

# RANCANG BANGUN SPIROMETER DENGAN PARAMETER VOLUME PARU-PARU

Mery Tresya<sup>1</sup>, Erika Loniza<sup>2</sup>, Bambang Untara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>D3 Teknologi Elektro-medis, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jln. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

Telp. (0274) 387656, Fax (0274) 387646

<sup>2</sup>Rumah Sakit Umum Pemerintah Dr. Sardjito

Jln. Kesehatan No.1 Sekip Sinduadi, Yogyakarta 55284

Telp. (0274) 631190, 587333 Fax. (0274) 565639

E-mail: [tresyamery56@gmail.com](mailto:tresyamery56@gmail.com)

## ABSTRAK

Respirasi merupakan upaya tubuh untuk memenuhi kebutuhan O<sub>2</sub> dalam proses metabolisme dan mengeluarkan CO<sub>2</sub> sebagai hasil metabolisme dengan perantara paru-paru dan organ pernapasan lainnya bersamaan dengan jantung yang memompa darah sehingga darah akan kaya oksigen. Ada tiga tahapan dalam respirasi yaitu ventilasi, difusi dan perfusi. Kondisi faal paru seseorang dikatakan normal jika hasil kerja proses ventilasi, difusi dan perfusi dalam keadaan santai yang menghasilkan tekanan parsial gas darah atreri normal. Pemeriksaan fungsi paru merupakan metode yang paling objektif dalam menilai perubahan atau gangguan fungsi paru seseorang. Setiap manusia memiliki volume paru-paru yang berbeda dikarenakan beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, berat badan dan tinggi badan. Untuk mengetahui nilai volume paru-paru maka perlu dilakukan pemeriksaan spirometri dimana volume yang terukur adalah volume tidal (*TV/Tidal Volume*), volume cadangan inspirasi (*IRV/Inspiratory Reserve Volume*) dan volume cadangan ekspirasi (*ERV/Expiratory Reserve Volume*). Alat yang digunakan dalam pemeriksaan spirometri disebut spirometer. Pada alat ini berfungsi untuk mengukur nilai volume dan kapasitas paru-paru dengan menggunakan sensor tekanan MPXV7002DP untuk membaca aliran udara yang dihembuskan dan hasilnya ditampilkan pada LCD dalam bentuk angka dengan satuan *ml*. Berdasarkan hasil pengujian modul didapatkan rata-rata TV adalah 2282.1 ml dengan tingkat kesalahan sebesar 1.02%, rata-rata IRV 432.5 ml dengan tingkat kesalahan sebesar 1.1%, dan rata-rata ERV adalah 663.8 ml dengan tingkat kesalahan 1.2%. Toleransi kesalahan setiap parameter adalah  $\pm 3\%$ .

---

**Kata kunci** : *respirasi, volume paru-paru, spirometer.*

## 1. PENDAHULUAN

Respirasi merupakan suatu proses mulai dari pengambilan oksigen, mengeluarkan karbohidrat hingga penggunaan energi dalam tubuh. Paru-paru salah satu bagian organ vital manusia dimana paru-paru sebagai tempat berlangsungnya pertukaran gas untuk menstabilkan suplai oksigen (O<sub>2</sub>)

pada aliran darah manusia. Proses pertukaran oksigen ini dilakukan melalui sistem peredaran darah kecil yaitu ketika darah dipompa menuju paru-paru untuk melakukan pembuangan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan mengangkut oksigen untuk disebarkan ke seluruh tubuh sebagai sumber energi. Ada 2 fase selama respirasi

