

Desain Manifold dengan Monitoring Tekanan untuk Pertukaran Otomatis Tabung Gas Oksigen Medis di Rumah Sakit

Atika Hendryani*, Vita Nurdinawati, Nashrul Dharma

Jurusan Teknik Elektromedik, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II,
Jl. Hang Jebat III/F3 Kebayoran Baru, Jakarta, Indonesia 12120

Abstrak

Pengaturan dan suplai oksigen sebagai salah satu gas medis di rumah sakit merupakan hal yang penting untuk menjamin ketersediaan gas tersebut bagi keberlangsungan hidup pasien. Pengaturan gas oksigen di rumah sakit biasanya menggunakan sistem pemipaan dengan manifold. Manifold akan memonitoring tekanan gas oksigen pada setiap tabung. Sistem manifold yang digunakan pada umumnya hanya dapat memonitor tekanan tapi tidak dapat melakukan pertukaran otomatis pada tabung gas jika tekanan berada di bawah ketentuan yang diperbolehkan. Desain sistem manifold yang dikembangkan dilengkapi dengan monitoring tekanan untuk pertukaran otomatis tabung gas oksigen dengan menggunakan sensor tekanan dan mikroprosesor. Hasil pengujian sistem menggunakan pembandingan regulator dan barometer menunjukkan nilai persentase akurasi tekanan sensor 96,92 persen dan 97,16 persen. Pada tekanan di bawah batas 285 KPa manifold dapat melakukan pertukaran tabung gas yang aktif secara otomatis. Pengujian alat secara keseluruhan menunjukkan manifold dapat melakukan pertukaran tabung gas otomatis saat tekanan kurang dari 285 KPa. Hasil tersebut menunjukkan desain manifold yang dibangun dapat bekerja cukup baik.

Kata kunci: gas medis; oksigen; manifold; tekanan gas; pertukaran otomatis

Abstract

[Title: Design of Manifold with Pressure Controller for Automatic Exchange of Oxygen Gas Cylinders in Hospital] The regulation and supply of oxygen as one of the medical gases in the hospital is important to ensure the availability of these gases for the survival of patients. The regulation of oxygen gas in hospitals usually uses a piping system with manifolds. The manifold will monitor the oxygen gas pressure on each tube. Manifold systems that are widely used in general can only monitor pressure but cannot perform an automatic exchange on gas cylinders if the pressure is under the permissible conditions. The manifold system design developed is equipped with pressure monitoring for automatic exchange of oxygen gas cylinders using pressure sensors and microprocessors. The test results of the system using regulator and barometer comparisons showed the percentage value of sensor pressure accuracy of 96.92 percent and 97.16 percent. At pressure below the limit of 285 KPa manifold can perform the exchange of active gas cylinders automatically. These results show the manifold design built can work quite well.

Keywords: medical gas; oxygen; manifold; gas pressure; automatic exchange

1. Pendahuluan

Oksigen adalah salah satu jenis gas medis yang sangat penting ketersediaannya di rumah sakit. Banyak pasien yang keberlangsungan hidupnya bergantung pada gas ini. Karena itu sistem pengaturan dan suplai oksigen

di rumah sakit menjadi sangat penting. Menurut *World Health Organization* setidaknya ada empat sumber dan cara penyimpanan gas oksigen yang berbeda di rumah sakit, yaitu: tabung atau *cylinder gas*, *oxygen concentrator*, *oxygen plant*, dan *liquid oxygen*.

Liquid oxygen membutuhkan sebuah sistem pemipaan agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian yang membutuhkan. Bagian utama yang harus

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: atika@poltekkesjkt2.ac.id

diperhatikan dalam sistem pemipaan oksigen di rumah sakit adalah sistem manifold pada tabung atau cylinder gas Sarangi *dkk.*, (2018) Sistem manifold memonitoring ketersediaan gas oksigen pada setiap tabung yang berada pada sistem pemipaan gas medis Das *dkk.*, (2013). Untuk menjamin ketersediaan gas oksigen bagi pasien, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat membaca dan menampilkan kondisi tabung oksigen dan juga mengatasi kondisi terjadinya penurunan tekanan pada tabung oksigen Mostert & Coetzee (2014).

