

Rancang Bangun Alat Surgical Smoke Evakuator dengan Hepa Filter sebagai Penyaring Udara

Muhammad Adham Fathurozi Ramadhan¹, Andi Kurniawan Nugroho², Patrisius Kusi Olla³

^{1,3}Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

²Universitas Semarang, Indonesia

Article History

Received : 2025-06-07

Revised : 2025-06-23

Accepted : 2025-06-28

Published : 2025-06-30

Corresponding author*:

adhamfathurozi@gmail.com

Cite This Article:

Muhammad Adham Fathurozi Ramadhan, Andi Kurniawan Nugroho, & Patrisius Kusi Olla. (2025). Rancang Bangun Alat Surgical Smoke Evakuator dengan Hepa Filter sebagai Penyaring Udara. Jurnal Teknik Dan Science, 4(2), 96–105.

DOI:

<https://doi.org/10.56127/jts.v4i2.2165>

Abstract: The smoke generated from surgery contains harmful particles, including carcinogenic substances and microorganisms, which can endanger the health of medical personnel and patients. To reduce this risk, the design and testing of a Surgical Smoke Evacuator tool equipped with a HEPA filter as an air filter media is carried out. This tool utilizes an Arduino Uno microcontroller as the main controller, an MQ-2 sensor to detect smoke, a DC motor as a suction system, and an I2C LCD to display information. The tool is also equipped with a button to adjust the motor speed level manually. Testing is done by evaluating the voltage and RPM of the motor in various conditions.

Keywords: Smoke evacuator, HEPA filter, Microcontroller Arduino Uno, MQ-2 sensor, operating room safety, Motor DC

Abstrak: Asap yang dihasilkan dari tindakan pembedahan mengandung partikel berbahaya, termasuk zat karsinogenik dan mikroorganisme, yang dapat membahayakan kesehatan tenaga medis dan pasien. Untuk mengurangi risiko tersebut, dilakukan perancangan dan pengujian alat *Surgical Smoke Evacuator* yang dilengkapi dengan *filter HEPA* sebagai media penyaring udara. Alat ini memanfaatkan mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai pengendali utama, *sensor MQ-2* untuk mendeteksi asap, *motor DC* sebagai sistem penghisap, serta *LCD I2C* untuk menampilkan informasi. Alat juga dibekali tombol untuk mengatur tingkat kecepatan motor secara manual. Pengujian dilakukan dengan mengevaluasi tegangan dan RPM motor pada berbagai kondisi

Kata kunci: Evakuator asap, *filter HEPA*, *Microcontroller Arduino Uno*, *sensor MQ-2*, keselamatan ruang bedah, *Motor DC*

INTRODUCTION

Asap bedah merupakan produk sampingan berbentuk *aerosol* yang dihasilkan oleh penggunaan peralatan berbasis energi, seperti pisau bedah listrik, *laser*, dan pisau ultrasonik, saat melakukan pemotongan atau koagulasi jaringan. Asap ini mengandung partikel, bahan kimia, patogen (termasuk virus dan bakteri), serta sel hidup yang berpotensi membahayakan tenaga medis maupun pasien, meskipun penggunaan masker bedah, alat hisap, dan sistem evakuasi asap dapat membantu mengurangi risiko paparan, masih banyak tenaga medis di ruang operasi yang belum menerapkan prosedur perlindungan secara optimal (Zhou et al., 2023). *Surgical smoke evakuator* digunakan untuk mengumpulkan dan menyaring asap yang dihasilkan selama prosedur bedah, terutama yang dilakukan dengan alat bedah listrik atau laser. Tujuan dari evakuator asap bedah adalah untuk

memastikan bahwa lingkungan operasi tetap bersih dan aman bagi pasien dan staf bedah dengan menghilangkan asap yang mengandung partikel berbahaya dan iritan.(Katoch & Mysore, 2019), *Surgical smoke evakuator* bekerja dengan menghisap asap dari area bedah, kemudian melewatinya melalui filter untuk menghilangkan kontaminan sebelum udara dikeluarkan kembali ke lingkungan.

