

PENGUKURAN VOLUME PARU-PARU DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR TEKANAN

Ahmad Zainudin, Endah Rahmawati, Dzulkifli

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : zein.spi@gmail.com

Abstrak

Spirometer merupakan instrumentasi pengukur volume paru-paru, namun spirometer di pasaran harganya relatif mahal sehingga diperlukan alat serupa dengan harga yang lebih ekonomis sehingga dapat digunakan oleh khalayak luas. Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang alat ukur volume paru-paru (spirometer) dengan memanfaatkan sensor tekanan MPX5100DP. Prinsip kerja alat ini yaitu meniupan yang dilakukan oleh pengguna pada pipa venturimeter yang sudah dihubungkan sensor tekanan MPX5100DP dengan keluaran nilai tegangan yang kemudian data diterima oleh mikrokontroler Arduino. Pada arduino data yang diterima diolah oleh ADC mikrokontroler menjadi nilai digital dan dikonversikan menjadi nilai debit. Dari nilai debit yang didapatkan akan digunakan untuk mendapatkan nilai volume paru-paru menggunakan metode numerik. Hasil yang didapatkan dari pengukuran volume paru-paru yang telah dilakukan menggunakan alat rancang dengan lima kali percobaan pada orang yang berbeda berturut-turut adalah 2.29, 3.64, 1.92, 2.00, 1.63 dalam satuan liter. Sedangkan pengukuran volume paru-paru menggunakan alat spirometer tipe T.K.K. 11510 Vital di Laboratorium SSFC Unesa didapatkan hasil berturut-turut adalah 2.30, 3.40, 1.88, 1.96, 1.51 dalam satuan liter. Dengan membandingkan hasil dari kedua alat dari data pertama sampai data kelima didapatkan selisih berturut-turut sebesar 0.01, 0.24, 0.04, 0.04, 0.12 dalam satuan liter. Sehingga selisih terbesar yang didapatkan sebesar 0.24 liter. Selisih dari hasil pengukuran tersebut dikarenakan pernafasan setiap orang tidak dapat dikontrol secara pasti, antara pernafasan pertama dan kedua pada orang yang sama pasti mengalami perbedaan.

Kata kunci : volume paru, sensor MPX5100DP, spirometer.

Abstract

Spyrometer is an instrument for measuring lungs volume, this instrument is already available in market with expensive cost. Therefore, this research aimed to design a low cost spyrometer with pressure sensor MPX5100DP. Work principles from this device are the blowing done by user of on the venturimeter pipe already connected with pressure sensor MPX5100DP with the voltage outputs, and than data was received by arduino microcontroller. On the arduino, data that already received then processed by ADC microcontroller become digital values and converted to debits. From the debits which got will be used to get lungs volume values using numeric method. Result that got from lungs volume measurement which done using design tool with fifths times experiment on the five different people continuously are 2.29 , 3.64 , 1.92 , 2.00 , 1.63 in litre. Furthermore, the lungs volume measurement by spyrometer device T.K.K 11510 vital type on the SSFC Laboratory Unesa, go that the result continuously are 0.01 , 0.24 , 0.04 , 0.04 , 0.12 in litre. So that the biggest gap are 0.24 litre. The different from the measurement because of each people respiration can not be controlled surely. First respiration and the second on the same people sure has different.

Keywords: lungs volume, MPX5100DP sensor, spyrometer.

PENDAHULUAN

Fisika adalah salah satu cabang ilmu alam yang mempelajari fenomena fisis sehingga dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia. Mempelajari ilmu fisika dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu analitis dan pembuktian melalui eksperimen. Dalam pembuktian eksperimen fisikawan dapat melakukan dengan menggunakan alat – alat instrumentasi yang berkaitan. Dalam hal ini fisika juga dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan atau medis lebih khusus dalam bidang instrumentasinya.

Paru-paru adalah organ tubuh manusia yang terdapat di dalam dada dan berfungsi memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari darah dengan bantuan hemoglobin. Proses ini disebut sebagai respirasi atau

pernafasan. Nilai normal setiap volume paru-paru dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin, umur, tinggi badan, berat badan dan lain-lain. Pengukuran volume paru-paru dapat dilakukan untuk mengetahui kesehatan seseorang. Peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur volume udara yang masuk dan keluar dari paru-paru adalah spirometer.

