

PENGUKURAN VOLUME PARU-PARU BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO  
DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR MPX5700DP

Ir. Asep Wasid, M.M.Pd <sup>1)</sup>  
Nur Misbachus Soleh Ridwan <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Sistem Komputer STMIK Indonesia Jakarta

<sup>2)</sup> Mahasiswa Teknik Elektro UNINUS Bandung

Jl. Siantar No. 6 Cideng-Gambir, Jakarta 1050 Indonesia

Email : a.wasid64@gmail.com

## ABSTRAK

Polusi udara yang disebabkan oleh debu, asap rokok, asap kendaraan, asap pabrik serta dapat mempengaruhi kesehatan paru-paru. Untuk mengetahui kondisi paru-paru yaitu dengan mengukur volume paru-paru sehingga diketahui konsisi paru-paru, umumnya pengukuran fungsi paru menggunakan spirometer, dilakukan di rumah sakit dan membutuhkan waktu untuk mengetahui hasilnya.

Perancangan spirometer portable dengan sensor tekanan MPX5700DP berbasis mikrokontroler Arduino dengan integrasi smartphone android. Nilai kapasitas vital paru-paru juga dapat ditampilkan dalam angka digital pada layar *smartphone* android. Perancangan ini bertujuan mengetahui volume paru yaitu *Forced Vital Capacity* (FVC) dan *Forced Expired Volume in one second* (FEV1). Prinsip kerja alat ini yaitu meniupan yang dilakukan oleh pengguna pada pipa venturimeter yang sudah dihubungkan sensor tekanan MPX5700DP dengan keluaran nilai tegangan yang kemudian data diterima oleh mikrokontroler Arduino. Sinyal tersebut lalu dikirimkan melalui komunikasi *bluetooth* ke perangkat android. 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. Pada sistem perubahan tekanan menjadi volume.

Kata kunci : volume paru, sensor MPX5700DP, spirometer, *smartphone*, *bluetooth*..

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Paru-paru salah satu organ tubuh manusia yang terdapat di dalam dada dan berfungsi sebagai respirasi atau pernafasan yang merupakan memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari darah dengan bantuan hemoglobin. 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.

Spirometer merupakan instrumen yang digunakan dalam pengukuran kapasitas volume paru-paru. Alat tersebut dibentuk oleh *pneumotachometer sensors*, prosesor dan printer, dengan salah satu alternatif penyajian data grafis, antara lain: grafis pengukuran kurva volume-waktu, grafis pengukuran aliran-volume (*spiograms*),

FVC (kapasitas vital paksa), FEV1 (Volume ekspirasi paksa di detik pertama), dan informasi umum tentang pasien.

Sensor MPX5700DP 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.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk mengkaji lebih lanjut mengenai pengukuran volume paru-paru memanfaatkan sensor tekanan

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Paru-paru

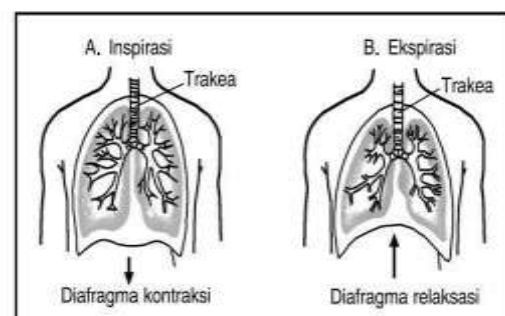
Paru-paru adalah sebuah organ vital yang memiliki fungsi utama sebagai alat pernapasan atau respirasi dimana pada paru-paru terjadi proses pertukaran oksigen dengan karbondioksida. Paru-paru dibagi menjadi paru kanan dan paru kiri. Paru-paru kanan mempunyai tiga lobus sedangkan paru-paru kiri mempunyai dua *lobus*.

Sistem pernapasan manusia mencakup semua proses pertukaran gas dari udara luar melalui rongga hidung sampai dengan pertukaran gas terjadi di *alveolus*. Dalam pernapasan dibagi menjadi 2 fase dan 2 metode yang digunakan dalam proses tersebut, yaitu fase inspirasi dan ekspirasi.

