

# RANCANG BANGUN ALAT SPIROMETER (PARAMETER KAPASITAS VITAL PAKSA)

Erina Dewi Azari<sup>1</sup>, Hanifah Rahmi F<sup>1</sup>, Muhammad Irfan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D3 Teknik Elektromedik Program Vokasi

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jln.Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul-DIY,Indonesia 555185

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

<sup>2</sup>Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping

Email : [Erina.Dewi.2015@vokasi.umy.ac.id](mailto:Erina.Dewi.2015@vokasi.umy.ac.id), [hanifah.fajrin@vokasi.umy.ac.id](mailto:hanifah.fajrin@vokasi.umy.ac.id)

## ABSTRAK

Pemeriksaan pengukuran nilai kapasitas volume udara dengan cara *non-invasive* yang dilakukan sebelumnya tidak memungkinkan untuk mengetahui lebih spesifik nilai yang tertampung dalam paru-paru. Untuk itu perlu dibuat alat spirometer guna mengetahui fungsi saluran nafas dan kapasitas udara tampung pada paru-paru seseorang. Alat ini dirancang menggunakan sensor tekanan gas *MPXV7002DP* yang akan diaplikasikan untuk menghitung kapasitas vital paksa paru-paru melalui sebuah *flowsensor* pada *mouthpiece*, IC *ATMega32*, dan *LCD* karakter 4x20 sebagai media penampil hasil pengukuran. Metode pengujian pertama dengan pemakaian kapasitas tabung kalibrasi spirometer merk *BTL*, didapatkan error sebesar 0,36% kemudian modul digunakan untuk menguji kapasitas vital paksa (FVC) paru-paru pada 20 orang yang terdiri dari 9 orang dengan riwayat paru normal, 6 orang dengan riwayat paru asma, 5 orang dengan riwayat paru perokok. Berdasarkan pengukuran nilai kapasitas vital paksa yang dibandingkan antara modul Tugas Akhir dengan Spirometer merk *BTL*, didapatkan data pengukuran yang berubah-ubah, hal ini disebabkan karena setiap pengukuran yang dilakukan, hembusan napas yang diberikan oleh relawan suatu waktu dapat berbeda. Setelah melalui proses perbandingan alat dan analisis data, didapatkan kesalahan (*error*) pengukuran tertinggi rancang bangun alat spirometer pada kapasitas vital paksa (FVC) paru-paru sebesar 1.77% dan kesalahan (*error*) terendah sebesar 0.13% tidak melebihi dari standar *error* yang ditetapkan dari *manual book* spirometer merk *BTL* sebesar 2%.

---

**Kata kunci :** Paru-paru, Kapasitas Vital Paksa, Spirometer, Mililiter.

## 1. PENDAHULUAN

Paru-paru adalah organ tubuh manusia yang terdapat di dalam dada. Paru - paru berfungsi untuk menukar oksigen dari udara dengan karbondioksida dari darah dengan bantuan *hemoglobin*. Proses ini dikenali sebagai respirasi atau pernafasan [1].

Spirometer merupakan suatu pemeriksaan yang menilai fungsi mekanik paru, dinding dada dan otot-otot pernapasan dengan mengukur jumlah volume udara yang dihembuskan dari kapasitas paru total (TLC) ke volume residu [2]. Pemeriksaan

spirometer sering dianggap sebagai pemeriksaan sederhana namun sebenarnya merupakan pemeriksaan yang sangat kompleks. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan hasil pemeriksaan spirometer adalah peralatan yang akurat, prosedur pemeriksaan yang baik, program pengendalian mutu berkelanjutan, nilai acuan yang tepat, dan algoritma interpretasi hasil yang baik [3].

Uji fungsi paru adalah istilah umum *manuver* dengan menggunakan peralatan sederhana untuk mengukur fungsi paru. Uji fungsi paru didapatkan dari hasil pemeriksaan spirometri sederhana, yaitu dengan pengukuran volume dan kapasitas paru-paru normal. Nilai abnormal dari hasil pemeriksaan dapat menggambarkan kelainan dasar fungsi paru, bisa dikatakan kelainan obstruksi, restriksi, dan kombinasi [4].