Iqlima (2013) melakukan penelitian yaitu dengan judul perancangan alat ukur volume udara pernafasan manusia. Pada penelitian ini alat yang digunakan dirancang menggunakan sensor tekanan yang akan menghitung volume aliran udara yang melalui sebuah corong. Sistem ini terdiri atas sensor tekanan, penguat non-inverting, mikrokontroler ATmega8, dan komputer sebagai penampil hasil pengukuran. Hasil pengujian

sistem secara keseluruhan yang diperoleh memiliki nilai kesalahan (error) pengujian tertinggi adalah 18.24 %. Sedangkan nilai kesalahan rata-rata pengujian keseluruhan alat adalah 7.3 %.

Sedangkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rifa'i, dkk (2013) yaitu dengan menerapkan sensor tekanan MPX5100 untuk alat ukur kapasitas vital paru-paru berbasis mikrokontroler ATmega16. Kalibrasi yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara membandingkan data hasil alat ukur kapasitas vital paru-paru dengan spirometer udara milik Laboratorium Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat FIK Unes. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini ditampilkan melalui LCD dengan ketelitian alat sebesar 98.6 %.

Spirometer adalah instrumentasi yang sangat umum digunakan di bidang kesehatan dan olahraga. Spirometer digital juga sudah banyak dijumpai, namun harganya relatif mahal sehingga alat ini masih jarang dimiliki baik pribadi, badan olahraga, maupun rumah sakit - rumah sakit yang ada. Sebagai contoh adalah spirometer tipe T.K.K. 11510 Vital milik Laboratorium SSFC Fakultas Ilmu Keolahragaan Unesa yang nantinya juga digunakan sebagai pembanding alat. Berbeda dengan yang dilakukan iqlima (2013) yang menggunakan syringe sebagai pengujian alat, bukan menggunakan spirometer sebagai pembanding alat. Sedangkan penelitian yang dilakukan rifa'i (2013) dilakukan pengujian dengan menggunakan spirometer yang masih bersifat analog, dan penelitian ini mempunyai prinsip kerja yang berbeda dengan penelitian yang akan saya lakukan. Dari latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang suatu instrumentasi yang digunakan untuk mengukur volume paru-paru dengan memanfaatkan sensor tekanan MPX5100 berbasis mikrokontroler ATmega328p.

TEORI DASAR

Respirasi adalah proses memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari darah dengan bantuan hemoglobin dalam organ tubuh manusia. Volume udara respirasi pada setiap orang berbeda-beda, tergantung pada jenis kelamin, usia, dan tinggi badan.

Persamaan untuk mengukur kapasitas vital paru-paru :
Untuk Laki-Laki

$$VC = 0.052T - 0.022U - 3.00 \tag{1}$$

Untuk Perempuan

$$VC = 0.041T - 0.018U - 2.69 \tag{2}$$

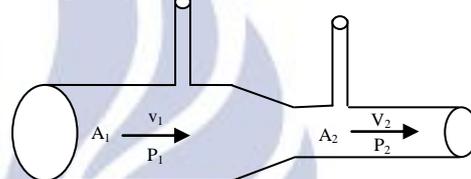
dengan U = Umur, T = Tinggi badan, dan 80 % dari nilai VC sudah dianggap sehat/normal (Fat'ak dkk, 2010).

Spirometer merupakan suatu metode sederhana yang dapat mengukur sebagian terbesar volume dan kapasitas paru-paru. Spirometer merekam secara digital volume ekspirasi paksa dan kapasitas vital paksa. Pemeriksaan

dengan Spirometer ini penting untuk pengkajian fungsi ventilasi paru secara lebih mendalam.

Sensor MPX5100 merupakan sensor tekanan yang peka terhadap tekanan rendah, hanya dengan tiupan saja dapat mempengaruhi tegangan output yang dihasilkan, sensor ini menggunakan bahan Silicon Stress Stain Gauge. MPX5100 adalah Strain gauge jenis piezoresistif transducer 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.

