

Purwarupa Smart Inhaler untuk Terapi Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) Berbasis ESP32 dan Sensor Efek Hall

Smart Inhaler Prototype Based on ESP32 and Hall Effect Sensor for Chronic Obstructive Pulmonary Disease Therapeutic

Anggita Dewi Puspita^{1*}, Dodi Zulherman², Nur Afifah Zen³

¹Program Studi S1 Teknik Biomedis, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Purwokerto

²Dosen Teknik Biomedis ³Dosen Teknik Telekomunikasi

anggitadewipuspita@student.telkomuniversity.ac.id¹, zulherman@telkomuniversity.ac.id²,
nurafifahzen@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Tingkat kepatuhan pasien dalam penggunaan inhaler masih menjadi tantangan dalam terapi penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Minimnya pemantauan dan sistem pengingat berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas terapi inhalasi. Penelitian ini merancang purwarupa smart inhaler berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor efek Hall untuk mendeteksi aktuasi inhaler pada pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK). Data penggunaan dikirimkan ke platform Blynk untuk ditampilkan secara real-time serta memberikan notifikasi jika pasien melewati jadwal terapi. Sistem ini didukung baterai Lithium-Polymer dengan modul charger TP4056 untuk mobilitas. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman firmware ESP32 dengan integrasi IoT, dan pengujian fungsionalitas alat. Hasil rancangan menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi aktivitas inhaler secara akurat dan mengirimkan data ke aplikasi pemantauan. Kesimpulannya, smart inhaler ini berpotensi meningkatkan kepatuhan pasien dalam terapi PPOK serta mempermudah pemantauan oleh tenaga medis.

Kata Kunci: smart inhaler, ESP32, sensor efek Hall, IoT, Blynk, terapi

Abstract – Patient compliance with inhaler use remains a challenge in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The lack of monitoring and reminder systems contributes to the low effectiveness of inhalation therapy. This study designed a prototype smart inhaler based on an ESP32 microcontroller and Hall effect sensor to detect inhaler actuation in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Usage data is sent to the Blynk platform to be displayed in real-time and to provide notifications if patients miss their therapy schedule. This system is supported by a Lithium-Polymer battery with a TP4056 charger module for mobility. The research methods included hardware design, ESP32 firmware programming with IoT integration, and functional testing of the device. The results showed that the system was able to accurately detect inhaler activity and send data to the monitoring application. In conclusion, this smart inhaler has the potential to improve patient compliance in COPD therapy and facilitate monitoring by medical personnel.

Keywords: smart inhaler, ESP32, Hall effect sensor, IoT, Blynk, therapy

1. Pendahuluan

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) merupakan salah satu penyakit paru kronis yang ditandai dengan hambatan aliran udara yang progresif dan tidak sepenuhnya reversibel. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa COPD menjadi penyebab kematian ketiga terbanyak di dunia dengan prevalensi yang terus meningkat setiap tahunnya [1]. Di Indonesia, COPD termasuk dalam sepuluh besar penyakit penyebab kematian dengan beban biaya

kesehatan yang signifikan, terutama akibat lamanya perawatan dan tingginya angka kekambuhan [2].

Terapi inhalasi merupakan pendekatan utama dalam manajemen COPD karena efektivitasnya dalam menghantarkan obat langsung ke saluran pernapasan. Namun demikian, tingkat kepatuhan pasien terhadap penggunaan inhaler masih menjadi tantangan besar. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa ketidakpatuhan pasien terhadap terapi inhalasi mencapai 50–80% [3], [4]. Faktor-faktor yang memengaruhi rendahnya kepatuhan tersebut antara lain kesalahan teknik penggunaan, keterbatasan pengetahuan pasien, dan ketiadaan sistem pengingat yang memadai [4]. Akibatnya, keberhasilan terapi menjadi kurang optimal dan risiko eksaserbasi meningkat.

Seiring dengan perkembangan teknologi kesehatan digital, solusi berbasis Internet of Things (IoT) mulai banyak digunakan untuk mendukung pemantauan pasien secara real-time [5]. Smart inhaler atau inhaler pintar merupakan salah satu inovasi yang diharapkan mampu meningkatkan kepatuhan pasien [6] [7] [8] dengan mencatat pola penggunaan, memberikan pengingat otomatis, serta menyediakan data yang dapat diakses tenaga medis. Beberapa penelitian internasional telah membuktikan efektivitas inhaler digital dalam meningkatkan kepatuhan, namun penelitian serupa di Indonesia masih terbatas.

