

# Analisis Keakurasian Sensor Photodiode Pada Parameter *Flowrate Infusion Device Analyzer* 2 Channel

Linda Ayu Puspitosari<sup>#</sup>, Syaifudin, Sumber

Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya  
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia

[#Lindaska82@gmail.com](mailto:Lindaska82@gmail.com), [nyong74@yahoo.com](mailto:nyong74@yahoo.com), [sumberrani@gmail.com](mailto:sumberrani@gmail.com)

**Abstract**— In the medical world, patient safety is a top priority. The amount of workload and frequency of use, in the long run, will affect the accuracy and accuracy of the tool. If the flow rate and volume of a syringe pump or infusion pump given to patients are not controlled (overdose or fluid flow rate is too high) will be able to cause hypertension, heart failure, or pulmonary edema. Therefore, calibration is required, namely the activities of theeraan to determine the correctness of the designation value of measuring instruments or measuring materials based on Decree No. 54 of 2015. The purpose of this research is the analysis the accuracy of photodiode sensors in the parameters of flowrate Infusion Device Analyzer 2 Channel. The contribution of this research is that the system can display three calibration results in one measurement at the same setting and can calibrate 2 tools simultaneously. Module design in the form of an infrared photodiode sensor for flowrate value reading. This study used 8 pairs of infrared photodiode sensors for channels 1 and 2 installed in the chamber. This study used a flow rate formula applied to a water level system to get 3 calibration results. An infrared photodiode sensor will detect the presence of water flowing in the chamber derived from an infusion or syringe pump. Furthermore, the sensor output will be processed by STM32 and 3 calibration results are displayed on a 20x4 LCD. This tool has an average error value on channel 1 of 3.50% and channel 2 of 3.39%. It can be concluded that the overall system can work well, the laying and distance between infrared Photodiodes are also influential in sensor readings.

**Keywords**—*Infusion Device Analyzer; STM32; Flowrate*

**Abstrak**— Pada dunia medis, keamanan pasien merupakan prioritas utama. Banyaknya beban kerja dan frekuensi pemakaian dalam jangka panjang akan berpengaruh pada ketelitian dan keakurasian alat. Apabila laju aliran dan volume syringe pump atau infusion pump yang diberikan kepada pasien tidak terkontrol (overdosis atau laju aliran cairan terlalu tinggi) akan dapat menyebabkan hipertensi, gagal jantung atau edema paru. Maka dari itu diperlukan adanya kalibrasi, yaitu kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur atau bahan ukur berdasarkan Permenkes Nomor 54 Tahun 2015. Tujuan dari penelitian ini adalah dibuatnya analisis keakurasian sensor photodiode pada parameter flowrate Infusion Device Analyzer 2 Channel. Kontribusi penelitian ini adalah sistem dapat menampilkan tiga hasil kalibrasi dalam satu kali pengukuran pada setting yang sama dan dapat mengkalibrasi 2 alat secara bersamaan. Perancangan modul berupa sensor photodiode infrared untuk pembacaan nilai flowrate. Penelitian ini menggunakan 8 pasang sensor photodiode infrared untuk channel 1 dan 2 dipasang pada chamber. Penelitian ini menggunakan rumus laju aliran yang diterapkan pada sistem water level untuk mendapatkan 3 hasil kalibrasi. Sensor photodiode infrared akan mendeteksi adanya air yang mengalir di dalam chamber yang berasal dari infus atau syringe pump. Selanjutnya hasil output sensor akan diproses oleh STM32 dan 3 hasil kalibrasi ditampilkan pada LCD 20x4. Alat ini memiliki nilai error rata-rata pada channel 1 sebesar 3,50% dan pada channel 2 sebesar 3,39%. Dapat disimpulkan bahwa sistem keseluruhan dapat bekerja dengan baik, Peletakan dan jarak antar Photodiode infrared juga berpengaruh dalam pembacaan sensor.