Prinsip kerja yang digunakan dalam pengukuran volume paru-paru ini menggunakan prinsip venturimeter. Venturimeter merupakan sebuah pipa yang mengalami penyempitan, aliran air akan semakin cepat jika melewati luas penampang yang kecil di bandingkan dengan luas penampang yang besar,



Gambar 1. Skema venturimeter
(Sumber : Dokumen pribadi)

tekanan lebih besar saat melewati luas penampang yang lebih besar dan tekanan lebih kecil jika melewati luas penampang yang lebih kecil (Gambar 2.6) Pada pipa mendatar, $h_1 = h_2 = h$, maka jika sistem ini diaplikasikan pada persamaan Bernoulli,

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \tag{3}$$

Berdasarkan persamaan kontinuitas,

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \tag{4}$$

diperoleh $v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$ kemudian disubstitusikan,

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2) / \rho}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \tag{5}$$

Laju aliran fluida pada titik kesatu dapat diperoleh dengan persamaan tersebut dengan p1 adalah tekanan pada luas penampang besar, p2 adalah tekanan pada luas penampang kecil, ρ adalah nilai massa jenis udara yang dihembuskan, A1 adalah luas penampang pipa besar, dan A2 adalah luas penampang pipa kecil. Persamaan untuk laju aliran fluida pada titik kedua didapatkan,

$$v_2 = \frac{\sqrt{2(p_1 - p_2) / \rho}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (6)$$

Dari nilai debit didapatkan nilai volume secara numeric dengan menghitung luasan pada grafik menggunakan persamaan berikut.

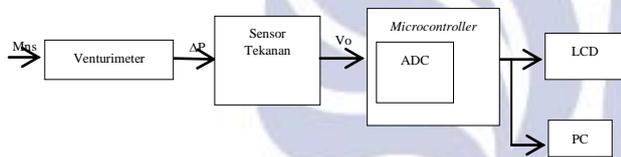
$$V = \int_{t_0}^{t_a} Q(t) dt \quad (7)$$

atau,

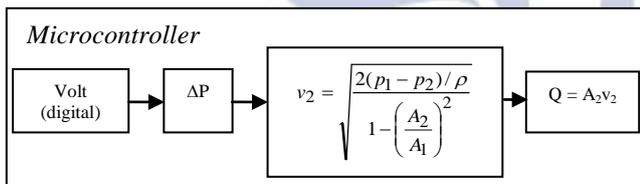
$$V = Q_1(t_1 - t_0) + Q_2(t_2 - t_1) + \dots + Q_n(t_n - t_{n-1}) \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berbasis kerja laboratorium dengan data yang diperoleh berasal dari hasil-hasil percobaan penghembusan udara respirasi pada alat di Laboratorium Elektronika Dasar, Instrumentasi, dan Sains Kebumihan, Jurusan Fisika FMIPA. Proses pengambilan data tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

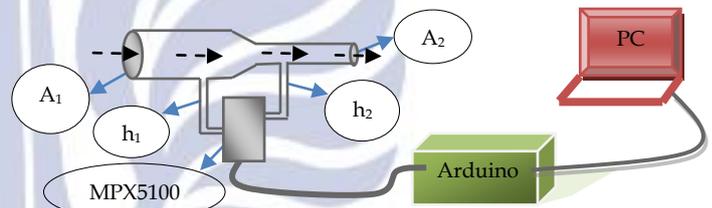


Gambar 3. Diagram Alir Mikrokontroler

Dalam penelitian ini dilakukan peniupan oleh manusia pada pipa venturimeter yang sudah dihubungkan dengan sensor tekanan MPX5100DP yang mempunyai output nilai tegangan analog yang kemudian data diterima oleh mikrokontroler ATmega328p. Pada mikrokontroler nilai output dari sensor akan diolah oleh ADC mikrokontroler dengan program yang sudah dituliskan pada software arduino melalui beberapa tahap seperti pada gambar 3. Output dari sensor yang masih berupa tegangan analog akan diubah menjadi nilai tegangan digital yang kemudian dikonversikan menjadi nilai beda tekanan. Nilai beda tekanan tersebut dimasukkan dalam persamaan (5) untuk mendapatkan nilai kecepatan (v) yang digunakan untuk mendapatkan nilai debit seperti pada persamaan (4). Hasil dari pengolahan arduino berupa debit akan ditampilkan pada LCD.