berlangsung yaitu inspirasi dan ekspirasi. Volume paru-paru merupakan jumlah udara yang dihasilkan selama respirasi. Setiap manusia memiliki volume paru-paru yang berbeda karna ada beberapa faktor yang mempengaruhi seperti usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, aktivitas fisik dan lingkungan. Untuk mengetahui volume dan kapasitas paru-paru disebut pemeriksaan spirometri yang mana cara paling efektif untuk mengetahui adanya gangguan paru-paru. Alat yang digunakan untuk pemeriksaan spirometri disebut spirometer. Pemeriksaan spirometri masih belum dikenal secara luas oleh masyarakat juga biaya pemeriksaan yang tergolong mahal sehingga fasilitas ini hanya dijumpai di rumah sakit besar. Untuk mempermudah masyarakat agar mengetahui kesehatan paru-paru, dalam penelitian ini penulis membuat “Rancang Bangun Spirometer dengan Parameter Volume Paru-paru” yang berfungsi untuk mengetahui nilai volume dan kapasitas paru-paru dengan menggunakan sensor tekanan MPXV7002DP untuk membaca aliran udara yang dihembuskan dan hasilnya ditampilkan pada LCD dalam bentuk angka dengan satuan *ml*.

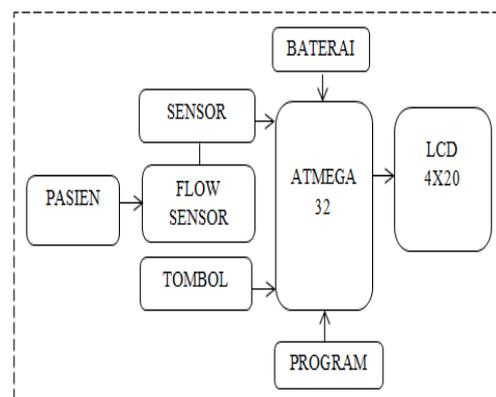
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Ada beberapa tahapan dalam metode penelitian yaitu perancangan perangkat keras dan software, pengujian alat dan pengambilan data.

### 2.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dibuat untuk mengendalikan cara kerja alat spirometer yang mengukur jumlah volume dan kapasitas paru-paru manusia. Perangkat keras yang dibutuhkan dalam pembuatan alat

seperti rangkaian sensor dan system minimum ATmega32. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah *software* pemrograman Arduino sebagai pengolah data alat. Adapun blok diagram rancang bangun spirometer parameter volume paru-paru dapat dilihat pada gambar 2.1



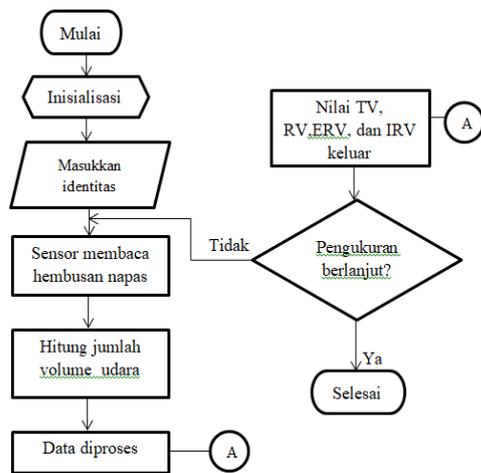
Gambar 2.1 Blok Diagram Alat

Ketika alat dinyalakan dengan menekan tombol *on/off* baterai akan menyuplai tegangan ke seluruh rangkaian. Sebelum memulai pengukuran, masukkan data-data subjek seperti berat badan, tinggi badan, usia dan jenis kelamin sebagai informasi subjek pemeriksaan. *Flow sensor* yang digunakan sebagai *mouthpiece* merupakan media perantara untuk mengukur volume dan kapasitas paru-paru dengan udara yang dihasilkan dari subjek melalui mulut. Aliran udara tersebut akan dibaca oleh sensor tekanan MPXV7002DP dengan satuan kPa. Untuk menjadi satuan milliliter data tersebut akan diolah di mikrokontroler dengan mengubah satuan kPa ke *bar*, dari *bar* ke *mili bar* kemudian dikonversi menjadi milliliter. Pada mikrokontroler juga akan menghitung

jumlah volume udara yang dihasilkan dan akan ditampilkan pada LCD 4x20.

## 2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada alat untuk memproses data yang didapat dari sensor tekanan MPXV7002DP menggunakan arduino sebagai pengolah data.