**Kata Kunci**— *Infusion Device Analyzer; STM32; Flowrate*

## I. PENDAHULUAN

*Infusion pump* yaitu memasukkan suatu cairan kedalam tubuh pasien dalam jumlah tertentu melalui pembuluh darah vena pasien yang dilakukan secara terus menerus dalam jangka waktu tertentu [1]. *Syringe pump* adalah alat yang berfungsi untuk mendorong batang alat suntik agar dapat memberikan sejumlah cairan (obat atau makanan) setiap mikroliter sampai mililiter per menit secara berkala dengan ketelitian tinggi

sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pemberian dosis kepada pasien [2]. Alat *Infusion pump* atau *Syringe pump* adalah peralatan medis yang dapat mempermudah tenaga medis dalam pemberian cairan kepada pasien secara efisien dan efektif. Apabila laju aliran dan volume yang diberikan kepada pasien tidak terkontrol (overdosis atau laju aliran cairan terlalu tinggi), akan dapat menyebabkan hipertensi, gagal jantung atau edema paru [3]. Begitu juga ketika oklusi terjadi dapat menyebabkan obat-obatan atau nutrisi tidak dapat mengalir ke pembuluh

darah pasien [4]. Pemberian obat-obatan atau nutrisi untuk terapi pasien secara manual akan menjadi tidak efisien dan tidak efektif [5]. Keuntungan yang didapat dari menggunakan *Infusion pump* atau *Syringe pump* adalah tenaga medis tidak perlu menghitung jumlah tetesan atau volume secara manual [6]. Karena, pada kedua alat tersebut sudah terdapat pengaturan untuk laju aliran dan volume yang secara otomatis akan memasukkan cairan dengan kecepatan yang konstan dan dalam waktu tertentu [7].

Pada dunia medis, keamanan pasien merupakan prioritas utama. Banyak laporan kegagalan fungsional pada infus manual. Hasil statistik menunjukkan bahwa 39% kesalahan terjadi saat memberikan obat, 10% kesalahan muncul di apotek dan 38% kesalahan dilakukan ketika menginfus obat, 13% karena beberapa alasan lain [8]. *Infusion pump* dan *Syringe pump* merupakan alat yang paling sering digunakan di rumah sakit [9]. Karena banyaknya beban kerja dan frekuensi pemakaian alat dalam jangka panjang akan berpengaruh pada ketelitian dan keakurasian alat. Maka, diperlukan adanya pengukuran ulang pada kedua alat tersebut untuk meminimalkan kesalahan pemberian terapi intravena kepada pasien [10]. Pengukuran ulang yang dimaksud adalah melakukan pengujian dan kalibrasi terutama pada alat medis.

Kalibrasi menurut Permenkes no 54 Tahun 2015 adalah kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukkan alat ukur dan/atau bahan ukur. Alat kesehatan secara berkala wajib dilakukan pengkalibrasian paling sedikit satu tahun sekali [11]. Infus pump dan *Syringe pump* merupakan bagian dari beberapa alat kesehatan yang harus dikalibrasi [12]. Alat kalibrasi *Syringe pump* dan *Infusion pump* adalah *Infusion Device Analyzer* (IDA) [13] yang digunakan untuk mengukur *flowrate* dan *occlusion* pada alat [14].

Alat yang digunakan untuk mengkalibrasi *Infusion pump* atau *Syringe pump* adalah *Infusion Device Analyzer* yang mana alat tersebut akan mengukur laju aliran, volume, tekanan oklusi, tes PCA dan bolus [15]. Acuan yang digunakan sebagai pedoman saat mengkalibrasi *Infusion pump* dan *Syringe pump* adalah ECRI 416-0595 (2001). Sesuai dengan pedoman ECRI 416-0595 (2001), simpangan pengukuran laju aliran yang diperbolehkan adalah  $\pm 5\%$  untuk pasien kritis dan  $\pm 10\%$  untuk pasien umum. Sedangkan untuk tekanan *occlusion*, simpangan yang diperbolehkan yaitu  $\leq 20$  Psi. Alat ini sangat penting untuk dimiliki Rumah Sakit. Karena dengan dimilikinya alat kalibrasi, alat yang ada di rumah sakit akan lebih terpelihara dan terjaga kualitas serta keakurasiannya.