Banyak penelitian dan desain yang telah dilakukan untuk mengatur dan mengontrol distribusi gas oksigen di rumah sakit (Sun *dkk.*, 2016; Rivera *dkk.*, 2019; Thorwe & Wakode, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Sembodo & Vidal (2019) mengembangkan desain alat monitoring pada oxygen analyzer yang dapat membaca level oksigen 21% – 100%. Penelitian oleh Peng (2017) merancang sistem terintegrasi berbasis IoT untuk menangani resiko kecelakaan di rumah sakit, salah satunya adalah bahaya yang ditimbulkan oleh sistem pemipaan gas. Pada penelitian ini menghasilkan sistem berbasis IoT dan GIS yang dapat mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran gas secara real time. Sedangkan penelitian oleh Love-Jones & Magee (2007) merekomendasikan sistem pemipaan gas medis yang dapat melakukan perpindahan otomatis dari cadangan primer ke cadangan sekunder untuk mengurangi resiko terjadinya interupsi pada penyediaan oksigen. Penelitian yang dilakukan oleh Sun *dkk.*, (2016) membuat desain monitoring gas medis menggunakan jaringan *fiber optic*. Pada penelitian ini monitoring dapat dilakukan secara real time untuk jarak yang cukup jauh sekalipun.

Dari semua hasil penelitian tersebut, masalah yang belum dikemukakan adalah bagaimana mengatur perpindahan tabung atau suplai gas otomatis jika tekanan pada tabung berkurang. Penelitian ini bertujuan

untuk mendesain sebuah sistem manifold yang dapat mendeteksi tekanan gas dan juga melakukan perpindahan tabung gas otomatis jika tekanan yang terdeteksi di bawah standar yang ditetapkan. Dengan sistem manifold ini jika terjadi tekanan gas di bawah batas yang diperbolehkan maka sistem akan berpindah otomatis ke tabung gas lain yang sesuai. Manfaat dari penelitian ini adalah menciptakan alat yang dapat menjamin keberlangsungan suplai oksigen ke pasien.

