

PEMANFAATAN LIMBAH KAYU MENJADI *SMART MARKER BOX* BERBASIS *IOT*

Utilization of Wood Waste in IoT-Based Smart Marker Box

*Nuskha Ilma Arini¹, Aji Wira Kusuma², Daffa Dhiya Ulhaq³, Dhuha Karima Doa Amzetha⁴,
Muhammad Bayu Tristianto⁵, Nadya Elisya Shalsabila⁶

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu
^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Manajemen Bisnis Industri Furnitur
E-mail: nuskha.arini@poltek-furnitur.ac.id

Received: 28 May, 2025

Accepted: 25 June 2025

ABSTRAK

Industri furnitur menghasilkan limbah kayu dalam jumlah besar yang seringkali belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Smart Marker Box* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor gerak inframerah sebagai upaya pemanfaatan limbah kayu menjadi produk fungsional dan bernilai tambah. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu observasi, studi literatur, perumusan masalah, perancangan desain produk, pembuatan produk, serta pengujian performa produk. Bahan utama yang digunakan berasal dari limbah potongan kayu, sedangkan sistem otomatisasi menggunakan sensor inframerah dan servo motor yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gerakan tangan secara akurat hingga jarak 5 cm dan membuka-tutup penutup secara otomatis dengan tingkat keberhasilan 100%. Uji ketahanan sensor menunjukkan bahwa komponen tetap berfungsi dengan baik hingga durasi penggunaan 60 menit.

Kata kunci: limbah kayu; *Internet of Things*; sensor gerak; smart marker box; otomasi

ABSTRACT

The furniture industry produces large amounts of wood waste that is often not optimally utilized. This research aims to develop an *Internet of Things* (IoT)-based *Smart Marker Box* using infrared motion sensors as an effort to utilize wood waste into functional and value-added products. This research was conducted through several stages, namely observation, literature study, problem formulation, product design, product manufacturing, and product performance testing. The main material used comes from waste wood pieces, while the automation system uses infrared sensors and servo motors controlled by an ESP8266 microcontroller. The test results show that the system is able to accurately detect hand movements up to a distance of 5 cm and open and close the lid automatically with a 100% success rate. The sensor durability test shows that the components continue to function properly up to a duration of 60 minutes of use.

Keywords: wood waste; *Internet of Things*; motion sensor; smart marker box; automation

PENDAHULUAN

Industri furnitur menghasilkan limbah kayu dalam bentuk serbuk dan potongan kayu yang cukup besar volumenya. Limbah ini seringkali hanya dibuang begitu saja atau dimanfaatkan secara sederhana sebagai bahan bakar, sehingga potensi nilai tambahnya belum tergali secara optimal. Padahal, pengelolaan limbah kayu yang tepat dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan sekaligus mendukung pelestarian lingkungan melalui pengurangan limbah dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan (Suharto, 2021).

Tabel 1. Data Produksi Kayu Log
Table 1. Log Production Data

Tahun	Produksi Kayu Log (Juta m ³)
2022	12,5
2023	13,8
2024	15,0

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada Tabel 1, produksi kayu log yang menjadi bahan baku utama industri furnitur di Indonesia menunjukkan tren peningkatan dari tahun 2022 hingga 2024. Estimasi limbah kayu dihitung berdasarkan persentase limbah kayu yang umum dihasilkan oleh industri furnitur, yaitu sekitar 20-25% dari total bahan baku kayu yang digunakan (Suharto, 2021; Smith et al., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa limbah kayu dari industri furnitur meningkat secara signifikan dan perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan dampak lingkungan yang negatif.

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai inovasi dan teknologi pengolahan limbah kayu telah dikembangkan untuk mengubah limbah tersebut menjadi produk bernilai tinggi. Metode-metode seperti pirolisis, pembuatan pelet kayu, dan produksi bahan kemasan *biodegradable* dari serat kayu menjadi contoh pemanfaatan limbah kayu yang ramah lingkungan dan ekonomis (Smith et al., 2022). Pirolisis, misalnya, adalah proses termokimia yang mengubah limbah kayu menjadi *bio-oil*, *biochar*, dan gas sintetis yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan (Jones & Lee, 2021). Selain itu, limbah kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan komposit, bahan bangunan, dan amandemen tanah untuk meningkatkan kesuburan dan struktur tanah (Wang et al., 2023).

