

Rancang Bangun Water Seal Drainage (WSD) khusus Thorax dengan Pengaturan Tekanan pada Suction Pump

Diah Rahayu Ningtias^{(1,a)*}, Bayu Wahyudi^(1,b) dan Iqbal Firdaus^(2,c)

^(1a,b)Jurusan Teknik Elektromedik, Akademi Teknik Elektro Medik Semarang, Semarang, Indonesia, 35141

^(2c)Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

Email : ^(a*)diahrahayu@atemsemarang.ac.id, ^(b)bayuwahyudi@atemsemarang.ac.id,

^(c)iqbal.firdaus@fmipa.unila.ac.id

Diterima (19 Mei 2020), Direvisi (10 Juli 2020)

Abstract. A Water Seal Drainage (WSD) design was made to remove air and fluid from the pleural cavity in the thorax (lung cavity) using a connecting tube or chest tube to maintain the negative pressure of the cavity. Under normal circumstances, the pleural cavity has negative pressure and only a little pleural fluid is filled. Suction pumps have a high pressure with a pressure range of -10 to -80 kPa. The range of pressure values is high enough that it is not suitable for use in the thorax because it can cause damage to internal organs due to high pressure. WSD specifically for thorax has a low pressure that is below -5 kPa / -40 mmHg. This WSD is equipped with a hand switch, water level and Arduino UNO-based automatic exhaust system which has a pressure below -26.6 kPa / -20 cmHg with a percentage error of as much as to remove or suck fluid from the thorax and pressure below -3.4 kPa / -2.6 cmHg with a percentage an error of 4% to remove the liquid from the bottle. The hand switch itself functions as a manual control to make it easier for the user, while the level sensor functions as a safety level for liquid levels in the tool and also an automatic fluid disposal system so that it is more efficient.

Keywords: Arduino, Hand Switch, Sensor Level, Thorax, Water Seal Drainage

Abstrak. Telah dilakukan pembuatan rancang bangun *Water Seal Drainage* (WSD) untuk mengeluarkan udara dan cairan dari *cavum pleura* dalam *thorax* (rongga paru) menggunakan pipa penghubung atau selang dada untuk mempertahankan tekanan *negative* rongga tersebut. Dalam keadaan normal, rongga *pleura* memiliki tekanan *negative* dan hanya terisi sedikit cairan *pleura*. *Suction pump* memiliki tekanan yang tinggi dengan range tekanan -10 sampai -80 kPa. Range nilai tekanan tersebut cukup tinggi sehingga tidak cocok digunakan untuk *thorax* karena dapat menyebabkan kerusakan pada organ dalam akibat tekanan yang besar. WSD khusus untuk *thorax* ini memiliki tekanan yang rendah yaitu dibawah -5 kPa / -40 mmHg. WSD ini sudah dilengkapi *hand switch*, *water level* dan sistem pembuangan otomatis berbasis Arduino UNO yang memiliki tekanan dibawah -26.6 kPa / -20 cmHg dengan presentase kesalahan sebesar untuk mengeluarkan atau menghisap cairan dari *thorax* dan tekanan dibawah -3.4 kPa / -2.6 cmHg dengan presentase kesalahan sebesar 4% untuk membuang cairan dari dalam botol. *Hand switch* sendiri berfungsi sebagai kendali manual agar mempermudah *user*, sementara *sensor level* berfungsi sebagai pengaman ketinggian cairan pada alat dan juga sistem pembuangan cairan otomatis sehingga lebih efisien.

Kata kunci: Arduino, Hand Switch, Sensor Level, Thorax, Water Seal Drainage

PENDAHULUAN

Thorax atau rongga dada merupakan rongga terbesar kedua di dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk melindungi organ-organ penting seperti jantung dan paru-paru [1]. Ketika pelaksanaan operasi bedah, dokter membutuhkan penghisap dengan tekanan tinggi supaya tidak mengganggu proses operasi. Alat hisap dapat digunakan untuk menghisap darah maupun udara pada paru paru dengan menggunakan sistem rol yang terbuat dari sensor piezoelektrik. Sensor ini membantu meminimalkan pencampuran udara dan darah karena memiliki kecepatan motor yang stabil [2].