Untuk mencari nilai volume digunakan dengan perhitungan numerik dan bentuk grafiknya dapat dilihat secara manual pada Microsoft Excel. Perlu diketahui bahwa setiap manusia memiliki nilai normal kapasitas vital paru-paru. Jadi setelah kita mendapatkan nilai volume kapasitas vital paru-paru, dapat diketahui apakah paru-paru kita dalam keadaan normal atau tidak, dengan batasan nilai volume yang terukur adalah 80% dari kapasitas vital paru normalnya.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu instrumen hardware dan software. Hardware dari penelitian ini meliputi pipa venturimeter sebagai wadah untuk penghembusan nafas, kemudian sensor MPX5100DP yang dapat diandalkan sebagai sensor pengukur tekanan (hembusan nafas) secara akurat, dan mikrokontroler yang digunakan untuk merubah data analog menjadi data digital. Sedangkan software dari penelitian ini adalah arduino yang digunakan untuk mengkonversi data-data yang diterima dan menampilkan grafik secara manual menggunakan Microsoft Excel sehingga didapatkan nilai volume paru-paru dengan menggunakan perhitungan numerik. Gambar 4 menunjukkan sketsa dari penelitian ini dengan $A_1 = 2,062 \text{ cm}^2$, $A_2 = 0,237 \text{ cm}^2$, $h_1 = h_2 = 10 \text{ cm}$.

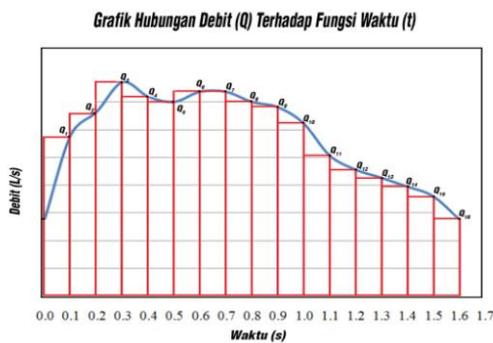


Gambar 4. Sketsa rancangan alat ukur volume paru-paru

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain kalibrasi ADC, pengujian sensor, pengujian alat, dan pengambilan data. Kalibrasi ADC dilakukan dengan cara mencari grafik hubungan nilai input dengan output. Yang kedua yaitu pengujian sensor dilakukan dengan cara memberi masukan pada input sensor tersebut. Kemudian nilai output diukur dengan menggunakan multimeter dan mikrokontroler pada keadaan normal (tanpa hembusan) dan ketika mendapat hembusan nafas, kemudian dibandingkan dengan nilai yang sudah ada pada datasheet. Setelah semua alat sudah selesai, dilakukan pengujian alat dengan memberi masukan udara yang konstan melalui kompresor yang sudah dikontrol nilai tekanan udaranya, kemudian dibandingkan dari alat yang sudah dirancang dengan spirometer tipe T.K.K. 11510 Vital digital yang dimiliki oleh Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Surabaya. Perbandingan dilakukan untuk memperoleh nilai error atau uji kelayakan alat. Kemudian pengambilan data menggunakan alat rancangan dengan cara obyek menghembuskan nafas pada pipa venturimeter

yang kemudian dideteksi sensor dengan output nilai tegangan. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan 5 kali hembusan nafas dari 5 orang yang berbeda.

Pada teknik pengolahan data dilakukan sesuai dengan teknik pengumpulan data di atas, namun ada beberapa tahap tambahan yang digunakan untuk memperoleh nilai volume paru-paru yang terukur. Tahap pertama yaitu mengkonversi data analog yang diterima oleh mikrokontroler dari keluaran sensor berupa tegangan menjadi nilai tekanan. Dari nilai tekanan tersebut didapatkan nilai laju aliran atau debit. Kemudian pada tahap kedua nilai debit yang sudah didapatkan akan dihitung dengan perhitungan numerik seperti pada persamaan (8) untuk mendapatkan nilai volume. Jika data ditampilkan grafik hubungan antara debit terhadap fungsi waktu secara manual menggunakan Microsoft Excel akan terlihat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 5. Grafik hubungan debit terhadap fungsi waktu

Pada gambar 5 terlihat grafik yang menggambarkan hubungan antara debit terhadap fungsi waktu. Grafik tersebut menunjukkan bahwa setelah melakukan pengambilan nafas secara maksimal dan dikeluarkan pada pipa venturimeter, aliran udara yang dihembuskan manusia semakin lama akan semakin menurun dan juga volume yang tersimpan pada paru – paru akan semakin berkurang. Sehingga pada titik atau waktu tertentu volume udara paru – paru juga akan habis sebelum melakukan inspirasi lagi.