MPX5700DP berbasis mikrokontroler Arduino dengan integrasi *smartphone* android.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan membuat alat pengukur volume paru-paru dengan mengetahui nilai FVC (kapasitas vital paksa), FEV1 (Volume ekspirasi paksa di detik pertama) dengan sensor tekanan MPX5700DP menggunakan mikrokontroler Arduino dengan integrasi *smartphone* android.



Gambar 1 Mekanisasi Pernapasan (Herawati 2008)

Pernapasan dada adalah proses yang melibatkan antar otot-otot tulang rusuk. Pada fase inspirasi oksigen yang masuk menyebabkan rongga dada berkontraksi sehingga tulang-tulang rusuk terangkat ke atas dan volume paru-paru membesar. Sedangkan fase ekspirasi rongga dada berelaksasi sehingga tulang tulang rusuk mengempis dan volume paru-paru menurun.

Volume paru-paru merupakan proses yang digunakan dalam mengukur jumlah udara pada fungsi tertentu. Volume paru-paru terdiri dari 4 bagian, diantaranya :

1. *Tidal Volume* (TV) adalah jumlah volume udara yang dapat dimasukkan dan dikeluarkan oleh paru-paru setiap pernapasan normal. Jumlah volume udara untuk laki-laki  $\pm 500 \text{ ml}$  dan perempuan  $\pm 380 \text{ ml}$ .
2. *Inspiratory Reserve Volume* (IRV) adalah jumlah volume udara yang diperoleh saat menarik napas dengan maksimal sampai akhir volume tidal. Pada laki-laki biasanya mencapai  $3.100 \text{ ml}$  dan perempuan  $1.900 \text{ ml}$ .
3. *Expiratory Reserve Volume* (ERV) adalah jumlah volume udara yang diperoleh saat menghembuskan napas dengan maksimal sampai akhir volume tidal. Pada laki-laki biasanya mencapai  $1.200 \text{ ml}$  dan perempuan  $800 \text{ ml}$ .
4. *Residual Volume* (RV) adalah volume udara yang masih tetap berada di dalam paru-paru setelah menghembuskan napas secara maksimal. Volume residu sangat penting untuk kelangsungan arerasi dalam darah saat jeda pernapasan. Jumlah volume residu pada laki-laki biasanya  $1.200 \text{ ml}$  dan perempuan  $800 \text{ ml}$ .

Kapasitas paru-paru merupakan penjumlahan dari satu atau lebih volume paru-paru yang terdiri dari 4 bagian, diantaranya :

1. *Inspiratory Capacity* (IC) adalah jumlah udara yang dapat dihirup seseorang mulai dari inspirasi dan ekspirasi normal dan pengembangan paru-paru sampai jumlah maksimal. untuk laki-laki jumlahnya sebesar  $\pm 3.500 \text{ ml}$  dan perempuan  $\pm 2.400 \text{ ml}$ .
2. *Functional Residual Capacity* (FRC) adalah jumlah udara sisa dalam paru-paru setelah ekspirasi normal. jumlahnya sebesar  $\pm 2.300 \text{ ml}$ .
3. *Vital Capacity* (VC) adalah jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan setelah menarik napas secara normal kemudian menarik dan menghembuskan napas secara maksimal. Kapasitas vital sama dengan volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi, jumlahnya sebesar  $\pm 4.600 \text{ ml}$ .
4. *Total Lung Capacity* (TLC) adalah jumlah udara maksimal yang dapat mengembangkan paru sebesar mungkin dengan inspirasi sekuatkuatnya. Kapasitas total paru-paru sama dengan kapasitas vital ditambah volume residu, jumlahnya sebesar  $\pm 5.800 \text{ ml}$ .

