

Rancang Bangun Perangkat Pengendali Debit Tetesan Infus Otomatis Untuk Proses Terapi Infus

Galang Prihadi Mahardhika¹, Mutiara Herawati²

¹Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14 Yogyakarta 55510
galang.prihadi@uii.ac.id

²Program Studi Profesi Apoteker Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14 Yogyakarta 55510
mutiaraherawati89@gmail.com

Abstract. Kesehatan adalah hal yang sangat penting, bahkan banyak yang berpendapat bahwa kesehatan memiliki nilai yang sangat tinggi¹. Kualitas kesehatan seseorang tidak selalu bertahan pada kondisi yang baik. Ada saatnya seseorang mengalami penurunan kualitas kesehatan. Saat itulah seseorang memerlukan penanganan kesehatan. Usaha peningkatan kualitas kesehatan seseorang dapat dilakukan melalui terapi intravena atau lebih dikenal dengan terapi infus. Pada tindakan terapi infus, penentuan debit tetesan infus adalah hal yang sangat penting. Salah satu faktor yang menyebabkan tindakan terapi infus dikatakan tidak sempurna adalah faktor tidak konsistennya dosis/nilai tetesan infus yang disebabkan oleh pengawasan yang kurang maksimal oleh perawat²⁻⁴. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan suatu perangkat pengendali debit tetesan infus secara otomatis yang dapat digunakan pada proses terapi infus. Perangkat pengendali debit tetesan infus dikembangkan dalam dua proses kerja. Proses pertama adalah proses pembacaan debit tetesan infus yang dilakukan dengan sensor *photodiode* dan proses kedua adalah proses pengaturan laju cairan infus (klem) yang dilakukan dengan motor servo. Hasil pengujian memberikan kesimpulan bahwa pada kondisi stabil, kesalahan dosis yang terjadi maksimal hanya sebesar 4 tetes/menit.

Keywords: Perangkat Pengendali, Otomatis, Tetesan Infus, Terapi Infus, Photodiode, Motor Servo.

1 Pendahuluan

Hidup sehat merupakan dambaan setiap manusia. Berdasarkan survey yang dilakukan mengenai makna kesehatan, didapati bahwa kesehatan adalah hal yang sangat penting dan kesehatan juga memiliki nilai yang sangat tinggi¹. Bahkan sosialisasi terkait pola hidup sehat juga sudah sering dilakukan. Pada penelitiannya, Mbembu dan Angriani memaparkan tentang pentingnya nilai kesehatan, dengan harapan agar setiap anak selalu menanamkan nilai-nilai berperilaku hidup bersih dan sehat sejak usia dini⁵. Namun tidak selamanya seseorang dapat mengontrol tingkat kesehatannya. Terdapat 4 faktor utama yang mempengaruhi kesehatan seseorang, yaitu faktor perilaku, faktor lingkungan, faktor keturunan, dan faktor pelayanan kesehatan⁶.

Faktor yang menjadi fokus peningkatan kualitas kesehatan dalam penelitian ini adalah faktor pelayanan kesehatan. Faktor pelayanan kesehatan erat kaitannya dengan keselamatan pasien (*Patient Safety*). Keselamatan pasien adalah suatu sistem dimana pemberi pelayanan kesehatan membuat tindakan asuhan pasien yang aman². Pada faktor pelayanan kesehatan, seorang pasien sepenuhnya mempercayakan proses peningkatan kondisi kesehatannya kepada tenaga medis. Sehingga dalam hal ini, upaya menjaga serta meningkatkan kualitas kesehatan pasien akan banyak bergantung pada kinerja tenaga medis. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah kesalahan perhitungan dosis pemberian obat pada saat proses terapi. Kesalahan perhitungan dosis biasanya terjadi pada proses terapi, seperti pada kasus pemberian obat untuk pasien anak-anak atau pemberian obat yang dilakukan secara intravena².

