UPJ 2 (1) (2013)

Unnes Physics Journal

http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj

APLIKASI SENSOR TEKANAN GAS MPX5100 DALAM ALAT UKUR KAPASITAS VITAL PARU-PARU

Achmad Rifa'i ✉ **Sukiswo Supeni Edi, Sunarno**
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia,50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Maret 2013
Disetujui Maret 2013
Dipublikasikan Mei 2013

Keywords:
vital capacity; sensor MPX5100; ATmega16

Abstrak

Abstrak
Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun peralatan pengukur kapasitas vital paru-paru mengunakan sensor tekanan gas MPX5100 berbasis mikrokontroler Atmega16. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu peralatan yang mempunyai keakuratan yang relatif lebih baik dari spirometer analog yang sudah ada. Selain itu, nilai kapasitas vital paru-paru juga dapat ditampilkan dalam angka digital pada layar LCD. Metode pengambilan data dengan cara menghembuskan nafas sekuat-kuatnya setelah terlebih dahulu mengisi atau menarik nafas secara maksimal dan kemudian mengeluarkannya sebanyak-banyaknya pada rancang bangun alat pengukur kapasitas vital paru-paru. Kalibrasi alat dengan cara membandingkan data hasil alat ukur kapasitas vital paru-paru dengan spirometer udara yang dimiliiki oleh Laboratorium Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat FIK Unnes. Hasil keseluruhan pengujian mengunakan alat ukur volume paru-paru, rata-rata kapasitas viltal paru-paru orang dewasa (mahasiswa FMIPA Unnes khususnya) memiliki kapasitas vital paru-paru sebesar 2414,396 cc, dengan ketelitian alat 98,6%.

Abstract

A study concerning the design and construction of the measuring equipment vital lung capacity using gas pressure sensor MPX5100 ATmega16 microcontroller based. This study aims to get a piece of equipment that has a relatively better accuracy than existing analog spirometer. In addition, lung vital capacity can also be displayed in the digital numbers on the LCD screen. data retrieval method breathed a vengeance after first filling or inhale maximally and then remove as much as possible in the design gauges vital lung capacity. Calibration of the data by comparing the results of measuring devices vital capacity of the lungs with air spirometer being owned by the Department of Public Health Laboratory Unnes FIK. The overall results of testing using measuring instruments lung volume, the average lung capacity viltal adults (students FMIPA Unnes particular) have a vital lung capacity of 2414.396 cc, with 98.6% precision tools.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D7 lantai 2 Kampus UNNES, Semarang, 50229
E-mail: acrifma@gmail.com

ISSN 2252-6978

PENDAHULUAN

Pada umumnya volume dan kapasitas paru-paru manusia hanya dipengaruhi oleh usia dan jenis kelamin. Tetapi selain itu, faktor penyakit dan aktifitas seseorang juga dapat mempengaruhi kapasitas paru-paru. Seorang atlet dan pekerja bangunan atau kuli memiliki kapasitas paru-paru yang berbeda dibandingkan seorang pekerja kantoran. Seorang yang mempunyai penyakit paru-paru atau asma juga mempunyai kapasitas paru-paru yang berbeda dibandingkan dengan orang normal. Pada orang yang memiliki penyakit asma (emfisema), diameter saluran udara pada paru-parunya menyempit, sehingga aliran udara yang keluar masuk paru-paru menjadi berkurang. Hal tersebut mengakibatkan adanya penurunan kapasitas paru-parunya. (Gabriel, 1996).