Kebaruan ilmiah dari penelitian ini adalah perancangan prototipe smart inhaler berbasis mikrokontroler ESP32 [9] dan sensor efek Hall [10] yang terintegrasi dengan platform Blynk [11]. Perangkat ini dirancang untuk mendeteksi aktivitas penggunaan inhaler secara otomatis, mengirimkan data ke server berbasis cloud, dan menampilkan informasi tersebut dalam bentuk visualisasi serta notifikasi pada aplikasi pemantauan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga pada penerapan teknologi IoT dalam meningkatkan kualitas manajemen terapi pasien COPD.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan prototipe smart inhaler yang mampu: 1) mendeteksi aktivitas penggunaan inhaler secara akurat; 2) mengirimkan data pemakaian ke platform IoT secara real-time; dan 3) memberikan notifikasi pengingat bagi pasien serta akses pemantauan jarak jauh bagi tenaga medis. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kepatuhan pasien terhadap terapi inhalasi dapat meningkat sehingga efektivitas pengobatan COPD dapat lebih optimal.

2. Metode Penelitian

Secara sistematis pada bab ini akan menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, termasuk tahapan perancangan, perakitan, dan pengujian alat terapi pintar berbasis Internet of Things (IoT). Pendekatan ini bertujuan untuk merancang sistem yang dapat memantau penggunaan inhaler oleh pasien secara real-time serta meningkatkan kepatuhan terhadap terapi inhalasi. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk menghasilkan produk berupa perangkat kesehatan inovatif yang dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut.

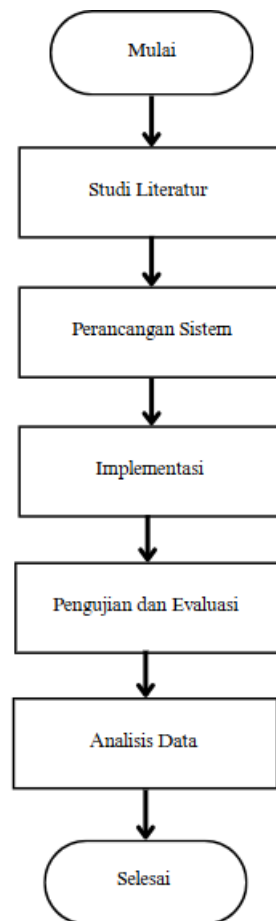
2.1. Desain Penelitian

Sensor efek Hall bekerja berdasarkan perubahan medan magnet. Ketika magnet permanen yang dipasang pada aktuator inhaler mendekati sensor, terjadi pergeseran tegangan output yang dibaca oleh ESP32. Sensor memberikan sinyal digital HIGH atau LOW sesuai keberadaan medan magnet. Perubahan sinyal ini digunakan untuk mendeteksi apakah inhaler ditekan atau tidak [10].

2.2. Alur Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis research and development (R&D) yang difokuskan pada perancangan dan pengembangan sistem alat terapi pintar. Tahapan dilakukan secara iteratif dengan pendekatan rekayasa perangkat keras dan lunak. Adapun metode yang digunakan mencakup:

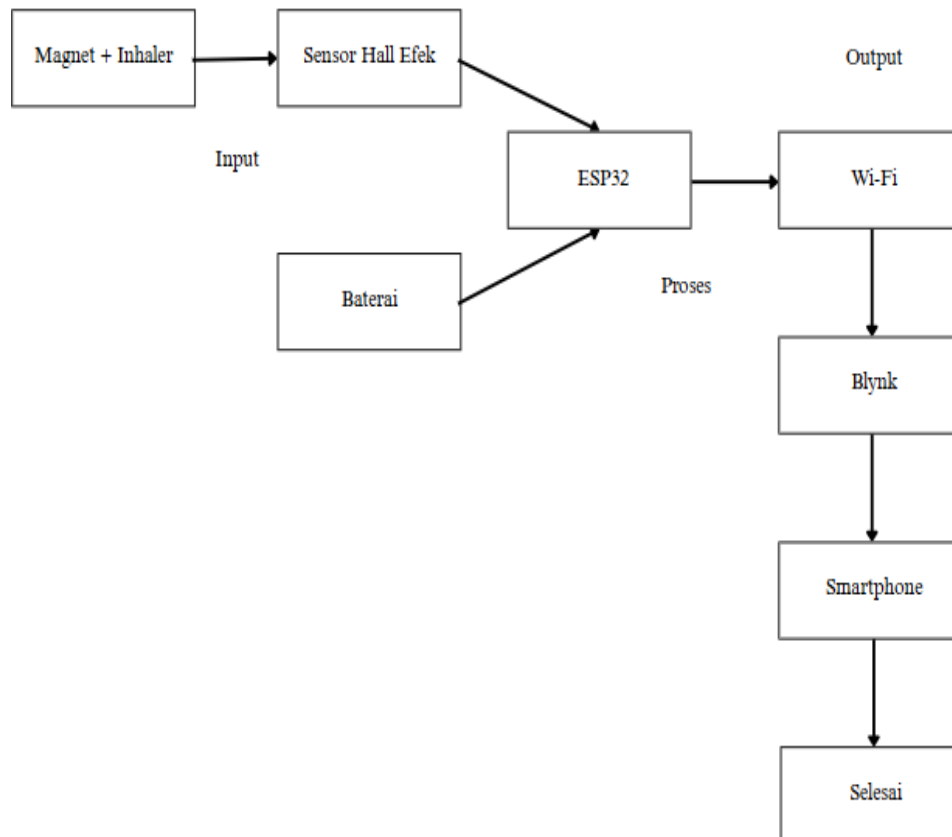
1. Studi Literatur: Mengkaji referensi terkait *COPD*, terapi inhalasi, serta implementasi teknologi IoMT pada alat kesehatan.
2. Perancangan Sistem: Menyusun blok diagram, skematik perangkat keras, dan alur kerja perangkat lunak.
3. Implementasi Prototipe: Merakit alat menggunakan ESP32 dan sensor efek Hall, serta mengintegrasikannya dengan platform IoMT.
4. Pengujian dan Evaluasi: Melakukan uji fungsionalitas dan evaluasi performa alat dalam memantau penggunaan inhaler.
5. Analisis Data: Menganalisis data hasil pengujian menggunakan metode kuantitatif untuk mengukur efektivitas dan akurasi alat.