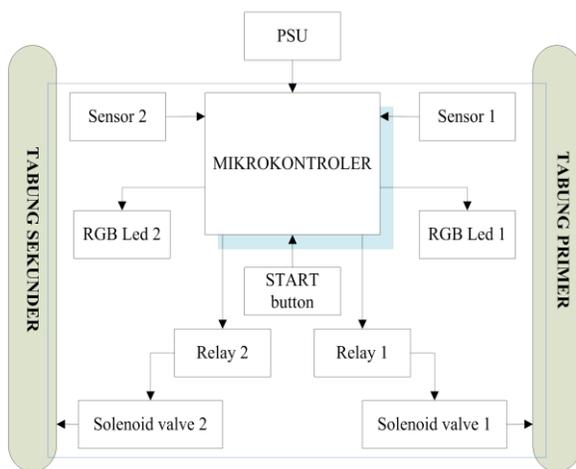
2. Bahan dan Metode

2.1 Blok Diagram Sistem

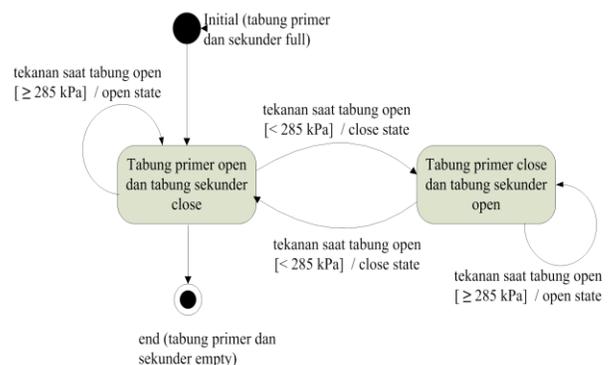
Berdasarkan blok diagram desain sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 1 sensor tekanan akan mendeteksi besarnya tekanan pada dua buah tabung oksigen yaitu tabung primer dan tabung sekunder. Kemudian mikrokontroler akan memproses informasi tersebut untuk menentukan apakah tabung dalam kondisi terisi atau kosong. Apabila tabung dalam kondisi terisi (tekanan >285 KPa) selanjutnya mikrokontroler akan mengaktifkan relay 1 yang terhubung dengan *solenoid valve* ke tabung oksigen primer. Apabila tabung primer telah kosong (tekanan <285 KPa) maka mikrokontroler akan menonaktifkan tabung primer dan beralih untuk mengaktifkan relay 2 yang terhubung ke *solenoid valve* tabung sekunder.

Diagram alir desain perangkat lunak sistem ditunjukkan dalam Gambar 2. Ketika sistem diaktifkan, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi. Pada saat yang bersamaan sensor tekanan mulai membaca tekanan pada masing-masing tabung dan Led RGB 1&2 menyala sesuai dengan pembacaan pada sensor. Saat sensor membaca tekanan <285 KPa maka Led RGB Red 1&2 menyala (*empty*), jika tekanan >285 KPa maka Led RGB 1&2 Blue menyala (*ready*).

Jika kondisi tekanan sudah *ready*, tombol start ditekan maka Relay 1 akan On bersamaan dengan Led



Gambar 1. Blok diagram desain sistem



Gambar 2. State diagram system manifold untuk pertukaran tabung gas aksigen otomatis

RGB 1 berubah menjadi *Green (use)*. Setelah itu akan terjadi kembali pembacaan sensor, saat pembacaan sensor 1 menunjukkan tekanan <285 KPa maka *Relay 1 Off* bersamaan dengan Led RGB 1 berubah menjadi *Red (empty)*. Kemudian akan terjadi kembali pembacaan sensor 2, Saat pembacaan sensor 2 menunjukkan tekanan >285 KPa maka *Relay 2* akan *On* bersamaan dengan Led RGB 2 berubah menjadi *Green (use)*. Setelah itu saat pembacaan sensor 2 menunjukkan tekanan <285 KPa maka *Relay 2 Off* bersamaan dengan Led RGB 2 berubah menjadi *Red (empty)*.

Mikrokontroler selanjutnya memproses output dari Sensor 1 (*pressure sensor*) untuk monitoring tekanan yang ada pada tabung primer. Sensor ini akan memberi sinyal ke mikrokontroler jika tekanan sudah mencapai >285 KPa dan mengaktifkan relay 1 yang menyebabkan *solenoid valve 1* aktif, apabila tekanan <285 KPa Led RGB 1 akan berubah menjadi *red (empty)* yang menandakan gas pada tabung primer akan segera habis dan mikrokontroler menonaktifkan relay 1 sehingga *solenoid valve 1* tidak aktif.

Mikrokontroler yang menerima sinyal tersebut akan mengolahnya membaca *output* dari Sensor 2 (*pressure sensor*) untuk monitoring tekanan yang ada pada tabung sekunder. Sensor ini akan memberi sinyal ke mikrokontroler bahwa tekanan telah mencapai >285 KPa dan mikrokontroler akan mengaktifkan relay 2 sehingga *solenoid valve 2* aktif, jika tekanan telah mencapai >285 KPa dalam kondisi aktif maka Led RGB 2 akan menyala dengan kondisi *use (green)* dan akan mati jika <285 KPa yang menandakan gas pada tabung sekunder akan segera habis.