Dari grafik yang sudah didapatkan dari hembusan nafas tersebut akan dihitung nilai volume paru-paru menggunakan persamaan dengan menjumlahkan setiap debit dikalikan dengan selang waktu yang terjadi selama ditampilkan setiap nilai debit tersebut seperti pada persamaan (8).

HASIL DAN PEMBAHASAN

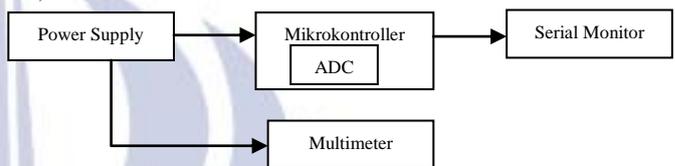
Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan pengambilan nilai volume paru-paru dari tujuh orang yang berbeda dan pada setiap orang dilakukan tiga kali pengambilan data dengan sekali pernafasan (menghirup dan mengeluarkan

udara secara maksimal) pada tiap pengambilan data tersebut. Tentunya alat ini sudah dilakukan pengujian alat dengan cara seperti yang sudah dijelaskan pada metode penelitian yakni dengan membandingkan pengukuran menggunakan alat rancang dengan pengukuran menggunakan alat yang dimiliki oleh Laboratorium SSFC Fakultas Keolahragaan Universitas Negeri Surabaya.

1. Pengujian ADC Mikrokontroler

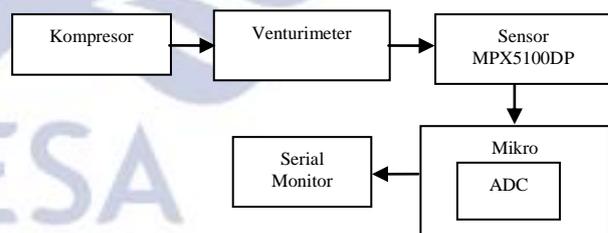
Pengujian *Analog to Digital Converter* (ADC) mikrokontroler ini dilakukan dengan memberikan input nilai tegangan dari *power supply* yang dibaca oleh ADC mikrokontroler untuk menampilkan *output* nilai ADC dan tegangan. Nilai error terbesar yang didapatkan sebesar 3,02%.



Gambar 6. Diagram blok pengujian ADC mikrokontroler

2. Pengujian Sensor MPX5100DP

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui nilai keluaran sensor. Prosedur dari pengujian ini dilakukan dengan cara memberi masukan konstan pada sensor yang sudah dirancang dengan venturimeter dan dihubungkan pada mikrokontroler untuk menampilkan data yang terbaca oleh sensor. Diagram pengujian sensor terlihat pada gambar 7. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai keluaran sensor stabil.



Gambar 7. Diagram blok pengujian sensor

3. Pengujian Dan Pengukuran Alat Ukur Volume Paru-Paru

Cara melakukan pengujian ini antara lain membandingkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan dua alat, yaitu spirometer dan alat rancang. Kemudian untuk pengambilan data dilakukan pada 7 manipulasi data yaitu dengan hembusan 7 nafas dari manusia yang berbeda. Untuk setiap manipulasi dilakukan 3 percobaan hembusan menggunakan spirometer dan 3 percobaan hembusan menggunakan alat rancang. Proses tersebut dilakukan secara bergantian dari spirometer dan alat rancang.