Didapatkan kategori dari *Forced Vital Capacity (FVC)* atau kapasitas vital paksa merupakan udara maksimum yang dapat dihembuskan secara paksa dari pasien. Umumnya dicapai waktu 3 detik untuk mengetahui suatu kapasitas vital paksa dari seseorang nilai kategorinya yaitu

Faktor resiko kebiasaan merokok merupakan satu-satunya penyebab terpenting gangguan penyakit paru selain itu juga polusi udara pada lingkungan dan tempat kerja, riwayat infeksi saluran napas, jenis kelamin dan ras. Pada penelitian sebelumnya, pengukuran kapasitas paru-paru dengan cara *non-invasive* melalui permukaan dada kurang efektif dilakukan karena keluaran hasil alat ini untuk mengetahui kapasitas vital dengan metode alat diletakkan didada dengan sensor piezoelektrik dan didapatkan hasil gerakan dada pada saat bernafas, yang seharusnya

pemeriksaan spirometri dilakukan dengan hembusan nafas pada *mouthpiece* dengan hidung tertutup. Pemeriksaan spirometer yang mahal bagi sebagian masyarakat, sesungguhnya suatu hal yang penting untuk mengetahui seberapa besar atau kecil nilai kapasitas pada paru-paru yang ditampung oleh seseorang apakah mengidap penyakit paru seperti asma dan kebiasaan merokok atau tidak dari riwayat paru yang diderita pasien atau relawan.

Dasar inilah yang menimbulkan gagasan bagi penulis untuk merancang alat spirometer untuk mengukur kapasitas udara pada paru-paru manusia dengan salah satu parameter berpengaruh diantaranya Kapasitas Vital Paksa (FVC) paru yang diujikan pada manusia yang memiliki riwayat paru normal, riwayat paru perokok, dan riwayat paru asma. Pengaruh nilai kapasitas vital paksa dilakukan untuk uji fungsi paru guna mengetahui fungsi saluran nafas dan seberapa banyak udara yang ditampung dalam paru-paru seseorang yang mengalami gangguan pernapasan kronis seperti asma dan perokok aktif .

Alat yang akan dirancang ini diharapkan mampu untuk mengetahui pengaruh seberapa banyak nilai kapasitas vital paksa yang ditampung paru-paru pada manusia dengan kategori yang memiliki riwayat paru normal, riwayat paru perokok, dan riwayat paru asma melalui hasil tes pernapasan.

## **2. METODE PENELITIAN**

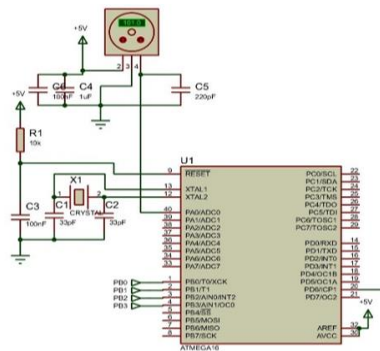
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu: perancangan *hardware*, dan juga perancangan *software*.

## 2.1 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* pada modul TA menggunakan beberapa modul rangkaian diantaranya adalah rangkaian system minimum microcontroller ATmega32, sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah software pemrograman *Arduino* sebagai pengelolah data pada alat.

