

PROTOTYPE SISTEM MONITORING KETINGGIAN SERBUK KAYU BERBASIS IOT (STUDI KASUS PT ANEKA REGALINDO)

Nazrul Amarullah Kamaludin Yusman¹, Arief Wisaksono², Agus Hayatal Falah³,
Syamsudduha Syahririni⁴

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Jl. Raya Gelam No.250, Pagerwaja,

Gelam, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

**Email: ariefwisaksono@umsida.ac.id*

ABSTRAK

Industri pengolahan kayu menghasilkan limbah serbuk kayu dalam jumlah signifikan yang jika tidak dikelola dengan baik dapat mengganggu operasional produksi serta menimbulkan risiko keselamatan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *prototype sistem monitoring ketinggian serbuk kayu berbasis Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04, dilengkapi dengan Telegram Bot sebagai media notifikasi peringatan dini. Lingkup penelitian mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengukuran ketinggian limbah, klasifikasi kondisi penampungan, serta pengiriman notifikasi secara *real-time*. Metode yang digunakan adalah penelitian pengembangan prototipe dengan pendekatan kuantitatif eksperimental, meliputi perancangan sistem, perakitan sensor dan mikrokontroler, pemrograman, serta pengujian kinerja sistem dengan perbandingan hasil pengukuran manual dan otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran ketinggian limbah secara akurat dengan tingkat *error* yang relatif rendah, konsisten mengikuti pengukuran manual, serta berhasil mengklasifikasikan kondisi penampungan ke dalam tiga level: rendah, menumpuk, dan penuh. Selain itu, sistem mampu mengirimkan notifikasi melalui Telegram secara *real-time*, menjadikannya efektif sebagai sistem peringatan dini untuk mencegah penumpukan berlebih. Kesimpulan, prototipe ini layak diterapkan dalam lingkungan industri pengolahan kayu, meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah, meminimalkan risiko keselamatan, serta membuka peluang pengembangan teknologi IoT lebih lanjut. Kata kunci: ESP32, HC-SR04, IoT, monitoring limbah, Telegram Bot

ABSTRACT

The wood processing industry produces significant amounts of wood dust waste, which, if not managed properly, can disrupt production operations and pose occupational safety risks. This study aims to design and build a prototype of an Internet of Things (IoT)-based wood dust height monitoring system using an ESP32 microcontroller and HC-SR04 ultrasonic sensor, equipped with a Telegram Bot as a medium for early warning notifications. The scope of the study includes hardware and software design, waste height measurement, storage condition classification, and real-time notification delivery. The method used is prototype development research with an experimental quantitative approach, including system design, sensor and microcontroller assembly, programming, and system performance testing by comparing manual and automatic measurement results. The results of the study show that the system is capable of accurately measuring waste height with a relatively low error rate, consistently following manual measurements, and successfully classifying storage conditions into three levels: low, piled up, and full. In addition, the system is capable of sending real-time notifications via Telegram, making it effective as an early warning system to prevent excessive accumulation. In conclusion, this prototype is suitable for implementation in the wood processing industry, improving waste management efficiency, minimizing safety risks, and opening up opportunities for further IoT technology development.

Keywords: ESP32, HC-SR04, IoT, waste monitoring, Telegram Bot

PENDAHULUAN

Sektor industri pengolahan kayu dan furnitur memiliki kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian nasional. Di sisi lain, proses produksinya menghasilkan limbah dalam jumlah besar, salah satunya berupa limbah serbuk kayu. Limbah serbuk kayu dihasilkan dari berbagai tahapan proses produksi seperti pemotongan, penggergajian, penghalusan, dan pembentukan material kayu. Berdasarkan penelitian (Sulaksono & Kurniawan, 2022), volume limbah serbuk kayu dapat mencapai 10–25% dari total bahan baku yang digunakan selama proses produksi. Apabila limbah tersebut tidak dikelola secara optimal, maka akumulasinya dapat menimbulkan berbagai permasalahan, antara lain terhambatnya kelancaran proses operasional produksi, menurunnya kualitas lingkungan kerja, meningkatnya risiko gangguan kesehatan akibat paparan partikel debu yang terhirup, serta potensi terjadinya kebakaran akibat penumpukan material yang mudah terbakar.