Berdasarkan telusur pustaka, tahun 2011 Yanu Eko P. telah melakukan penelitian tentang "Alat Kalibrasi Flow Rate pada Infus Pump Berbasis Mikrokontroler". Pada penelitian ini dikembangkan alat yang mampu mendeteksi kecepatan aliran pada infus pump. Dalam pengolahan datanya alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 tampil LCD karakter 2x16. Prinsip kerja dari alat ini adalah mengukur tetesan yang ditampung oleh tabung dan di deteksi oleh optocoupler. Namun, alat ini hanya dapat melakukan pengukuran sebanyak 3 kali berturut-turut dengan pemilihan setting yang telah

ditetapkan. Pada tahun 2012 Adhif Ristiano. Telah melakukan penelitian tentang "Alat Kalibrasi *Syringe pump* Berbasis PC". Pada tugas akhir ini pengukuran volume dilakukan pada spuit dengan menggunakan sensor gerak yang kemudian ditampilkan pada *Personal Computer* (PC) yang fungsinya untuk mengkonversikan jarak menjadi volume dan grafik. Dalam pengolahan datanya alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S51. Prinsip kerja dari alat ini adalah membaca pergeseran alat kalibrasi yang dideteksi oleh sensor gerak. Namun, alat ini tidak terdapat pengukuran *flow rate*. Penelitian terbaru tahun 2019 Safira Pintasari telah melakukan penelitian tentang "Rancang Bangun *Infusion pump Analyzer*". Pada tugas akhir Safira Pintasari telah mengembangkan alat yang mampu mendeteksi kecepatan aliran dan volume cairan pada infus. Dalam pengolahan datanya alat ini menggunakan mikrokontroler Atmega 328 tampil LCD dan dilengkapi dengan indikator buzzer, dimana buzzer akan berbunyi apabila sensor photodiode infrared untuk menentukan hasil *flow rate* dan level air melalui sebuah *chamber*. Safira Pintasari menentukan ukuran *chamber* menggunakan rumus luas tabung hasil kalibrasi menggunakan rumus laju aliran air. Namun, alat ini hanya dapat melakukan 1 kali pengukuran dan tidak ada parameter *occlusion*.

Berdasarkan masalah tersebut penulis ingin membuat "Analisis Keakurasian Sensor Photodiode Pada Parameter *Flowrate Infusion Device Analyzer 2 Channel*". Dalam penelitian ini, penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai acuan dan tolak ukur untuk menyelesaikan penelitian.

## II. BAHAN-BAHAN DAN METODE

### A. Setting Percobaan

Menggunakan *Infusion pump* dan *Syringe pump* pada setting *flowrate* 10, 50 dan 100 ml/jam (ECRI 416-0595). Menggunakan alat kalibrasi standart sebagai alat pembanding. *Channel 1* dan *2* hanya dapat digunakan secara bersamaan pada parameter yang sama. Menampilkan hasil pengukuran berupa counter waktu, hasil kalibrasi *flowrate* dan volume.

#### 1) Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Menggunakan STM32 sebagai mikrokontroler. Menggunakan LCD Karakter 20x4. Menggunakan sensor *photodiode infrared*, dan rangkaian komparator