## 2.2 Spirometer

Spirometri merupakan suatu metode yang dapat mengukur sebagian terbesar volume dan kapasitas paru-paru. Spirometri merekam secara grafis atau digital volume ekspirasi paksa dan kapasitas vital paksa. Volume Ekspirasi Paksa (VEP) atau *Forced Expiratory Volume* (FEV) adalah volume dari udara yang dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi maksimum dengan usaha paksa minimum, diukur pada jangka waktu tertentu. Biasanya diukur dalam 1 detik (VEP1). Kapasitas Vital paksa atau *Forced Vital Capacity* (FVC) adalah volume total dari udara yg dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi maksimum yang diikuti oleh ekspirasi paksa minimum. Jenis gangguan fungsi paru dapat digolongkan menjadi dua yaitu gangguan fungsi paru obstruktif (hambatan aliran udara) dan restriktif (hambatan pengembangan paru). Seseorang dianggap mempunyai gangguan fungsi paru obstruktif bila nilai VEP1/KVP kurang dari 70% dan menderita gangguan fungsi paru restriktif bila nilai kapasitas vital kurang dari 80% dibanding dengan nilai standar (Alsagaff, dkk, 2005)

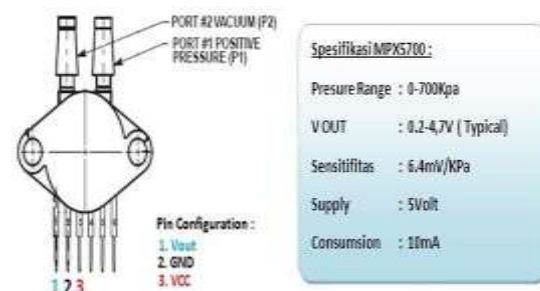
## 2.3 Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Pertama-tama perlu dipahami

bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller.

## 2.5 MPX5700DP

MPX5700DP adalah *Strain Gauge* jenis piezoresistif *transducer* berbahan silicon yang terintegrasi dalam sebuah *chip*, bekerja pada tekanan 0 kPa sampai 700 kPa (0.15 sampai 10.15 psi) dengan tegangan output 0.2 volt sampai 4.7 volt.



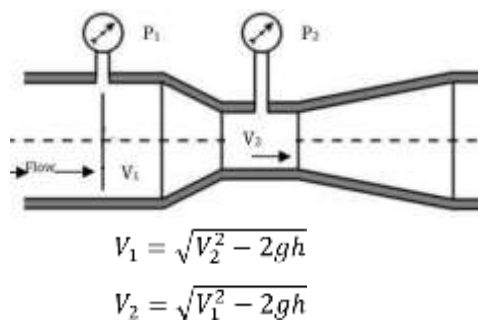
Gambar 2. Sensor Tekanan MPX5700DP. ([www.FreescaleSemiconductor.com](http://www.FreescaleSemiconductor.com))

Sensor tekanan ini didesain untuk aplikasi *range* yang lebar, terutama bekerja pada mikrokontroler atau mikroprosesor dengan analog/digital input, terbuat dari elemen *transducer* 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 aplikasitekanan.

**Pipa Venturi**

Venturi merupakan sebuah sistem pipa yang mengalami penyempitan pada salah satu bagian ujungnya. semakin kecil ukuran pipa maka akan semakin cepat aliran fluida yang mengalir dan sebaliknya semakin besar ukuran pipa menyebabkan semakin besar pula tekanan yang terjadi pada area tersebut. Gambar 2 merupakan gambar aliran yang terjadi pada pipa venturi.



Gambar 3. Pipa Venturi

Untuk venturimeter yang dipasang manometer

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

$$v_2 = A_1 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

V1 : Kecepatan aliran pada permukaan 1(m/s)

- V2 : Kecepatan aliran pada permukaan 2(m/s)
- A1 : Luas penampang 1 (m<sup>2</sup>)
- A2 : Luas penampang 2 (m<sup>2</sup>)
- h : Beda ketinggian fluida pada manometer (m)
- ρ : Massa jenis fluida pada venturimeter (kg/m<sup>3</sup>)
- ρ' : Massa jenis fluida pada manometer (kg/m<sup>3</sup>)
- g : Kecepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

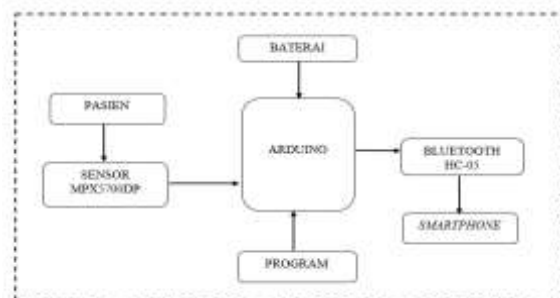
**3. PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM**

**3.1 Penetapan Masalah**

Alat ini dirancang untuk mengukur volume paru-paru dengan menggunakan sensor MPX5700DP dengan ditampilkan melalui *Smartphone* dengan koneksi *Bluetooth*.