Pada praktiknya, pengelolaan limbah serbuk kayu di sebagian besar industri masih dilakukan secara konvensional melalui pemantauan visual oleh operator produksi. Metode ini memiliki keterbatasan, di antaranya ketergantungan pada faktor manusia, kurangnya akurasi pengukuran, serta ketidakmampuan dalam menyediakan informasi kondisi penampungan limbah secara *real-time*. Hal tersebut sejalan dengan temuan (Halim et al., 2019) yang menyatakan bahwa sistem pemantauan manual cenderung menimbulkan keterlambatan dalam proses pengosongan wadah limbah sehingga meningkatkan risiko keselamatan kerja dan menurunkan efisiensi operasional.

Perkembangan teknologi elektronika dan sistem tertanam memungkinkan penggunaan mikrokontroler dan sensor sebagai cara efektif dalam membuat sistem pemantauan secara otomatis. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan salah satu sensor yang umum digunakan untuk mengukur jarak serta elevasi material. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak secara non-

kontak dengan tingkat presisi yang relatif baik serta biaya implementasi yang rendah (Perdana et al., 2021). Penggunaan sensor ultrasonik dalam sistem monitoring dinilai efektif untuk mendeteksi perubahan ketinggian objek baik dalam bentuk cair maupun padat.

Seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi informasi, ide tentang *Internet of Things* (IoT) telah menjadi salah satu metode yang banyak diterapkan dalam pembuatan sistem pemantauan yang modern. Konsep IoT memungkinkan beragam perangkat elektronik saling terhubung melalui internet, sehingga bisa saling bertukar informasi dan diawasi dari jarak jauh, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara *real-time*. Menurut (Wikantama & Puspitasari, 2023), penerapan IoT pada sistem monitoring industri terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi intervensi manusia, serta mempercepat respons terhadap kondisi darurat.

Dalam praktiknya, mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu perangkat yang populer digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena memiliki modul Wi-Fi bawaan, mampu memproses data dengan cepat, dan menggunakan daya yang tidak terlalu besar. Penelitian (Eka Febri Anggara et al., 2024) menunjukkan bahwa ESP32 mampu beroperasi secara stabil dalam sistem monitoring berbasis jaringan internet dengan tingkat keandalan yang baik.

Penelitian terdahulu telah berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis IoT pada berbagai macam objek, seperti monitoring ketinggian air sungai (Halim et al., 2019), monitoring level air tambak udang (Kalbii et al., 2022), serta monitoring volume limbah cair menggunakan sensor ultrasonik (Febry Purnomo Aji et al., 2021). Selain itu, (Ardiliansyah & Puspitasari, 2021) juga membuktikan bahwa integrasi IoT dalam sistem otomatisasi industri mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengawasan. Pengembangan lebih lanjut dilakukan oleh (Wikantama & Puspitasari, 2023) melalui integrasi Telegram Bot sebagai media notifikasi peringatan dini, yang dinilai lebih praktis karena dapat diakses melalui

perangkat seluler tanpa memerlukan aplikasi tambahan yang kompleks.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan keberhasilan penerapan IoT pada sistem monitoring ketinggian dan volume material, kajian yang secara khusus membahas monitoring ketinggian limbah serbuk kayu pada industri furnitur masih relatif terbatas. Padahal, karakteristik serbuk kayu yang ringan, mudah menyebar, serta mudah terbakar menuntut adanya sistem pemantauan yang lebih presisi, kontinu, dan berbasis peringatan dini.