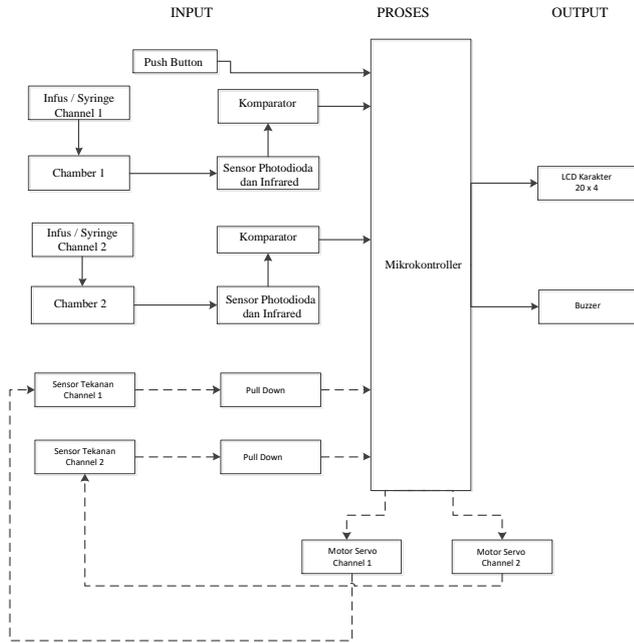
#### 2) Eksperimen

Pada penelitian ini setelah perancangan selesai maka dilakukan pengambilan data dan membandingkan modul dengan alat standart.

### B. Diagram Blok

Saat tombol power di ON kan, power supply mendapat tegangan dari PLN dan akan menyuplai tegangan ke seluruh rangkaian. Sebelum melakukan pengukuran, terlebih dahulu memilih *channel 1* atau *2* yang akan digunakan dan mengatur laju aliran pada *Infusion pump* atau *Syringe pump* yang akan diukur, kemudian tekan start. Air pada *infusion* atau *syringe* akan mengalir menuju *chamber*. Air yang mengalir pada *chamber* akan dideteksi oleh sensor *photodiode* dan *infrared*.

Output dari photodiode dan infrared tersebut akan masuk ke rangkaian komparator dan akan membandingkan besar tegangan input dengan tegangan referensinya. Kemudian ADC akan merubah data analog dan diolah oleh mikrokontroler. Kemudian LCD akan menampilkan hasil counter waktu, laju aliran dan volume sesuai rumus yang berlaku.



Gambar 1. The diagram block

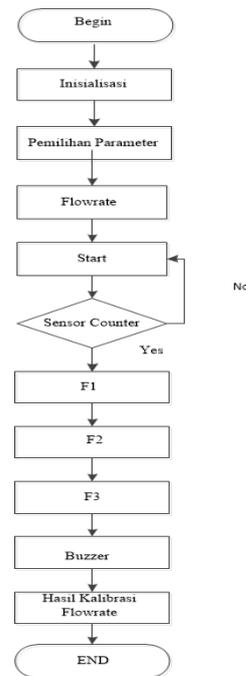
Keterangan :

- > : Bagian yang dibahas penulis
- > : Bagian yang tidak dibahas penulis

### C. Diagram Alir

Pertama, saat alat dinyalakan LCD akan melakukan inisialisasi. Kemudian lakukan setting *flowrate* pada *Infusion pump* atau *Syringe pump* dan pilih parameter *flowrate* pada alat ini. Tekan start pada kedua alat. Solenoid inlet akan otomatis terbuka dan air akan mengalir dari selang infus menuju *chamber* yang terdapat sensor *photodiode infrared*. Sensor tersebut akan melakukan pembacaan saat adanya air mengalir dan mulai mengcounter waktu (s). Setelah counter waktu pengukuran pertama tercapai, hasil tersebut akan diproses mikrokontroler dan akan ditampilkan pada display berupa *flowrate* dan volume. Selanjutnya alat akan melakukan pengukuran kedua dan ketiga dengan proses dan setting yang sama tetapi dengan sensor yang berbeda. Saat hasil pengukuran terakhir muncul, solenoid inlet akan tertutup dan solenoid drain akan otomatis terbuka untuk melakukan pembuangan air. Drain pembuangan pada channel 1 dan channel 2 tergabung menjadi satu. Untuk membersihkan sisa

cairan dapat dilakukan dengan cara manual yaitu di sedot menggunakan spuit infus hingga cairan benar – benar bersih. Apabila belum bersih akan mengganggu pembacaan sensor.

