

Sistem Monitoring Ketinggian Cairan Infus Berbasis Sensor Serat Optik *Evanescent*

Adila Nadia^{*}, Rahmat Rasyid, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

**adila.nadia@ymail.com*

ABSTRAK

Telah dirancang sistem monitoring ketinggian cairan infus berbasis sensor serat optik *evanescent*. Sensor serat optik digunakan untuk memonitor ketinggian cairan infus berdasarkan perubahan tegangan keluaran fotodetektor OPT101 terhadap ketinggian cairan infus. Perubahan tegangan keluaran terjadi akibat perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor akibat rugi daya pada saat melewati serat optik. Cairan infus yang digunakan yaitu cairan infus NaCl 0,9%. Rancang bangun sistem monitoring ketinggian cairan infus terdiri dari sumber cahaya berupa dioda laser, serat optik FD-620-10 *step index multimode*, fotodetektor OPT101, mikrokontroler arduino uno sebagai pengolah sinyal dan LCD sebagai penampil kondisi infus. Berdasarkan data pengujian dan analisis yang telah dilakukam maka disimpulkan bahwa rancangan sistem monitoring ketinggian cairan infus berbasis sensor serat optik *evanescent* telah mampu memonitoring ketinggian cairan infus dengan ketepatan rata-rata 92,73%. Hasil monitoring ketinggian cairan infus diamati dengan 2 kondisi yaitu aman dan awas yang ditampilkan pada LCD, lampu indikator LED dan bunyi pada *buzzer*.

Kata kunci: *evanescent*, fotodetektor, infus, serat optik.

ABSTRACT

An evanescent optical fiber sensor-based infusion fluid height monitoring system has been designed. The fiber optic sensor is used to monitor the height of infusion fluid by using the OPT101 photodetector output voltage. The voltage changes due to the change of light intensity in photodetector when it passing through optical fibers. The infusion liquid used was 0.9% NaCl. The height of infusion monitoring system consists of a light source consisting of a laser diode, an FD-620-10 optical fiber step multimode index, a photodetector OPT101, a microcontroller and control as a signal processor and an LCD as an intravenous use viewer. Based on the test and analysis data that have been carried out, it can be concluded that the design of the infusion fluid monitoring system based on the evanescent optical fiber sensor has been able to monitor the infusion fluid height with an average accuracy of 92.73%. The results of monitoring the infusion fluid level were observed with 2 conditions is safe and cautions which is displayed on the LCD, LED indicator lights and sound on the buzzer.

Keywords: evanescent, photodetector, infusion, optical fiber.

I. PENDAHULUAN

Infus cairan intervena (*intervenous fluids infusion*) adalah pemberian sejumlah cairan ke dalam tubuh melalui se buah jarum ke dalam pembuluh vena (pembuluh balik) untuk mengganti kehilangan cairan atau zat-zat makanan dalam tubuh (Potter dan Perry, 2005). Ketepatan waktu dalam mengganti tabung infus perlu diperhatikan untuk meminimalisir keterlambatan yang terjadi.

Keterlambatan dalam penggantian tabung infus merupakan permasalahan yang sering terjadi. Keterlambatan disebabkan karena keterbatasan waktu dan tenaga yang dimiliki oleh perawat dan tim medis dalam memperhatikan ketinggian cairan infus pada saat mendekati ketinggian minimum. Penggantian tabung infus dilakukan ketika cairan infus sudah berada di leher tabung infus dan tetesan masih berjalan (Murwani, 2011). Permasalahan yang timbul akibat keterlambatan penggantian tabung infus dapat menyebabkan timbulnya beberapa komplikasi lain seperti darah pasien dapat tersedot kembali ke pembuluh darah dan membeku pada selang infus sehingga dapat mengganggu kelancaran aliran cairan infus (Waitt dkk, 2004).

Penelitian sebelumnya telah banyak mengembangkan instrumen medis dalam meminimalisir keterlambatan penggantian tabung infus. *Infus pump* merupakan instrumen berbasis *wireless technology* yang didukung dengan *software* sebagai *served based*. *Infus pump*

tidak bisa digunakan pada seluruh pasien rawat inap karena ukuran yang sangat besar dan harganya yang mahal. Penggunaan dikhususkan pada pasien dengan penyakit beresiko tinggi.