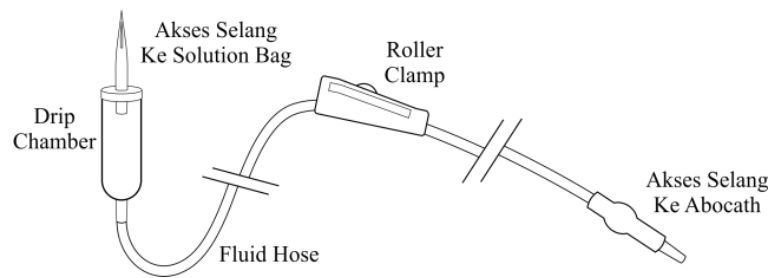
2 Terapi Infus

Terapi intravena atau biasa dikenal dengan terapi infus adalah proses pengiriman sejumlah cairan ke dalam tubuh pasien yang dilakukan dengan sebuah jarum yang ditusukkan kedalam pembuluh vena (pembuluh balik) pasien untuk tujuan menggantikan cairan atau zat-zat makanan yang hilang dari dalam tubuh⁷. Pada tindakan terapi infus, penentuan debit tetesan infus menjadi hal yang sangat penting. Tetesan infus harus disesuaikan dengan jenis perangkat infus, jenis larutan/cairan infus, serta kebutuhan pasien. Salah satu faktor yang menyebabkan tindakan terapi infus dikatakan tidak sempurna adalah faktor tidak konsistennya dosis/nilai debit tetesan yang disebabkan oleh pengawasan yang kurang maksimal oleh perawat²⁻⁴.

Terapi infus dilakukan untuk pemberian obat yang tidak dapat dilakukan melalui proses oral atau intramuskuler. Kondisi seperti itu umum dijumpai pada pasien dalam kondisi tidak bisa menelan, tidak sadar, dehidrasi, atau syok. Tujuan lain pemasangan infus adalah untuk memperbaiki keseimbangan asam basa, memperbaiki volume komponen-komponen darah, memberi jalan masuk untuk pemberian obat-obatan kedalam tubuh, memonitor tekan *vena central* (CVP), serta memberikan nutrisi pada saat sistem pencernaan diistirahatkan⁸.

Perangkat utama yang digunakan untuk melakukan terapi infus terbagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian tabung cairan infus (*solution bag*), bagian infus set, dan bagian jarum infus (*abocath*). Tabung cairan infus adalah komponen utama tempat dimana cairan infus diletakkan. Cairan infus dibuat dalam bentuk dosis tunggal yang dikemas dalam wadah (plastik/gelas) yang bersifat steril, bebas pirogen, serta bebas partikel-partikel lain yang dapat membahayakan⁹. Infus set adalah bagian yang bertugas menyalurkan cairan dari tabung cairan infus ke jarum infus. Bagian penyalur cairan tersebut juga bertanggung jawab menangani debit cairan yang lewat agar sesuai dengan debit cairan yang diperlukan oleh pasien. Infus set terdiri dari bagian akses selang, bagian selang infus (*fluid hose*), ruang tetesan (*drip chamber*), dan klem (*roller clamp*). Bagian drip chamber adalah bagian yang berfungsi untuk membuat debit cairan infus mengalir dengan stabil pada *fluid hose*. Selain itu *drip chamber* juga bertugas untuk menyedot cairan yang berada di *solution bag*. Sedangkan *roller clamp* adalah bagian yang ber-

fungsi untuk mengatur debit aliran cairan yang akan disalurkan. Pengaturan jumlah tetesan infus (tetes/menit) diatur pada bagian *roller clamp*. Bagian-bagian infus set dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian Infus Set

3 Tinjauan Pustaka

Pengembangan pengendali otomatis untuk mengatur tetesan infus pernah dibuat oleh Barros dan Marcus yang dibuat dengan menggunakan *motor stepper* dengan spesifikasi 3,6 % *graded step angle*¹⁰. Motor tersebut bekerja membuka atau menutup klem infus sesuai dengan perintah dari mikrokontroler. Pengendalian dilakukan dengan menggunakan 11 posisi pada motor untuk mengatur laju debit infus.

