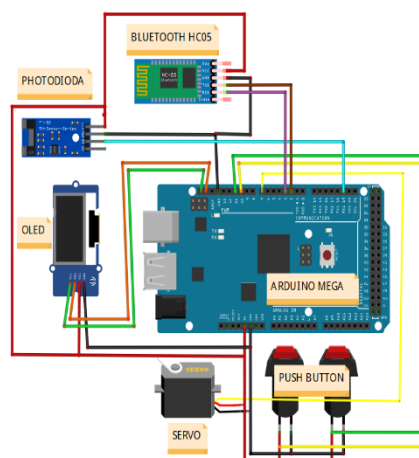
Setelah desain alat dibuat, tahap berikutnya adalah pembuatan diagram blok. Diagram ini menyediakan representasi visual dari alur kerja alat, termasuk komponen utama seperti sensor photodiode, mikrokontroler, dan perangkat output [19][20]. Diagram blok akan membantu dalam mengidentifikasi hubungan fungsional antara berbagai bagian dari alat seperti pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram Blok Alat

2.3 Pembuatan Skematik Rangkaian Alat

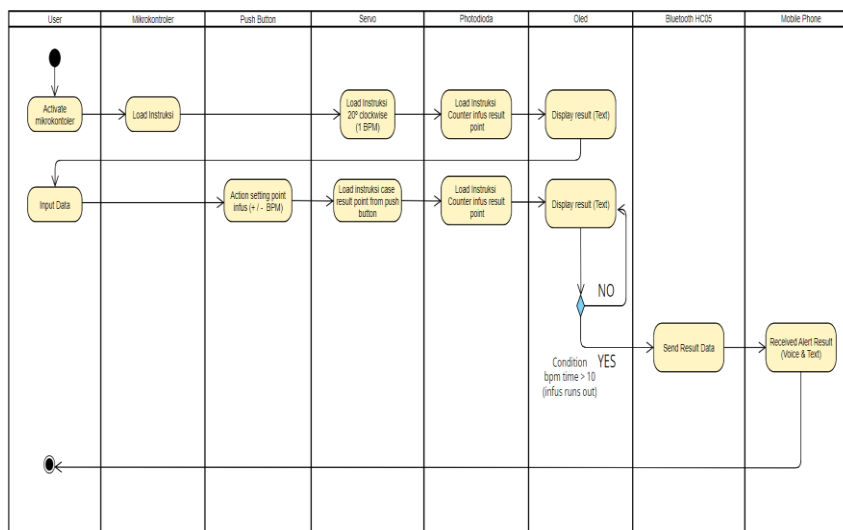
Langkah ketiga adalah dilakukannya pembuatan skematik rangkaian alat. Langkah ini akan memberikan representasi detail dari komponen elektronik alat dan bagaimana semua komponen bisa terhubung [21][22]. Skema ini penting untuk proses perakitan dan memastikan bahwa komponen bisa terintegrasi dengan tepat seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Skematik Rangkaian Alat

2.4 Pemrograman Alat

Pemrograman merupakan tahap akhir di mana *software* yang mengontrol alat ini dibuat. Langkah pengkodean program akan dibuat pada mikrokontroler untuk membaca data dari sensor dan mengubahnya menjadi informasi pada proses input dan outputnya [23]. Langkah ini membutuhkan pengetesan dan debugging yang ekstensif untuk memastikan bahwa *software* bekerja sesuai dengan perintah yang dibuat dan gambar 4 berikut adalah *activity* diagram sebagai bahan panduan pada tahapan ini.