Pengelolaan limbah kayu yang berkelanjutan tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti penumpukan limbah dan polusi, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru melalui penciptaan produk inovatif yang memiliki nilai jual tinggi. Namun, keberhasilan pemanfaatan limbah kayu sangat bergantung pada penerapan teknologi yang tepat dan pengelolaan kualitas limbah agar sesuai dengan standar yang berlaku (Müller et al., 2020).

Salah satu inovasi yang mengintegrasikan pemanfaatan limbah kayu dengan teknologi modern adalah pembuatan *Smart Marker Box*, yaitu kotak penyimpanan spidol yang menggunakan sensor gerak inframerah. Teknologi sensor ini memungkinkan kotak untuk membuka dan menutup secara otomatis saat mendeteksi gerakan tangan pengguna, sehingga memberikan kemudahan penggunaan, menjaga kebersihan, dan meningkatkan efisiensi waktu. Penggunaan sensor inframerah dalam sistem otomatisasi telah terbukti handal dalam mendeteksi objek tanpa kontak langsung, sehingga sangat cocok diaplikasikan pada produk yang mengutamakan higienitas dan kenyamanan (Wijaya, 2020).

Dengan mengolah limbah kayu menjadi produk fungsional seperti *Smart Marker Box*, tidak hanya limbah yang terkelola dengan baik, tetapi juga tercipta produk yang ramah lingkungan dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan pada pengurangan limbah dan pemanfaatan kembali sumber daya secara optimal (Suharto, 2021; Smith et al., 2022).

METODE

Metode yang diterapkan dalam penyusunan penelitian ini mencakup seluruh tahapan proses, mulai dari perencanaan hingga terbentuknya produk akhir serta pengujian produk sebagai berikut:

1. Observasi

Tahap observasi dilakukan dengan meninjau langsung kondisi lapangan guna mengidentifikasi peluang dan permasalahan. Pengamatan difokuskan pada dua aspek utama, yaitu:

- Potensi pemanfaatan limbah kayu dari aktivitas produksi di workshop furnitur, di mana ditemukan tingginya jumlah limbah kayu yang belum dimanfaatkan secara optimal.

- b. Aktivitas penggunaan spidol di lingkungan kampus maupun perkantoran, khususnya di ruang kelas dan laboratorium, yang menunjukkan adanya permasalahan umum seperti kesulitan dalam membuka kotak spidol secara manual, seringnya kehilangan spidol, serta minimnya aspek ergonomi pada tempat penyimpanannya.
2. Studi literatur
Studi Pustaka dilakukan dengan mencari referensi yang relevan, meliputi topik pengelolaan limbah kayu, penerapan teknologi sensor dalam otomasi, serta konsep desain produk berbasis *Internet of Things* (IoT) yang sejalan dengan prinsip industri 4.0. Studi pustaka ini menjadi landasan teoritis dalam menentukan solusi desain dan teknologi yang tepat untuk produk yang dikembangkan.
3. Perumusan masalah
Berdasarkan hasil observasi dan studi literatur, dirumuskan beberapa permasalahan utama yang mendasari penelitian ini, yaitu:
 - a. Belum optimalnya pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan baku produk fungsional.
 - b. Kebutuhan akan produk otomatisasi sederhana yang dapat meningkatkan kenyamanan pengguna.Permasalahan tersebut mendorong perancangan produk *Smart Marker Box* sebagai solusi inovatif berbasis teknologi sensor gerak dan IoT dengan pendekatan desain berkelanjutan.
4. Perancangan desain produk
Tahapan ini mencakup pembuatan gambar kerja 3D serta penyusunan daftar kebutuhan material dan peralatan yang akan digunakan. Desain produk mempertimbangkan aspek fungsionalitas, ergonomi, dan kemudahan produksi. Selain itu juga dilakukan perancangan sistem sensor dan kelistrikan yang akan digunakan.
5. Pembuatan produk
Proses pembuatan *Smart Marker Box* dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain:
 - a. Pemilihan bahan baku
 - b. Pembahanan dan pengamplasan
 - c. Konstruksi dan perakitan (*assembly*)
 - d. *Finishing*
 - e. Implementasi teknologi otomatisasi dan kelistrikan
6. Pengujian produk
Pengujian produk dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem secara menyeluruh melalui dua tahapan:
 - a. Uji Fungsionalitas Sensor, yang bertujuan untuk menilai akurasi sensor gerak dalam mendeteksi pergerakan tangan pengguna serta kelancaran servo motor dalam menjalankan fungsi buka-tutup secara otomatis.
 - b. Uji Ketahanan Sistem, yang menilai durabilitas komponen sensor dan servo motor terhadap penggunaan berulang dalam periode waktu tertentu.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