**3.2 Perancangan Blok Diagram**

Blok diagram dapat mempermudah dalam menganalisa masalah pada alat Spirometer, Blok diagram alat ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini



Gambar 4. Diagram Blok Alat.

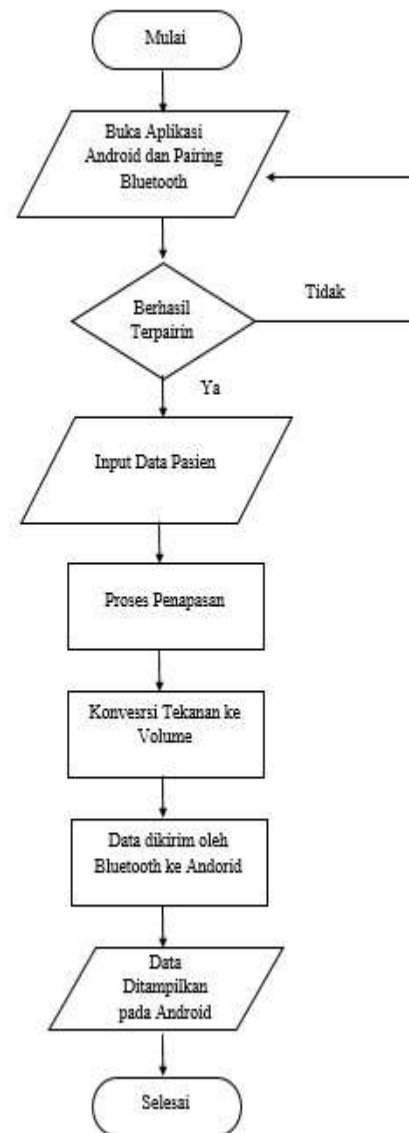
### 3.3 Tahapan Perancangan *Hardware* dan *Software*

Pada perencanaan perangkat keras dimulai dengan menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan untuk membangun alat pengukur volume paru-paru menggunakan sensor MPX5700DP yang terintegrasi pada *smartphone*. Setelah bahan dan alat disiapkan lanjut ke tahap desain modul untuk alat pengukur volume paru-paru, penulis menggunakan aplikasi desain 3D dan hasilnya akan dicetak pada printer 3D.

Selanjutnya dilakukan perakitan komponen elektronik berupa sensor MPX5700DP, mikrikontroler arduino nano dan modul *bluetooth* HC-05, sesuai skematik rangkaian yang sudah dibuat, dilanjutkan dengan perancangan software dan pemograman, software yang digunakan yaitu MIT App Inventor berbasis web secara *open source* sebagai pembuatan aplikasi pada *smartphone* agar dapat terintegrasi dengan alat dan digunakan sebagai GUI untuk menampilkan hasil pengukuran pada volume paru-paru. Pada pemograman untuk arduino menggunakan software arduino IDE, pemograman difungsikan untuk mengolah data yang nantinya akan ditampilkan pada *smartphone*.

### 3.4 Tahapan Perancangan *Flowchart System*

Pada perencanaan perangkat lunak dapat digambarkan dengan flowchart sistem adalah sebagai berikut :



Gambar 5 *Flowchart System*



**4. Pengujian Alat dan Hasil Pengujian**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil perancangan yang telah dirancang sebelumnya. Hasil dari pengujian merupakan dari paparan sebelumnya. Hasil nya akan digabungkan secara sistem program dan komponen , berikut merupakan hasil dari perancangan alat.

Pada pengujian ini untuk mengetahui kestabilan alat dalam pengukuran terhadap manusia sebagai objeknya hasil pengukuran yang dilakukan oleh alat rancang. Untuk setiap orang dilakukan 3 percobaan hembusan napas atau respirasi sesuai prosedur yang ada menggunakan alat rancang dengan mengambil hasil tertinggi setiap pengujian. Dengan perhitungan untuk FEV1 dan FVC.