Rachman dkk (2010) mengembangkan suatu prototipe sistem kontrol dan monitoring infus untuk pasien berbasis jaringan nirkabel (*Zigbee*) untuk penginderaan tetes cairan infus. Penelitian ini menggunakan dioda laser dan fotodioda sebagai fotodetektor. Fotodioda akan menerima sinyal-sinyal listrik yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Sinyal-sinyal listrik yang diterima tersebut rentan terhadap gangguan dari gelombang elektromagnetik sehingga menyebabkan keterlambatan dalam penerimaan sinyal pada fotodetektor. Siska (2016) mengembangkan sistem pemantau sisa cairan infus dan pengendalian aliran infus menggunakan jaringan nirkabel. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik dalam pengindraan ketinggian dan volume cairan infus dengan ketinggian minimum yang digunakan yaitu 2,7 cm. *Transmitter* akan memancarkan sinyal-sinyal listrik dalam pengindraannya. Sinyal-sinyal listrik tersebut akan diterima oleh *receiver* dan kemudian akan diproses oleh mikrokontroler. Sinyal-sinyal listrik yang diterima tersebut rentan terhadap gangguan gelombang elektromagnetik sehingga menyebabkan keterlambatan dalam penerimaan sinyal oleh sensor.

Gangguan dalam penerimaan sinyal listrik pada penelitian sebelumnya dapat diatasi dengan sensor serat optik. Sensor serat optik mempunyai sifat ketahanan terhadap *noise* dan gangguan gelombang elektromagnetik sehingga dapat meminimalisir keterlambatan penerimaan sinyal. Serat optik banyak digunakan sebagai sensor karena kelebihan yang dimiliki diantaranya respon pengukuran yang sangat cepat, presisi dan akurasi yang tinggi, serta ringan (Zulaichah, 2004; Fidanboylu dan Efendioglu, 2009).

Penggunaan serat optik dalam mengukur ketinggian secara kontinu telah dilakukan oleh Mukmin dan Rubiyanto (2011) dengan metode *evanescent*. Gelombang *evanescent* dengan prinsip pelemahan intensitas cahaya terpandu ketika *Cladding* serat optik diganti dengan sampel yang mempunyai indeks bias yang berbeda. Mukmin melakukan pengukuran rugi daya didasarkan pada perbedaan intensitas cahaya yang masuk melalui pangkal serat optik terhadap cahaya yang keluar dari ujung serat optik. Perubahan ini disebabkan perbedaan indeks bias zat cair dan udara akibat perubahan ketinggian permukaan air.

Penelitian dengan judul rancang bangun sistem monitoring ketinggian cairan infus berbasis sensor serat optik *evanescent* dilakukan berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Ketinggian cairan infus didalam tabung infus dimonitoring dalam 2 kondisi ketinggian cairan infus berupa kondisi aman dan kondisi waspada. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dan informasi kondisi ketinggian cairan infus oleh lampu indikator LED (*Light Emitting Diode*) dan bunyi pada *buzzer*.

II. METODE

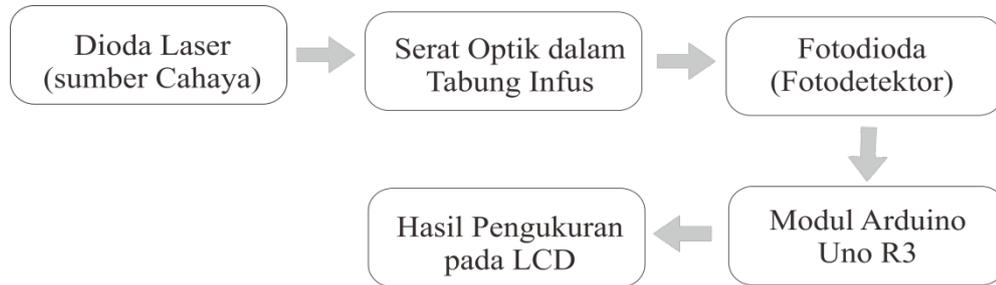
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi multimeter digital, solder, *portable microscope*, PC, pisau *cutter* dan BF5R. Bahan yang digunakan meliputi serat optik tipe *step index multimode* FD-620-10, fotodetektor OPT101, dioda laser, LCD I2C, *buzzer*, dan LED, arduino UNO R3, dan cairan infus 0,9 % NaCl 500 mL.