Berdasarkan permasalahan dan celah penelitian tersebut, diperlukan suatu inovasi sistem monitoring otomatis yang mampu memantau ketinggian limbah serbuk kayu secara *real-time*, akurat, serta terintegrasi dengan media notifikasi jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe sistem pemantauan ketinggian serbuk kayu yang berbasis *Internet of Things*, dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04, yang dilengkapi dengan Telegram Bot sebagai sistem notifikasi peringatan dini. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah, meminimalkan risiko keselamatan kerja, serta memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi IoT pada sektor industri pengolahan kayu, khususnya pada studi kasus PT Aneka Regalindo.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan prototipe teknologi yang bertujuan membuat dan menerapkan sistem pemantauan otomatis tinggi limbah serbuk kayu menggunakan *Internet of Things* (IoT), dengan fitur berupa pemberitahuan melalui aplikasi Telegram. Sistem ini dibuat agar bisa memantau secara langsung dan terus-menerus, sehingga dapat meningkatkan kemampuan dalam mengelola limbah serbuk kayu secara lebih efektif dan efisien di lingkungan industri, terutama di area tempat menyimpan limbah hasil produksi.

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimental,

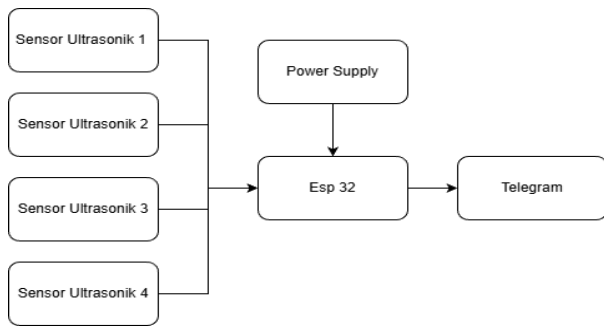
karena penelitian ini melibatkan proses pengumpulan, pengukuran, dan analisis data numerik yang diperoleh dari hasil pengujian sistem secara langsung. Data yang dianalisis meliputi hasil pembacaan sensor ultrasonik, nilai ketinggian limbah, waktu respons pengiriman notifikasi, serta tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi perubahan volume limbah. Pendekatan kuantitatif eksperimental sering digunakan dalam studi sistem pemantauan yang memanfaatkan *Internet of Things*, mengingat kapasitasnya untuk menyajikan kinerja sistem secara objektif, terukur, dan dapat direplikasi. (Ramadhan et al., 2024).

Dalam membangun sistem, penelitian ini menggunakan metode prototipe yang dilakukan secara perlahan dan berulang kali. Tahapan tersebut mencakup perancangan sistem awal, merakit komponen hardware, menulis program untuk mikrokontroler, melakukan pengujian fungsi, hingga proses pengevaluasian dan peningkatan sistem berdasarkan hasil pengujian kinerja. Metode prototipe dinilai efektif dalam penelitian rancang bangun perangkat berbasis mikrokontroler karena memungkinkan penyesuaian desain secara fleksibel sesuai kebutuhan lapangan dan temuan selama proses pengembangan (Febry Purnomo Aji et al., 2021).

Analisis Sistem

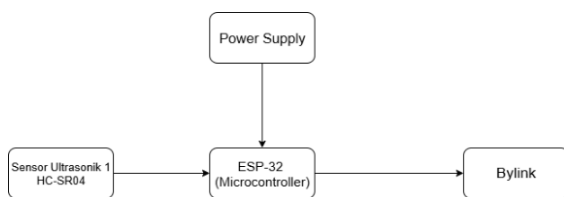
Tahap awal penelitian diawali dengan proses identifikasi kebutuhan sistem di PT Aneka Regalindo melalui observasi terhadap mekanisme pengelolaan limbah serbuk kayu yang sedang berjalan. Berdasarkan hasil pengamatan, proses pemantauan ketinggian limbah masih dilakukan secara manual melalui pemeriksaan visual oleh operator. Metode tersebut berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam mengetahui kondisi kapasitas bak penampungan serta dinilai kurang efisien dari segi waktu dan akurasi informasi. Kondisi serupa juga diungkapkan oleh Halimsah et al. (2019) yang menyatakan bahwa sistem pemantauan manual memiliki keterbatasan dalam ketepatan waktu serta keandalan data yang dihasilkan.

Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram Sekarang

Gambar 1 menyajikan skema blok diagram sistem yang diajukan dalam penelitian ini. Sistem mengintegrasikan empat buah sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai unit penginderaan utama yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data. Secara fungsional, konfigurasi sensor dibagi menjadi dua peran utama, yaitu tiga sensor yang ditempatkan pada sisi penampungan untuk menentukan klasifikasi status ketinggian limbah (aman, waspada, dan bahaya), dilengkapi dengan satu sensor yang ditempatkan di bagian atas untuk mengukur tinggi tumpukan serbuk kayu secara lebih akurat. Data dari sensor dibaca lalu diolah oleh ESP32, kemudian dikirim lewat jaringan Wi-Fi ke aplikasi Telegram agar bisa memberi informasi kepada pengguna.

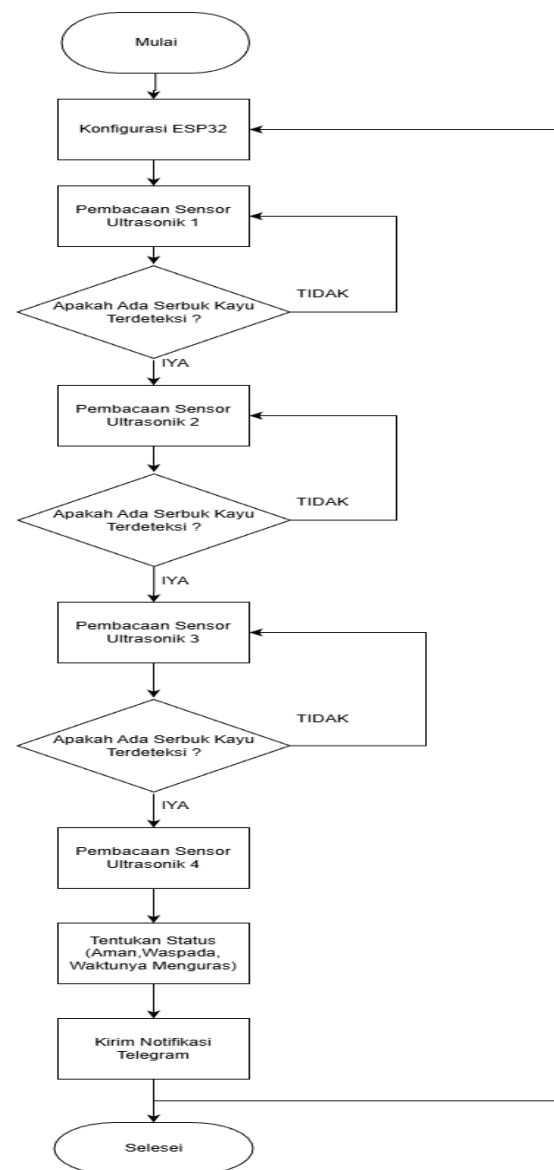


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Sebelumnya

Pada Gambar tersebut ditampilkan perbandingan dengan sistem penelitian terdahulu. Salah satu penelitian relevan dilakukan oleh (Eka Febri Anggara et al, 2024) yang membuat alat pemantau tinggi air dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things*, didasarkan pada mikrokontroler

ESP32 serta platform *Blynk*. Arsitektur sistem tersebut hanya memanfaatkan satu sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pengukuran pada satu titik fokus. Meskipun efektif untuk kebutuhan pengukuran sederhana, penggunaan sensor tunggal memiliki keterbatasan dalam mengklasifikasikan kondisi objek secara menyeluruh dari berbagai sisi. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan multi-sensor untuk meningkatkan akurasi serta cakupan deteksi kondisi penampungan limbah.

