

Rancang Bangun Alat Ukur Frekuensi Pernapasan Manusia Berbasis Sensor Serat Optik

Lukita Sari Ikhsan^{*}, Harmadi

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

*Lukita_sari27@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dirancang bangun alat ukur frekuensi pernapasan manusia berbasis sensor serat optik dengan metode ekstrinsik. Alat ukur frekuensi pernapasan tersebut terdiri dari laser dioda sebagai sumber cahaya, serat optik FD-620-10 *step index multimode* sebagai pandu gelombang, dan fotodiode OPT101 sebagai fotodetektor. Arduino UNO R3 digunakan sebagai pengolah data, hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD I2C 16x2 karakter dan membran uji berupa membran mikrofon, membran polimer karet yang terbuat dari bahan lateks dan membran polimer dari glukosa (C₆H₁₂O₆). Pernapasan pada manusia menjadi sumber getaran pada membran. Membran yang bergetar merubah intensitas cahaya yang berasal dari laser dioda melalui serat optik *transmitter*. Perubahan intensitas cahaya tersebut ditangkap oleh fotodiode OPT101 melalui serat optik *receiver*. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh fotodiode OPT101 digunakan sebagai indikator untuk mencacah frekuensi pernapasan manusia. Pengujian alat ukur dilakukan dengan variasi umur dan variasi aktivitas. Hasil pengujian menunjukkan, jarak sensor serat optik terhadap membran yang optimal adalah 1 mm dan tegangan keluaran rata-rata sebesar 4,2 volt. Akurasi alat ukur frekuensi pernapasan manusia ini sebesar 91% berdasarkan variasi umur pengguna dan 88% berdasarkan variasi aktivitas pengguna.

Kata kunci: fotodiode OPT101, frekuensi, getaran, laser dioda, serat optik

ABSTRACT

A respiration rate meter based on optical fiber sensor with extrinsic method has been designed. Respiration rate meter using optical fiber sensor consist of laser diode as light source, fiber optic FD-620-10 step index multimode as the wave guide, photodiode OPT101 as photodetector. Arduino UNO R3 used as signal processing, the measurement result will be displayed at LCD I2C 16x2 characters and the testing membrane are microphone membrane, lateks membrane, polymer membrane from glucose. Human respiration used as vibration source for membrane. The vibrating membrane changes the light intensity that comes from the laser diode through the fiber optic transmitter. The light intensity captured by photodiode OPT101 through the fiber optic receiver. The output voltage produced by the photodiode OPT101 is used as an indicator to count the frequency human breathing which is varied by ages and activities. The results shows that distance of the optical fiber sensor to the membrane have the optimal value at 1 mm and average output voltage 4.2 volt. The accuracy of human respiratory frequency system based on age variation is 91 % and based on activity variation is 88 %.

Keywords: photodiode OPT101, vibration, frequency, laser diode, fiber optic

I. PENDAHULUAN

Tanda-tanda vital (TTV) merupakan salah satu indikator untuk menentukan level kesadaran manusia. Pelayanan unit gawat darurat (UGD) memantau TTV yang dikategorikan dalam empat jenis yaitu denyut nadi atau detak jantung, tekanan darah, suhu tubuh dan pernapasan (Kementrian Kesehatan RI, 2013). Pengukuran pernapasan digunakan untuk pendiagnosaan, pendeteksian dan penanganan pasien gawat darurat dengan cepat (Suaste-Gómez dkk, 2014). Keadaan pernapasan yang tidak normal dapat dipantau melalui frekuensi pernapasan, kedalaman pernapasan dan irama yang dihasilkan oleh organ pernapasan (Agnihotri, 2013). Pernapasan pada umumnya terjadi secara pasif yang diukur dalam parameter laju pernapasan dan diartikan sebagai siklus pernapasan yang terjadi selama satu menit (Debora, 2012). Metode dalam pengukuran frekuensi pernapasan dilakukan secara manual dengan mengukur gerakan naik-turunnya rongga dada (Guyton dkk, 2006).