2.2 Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Cairan Infus

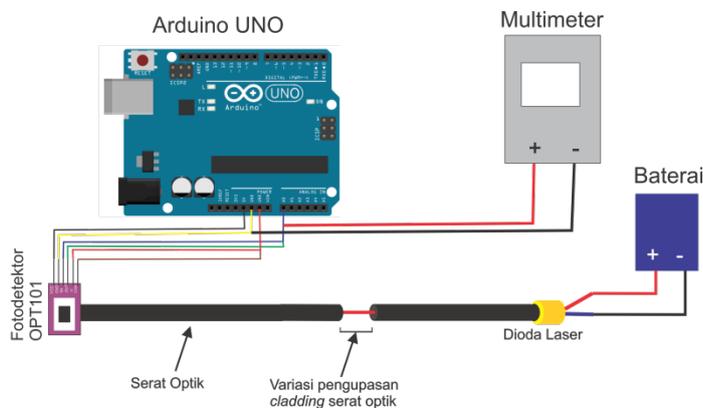
Rancangan sistem monitoring ketinggian cairan infus dibuat menggunakan serat optik FD-620-10 tipe *step-index multimode* dengan metode *evanescent* adalah seperti Gambar 1. Sistem perangkat keras ini terdiri dari serat optik yang telah dikupas *cladding*-nya dan dipasang di dalam tabung infus sebagai sensor ketinggian cairan, dioda laser sebagai sumber cahaya dan fotodetektor OPT101 sebagai sensor cahaya yang akan mendeteksi intensitas cahaya yang keluar dari ujung serat optik. Serat optik memandu intensitas awal (I_0) yaitu cahaya dari dioda laser. Cahaya terpandu akan mengalami atenuasi pada bagian *cladding* serat optik yang dikupas akibat penyerapan gelombang *evanescent* oleh molekul cairan infus. Intensitas keluaran (I) merupakan cahaya teratenuasi yang akan dideteksi oleh fotodetektor OPT101. Nilai keluaran dari detektor yang berupa tegangan analog akan dikirim ke mikrokontroler dan diubah kebentuk

bilangan desimal oleh ADC (*Analog Digital Converter*) internal pada mikrokontroler. Data akan diproses oleh mikrokontroler sesuai dengan program yang ditanamkan.



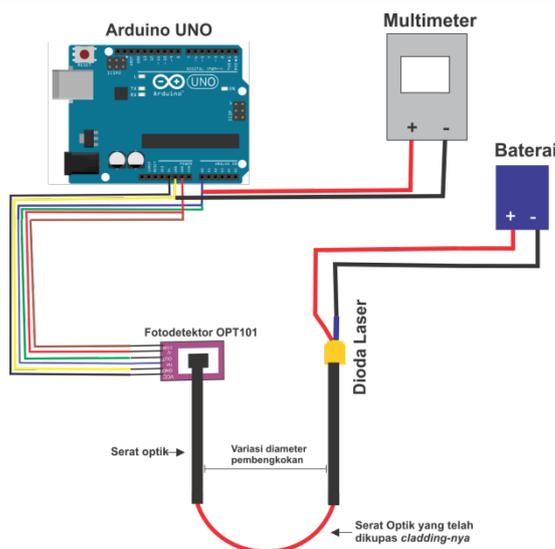
Gambar 1 Diagram blok sistem monitoring ketinggian cairan infus

Perancangan dan karakterisasi sensor serat optik sebagai sensor ketinggian dilakukan dalam beberapa tahap karakterisasi yaitu karakterisasi pengupasan *cladding*, karakterisasi diameter pembengkokan, dan karakterisasi sensor serat optik sebagai sensor ketinggian cairan infus. Karakterisasi pengupasan *cladding* bertujuan untuk mengetahui hubungan panjang pengupasan *cladding* terhadap tegangan keluaran fotodetektor dan untuk mengetahui pengupasan yang dapat digunakan sebagai sensor ketinggian cairan infus. diawali dengan pengukuran panjang serat optik yang akan digunakan. Pengelupasan jaket serat optik dilakukan dengan cara menyayat satu sisi jaket dengan posisi *cutter horizontal* agar tidak melukai inti serat optik. Jaket yang telah terbuka dilepaskan sebagian dengan tangan dan dilakukan pengupasan *cladding* menggunakan amplas. Pengupasan *cladding* serat optik dilakukan dengan variasi pengupasan 5 cm sampai dengan 10 cm. Perancangan dan karakterisasi variasi pengupasan *cladding* serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Karakterisasi pengupasan *cladding* serat optik

