

Analisis Penggunaan Infus dengan Meminimalisir Perdarahan pada Selang Infus

Yonata Laia, Jepri Banjarnahor
Univesitas prima indonesia, Fakultas Sains dan Teknologi, Indonesia
Email: yonata@unprimdn.ac.id

ABSTRAK-Komplikasi backflow atau aliran balik darah ke dalam selang infus merupakan permasalahan yang sering terjadi di rumah sakit namun kurang mendapat penanganan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan deteksi backflow darah pada sistem infus dan merancang solusi teknologi yang dapat mendeteksi serta memberikan notifikasi secara real-time kepada tim medis. Permasalahan utama yang diidentifikasi meliputi ketiadaan alat deteksi otomatis, minimnya tenaga medis untuk pemantauan kontinyu, serta tidak adanya sistem notifikasi real-time yang dapat menginformasikan tim medis segera saat terjadi backflow. Jika tidak ditangani dengan cepat, kondisi ini dapat menyebabkan komplikasi serius seperti pembekuan darah, penyumbatan jalur infus, risiko infeksi, hingga kegagalan terapi. Penelitian ini menggunakan metode analisis menyeluruh dengan pendekatan campuran (mixed-method) yang memadukan teknik analisis kualitatif dan kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara mendalam dengan tenaga medis, serta analisis data rekam medis. Analisis dilakukan menggunakan teknik deskriptif, tematik, statistik deskriptif, serta Root Cause Analysis dengan Fishbone Diagram dan Five Whys Method untuk mengidentifikasi akar permasalahan. Hasil analisis menunjukkan kesenjangan signifikan antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal yang diharapkan dalam monitoring infus. Gap analysis dan analisis kebutuhan sistem digunakan untuk merancang spesifikasi teknologi deteksi backflow yang terintegrasi dengan aplikasi notifikasi real-time. Validasi dilakukan melalui expert validation dari pakar biomedis dan praktisi medis, serta feasibility analysis yang mencakup aspek teknis, ekonomis, operasional, dan legal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi monitoring infus yang lebih aman dan responsif, meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan, mengurangi beban kerja tenaga medis, serta memberikan rekomendasi aplikatif bagi penelitian terdahulu dalam menciptakan alat monitoring infus yang dapat mencegah komplikasi medis dan meningkatkan keselamatan pasien.

Kata Kunci: backflow darah, monitoring infus, deteksi real-time, sistem notifikasi medis, keselamatan pasien, teknologi kesehatan, IoT medis, komplikasi infus.

ABSTRACT-Backflow complications or blood reflux into intravenous (IV) tubing is a common problem in hospitals that often lacks optimal management. This study aims to analyze the factors causing delays in detecting blood backflow in IV systems and design technological solutions that can detect and provide real-time notifications to medical teams. The main problems identified include the absence of automatic detection devices, insufficient medical staff for continuous monitoring, and lack of real-time notification systems to immediately inform medical teams when backflow occurs. If not handled promptly, this condition can lead to serious complications such as blood clotting, IV line obstruction, infection risk, and therapy failure. This research employs a comprehensive analytical method with a mixed-method approach combining qualitative and quantitative analysis techniques. Data collection was conducted through direct observation, in-depth interviews with medical staff, and analysis of medical records. Analysis was performed using descriptive, thematic, and descriptive statistical techniques, as well as Root Cause Analysis with Fishbone Diagram and Five Whys Method to identify root causes. The analysis results show a significant gap between existing conditions and the ideal conditions expected in IV monitoring. Gap analysis and system requirement analysis were used to design specifications for backflow detection technology integrated with real-time notification applications. Validation was conducted through expert validation from biomedical experts and medical practitioners, as well as feasibility analysis covering technical, economic, operational, and legal aspects. This research is expected to contribute to the development of safer and more responsive IV monitoring technology, improve healthcare service

quality, reduce medical staff workload, and provide applicable recommendations for previous research in creating IV monitoring devices that can prevent medical complications and enhance patient safety.

Keywords: Blood backflow, IV monitoring, real-time detection, medical notification system, patient safety, health technology, medical IoT, infusion complications.

