

DETEKSI DINI PENYAKIT PERNAFASAN ASMA DENGAN PEAK EXPIRATORY FLOW METER BERBASIS MICROCONTROLLER

Andy Suryowinoto¹⁾, Abdul Hamid²⁾, Adrian Fauzi Desmalasa³⁾

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1),2),3)}

Jalan Arif Rahman Hakim 100, Surabaya

Email: andysuryo@itats.ac.id¹⁾, abdulhamid@itats.ac.id²⁾, andrianfd@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Sistem pernafasan merupakan hal penting pada manusia. Paru-paru merupakan bagian dari sistem pernafasan. Fungsi utama paru-paru sebagai tempat pertukaran oksigen dalam darah. Oleh sebab itu, tidak terlepas adanya gangguan pada organ ini. Dimana salah satunya adalah penyakit asma yang disebabkan oleh penyempitan saluran udara, sehingga berakibat kurangnya aliran udara yang masuk dan keluar pada paru-paru. *Peak Expiratory Flow* (PEF) adalah arus ekspirasi terbesar yang mampu ditiupkan oleh seseorang. Nilai PEF bertumpu pada jenis kelamin, umur dan tinggi badan. Dari Nilai PEF inilah dapat diketahui kondisi kesehatan pernafasan seseorang. Sensor MPX 5100 merupakan sebuah sensor tekanan yang diintegrasikan dengan sistem Pipa Orifice Plate untuk mendeteksi besar tekanan udara nafas PEF seseorang yang berbasis mikrokontroler. Keluaran sistem berupa nilai normal PEF yang terukur dan dibandingkan dengan tabel PEF normal, untuk menentukan hipotesa awal kondisi pernafasan seseorang (Normal, Waspada, dan Bahaya). Dari subyek sampel acak sebanyak 20 orang, didapat 16 orang berada pada level Normal dan 4 orang level Waspada. Dengan rata-rata eror pengukuran 3.72 % dan maksimal eror terbesar 5.8 % apabila dibandingkan dengan alat PEF standar.

Kata Kunci : Deteksi Dini Asma, *Peak Expiratory Flow*, Pipa Orifice Plate, Mikrokontroler

ABSTRACT

The respiratory system is an important thing in humans. The lungs are part of the respiratory system. The main function of the lungs as the exchange of oxygen in the blood. Moreover, not apart disturbance in this organ. One of which is asthma caused by narrowing of the airways, resulting in a lack of air flow in and out of the lungs. Peak expiratory flow (PEF) is the largest expiratory flow capable blown by someone. PEF value is based on gender, age and height. The value of the PEF is knowable respiratory health condition of a person. The 5100 MPX is a pressure sensor integrated with Orifice Plate Pipe system for detecting large breath of air pressure PEF someone based microcontroller. Output system in the form of normal value PEF measured and matched with normal PEF table, for determine initial hypothesis someone respiratory conditions (Normal, Alert, and Danger). Of subject's random sample of 20 people, 16 people obtained at the level of Normal and Alert level 4. With average error of 3.72% and a maximum measurement error most serious 5.8% when compared with PEF standard tools.

Keywords: Asthma Early Detection, *Peak Expiratory Flow*, Orifice Plate Pipe, Microcontroller

1. Pendahuluan

Penyakit asma merupakan salah satu penyakit yang banyak ditemui pada sistem pernafasan seseorang. Penyakit ini menyerang seseorang dengan indikasi adanya penyempitan saluran udara (bronkus) dalam tubuh yang berfungsi mengalirkan oksigen ke paru-paru dan rongga dada, sehingga aliran udara menjadi terhambat. Penderita akan sulit bernafas atau dikenal dengan sesak nafas.