Proses utama dalam pengembangan sistem bantu terapi infus adalah perangkat pembaca tetesan infus. Ada beberapa teknik yang penulis dapatkan pada proses studi pustaka. Namun penulis menghilangkan beberapa teknik yang tidak sesuai dengan tinjauan keamanan, dimana dari segi keamanan, sensor tidak boleh bersentuhan secara fisik dengan cairan infus. Salah satu teknik yang digunakan pada perangkat pembaca adalah dengan pemanfaatan sensor elektroda *copper foil*¹¹. Teknik tersebut memanfaatkan konduksi elektrik dari cairan infus dan mengambil nilai kapasitansinya. Teknik lainnya yang relatif banyak digunakan adalah dengan pemanfaatan sensor photodiode^{10,12,13}. Photodiode yang diletakkan didepan sumber cahaya akan membaca intensitas sumber cahaya tersebut. Intensitas cahaya yang ditangkap photodiode akan berubah ketika ada penghalang diantara keduanya. Teknik ini menggunakan konsep tersebut dengan tetesan cairan infus yang berfungsi sebagai penghalang.

Studi pustaka juga dilakukan untuk mengetahui teknologi komunikasi yang digunakan guna proses pengembangan penelitian selanjutnya. Dari hasil klasifikasi yang dilakukan terdapat 2 teknologi yang digunakan pada proses pemantauan debit tetesan infus, yaitu teknologi kabel dan teknologi nirkabel. Teknologi kabel umumnya dilakukan dengan menggunakan komunikasi serial dimana dibutuhkan dua jalur yang digunakan sebagai pengirim dan penerima pesan^{10-12,14}. Sedangkan teknologi nirkabel umumnya dilakukan dengan menggunakan komunikasi TCP (*Transmission Control Protocol*) dimana dibutuhkan perangkat Wifi yang terkoneksi dalam satu jaringan^{13,15}.

Perangkat pengendali debit tetesan infus yang dibuat oleh penulis pada penelitian ini akan dikembangkan dengan menggunakan sensor photodioda untuk perangkat pembaca dan motor servo untuk perangkat pengendali debit tetesan. Hasil tabulasi dari tinjauan pustaka serta pengembangan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabulasi tinjauan pustaka dan pengembangan yang dilakukan

Peneliti	Teknologi pengendali Tetesan	Teknologi Sensor Level	Teknologi Sensor Tetesan	Teknologi Komunikasi
Barros & Marcus (1998)	Motor Stepper	-	Sensor Photodioda	Kabel
Adil (2011)	-	-	Sensor Photodioda	Kabel
Jianwen & Han (2011)	-	-	Sensor Photodioda	Nirkabel
Ogawa et al (2010) (dengan pendeteksi Kondisi <i>free flow</i>)	-	-	Elektroda <i>Cooper Foil</i>	Kabel
Huang & Lin (2011)	-	RFID	-	Nirkabel
Chiang (2014)	-	Kawat Metal Tipis	-	Kabel
Penelitian yang akan dikembangkan	Motor Servo	Sensor Photodioda	Sensor Photodioda	Nirkabel

Untuk proses pengembangan penelitian selanjutnya, penulisan akan mengembangkan perangkat pemantau proses terapi infus dengan menggunakan teknik komunikasi nirkabel menggunakan komunikasi TCP (Transmission Control Protocol). Data yang dikirim oleh tiap perangkat infus akan dikumpulkan pada sebuah server, sehingga data infus dapat digunakan oleh beberapa perangkat sekaligus yang terkoneksi ke server. Dengan cara tersebut diharapkan proses pemantauan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan fleksibel serta dapat dilakukan bahkan dengan perangkat bergerak seperti *tablet* atau ponsel pintar yang terkoneksi dengan server. Dengan pemberian sistem hak akses, bahkan keluarga pasien juga dapat memonitor proses terapi infus secara langsung, dimana saja dan kapan saja.