Gambar 2.2 Diagram Alir

Pada gambar 2.2 merupakan diagram alir kinerja system pada alat. Ketika saklar on/off ditekan akan terjadi proses inisialisasi LCD. Setelah proses inisialisasi LCD, program akan menampilkan data untuk memasukkan identitas pasien seperti berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, dan usia. Setelah memasukan data-data tersebut, menekan tombol start untuk memulai pengukuran. Dimulai dengan menarik dan menghembuskan napas normal selama 3 detik, menarik napas maksimal dan meghembuskan napas maksimal secara perlahan. Sensor tekanan akan membaca aliran udara tersebut kemudian dihitung jumlah volume udara yang dihasilkan. Nilai volume tidal (*TV/Tidal Volume*), volume cadangan inspirasi (*IRV/Inspiratory Reserve Volume*), dan volume cadangan ekspirasi (*ERV/Expiratory Reserve Volume*) ditampilkan pada LCD.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui proses perancangan, penulis melakukan pengujian pada modul guna mengetahui hasil pembacaan dan membandingkan hasil pengujian dengan spirometer yang mana sebagai acuan dalam pengukuran volume paru-paru.

### 3.1 Pengujian modul dengan spirometer pembeding

Pengujian modul dengan alat spirometer yang terdapat di RS Islam Klaten, kemudian spirometer akan dihubungkan dengan *syringe* kalibrator merk BTL-08 Spiro kapasitas 3 liter untuk pengambilan data. *Syringe* kalibrator ini digunakan sebagai perumpamaan proses pernapasan untuk mendapatkan nilai volume pada setiap parameter. Berikut merupakan data yang dihasilkan saat pengujian modul dan spirometer sebagai pembeding dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Pengukuran Modul Alat dengan Spirometer Pembeding

No.	Modul			Spirometer		
	TV (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)	TV (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)
1	2250	410	410	2070	420	590
2	2443	476	624	2050	620	720
3	2097	431	662	2064	470	710
4	2287	400	812	2910	430	754
5	2498	461	834	2318	517	850
6	2318	417	641	2586	490	812
<b>Rata<sup>2</sup></b>	2282.1	432.5	663.8	2333	491.1	739.3
<b>Simpangan</b>	<b>TV</b>	<b>IRV</b>	<b>ERV</b>			
	50.9	58.6	75.5			
<b>Error</b>	1.02%	1.1%	1.2%			

Berdasarkan hasil pengambilan data pada tabel diatas yang dilakukan sebanyak 6 kali pengujian, didapatkan rata-rata pada

modul alat yaitu TV sebesar 2282.1 ml, IRV sebesar 432.5 ml dan ERV sebesar 663.8 ml. Sedangkan pada alat spirometer yang mana digunakan sebagai pembanding didapatkan rata-rata TV sebesar 2333 ml, IRV sebesar 491.1 ml dan ERV sebesar 739.3 ml. Simpangan yang dihasilkan TV sebesar 50.9 ml, pada IRV sebesar 58.6 ml dan pada ERV sebesar 75.5 ml. Serta didapatkan error pada TV sebesar 1.0%, error pada IRV sebesar 1.1% dan error pada ERV sebesar 1.2% dengan toleransi kesalahan pada setiap parameter sebesar  $\pm 3\%$ . Untuk perhitungan rata-rata, simpangan dan *error* dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan data-data diatas, nilai standar normal untuk pengukuran volume tidal (TV/Tidal Volume) adalah 300-500 ml (6-8ml/kg) atau 10% dari kapasitas vital. Akan tetapi pada data dihasilkan volume tidal diatas 2000 ml, hal ini dapat dilihat pada grafik volume dan kapasitas paru-paru volume tidal berada pada rentang 2300-2800 ml dimana hal tersebut merupakan kondisi pernapasan tidal. Volume tidal (*TV/Tidal Volume*) tetap 300-500ml. Nilai volume cadangan ekspirasi (ERV) normal pada orang dewasa adalah sebesar 700-1200 ml.