1. Pendahuluan

Infus merupakan salah satu prosedur medis yang paling sering dilakukan di rumah sakit untuk memberikan cairan, obat-obatan, atau nutrisi langsung ke dalam pembuluh darah pasien (Ray, 2018; IV Therapy Management, 2020). Intravenous infusion-related complications tetap sering terjadi dan dapat berakibat serius bila keterlambatan penanganan berlangsung, terutama bila pemantauan dilakukan secara manual dan tidak kontinu (Ray, 2018; Experience of Nurses with Intravenous Fluid Monitoring for Patient Safety, 2022). Salah satu komplikasi yang sering terjadi namun kurang mendapat perhatian optimal adalah fenomena atau aliran balik darah ke dalam selang infus, yang dapat dipicu oleh ketidakseimbangan tekanan antara sistem infus dan sistem vaskular pasien (Moorthy & Karunakaran, 2020; Design of Blood Reversal Prevention in IV Therapy, 2020). Ketika tekanan darah pasien melebihi tekanan cairan infus, darah dapat mengalir kembali ke dalam selang, meningkatkan risiko pembentukan clot, penyumbatan jalur, dan kegagalan terapi (Li et al., 2021; Intravenous (IV) Monitoring and Refilling System, 2020).

Permasalahan ini menjadi krusial karena saat ini di banyak fasilitas layanan kesehatan pemantauan infus masih bertumpu pada pengamatan visual perawat, sehingga potensi keterlambatan deteksi backflow darah tetap tinggi (Experience of Nurses with Intravenous Fluid Monitoring for Patient Safety, 2022; Ray, 2018). Sejumlah studi menyatakan bahwa infus yang tidak terpantau dengan baik, baik akibat habis, perubahan laju tetesan, maupun backflow darah, dapat menimbulkan komplikasi seperti obstruksi, infeksi, hingga kegagalan terapi bila tidak segera ditangani (Li et al., 2021; Intravenous (IV) Monitoring and Refilling System, 2020). Di sisi lain, pengembangan perangkat atau sistem deteksi otomatis backflow darah secara real-time masih relatif terbatas; banyak prototipe hanya berfokus pada pemantauan level cairan dan laju tetesan tanpa deteksi spesifik aliran balik darah (Ray, 2018; Design of Blood Reversal Prevention in IV Therapy, 2020).

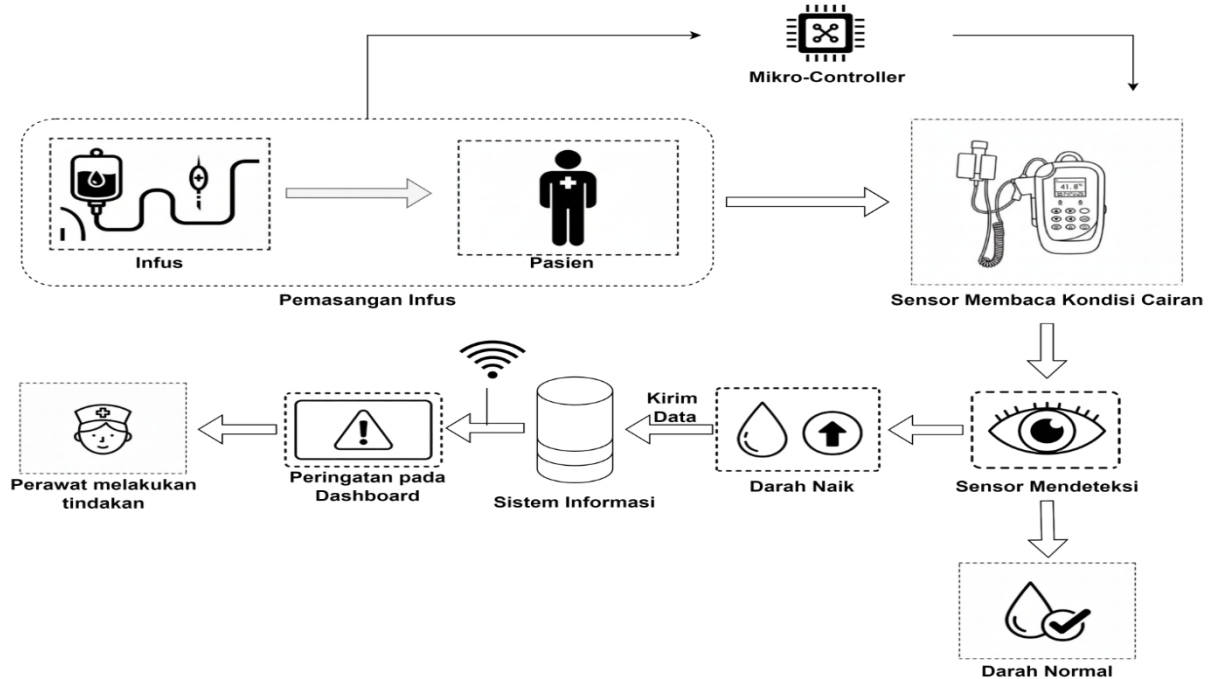
Di banyak rumah sakit, terutama pada jam sibuk dan ruang perawatan dengan kapasitas tinggi, rasio tenaga medis terhadap jumlah pasien sering kali tidak ideal sehingga pemantauan infus tidak dapat dilakukan secara intensif pada setiap pasien (Lasater et al., 2021; The Impact of Nurse-To-Patient Ratios on Patient Outcomes, 2020). Studi tentang beban kerja perawat menunjukkan bahwa rasio pasien-perawat yang tinggi berhubungan dengan meningkatnya risiko medication administration errors dan kesulitan melakukan pemantauan infus secara frekuen (Experience of Nurses with Intravenous Fluid Monitoring for Patient Safety, 2022; Lasater et al., 2021). Dalam konteks tersebut, ketiadaan sistem aplikasi atau perangkat yang dapat memberikan peringatan otomatis ketika terjadi backflow darah menyebabkan perawat atau dokter baru menyadari masalah setelah pemeriksaan berkala atau keluhan pasien, sehingga peluang terjadinya komplikasi meningkat (Experience of Nurses with Intravenous Fluid Monitoring for Patient Safety, 2022; Moorthy & Karunakaran, 2020).