4 Analisis Masalah

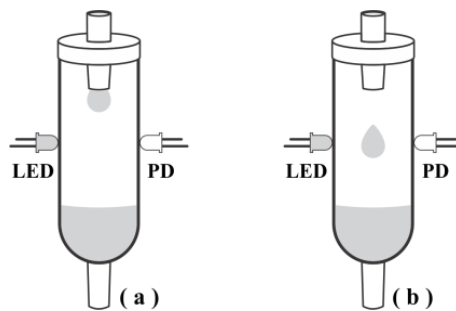
4.1 Analisis Masalah Pada Perangkat Pembaca

Seperti telah dijelaskan pada bagian tinjauan pustaka, pada penelitian ini, sensor yang digunakan adalah sensor photodioda yang dihadapkan pada sebuah sumber cahaya berupa LED (*Light Emitting Diode*). Untuk kebutuhan perangkat pembaca, Sensor photodioda dan LED akan diletakkan berhadapan diantara bagian *drip chamber*. Susunan

peletakkan photodiode dan LED dapat dilihat pada Gambar 2. Pada posisi pertama (gambar a), sensor photodiode akan bernilai tinggi karena pancaran sinar dari LED tidak terhalang oleh apapun. Sedangkan pada posisi kedua (gambar b) sensor photodiode akan bernilai rendah karena pancaran sinar dari LED akan terhalang oleh cairan infus yang menetes melewati sensor photodiode.

Timer akan mencatat waktu jeda ketika sensor photodiode mendeteksi tetesan pertama hingga sensor photodiode mendeteksi tetesan berikutnya. Waktu jeda tersebut merupakan variabel yang digunakan untuk menghitung debit tetesan cairan infus per menit (tetes/menit). Debit tetesan cairan infus dihitung dengan cara membagi satuan waktu dengan variabel jeda (60000 ms / jeda ms).

Kendala yang dihadapi adalah, *timer* pada mikrokontroler yang tidak dilengkapi dengan RTC (*Real Time Clock*), tidak dapat menghitung waktu secara akurat, sehingga perlu dilakukan penyesuaian penggunaan rumus yang tepat. Penentuan rumus yang digunakan dilakukan dengan membandingkan antara proses penghitungan debit tetesan infus oleh sistem dan proses penghitungan debit tetesan infus secara manual, yang menghasilkan rumus 59000 ms / jeda ms.



Gambar 2. Susunan sensor photodiode dan led terhadap *drip chamber*

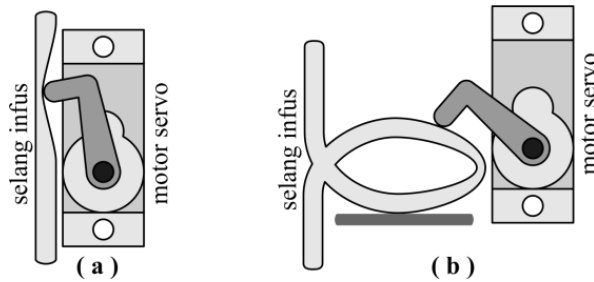
4.2 Analisis Masalah Pada Perangkat Pengendali

Perangkat pengendali pada penelitian ini dibuat menggunakan motor servo dengan merek *Tower Pro SG90 9G*. Motor servo tersebut digunakan karena dimensinya yang kecil dan beratnya yang ringan, mengingat pada proses impelentasinya nanti, perangkat pengendali akan diletakkan secara menggantung pada selang infus. Penulis lebih memilih motor servo dan bukan motor *stepper* karena motor servo memiliki dimensi yang relatif lebih kecil dan ringan dari pada motor *stepper*. Perangkat pengontrol yang ringan diharapkan tidak terlalu membebani selang infus, sehingga kebebasan gerak selang infus tidak akan terganggu.

Dari hasil analisis, ditemukan bahwa motor servo yang digunakan memiliki kelemahan pada sisi *output torque*, yaitu tenaga yang dihasilkan motor servo tidak cukup kuat untuk menekan selang infus secara langsung, sehingga perlu dicari teknik lain untuk menghentikan laju cairan infus.

Solusi yang didapat dari proses analisis adalah dengan menggunakan teknik melipat selang, bukan dengan teknik menekan selang. Gambar 3 memperlihatkan desain motor

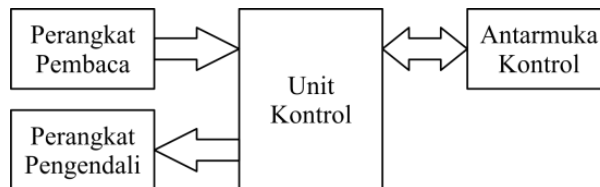
servo sebagai penekan (gambar a) dan desain motor servo sebagai pelipat selang (gambar b). Penelitian ini menggunakan desain motor servo yang bekerja sebagai pelipat selang infus (gambar b).