Pada penelitian karya ilmiah yang dilakukan oleh Riyan Trisaputra dengan judul Rancang bangun *Smoke Evakuator* Dengan Sterilisasi Udara Berbasis *Arduino Uno* Untuk memaksimalkan proses sterilisasi udara, rangkaian pembersihan ini menggunakan berbagai lapisan filter seperti HEPA, Carbon, dan Pre Filter sebelum diakhiri dengan paparan sinar ultraviolet. Untuk memastikan bahwa alat dapat memfilter udara secara efektif, penelitian ini menggunakan metode *research and development (R&D)*, yang mencakup langkah-langkah seperti *analisis kebutuhan*, *perancangan*, *pembuatan (design)*, dan *pengujian* rangkaian. Studi ini memberikan inspirasi dan menjadi acuan penting untuk penelitian baru yang bertujuan serupa yaitu menciptakan alat “*Surgical Smoke Evakuator* Dengan *HEPA Filtes* Sebagai Penyaring Udara”.

Filter HEPA (High Efficiency Particulate Air) merupakan jenis filter udara yang dirancang dengan tingkat efisiensi penyaringan yang sangat tinggi. Istilah "*HEPA*" merupakan akronim dari *High Efficiency Particulate Air*, yang dalam bahasa Indonesia berarti "udara partikulat efisiensi tinggi". Teknologi ini mampu menyaring hingga 99,97% partikel udara, termasuk debu, serbuk sari, spora jamur, bakteri, serta berbagai kontaminan udara lainnya dengan ukuran hingga sekecil 0,3 mikron. Fungsi utama dari filter HEPA adalah untuk membersihkan udara dan permukaan dari partikel mikroskopis yang berpotensi menimbulkan reaksi alergi maupun gangguan pada sistem pernapasan. (Fajar et al., 2023)

Arduino UNO merupakan salah satu papan mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Papan ini memiliki enam input analog, empat input digital, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Terakhir, ada 6 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM. Arduino UNO memiliki semua komponen yang diperlukan untuk menjalankan mikrokontroler, dan dapat dihubungkan ke komputer dengan mudah melalui adaptor AC ke DC atau kabel USB (Arif et al., n.d.).

Catu daya atau *power supply* adalah sebuah rangkaian elektronik yang memiliki fungsi utama untuk mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Terdapat beberapa jenis catu daya, di antaranya adalah *DC power supply*, *AC power supply*, dan *switch mode power supply (SMPS)*. DC power supply sendiri merupakan jenis catu daya yang memberikan tegangan berbentuk arus searah dengan polaritas tetap, yaitu kutub positif dan negatif.(Bosowa et al., 2021)

Driver motor adalah perangkat yang berfungsi meningkatkan arus dengan mengubah sinyal kontrol arus rendah menjadi arus tinggi untuk menggerakkan motor. Jenis *motor driver* dapat dikategorikan berdasarkan beberapa parameter, seperti suplai tegangan maksimum, arus keluaran maksimum, daya keluaran total, tegangan beban yang diperlukan, jenis kemasan, dan jumlah output untuk mengendalikan motor. (Athoillah & Zuhrie, 2021),

Modul *step-down LM2596* merupakan modul konversi tegangan yang menggunakan *IC (integrated circuit) LM2596* sebagai komponen utamanya. berfungsi sebagai *step-down DC converter* atau penurun tegangan searah. Terdapat beberapa varian dari seri *IC* ini yang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu versi yang di mana keluarannya dapat diatur secara manual (*adjustable*), dan versi dengan tegangan keluaran tetap (*fixed*). (Ralenza Pratama et al., n.d.).

RESEARCH METHOD

1. Jenis penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen juga disebut sebagai metode percobaan, melibatkan melakukan uji coba atau percobaan, melakukan pengamatan, dan kemudian membuat kesimpulan tentang hasilnya. Dalam metode eksperimen ini, alat yang akan diuji cobakan dirancang terlebih dahulu yang diharapkan dapat membantu para ahli bedah meningkatkan keamanan dan terhindar dari bahayanya asap hasil bedah yang dapat menimbulkan beberapa gangguan kesehatan pada bidang perbedahan.