Frekuensi pernapasan merupakan jumlah napas yang dihitung dari menghirup sampai mengeluarkan napas dari makhluk hidup yang memiliki satuan napas per menit (*breath per minute*). Frekuensi pernapasan merupakan salah satu parameter dari proses bernapas untuk menunjukkan keadaan keseluruhan kerja tubuh manusia (Suana dkk, 2012). Frekuensi

pernapasan pada orang dewasa normal dan sehat berkisar antara 12-20 per menit. Seorang anak berumur dibawah satu tahun memiliki frekuensi pernapasan normal antara 30-60 *breaths per minute*, tetapi seiring berjalannya waktu ketika anak tersebut berumur 10 tahun, frekuensi pernapasan normalnya mendekati 18-30 *breaths per minute*, ketika remaja frekuensi pernapasan normalnya serupa dengan orang dewasa yaitu 12-18 *breaths per minute* (OpenStax, 2013).

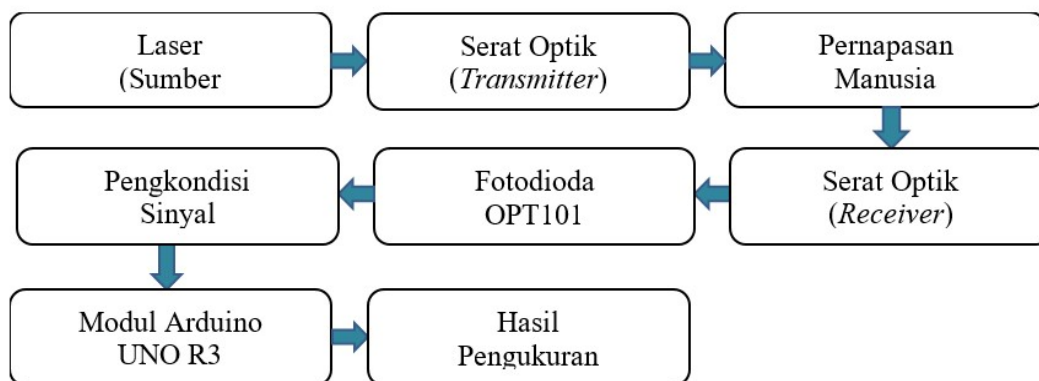
Serat optik sekarang ini banyak digunakan sebagai sensor yang memiliki kelebihan diantaranya respon pengukuran yang sangat cepat, presisi dan akurasi yang tinggi, serta adanya penghubung antara sumber cahaya dengan fotodetektor (Zulaichah, 2004; Fidanboylu dan Efendioglu, 2009). Akita dkk (2011) mengembangkan alat ukur frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik yang dikupas *cladding*-nya dan dibungkus oleh sebuah mantel *hygroscopic polymer* dengan teknik *Layer by Layer* (LBL). Sensor dikaitkan dengan masker oksigen untuk memudahkan penggunaannya. Hasil pengukuran dipengaruhi oleh kelembaban akibat pertukaran udara pada saat bernapas. Penggunaan serat optik dengan metode *evanescent* juga telah dilaksanakan oleh (Suana dkk, 2012). Hasil pengukuran juga dipengaruhi oleh kelembaban pada proses *ekspirasi* tetapi tidak didapatkan secara *real-time*.

Indikator pengukuran frekuensi pernapasan dengan mengukur getaran membran setiap kali bernapas dalam satu menit dapat menjadi acuan pengukuran yang lebih akurat. Getaran membran dapat dideteksi dengan cepat oleh sensor serat optik. Sensor serat optik dengan metode ekstrinsik memiliki keakuratan tinggi dan mudah dalam perancangan jika dibandingkan dengan sensor lain. Prinsip kerja sensor serat optik metode ekstrinsik sebagai alat ukur frekuensi pernapasan manusia yaitu ketika udara keluar melalui hidung maka membran bergetar dan memantulkan cahaya laser yang ditembakkan melalui *transmitter* dan ditangkap kembali melalui *receiver*. Hasil pengukuran ditampilkan secara *real-time* pada LCD I2C 16x2 karakter. Alat yang dirancang lebih praktis karena perancangannya sederhana dan dapat digunakan dimanapun.

II. METODE

2.1 Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengukuran

Perancangan perangkat keras alat ukur frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik dirangkai secara terpadu seperti pada Gambar 1. Perangkat keras terdiri dari serat optik plastik FD 620-10 tipe *step-index multimode*, laser dioda, fotodioda OPT101, Arduino UNO R3, membran dan LCD. Sensor serat optik dirancang menggunakan metode ekstrinsik dengan laser dioda sebagai sumber cahaya, serat optik sebagai pandu gelombang dan fotodioda OPT101 sebagai fotodetektor. Proses penginderaan terjadi diluar serat optik tanpa melakukan modifikasi pada serat optik. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD.