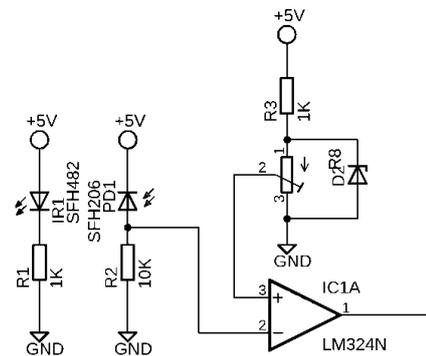


Gambar 2. The Flowchart

### D. Rangkaian

#### 1) Sensor Photodiode Infrared

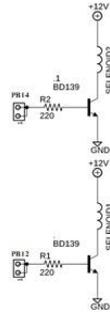
Tegangan supply DC +5 Volt dan ground. Menggunakan IC TL084 sebagai instrument komparator. Menghubungkan semua output komparator pada pin PC13, PC15, PC14 dan PB9 untuk *channel 1* sedangkan pin PA15, PB4, PB5 dan PB8 untuk *channel 2*.



Gambar 3. Rangkaian PDIR

#### 2) Driver Solenoid

Spesifikasi rangkaian driver solenoid memerlukan komponen-komponen berikut: Menggunakan tegangan input sebesar +5V untuk trigger transistor NPN BD139 sehingga dapat mengaktifkan solenoid. Berfungsi untuk mengatur ON/OFF solenoid yang dibutuhkan.



Gambar 4. Driver Selenoid

### III. HASIL

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 1 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 10 mL/jam.

Setting 10 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	9,76	0,24	2,43	0,31	-
CH2	9,7	0,3	2,97	0,11	-
Pembanding 1	10,2	-0,2	-1,5	-	± 2,7

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 2 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 10 mL/jam.

Setting 10 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	9,88	0,123	1,23	0,23	-
CH2	9,97	0,027	0,27	0,05	-
Pembanding 2	10,5	-0,5	-5	-	± 0,25

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 1 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 50 mL/jam.

Setting 50 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	51,05	-1,05	-2,1	0,271	-
CH2	51,13	-1,13	-2,26	0,047	-
Pembanding 1	53,3	-3,3	-6,7	-	± 1,6

Tabel 4. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 2 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 50 mL/jam.

Setting 50 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	50,71	-0,71	-1,42	0,88	-
CH2	50,74	-0,74	-1,48	0,17	-
Pembanding 2	51,9	-1,9	-3,8	± 0,25	± 0,25

Tabel 5. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 1 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 100 mL/jam.

Setting 100 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	100,7	-0,7	-0,7	0,65	-
CH2	100,96	-0,96	-0,96	0,92	-
Pembanding 1	103	-3	-3	-	± 0,1

Tabel 6. Hasil Pengukuran *Syringe pump* Menggunakan Modul dan Alat Pembanding 2 Pada Setting *Flowrate Syringe pump* 100 mL/jam.

Setting 100 ml/jam	Rata rata ml/jam	Kesalahan ml/jam	Error %	UA	Ketidakpastian
CH1	100,26	-0,258	-0,26	0,9	-
CH2	100,01	-0,011	-0,01	0,51	-
Pembanding 2	101,8	-1,8	-1,8	-	± 0,25

Dilihat dari hasil pembacaan sensor I, II dan III menghasilkan pembacaan sensor yang cukup baik. Adanya gelembung udara saat pengukuran berlangsung juga dapat mengganggu pembacaan sensor, sehingga di harapkan untuk membersihkan selang *connector syringe* ke modul agar tidak terdapat gelembung kecil. Hal ini dapat menyebabkan nilai ketidakpastian tipe A pada modul cukup tinggi. Selain itu, ada kemungkinan kecepatan aliran yang dihasilkan oleh alat *Syringe pump* sudah mengalami perubahan dikarenakan penggunaan pada pasien yang cukup tinggi, sehingga menyebabkan kecepatan aliran sudah tidak sesuai dengan nilai yang tertera pada sertifikat kalibrasi. Setelah dibuatnya modul, error rata-rata pada alat, yaitu 3,50% pada *channel* 1 dan 3,39% pada *channel* 2. Hal ini dapat disebabkan karena penempatan sensor yang kurang tepat. Jadi, volume *chamber* dari sensor satu ke sensor dua dan seterusnya bisa jadi melebihi / kurang dari 1,11 mL.