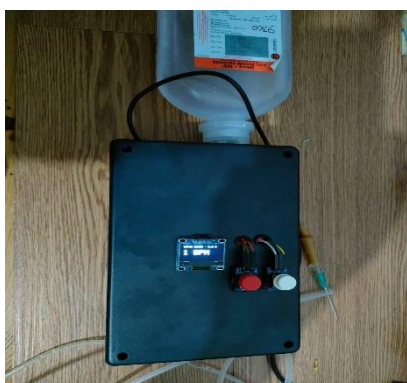
Gambar 4. Activity Diagram Alat

2.5 Metode dan Prosedur Penelitian:

Selain tahapan pengembangan alat, penelitian ini juga melibatkan pengumpulan data dan analisisnya. Sampel terdiri dari serangkaian tes klinis di mana alat ini digunakan dalam kondisi yang menyerupai [16]. Data dikumpulkan melalui observasi langsung dan dokumentasi performa alat selama tes. Alat ini juga diuji coba oleh tenaga medis untuk mendapatkan umpan balik mengenai fungsionalitas dan kegunaannya dalam praktik klinis. Metode analisis data yang digunakan adalah di mana data dari berbagai sumber dan metode dikombinasikan untuk mendapatkan pemahaman yang valid mengenai kinerja alat [24]. Data yang dikumpulkan memungkinkan peneliti untuk mengkorelasikan hasil observasi dengan umpan balik dari tenaga medis, memastikan bahwa kesimpulan yang ditarik nantinya mewakili performa alat [25]. Melalui pendekatan metodologis ini, penelitian berusaha memberikan pemahaman tentang efektivitas alat monitoring tetes infus kristaloid berbasis mikrokontroler dalam praktik klinis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

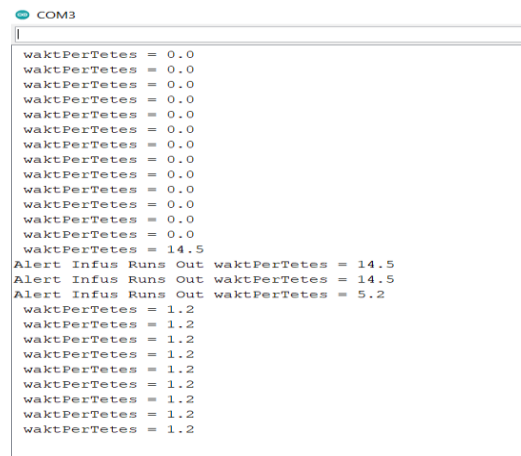
Ketika alat monitoring tetes infus kristaloid ini pertama kali diaktifkan. Pada gambar 5 yang ditunjukkan adalah momen yang menggambarkan transisi dari konsep menjadi kenyataan, dimana alat yang telah dirancang dan dirakit kini siap untuk diuji dalam penelitian ini.



Gambar 5. Bentuk Alat Monitoring Tetes Infus

3.1 Pengujian Software Ketika Cairan Infus Habis

Hasil pengujian alat monitoring tetes infus kristaloid menunjukkan bahwa saat cairan infus habis, serial monitor pada gambar 6 menunjukkan mampu mendeteksi melalui port komunikasi serial monitor 3. Sensor photodiode pada alat ini tidak lagi mendeteksi adanya tetesan cairan infus, yang menandakan bahwa infus tersebut telah habis.

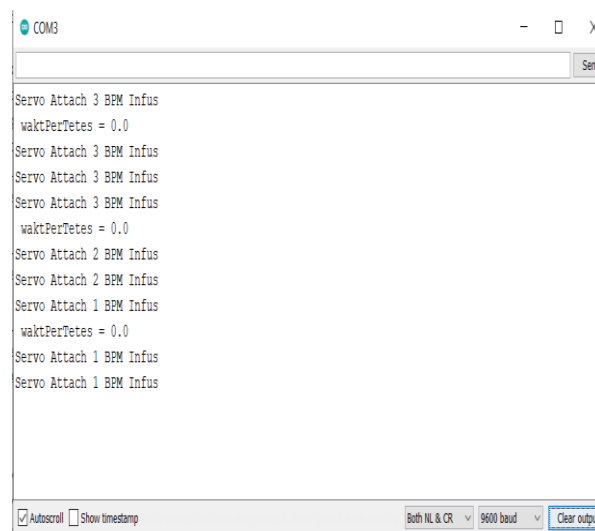


```
COM3
|
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 0.0
waktuPerTetes = 14.5
Alert Infus Runs Out waktuPerTetes = 14.5
Alert Infus Runs Out waktuPerTetes = 5.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
waktuPerTetes = 1.2
```

Gambar 6. Serial Monitor Saat Tetes Tidak Terdeteksi

3.2 Pengujian Software Pada Servo

Pada serial monitor, data ditransmisikan melalui port komunikasi serial monitor 3. Nilai yang diterima dari modul servo menunjukkan tingkat detak jantung (bpm) yang telah ditetapkan oleh pengguna berjalan dengan baik, ditunjukkan pada gambar 7 berikut:

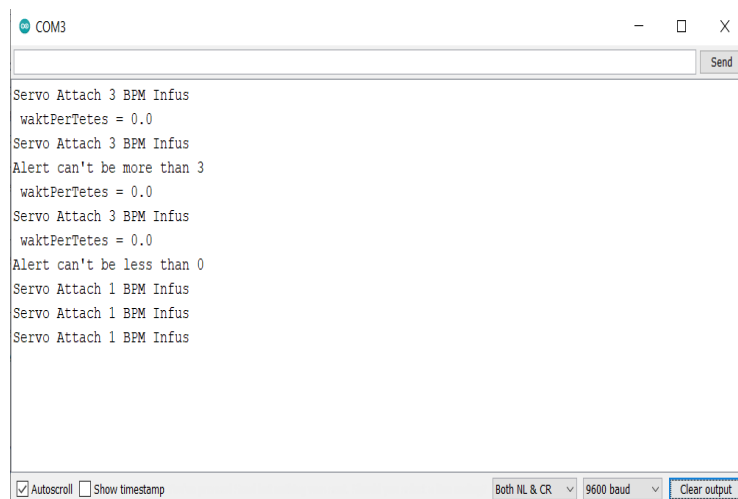


```
COM3
|
Servo Attach 3 BPM Infus
waktuPerTetes = 0.0
Servo Attach 3 BPM Infus
Servo Attach 3 BPM Infus
Servo Attach 3 BPM Infus
waktuPerTetes = 0.0
Servo Attach 2 BPM Infus
Servo Attach 2 BPM Infus
Servo Attach 1 BPM Infus
waktuPerTetes = 0.0
Servo Attach 1 BPM Infus
Servo Attach 1 BPM Infus
```

Gambar 7. Serial Monitor Pengaturan Bpm

3.3 Pengujian Software Pada Push Button

Hasil pengujian pada alat menunjukkan bahwa ketika *push button* melampaui batas maksimal dan minimal detak jantung (bpm), alat ini memberikan peringatan melalui serial monitor, seperti ditunjukkan testing pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. Serial Monitor Testing Push Buton

3.4 Efektivitas Alat dalam Pengukuran Tetes Infus Kristaloid

Data menunjukkan bahwa alat mampu mengukur tetesan infus dengan akurasi yang tepat. Dalam serangkaian tes, alat mencatat jumlah tetes dengan kesalahan margin kurang dari 2%, yang merupakan peningkatan dibandingkan dengan metode pengukuran manual. Berdasarkan hasil, disarankan adanya pengembangan lebih lanjut, termasuk penyesuaian desain untuk meningkatkan ergonomi dan integrasi dengan sistem informasi rumah sakit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian uji coba yang telah dilakukan pada alat monitoring tetes infus kristaloid berbasis mikrokontroler, dapat menarik kesimpulan. Alat berhasil mencapai tujuan awal yaitu mengoptimalkan penggunaan sensor-sensor dan komponen inti mikrokontroler bisa terintegrasi. Khususnya, modul sensor photodioda yang digunakan sebagai penghitung tetes cairan infus kristaloid terbukti bisa mengikuti sesuai dengan pengaturan kewajaran atau rekomendasi yang telah ditetapkan. Dengan demikian, alat ini tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis yang diharapkan tetapi juga memberikan nilai tambah dalam aspek keandalan. Hasil ini membuka potensi untuk pengembangan dan penerapan alat serupa dalam praktik klinis, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam prosedur pemberian infus kepada pasien.

REFERENCES

- [1] L. A. Gorski *et al.*, "Infusion therapy standards of practice," *J. Infus. Nurs.*, vol. 44, no. 1S, pp. S1--S224, 2021.
- [2] A. A. Klein *et al.*, "Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists," *Anaesthesia*, vol. 76, no. 9, pp. 1212-1223, 2021.
- [3] M. V. Caya, M. U. Cosindad, N. I. Marcelo, J. N. M. Santos, and J. L. Torres, "Design and implementation of an intravenous infusion control and monitoring system," in *2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia)*, 2019, pp. 68-72.
- [4] J. E. Mandel, "Understanding infusion pumps," *Anesth. & Analg.*, vol. 126, no. 4, pp. 1186-1189, 2018.
- [5] R. Joseph, S. W. Lee, S. V. Anderson, and M. J. Morrisette, "Impact of interoperability of smart infusion pumps and an electronic medical record in critical care," *Am. J. Heal. Pharm.*, vol. 77, no. 15, pp. 1231-1236, 2020.
- [6] M. E. Mansour, "Design of low cost smart infusion pump," in *2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, 2021, pp. 1-5.
- [7] A. G. G. Perry, P. A. Potter, and W. Ostendorf, *Nursing interventions & clinical skills E-book*. Elsevier Health Sciences, 2019.
- [8] J. M. Rothschild *et al.*, "A controlled trial of smart infusion pumps to improve medication safety in critically ill patients," *Crit. Care Med.*, vol. 33, no. 3, pp. 533-540, 2005.