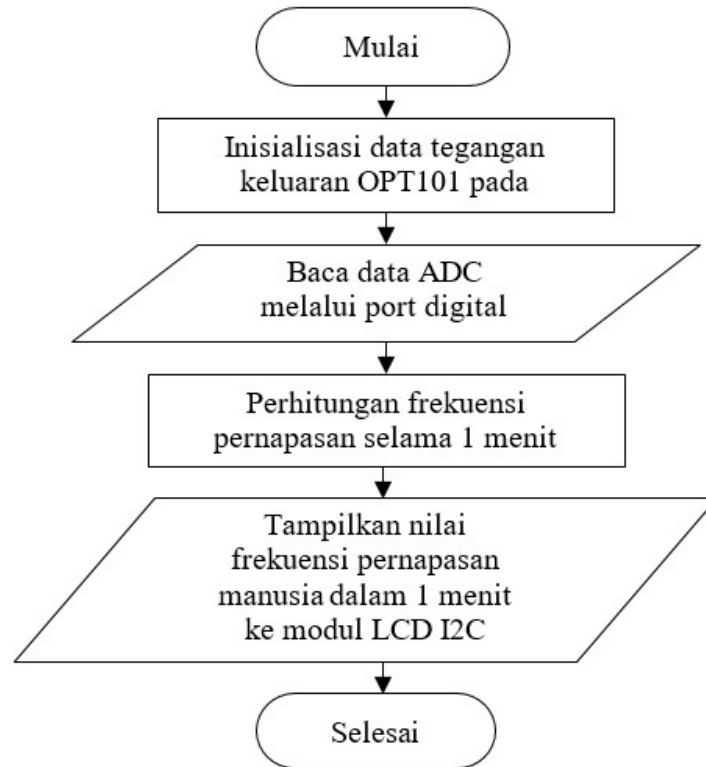


Gambar 1 Skema perancangan alat ukur frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik

2.2 Rancangan Perangkat Lunak Alat Ukur Frekuensi Pernapasan

Sistem perancangan perangkat lunak bertujuan untuk memproses sinyal masukan dari sensor serat optik dan fotodetektor OPT101 ke mikrokontroler, karena sistem instrumentasi yang berbasis mikrokontroler memerlukan urutan instruksi yang disebut program. Program dirancang menggunakan *Integrated Development Environment* (IDE) yang merupakan bawaan

dari Arduino UNO R3. Program tersebut dibuat menggunakan bahasa C dan ditanamkan pada modul Arduino UNO R3. Diagram alir perangkat lunak pada alat ukur frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik dapat dilihat pada Gambar 2. Tegangan keluaran yang didapatkan pada saat pengujian alat dikonversi menjadi satuan *breath per minute (bpm)* terhadap ADC hasil pembacaan oleh modul Arduino UNO R3. Nilai hasil konversi yang didapatkan ditampilkan pada LCD.



Gambar 2 Diagram Alir Program Pengukuran Frekuensi Pernapasan

2.3 Teknik Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat ketepatan dan ketelitian dari sistem sensor serat optik yang dirancang. Ketepatan sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai terlihat. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan Persamaan (1).

$$\text{Persentase kesalahan} = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \tag{1}$$

Y_n adalah nilai sebenarnya pada metode pengukuran standar dan X_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur.

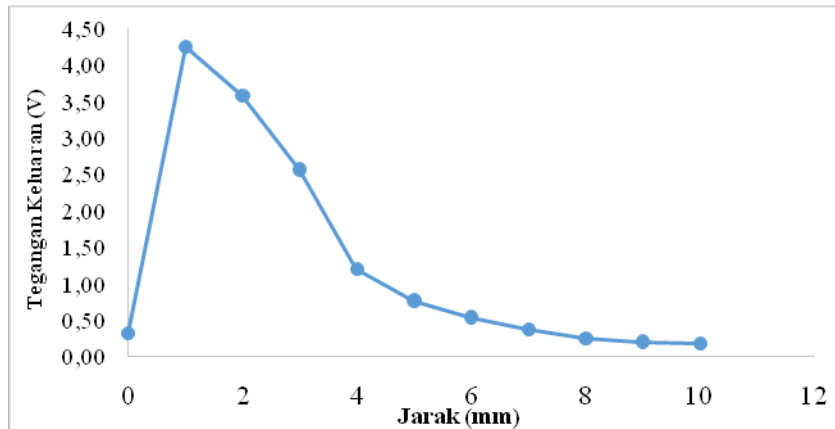
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor Serat Optik