Seseorang yang normal mampu menghembuskan atau meniupkan udara dengan kuat. Sementara penderita asma tidak mampu meniupkan udara dengan kuat. Aliran puncak respirasi atau disebut *Peak Expiratory Flow* adalah sebuah nilai yang digunakan untuk mengetahui suatu kondisi seseorang, apabila seseorang tersebut dalam kondisi normal, maka kemampuan untuk melakukan respirasi maksimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Tim Pneumobile Project Indonesia pada tahun 1992, tentang *Normal Peak Expiratory Flow*. Dimana nilai *PEF* didefinisikan setiap orang tergantung dari kategori jenis kelamin, usia, dan tinggi badan. Sedangkan menurut B. O. Adeniyi dan G. E. Erhabor pada jurnal ilmiah *African Journal of Respiratory Medicine* (Maret 2015) tentang *the peak flow meter and its use in clinical practice* menyatakan, bahwa setiap orang dapat dilihat kondisi kesehatan pernafasannya berdasarkan nilai arus puncak ekspirasi. Nilai yang didapat dari hasil pengukuran alat dibagi dan ditampilkan dalam tiga zona yaitu normal, waspada, dan bahaya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya diatas, peneliti berusaha mewujudkan dan mengembangkan perangkat sebuah sistem yang dapat memberikan informasi tentang seberapa besar nilai *PEF* seseorang, Dengan menggunakan sistem aliran udara yang ditiupkan, dan menghitung besaran nilai dari sistem tersebut. Sistem akan membaca nilai *PEF*, dan melakukan penilaian, apakah hasil nilai terbaca tersebut masuk dalam kategori normal, waspada, atau bahkan berbahaya, sehingga dapat diambil keputusan yang lebih baik, terkait perlu atau tidaknya penanganan

medis lanjutan pada orang tersebut, terhadap hasil nilai pengukuran *PEF* tentang deteksi dini kelainan maupun gangguan sistem saluran pernafasan.

2. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tim Pneumobile Project Indonesia pada tahun 1992, menjelaskan bahwa nilai prediksi *PEF* orang Indonesia dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor, yaitu:

- a. Jenis kelamin
- b. Usia

- c. Tinggi badan

Untuk mendapatkan nilai normal *PEF* digunakan rumus berikut.

- 1) Pria:

$$PEF = (-10,86040 + (0,12766 \times \text{Umur}) + (0,11169 \times \text{Tinggi Badan}) - (0,000031934 \times \text{Umur}^3)) \times 60$$

(1)

- 2) Wanita:

$$PEF = (-5,12502 + (0,09006 \times \text{Umur}) + (0,0698 \times \text{Tinggi Badan}) - (0,00145669 \times \text{Umur}^2)) \times 60$$

(2)

Menurut "*African Journal of Respiratory Medicine* (Maret 2015)" tentang "*The peak flow meter and its use in clinical practice* oleh B.O. Adeniyi dan G.E Erhabor" menyatakan, bahwa setiap orang dapat dilihat kondisi kesehatan pernafasannya berdasarkan nilai arus puncak ekspirasi. Nilai yang didapatkan dibagi dalam tiga zona.

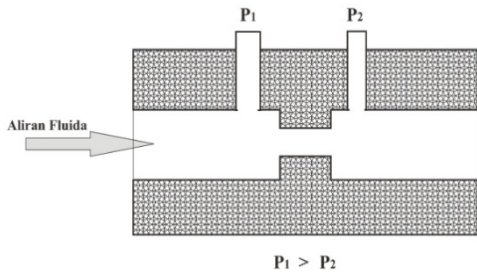
Hasil pembacaan *PEF* antara 80% sampai 100% dari nilai *PEF* normal disebut "Zona Hijau". Ini adalah zona normal atau sehat, tidak ada kelainan apapun, seseorang dalam kondisi ini dapat melakukan aktifitas fisik secara normal. Hasil pembacaan *PEF* antara 50% sampai 79% dari nilai *PEF* normal disebut "Zona Kuning". Ini adalah zona waspada, dimana asma mungkin saja dapat menyerang. Seseorang dalam kondisi ini dan dapat mengalami batuk, mengi, serta gangguan tidur. Seseorang pada zona kuning

harus membatasi aktifitas fisik dan meminum obat yang direkomendasikan oleh dokter.