Flowchart Sitem

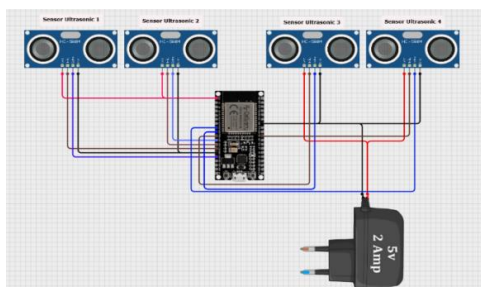


Gambar 3. Flowchart Alur Kerja Sistem

Flowchart pada Gambar tersebut menggambarkan tahapan operasional dari sistem pemantauan serbuk kayu, yang dikembangkan melalui integrasi sistematis antara komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Proses dimulai dari tahap inisialisasi ketika *power supply* memberikan daya kepada mikrokontroler ESP32 untuk mengaktifkan koneksi Wi-Fi dan melakukan konfigurasi pin input/output. Selanjutnya, sistem melakukan proses akuisisi data menggunakan empat sensor ultrasonik HC-SR04 secara berurutan. Tiga sensor samping berfungsi untuk mendeteksi volume penumpukan limbah dari sisi penampungan, sedangkan satu sensor bagian atas digunakan untuk mengukur ketinggian tumpukan material secara vertikal.

Data jarak yang diperoleh dari masing-masing sensor kemudian diproses menggunakan logika percabangan untuk menentukan klasifikasi kondisi penampungan limbah. Hasil pemrosesan menghasilkan tiga kategori status utama, yaitu Aman, Waspada, dan Waktunya Menguras. Tahap akhir dari alur kerja sistem adalah pengiriman informasi status secara *real-time* ke aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengguna. Integrasi Telegram sebagai media notifikasi memungkinkan pengguna menerima informasi secara cepat tanpa memerlukan perangkat lunak tambahan yang kompleks, sekaligus meningkatkan respons terhadap kondisi penumpukan limbah.

Perancangan Perangkat Keras



Gambar 4. Rangkaian Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai komponen

pemrosesan sentral, yang terintegrasi dengan empat sensor ultrasonik HC-SR04. Masing-masing sensor dikonfigurasi dengan pin *Trigger* dan *Echo* yang dihubungkan ke pin GPIO ESP32 untuk mendeteksi jarak antara sensor dan permukaan serbuk kayu. Seluruh komponen memperoleh suplai daya dari *power supply* 5V 2A guna menjaga stabilitas tegangan selama proses operasional sistem. Data yang sudah diproses oleh ESP32 kemudian dikirimkan secara nirkabel melalui jaringan Wi-Fi ke platform Telegram sebagai sarana pemantauan dari jarak jauh. Rancangan perangkat keras ini dirancang untuk memastikan kestabilan kinerja sistem, akurasi pengukuran sensor, serta keberlanjutan operasional dalam pemantauan limbah serbuk kayu secara kontinu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan informasi pada gambar Tabel 1, sistem monitoring ketinggian limbah serbuk kayu yang dikembangkan mampu mendeteksi perubahan ketinggian secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan metode perbandingan antara hasil pengukuran manual menggunakan alat ukur konvensional sebagai nilai referensi dan hasil pembacaan sensor sebagai nilai pengukuran otomatis sistem.

Untuk mengetahui tingkat akurasi sistem, dilakukan perhitungan nilai *error* dengan membandingkan selisih antara nilai pengukuran manual dan nilai pembacaan sensor otomatis menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Manual} - \text{Otomatis}|}{\text{Manual}} \times 100\%$$

Keterangan:

1. Manual = hasil pengukuran ketinggian limbah secara langsung (cm)
2. Otomatis = hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 (cm)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai pengukuran otomatis memiliki kecenderungan yang mendekati nilai pengukuran manual. Persentase *error* yang diperoleh bervariasi pada setiap titik pengujian, dengan nilai *error* tertinggi sebesar 13,33% pada ketinggian 12 cm dan *nilai error* terendah sebesar 0% yang terjadi pada beberapa titik pengukuran, yaitu pada ketinggian 8 cm, 20 cm, dan 30 cm. Variasi selisih pengukuran tersebut dipengaruhi oleh karakteristik sensor ultrasonik yang sensitif terhadap sudut pantulan gelombang serta kondisi permukaan serbuk kayu yang tidak rata, sehingga dapat memengaruhi kestabilan pembacaan jarak.