2. Alat dan Bahan

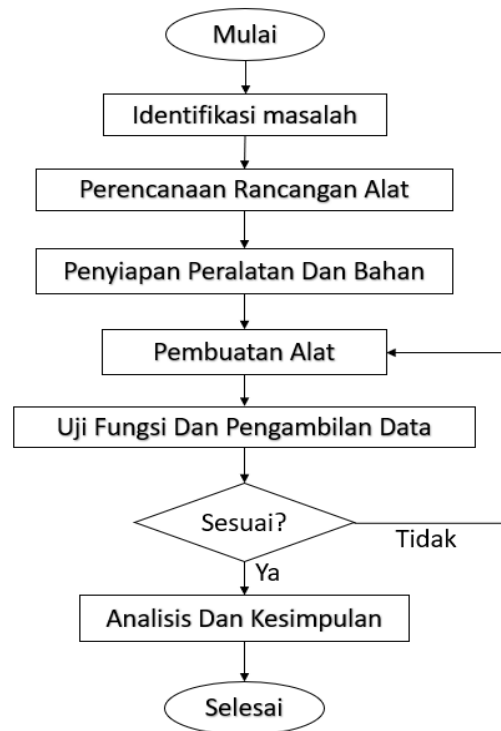
Untuk mendukung proses dalam pembuatan alat *Surgical Smoke Evakuator* ini, beberapa peralatan dan bahan yang dibutuhkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Bahan/Komponen	Peralatan
1	Arduino Uno	Solder
2	Motor DC 775	Tachometer
3	Hepa Filter	Obeng
4	LCD i2 c 20 x 4	PCB
5	Sensor MQ-2	Toolkit Set
6	Push Button	Laptop
7	Swicth ON/OFF	Multimeter
8	LM2596	
9	Arduino Uno	
10	Motor Driver BTS7960	

3. Tahapan penelitian

Penelitian ini memberikan penjelasan mengenai tahap awal perencanaan pembuatan alat evakuator asap pada Gambar 1 menunjukkan diagram alir yang menjelaskan setiap tahapan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

Pada Gambar 1 diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan yang dilakukan untuk merancang alat *Surgical Smoke Evaporator*, mulai dari perancangan alat hingga analisa dan Kesimpulan.

- a. Mulai
Proses dimulai dari tahap awal penelitian atau proyek.
- b. Identifikasi Masalah
Langkah ini bertujuan untuk mengamati dan mengidentifikasi permasalahan yang ingin diselesaikan, misalnya masalah asap bedah yang berbahaya bagi kesehatan.
- c. Perencanaan Perancangan Alat
Setelah masalah dikenali, dilakukan perencanaan tentang alat yang akan dibuat sebagai solusinya, termasuk desain dan konsep kerja alat.
- d. Penyiapan Peralatan dan Bahan
Tahap ini melibatkan pengumpulan dan pembelian komponen serta bahan yang diperlukan untuk merakit alat.
- e. Pembuatan Alat
Proses perakitan alat dilakukan, baik dari sisi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software) jika diperlukan
- f. Uji Fungsi dan Pengambilan Data
Setelah alat selesai dibuat, dilakukan pengujian apakah alat berfungsi sesuai dengan rancangannya. Data dari pengujian juga dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut.
- g. Data Sesuai?
Ini adalah proses evaluasi hasil pengujian. Jika "Tidak" sesuai, maka proses kembali ke tahap *Pembuatan Alat* untuk dilakukan perbaikan atau modifikasi. Jika "Ya" sesuai, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya.
- h. Analisis dan Kesimpulan

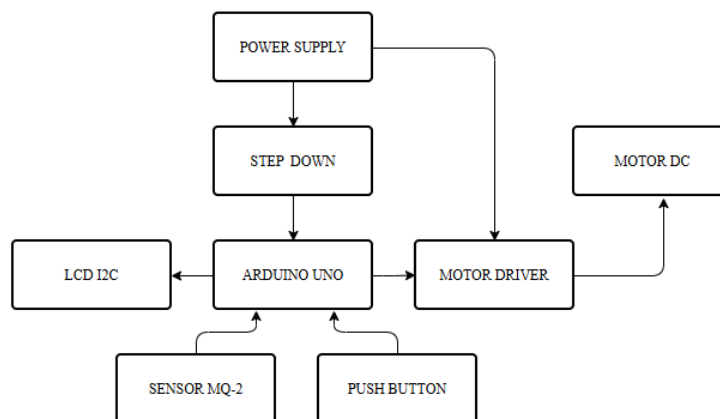
Setelah alat berfungsi dengan baik, dilakukan analisis terhadap hasil data, dan ditarik kesimpulan dari keseluruhan proses dan hasil yang diperoleh.

i. Selesai

Proyek atau penelitian berakhir setelah analisis dan kesimpulan selesai dibuat.