Gambar 2. 1 Flowchart Alur Penelitian

2.3. Diagram Blok Sistem

Sistem terdiri atas perangkat keras untuk mendeteksi aktivitas inhaler dan perangkat lunak untuk pemantauan data jarak jauh. Komponen utama disusun untuk mendeteksi pemakaian inhaler dan mengirimkan data melalui koneksi internet. Diagram blok sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Diagram Perancangan Blok Sistem

Sensor efek hall mendeteksi adanya aktivitas penggunaan inhaler yang kemudian mikrokontroler ESP 32 mengelola input yang diterima dari sensor dan mengirimkannya ke cloud. Modul Wi-Fi terintegrasi dalam ESP 32 untuk koneksi internet yang dimana akan digunakan untuk ”berkomunikasi” dengan aplikasi Blynk yang dimana aplikasi ini akan menerima data, menampilkan notifikasi, dan menyimpan riwayat penggunaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa prototipe smart inhaler berbasis ESP32 dan sensor efek Hall berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan, terutama dalam mendeteksi aktuasi inhaler, mencatat penggunaan oleh beberapa responden, serta memastikan data dapat diamati secara konsisten. Tahap pengujian ini masih bersifat awal karena perangkat masih berada dalam proses pengembangan dan penyempurnaan.

3.1. Rancangan Purwarupa (Desain dan Print 3D)

Purwarupa dirancang menggunakan casing cetak 3D yang menyesuaikan letak ESP32, sensor efek Hall, dan magnet inhaler. Desain difokuskan pada integrasi mekanik antara aktuasi inhaler dan pendeteksian sensor.

Desain sistem ini mengintegrasikan modul sensor Hall dan magnet pada struktur fisik inhaler. Sensor Hall ditempatkan secara strategis pada bagian belakang atau sisi luar perangkat yang mencakup aktuator mekanis inhaler. Sementara magnet kecil diletakkan pada bagian bergerak dari inhaler (biasanya pada tutup atau bagian yang ditekan pengguna), sehingga saat pengguna menekan inhaler (seperti yang ditunjukkan oleh panah hitam ke bawah), magnet akan bergerak mendekati sensor Hall dan mengubah pembacaan medan magnet yang terdeteksi.

Bagian yang ditandai dengan garis merah vertikal (I) dalam gambar menunjukkan area atau celah di mana pergerakan magnet relatif terhadap sensor akan terjadi. Gerakan ini menjadi penentu utama bahwa inhaler sedang digunakan. Ketika tombol inhaler ditekan:

1. Magnet mendekati sensor efek Hall, menghasilkan pembacaan medan magnet yang signifikan.
2. Sensor Hall memberikan sinyal LOW ke pin digital pada ESP32.
3. ESP32 memproses sinyal ini dan segera mengirimkan data pemakaian ke platform Blynk Cloud via jaringan Wi-Fi.
4. Data tersebut langsung ditampilkan pada aplikasi Blynk di smartphone pengguna atau tenaga medis sebagai informasi pemantauan real-time.