Gambar 3. Desain perangkat pengontrol

5 Proses Pengembangan Model

Untuk mempermudah proses implementasi dari rancangan yang telah dibuat, maka perangkat pengendali debit tetesan infus akan dimodelkan dalam bentuk blog diagram dan *flowchart*. Pada penelitian ini, blog diagram akan digunakan untuk memodelkan keseluruhan sistem, sedangkan *flowchart* akan digunakan untuk memodelkan proses kerja pada pada sistem pengendali debit tetesan infus. Blog diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



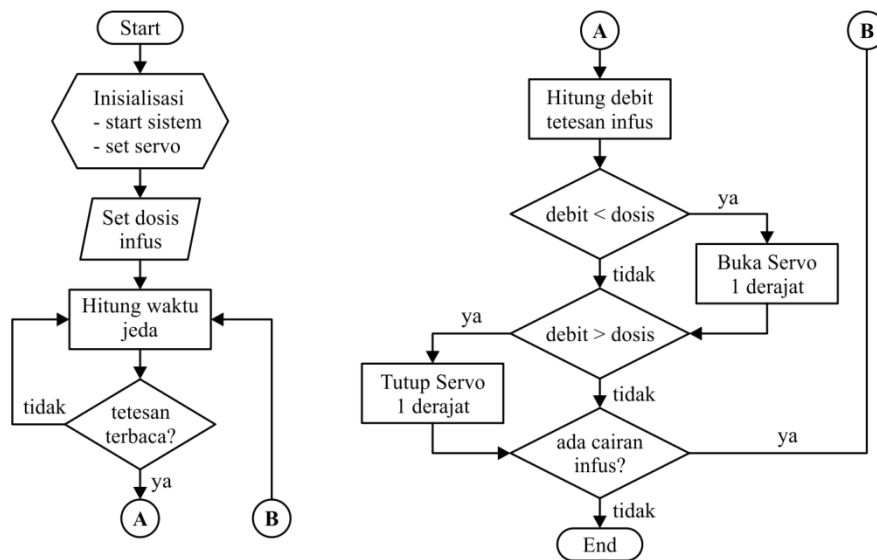
Gambar 4. Blog diagram sistem pengendali debit tetesan infus

Penjelasan dari blog diagram pada Gambar 4 adalah sebagai berikut :

- Unit Kontrol bertugas sebagai pengolah data yang didapat dari perangkat pembaca dan antarmuka kontrol. Data yang telah diolah kemudian didistribusikan ke perangkat antarmuka kontrol (nilai debit tetesan) dan ke perangkat pengendali (perintah pengendalian).
- Antarmuka Kontrol digunakan untuk menentukan dosis infus sekaligus sebagai media yang menampilkan nilai debit tetesan infus.
- Perangkat Pembaca bertugas untuk mendeteksi ada atau tidaknya cairan infus yang menetes dengan cara mengirim intensitas photodiode yang menangkap pancaran sinar LED.

d. Perangkat Pengendali bertugas mengendalikan laju cairan infus. Perangkat pengendali menerima perintah dari unit kontrol yang kemudian akan dieksekusi dengan cara menambah atau mengurangi laju debit cairan infus.