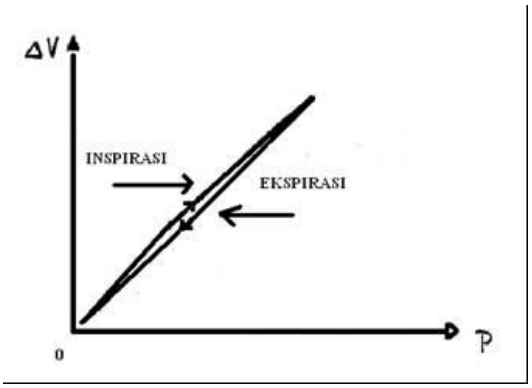
Kegiatan inspirasi dan ekspirasi atau menghirup dan menghembuskan udara dalam bernapas hanya menggunakan sekitar 500 cc volume udara pernapasan (kapasitas tidal = ± 500 cc). Kapasitas tidal adalah jumlah udara yang keluar masuk paru-paru pada pernapasan normal. Namun dalam keadaan ekstrim atau olah raga, siklus pernapasan memerlukan sekitar 1500 cc udara pernapasan (expiratory reserve volume). Secara perhitungan matematis Kapasitas Total Paru-paru (KTP) dapat ditentukan dengan cara mengukur hiperventilasi maksimal dalam satu menit, atau dengan kata lain Kapasitas Vital (KV) ditambah Volume Residual (KR). Jadi nilai Kapasitas Total Paru-paru (KTP) = KV + VR. (Hernawati, 2008).

Saat keadaan normal volume paru-paru manusia mencapai 4500 cc, yang disebut sebagai kapasitas total udara pernapasan manusia. Pada keadaan normal, kegiatan inspirasi dan ekspirasi dalam pernapasan hanya mengunakan 500 cc volume udara pernapasan atau disebut kapasitas tidal. Dari 500 cc udara pernapasan yang digunakan untuk alveolus hanya sebesar 350 cc saja, sisanya hanya mengisi saluran pernapasan. Walaupun demikian, kapasitas vital udara yang digunakan dalam proses bernapas mencapai 3500 cc, yang 1000 cc merupakan sisa udara yang tidak dapat digunakan tetapi senantiasa mengisi bagian paru-paru sebagai residu atau udara sisa. Kapasitas vital adalah jumlah udara maksimun yang dapat dikeluarkan seseorang setelah mengisi paru-parunya secara maksimum. (Cameron, 1999).

Sewaktu menghirup udara (inspirasi) dinding dada secara aktif tertarik keluar oleh pengerutan dinding dada, dan sekat rongga dada (diafragma) tertarik ke bawah. Berkurangnya tekanan di dalam paru-paru menyebabkan udara mengalir ke paru-paru. Hembusan napas keluar (ekspirasi) disebabkan mengkerutnya paru-paru dan diikuti rongga dada yang menyusut. (Aiello, 2008).

Peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur volume udara yang masuk dan keluar dari paru-paru adalah spirometer. Cara penggunaan spirometer cukup mudah yaitu seseorang disuruh bernafas (menarik nafas dan menghembuskan nafas) di mana hidung orang itu ditutup. Dari perbedaaan tekanan udara yang diberikan seseorang ketika bernafas menyebabkan tabung yang berisi udara akan bergerak naik turun, sementara itu drum pencatat bergerak memutar (sesuai jarum jam) sehingga alat akan mencatat grafik pernapasan (sinyal respirasi) sesuai dengan gerak tabung yang berisi udara. (Mawi. & Martiem. 2005).

Menyusutnya volume paru-paru juga diikuti oleh pengembang dan menyusutnya rongga dada. Tekanan antara paru-paru dan dinding dada disebut tekanan intrapleural atau intrathoacic. Tekanan udara dalam paru-paru berbanding terbalik dengan tekanan di luar paru-paru. Perubahan tekanan paru-paru dipengaruhi oleh perubahan volume paru-paru, hubungan antara perubahan volume dan tekanan paru-paru hampir linier dan dibatasi oleh elastisitas organ paru-paru.