2.2. Bahan

a. Sensor Tekanan, Relay, dan Solenoid Valve

Sistem ini menggunakan sensor tekanan MPX 5500 DP. Rangkaian sensor tekanan dan *relay (normally open, NO)* berfungsi untuk mengatur buka tutup *solenoid valve*. Sensor akan membaca tekanan pada tabung gas, jika tekanan <285 kPa maka *relay* akan dalam kondisi *open/off* jika tekanan yang dibaca oleh sensor >285 kPa maka *relay* akan *close/on*.

b. Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah AVR ATmega328 yang terintegrasi dalam papan elektronik Arduino. Mikrokontroler akan memproses data tekanan dari dua buah sensor tekanan dan memproses informasi tekanan yang diperoleh untuk mengaktifkan dan menonaktifkan relay, serta mengaktifkan Led RGB.

c. LCD dan Led RGB

LCD digunakan untuk menampilkan kondisi dan tekanan pada masing-masing tabung primer dan sekunder. Led RGB merupakan indikator selama proses pembacaan tekanan pada tabung saat kondisi tabung penuh hingga kosong. Terdapat 2 Led RGB untuk membaca masing-masing tabung primer dan sekunder.

d. Tabung primer dan tabung sekunder

Tabung primer adalah tabung yang digunakan sebagai sumber utama untuk mengalirkan gas oksigen ke pasien. Tabung gas sekunder adalah tabung yang siap digunakan jika tabung primer tekanannya berkurang atau habis

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil desain sistem ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem memiliki 6 bagian yaitu : Led RGB 1 untuk indikator tabung gas primer, led RGB 2 untuk indikator tabung gas sekunder, LCD untuk menampilkan nilai tegangan pada kedua tabung gas, *power button* utama, outlet untuk pembuangan gas dan terhubung ke regulator, dan barometer tekanan oksigen. *Solenoid valve* yang dihubungkan ke tabung gas primer dan sekunder masing-masing diletakkan disisi kanan dan kiri dari alat seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.

Metode penelitian dalam pembuatan alat ini adalah *research and development*, dimana peneliti melakukan penelitian berupa *study literature* terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya dan kemumengembangkan alat *manifold gas oxygen*. Alat yang dibuat kemudian diuji fungsi dan dibandingkan hasil performanya dengan alat ukur standar.

3.1 Hasil Pengujian Sistem

Setelah desain alat maka tahap selanjutnya adalah pengujian alat. Pengujian pada sistem dilakukan pada dua bagian alat yaitu: menguji nilai tegangan pada sensor tekanan 1 dan sensor tekanan 2, serta menguji tekanan pada tabung oksigen

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keakurasian tekanan pada tabung oksigen dan tekanan yang tampil pada *display*. Pengujian dilakukan menggunakan Regulator Oksigen dan Barometer (Gambar 5). Kedua tabung oksigen dipasangkan pada *solenoid valve* yang terdapat pada bagian alat seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil pedesain sistem pertukaran tabung gas otomatis dengan kontrol tekanan.



Gambar 4. Posisi *solenoid valve* yang dihubungkan ke tabung gas oksigen primer dan sekunder.



Gambar 5. Penempatan barometer pada regulator tabung oksigen

3.1.1 Pengujian Tegangan Pada Sensor Tekanan

Pembacaan tegangan dilakukan menggunakan *Avometer* dengan membaca output tegangan yang di hasilkan oleh sensor tekanan. Tekanan diatur oleh regulator agar pengambilan sesuai dengan yang dibutuhkan, pembacaan tegangan ini akan membuktikan keselarasan antara pembacaan sensor dengan yang ditampilkan oleh *display*. Pengukuran diambil sebanyak lima kali, hasil pengukuran tekanan pada kedua sensor ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Dari data hasil pengukuran pada Tabel 1 dan Tabel 2 tidak terdapat perbedaan tegangan antara sensor 1 dengan sensor 2. Berdasarkan informasi pada lembar data dari sensor tekanan MPX 5500DP bahwa nilai tegangan keluaran sensor MPX 5500DP apabila dioperasikan dengan menggunakan tegangan sumber (V_s) sebesar 5 VDC dinyatakan dengan persamaan (1)