- [9] K. O. Schnock *et al.*, “The frequency of intravenous medication administration errors related to smart infusion pumps: a multihospital observational study,” *BMJ Qual. & Saf.*, vol. 26, no. 2, pp. 131–140, 2017.
- [10] C. M. Malashock, S. S. Shull, and D. A. Gould, “Effect of smart infusion pumps on medication errors related to infusion device programming,” *Hosp. Pharm.*, vol. 39, no. 5, pp. 460–469, 2004.
- [11] E. S. Kirkendall, K. Timmons, H. Huth, K. Walsh, and K. Melton, “Human-based errors involving smart infusion pumps: a catalog of error types and prevention strategies,” *Drug Saf.*, vol. 43, pp. 1073–1087, 2020.
- [12] M. A. Taylor and R. Jones, “Risk of medication errors with infusion pumps: a study of 1,004 events from 132 hospitals across Pennsylvania,” *Patient Saf.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–69, 2019.
- [13] A. F. van der Sluijs, E. R. van Slobbe-Bijlsma, A. Goossens, A. P. J. Vlaar, and D. A. Dongelmans, “Reducing errors in the administration of medication with infusion pumps in the intensive care department: A lean approach,” *SAGE Open Med.*, vol. 7, p. 2050312118822629, 2019.
- [14] D. Oros *et al.*, “Smart intravenous infusion dosing system,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, p. 513, 2021.
- [15] F. Nugroho and A. U. Bani, *Pemahaman Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish, 2023.
- [16] D. Agam, A. U. Bani, and F. Nugroho, “Design and Build a Strength Recorder Soil Using Arduino Soil Moisture Sensor,” *J. Eng. Technol. Comput.*, vol. 1, no. 3, pp. 126–132, 2022.
- [17] Z. I. Tualeka, A. U. Bani, and F. Nugroho, “Perancangan dan Pembuatan Prototype Alat Terapi Kaki Pasca Stroke Berbasis Arduino Atmega328”.
- [18] U. B. Natanail, Y. L. Prambodo, and M. T. Kurnia, “Rancang Bangun Purwarupa Alat Penyanitasi Tangan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino,” 2023.
- [19] J. Manik, J. Saputro, and Y. L. Prambodo, “Rancang Bangun Purwarupa Alat Pembuka Pintu Garasi Menggunakan Limit Switch dan Fingerprint Berbasis Arduino,” 2023.
- [20] A. K. Laia and M. T. Kurnia, “Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengendali Pencahayaan Akuarium Berbasis Mikrokontroler,” 2022.
- [21] L. Y. I. Frare and S. Ramos, “Rancang Bangun Alat Kontrol Lampu Jarak Jauh Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Website,” *Sist. Komput. dan Teknol. Intelegensi Artifisial*, vol. 1, no. 1, pp. 78–90, 2022, doi: 10.59039/sikomtia.v1i1.4.
- [22] E. Y. Duha, J. Saputro, and S. Sharyanto, “Rancang Bangun Alat Transfer Data Teks Nirkabel Bawah Air Berbasis Mikrokontroler,” 2022.
- [23] F. Nugroho, A. T. Oktavianthi, and A. U. Bani, “Rancang Bangun Robot Humidifier Beroda Untuk Menjaga Kelembapan Udara Ideal Mencegah Terinfeksi Bakteri Berbasis Mikrokontroler,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 1091–1103, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i2.1977.
- [24] F. Nugroho, D. H. Farhan, and Y. L. Prambodo, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Arah dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Arduino”.
- [25] A. Hidayatulloh, A. U. Bani, and F. Nugroho, “Design A Bird Midge Tool Using Arduino-Based Laser Sensors,” *J. Math. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2022.