#### 1) Listing Program untuk Counter Waktu

Program counter waktu ini dapat dijalankan ketika inisialisasi yang diperlukan telah lengkap dan sensor *photodiode infrared* pertama telah terkena cairan.

```
void waktustart(){//=====Waktu Flow CH1=====
unsigned long waktu = millis();
if(waktu - waktusekarang >= 1000){
    waktusekarang = millis();
    detik++;
}
if(detik > 59){
    menit++;
    detik = 0;
}
if(menit > 59){
    menit = 0;
}
}}
```

```
void waktustart0(){ //====Waktu Flow CH2=====  
  unsigned long waktu0 = millis();  
  if(waktu0 - waktusekarang0 >= 1000){  
    waktusekarang0 = millis();  
    detik0++;  
  }  
  if(detik0 > 59){  
    menit0++;  
    detik0 = 0;  
  }  
  if(menit0 > 59){  
    menit0 = 0;  
  }  
}
```

```
if(resett == HIGH){  
  delay(200);  
  lcd.clear();  
  v1 = 0;  
  kunci = 0;detik = 0;menit = 0;kunci0 = 0;detik0 = 0;  
  menit0 = 0;fr1ch1 = 0;fr2ch1 = 0;fr3ch1 = 0;  
  fr1ch2 = 0;fr2ch2 = 0;fr3ch2 = 0;CH=1;CH2=1;  
  goto menu;  
}
```

## 2) Listing Program untuk Pembacaan Sensor

Pada saat pemilihan setting *flowrate* telah dilakukan, sistem akan otomatis masuk ke menu 06. Display LCD karakter 20x4 akan menampilkan volume (V), counter waktu (T), hasil *flowrate* (F1, F2 dan F3) dan waktu pada tiap hasil *flowrate* pada *channel* 1 dan *channel* 2 secara bergantian dengan menekan tombol up atau down.

```
menu06:  
while(1) {  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0); //baris pertama  
  lcd.print("CH I");  
  lcd.setCursor(0,1); //baris kedua  
  lcd.print("F1: mL/h");  
  lcd.setCursor(0,2); //baris ketiga  
  lcd.print("F2: mL/h");  
  lcd.setCursor(0,3); //baris keempat  
  lcd.print("F3: mL/h");  
  lcd.setCursor(13,0); //baris pertama  
  lcd.print("T:");  
  delay(100);  
  startt = digitalRead(sw3);  
  resett = digitalRead(sw4);  
  if(startt == HIGH){  
    delay(300);  
    lcd.clear();  
    CH=1;  
    goto menu03;  
  }  
}
```

## IV. PEMBAHASAN

Pengukuran kinerja *Syringe pump* dilakukan untuk mengetahui kinerja alat *Infusion Device Analyzer*. Pengambilan data kinerja *Syringe pump* dilakukan pada 3 setting, yaitu 10 mL/jam sebanyak 1 kali pengukuran, 50 mL/jam sebanyak 2 kali pengukuran dan 100 mL/jam sebanyak 2 kali pengukuran. Dari hasil pengukuran pengujian untuk parameter *flowrate* dengan setting 100, 50, dan 10 mL/jam pada *Syringe pump* perbandingan 1 dan 2 merk Terumo TE-331 diketahui bahwa modul *Infusion Device Analyzer* masih memenuhi standar karena nilai penyimpangannya masih dalam batas yang diizinkan. Menurut standar ECRI batas toleransi adalah 5% dari *flowrate* yang diukur. Berdasarkan data yang ada, hasil dari pembacaan sensor *flowrate* antara sensor I, II dan III menunjukkan bahwa tingkat kepresisian dari alat ini sudah cukup presisi.