$$V_{out} = V_s * (0,0012858 * P + 0,04) \quad (1)$$

V_s adalah tegangan sumber dan P adalah tekanan. Dengan menggunakan persamaan (1) maka nilai tekanan yang sesuai dengan tampilan pada *display* Tabel 1. Dan Tabel 2. Dari tabel 3 terlihat bahwa tekanan pada sensor 1 dan sensor 2 mempunyai nilai yang sama dengan nilai

Tabel 1. Hasil pengukuran nilai tegangan pada sensor 1

No	Display (kPa)	Percobaan ke- (volt)					Rata-rata Tegangan
		1	2	3	4	5	
1	285	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03
2	300	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
3	315	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29

Tabel 2. Hasil pengukuran nilai tegangan pada sensor 2

No	Display (kPa)	Percobaan ke- (volt)					Rata-rata Tegangan
		1	2	3	4	5	
1	285	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03
2	300	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
3	315	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29

tekanan yang terbaca pada *display* nilai tekanan di LCD.

3.1.2 Pengujian Tekanan Pada Tabung Oksigen

Pengujian tekanan dilakukan untuk mengetahui akurasi alat dalam membaca nilai tekanan pada tabung oksigen. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai tekanan Regulator Oksigen antara barometer dengan tekanan yang tampil pada *display* alat yang telah dirancang. Variasi tekanan yang digunakan adalah 300 kPa, 350 kPa, 400 kPa, 450 kPa, serta 500 kPa. Pengujian data diambil sebanyak lima kali kemudian dihitung rata-ratanya. Hasil pengukuran tekanan pada sensor 1 dan sensor 2 terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Dari data hasil pengukuran pada Tabel 1 dan Tabel 2 tidak terdapat perbedaan tekanan antara sensor 1 dengan sensor 2.

Keakurasian alat yang dibuat dapat diketahui dengan melakukan analisa penyimpangan dan keakurasian dari data yang didapatkan menggunakan rumus (2), (3), dan (4).

$$Error = \bar{x} - UUT \quad (2)$$

$$\% Error = \frac{Error}{setting} * 100\% \quad (3)$$

$$\% Akurasi = 100 - \% Error \quad (4)$$

Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan rata – rata nilai tekanan oksigen pada *display* dengan regulator. Dari Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan nilai akurasi yang hampir sama antara sensor 1 dan sensor 2, ini menunjukkan kedua sensor bekerja dengan baik. Hasil analisa pada Tabel 8 dan

Tabel 3. Hasil konversi nilai tegangan menjadi tekanan

No	Display (kPa)	Konversi Tegangan (volt)	Hasil Pengukuran Sensor 1	Hasil Pengukuran Sensor 2
1	285	2,03	2,03	2,03
2	300	2,13	2,21	2,21
3	315	2,23	2,29	2,29

Tabel 4. Hasil pengukuran tekanan pada sensor 1

No.	Regulator (kPa)	Barometer Output (kPa)	Percobaan ke- (volt)				
			1	2	3	4	5
1	300	300	313	314	316	314	314
2	350	350	359	356	356	356	356
3	400	400	413	410	409	410	410
4	450	450	453	453	455	455	453
5	500	500	501	502	502	503	502

Tabel 5. Hasil pengukuran tekanan pada sensor 2

No.	Regulator (kPa)	Barometer Output (kPa)	Percobaan ke- (volt)				
			1	2	3	4	5
1	300	300	312	310	316	314	314
2	350	350	357	356	356	356	356
3	400	400	406	405	405	406	407
4	450	450	457	455	457	455	455
5	500	500	504	502	502	504	502