Karakterisasi diameter pembengkokan serat optik bertujuan untuk mengetahui hubungan antara diameter pembengkokan serat optik terhadap tegangan keluaran fotodetektor. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasi diameter pembengkokan pada serat optik. Karakterisasi diameter pembengkokan serat optik dilakukan seperti Gambar 3. Pemilihan variasi diameter pembengkokan dilakukan berdasarkan diameter pembengkokan optimum yang dapat digunakan di dalam tabung infus. Variasi diameter pembengkokan yang dapat digunakan yaitu diameter pembengkokan 6 cm, 7 cm, dan 8 cm. Karakterisasi diameter pembengkokan ini dilakukan terhadap variasi pengupasan serat optik 5 cm sampai dengan 10 cm. Karakterisasi diameter pembengkokan ini dilakukan pada udara dan cairan infus sebagai *cladding* pengganti.



Gambar 3 Pengujian dan karakterisasi diameter pembengkokan serat optik

Karakterisasi serat optik sebagai sensor ketinggian cairan infus dilakukan setelah karakterisasi pengupasan *cladding* dan diameter pembengkokan serat optik. Karakterisasi sensor ketinggian cairan infus ini dilakukan secara *realtime* di dalam tabung infus. Karakterisasi dilakukan pada serat optik dengan pengupasan 5 cm sampai 7 cm dan diameter pembengkokan 7 cm yang dipasang langsung di dalam tabung infus. Karakterisasi serat optik dilakukan untuk mendapatkan sensitivitas tegangan keluaran dan rugi daya. Karakterisasi yang dilakukan pada pelaksanaan ini meliputi variasi panjang pengupasan *cladding* terhadap besar rugi daya dan tegangan keluaran yang dihasilkan pada saat *cladding* pengganti cairan infus dan udara.

2.3 Pengujian dan Analisa Kerja Sistem

Hasil yang didapatkan setelah proses karakterisasi dianalisis secara grafik dan secara statistik. Pengujian alat akan dilakukan dengan 2 tahap pengujian yaitu pengujian terhadap ketinggian infus dan pengujian terhadap sistem monitoring secara keseluruhan. Pengujian terhadap output dari hasil pengukuran ketinggian cairan infus. Pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang terukur pada sensor dengan nilai sebenarnya.

Pengujian sistem monitoring infus dilakukan dengan melihat *output* pada saat cairan dengan ketinggian di atas 1 cm dan pada saat ketinggian kecil sama dengan 1 cm. Pada saat ketinggian cairan infus besar dari 1 cm maka output menampilkan indikator LED2 yang artinya cairan infus masih dalam keadaan aman. Pada saat cairan infus mencapai ketinggian besar atau sama dengan 1 cm maka LED akan menampilkan indikator LED1 yang berarti pasien atau tim medis harus waspada dalam penggantian cairan infus dan *buzzer* akan berbunyi. Ukuran ketinggian cairan infus akan ditampilkan pada LCD sehingga dapat memudahkan pasien untuk melihat ketinggian cairan infus.

Sistem pengukuran ketinggian cairan infus ini memerlukan teknik analisis data untuk mengetahui persen kesalahan dalam sistem pengukuran. Tahap analisis kerja alat dilakukan untuk mengetahui ketepatan dan ketelitian sistem sensor serat optik yang dirancang. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan Persamaan 1.

$$\% \text{ Error} = \left(\frac{\alpha_f - \alpha_i}{\alpha_f} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan (1) menunjukkan nilai persentase kesalahan, α_f adalah nilai sebenarnya pada alat pembanding dan α_i adalah nilai yang terbaca pada alat ukur.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor Serat Optik Sebagai Sensor Ketinggian