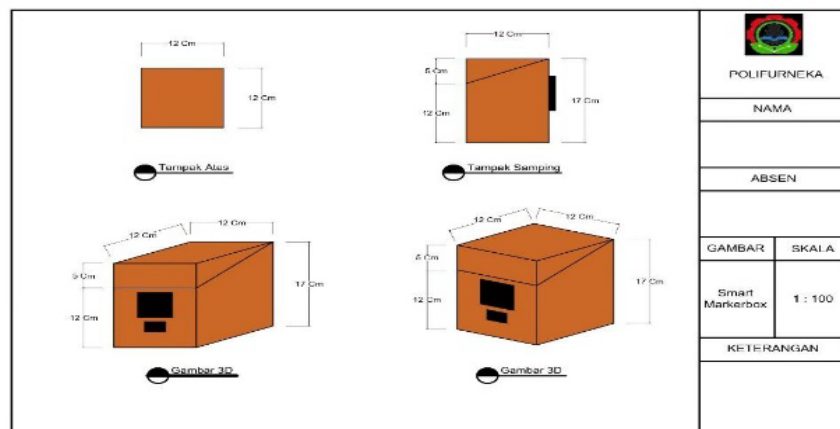
Figure 1. Research flow chart

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan Desain Produk

Smart marker box dirancang berbentuk balok yang memiliki dimensi 12 cm × 12 cm × 17 cm, seluruh bagian *box* dibuat dari limbah potongan kayu. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai desain produk ini, gambar kerja *smart marker box* dalam bentuk tiga dimensi dengan skala 1:100 ditampilkan pada Gambar 2. Visualisasi ini memudahkan pemahaman terhadap proporsi dan struktur produk secara keseluruhan.



Gambar 2. Gambar 3D Smart Marker Box

Figure 2. 3D Figure of Smart Marker Box

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Selanjutnya dilakukan identifikasi kebutuhan material dan peralatan yang diperlukan untuk proses pembuatan *smart marker box*. Hal ini penting untuk memastikan bahwa seluruh komponen yang digunakan sesuai dengan spesifikasi desain dan mendukung fungsi produk secara optimal. Adapun kebutuhan material dan peralatan yang digunakan saat pembuatan *Smart Marker Box* tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Kebutuhan Material dan Peralatan

Table 2. Material and Requirement List

Bahan Baku	Bahan Pendukung	Mesin dan Peralatan
Kayu limbah	Dowel	Mesin <i>table saw</i>
Sensor infrared	Engsel kupu-kupu	Bor
Penggerak servo	Lem	Amplas
Mikrokontroller	Cat <i>finishing</i>	<i>Trimmer</i>
Kabel		<i>Clamp</i>
Tempat baterai		Penggaris siku
		Meteran

2. Pembuatan Produk



Gambar 3. Proses pembuatan Smart Marker Box
Figure 3. Manufacturing process of Smart Marker Box

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Proses pembuatan *Smart Marker Box* dilakukan secara sistematis berdasarkan rancangan teknis yang telah disusun pada tahap perancangan. Tahapan pembuatan produk ini terdiri dari beberapa langkah utama, yaitu:

a. Pemilihan limbah potongan kayu

Bahan utama yang digunakan berasal dari limbah potongan kayu yang masih layak pakai, dengan mempertimbangkan ukuran, kekuatan serta kondisi permukaan material. Pemilihan material dilakukan berdasarkan kesesuaian dengan spesifikasi gambar kerja.

b. Pembahasan dan pengamplasan

Pada tahap ini, potongan kayu yang telah dipilih diproses pemotongan menggunakan mesin *table saw* untuk mendapatkan dimensi yang sesuai dengan gambar kerja. Selanjutnya, setiap bagian diampelas untuk menghilangkan serat kasar dan memastikan permukaan yang rata.