Lendir yang terdapat dalam paru-paru atau rongga pleura dikeluarkan menggunakan alat *suction* sistem drainase [3]. Selain itu, tujuan utama dari drainase dada adalah mengembangkan kembali paru-paru pasca bedah *thorax*. Jika terdapat gejala klinis sulit bernapas yang sangat berat, nyeri dada, *hipoksia* dan gagalnya pemasangan jarum aspirasi dekompresi maka diperlukan pemasangan pipa *torakostomi* yang digunakan pada *pneumotoraks*. Pada penggunaannya pipa *torakostomi* disambungkan dengan alat yang disebut *Water Seal Drainage* (WSD) [4]. Penggunaan WSD telah terbukti secara efektif mampu mengurangi terjadinya kebocoran udara pada paru-paru. Kebocoran udara merupakan komplikasi paling sering terjadi setelah dilakukan operasi bedah *thorax* [5]. Sistem WSD memiliki fungsi yang sama dengan alat kesehatan *suction pump* yaitu untuk menghisap cairan pada organ-organ tubuh manusia [6]. Selain dapat digunakan untuk *thorax*, penggunaan WSD dengan tekanan negatif juga mampu untuk menghisap kelebihan udara dan beberapa cairan pada pasien anak-anak yang dirawat di bagian *Paediatric Intensive Care Unit*

(PICU) [7]. Sistem *suction pump* pada penelitian sebelumnya memiliki tekanan yang tinggi dengan rentang tekanan standar yaitu -10 kPa sampai -80 kPa. Tekanan ini cukup besar sehingga tidak cocok digunakan untuk *thorax* karena dapat menyebabkan kerusakan pada organ. Sementara pada sistem WSD standar memiliki rentang tekanan 6.67 kPa sampai dengan 19.99 kPa [8].

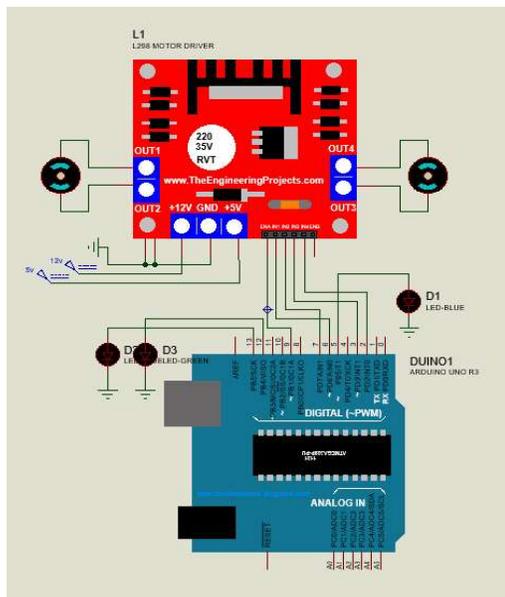
Modifikasi *suction pump* telah dikembangkan menggunakan Mikrokontroler ATmega328. Modifikasi *suction pump* pada penelitian ini yaitu menambahkan alarm sebagai pengaman jumlah cairan yang telah ditampung dengan menambahkan sensor MPXV4115VC6U serta dilengkapi dengan *hand switch*, *sensor level* dan pembuangan cairan secara otomatis yang dikembangkan menggunakan Arduino UNO. Tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan WSD menggunakan prinsip kerja *suction pump* yang memiliki tekanan negatif pada -26.6 kPa / -20 cmHg untuk mengeluarkan cairan dari *thorax* dan tekanan dibawah -3.4 kPa / -2.6 cmHg untuk membuang cairan dalam botol secara otomatis yang dikontrol menggunakan sistem minimum Arduino UNO.

METODE

Alat WSD yang dibuat menggunakan Arduino UNO dengan fitur tambahan *hand switch*, *sensor level* dan sistem pembuangan cairan otomatis. Variabel penelitian adalah tekanan negatif *suction pump* (-26.6 kPa / -20 cmHg) untuk mengeluarkan cairan dari *thorax* dan tekanan dibawah -3.4 kPa / -2.6 cmHg untuk membuang cairan dalam botol secara otomatis. Pada alat WSD ini menggunakan sumber daya dari *power supply* dengan komponen utama trafo *step down* yang mampu mengubah tegangan dari 220 V menjadi 12 V DC yang