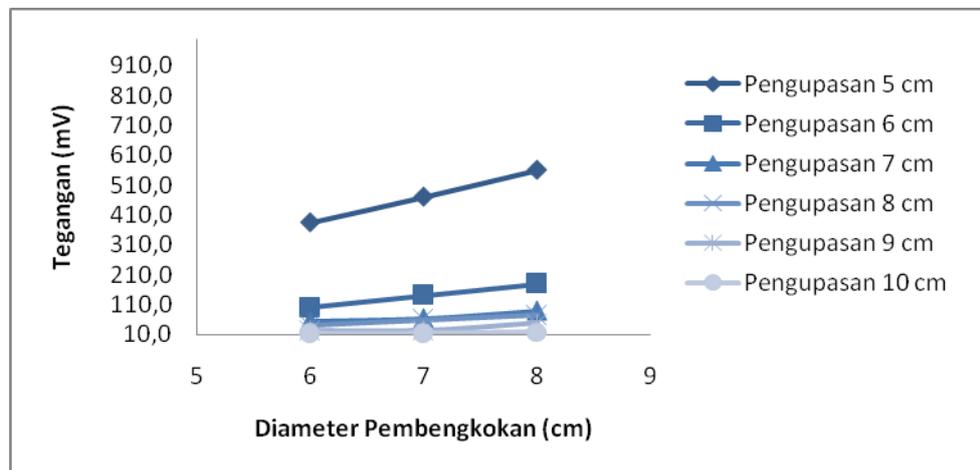
Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dalam beberapa tahap karakterisasi yaitu karakterisasi panjang pengupasan *cladding*, karakterisasi diameter pembengkokan dan karakterisasi sensor serat optik sebagai sensor ketinggian cairan infus. Hasil karakterisasi panjang pengupasan *cladding* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil karakterisasi pengupasan *cladding* serat optik

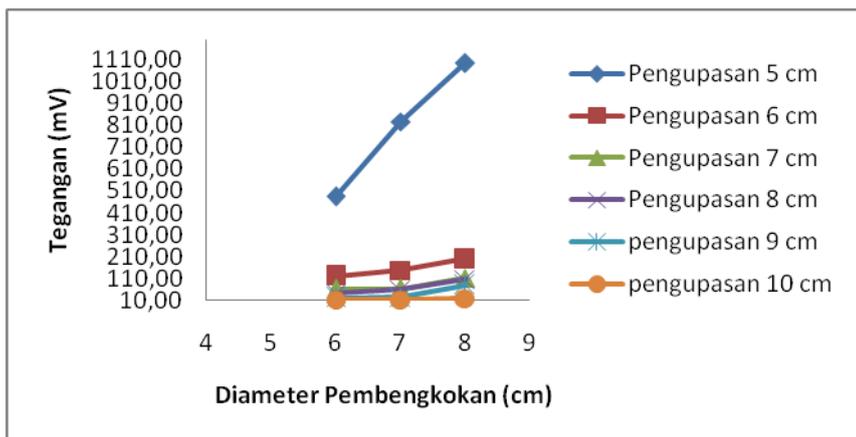
Panjang Pengupasan (cm)	Tegangan Keluaran Rata-Rata (mV)
Tanpa pengupasan	4208,0
5	1508,8
6	1079,0
7	843,4
8	270,6
9	169,6
10	86,2

Tabel 1 merupakan data variasi pengupasan *cladding* terhadap tegangan keluaran fotodetektor OPT101. Pengujian dilakukan pada saat serat optik dikupas dan pada saat pengupasan 5 cm sampai dengan 10 cm. Hasil dari karakterisasi pengupasan *cladding* serat optik didapatkan bahwa semakin panjang pengupasan *cladding* yang dilakukan pada serat optik maka tegangan keluarannya akan semakin kecil. Kecilnya nilai tegangan keluaran diakibatkan besarnya rugi daya yang terjadi akibat pengupasan *cladding*.

Tahap karakterisasi sensor serat optik selanjutnya yaitu karakterisasi diameter pembengkokan serat optik. Karakterisasi diameter pembengkokan serat optik dilakukan dengan pembengkokan 6 cm, 7cm, dan 8 cm. Karakterisasi diameter pembengkokan dilakukan pada cairan infus dan udara sebagai *cladding* pengganti. Hasil karakterisasi diameter pembengkokan dengan udara sebagai *cladding* pengganti dapat dilihat pada Gambar 4 (a) dan cairan infus sebagai *cladding* pengganti pada Gambar 4 (b).