c. Konstruksi dan *assembly*

Tahap konstruksi dilakukan untuk menyatukan komponen kayu menjadi bentuk dasar kotak penyimpanan spidol menggunakan teknik sambungan seperti dowel dan lem kayu. Setelah struktur dasar terbentuk, dilakukan perakitan bagian atas yang dirancang sebagai penutup otomatis. Perakitan juga mencakup integrasi komponen pendukung engsel kupu-kupu untuk membuka-tutup penutup secara responsif.

d. *Finishing*

Setelah perakitan selesai, produk melalui proses *finishing* untuk meningkatkan tampilan estetika dan ketahanan material. Tahapan ini mencakup pelapisan permukaan produk dengan cat.

e. Pemasangan sensor dan servo

Tahap akhir mencakup pemasangan sistem otomasi dan kelistrikan, yaitu sensor gerak berbasis inframerah dan servo motor sebagai aktuator. Sensor gerak diposisikan pada area depan kotak, dengan orientasi yang disesuaikan agar optimal dalam mendeteksi keberadaan tangan pengguna. Servo motor dihubungkan ke penutup kotak dan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266.

3. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem *Smart Marker Box* dari segi fungsionalitas sensor dan servo motor, serta ketahanan material dan komponen elektronik selama penggunaan. Tahap pengujian ini penting untuk memastikan produk bekerja sesuai spesifikasi dan dapat digunakan sehari-hari.

a. Uji fungsionalitas sensor dan mekanisme otomatis

Pengujian awal difokuskan pada evaluasi akurasi sensor gerak inframerah dalam mendeteksi keberadaan tangan pengguna dan respon mekanisme servo motor terhadap sinyal dari sensor.

Tabel 3. Uji Fungsionalitas Sensor

Table 3. Sensor Functionality Test

Jarak yang ditentukan (cm)	Jarak yang dibaca sensor (cm)	Status	Respon
0	0	Terdeteksi	Tutup box terbuka
1	1	Terdeteksi	Tutup box terbuka
2	2	Terdeteksi	Tutup box terbuka
3	3	Terdeteksi	Tutup box terbuka
4	4	Terdeteksi	Tutup box terbuka
5	5	Terdeteksi	Tutup box terbuka
6	6	Tidak Terdeteksi	Tidak ada respon
7	7	Tidak Terdeteksi	Tidak ada respon
8	8	Tidak Terdeteksi	Tidak ada respon
9	9	Tidak Terdeteksi	Tidak ada respon
10	10	Tidak Terdeteksi	Tidak ada respon

Sensor yang digunakan memiliki sensitivitas terhadap gerakan dalam jarak terbatas. Dari hasil pengujian pada Tabel 3, diperoleh bahwa deteksi optimal terjadi pada jarak maksimal 5 cm dari permukaan sensor. Pada jarak tersebut, sistem mampu secara konsisten mengaktifkan servo untuk membuka penutup *box*. Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap servo motor untuk memastikan mekanisme buka-tutup berlangsung secara halus dan responsif. Servo berhasil menjalankan fungsi buka dan tutup kotak dengan tingkat keberhasilan 100% selama pengujian berlangsung, tanpa mengalami keterlambatan reaksi terhadap perintah dari mikrokontroler.

b. Uji ketahanan komponen sensor

Pengujian lanjutan dilakukan untuk menilai daya tahan komponen terhadap penggunaan berulang dalam jangka waktu tertentu. Fokus utama terletak pada dua aspek: durabilitas servo motor dan ketahanan sensor dalam mempertahankan kondisi aktif saat objek tetap berada dalam area deteksi.