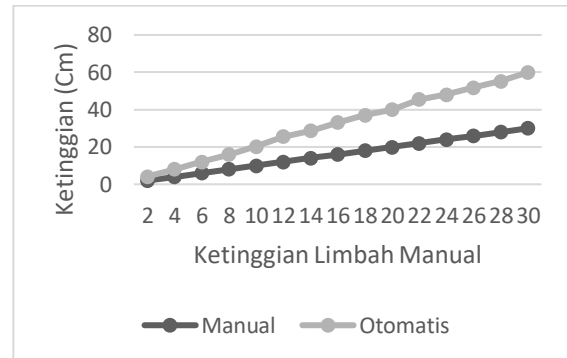
Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Manual (cm)	Otomatis (cm)	Error (%)	Level Kondisi
2	2.2	10.00	Rendah
4	4.1	2.50	Rendah
6	6.1	1.67	Rendah
8	8	0.00	Rendah
10	10.3	3.00	Rendah
12	13.6	13.33	Rendah
14	14.6	4.29	Rendah
16	17.1	6.88	Menumpuk
18	19	5.56	Menumpuk
20	20	0.00	Menumpuk
22	23.4	6.36	Menumpuk
24	24.1	0.42	Menumpuk
26	25.8	0.77	Penuh
28	27.3	2.50	Penuh
30	30	0.00	Penuh

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 1, terlihat bahwa pola grafik hasil pengukuran otomatis cenderung mengikuti pola pengukuran manual dengan selisih yang relatif kecil pada setiap titik pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat konsistensi dan kestabilan yang baik dalam mendeteksi perubahan ketinggian limbah serbuk kayu.

Selain aspek akurasi pengukuran, sistem juga berhasil melakukan klasifikasi kondisi limbah ke dalam tiga kategori utama, yaitu Rendah, Menumpuk, dan Penuh. Setiap perubahan level kondisi dapat terdeteksi dengan baik oleh sistem dan secara otomatis dikirimkan kepada pengguna melalui notifikasi

Telegram Bot secara *real-time*. Mekanisme ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya bisa mengukur ketinggian dengan tepat, tetapi juga bekerja baik sebagai sistem peringatan awal untuk menghindari penumpukan sampah yang terlalu banyak, yang bisa mengganggu jalannya operasional dan keamanan kerja.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Ketinggian Otomatis dan Manual

Secara umum, hasil pengujian mengindikasikan bahwa penerapan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipadukan dengan mikrokontroler ESP32 mampu bekerja secara terintegrasi dengan baik dalam mendukung kinerja sistem yang dirancang, serta sistem notifikasi berbasis Telegram mampu menghasilkan sistem monitoring yang responsif, stabil, dan layak diterapkan sebagai solusi pemantauan limbah serbuk kayu berbasis *Internet of Things* pada lingkungan industri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan, pelaksanaan, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa prototipe sistem monitoring ketinggian serbuk kayu yang menggunakan *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu melakukan pengukuran ketinggian limbah serbuk kayu secara otomatis dengan tingkat akurasi yang memadai, ditunjukkan oleh selisih (*error*) pengukuran yang relatif kecil serta pola pembacaan sensor yang konsisten mendekati hasil pengukuran manual.