4. Perancangan Hardware

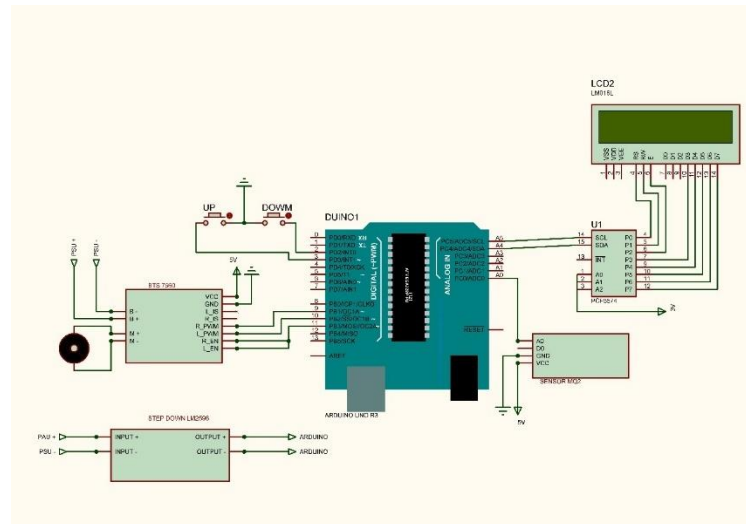
Alur kerja sistem secara keseluruhan digambarkan dalam bentuk yang sederhana dan terstruktur pada diagram berikut. Setiap blok menunjukkan fungsi penting dari komponen yang terlibat. Sebelum masuk ke detail rangkaian, blok diagram ini memudahkan pemahaman tentang bagaimana setiap bagian sistem berhubungan satu sama lain.



Gambar 2. Blok Diagram Alat

Pada Gambar 2 ditunjukkan alur kerja dari alat Smoke Evacuator berbasis Arduino Uno. Proses dimulai dengan menyambungkan adaptor ke sumber listrik PLN, yang kemudian akan mengalirkan arus ke Power Supply. Power Supply ini berfungsi untuk mendistribusikan tegangan listrik ke berbagai bagian sistem, khususnya ke motor driver serta rangkaian penurun tegangan (voltage regulator). Rangkaian penurun tegangan bertugas mengonversi tegangan dari adaptor ke tingkat tegangan yang sesuai dan aman untuk mikrokontroler Arduino Uno, yakni sebesar 5V DC. Selanjutnya, Arduino Uno mulai bekerja sebagai pusat kendali sistem. Arduino menerima sinyal input dari sensor MQ-2, yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan asap di lingkungan sekitar. Selain itu, push button digunakan sebagai kontrol manual untuk mengatur level kecepatan motor DC — misalnya tingkat rendah, sedang, atau tinggi. Ketika sensor mendeteksi asap melebihi ambang batas tertentu, Arduino akan memproses sinyal ini dan mengirimkan perintah ke motor driver agar mengaktifkan motor DC.

Motor driver berperan sebagai penguat sinyal yang mengatur arus dan tegangan dari power supply ke motor DC, sehingga motor dapat berputar sesuai instruksi yang diberikan oleh Arduino. Kecepatan motor ini dapat diatur secara manual melalui tombol push button yang telah disediakan, memberikan fleksibilitas dalam pengoperasian alat berdasarkan intensitas asap yang terdeteksi. Di sisi lain, LCD 20x4 yang terhubung dengan Arduino berfungsi untuk menampilkan berbagai informasi penting kepada pengguna, seperti status alat, tingkat kecepatan motor, dan indikasi keberadaan asap. Dengan demikian, alat ini bekerja secara otomatis dan terkontrol untuk menghisap asap menggunakan motor DC dan memberikan antarmuka pengguna yang informatif dan mudah dipahami.



Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan

Dalam pembuatan alat surgical smoke evakuator desain rangkaian dibuat untuk menghubungkan semua komponen agar dapat bekerja sesuai fungsi alat. Rangkaian ini mencakup koneksi antara Arduino, sensor, motor, LCD, dan sumber daya, yang dirancang agar sistem berjalan stabil dan efisien. Skema lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.

5. Pengambilan Data

Pengambilan data pada alat dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan untuk mendukung analisis dan kesimpulan pada penelitian. Pengambilan data dilakukan secara langsung melalui proses pengujian alat atau sistem yang telah dirancang. Selama proses ini, beberapa parameter penting diamati dan dicatat, seperti tegangan, rpm, dan waktu. Setiap data dicatat secara sistematis agar dapat dianalisis lebih lanjut dan memastikan keakuratan hasil penelitian.