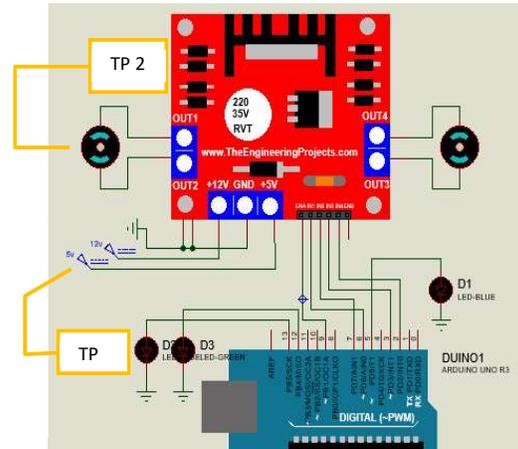
didistribusikan ke seluruh rangkaian. Kemudian pada rangkaian Arduino mendapat tegangan 5 V DC dari *power supply* [10]. Selanjutnya keluaran Arduino sebesar 5 V DC digunakan untuk mengontrol beberapa komponen seperti LED, Buzzer, LDR (*Light Dependent Resistor*), laser dioda, DC motor L298N dan sensor tekanan MPXV4115VC6U. Pembuatan rancang bangun ini dimulai dengan merancang wiring diagram yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Pada saat alat digunakan, DC motor *suction* menghasilkan tekanan negatif -26.6 kPa / -20 cmHg untuk menghisap cairan pada *thorax* dan ketika cairan pada botol sudah menutupi cahaya dari laser dioda, Arduino akan memerintahkan motor *suction* untuk berhenti bekerja, LED akan menyala dan *buzzer* akan berbunyi sebagai sinyal cairan telah penuh. Setelah itu DC motor kedua menghasilkan tekanan -3.4 kPa / -2.6 cmHg untuk membuang cairan secara otomatis.



Gambar 1. Wiring Diagram WSD

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Rangkaian Titik Pengukuran

Setelah WSD khusus *thorax* selesai dibuat, diperlukan uji fungsi untuk melakukan pengecekan pada komponen maupun rangkain utama. Hal ini dilakukan untuk memastikan WSD yang dibuat dapat dioperasikan dengan baik sesuai fungsinya dan aman untuk *thorax* [11]. Titik Pengukuran (TP) dilakukan untuk mengetahui kemampuan kinerja alat WSD. Terdapat dua titik pengukuran pada WSD yang telah dibuat. **Gambar 2** merupakan penempatan titik pengukuran pada alat.

Titik Pengukuran 1 Pada Power Supply (TP1)

Pengukuran dilakukan pada rangkaian *power supply*. Pengukuran dilakukan pada titik tegangan keluaran *power supply* (*output*) karena merupakan sumber tegangan dari WSD [12]. Hasil pengukuran *power supply* adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengukuran *power supply*

Pengukuran Tegangan (V)			
Pengukuran ke-	I	II	III
Data Terukur	11.6	11.6	11.6

Pengukuran pada TP1 yaitu *output power supply* dilakukan sebanyak tiga kali. Ketiga pengulangan tersebut adalah 11.6 V. Pengukuran persentase kesalahan pada TP1 *power supply*

$$\begin{aligned} \% \text{ kesalahan} &= \frac{|H \text{ ukur} - H \text{ referensi}|}{H \text{ referensi}} \times 100\% \\ &= \frac{|11.6 - 12|}{12} \times 100\% \\ &= 0.033 \times 100\% \\ &= 3.3\% \end{aligned}$$

Hasil presentase kesalahan pada *output power supply* adalah 3.3%. Toleransi *power supply* yang masih diterima adalah $\pm 5\%$ untuk *power supply* ± 12 VDC, karena pada tegangan ini *power supply* dapat bekerja optimal sebagai penghisap cairan yang kental sekalipun [8]. Berdasarkan hasil uji fungsi tersebut *output power supply* diatas masih dalam batas toleransi.

Titik Pengukuran 2 Pada DC Motor Suction (TP2)

Pengukuran dilakukan pada daya hisapan *motor suction*, dengan membandingkan tekanan yang dihasilkan pada alat WSD dengan alat ukur *Digital Pressure Meter* (DPM) dengan *setting* tekanan dari -20.0 cmHg sampai dengan 0 cmHg. Pada masing-masing tekanan dihitung nilai presentase kesalahan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{|H \text{ ukur} - H \text{ referensi}|}{H \text{ referensi}} \times 100\%$$

Hasil pengukuran menggunakan tekanan *suction* rendah pada rentang ukur -20.0 cmHg hingga 0 cmHg seperti ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Hisapan Motor

No	Tekanan Hisapan Terukur (cmHg)		Presentase Kesalahan (%)
	Tekanan Pada Digital Pressure meter	Tekanan Pada Alat	
1	0	0	0
2	-2.5	-2.60	4
3	-5.3	-5.20	1.8
4	-10.2	-10.1	0.9
5	-14.7	-15.0	2
6	-20.0	-20.2	0.5
% kesalahan rata rata			1.53

Pengulangan dengan menggunakan multimeter analog. Didapatkan hasil yang sama untuk Jika penulis berasal dari beberapa instansi, seluruh instansi diperkenankan untuk ditulis. Pada awal nama instansi ditambahkan catatan kaki dengan format penomoran angka dalam tanda kurung. Jika penulis berasal dari satu instansi, tidak perlu ditambahkan catatan kaki.