Hasil pembacaan *PEF* antara dibawah 50% dari nilai *PEF* normal disebut "Zona Merah". Adalah zona bahaya, yaitu tergolong kondisi darurat asma. Seseorang dalam kondisi ini biasa disertai batuk dan sesak nafas, dan mengalami gangguan tidur dengan frekuensi bangun setia tengah malam dan menjelang pagi.

Seseorang pada zona merah mungkin tidak dapat bernafas dalam 1 siklus pernafasan secara penuh. Seseorang yang dalam kondisi seperti ini harus segera dibawa ke rumah sakit untuk mendapatkan penanganan yang cepat dan tepat.

Pipa *orifice plate* merupakan salah satu jenis bentuk instrumen yang digunakan untuk mengukur aliran fluida dengan konsep pengukuran perbedaan tekanan. Pipa ini dibagi dalam nyadiberi pelat berlubang lebih kecil dari ukuran diameter pipa. Sensor tekanan diletakkan disisi pelat bagian inlet (P1) dan satu lagi dibagian sisi pelat bagian outlet (P2). Jika terjadi aliran dari inlet ke outlet, maka tekanan P1 akan lebih besar dari tekanan outlet P2.



Gambar 1 Pipa Orifice Plate (Indah Lindari, 2015)

Pada Gambar 1, bentuk pipa *Orifice Plate*, untuk menghitung aliran udara per satuan waktu (liter/menit), menggunakan persamaan berikut.

$$Q = KA^2 \sqrt{\frac{2g}{\rho \sqrt{P_1 - P_2}}} \quad (\text{m}^3/\text{detik}) \quad (3)$$

$$Q = KA^2 \sqrt{\frac{2g}{\rho \sqrt{P_1 - P_2}}} \times 1000 (\text{liter}/\text{detik}) \quad (4)$$

$$Q = KA^2 \sqrt{\frac{2g}{\rho \sqrt{P_1 - P_2}}} \times 1000 \times 60 (\text{liter}/\text{menit}) \quad (5)$$

Keterangan :

Q = jumlah udara yang mengalir (L/menit)

K = Konstanta pipa (0.97)

A² = Luas penampang pipa sempit (m²)

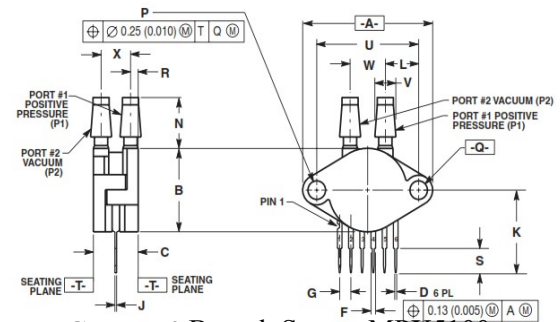
P = Tekanan udara di pipa 1 dan pipa 2 (kPa)

ρ = Masa jenis udara (1,98 kg/m³)

g = Gravitasi bumi (9,8 m/s)

Menggunakan

Sensor MPX5100 GP berfungsi untuk mengetahui besaran tekanan udara. Sensor ini bekerja berdasarkan sifat *piezoresistif*, yaitu perubahan nilai resistansi suatu benda karena perubahan bentuk permukaan dari benda tersebut. Berdasarkan karakteristik kerja sensor pada *datasheet*, MPX5100 GP dapat bekerja dengan baik, apabila diberi tegangan masukan sebesar ±5VDC dan arus sebesar 7-10mA. Keluaran sensor MPX5100 GP berupa sinyal analog dengan rentang 4,5 VDC, yaitu berkisar antara 0,2-4,7VDC.