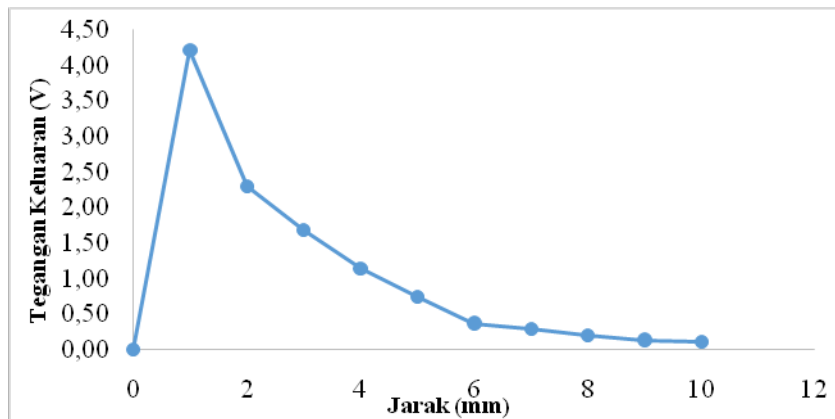
Karakterisasi sensor serat optik dilakukan dengan memvariasikan jarak membran ke ujung serat optik. Karakterisasi dilakukan dengan variasi jarak 0 mm – 10 mm. Serat optik yang digunakan sepanjang 8 cm. Panjang serat optik yang digunakan tidak mempengaruhi cahaya yang ditransmisikan karena serat optik hanya berfungsi sebagai pandu gelombang pada sensor serat optik ekstrinsik. Pengujian sensor serat optik dilakukan untuk memperoleh grafik hubungan antara variasi jarak membran dengan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh fotodiode OPT101. Fotodiode OPT101 digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya yang dipandu oleh serat optik *receiver* dari membran yang bergetar akibat pernapasan manusia.

Pengujian juga dilakukan dengan memvariasikan jenis membran yang digunakan agar didapatkan membran yang optimal untuk pengukuran frekuensi pernapasan manusia. Variasi membran yang digunakan yaitu membran mikrofon, membran polimer karet yang terbuat dari bahan lateks dan membran polimer dari glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Membran yang digunakan harus dilapisi terlebih dahulu dengan *aluminium foil* agar dapat memantulkan cahaya.

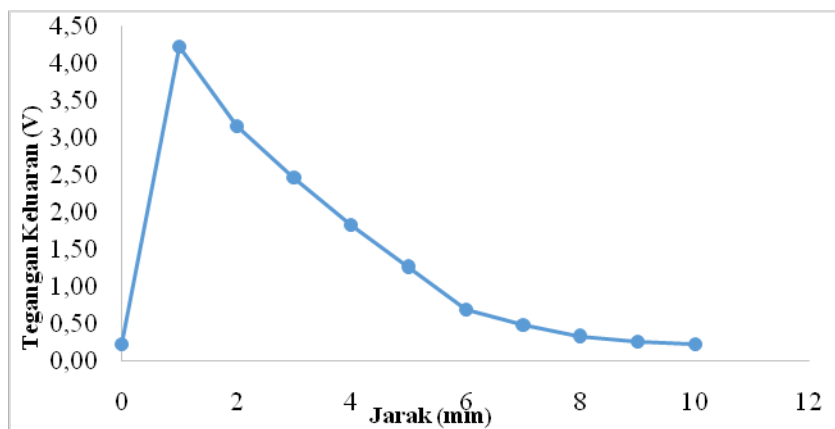
Pengukuran nilai tegangan keluaran fotodiode OPT101 pada karakterisasi sensor serat optik dilakukan sebanyak 5 kali per membran. Hasil karakterisasi sensor serat optik dengan variasi jarak terhadap tegangan keluaran pada masing-masing membran dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3 Grafik karakterisasi sensor serat optik dengan : (a) membran mikrofon, (b) membran polimer karet yang terbuat dari bahan lateks, (c) membran polimer dari glukosa ($C_6H_{12}O_6$)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat ketika jarak membran menempel dengan kepala serat optik atau pada jarak 0 mm tegangan keluaran OPT101 cenderung kecil atau mendekati 0 V. Saat jarak membran dengan kepala serat optik 1 mm, didapatkan tegangan keluaran yang besar dan trend pada grafik cenderung naik. Pada jarak 2 mm – 10 mm didapatkan *trend* grafik semakin menurun seiring semakin jauhnya jarak membran dengan kepala serat optik. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak optimal sensor serat optik terhadap membran adalah 1 mm. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa pada saat sensor serat optik berjarak 1 mm dengan membran uji, maka sudut penerimaan cahaya oleh serat optik *receiver* berada pada rentang *Numerical Aperture* (NA) serat optik. Hal tersebut berarti semakin banyak cahaya yang dapat terpandu pada *core* serat optik.