Tabel 6. Analisa Data Tekanan Sensor 1 dan Regulator

No.	Regulator oksigen (kPa)	Rata-Rata tekanan sensor (kPa)	Nilai Error	Error (%)	Akurasi (%)
1	300	314,2	14,2	4,7	95,3
2	350	356,6	16,6	4,7	95,3
3	400	410,4	10,4	2,6	97,4
4	450	453,8	13,8	3,0	97,0
5	500	502,4	2,4	0,4	99,6
Rata-rata				3,08	96,92

Tabel 7. Analisa Data Tekanan Sensor 2 dan Regulator

No.	Regulator oksigen (kPa)	Rata-Rata tekanan sensor (kPa)	Nilai Error	Error (%)	Akurasi (%)
1	300	313,2	13,2	4,4	95,6
2	350	356,2	16,2	4,6	95,4
3	400	405,8	5,8	1,4	98,6
4	450	455,8	15,8	3,5	96,5
5	500	502	2,0	0,3	99,7
Rata-rata				2,84	97,16

Tabel 8. Analisa Data Tekanan Sensor 1 dan Barometer

No.	Barometer Ouput (kPa)	Rata-Rata tekanan sensor (kPa)	Nilai Error	Error (%)	Akurasi (%)
1	300	314,2	14,2	4,7	95,3
2	350	356,6	16,6	4,7	95,3
3	400	410,4	10,4	2,6	97,4
4	450	453,8	13,8	3,0	97,0
5	500	502,4	2,4	0,4	99,6
Rata-rata				2,84	96,92

Tabel 9. Analisa Data Tekanan Sensor 2 dan Barometer

No.	Barometer Ouput (kPa)	Rata-Rata tekanan sensor (kPa)	Nilai Error	Error (%)	Akurasi (%)
1	300	313,2	13,2	4,4	95,6
2	350	356,2	16,2	4,6	95,4
3	400	405,8	5,8	1,4	98,6
4	450	455,8	15,8	3,5	96,5
5	500	502	2,0	0,3	99,7
Rata-rata				2,84	97,16

Tabel 9 menunjukkan nilai persen akurasi yang sama baiknya antara sensor 1 dan sensor 2.

Dari hasil analisa data tekanan pada kedua sensor dengan membandingkan menggunakan regulator oksigen dan Barometer Ouput dapat disimpulkan bahwa tekanan yang dibaca oleh Barometer sama dengan tekanan pada Regulator. Pembacaan sensor pada modul yang dibuat oleh penulis memiliki persen error 3,08 persen pada pembacaan sensor 1 dengan tingkat keakurasian 96,92 persen dan 2,84 persen pada pembacaan sensor 2 dengan tingkat keakurasian 97,16persen. Dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dkk., (2019) persen error sebesar 4,46 persen. Selanjutnya dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Priyautomo & Kholiq (2019) nilai persen error adalah 10,34 persen sehingga dapat dikatakan nilai akurasi pada desain yang dibuat penulis cukup baik.

3.2 Pengujian Sistem secara keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk menguji apakah sistem manifold bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan



Gambar 6. Pengujian sistem Manifold menggunakan dua tabung oksigen



Gambar 7. Hasil pengujian sistem menunjukkan tabung primer aktif saat tekanan di atas 285 KPa



Gambar 8. Hasil pengujian sistem menunjukkan tabung sekunder aktif saat tekanan pada tabung primer di bawah 285 KPa

mengatur tekanan tabung primer menjadi dibawah 285 KPa dan melihat apakah sistem manifold dapat berpindah secara otomatis ke tabung sekunder. Gambar 6 menunjukkan proses pengujian sistem manifold menggunakan 2 tabung oksigen

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan perpindahan otomatis dari tabung primer ke tabung sekunder saat tekanan di tabung primer dikurangi secara manual hingga di bawah 285KPa. Gambar 8 menunjukkan tampilan LCD pada alat yang menunjukkan posisi tabung yang aktif adalah pada tabung primer dengan tekanan di atas 285 KPa.