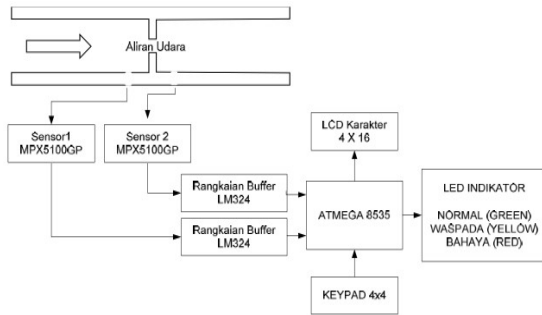


Gambar 2 Bentuk Sensor MPX5100 (Datasheet MPX5100)

3. Metode Penelitian

A. Perancangan Sistem

Pada perancangan dan pembuatan alat agar dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur maka dibuat blok diagram sistem yang menjelaskan alat yang dirancang. Blok diagram alat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Penjelasan dari diagram system adalah sebagai berikut.

Pipa Tiup: Menggunakan jenis pipa *orifice plate*. Untuk mendapatkan besarnya aliran udara per menit.

Sensor tekanan MPX5100: adalah piranti yang digunakan untuk merubah tekanan udara menjadi sebuah besaran listrik yang nantinya akan di konversi ke digital.

Rangkaian Buffer: adalah rangkaian yang berfungsi untuk menjaga tegangan *output* sensor agar nilainya tidak berubah, jika disambung ke *input* ADC *Microcontroller*.

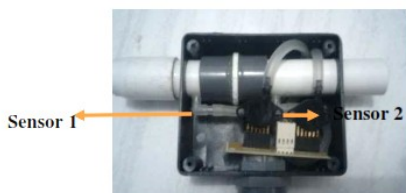
Microcontroller ATMEGA 8535: adalah sebuah *minimum system microcontroller* yang digunakan untuk seluruh proses digital dan pengolahan data sampai muncul informasi pada Display LCD.

LCD Alphanumeric 4 x 16: digunakan untuk menampilkan nilai-nilai parameter seting dan keluaran besaran hasil pengukuran *PEF* pada alat.

KEYPAD 4X4: untuk media masukan data-data pasien (usia, jenis, kelamin, dan tinggi badan) dan untuk melakukan operasional alat

Indikator LED: adalah lampu indikator hasil nilai ukur *PEF* dari pasien, yang ditunjukkan dengan 3(tiga) warna, yaitu kondisi normal (*green*), waspada (*yellow*), awas (*red*).

Perancangan mekanik alat ukur *PEF* dalam sistem kontrol ini sangat berpengaruh pada hasil dan untuk mencapai hasil optimal sensor tekanan yang digunakan untuk mendeteksi nilai *PEF* diletakkan pada posisi agar aliran udara yang menerobos pipa lebih mudah. Untuk lebih jelasnya desain mekanik dan sensor sistem kontrol ini, ditunjukkan pada Gambar 4.