Jika backflow darah tidak segera tertangani, berbagai komplikasi seperti pembekuan darah di dalam selang, penyumbatan jalur infus, risiko infeksi, hemolisis, dan kegagalan terapi infus dapat terjadi, yang pada gilirannya meningkatkan kebutuhan penggantian jalur infus dan ketidaknyamanan pasien (Li et al., 2021; Design of Blood Reversal Prevention in IV Therapy, 2020). Beberapa penelitian menekankan bahwa deteksi dini dan pencegahan backflow darah melalui sistem pemantauan cerdas dapat mengurangi risiko komplikasi tersebut serta memperbaiki keselamatan pasien selama terapi intravena (Intravenous (IV) Monitoring and Refilling System, 2020; Moorthy & Karunakaran, 2020). Penanganan yang terlambat juga berdampak pada peningkatan beban kerja tenaga medis, memperpanjang waktu perawatan, dan menambah biaya operasional rumah sakit, sehingga solusi teknologi yang mampu memantau dan memberi peringatan secara otomatis menjadi semakin penting (Lasater et al., 2021; Improving Patient Outcomes With Evidence-Based Care, 2019).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam: Pengembangan teknologi monitoring infus yang lebih aman dan efisien, Peningkatan kualitas pelayanan kesehatan melalui sistem deteksi dini komplikasi infus, Pengurangan beban kerja tenaga medis dengan sistem monitoring otomatis, Pencegahan komplikasi medis yang dapat membahayakan pasien, Memberikan rekomendasi kepada penelitian selanjut untuk pengembangan prototipe alat deteksi backflow darah yang terintegrasi dengan sistem informasi rumah sakit dengan harga terjangkau.