Tabel pengukuran FEV1 subjek ke 1.

Percobaan ke-	FEV1 Alat	Error
1	3222 ml	0
2	3225 ml	0,09
3	3221 ml	0,03
4	3223 ml	0,03
5	3221 ml	0,03
6	3224 ml	0,06
Rata-rata	3222 ml	0,04

Tabel pengukuran FVC subjek ke 1.

Percobaan ke-	FVC Alat	Error
1	3424 ml	0
2	3424 ml	0
3	3425 ml	0,02
4	3427 ml	0,08
5	3426 ml	0,05
6	3421 ml	0,08
Rata-rata	3424 ml	0,03

Tabel pengukuran FEV1 subjek ke 2.

Percobaan ke-	FEV1 Alat	Error
1	3344 ml	0
2	3343 ml	0,02
3	3346 ml	0,05
4	3347 ml	0,05
5	3344 ml	0
6	3342 ml	0,05
Rata-rata	3344 ml	0,02

Tabel pengukuran FVC subjek ke 2.

Percobaan ke-	FVC Alat	Error
1	3519 ml	0,08
2	3517 ml	0,02
3	3516 ml	0
4	3517 ml	0,02
5	3515 ml	0,02
6	3515 ml	0,02
Rata-rata	3516 ml	0,02

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Nilai Ukur} - \text{Rata-rata}}{\text{Nilai Ukur}} \times 100\%$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses pencangan alat, pembuatan alat, pengujian dan pengambilan data didapati kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang mampu mengukur FEV1 dan FVC dengan menggunakan sensor MPX5700DP.
2. Dengan melakukan kalibrasi dengan syringe kalibrator dengan ukuran 1000 ml didapati hasil rata-rata 1022 ml dengan rata-rata error sebesar 2,24% dengan 5 kali percobaan.
3. Pengujian pada manusia untuk mengukur FEV1 dan FVC pada subjek ke 1 didapati hasil untuk FEV1 dengan rata-rata 3222 ml dengan error 0,04 % dan untuk FVC menghasilkan rata-rata 3424 ml dengan error 0,03 % sedangkan untuk subjek ke 2 didapati hasil untuk FEV1 dengan rata-rata 3344 ml dengan error 0,02 % dan untuk FVC menghasilkan rata-rata 3516 ml dengan error 0,02 %.

### 5.2 Saran

Dari penelitian ini tentunya kekurangannya, dengan demikian memberikan saran adalah sebagai berikut :

- a. Hasil pengukuran untuk ditambah parameter lagi pengukuran untuk kapasitas volume paru-paru, volume tidal, volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi.
- b. Hasil pengukuran ditampilkan secara grafik untuk mempermudah pembacaan
- c. Pada modul ini, belum dapat menentukan suatu gangguan fungsi paru seperti retriksi atau obstruksi karena belum ada persentase nilai prediksi.
- d. Desain GUI pada smartphone lebih di permudah dalam tampilan dan dapat di gunakan secara mudah, dan bisa terintegrasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alim, Tanri. 2013. Tingkat Pernafasan Normal, tersedia di [www.biologi-sel.com](http://www.biologi-sel.com). diakses 24 Juni 2020
- Anonim, 2008, *50 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated Silicon Pressure Sensors: MPX2050 Series*, Freescale Semiconductor, Inc.
- Astrand. 1970. Fisiologi Tubuh Manusia. Translated by Guyton, AC. 1996. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Arduino mega 2560, [http://www.Arduino.cc/en/Guide/Arduino Mega 2560](http://www.Arduino.cc/en/Guide/Arduino%20Mega%202560) (diakses 8 Juni 2020).
- Datasheet Sensor MPX series, <http://www.motorola.com/semiconductors/>
- Iqlimah, A., 2013. Perancangan Alat Ukur Volume Udara Pernafasan Manusia, Universitas Brawijaya, Malang.
- P. S. Wardana and R. Adil, "Spirometer Non-Invasive dengan Sensor



Zainudin, A., Rahmawati, E. & Dzulkiflih,  
2015. Pengukuran Volume Paru-paru

dengan Memanfaatkan Sensor  
Tekanan, Jurnal Inovasi Fisika  
Indonesia, 04:127-132.