Tabel 1. Tabel pengukuran volume paru-paru menggunakan spirometer dan alat rancang

Data Orang ke-	KVP Normal (L)	Spirometer		Alat Rancang	
		V (L)	(%)	V (L)	(%)
1	4,27	2,30	53,86	2,29	53,63
2	4,32	3,40	78,70	3,64	84,26
3	4,27	3,12	73,15	2,91	68,17
4	3,03	1,88	62,05	1,92	63,37
5	3,11	1,96	63,02	2,00	64,31
6	2,92	1,51	51,71	1,63	55,82
7	2,89	1,67	57,79	1,51	52,25

Pembahasan

Alat ukur volume paru-paru ini dirancang karena kurangnya alat spirometer yang beredar dikalangan masyarakat melihat mahalnya harga alat tersebut. Padahal selain untuk keperluan olahraga, alat ini dapat digunakan untuk mengetahui kesehatan paru-paru manusia mengingat pentingnya pernafasan pada kehidupan manusia. Alat ini dirancang dari sebuah pipa venturimeter yang dihubungkan pada mikrokontroler dan PC sehingga menjadi sebuah system yang dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Cara kerja dari alat ini sendiri adalah menerima laju aliran udara hasil ekskresi pernafasan manusia yang dihembuskan melalui pipa venturimeter dengan pembacaan nilai tekanan oleh sensor MPX5100DP serta mengkonversi dari nilai analog menjadi digital pada mikrokontroler kemudian ditampilkan grafik hubungan antara debit terhadap fungsi waktu secara manual menggunakan Microsoft Excel. Kemudian nilai volume paru-paru dapat diperoleh dengan menghitung menggunakan persamaan (2.17).

Dari hasil penelitian yang sudah didapatkan, pada pengujian ADC memiliki nilai akurasi yang tinggi dengan nilai error terbesar yaitu 3,02%. Dan dilihat dari grafik data ADC terhadap nilai tegangan dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai ADC maka semakin besar pula nilai tegangannya. Kemudian sensor yang digunakan juga memiliki kestabilan yang baik. Hal itu dapat dilihat bahwa dengan masukan yang sama nilai keluaran yang dihasilkan juga relative sama, tidak jauh berbeda antara percobaan satu dan percobaan yang lainnya. Nilai dari sensor MPX5100DP ini adalah nilai analog tegangan yang kemudian akan dikonversi menjadi digital oleh mikrokontroler.

Sebelum alat ini digunakan, diperlukan terlebih dahulu uji alat untuk memastikan bahwa alat ini sudah sesuai atau mendekati dengan kebenaran. Pengujian ini

dilakukan sekaligus pengambilan data pengukuran dengan cara membandingkan alat rancang dan alat spirometer tipe T.K.K. 11510 Vital di Laboratorium SSFC Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Surabaya. Dari pengambilan data tujuh manipulasi percobaan dengan tiga kali pengulangan pada setiap percobaan didapatkan nilai selisih terbesar yaitu sebesar 0,32 Liter dan selisih terkecil sebesar 0,02 Liter.

Setelah mendapatkan 3 data dari setiap manipulasi, maka didapatkan nilai rata-rata pada setiap orang atau manipulasi. Pada data tersebut terdapat selisih nilai terbesar yaitu 0,24 Liter sedangkan selisih terkecil sebesar 0,01 Liter. Nilai ketelitian tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh iqlima (2013) dengan hasil pengujian keseluruhan alat terdapat hasil dengan kesalahan yang cukup besar yaitu 18,24%.

Perbedaan-perbedaan nilai volume yang diperoleh dapat disebabkan beberapa faktor antara lain nafas setiap orang tidak dapat dikontrol secara pasti, antara pernafasan pertama dan kedua pada orang yang sama pasti mengalami perbedaan sekecil apapun itu. Hal itu yang menyebabkan terdapatnya perbedaan hasil antara alat spirometer dengan alat rancang, dikarenakan pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada pernafasan yang berbeda.

PENUTUP

Simpulan

Telah dilakukan penelitian dengan merancang suatu alat ukur volume paru-paru yang memanfaatkan sensor tekanan MPX5100DP berbasis mikrokontroler ATmega328p serta PC sebagai pengolah data dengan pipa venturimeter sebagai wadah laju aliran udara yang akan diukur. Setelah rancangan alat selesai secara keseluruhan, dilakukan pengujian-pengujian serta pengambilan data yang kemudian dianalisis dan dilakukan pembahasan. Maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini memanfaatkan sensor tekanan sebagai pendeteksi udara dari pernafasan manusia yang diukur. Keluaran sensor tersebut merupakan tegangan analog yang kemudian dirubah oleh mikrokontroler menjadi nilai tegangan digital. Dari nilai tegangan tersebut dikonversi menjadi nilai beda tekanan yang digunakan untuk mencari kecepatan fluida sehingga didapatkan laju aliran atau debit dari fluida tersebut. Teori tersebut dapat dijelaskan dengan menggunakan teori-teori fisika yaitu aliran fluida, persamaan kontinuitas, persamaan Bernoulli, dan venturimeter.
2. Perancangan alat ukur volume paru-paru ini terdiri dari pipa venturimeter, sensor MPX5100DP,