6. Uji Fungsi Alat

Uji Fungsi alat adalah tahap untuk menyesuaikan alat yang dibuat. Pada uji fungsi alat ini menggunakan dua tahapan. Pertama uji fungsi kecepatan atau Rpm dengan membanding alat ukur tachometer dengan motor dc, kedua uji fungsi pada tegangan di setiap titik pengukuran yang di tentukan seperti pengukuran 1 dilakukan pada nilai tegangan output power supply, sedangkan titik 2 pada output modul step-down. Titik 3 mengukur tegangan input sensor MQ-2, dan titik 4 pada tegangan input motor driver sebesar 5V. Selanjutnya, titik 5, 6, dan 7 masing-masing mengukur tegangan output motor driver dalam kondisi low, mid, dan high. Titik 8 dilakukan pada tegangan input LCD I2C. Selain itu, pengukuran 10, 11, dan 12 dilakukan untuk mengetahui nilai RPM motor DC dalam tiga kondisi kecepatan yang berbeda, yaitu low, mid, dan high.

7. Analisis Perhitungan Uji Fungsi Alat

Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah alat atau sistem yang dibuat sudah bekerja dengan baik dan sesuai dengan tujuan. Hasil yang didapat akan dibandingkan dengan nilai standar atau acuan, lalu dihitung persentase kesalahannya agar dapat diketahui tingkat keakuratan alat. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung nilai *error* pada data yang sudah di ambil:

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur}}{\text{Hasil ukur}} \times 100\%$$

RESULT AND DISCUSSION

Pada hasil yang diperoleh dari pengambilan data dan hasil uji fungsi alat dibandingkan dengan teori atau referensi terkait untuk mengetahui kinerja alat dan sejauh mana tujuan penelitian tercapai.

1. Hasil pengukuran

Hasil pengukuran merupakan data pengukuran dari masing-masing titik pengukuran yang telah ditentukan untuk mengetahui apakah hasil rangkaian tersebut telah sesuai perencanaan. Analisa data bertujuan untuk membandingkan hasil referensi dengan hasil ukur yang sudah didapatkan dari titik pengukuran dan mengetahui besar persentase kesalahan pada rangkaian tersebut.

a. Pengukuran Tegangan Pada Rangkaian

Pengukuran tegangan dilakukan sebanyak 5 kali dengan menggunakan multimeter digital pada beberapa titik pengukuran.

Tabel 2. Tegangan *Output Power Supply*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output (V)	Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	20,03	20,03	20V
2	20,02		
3	20,03		
4	20,03		
5	20,02		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (20,03 V) dan tegangan acuan (20 V) adalah sebesar 0,15%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 3. Tegangan *Output Step Down*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output (V)	Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	5,00	4,99	5V
2	4,99		
3	4,99		
4	5,00		
5	4,99		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (4,99V) dan tegangan acuan (5 V) adalah sebesar 0,2%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 4. Tegangan *Output Motor Driver(Low)*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	18,13	18,14
2	18,14	
3	18,14	
4	18,14	
5	18,14	

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (18,14V) dan tegangan acuan (18,1V) adalah sebesar 0,2%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima

Tabel 5. Tegangan *Output Motor Driver(Mid)*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	19,45	19,46
2	19,46	
3	19,45	
4	19,46	
5	19,46	

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (19,46V) dan tegangan acuan (19,4 V) adalah sebesar 0,15%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 6. Tegangan *Output Motor Driver(High)*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	19,91	19,91
2	19,90	
3	19,90	
4	19,91	
5	19,91	

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (19,91 V) dan tegangan acuan (19,9 V) adalah sebesar 0,05%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 7. Tegangan *Input MQ-2*

Hasil Pengukuran	Pengukuran Tegangan Output Rata-rata (V)	Datasheet (V)
1	4,69	4,70
2	4,70	
3	4,69	
4	4,71	
5	4,70	

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara tegangan terukur (4,70 V) dan tegangan acuan (5 V) adalah sebesar 6%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan masih berada dalam batas yang dapat diterima.

b. Pengukuran Kecepatan Putaran Motor (RPM)

Pengukuran kecepatan putaran motor (RPM) dilakukan sebanyak 5 kali dengan menggunakan tachometer dan stopwatch