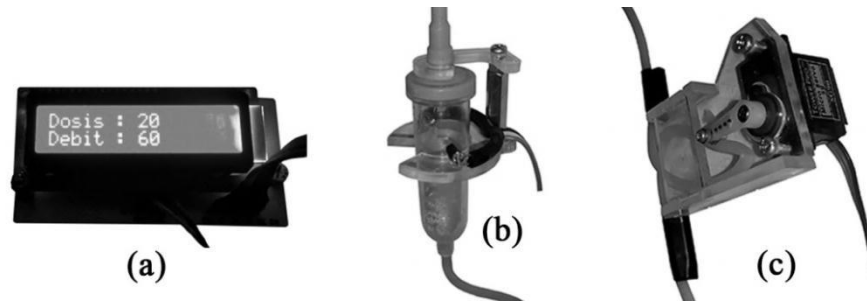
Pemodelan *flowchart* digunakan untuk memudahkan proses pemrograman pada sistem pengendali debit tetesan infus yang dibuat pada penelitian ini. *Flowchart* proses kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Flowchart* sistem pengendali debit tetesan infus

6 Implementasi dan Pengujian

Hasil implementasi perangkat pengendali debit tetesan infus yang dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6. Antarmuka bertugas menampilkan dosis yang diinginkan serta debit yang terjadi (gambar a). Perangkat pembaca terpasang di drip chamber dan berfungsi untuk membaca tetesan infus yang terjadi (gambar b). Sedangkan perangkat pengendali bertugas sebagai klem yang berfungsi mengecilkan atau membesarkan debit aliran cairan infus (gambar c).



Gambar 6. (a) Antarmuka; (b) Perangkat Pembaca; (c) Perangkat Pengendali

Proses pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pengujian nilai debit tetesan dan tahap pengujian stabilitas tetesan. Tahap pengujian nilai debit tetesan dilakukan untuk menguji kinerja perangkat pembaca serta proses perhitungan nilai debit tetesan oleh unit kontrol. Tahap ini dilakukan dengan membandingkan antara pembacaan nilai debit tetesan infus oleh perangkat yang dikembangkan dan pembacaan nilai debit tetesan infus secara manual. Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan nilai debit tetesan yang dihasilkan oleh perangkat yang dikembangkan telah sesuai dengan nilai debit tetesan yang dihitung secara manual.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai debit tetesan

Percobaan	Hitung Manual	Hasil Pembacaan
1	13	13
2	21	21
2	13	13
4	21	21

Tahap pengujian stabilitas tetesan (tahap kedua) dilakukan untuk menguji perangkat pengendali agar dapat menjaga debit tetesan infus pada nilai tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan mempertahankan debit tetesan infus pada nilai 20 tetes/menit. Hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3 menunjukkan nilai debit tetesan yang cenderung stabil dengan perbedaan paling signifikan hanya 4 tetes/menit (terlihat pada debit 16 dan debit 24) dengan frekuensi keluar yang relatif kecil (hanya muncul sekali).

Tabel 3. Hasil pengujian stabilitas tetesan infus

Debit	Derajat Servo
16	86
19	85
23	84
24	85
20	86
19	86
19	85
21	84
22	85
20	86

Debit	Derajat Servo
19	86
19	85
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84

Debit	Derajat Servo
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
20	84
19	84

7 Penutup

Dengan penempatan yang tepat, sensor photodiode yang dihadapkan pada sebuah LED dinilai baik untuk menangkap tetesan yang terjadi pada *drip chamber*. Motor servo yang bertugas sebagai pengendali laju debit tetesan infus telah bekerja dengan baik sebagai alat pengendali yang bertanggung jawab terhadap debit tetesan infus yang diinginkan. Selain itu motor servo yang digunakan juga relatif ringan dan tidak terlalu mempengaruhi kebebasan gerak selang infus.

Perangkat pengendali debit tetesan infus pada proses terapi infus dapat meminimalisir kesalahan pada proses terapi infus. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengecek setiap saat nilai tetesan yang dihasilkan oleh perangkat pembaca dan kemudian melakukan aksi membesarkan atau mengecilkan debit tetesan infus melalui perangkat pengendali secara terus menerus.

Pengendalian debit tetesan dapat menyelesaikan salah satu permasalahan yang utama pada proses terapi infus. Masalah lainnya yang terjadi pada proses terapi infus adalah proses pemantauan. Dari hasil analisis yang dilakukan, salah satu penyebab menurunnya kualitas pelayanan kesehatan pada proses terapi infus adalah faktor pemantauan yang kurang maksimal, hal tersebut dikarenakan jumlah tenaga medis yang terkadang tidak sebanding dengan jumlah pasien. Berdasarkan kesimpulan tersebut, proses pemantauan pada proses terapi infus akan menjadi suatu fokus pengembangan yang dilakukan pada penelitian lanjutan untuk kedepannya.