Tabel 4. Uji Ketahanan Sensor
Table 4. Sensor Durability Test

Waktu yang ditentukan/ Time determined (menit)	Kondisi/ Condition	Status Ketahanan/ Durability Status
1	Tutup box terbuka	Tahan
5	Tutup box terbuka	Tahan
9	Tutup box terbuka	Tahan
13	Tutup box terbuka	Tahan
17	Tutup box terbuka	Tahan
21	Tutup box terbuka	Tahan
25	Tutup box terbuka	Tahan
29	Tutup box terbuka	Tahan
33	Tutup box terbuka	Tahan
37	Tutup box terbuka	Tahan
41	Tutup box terbuka	Tahan
45	Tutup box terbuka	Tahan
49	Tutup box terbuka	Tahan
53	Tutup box terbuka	Tahan
57	Tutup box terbuka	Tahan
60	Tutup box terbuka	Tahan

Dari pengujian pada Tabel 4, diketahui bahwa servo motor mampu bekerja secara kontinu membuka dan menutup kotak hingga durasi 60 menit, namun penggunaan dalam kondisi aktif terus-menerus menyebabkan peningkatan suhu dan risiko keausan komponen mekanis. Sementara itu, sensor tetap mempertahankan status aktif selama objek terdeteksi di wilayah jangkauan, namun membuka penutup secara terus-menerus dalam waktu lama berpotensi mengurangi efisiensi dan umur pakai sistem mekanik. Berdasarkan simulasi penggunaan sehari-hari, seperti pengambilan spidol atau penghapus yang hanya memerlukan waktu sekitar ± 1 menit, maka sistem dioptimalkan untuk membuka penutup hanya selama durasi tersebut. Hal ini bertujuan untuk menjaga efisiensi energi serta memperpanjang umur komponen servo dan sensor.

SIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan utama dalam pembuatan *Smart Marker Box* berbasis sensor gerak inframerah. Proses perancangan dan produksi dilakukan secara sistematis dengan memperhatikan aspek fungsionalitas, ergonomi, dan keberlanjutan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem sensor dan servo bekerja dengan baik dan akurat dalam mendeteksi gerakan serta menjalankan fungsi buka-tutup secara otomatis dengan jarak maksimal tangan pengguna berada di radius 5 cm. Ketahanan sensor juga teruji dalam simulasi penggunaan jangka waktu panjang hingga 60 menit tanpa penurunan performa signifikan. Dengan demikian, produk ini tidak hanya menawarkan solusi inovatif untuk penyimpanan alat tulis, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengurangan limbah dan penerapan teknologi ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Suharto, A. (2021). *Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Kayu untuk Mendukung Ekonomi Sirkular*. Jurnal Teknologi dan Lingkungan, 12(3), 145–153.
- Wijaya, R. (2020). *Implementasi Sensor Inframerah dalam Sistem Otomatisasi: Studi Kasus dan Aplikasinya*. Jurnal Elektronika dan Otomasi, 8(2), 89–97.
- Smith, J. (2022). Advances in Wood Waste Utilization: Sustainable Approaches and Technologies. *Renewable Resources Journal*, 15(1), 45–60.
- Jones, M., & Lee, H. (2021). *Pyrolysis Of Wood Waste for Bioenergy Production: A Review*. Energy Conversion and Management, 230, 113–125.
- Wang, L. (2023). *Wood Waste as Soil Amendment: Effects on Soil Fertility and Crop Yield*. Agricultural Science and Technology, 18(4), 210–220.
- Müller, F. (2020). *Quality Management in Wood Waste Recycling: Challenges and Solutions*. Journal of Environmental Management, 250, 109–118.
- Amrah, Z., Gusmira, E., & Sukmawati, N. (2021). *Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno*. Jurnal Teknologi, 5(2).
- Jannah, M. (2020). *Bak Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dan Sensor Passive Infra Red (PIR) Untuk Tunanetra*. Jurnal Rekayasa, 4(3).
- Setiawan, F. (2022). *Penggunaan Limbah Kayu dalam Produksi Peralatan Rumah Tangga Berbasis Desain Ramah Lingkungan*. Jurnal Inovasi Teknologi, 6(1).
- Pratama, A. (2023). *Implementasi Arduino dalam Inovasi Teknologi Otomasi: Studi Kasus pada Produk Berbasis IoT*. Jurnal Elektronika, 7(4).
- Saputra, R. A., Wijaya, Y. B., & Kurniawan, R. (2021). *Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Berbasis Sensor Inframerah Menggunakan Arduino Uno*. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, 9(3), 198–204.
- Nugroho, R. A., & Putra, D. R. (2022). *Pengembangan Sistem Otomatisasi Berbasis Sensor untuk Meningkatkan Efisiensi Peralatan Kantor*. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI), 8(1), 55–61.