Gambar 1. gravik hubungan perubahan volume dan tekanan dalam paru-paru

Elastisitas sistem pernapasan ditentukan oleh kemampuan dari tekanan paru dan perubahan volume paru-paru, dapat dinyatakan dengan persamaan:

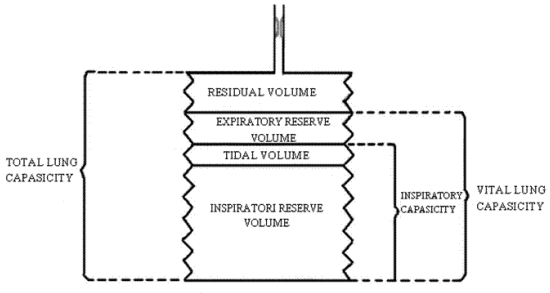
$C = \frac{d\Delta V}{dP}$

Dengan

C=elastisitas paru-paru

Δ=perubahan volume paru-paru

P= tekanan paru-paru



Gambar 2. Diagram perhitungan kapasitas dan volume paru-paru

Metode perhitungan volume dan kapasitas paru-paru adalah sebagai berikut:

1. Volume Tidal adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi pada setiap kali pernapasan normal. Besarnya ± 500 cc pada rata-rata orang dewasa.
2. Volume Cadangan Inspirasi adalah volume udara ekstra yang diinspirasi setelah volume tidal, dan biasanya mencapai ± 3000 cc.
3. Volume Cadangan Eskpirasi adalah jumlah udara yang masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi normal, pada keadaan normal besarnya ± 1100 cc.
4. Volume Residu, yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat. Besarnya ± 1200 ml.

Kapasitas paru merupakan gabungan dari beberapa volume paru dan dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Kapasitas Inspirasi, sama dengan volume tidal + volume cadangan inspirasi, besarnya ± 3500 cc.
2. Kapasitas Residu Fungsional, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume residu, besarnya ± 2300 cc.
3. Kapasitas Vital, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume tidal + volume cadangan ekspirasi, besarnya ± 4600 cc.
4. Kapasitas Paru Total, sama dengan kapasitas vital + volume residu, besarnya ± 5800 cc. (Astrand. 1970).

METODE PENELITIAN

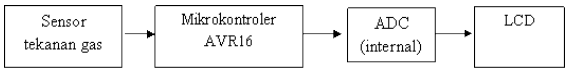
Rancang bangun alat ukur kapasitas vital paru-paru dan pembuatan program aplikasi perangkat lunak dilakukan di Laboratorium Fisika Intrumentasi FMIPA Universitas Negeri Semarang (UNNES), sedangkan pengambilan data dilakukan di Laboratorium ilmu Kesehatan Masyarakat FIK Universitas Negeri Semarang.

Komponen yang digunakan pada penelitian ini adalah: sensor tekanan gas MPX5100, mikrokontroler ATmega16, penguat tegangan (Op-Amp), catu daya, konektor DB9 , Seperangkat komputer yang terinstal software Codevition AVR, dan ISP downloader.

Sensor tekanan gas strain gauge dengan tipe MPX5100 merupakan sensor tekanan yang peka terhadap tekanan rendah, hanya dengan tiupan saja dapat mempengaruhi tegangan output yang dihasilkan, sensor ini mengunakan bahan Silicon Stress Stain Gauge. MPX5100 adalah Strain gauge jenis piezoresistif tranducer berbahan silicon. Sensor tekanan ini didesain untuk aplikasi range yang lebar, terutama bekerja pada mikrokontroller atau mikroprosesor dengan sinyal analog maupun sinyal digital, sensor ini terbuat dari elemen tranducer tunggal yang dikombinasikan menggunakan teknik micromachining dengan logam film tipis dan diproses secara bipolar untuk menghasilkan output sinyal analog level tinggi yang akurat dan proporsional untuk aplikasi tekanan. (Setiawan, 2009).

Microcontroller merupakan sebuah chip yang dapat melakukan pemrosesan data secara digital serta pengontrolan rangkaian elektronik sesuai dengan perintah bahasa tertentu yang disimpan pada IC. Microcontroller dilengkapi dengan Central Processing Unit (CPU), memori internal serta sarana input/output (I/O). Microcontroller memiliki tipe yang berbeda tergantung pada kegunaannya. Dalam perkembangan teknologi, microcontroller tipe ATmega16 sangat dibutuhkan. Microcontroller keluarga AVR tipe ATMega16 memiliki dua USART (Universal Synchrounous/ Asynchrounous Receiver/ Transmitter) untuk komunikasi serial. (Winoto, 2010).

Secara umum skema diagram alir algoritma dari aplikasi perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 3.