(a)

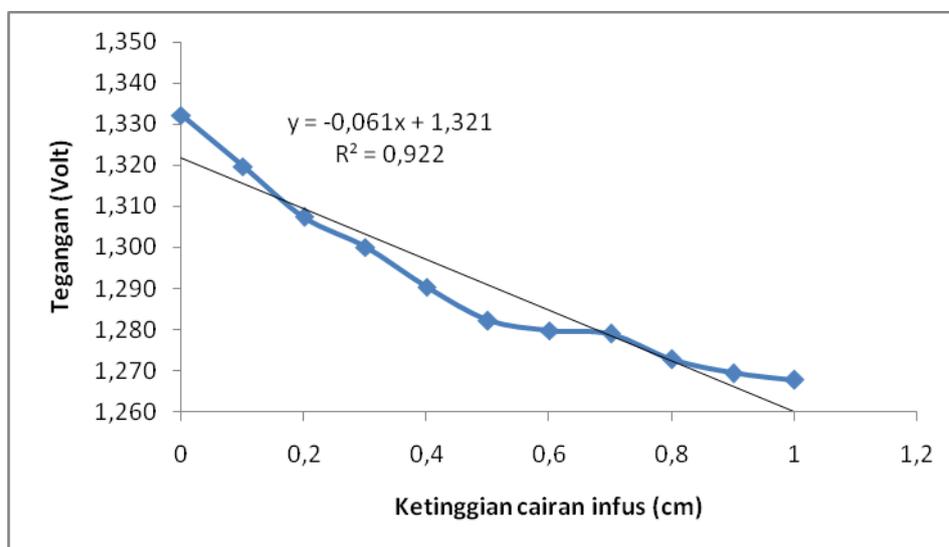


(b)

Gambar 4 Grafik hubungan diameter pembengkokan terhadap tegangan keluaran dengan udara sebagai cladding pengganti, (a) udara sebagai cladding pengganti, (b) cairan infus sebagai cladding pengganti

Gambar 4 menampilkan hasil data pengujian diameter pembengkokan dengan udara dan cairan infus sebagai *cladding* pengganti. Hasil karakterisasi menampilkan bahwa semakin besar diameter pembengkokan yang dilakukan pada serat optik maka tegangan keluarannya akan semakin besar. Besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan dikarenakan kecilnya rugi daya yang terjadi pada serat optik saat dibengkokan.

Tahap karakterisasi terakhir serat optik adalah karakterisasi serat optik secara *realtime*. Karakterisasi serat optik secara *realtime* dilakukan di dalam tabung infus dengan hasil karakterisasi dapat dilihat pada grafik Gambar 5.



Gambar 5 Karakterisasi serat optik sebagai sensor ketinggian cairan infus dengan pengupasan cladding 5 cm

Gambar 5 menampilkan hasil plot data saat karakterisasi serat optik sebagai sensor ketinggian cairan infus dengan pengupasan *cladding* 5 cm. Hasil karakterisasi menampilkan bahwa adanya perubahan linear antara tegangan keluaran fotodetektor OPT101 terhadap perubahan ketinggian 1 mm cairan infus.

3.2 Pengujian Sensor Serat Optik sebagai Sensor Ketinggian Cairan Infus

Pengujian sensor dilakukan untuk melihat keakuratan dari sistem yang dirancang . Setelah dilakukan pemilihan serat optik yang akan digunakan sebagai sensor ketinggian, maka dilakukan pengujian serat optik dengan pengupasan 5 cm terhadap ketinggian yang terukur

dengan ketinggian sebenarnya. Rentang ketinggian yang menjadi acuan merupakan ketinggian disekitar daerah yang dikupas. Data hasil pengujian ketinggian serat optik dengan pengupasan 5 cm dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data pengujian ketinggian cairan infus

Data	Ketinggian Sebenarnya (cm)	Ketinggian Terukur (cm)	Error (%)
1	1,2	1,21	0,83
2	1,1	1,13	2,73
3	1	1,01	1,00
4	0,9	0,95	5,56
5	0,8	0,86	7,50
6	0,7	0,76	8,57
7	0,6	0,62	3,33
8	0,5	0,53	6,00
9	0,4	0,44	10,00
10	0,3	0,35	16,67
11	0,2	0,21	5,00
12	0,1	0,12	20,00
Error rata-rata (%)			7,27%

Tabel 2 menampilkan hasil pengujian sensor ketinggian. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai ketinggian yang terukur oleh sensor ketinggian *evanescent* dengan ketinggian sebenarnya. Hasil pengukuran didapatkan error rata-rata yaitu sebesar 7,27% dengan ketepatan rata-rata sebesar 92,73% dengan ketinggian 1,2 cm sebagai ketinggian yang memiliki keakuratan paling tinggi.