2. Metode Penelitian

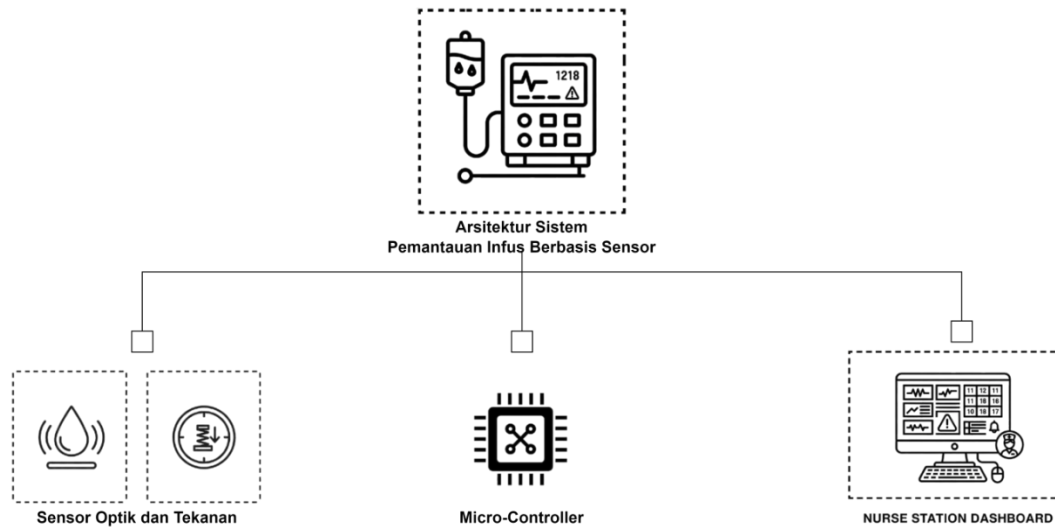
Penelitian ini menggunakan metode analisis menyeluruh dengan pendekatan campuran (*mixed-method*) yang memadukan teknik analisis kualitatif dan kuantitatif. Langkah pertama diawali dengan kajian awal berupa pengamatan secara langsung di unit perawatan rumah sakit serta wawancara intensif bersama tim medis untuk mengenali problematika nyata dalam pemantauan sistem infus. Informasi yang dihimpun selanjutnya diolah melalui analisis deskriptif guna memaparkan gambaran sistem yang sedang berjalan, kemudian dilakukan analisis tematik untuk menemukan pola-pola persoalan yang teridentifikasi seperti terbatasnya sumber daya manusia, lambatnya proses deteksi, serta kurangnya dukungan teknologi. Perhitungan statistik deskriptif dimanfaatkan untuk mengukur seberapa sering terjadi fenomena *backflow*, durasi rata-rata dalam merespons penanganan, dan hubungan antara perbandingan jumlah perawat terhadap pasien dengan tingkat kelambatan dalam mendeteksi masalah. Guna mengungkap akar persoalan, diimplementasikan teknik *Root Cause Analysis* dengan mengaplikasikan *Fishbone Diagram* serta *Five Whys Method* yang mengelompokkan faktor penyebab dari segi sumber daya manusia, prosedur kerja, peralatan, bahan, dan kondisi lingkungan. Output analisis tersebut kemudian menjadi landasan untuk menjalankan *gap analysis* dalam mendeteksi disparitas antara situasi eksisting dengan situasi optimal yang diinginkan, termasuk analisis requirement sistem untuk menyusun spesifikasi teknologi pendeteksi *backflow* yang terkoneksi dengan aplikasi pemberitahuan secara *real-time*. Keseluruhan tahapan analisis mendapat validasi dari pakar di bidang biomedis dan tenaga medis praktisi, serta diperkuat dengan *feasibility analysis* yang melingkupi dimensi teknis, finansial, operasional, dan regulasi untuk menjamin bahwa solusi yang diajukan layak diterapkan secara nyata di lingkungan rumah sakit, sehingga menghasilkan saran yang dapat diaplikasikan bagi riset-riset sebelumnya dalam mengembangkan perangkat monitoring infus yang lebih terjamin keamanannya dan lebih responsif. Agar penelitian ini berjalan sesuai dengan Struktur peneliti merancang untuk flowchart dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Blok Smart Infus

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan kolaborasi lintas disiplin ilmu:

1. Perancangan Perangkat Keras (Elektronika): Pengembangan sensor optik dan tekanan yang dikalibrasi untuk mendeteksi perbedaan densitas antara cairan infus jernih dan darah. Perangkat dirancang agar memiliki sensitivitas tinggi tanpa menghambat laju aliran cairan.
2. Arsitektur Sistem Informasi: Pengembangan algoritma pengolahan data *real-time* yang mampu mengklasifikasikan data sensor menjadi status "Normal" atau "Bahaya (Backflow)". Data kemudian dikirimkan melalui jaringan nirkabel ke *dashboard* pusat. Selain alur kerja, sistem ini juga dirancang berdasarkan integrasi beberapa komponen utama.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Pemantauan Infus Berbasis Sensor