### 3.2 Uji Coba pada Manusia

Setelah mendapatkan hasil pengukuran dengan spirometer pembanding, penulis melakukan uji coba alat pada manusia. Langkah yang dilakukan sebelum memulai pengukuran yaitu diberikan instruksi dalam proses pengambilan data. Sebelum memulai pengukuran, pada hidung setiap relawan dipasang *nose clip* agar tidak ada udara yang keluar dari hidung. Selanjutnya memasukkan data relawan seperti usia, jenis kelamin, berat badan dan tinggi badan. *Mouthpiece* dipasangkan pada mulut dan

memulai pengukuran. Berikut merupakan data-data pengukuran yang didapat dari setiap relawan yang melakukan uji coba alat dapat dilihat pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Uji Coba Alat pada Manusia

No.	Nama, Usia, Jenis Kelamin	Jenis Pengukuran	Modul Alat (ml)
1.	Arif, 21th (L)	TV	2981
		IRV	401
		ERV	894
2.	Fuad, 21th (L)	TV	2457
		IRV	312
		ERV	701
3.	Eggy, 22th (P)	TV	1795
		IRV	405
		ERV	883
4.	Dewanti, 22th (P)	TV	1385
		IRV	309
		ERV	833
5.	Aldy, 22th (L)	TV	2884
		IRV	398
		ERV	882
6.	Mery, 23th (P)	TV	1471
		IRV	270
		ERV	898
7.	Riany, 23th (P)	TV	2287
		IRV	400
		ERV	842
8.	Dini Ihda, 23th (P)	TV	1723
		IRV	374
		ERV	986
9.	Satria, 24th (L)	TV	2583
		IRV	387
		ERV	876
10.	Aceng, 24th (L)	TV	2651
		IRV	325
		ERV	785

### 3.3 Analisis Data

Setelah dilakukan uji coba alat pada manusia, dari hasil pengukuran tersebut

terlihat hasil pengukuran volume paru-paru laki-laki lebih besar dibandingkan dengan perempuan. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis kelamin, berat badan, tinggi badan dan usia serta faktor lainnya seperti aktivitas fisik.

Pada pengujian alat dengan pembanding spirometer BTL-08 Spiro yang terdapat di Rumah Sakit Islam Klaten menunjukkan nilai yang hampir mendekati dengan hasil pengukuran pada spirometer pembanding. Hasil rata-rata yang terhitung pada modul yaitu Volume Tidal (*TV/Tidal Volume*) sebesar 2284 ml, Volume Cadangan Inspirasi (*IRV/Inspiratory Reserve Volume*) sebesar 448.7 ml, dan Volume Cadangan Ekspirasi (*ERV/Expiratory Reserve Volume*) sebesar 830 ml. Sedangkan hasil rata-rata yang terhitung pada spirometer pembanding yaitu Volume Tidal (*TV/Tidal Volume*) sebesar 2472.5 ml, Volume Cadangan Inspirasi (*IRV/Inspiratory Reserve Volume*) sebesar 460 ml dan Volume Cadangan Ekspirasi (*ERV/Expiratory Reserve Volume*) sebesar 797.5 ml. Didapatkan tingkat kesalahan pada pengukuran Volume Tidal (TV) sebesar 1.08%, pada Volume Cadangan Inspirasi (*IRV/Inspiratory Reserve Volume*) didapatkan error sebesar 1.02% dan pada Volume Cadangan Ekspirasi (ERV) didapatkan error sebesar 1.04%. Dengan hasil error yang didapat, tingkat kesalahan pada modul alat ini masih berada di batas nilai toleransi spirometer yaitu  $\pm 3\%$ .

Pada modul ini tidak dapat mendiagnosa suatu gangguan paru-paru baik itu paru-paru normal, retriksi atau obstruksi karena pada modul ini tidak ada nilai prediksi. Nilai prediksi yang menentukan tingkat keparahan suatu gangguan fungsi paru. Nilai prediksi standar normal berdasarkan usia, jenis kelamin, berat badan dan tinggi badan.