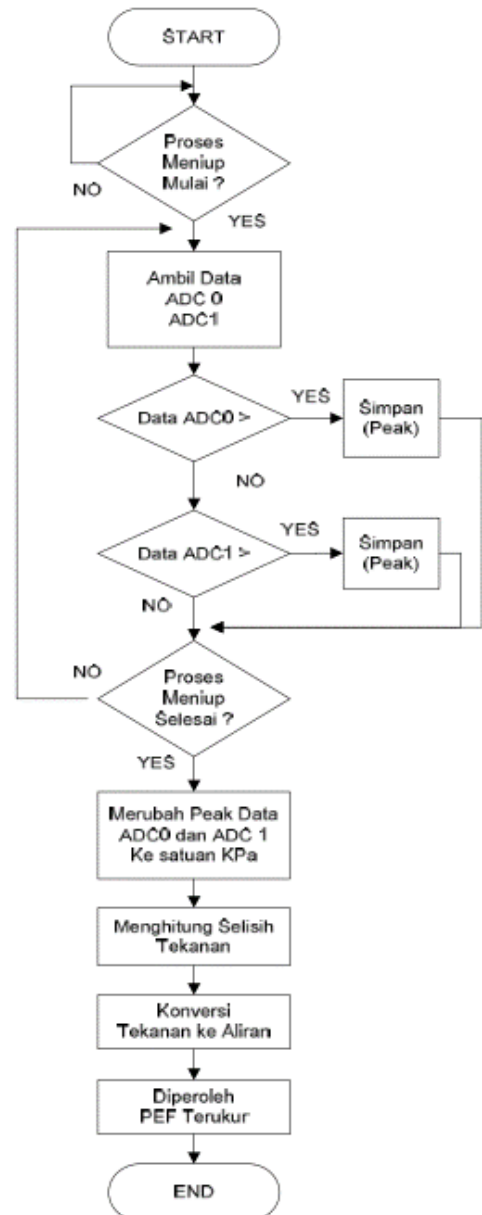
Gambar 4 Desain Pipa *OrificePlate*



Gambar 5 Realisasi desain sistem

B. Proses Kerja Sistem

Berikut ini adalah merupakan proses kerja sistem mulai pemrosesan tiupan udara seseorang hingga diperoleh nilai *PEF* dalam satuan Liter/menit.



Gambar 6 Flowchart Proses Kerja data *PEF* Terukur

Dari Gambar 6 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Udara ditiupkan ke pipa dengan konfigurasi pipa Orifice Plate (Gambar 1), sehingga tekanan pada pipa sisi *inlet* akan lebih besar dibanding tekanan sisi *outlet*.

Masing-masing sisi dihubungkan dengan sensor tekanan MPX 5100. Pipa sisi *inlet* dihubungkan ke sensor 1. *Output* sensor 1 dihubungkan ke *inputbuffer* 1, pada *outputbuffer* 1 dihubungkan ke ADC 0 (PINA.0) *microcontroller*, sedangkan pipa sisi *outlet* dihubungkan ke sensor 2. *Output* sensor 2 dihubungkan ke *inputbuffer* 2, *output buffer* 2 dihubungkan ke ADC 1 dari *microcontroller* ATMEGA 8535.

Tekanan yang diterima sensor akan diubah menjadi tegangan analog dengan resolusi 45mV/KPa. Kemudian tegangan akan melewati *buffer*. Dimana *buffer* akan menjaga kestabilan tegangan dari sensor yang masuk ke ADC *microcontroller* ($V_{in}=V_{out}$) dan ADC akan mengkonversi tegangan analog ini menjadi digital yang nantinya diolah oleh *microcontroller*.

Selama proses peniupan ADC akan terus berkelanjutan mengkonversi data tegangan analog dari sensor menjadi data digital. Dan saat ADC mengkonversi sistem langsung mendeteksi nilai tiupan tertinggi (*peak*) dari masing-masing sensor. Nilai tertinggi inilah yang dipakai untuk menghitung nilai *PEF* terukur.

Setelah nilai tertinggi (*peak*) didapat pada masing-masing sisi pipa diperoleh, proses perhitungan dapat dilakukan. Misalnya pasien 1 dapat meniupkan hingga tekanan pada pipa *inlet* 13.6 KPa dan tekanan pada pipa *outlet* 3.4 KPa, maka perhitungannya :

a. Perhitungan tegangan *output* sensor tekanan

$$= \text{Tekanan} \times 0.045 \text{ Volt} \quad (6)$$

Maka :

Tegangan sensor 1:
 = Tekanan x 0.045 Volt
 = 13.6 x 0.045 Volt
 = 0.612 Volt

Tegangan sensor 2:
 = Tekanan x 0.045 Volt
 = 3.4 x 0.045 Volt
 = 0.153 Volt

b. Perhitungan ADC

$$= V_{in}/V_{Ref} \times 1024 \quad (7)$$

Maka :