3.2. Pengujian Sensor Efek Hall (30 Kali Pengukuran)

Sebanyak 4–5 responden dilibatkan dalam simulasi penggunaan inhaler. Masing-masing responden melakukan aktuasi sesuai jumlah yang ditentukan, dan hasil deteksi dicatat. Pengamatan menunjukkan bahwa variasi gaya tekan dan posisi tangan tidak secara signifikan memengaruhi kemampuan sensor dalam mendeteksi. Selisih kecil hanya terjadi pada individu yang menekan dengan tekanan sangat ringan, namun sistem tetap merekam mayoritas aktivitas inhalasi secara akurat.

3.3. Pengujian Pencatatan Waktu dan Konsistensi

Selain jumlah aktuasi, waktu penggunaan dicatat secara manual sebagai pembandingan terhadap urutan deteksi sensor. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu merepresentasikan urutan penggunaan secara konsisten berdasarkan waktu kejadian. Hal ini penting untuk mendukung integrasi data ke platform pemantauan seperti Blynk pada tahap pengembangan berikutnya.

3.4. Evaluasi Kinerja Sistem Secara Umum

Secara keseluruhan, pengujian awal menunjukkan bahwa smart inhaler mampu mendeteksi penggunaan inhaler secara fungsional melalui sensor efek Hall. Kinerja alat dinilai stabil ketika diuji pada beberapa individu dengan variasi kebiasaan penggunaan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem siap diarahkan menuju tahap integrasi dengan platform IoT, pengujian lanjutan, dan pengembangan pemberitahuan otomatis bagi pengguna.

4. Kesimpulan

Pengujian awal terhadap prototipe smart inhaler berbasis ESP32 dan sensor efek Hall menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi aktuasi inhaler secara akurat melalui pengamatan langsung terhadap 4–5 responden. Sensor bekerja secara konsisten dalam merekam setiap tekanan inhaler dan menunjukkan kesesuaian dengan hasil pengamatan manual. Variasi cara penggunaan oleh responden tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap akurasi deteksi. Selain itu, pencatatan urutan penggunaan berjalan sesuai waktu kejadian sehingga mendukung penerapan pemantauan real-time. Berdasarkan hasil ini, prototipe dinilai layak untuk dikembangkan lebih lanjut menuju integrasi dengan platform IoT dan penerapan sistem pengingat terapi.

Referensi

- [1] World Health Organization, "Chronic obstructive pulmonary disease (COPD)," WHO, 2023. [Online]. Available: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)). [Accessed 14 April 2025].
- [2] Kemenkes, "Ayo Sehat Kemenkes," Kementrian Kesehatan, 9 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://ayosehat.kemkes.go.id/pedoman-umum-pengelolaan-posyandu>. [Accessed 3 6 2025].

- [3] R.D. Restrepo, M. T. Alvarez, L. D. Wittnebel, H. Sorenso, R. Wettstein, et al. , "Medication adherence in chronic obstructive pulmonary disease patients," *International Journal of COPD*, vol. 3, no. 3, pp. 371-384, 2008.
- [4] C. Yin, Y. Luo, K. Shen, G. Mao, dan F. Tang, "Investigating influencing factors of medication adherence to inhalers in COPD patients: A study based on the Anderson model," vol. 1, 2024.
- [5] A. Nayan, A. Dey, K. A. Haque, dan M. G. Kibria, "IoT Based Smart Inhaler for Context-Aware Service Provisioning," in *in Proc. 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technology (ICAICT)*, Dhaka, Bangladesh, 2020.
- [6] A. H. Y. Chan et al., "Digital Inhalers for Asthma or Chronic Obstructive Pulmonary Disease," *Drugs & Therapy Perspectives*, vol. 37, no. -, p. 223–229, 2021.
- [7] G. Greene, R. W. Costello, "Personalizing medicine - could the smart inhaler," *Expert Opinion On Drug Delivery*, vol. 16, no. 7, pp. 675-677, 2019.
- [8] S. J. van de Hei, J. A. M. Rijkers-Mutsaerts, R. M. van den Wijngaart, et al., "Effectiveness, usability and acceptability of a smart inhaler programme in patients with asthma: protocol of the multicentre, pragmatic, open-label, cluster randomised controlled ACCEPTANCE trial," *BMJ Open Respiratory Research*, vol. 9, no. 1, 2022.
- [9] Espressif Systems, ESP32 Technical Reference Manual, Espressif, 2022.
- [10] M. Egerer, A. Ristolainen, L. Piho, L. Vihman, dan M. Kruusmaa, "Hall Effect Sensor-Based Low-Cost Flow Monitoring Device: Design and Validation," *IEEE SENSORS JOURNAL*, 2024.
- [11] Blynk Inc., "Introduction to Blynk," Blynk Inc., 2023. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io/en>. [Accessed 14 April 2025].