### 1. Rangkaian Minimum Sistem

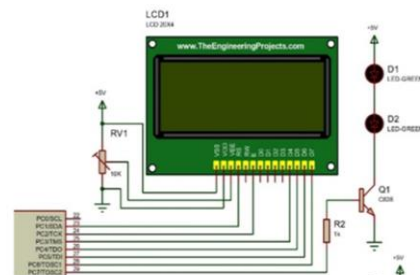
Rangkaian minimum sistem digunakan sebagai otak pengendali aktivitas yang ada pada alat. Rangkaian minimum sistem menggunakan ATmega32 yang dilengkapi dengan ADC internal sehingga mempermudah sistem *converter*. Pada rangkaian minimum sistem terdapat juga port *downloader* yang mempunyai fungsi memasukan program yang dibutuhkan. Didalam rangkaian terdapat kapasitor 100nF di seri dengan resistor 10k yang terhubung dengan port VCC dan *ground*, terdapat kapasitor 33pF yang di paralel dengan kapasitor 33pF dan Crystal 16 MHz, dihubungkan ke port XTAL1 dan XTAL2. Menggunakan sensor MPXV7002DP yaitu sensor tekanan perbandingan untuk membaca tekanan yang dikonversikan menjadi flow dengan pembacaan perbandingan flow negatif dan positif. Rangkaian Minimum Sistem dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Rangkaian Minimum Sistem

## 2. Rangkaian LCD

Rangkaian LCD menggunakan tampilan output berupa LCD 4x20, dimana nantinya nilai ADC (*Analog To Digital Converter*) yang terbaca dalam bentuk nilai kapasitas vital paksa (FVC) yang diatur akan tertampil pada layar LCD untuk menghidupkan LCD diperlukan tegangan *supply* +5V pada pin VDD, ground pada pin VSS. Untuk mengatur kecerahan LCD menggunakan resistor variabel dengan indikator LED Berikut ini rangkaian LCD yang telah dirancang dan ditunjukkan pada Gambar 2.2.

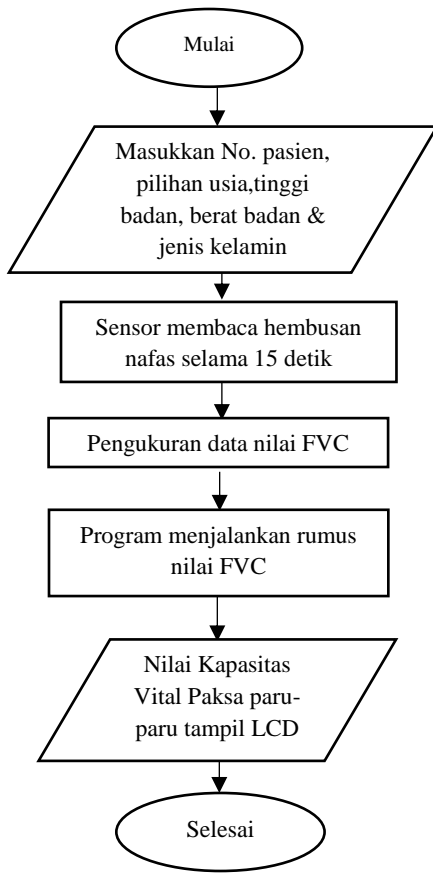


Gambar 2.2 Rangkaian LCD

### 2.2 Perancangan Software

Perangkat lunak pada alat untuk memproses laju aliran yang didapat dari *flowsensor* menggunakan pemrograman *Arduino* sebagai pengelolah data. Modul TA bekerja dengan *supply* dari baterai 5 V. Alat akan melakukan inisialisasi data pasien, setelah itu sensor akan membaca aliran hembusan

nafas selama 15 detik kemudian program menjalankan rumus pembacaan laju aliran. Setelah proses pengukuran dilakukan maka tampil pada LCD. Setelah nilai tampil di LCD maka pengukuran telah selesai, alat dimatikan dan disimpan ditempat semula. Gambar 2.3 merupakan diagram alir proses pengukuran nilai kapasitas vital paksa pada rancang bangun alat spirometer.



Gambar 2.3 Diagram Alir Perancangan

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian Tugas Akhir ini penulis melakukan pengujian modul TA, dengan alat yang di uji yaitu Spirometer merk BTL. Namun, sebelum dilakukan pengujian pada modul TA, maka alat harus dilakukan kalibrasi dengan menggunakan tabung kalibrasi spirometer berkapasitas 3 liter. Setelah melakukan pengujian, modul TA siap untuk melakukan pengukuran nilai kapasitas vital paksa menggunakan dengan relawan atau pasien pada relawan atau pasien dengan riwayat paru normal, riwayat paru asma, dan riwayat paru perokok pada rentang hasil 800 ml hingga 3500 ml.