Data ADC sensor 1 :

$$= V_{in}/V_{Ref} \times 1024$$

$$= 0.612 / 2.56 \times 1024$$

$$= 245$$

Data ADC sensor 2 :

$$= V_{in}/V_{Ref} \times 1024$$

$$= 0.153 / 2.56 \times 1024$$

$$= 61$$

c. Perhitungan Selisih Tekanan

$$= \text{Data ADC Sensor 1} - \text{Data ADC Sensor 2} \quad (8)$$

Maka :

Data ADC sensor 1 :

$$= \text{Data ADC Sensor 1} - \text{Data ADC sensor 2}$$

$$= 245 - 61$$

$$= 184$$

d. Mengkonversi data ADC menjadi Tekanan (KPa)

$$= \text{Data ADC} / 1024 \times V_{ref} / \text{resolusi sensor} \quad (9)$$

Maka :

Data ADC sensor 1 :

$$= 184 / 1024 \times 2.56 / 0.045$$

$$= 10.21 \text{ Kpa}$$

e. Proses Konversi Tekanan menjadi Aliran, menggunakan persamaan 5, Sehingga:

$$Q = KA^2 \sqrt{\frac{2g}{\rho \sqrt{P_1 - P_2}}} \times 1000 \times 60$$

$$= 0.97 \times 3.14 \times 0.0035^2 \sqrt{\frac{2 \times 9.8}{1.98 \sqrt{P_1 - P_2}}} \times 1000 \times 60$$

$$= 0.97 \times 0.000385 \times 3.15 \times 3.195 \times 1000 \times 60$$

$$= 451 \text{ liter/menit}$$

Maka nilai Q adalah 451 liter/menit

C. Tata Laksana Pengambilan Nilai PEF

Persiapan

Sebelum dilaksanakan pemeriksaan PEF yang perlu dipersiapkan adalah calonpasien dan alat PEFmeter

a. Pasien

Diusahakan pasien harus dalam keadaan sadar dengan tubuh rilex.

b. AlatPEF Meter

Alat harus dalam keadaan steril.Cara sterilisasi adalah sebagai berikut :

Masukan alat PEF Meter kedalam alat sterilisator UV(Ultra Violet). Nyalakan alat Sterilisator selama 10 menit. Matikan Sterilisator. PEF meter siap digunakan untuk mengambil sampel pada pasien.

Dari data yang didapat pada Tabel 1, maka diperoleh data hasil pengukuran pada settingPEF yang diinginkan yaitu 75 L/m, 150 L/m, 300 L/m, 450 L/m, dan 600 L/m. dengan pengukuran dilakukan masing-masing sebanyak 5 kali percobaan, diperoleh hasil dimana rata-rata error,yaitu perbandingan antara secara perhitungan dan pengukuran sensor alat ialah sebesar 2.5 %.

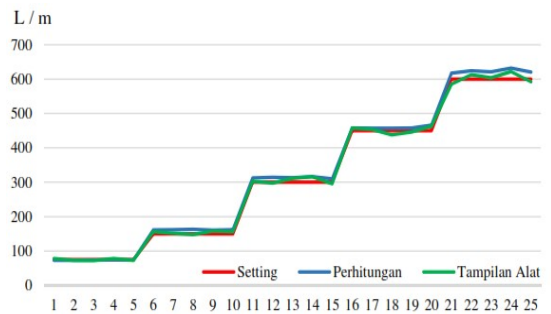
Maka data dari Tabel 1, dapat dibuat grafik sebagai berikut.

Pelaksanaan

Pemeriksaan dilakukan pada posisi berdiri tegak. Minta pasien untuk menarik nafas secara mendalam mungkin sampai dada terasa penuh (bahu dan dada terangkat ke belakang). Letakkan *mouthpiece* pada mulut dan bibir menutupi sepanjang *mouthpiece*.Perintahkan pasien untuk menghembuskan nafas dengan kuat dan secepat mungkin.Mintalah pasien untuk bernafas secara normal kembali.