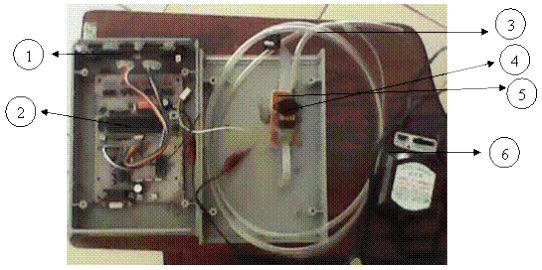
Gambar 3. Diagram Penelitian

Prinsip kerja alat ukur kapasitas vital paru-paru sebagai berikut: fungsi kerja alat ukur kapasitas vital paru-paru mengunakan prinsip kerja dari sensor tekanan gas tipe MPX5100. Sensor tekanan gas strain gauge dengan tipe MPX5100 merupakan sensor tekanan yang peka terhadap tekanan rendah, hanya dengan tiupan saja dapat mempengaruhi tegangan output yang dihasilkan, sensor ini mengunakan bahan Silicon Stress Stain Gauge. MPX5100 adalah Strain Gauge jenis piezoresistif tranducer berbahan silicon yang terintegrasi dalam sebuah chip, bekerja pada

tekanan 0 kPa sampai 100 kPa (0 psi sampai 14,5 psi) atau 15 kPa sampai 115 kPa (2,18 psi sampai 16,68 psi) dengan tegangan output 0,2 volt sampai 4,7 volt. Output dari sensor akan diteruskan ke mikrokontroler, mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler mengunakan IC ATmega16. Mikrokontroler ATmega16 berfungsi sebagai pengubah sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital dan kemudian mengolah sinyal digital menjadi program untuk menampilkan karakter pada layar LCD. (Fat'ak, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

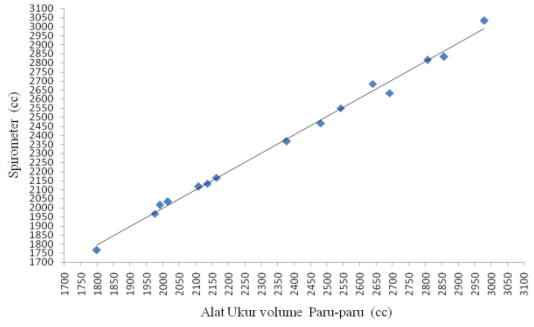
Pada penelitian ini menghasilkan suatu alat ukur kapasitas vital paru-paru berbasis mikrokontroller Atmega16 mengunakan aplikasi sensor tekanan gas tipe MPX5100



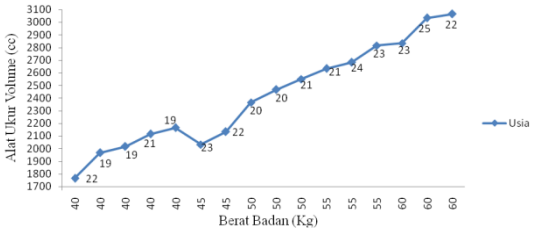
Gambar 4. Alat ukur volume dan kapasitas paru-paru

Keterangan Gambar 4:
1. Display LCD
2. Mikrokontroler ATmega 16
3. Selang pernapasan
4. Sensor MPX5100
5. Op-Amp IC 741
6. Catu daya

Pengujian kapasitas vital paru-paru dilakukan pada orang dewasa antara umur 18-25 tahun, dengan berat badan rata-rata antara 40-60 kg. Pengambilan data kapasitas vital paru-paru diambil dari mahasiswa FMIPA Unnes. Hasil pengujian kapasitas vital paru-paru pada usia 18-25 tahun dengan berat badan rata-rata 40-60 kg dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Grafik Antara Pengujian Alat Ukur dengan Spirometer