Tabel 7. RPM Motor DC (low)

Hasil Pengukuran	Pengukuran RPM	Rata-rata	Datasheet
1	4,69	4,70	5V
2	4,70		
3	4,69		
4	4,71		
5	4,70		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara *RPM* terukur (12222) dan *RPM* acuan (12200) adalah sebesar 0,18%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran *RPM* masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 7. RPM Motor DC (low)

Hasil Pengukuran	Pengukuran RPM	Rata-rata	Datasheet
1	4,69	4,70	5V
2	4,70		
3	4,69		
4	4,71		
5	4,70		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara *RPM* terukur (13279,6) dan *RPM* acuan (13200) adalah sebesar 0,6%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran *RPM* masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Tabel 7. RPM Motor DC (low)

Hasil Pengukuran	Pengukuran RPM	Rata-rata	Datasheet
1	4,69	4,70	5V
2	4,70		
3	4,69		
4	4,71		
5	4,70		

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai presentase kesalahan yang diperoleh antara *RPM* terukur (13678,8) dan *RPM* acuan (13600) adalah sebesar 0,6%. Nilai ini masih jauh di bawah batas toleransi sebesar $\pm 10\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengukuran *RPM* masih berada dalam batas yang dapat diterima.

CONCLUSION

Setelah melakukan proses pembuatan rancangan alat *Surgical Smoke Eakuator* dengan *HEPA Filter* sebagai penyaring udara dari studi pustaka, perencanaan, percobaan, sampai

dengan pengambilan dan analisis data. Maka dapat disimpulkan Alat *Surgical Smoke Evacuator* berhasil dirancang dengan *HEPA filter* sebagai komponen utama untuk menyaring udara., Sistem ini menggunakan Arduino Uno, *sensor MQ-2* untuk mendeteksi asap, motor DC sebagai sistem hisap. Alat ini bekerja otomatis begitu *sensor MQ-2* mendeteksi asap, dengan tambahan fitur pengatur kecepatan motor menggunakan tombol serta layar LCD I2C sebagai pemberi informasi pada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan alat berfungsi dengan baik. Tegangan maupun kecepatan putaran motor (RPM) yang diukur semuanya berada dalam toleransi kesalahan maksimal $\pm 10\%$. Kami juga menguji tiga tingkat kecepatan (rendah, sedang, dan tinggi), dan hasilnya membuktikan sistem pengatur kecepatan merespons dengan baik, baik saat dipicu oleh sensor asap maupun perintah dari tombol manual.

REFERENCES

- Arif, A., Jumadil Awal, F., Kapasa Raya No, J., Tamalanrea, K., & Selatan, S. (n.d.). *Volume 5 Edisi 2 Bulan Desember Tahun 2023 Politeknik Bosowa*.
- Athoillah, M., & Zuhrie, M. (2021). Rancang Bangun PID Controller Dengan Tuning Ziegler Nichols Untuk Pengendalian Posisi Sudut Motor DC. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 10, 537–545. <https://doi.org/10.26740/jte.v10n2.p537-545>
- Bosowa, P., Muhammad, U., Mansur, A., Aditya Bachri Maulana, M., Studi Teknik Listrik, P., & Bosowa Jl Kapasa Raya, P. (2021). Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, 2(2).
- Fajar, M., Lestary, D., Hidayat, A., Fadhilatunisa, D., & Eka, A. (2023). *Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi dan Penyaringan Udara pada Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)*. 6(2).
- Katoch, S., & Mysore, V. (2019). Surgical smoke in Dermatology: Its hazards and management. In *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery* (Vol. 12, Issue 1, pp. 1–7). Wolters Kluwer Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/JCAS.JCAS_177_18
- Ralenza Pratama, W., Yulianti, B., Mt, S. T., Sugiharto, A., Studi, P., Elektro, T., & Industri, T. (n.d.). *PROTOTIPE SMART PARKING MODULAR BERBASIS INTERNET OF THINGS*.
- Zhou, Y. zhi, Wang, C. qun, Zhou, M. hua, Li, Z. yu, Chen, D., Lian, A. ling, & Ma, Y. (2023). Surgical smoke: A hidden killer in the operating room. In *Asian Journal of Surgery* (Vol. 46, Issue 9, pp. 3447–3454). Elsevier (Singapore) Pte Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.03.066>