## V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pembuatan modul dan penyusunan skripsi pada penelitian ini, penulis dapat menyimpulkan bahwa: 1. Dapat dibuatnya modul *Infusion Device Analyzer* menggunakan STM32 sebagai mikrokontroler, sensor *photodiode infrared* bekerja dengan baik, dapat menampilkan hasil pada Display LCD karakter 20x4 akan menampilkan volume (V), counter waktu (T), hasil *flowrate* (F1, F2 dan F3) dan waktu pada tiap hasil *flowrate* pada *channel* 1 dan *channel* 2. LCD karakter 20x4 menampilkan *flowrate* dengan 3x hasil pengukuran, *channel* 1 dan 2 dapat digunakan secara bersamaan pada parameter yang sama. 2. Hasil pengukuran pada parameter *flowrate channel* 1 diperoleh angka ketidakpastian yang cukup tinggi dibandingkan dengan parameter *flowrate channel* 2. Peletakan sensor *Photodiode infrared* dan jarak antar sensor *Photodiode infrared* juga berpengaruh dalam pengukuran ini yang mengakibatkan *channel* 1 lebih tinggi. Gelembung udara sangat berpengaruh terhadap pembacaan sensor. 3. Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, nilai error rata-rata pada *channel* 1 sebesar 3,50% dan *channel* 2 sebesar 3,39 % hasil tersebut didapatkan dari nilai error selisih dengan perbandingan. Dapat disimpulkan bahwa alat ini sudah memenuhi standar. Hasil pembacaan sensor *photodiode infrared* pada *channel* 1 dan *channel* 2 menunjukkan hasil yang mendekati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Assuncao *et al.*, "Developing the control system of a syringe infusion pump," *Proc. 2014 11th Int. Conf. Remote Eng. Virtual Instrumentation, REV 2014*, no. February, pp. 254–255, 2014.
- [2] W. Zeng, S. Li, and Z. Wang, "Characterization of Syringe-pump-driven Versus Pressure-driven Microfluidic Flows," *IEEE Int. Conf. Technol. Innov.*, pp. 711–715, 2015.
- [3] N. Thongpance and K. Roongprasert, "Design and construction of infusion device analyzer," *BMEiCON 2014 - 7th Biomed. Eng. Int. Conf.*, 2015.
- [4] P. Zhang, S. Wang, C. Yu, and M. Zhang, "Design of Occlusion Pressure Testing System for Infusion Pump," *J. JBISE*, vol. 2, no. 6, pp. 431–434, 2009.
- [5] N. F. HIKMAH and PROGRAM, "RANCANG BANGUN SYRINGE PUMP BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 DILENGKAPI DETEKTOR OKLUSI," vol. 4, no. 3, pp. 2003–2005, 2012.
- [6] H. Elkheshen, I. Deni, A. Baalbaky, M. Dib, L. Hamawy, and M. A. Ali, "Semi-Automated Self-Monitored-Syringe Infusion Pump," *2018 Int. Conf. Comput. Appl. ICCA 2018*, pp. 331–335, 2018.
- [7] A. Arbelaez, S. Edwards, K. Littlefield, S. Wang, and K. Zheng, "Securing Wireless Infusion Pumps," *IEEE Cybersecurity Dev.*, pp. 141–141, 2018.
- [8] M. A. Khan, S. Tehami, and O. Mazhar, "Designing of microcontroller based Syringe Pump with variable and low delivery rates for the administration of small volumes," *2015 IEEE 21st Int. Symp. Des. Technol. Electron. Packag. SIITME 2015*, pp. 135–138, 2015.
- [9] G. Herskowitz, "Infusion Pump," 1994.
- [10] M. O. Nuntachai Thongpance, Yuttana Pititeeraphab, "The Design and Construction of Infusion Pump Calibrator," *Biomed. Eng. Int. Conf.*, vol. 100, pp. 3–5, 2012.
- [11] M. K. RI, *PERMENKES NOMOR 54 TAHUN 2015*, vol. 151, 2015.
- [12] ECRI, *ECRI*.
- [13] I. D. Analyzer, "Infusion Device Analyzer," *Biomed. Saf. Stand.*, vol. 26, no. 1, p. 7, 1996.
- [14] Fluke, "IDA 4 Plus Multi Channel Infusion Device Analyzer," pp. 16–17.
- [15] Copyright © 2014 SEAWARD GROUP, *RIGEL MULTI FLO Infusion Pump Analyser*. 2014.