Gambar 6. Grafik Pengujian Alat Ukur dengan Spirometer

Tabel 1. Tabel Hasil Penelitian

No	Berat Badan	Usia Spirometer	Alat	
1	40	22	1799	1767
2	40	19	1975	1967
3	40	19	1990	2017
4	45	21	2015	2033
5	40	19	2109	2117
6	45	23	2137	2133
7	40	22	2164	2167
8	50	20	2377	2367
9	50	20	2481	2467
10	50	21	2542	2550
11	55	24	2639	2683
12	55	21	2691	2633
13	55	23	2807	2817
14	60	23	2857	2833
15	60	25	2980	3033
16	60	22	3066	3067

Pembahasan

Dari penelitian ini diperoleh sebuah rancang bangun alat ukur volume paru-paru mengunakan aplikasi sensor tekanan gas mengunakan bahan Silicon Stress Stain Gauge. Alat ini dibuat untuk mengukur kapasitas vital paru-paru seseorang. Rancang bangun alat ukur volume paru-paru terdiri dari beberapa komponen, yaitu sensor tekanan gas, penguat tegangan (Op-Amp), mikorokontroler menggunakan IC ATMega16 dan LCD. Sensor tekanan gas berfungsi sebagai alat untuk mengambil data tekanan udara yang dihembuskan ketika responden menghembuskan udara. Penguat tegangan digunakan untuk penguatan tegangan keluaran dari sensor agar tegangan dari sensor dapat dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data analog dari sensor yang ditampilkan pada LCD. Layar LCD berfungsi untuk menampilkan kapasitas vital paru-paru.

Pada penelitian ini, pengujian sensor belum dapat dilakukan, karena belum mendapat alat uji tekanan gas dengan range tekanan 1 psi (6900Pa).

Sensor yang digunakan pada penelitian ini bekerja pada tekanan antara tekanan 0 psi sampai 16,68 psi. Sehingga untuk melakukan pengujian sensor belum bisa dilakukan, karenakan sensor bekerja pada tekanan rendah. Hanya dengan tiupan kecil saja sudah mempengaruhi nilai resistansi sensor. Penggunaan penguatan tegangan dikarenakan sinyal keluaran dari sensor sangatlah kecil yaitu antara rentang 0-487 mV. Rangkaian penguatan tegangan yang digunakan adalah penguat tak pembalik (non-inverting) dengan penguatan 10 kali, agar sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor dapat dibaca oleh mikrokontroler. Pengunaan penguatan tegangan 10 kali dalam penelitian ini dikarenakan mikrokontroler merupakan komponen elektronik yang akan bekerja pada logika satu, atau pada tegangan lebih dari 2,5V. Data yang telah di ubah menjadi data digital di mikrokontroler nantinya akan ditampilkan pada layar LCD 16 X 2 karakter.

Pengujian alat ukur kapasitas vital paru-paru dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan spirometer udara. Pengujian ini dilakukan untuk mengkalibrasi alat yang telah dibuat. Hasil dari kalibrasi alat dengan spirometer dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5. didapati grafik yang linier artinya dapat dikatakan data hasil pengukuran dari alat ukur kapasitas vital paru-paru dan spirometer udara dapat dikatakan sebanding. Pada layar LCD ketika menguji batas nilai yang dapat dibaca oleh alat ukur nenunjukkan, bahwa batas maksimun volume udara yang dapat terukur oleh alat sebesar ± 4700 cc. Pengujian dilakukan dengan cara memberi tekanan pada sensor mengunakan pompa angin dengan skala tekanan berbeda. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui batas maksimun volume udara yang dapat dibaca oleh alat ukur. Tekanan udara pada sensor dipengaruhi oleh volume udara yang diberikan pada sensor. Semakin besar tekanan yang diberikan pada sensor semakin besar pula volume yang terbaca, oleh karena itu pada layar LCD akan menunjukkan volume udara akan bertambah besar jika tekanan yang diberikan bertambah besar.