3.2 Pengujian Keseluruhan Rancangan Alat Ukur

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja masing-masing blok sistem saat digunakan secara bersamaan serta menguji keakuratan alat ukur yang dirancang. Alat ukur dioperasikan dengan tegangan input sebesar 5 volt. Masing-masing membran diuji untuk menentukan membran yang paling sensitif terhadap pernapasan manusia. Ketika membran bergetar sesuai dengan pernapasan objek dan mengalami pergeseran dari posisi semula, maka intensitas cahaya yang dipantulkan oleh membran dan yang diterima oleh serat optik *receiver* mengalami perubahan dan mempengaruhi tegangan keluaran pada fotodiode OPT101.

Pada proses pemrograman alat ukur, mikrokontroler memproses sinyal masukan analog yang dihasilkan oleh fotodiode OPT101 menjadi nilai ADC. Ketika alat belum digunakan, nilai ADC cenderung konstan dengan fluktuasi nilai yang rendah. Saat alat digunakan, maka dapat dilihat fluktuasi nilai ADC lebih besar karena membran bergetar akibat pernapasan. Dari nilai ADC, dapat ditentukan nilai *threshold* yang digunakan pada program sebagai parameter kerja sistem pengukuran. Nilai *threshold* diperoleh berdasarkan nilai ADC terendah ketika objek bernapas. Nilai ADC yang berada dibawah nilai *threshold* dihitung sebagai cacahan satu kali bernapas. Hasil proses pencacahan tersebut merupakan nilai frekuensi pernapasan manusia yang diindra oleh sensor serat optik dengan metode ekstrinsik. Hasil pengukuran tersebut ditampilkan pada LCD secara *realtime* dalam satuan *breath per minute* (bpm).

3.3 Hasil Pengukuran

Pengujian akhir alat ukur dilakukan untuk membandingkan nilai frekuensi pernapasan oleh alat ukur yang dirancang dengan metode standar medis. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan umur dan aktivitas pengguna. Membran yang digunakan yaitu membran polimer dari glukosa (C₆H₁₂O₆) yang telah diuji dan sensitif terhadap pergeseran mikro yang dihasilkan oleh pernapasan. Perbandingan hasil pengukuran menggunakan alat ukur frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik dengan metode standar medis berdasarkan variasi umur dapat dilihat pada Tabel 1 dan berdasarkan variasi aktivitas pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Frekuensi Pernapasan Normal dengan Variasi Umur
(Objek Pengukuran : perempuan)

Objek Pengukuran	Usia (Tahun)	Aktivitas Saat Pengukuran	Hasil Pengukuran (bpm)		Persentase Kesalahan (%)
			Alat yang Dirancang	Metode Standar Medis	
Anak-anak	8	duduk	23	21	9,52
Remaja	13	duduk	16	16	0,00
Dewasa	23	duduk	26	20	30,00
Dewasa	31	duduk	17	18	5,56
Dewasa	44	duduk	16	16	0,00
Presentase Kesalahan Rata-Rata (%)					9,02

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengukuran pernapasan terhadap objek yang telah dilakukan, masih berada pada rentang normal pernapasan manusia berdasarkan faktor variasi umur. Hasil pengukuran frekuensi pernapasan manusia berbasis sensor serat optik tidak jauh berbeda dibandingkan dengan metode standar medis dengan nilai persentase kesalahan rata-rata kurang dari 5%.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Frekuensi Pernapasan Normal dengan Variasi Aktivitas
(Objek Pengukuran : Anak-Anak 8 Tahun)