#### 3.1 Hasil Pengukuran Kapasitas Vital Paksa (FVC) pada Riwayat Paru Normal.

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Rata-rata pada pasien atau relawan dengan riwayat paru normal dibandingkan pada modul TA dan alat Spirometer merk BTL.

No	Nama	Modul (ml)	Spiro (ml)	Riwayat Paru
1	Erina	2128	2156	Normal
2	Intivada	2545	2586	Normal
3	Anita	2207	2233	Normal
4	Rustami	2832	2884	Normal
5	Rina	2181	2199	Normal
6	Nurul	2307	2285	Normal
7	Wagiran	3013	3021	Normal
8	Ivan	3139	3159	Normal
9	Ari	3234	3256	Normal
Rata-rata		2620	2642	-

Tabel 3.1 merupakan hasil pengukuran nilai kapasitas vital paksa paru-paru pada 9 orang dengan riwayat paru normal, dimana setiap orang melakukan percobaan pengukuran kapasitas vital paru-paru dengan modul Tugas Akhir dan alat Spirometer merk BTL sebanyak 10 kali 1 orang. Nilai hasil perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat pembanding yang tidak sama, dikarenakan perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat pembanding yang tidak sama, persamaan hembusan saat pengambilan data karena ketika menghembuskan nafas yang berkali-kali memungkinkan volume dapat berubah secara cepat atau lambat.

#### 3.2 Hasil Pengukuran Kapasitas Vital Paksa (FVC) pada Riwayat Paru Asma.

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Rata-rata pada pasien atau relawan dengan riwayat paru normal dibandingkan pada modul TA dan alat Spirometer merk BTL.

No	Nama	Modul (ml)	Spiro (ml)	Riwayat Paru
1	Daryo	867	863	Asma
2	Cristian	872	877	Asma
3	Afenda	989	1000	Asma
4	Sridwati	1086	1091	Asma
5	Maman	1218	1215	Asma
6	Aulia	2157	2160	Asma
Rata-rata		1198	1201	-

Tabel 3.2 merupakan hasil pengukuran nilai kapasitas vital paksa paru-paru pada 6 orang riwayat paru asma, dimana setiap orang melakukan percobaan pengukuran kapasitas vital paru-paru sebanyak 10 kali untuk setiap 1 orang. Nilai hasil perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat perbandingan yang tidak sama, dikarenakan perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat perbandingan yang tidak sama, persamaan hembusan saat pengambilan data karena ketika menghembuskan nafas yang berkali-kali memungkinkan volume dapat berubah secara cepat atau lambat.

### 3.3 Hasil Pengukuran Kapasitas Vital Paksa (FVC) pada Riwayat Paru Perokok.

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Rata-rata pada pasien atau relawan dengan riwayat paru normal dibandingkan pada modul TA dan alat Spirometer merk BTL.

No	Nama	Modul (ml)	Spiro (ml)	Riwayat Paru
1	Alfana	3082	3087	Normal
2	Somo	1303	1295	Normal
3	Agus	1705	1722	Normal
4	Kuswan	2483	2492	Normal
5	Tulus	2670	2681	Normal
Rata-rata		2248	2255	-

Tabel 3.3 merupakan hasil pengukuran nilai kapasitas vital paksa paru-paru pada 5 orang dengan riwayat paru perokok, dimana setiap orang melakukan percobaan pengukuran kapasitas vital paru-paru sebanyak 10 kali untuk setiap 1 orang. Nilai

hasil perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat perbandingan yang tidak sama, dikarenakan perbedaan sumber mekanik antara modul dan alat perbandingan yang tidak sama, persamaan hembusan saat pengambilan data karena ketika menghembuskan nafas yang berkali-kali memungkinkan volume dapat berubah secara cepat atau lambat.

### 3.4 Hasil Pengujian dan perbandingan alat

Tabel 3.4 Hasil pengujian dan perbandingan alat spirometer dan modul TA.