Parameter kapasitas vital (VC) merupakan parameter yang diukur sebagai persentase nilai prediksi. Nilai normal kapasitas vital ialah 80%-120% prediksi. VC kurang dari 80% nilai prediksi maka dianggap gangguan retriksi. VC lebih dari 120% nilai prediksi maka dianggap Nilai kapasitas vital menunjukkan kemampuan distensi paru dan dinding thorax. Jika nilai volume tidal (TV), volume cadangan inspirasi (IRV) dan volume cadangan ekspirasi (ERV) tidak diketahui, maka nilai kapasitas vital (*VC/Vital Capacity*) tidak akan didapat karena kapasitas vital merupakan jumlah udara yang dihembuskan secara maksimal setelah inspirasi maksimal yaitu gabungan dari jumlah volume tidal (TV) volume cadangan inspirasi (IRV) dan volume cadangan ekspirasi (ERV).

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses pembuatan dan studi literature perencanaan, pengujian alat dan pendataan, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Alat Rancang Bangun Spirometer mampu mengukur volume dan kapasitas paru-paru dengan parameter yang terukur yaitu volume tidal, volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi.
2. Hasil pengujian pada modul dan spirometer pembanding didapatkan rata-rata volume tidal (TV) modul sebesar 2282.1 ml, sedangkan pada spirometer pembanding sebesar 2333 ml dengan tingkat kesalahan sebesar 1.02%. Rata-rata volume cadangan inspirasi (IRV) pada modul 432.5 ml, pada spirometer pembanding Volume Cadangan Inspirasi (IRV) sebesar 491.1 ml dengan tingkat kesalahan sebesar 1.1%. Volume cadangan Ekspirasi (ERV) pada modul sebesar 663.8 ml,

ERV pada spirometer sebesar 739.3 ml dengan tingkat kesalahan sebesar 1.2%.

3. Uji coba alat pada manusia didapatkan hasil bahwa volume antara laki-laki lebih besar daripada perempuan.
4. Nilai prediksi pada spirometer yang menentukan adanya suatu gangguan fungsi paru dengan parameter kapasitas vital sebagai tolak ukur persentase nilai prediksi. nilai prediksi kapasitas vital normal 80%-120%. Jika volume tidal, volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi tidak diukur, maka nilai kapasitas vital tidak akan didapat karena kapasitas vital merupakan jumlah udara yang bias dikeluarkan secara maksimal setelah inspirasi maksimal yaitu gabungan dari jumlah volume tidal (*TV/Tidal Volume*), volume cadangan inspirasi (*IRV/inspiratory Reserve Volume*) dan volume cadangan ekspirasi (*ERV/Expiratory Reserve Volume*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ganong, William F., editor bahasa indonesia: M Djauhari Widjajakusumah. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Edisi 17. Penerbit Buku Kedokteran EGC. 1999. hal 669-724.
- [2] A. Abdullah and A. Abdullah, "Spirometry," *Case Hist. Data Interpret. Med. Pract.*, pp. 337–337, 2015.
- [3] M. R. Miller *et al.*, "Standardisation of spirometry," *European Respiratory Journal*, vol. 26, no. 2. pp. 319–338, 2005.
- [4] A. Bakhtiar and W. S. Amran, "Faal Paru Statis," *J. Respirasi*, vol. 2, no. 3, p. 91, 2019.
- [5] A. Bakhtiar and R. I. E. Tantri, "Faal Paru Dinamis," *J. Respirasi*, vol. 3, no. 3, p. 89, 2019.
- [6] NXP Semiconductors, "Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated SERIES," 2012.
- [7] P. Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, K. R. Kesehatan, and J. Percetakan, "Kajian Epidemiologis Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) Epidemiologic Study of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)" Ratih Oemiati vol. 23, no. 2, pp. 82–88, 2013.
- [8] P. S. Wardana and R. Adil, "Spirometer Non-Invasive dengan Sensor Piezoelektrik untuk Deteksi Kesehatan," vol. 5, no. 2, pp. 188–206, 2017.
- [9] K. V. Paru-paru, "Aplikasi Sensor Tekanan Gas Mpx5100 Dalam Alat Ukur Kapasitas Vital Paru-Paru," *Unnes Phys. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–23, 2013.
- [10] J. C. Fagan and J. A. Keach, "Technical specifications," 2009.