Analisa dari hasil pengukuran TP2 mendapat hasil rata rata presentase kesalahan sebesar 1.53%. Menurut Permenkes No.54 tahun 2015 yang mengacu pada ECRI 459-2001-0301 nilai koreksi yang diijinkan untuk parameter tekanan untuk *suction thorax* adalah $\pm 10\%$ dari skala maksimal titik *setting* alat. Berdasarkan hasil perhitungan pada TP2 masih dalam toleransi batas aman dan alat WSD memiliki rentang tekanan hisap cairan (*suction*) sebesar -20.2 cmHg sampai dengan -2.6 cmHg sehingga aman untuk *thorax*.

KESIMPULAN

Rancang bangun alat WSD (*Water Seal Drainage*) menghasilkan tekanan sebesar -20.2 cmHg sampai dengan -2.6 cmHg

dengan rata rata presentase kesalahan sebesar 1.53% sehingga aman untuk *thorax* dan Arduino UNO sebagai sistem pengendali *hand switch*, *sensor level* dan pembuangan cairan otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Liwe, H. Limpeleh, and A. Monoarfa, "Pola Trauma Tumpul Toraks Di Instalasi Rawat Darurat Bedah Rsu Prof. Dr. R. D. Kandou Manado Periode Juli 2011 – Juni 2012," *e-CliniC*, vol. 2, no. 2, pp. 2–4, 2014.
- [2] M. G. Friedrich, I. Bougioukas, P. Wenig, S. Vormfelde, and T. Tirilomis, "New device for intraoperative blood suction avoiding turbulences," *BMJ Innov.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–97, 2018.
- [3] V. A. Hermanus, "Hubungan Fisioterapi Dada terhadap Peningkatan Ekskresi Sputum pada Pasien Tuberkulosis Paru di Irina C RSU PROF. DR. R. D. Kandou Manado," *J. Ilmu Kesehat.*, vol. 7, no. 1, pp. 77–83, 2012.
- [4] G. Adipratiwi, "Pengaruh Chest Therapy terhadap Derajat Sesak Nafas pada Penderita Efusi Pleura Pasca Pemasangan Water Sealed Drainage (WSD) di RS Paru Provinsi Jawa Barat," 2015.
- [5] J. Okamoto, T. Okamoto, Y. Fukuyama, and C. Ushijima, "The Use of a Water Seal to Manage Air Leaks after a Pulmonary Lobectomy : A Retrospective Study," vol. 12, no. 4, pp. 242–244, 2006.
- [6] R. Cloutier and M. A. Gignac, "Pneumothorax following tube thoracostomy and water seal drainage," *Can. J. Surg.*, vol. 44, no. 5, p. 387, 2001.
- [7] K. Davies, M. L. B. M, and R. A.S, "Clinical Indicators in the Initiation of Endotracheal Suction in Children: An Integrative Review," *Aust. Crit. Care*, pp. 1–8, 2014.
- [8] Rumin and L. S. Zulfadlih, "Suction Pump Dengan Kecepatan Hisap Terkontrol," *J. TEMIK (Teknik Elektromedik)*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [9] Y. A. Badamasi, "The working principle of an Arduino," *Proc. 11th Int. Conf. Electron. Comput. Comput. ICECCO 2014*, 2014.
- [10] A. Mehbub, K. Humayan, J. I. Khandaker, and A. M. Chowdhury, "Design and Development of Instant Power Supply," *IOSR J. Appl. Phys.*, vol. 2, no. 2, pp. 01–04, 2012.
- [11] Permenkes, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan*, no. 1197. 2015.
- [12] N. C. Makasenggehe, B. Narasiang, S. R. U. . Sompie, and Bahrn, "Perancangan Power Supply Digital Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Keypad Sebagai Pemilih Tegangan," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.

Diah Rahayu Ningtias, dkk: Rancang Bangun Water Seal Drainage (WSD) khusus Thorax dengan Pengaturan Tekanan pada Suction Pump