Selain itu, sistem juga berhasil mengklasifikasikan kondisi penampungan limbah ke dalam tiga level utama, yaitu rendah, menumpuk, dan penuh, serta mengirimkan notifikasi secara *real-time* menggunakan Bot Telegram. Dengan fitur ini, sistem dapat digunakan sebagai alat ukur dan sistem peringatan dini paraafase polisi. Dini yang efektif untuk meminimalkan risiko penumpukan berlebih yang berpotensi mengganggu operasional maupun keselamatan kerja.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa penggabungan empat sensor ultrasonik dengan mikrokontroler ESP32 dan platform notifikasi Telegram menghasilkan sistem yang stabil, responsif, dan layak diterapkan dalam lingkungan industri pengolahan kayu. Implementasi multi-sensor meningkatkan akurasi pengukuran dan kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi penampungan secara menyeluruh, berbeda dengan penelitian terdahulu yang hanya menggunakan sensor tunggal.

Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada peningkatan ketahanan sensor terhadap debu dan kondisi lingkungan industri yang ekstrem, serta integrasi dengan platform monitoring berbasis web untuk memperluas akses pengawasan secara jarak jauh. Dengan demikian, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan secara praktis dalam pengelolaan limbah serbuk kayu, meningkatkan efisiensi operasional, serta mendukung penerapan teknologi digital di industri furnitur.

DAFTAR PUSTAKA

- Eka Febri Anggara, W., Yuana, H., & Dwi Puspitasari, W. (2024). RANCANG BANGUN ALAT MONITOR KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN ESP32 DAN FRAMEWORK BLYNK. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(5), 3837–3845. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i5.7956>
- Febry Purnomo Aji, Solehudin, A., & Rozikin, C. (2021). Implementasi Sensor Ultrasonik Dalam Mendeteksi Volume Limbah B3 Pada Tempat Sampah Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 6(2), 117–126. <https://doi.org/10.35316/jimi.v6i2.1306>
- Sulaksono, B., & Kurniawan, Y. (2022). Perancangan Konsep Mesin Mixer dan Press Serbuk Kayu yang Portable untuk Pembuatan Papan Partikel dengan Metode VDI 2221. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 12(2), 123–127. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v12i2.3621>
- Wikantama, P. T., & Puspitasari, R. (2023). Perancangan Perangkat Pengukur Ketinggian Banjir dengan ESP32 dan Telegram Berbasis IoT. *Elektriase: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 13(02), 107–114. <https://doi.org/10.47709/elektriase.v13i02.3108>
- Ardiliansyah, A. R., & Puspitasari, M. D. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pompa Otomatis Dengan Fitur Monitoring Berbasis IoT Menggunakan Sensor Flow Meter dan Ultrasonik. *Explore IT!: Jurnal ...*, 5(36), 59–67.
- Chandra Aldi Wibawa, R., Baskoro, F., Gusti Putu Asto, I. B., & Kholis, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Area Parkir Kosong pada Pusat Perbelanjaan Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Telegram Bot. *Jurnal Teknik Elektro UNESA*, 11(2), 182–189.
- Halim, S. R., Poerwanto, B., Muis, I., & Susilawati, F. E. (2019). Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Arduino dan SMS Gateway Sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini (Mitigasi Banjir). *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer 2019*, 2(1), 317–324.
- Kalbii, A. T., Kartini, U. T., Kholis, N., & Endryansyah. (2022). Monitoring Level

Air Pada Tambak Udang Dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, 11, 433–439.

Perdana, F. W., Ayuni, S. D., Wisaksono, A., & Syahririni, S. (2021). *Prototype Social Distancing Reminder Using HC-SR04 Sensor At The Payment Counter Via a Smartphone Prototype Peningat Social Distancing Menggunakan Sensor HC-SR04 Pada Antrian Loker Pembayaran Via Smartphone*. 1(2).

Ramadhan, M. D., Wisaksono, A., & Ahfas, A. (2024). *Journal of Computer Networks , Architecture and High Performance Computing Prototype Of Moisture Content Meter in Grain Using Esp32 Based on Spreadsheet Journal of Computer Networks , Architecture and High Performance Computing*. 6(2), 502–513.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.