4. Hasil Dan Pembahasan

Dalam pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran pada saat nilai PEF yang telah ditentukan. Dengan mengamati *output* pada sensor 1 (V1) dan sensor 2 (V2), serta melihat tampilan hasil PEF dari alat yang diuji. Sekaligus membandingkan tampilan hasil PEF dari alat yang diuji. Dari pengukuran yang telah dilakukan diperoleh hasil pada Tabel 1 sebagai berikut.



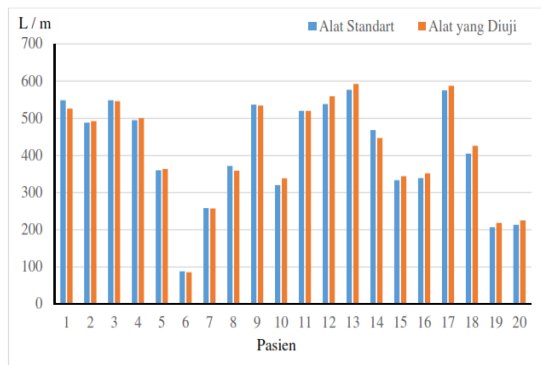
Grafik 1 Hasil Pengukuran Sensor

Tabel 1 Hasil Pengukuran Sensor

Setting	V1 (Volt)	V2 (Volt)	V1-V2 (Volt)	P (KPa)	PEF (Lim)		Error (%)	
					Perhitungan	Tampilan Alat	Perhitungan	Tampilan Alat
75	0.255	0.125	0.13	2.889	73.008	78	2.66	4.00
	0.252	0.123	0.129	2.867	72.727	73	3.03	2.67
	0.255	0.122	0.133	2.956	73.846	72	1.54	4.00
	0.259	0.124	0.135	3	74.399	78	0.80	4.00
	0.255	0.122	0.133	2.956	73.846	73	1.54	2.67
150	0.308	0.149	0.159	3.533	161.483	156	7.66	4.00
	0.305	0.145	0.16	3.556	161.991	152	7.99	1.33
	0.304	0.142	0.162	3.6	163	148	8.67	1.33
	0.308	0.151	0.157	3.489	160.465	158	6.98	5.33
	0.308	0.148	0.16	3.556	161.991	156	7.99	4.00
300	0.431	0.166	0.265	5.889	312.711	303	4.24	1.00
	0.434	0.166	0.268	5.956	314.477	298	4.83	0.67
	0.434	0.168	0.266	5.911	313.301	311	4.43	3.67
	0.44	0.169	0.271	6.022	316.232	316	5.41	5.33
	0.425	0.165	0.26	5.778	309.747	296	3.25	1.33
450	0.586	0.185	0.401	8.911	457.762	458	1.72	1.78
	0.585	0.185	0.4	8.889	457.191	454	1.60	0.89
	0.582	0.182	0.4	8.889	457.191	438	1.60	2.67
	0.584	0.183	0.401	8.911	457.762	446	1.72	0.89
	0.602	0.186	0.416	9.244	466.245	463	3.61	2.89
600	0.747	0.194	0.553	12.289	617.371	585	2.90	2.50
	0.762	0.197	0.565	12.556	624.033	613	4.01	2.17
	0.756	0.196	0.56	12.444	621.266	604	3.54	0.67
	0.776	0.197	0.579	12.867	631.717	622	5.29	3.67
	0.753	0.194	0.559	12.422	620.711	592	3.45	1.33
Rata-Rata							3.25	2.59

Pada Grafik 1, perbandingan rata-rata *error* metode penghitungan dan pengukuran terlihat masih dalam ambang batas rata-rata yaitu 2.5%. dimana tingkat kesalahan ini, masih dibawah 5%, yaitu ambang batas kesalahan yang masih dapat diterima.

Untuk mempermudah dilakukan analisis, maka diperlukan penggabungan dari semua data yang telah diambil dari sampling 20 orang pasien yang diambil secara acak dengan pasien sehat dan pasien. Pengambilan data tersebut dibandingkan dengan alat standar yang digunakan medis dengan alat yang diuji dari penelitian ini. Seperti pada Grafik 2 berikut.