No	Nama	Error (%)	Simpangan (ml)	Riwayat Paru
1	Erina	1,26	27,2	Normal
2	Intivada	1,57	40,6	Normal
3	Alfana	0,16	4,8	Perokok
4	Anita	1,14	25,4	Normal
5	Rustami	1,77	51,1	Normal
6	Daryo	0,48	4,1	Asma
7	Cristian	0,47	4,1	Asma
8	Afenda	1,05	10,5	Asma
9	Sridwati	0,42	4,6	Asma
10	Maman	0,32	3,9	Asma
11	Aulia	0,13	2,9	Asma
12	Rina	0,81	17,9	Normal
13	Nurul	0,98	22,5	Normal
14	Wagiran	0,25	7,7	Normal
15	Ivan	0,62	19,7	Normal
16	Ari	0,66	21,5	Normal
17	Somo	0,66	8,5	Perokok
18	Agus	0,97	16,7	Perokok
19	Kuswan	0,35	8,6	Perokok
20	Tulus	0,38	10,3	Perokok
Rata-rata		0,72 %	15,63 ml	-

Pada tabel 3.4 Hasil pengujian dan perbandingan alat spirometer dan modul TA diatas dapat dilihat bahwa pengukuran dan pengujian alat Rancang Bangun Spirometer yang dilakukan oleh relawan Aulia, didapatkan *error* yang terkecil yaitu sebesar 0.13% dengan simpangan 2,9 mL. Sedangkan pada saat pengukuran dan pengujian alat Rancang Bangun Spirometer yang dilakukan oleh relawan , didapatkan

*error* terbesar yaitu sebesar 1,7% dengan nilai simpangan sebesar 51,1 mL. Setelah di rata-rata kan, alat Rancang Bangun Spirometer yang dibuat memiliki tingkat *error* sebesar 0,72% dengan simpangan 15,63 ml.

#### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Rancang bangun alat spirometer yang dibuat dapat berfungsi dengan baik karna tidak melebihi standar error 2% dari *manual book* spirometri merk *BTL* setelah dengan pengujian tabung kalibrasi spirometer, dan pengujian perbandingan hasil dengan spirometer.
2. Dari hasil pengukuran dengan membandingkan modul TA dengan alat perbandingan, hasil yang didapatkan tidak terlalu jauh dari alat perbandingan. Pengukuran rata-rata didapatkan rata-rata *error* yaitu sebesar 0,72% dengan simpangan 15,63 ml.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hadi, "Pengertian Paru-paru Manusia," 2012. [Online]. Available: <http://paru-paru.com/pengertian-paru-paru-manusia/>. [Accessed: 15-Apr-2012].
- [2] A. Uyainah, Z. Amin, and F. Thufeilsyah, "Spirometri," *Ina J Chest Crit Emerg Med*, vol. 1, no. 1, p. 38, 2014.
- [3] A. Subagyo, "Media Informasi & Konsultasi Kesehatan Paru," 2013. [Online]. Available: <http://www.klikparu.com/2013/01/spirometri.html>. [Accessed: 31-Jan-2013].
- [4] F. Harahap, E. Aryastuti, D. Pulmonologi, and K. Respirasi, "Uji Fungsi Paru," *Cermin Dunia Kedokt.*, vol. 39, no. 4, pp. 305–307, 2012.
- [5] A. Iqlimah, K. "Perancangan alat ukur volume udara pernapasan manusia," *Pendidikan, D. A. N. Kebudayaan, U. Brawijaya, and F. Teknik*, 2013.
- [6] P. Agung, "Alat Ukur Kapasitas Paru-Paru," *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta*, 2017.
- [7] BTL Industries Ltd., "BTL-08 Spiro Pro," *BTL*, 2007.
- [8] P. Silicon, S. Stress, S. Gauge, and G. Configurations, "MPXV7002 Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned , Temperature Compensated and Calibrated MPXV7002," *NXP*, Rev 4, 2017.
- [9] Atmel, "Data sheet 8-bit AVR Mikrokontroler with 32Bytes In-System Programmable Flash,atmel.," *Atmel*, 2013.