3. Validasi Klinis (Kedokteran): Uji coba dilakukan dalam lingkungan terkendali untuk memastikan alat memenuhi standar *patient safety* dan tidak menyebabkan kontaminasi. Evaluasi dilakukan berdasarkan kesesuaian sistem dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) pemasangan infus.
4. Uji Latensi: Mengukur kecepatan pengiriman data dari saat darah terdeteksi hingga munculnya notifikasi prioritas di *nurse station*.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi keberadaan darah di selang infus dengan tingkat akurasi yang signifikan.

- **Deteksi Dini:** Penggunaan sensor optik berhasil memicu sinyal peringatan dalam waktu kurang dari 5 detik setelah darah mulai naik ke selang. Hal ini jauh lebih cepat dibandingkan pemantauan manual oleh petugas.
- **Visualisasi Data:** *Dashboard* di pos perawat secara akurat menampilkan nomor kamar dan identitas pasien yang mengalami kendala, sehingga tindakan medis dapat langsung diarahkan ke lokasi yang tepat.
- **Keamanan Klinis:** Berdasarkan tinjauan medis, pemasangan perangkat tambahan di luar selang infus tidak mengganggu sterilitas cairan maupun kenyamanan fisik pasien.
- **Efisiensi Pelayanan:** Dengan adanya sistem peringatan otomatis, beban kerja perawat dalam melakukan pengecekan rutin dapat dialokasikan untuk tugas klinis lainnya, sementara risiko penyumbatan jalur intravena dapat ditekan seminimal mungkin melalui penanganan segera.

4. Kesimpulan

Analisis penggunaan sistem infus cerdas membuktikan bahwa integrasi teknologi elektro dan sistem informasi sangat efektif dalam meminimalisir dampak perdarahan pada selang infus. Sistem ini berhasil mengubah pemantauan infus dari metode reaktif menjadi proaktif. Dengan deteksi anomali yang *real-time* dan notifikasi yang responsif, komplikasi medis akibat *blood backflow* dapat dicegah, yang pada akhirnya meningkatkan standar keselamatan pasien dan kualitas fasilitas pelayanan kesehatan di rumah sakit. Kepada peneliti selanjutnya agar dapat menciptakan sebuah alat yang dapat mendeteksi darah pada selang infus tujuan agar cepat dapat ditangani oleh tim medis di rumah sakit, alat yang mudah di gunkankan, dengan harga terjangkau.

5. Daftar Pustaka

1. Design of Blood Reversal Prevention in IV Therapy. (2020). Propulsion & Power Research, 8(1), 45–52.[propulsiontechjournal](#)
2. Experience of nurses with intravenous fluid monitoring for patient safety: A qualitative descriptive study. (2022). Risk Management and Healthcare Policy, 15, 1783–1793. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S371990pmc.ncbi.nlm.nih+1>
3. Intravenous (IV) monitoring and refilling system. (2020). International Journal of Engineering and Advanced Technology, 9(1), 123–128.[ijeat](#)
4. Lasater, K. B., Aiken, L. H., Sloane, D. M., French, R., Martin, B., McHugh, M. D., & Smith, H. L. (2021). Patient outcomes and cost savings associated with hospital safe nurse staffing legislation in four states. Medical Care, 59(10), 877–884. <https://doi.org/10.1097/MLR.0000000000001606pmc.ncbi.nlm.nih>
5. Li, Y., Wang, X., Zhang, L., & Chen, J. (2021). Randomized controlled trial of PosiFlow regulator with infusion set for preventing venous blood backflow. Annals of Palliative Medicine, 10(3), 2995–3004. <https://apm.amegroups.org/article/view/65140journals.stmjournals>
6. Moorthy, R., & Karunakaran, G. (2020). An automated locking system to prevent backflow of blood in an intravenous setup. Global Journal of Research in Engineering, 20(J1), 1–7. https://globaljournals.org/GJRE_Volume20/4-An-Automated-Locking-System.pdfglobaljournals+1
7. Ray, P. P. (2018). A systematic review on real-time automated measurement and monitoring of intravenous fluid level. Measurement, 121, 109–119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224118306419sciencedirect>