8 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Islam Indonesia (DPPM UII) yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada para reviewer yang telah memberi masukan yang membangun, serta pihak-pihak yang telah membantu proses pelaksanaan penelitian hingga publikasi ini diterbitkan.

9 Pustaka

1. Pudjaningsih D. Keselamatan Pasien Menjadi Tantangan Filosofi Asuhan Kefarmasian. In: Kusumadewi S, Fuad A, Endang B, eds. *Peranan Teknologi Informasi & Komunikasi Di Bidang Obat Dan Pengobatan Dalam Mendukung Perlindungan Pasien*. Vol Graha Ilmu; 2011:1-25.
2. Pudjaningsih D, Rini VA. Patient Safety Dalam Praktik Kefarmasian. In: Kusumadewi S, Fuad A, Endang B, eds. *Peranan Teknologi Informasi & Komunikasi Di Bidang Obat Dan Pengobatan Dalam Mendukung Perlindungan Pasien*. Vol Graha Ilmu; 2011:57-99.
3. Hoefel HH, Lautert L, Schmitt C, Soares T, Jordan S. Vancomycin Administration : Mistakes Made By Nursing Staff. *Nurs Stand*. 2008;22 (39):35-42. <http://rcnpublishing.com/doi/ref/10.7748/ns2008.06.22.39.35.c6567>.
4. Taxis K, Barber N. Causes of Intravenous Medication Errors : an Ethnographic Study. *Qual Saf Health Care*. 2003;12:343-347. doi:10.1136/qhc.12.5.343.
5. Mbembu L, Angriani H. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat Pada Anak Sekolah Usia 7-10 Tahun. *sing J Pediatr Nurs Vol 1(3)*. 2014;1(3):115-118.
6. Cheris I. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kesehatan. 2012. <https://idahceris.wordpress.com/2012/04/10/faktor-yang-mempengaruhi-kesehatan/>. Accessed February 13, 2015.
7. Handaya A. Infus Cairan Intravena (Macam-Macam Cairan Infus). 2010. <http://dokteryudabedah.com/infus-cairan-intravena-macam-macam-cairan-infus/>. Accessed February 13, 2015.
8. Darwis A. Prosedur Pemasangan Infus. 2014. <http://www.abcmedika.com/2014/04/prosedur-pemasangan-infus.html>.
9. Antara NJ. Macam-Macam Cairan Infus Beserta Fungsinya. 2013. <http://ngurahjayaantara.blogspot.com/2013/12/macam-macam-cairan-infus-beserta.html>.
10. Barros E, Marcus VD. A Safe , Accurate Intravenous Infusion Control System. In: *IEEE Micro*. Vol ; 1998:12-21.
11. Ogawa H, Maki H, Tsukamoto S, Yonezawa Y, Amano H, Morton Caldwell W. A New Drip Infusion Solution Monitoring System With a Free-Flow Detection Function. In: *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC'10*. Vol ; 2010:1214-1217. doi:10.1109/IEMBS.2010.5626449.
12. Adil R. Alat Bantu Monitoring Rate Jantung , Suhu Tubuh dan Kontrol Tetesan Infus Pada Ruang Perawatan Rumah Sakit. In: *Industrial Electronics Seminar 2011*. Vol 2011. ; 2011:978-979.
13. Jianwen C, Han Z. Design of Intravenous Infusion Monitoring and Alarm System Based on Wireless Communication Technology. In: *2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2011*. Vol ; 2011:130-134. doi:10.1109/ICMA.2011.5985644.
14. Chiang C. A CMOS Liquid Level to Frequency Converter with Calibration Circuits for Detecting Liquid Level of Intravenous Drip. In: *International Conference of Mechatronics and Automation*. Vol Tianjin; 2014:342-346.
15. Huang CF, Lin JH. A Warning System Based on the RFID Technology For Running-Out of Injection Fluid. In: *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*. Vol ; 2011:2212-2215. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090418.