Grafik 2 Perbandingan nilai *PEF* yang diukur dengan alat standar medis dengan alat yang diuji

Pada Grafik 2 data yang diperoleh hasil sampling dari 20 pasien dengan 3 kali pengambilan untuk masing-masing pasien, sekaligus membandingkan dengan alat standart diperoleh rata-rata *error* 3.72 %. Terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai yang diperoleh antara pengukuran dengan alat standar dan pengukuran dengan alat yang diuji. Hal ini disebabkan adanya toleransi dari komponen elektronika yang dipakai yang memiliki toleransi *error*. Selain itu pasien juga sangat sulit mempertahankan kestabilan di setiap kali tiupan, sehingga hasil pengukuran bervariasi. Selain itu waktu ekspirasi maksimal dalam sekali ekspirasi sangat singkat, sehingga perlu pengolahan data yang cepat agar saat ekspirasi yang paling besar yang diolah.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan proses percobaan, pengujian alat dan pendataan, dapat disimpulkan sebagai berikut : Menggunakan dua buah sensor tekanan MPX 5100 dengan kemampuan 0-100 KPa yang dapat mengeluarkan tegangan 0-4.7 Volt yang disusun secara berdampingan yang memakainya dengan metode *orifice plate* cukup efektif digunakan untuk mengambil sampel tiupan pasien. Diperoleh hasil pengukuran pada setting *PEF* yaitu 75 L/m, 150 L/m, 300 L/m, 450 L/m, dan 600 L/m. Dengan

pengukuran masing-masing sebanyak 5 kali, diperoleh hasil dimana rata-rata error per hitungan dan pengukuran sensor 2.5%. Menggunakan *minimum system Mikrocontroller ATmega 8535*, untuk pengolahan data ADC yang tampil pada *LCD alphanumeric 4x16. Mikrocontroller ATmega 8535* ini memiliki ADC internal 10 bit yang membuat hasil konversi tegangan lebih presisi. Dari 20 pasien dimasna masing-masing pasien dilakukan 3 kali pengukuran, diperoleh rata-rata error 3.72 % dan maksimal rata-rata error terbesar 5.8 % antara hasil pengukuran alat standart dan alat yang diuji.

Hasil sampling dari 20 pasien dengan 3 kali pengambilan untuk masing-masing pasien. Dari 20 orang dengan metode sampel acak, dimana 16 orang berada pada level Normal dan 4 orang pada level Waspada. 4 pasien pada level Waspada tersebut memang pernah terjangkit asma, hasil tiupan orang tersebut tidak mampu mencapai nilai normal, meskipun saat diukur pasiendalam keadaan normal atau tidak terjadi serangan asma.

Daftar Pustaka

- [1] Atmel Corp., [2008], "AVR 8-bit Microcontroller Atmega 8535 Datasheet"
- [2] B.O. Adeniyi, G.E. Erhabor, [March 2015], "The peak flow meter and its use in clinical practice", African Journal of Respiratory Medecine.
- [3] Maftuh Ahnan Albadriyyi, [2012], "Perencanaan Dan Pembuatan Alat Ukur Respiratory Dan Heart Rate Untuk Deteksi Penyakit Asma", PENS-ITS.
- [4] Masnadi, Nice Rahmawati, [2010], "Nilai arus puncak ekspirasi dan faktor yang berhubungan pada anak asma usia 6-7 tahun di kota padang", UNAND.
- [5] Indah Lindari, [2014], "Peak Flow Meter Digital", Poltekkes Kemenkes Surabaya.
- [6] Triwiyanto ST., MT, [2009], "Petunjuk praktikum mikrokontroller", Panduan, Surabaya.
- [7] Tim Pneumobile Project Indonesia, [1992], "Normal PEF Pria dan Wanita", Hasil Penelitian Universitas Airlangga/Universitas Indonesia/Lembaga Penelitian UI.