Dalam penelitian ini melibatkan responden laki-laki dan perempuan dengan usia dan berat badan yang berbeda-beda. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 6 dari grafik menunjukkan perbedaan kapasitas vital paru-paru seseorang yang berkaitan dengan usia dan berat badan seseorang. Pada dasarnya kapasitas dan volume paru-paru dipengaruhi oleh usia dan jenis kelamin seseorang, namun pekerjaan, aktifitas, penyakit dan berat badan seseorang mempengaruhi kapasitas dan volume paru-paru seseorang. Seorang yang tubuhnya besar akan memiliki kapasitas paru-paru yang besar, karena volume paru-paru ditentukan juga oleh luas permukaan tubuh untuk pertukaran gas khususnya ronga dada.

Hubungan antara volume paru-paru seseorang terhadap berat badan seseorang dapat dikatakan seseorang yang meliliki berat badan lebih besar memiliki kapasitas paru-paru yang lebih besar. Hal ini dikarenakan rongga dada orang tersebut lebih besar dari seorang yang bertubuh kecil atau memiliki berat badan di bawahnya. Hasil keseluruhan pengujian mengunakan alat ukur volume paru-paru, rata-rata kapasitas viltal paru-paru orang pada usia dewasa antara umur 18-25 tahun (mahasiswa FMIPA UNNES khususnya) memiliki kapasitas paru-paru sebesar 2414,396 cc, hampir sepadan dengan pengukuran mengunakan spirometer udara yang nilainya 2415,625 cc.

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran mengunakan alat yang dibuat dengan spirometer yang dimiliki oleh Laboratorium Ilmu Kesehatan Masyarakat FIK Unnes. Pada waktu pengujian alat ukur kapasitas paru-paru dipasang pipa pernapasan pada sensor supaya responden mudah meniup, sehingga sensor dapat membaca tekakan udara yang diberikan responden sewaktu menghembuskan udara. Data pengujian rancang bangun alat ukur volume paru-paru mengunakan aplikasi sensor tekanan gas MPX5100 dengan spirometer didapatkan ketelilian alat sebesar 98,6%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dihasilkan suatu alat ukur volume dan kapasitas paru-paru memanfaatkan sensor tekanan gas MPX5100 tipe piezoresistif tranducer berbahan silicon. Alat ukur volume dan kapasitas paru-paru yang dibuat memiliki ketelitian pengukuran 98,6%, batas maksimum volume udara yang dapat terukur ± 4700 cm3, power supplay 5 volt (DC), dan respon sensor terhadap tekanan udara kurang dari 5 detik.

Saran

1. Karakterisasi sensor diharapkan lebih mendalam dalam melihat berbagai hal yang dapat mempengaruhi tegangan keluaran sensor, supaya tidak dipelukan lagi penguat tegangan.
2. Penelitian lebih lanjut diharapkan menggunakan ADC dengan bit yang lebih tinggi, agar hasil konversinya lebih halus,dan
3. Diharapkan alat yang akan dibuat pada penelitianberikutnya tersedia konektor yang

dihubungkan langsung dengan komputer, agar dapat diproses lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Aiello, et al. 2008. Lung Diffusion Capacity can Predict Maximal Xercise in Apparently Healthy Heavy Smokers. Journal of Sports Science and Medicine, 7: 229-234.

Astrand. 1970. Fisiologi Tubuh Manusia. Translated by Guyton, AC. 1996. Jakarta: Binarupa Aksara.

Cameron, J.R. 1999. Fisika Tubuh Manusia. Translated by Lamyarni, M.Eng. Jakarta. Sagung Seto.

Fat'ak, M. D., Kemalasari, & Wijayanto. A. 2005. Pengolahan Sinyal Respirasi Dengan Fir Untuk Analisa Volume dan Kapasitas Pulmonary.

Gabriel, J.F. 1996. Fisika Kedokteran. Jakarta. ECG.

Hernawati. 2008. Sistem Pernapasan Manusia pada Kondisi Latihan dan Perbedaan Ketinggian.

Mawi. & Martiem. 2005. Nilai Rujukan Spirometer untuk Lanjut Usia Sehat. Universa Medicina 24:124-129.

Setiawan, I. 2009. BUKU AJAR SENSOR DAN TRANSDUSER. Semarang. Universitas Diponegoro .

Winoto, A. 2010. Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemogramanya dengan Bahasa C WinAVR. Bandung: Informatika.ka, (10)1: 39-57.