3.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian rancangan alat secara keseluruhan meliputi penggabungan *hardware* dan *software*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja masing-masing blok pada saat difungsikan secara bersamaan. Sistem alat menggunakan dioda laser sebagai sumber cahaya. Cahaya laser akan dipandu menuju serat optik *transmitter*. Ketika cahaya dipandu melewati serat optik yang telah dikupas *cladding*-nya, maka akan terjadi rugi daya. Rugi daya menyebabkan intensitas cahaya yang dikirim oleh *transmitter* akan berbeda dengan yang diterima oleh *receiver*. Perbedaan intensitas cahaya yang melewati *receiver* akan dideteksi oleh fotodetektor OPT101.

Perubahan nilai intensitas cahaya yang dideteksi oleh fotodetektor OPT101 akan menyebabkan perubahan nilai tegangan keluaran tiap milimeter perubahan ketinggian cairan infus. Hubungan perubahan tegangan dan ketinggian cairan infus akan dimasukkan kedalam program Arduino IDE. Hasil pengujian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian alat secara keseluruhan

Data	Ketinggian	Kondisi LED	Kondisi Tulisan	Kondisi Buzzer
1	1,2	LED2	Aman	Mati
2	1,1	LED2	Aman	Mati
3	1	LED1	Awas	Hidup
4	0,9	LED1	Awas	Hidup
5	0,8	LED1	Awas	Hidup
6	0,7	LED1	Awas	Hidup
7	0,6	LED1	Awas	Hidup
8	0,5	LED1	Awas	Hidup
9	0,4	LED1	Awas	Hidup
10	0,3	LED1	Awas	Hidup
11	0,2	LED1	Awas	Hidup
12	0,1	LED1	Awas	Hidup
13	0	LED1	Awas	Hidup

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian alat secara keseluruhan. Saat ketinggian cairan kecil atau sama dengan 1 cm maka tulisan awas akan muncul di LCD, *buzzer* akan berbunyi dan indikator LED1 akan hidup yang menandakan bahwa cairan infus berada pada kondisi awas. Pada saat ketinggian cairan besar dari 1 cm maka LCD akan menampilkan tulisan aman, *buzzer* akan mati dan indikator LED2 hidup yang menandakan bahwa cairan infus berada dalam keadaan aman.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem monitoring ketinggian cairan infus berbasis sensor serat optik *evanescent* telah mampu memonitoring ketinggian cairan infus secara *realtime* pada saat ketinggian 1 cm di atas leher tabung infus. Hasil monitoring ketinggian cairan infus menunjukkan terdapat persentase kesalahan rata-rata 7,27% dan persentase ketepatan rata-rata 92,73%. Hasil monitoring ketinggian cairan infus diamati dengan 2 kondisi yaitu aman dan awas yang ditampilkan pada LCD, lampu indikator LED dan bunyi pada *buzzer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fidanboyly, K. dan Efendioglu, H. S., "Fiber Optic Sensors and Their Applications", *5th International Advanced Technologies Symposium*, Karabuk, Turkey, 2009.
- Mukmin, A. dan Rubiyanto, A., "Rancang Bangun Sistem Sensor Serat Optik untuk Mengukur Ketinggian Cairan secara Kontinyu", *Jurnal Fisika dan Aplikasi*, 7(2), 2011.
- Murwani, A., *Keterampilan Dasar Praktik Klinik Kebidanan (KDPK)* (Trans Info Media, Jakarta, 2011), hal. 85-87.
- Potter, P.A. dan Perry, A.G., "Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, Proses, dan Praktik. Edisi 4, Volume 1", diedit oleh Asih, Y., dkk. (EGC, Jakarta, 2005), hal
- Rachman, F.Z., Wirawan. dan Zaini, A., "Pengembangan Prototipe Sistem Kontrol dan Monitoring Infus Untuk Pasien Berbasis Jaringan Nirkabel (ZigBee)", *11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*, SITIA 2010, ISSN 2087-331X, 2010.
- Siska, M., "Rancang Bangun Sistem Pemantau Infus dan Pengendali Aliran Infus Menggunakan Jaringan Nirkabel", Skripsi S1, Universitas Andalas, 2016.
- Waite, C. Waite, P. dan Pirmohamed, M., "Intravenous therapy", *Postgrad Med J* 80, 1-6 (2004), Zulaichah, S., Pengukuran Frekuensi Getaran Menggunakan Serat Optik, Skripsi S1, ITB, 2004