Objek Pengukuran	Usia (Tahun)	Aktivitas Saat Pengukuran	Hasil Pengukuran (bpm)		Persentase Kesalahan (%)
			Alat yang Dirancang	Metode Standar Medis	
Anak-anak	8	duduk	23	21	9,5
Anak-anak	8	berlari 30 detik	32	27	18,5
Anak-anak	8	melompat 10 kali	28	27	3,7
Anak-anak	8	berjalan 1 menit	28	25	12,0
PresentaseKesalahan Rata-Rata (%)					10,9

Frekuensi pernapasan normal seseorang terbukti meningkat seiring perubahan aktivitas yang terjadi pada tubuh seseorang berdasarkan hasil pengujian alat ukur pada Tabel 2. Hasil pengukuran frekuensi pernapasan menggunakan sensor serat optik tidak jauh berbeda dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode standar medis. Hal tersebut sesuai dengan hasil perhitungan persentase kesalahan rata-rata kurang dari 5%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, pengujian dan analisis rancang bangun alat yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur frekuensi pernapasan manusia berbasis sensor serat optik yang dirancang telah dapat mengukur pernapasan manusia dengan variasi umur dan variasi aktivitas. Hasil pengujian jarak sensor serat optik terhadap membran didapatkan nilai yang optimal pada jarak 1 mm dan tegangan keluaran rata-rata sebesar 4,2 volt. Alat ukur frekuensi pernapasan manusia berbasis sensor serat optik yang dirancang memiliki nilai akurasi sebesar 91% berdasarkan variasi umur dan 80% berdasarkan variasi aktivitas. Hasil pengukuran frekuensi pernapasan berbasis sensor serat optik telah dapat ditampilkan secara *realtime* melalui LCD.

DAFTAR PUSTAKA,

- Agnihotri A., Human Body Respiration Measurement Using Digital Temperature Sensor with I2C Interface, *International Journal of Scientific and Research Publications* 3(3), (2013).
- Akita S., Seki A., Watanabe K., A Monitoring Of Breathing Using A Hetero-Core Optical Fiber Sensor, *Proc. of SPIE* 7981 79812W-1 (2011).
- Debora, O., *Proses Keperawatan dan Pemeriksaan Fisik* (Salemba Medika, Jakarta, 2012).
- Delaune S.C., dan Ladner P.K., *Fundamental of Nursing Standarts & Practice Second Edition*, (USA: Delmar, 2002).
- Fraden, J., *The Hand Book of Modern Sensor* (Thermoscan, Inc., California, 2004).
- Gupta M., dan Qudsi H., Thermistor Respiratory Monitor, *Proceeding of 39th Annual Northeast Bioengineering Conference, New York* (2012).
- Guyton A.C., dan Hall, J.E., *Textbook of Medical Physiology*. 11th ed. Philadelphia, PA, USA: Elsevier Saunders (2006).
- Kementrian Kesehatan RI, *Pedoman Bagi Tenaga Kesehatan* (2013).
- OpenStax College, *Anatomy & Physiology*, Rice University, Houston, Texas, <http://cnx.org/content/col11496/latest/> (27 Oktober 2018).

- Sonata W.E., Wildian, Rancang Bangun Alat Ukur Laju Pernapasan Manusia Berbasis Mikrokontroler Atmega8535, *Jurnal Fisika Unand* **4**(4), 332-338 (2015).
- Suana W., Muntini M.S., Hatta A.M., Pengembangan Sensor Napas Berbasis Serat Optik Plastik dengan Cladding Terkelupas untuk Aplikasi di Bidang Medis, *J. Fis. dan apl.* **8**(2), 120207-1-120207-5 (2012).
- Suaste-Gómez E., Hernández-Rivera D., Sánchez-Sánchez A.S., dan Villarreal-Calva E., Electrically Insulated Sensing of Respiratory Rate and Heartbeat Using Optical Fibers. *Sensors* **14**, 21524-21534 (2014).
- Zulaichah, S., Pengukuran Frekuensi Getaran Menggunakan Serat Optik, Skripsi, ITB, Bandung (2004).