mikronroler ATmega328p, LCD, dan PC sebagai pengolah data, penyimpanan data, serta menampilkan grafik hubungan debit terhadap fungsi waktu.

3. Hasil dari pengujian dan pengukuran volume paru-paru menggunakan spirometer tipe T.K.K. 11510 Vital milik Laboratorium SSFC Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Surabaya dengan alat rancang penelitian didapatkan selisih nilai tertinggi sebesar 0,24 L dan selisih nilai terkecil sebesar 0,01 L. Faktor yang mempengaruhi terjadinya selisih pada data penelitian ini dikarenakan nafas setiap orang tidak dapat dikontrol secara pasti, antara pernafasan pertama dan kedua pada orang yang sama pasti mengalami perbedaan. Dari nilai volume paru-paru terdapat nilai kapasitas vital paru normal yang dipengaruhi beberapa faktor antara lain usia dan tinggi badan, serta diindikasikan jenis kelamin juga mempengaruhi nilai kpasitas vital paru manusia.

Saran

1. Pada penelitian ini menggunakan sensor MPX5100DP yang memiliki tingkat sensitivitas 0 KPa – 100 KPa. Jadi pada tiupan lemah sensor tidak dapat menerima masukan karena tekanan yang diterima sangat rendah. Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan sensor yang tingkat sensitivitasnya lebih peka dari sensor MPX5100DP.
2. Untuk lebih membuktikan bahwa ada indikasi jika jenis kelamin mempengaruhi nilai kapasitas vital paru, maka diperlukan data yang lebih banyak dengan perbedaan jenis kelamin. Sehingga dapat dibuktikan bahwa jenis kelamin mempengaruhi nilai kapasitas vital paru manusia.
3. Jika ada peneliti yang melanjutkan penelitian ini disarankan lebih merancang alat yang sederhana atau portable dan dapat menyimpan data tanpa dihubungkan pada PC serta dapat menampilkan grafik secara otomatis ketika sedang dilakukan pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand. 1970. *Fisiologi Tubuh Manusia*. Translated by Guyton, AC. 1996. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Giancoli. Douglas C. 2001. *Physics Principles With Applications, Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Haq, M.F.D., dkk. *Pengolahan Sinyal Respirasi Dengan Fir Untuk Analisa Volume Dan Kapasitas Pulmonary*. Surabaya : Institute Teknologi Sepuluh November.
- Hernawati. 2008. *Sistem Pernapasan Manusia pada Kondisi Latihan dan Perbedaan Ketinggian*.
- Iqlimah, Atika. 2013. *Perancangan Alat Ukur Volume Udara Pernapasan Manusia*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Lakshmanan, D.M.P. 2012. *Profil Pasien Yang Menjalani Pemeriksaan Spirometri Di Poli Faal Paru Dan Instalasi Diagnostik Terpadu Di Rumah Sakit Umum Haji Adam Malik, (Moh. Fat'ak Diya'ul Haq)Medan Dari Periode Januari 2012 Sampai Juni 2012*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Rifa'i, Achmad dkk. 2013. *Aplikasi Sensor Tekanan Gas Mpx5100 Dalam Alat Ukur Kapasitas Vital Paru-Paru*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Sears Zemansky. (1962). *FISIKA untuk Universitas 1 Mekanika, Panas, Bunyi*. Jakarta: Binacipta.
- Sutrisno. 1986. *Fisika Dasar : Mekanika. Jilid 2*. Bandung: Institute Teknologi Bandung.
- Tipler, P.A. & Mosca, G. 1998. *Physics for Scientist and Engineers Third Edition*. Jakarta: Erlangga.
- www.freescale.com/files/sensors/doc/datasheet/MPX5100.pdf (diakses pada November 2014).