Gambar 8 menunjukkan tampilan LCD saat tabung sekunder aktif. Dari hasil pengujian yang dilakukan manifold dapat melakukan pertukaran tabung gas otomatis.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat memberikan warning langsung jika terjadi kesalahan pada sumber gas medis, karena manifold letaknya cukup jauh dari ruang pasien sehingga perlu penambahan sistem warning realtime yang terkoneksi langsung dengan *Bluetooth* atau *IoT*. Selain itu pada penelitian ini belum memperhitungkan histerisis yang diakibatkan derau dari sensor tekanan saat melakukan switching ON/OFF, sehingga perlu dilakukan

4. Kesimpulan

Desain sistem manifold yang dapat mendeteksi tekanan gas dan juga melakukan perpindahan tabung gas otomatis telah dilakukan. Perangkat mampu mendeteksi tekanan di bawah standard dan jika terdeteksi maka tabung gas primer akan berpindah otomatis ke tabung gas sekunder. Hasil pengujian tekanan pada kedua sensor tekanan cukup baik yaitu nilai persentasenya 96,92persen pada sensor 1 dan 97,16persen pada sensor 2. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem pencadangan tabung oksigen yang berfungsi jika tabung primer atau tabung sekunder mengalami kegagalan.

Daftar Pustaka

- Das, S., Chattopadhyay, S., Bose, P., Bengal, W., Medical, N. B., Nagar, S., & Bengal, W. (2013). *The Anaesthesia Gas Supply System*. 57(5), 489–499. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.120145>
- Love-Jones, S., & Magee, P. (2007). Medical gases, their storage and delivery. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 8(1), 2–6. <https://doi.org/10.1053/j.mpaic.2006.10.006>
- Mostert, L., & Coetzee, A. R. (2014). Central oxygen pipeline failure. *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia*, 20(5), 214–217. <https://doi.org/10.1080/22201181.2014.979636>
- Peng, S. (2017). *Design of an IoT-BIM-GIS based Risk Management System for Hospital Basic Operation*. <https://doi.org/10.1109/SOSE.2017.22>
- Priyautomo, S., & Kholiq, A. (2019). Penggantian Oksigen Otomatis Dilengkapi Sistem Cadangan Pada Simulasi Sentral Oksigen. *Prosiding Seminar Nasional Poltekkes Kemenkes Surabaya*, 1, 201–207.
- Rivera, K. R., Pozdin, V. A., Young, A. T., Erb, P. D., Wisniewski, N. A., Magness, S. T., & Daniele, M. (2019). Integrated phosphorescence-based photonic biosensor (iPOB) for monitoring oxygen levels in 3D cell culture systems. *Biosensors and Bioelectronics*, 123, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.07.035>
- Sarangi, S., Babbar, S., & Taneja, D. (2018). *Vacuum and Anesthetic Gas Scavenging System*. 34(1), 99–102. <https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP>
- Sembodo, B. P., & Vidal, N. H. (2019). *Design And Development Of Oxygen Monitoring With Galvanic Oxygen Sensor Based On Microcontroller Arduino Uno*. 01(1), 5–7.
- Sun, W., Wang, J., Gai, L., Gu, J., & Li, L. (2016). *A Hospital Medical Gas Monitoring System Based on Multi-mode Optical Fiber Ring Network*.

10005, 8–11.
Thorwe, S. U., & Wakode, J. S. (2015). Tire Pressure Monitoring System Based on SPI Protocol Using MSP 430. *International Journal of Trend in Researc and Development*, 2(3), 201–204.
Wijaya, N. H., Untara, B., & Khoirunnisa, I. (2019).

Monitoring Tekanan Gas Medis Pada Instalasi Gas Medis Rumah Sakit. *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 1(1), 2–7.
<https://doi.org/10.18196/mt.010104>