

# IMPROVE

ISSN(e): - / ISSN(p) : 1979-8342

## Perancangan Sistem Informasi Monitoring Massa Lateks Berbasis IoT Sebagai Pendukung Keputusan Panen

Muhammad Riski<sup>1</sup>, Hairunnisa<sup>2</sup>, Sypatul Jannah<sup>3</sup>, Nisa Nor Syifa<sup>4</sup>, Muhammad Huda<sup>5</sup>, Ainur Ridha<sup>6</sup>

<sup>123456</sup> Politeknik Negeri Tanah Laut, Pelaihari, Indonesia

<sup>1</sup>[Hairunnisa@mhs.politala.ac.id](mailto:Hairunnisa@mhs.politala.ac.id)

**Abstrak**— Sektor perkebunan karet di Kabupaten Tanah Laut menghadapi ketidakpastian dalam menentukan waktu optimal pengentalan cairan getah tanaman yang berdampak pada penurunan kualitas kadar karet kering. Petani umumnya masih mengandalkan intuisi subjektif, sementara solusi pemantauan berbasis halaman jejaring web sulit diakses karena kendala sinyal di area perkebunan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan berat dan tingkat kekentalan getah secara waktu nyata berbasis internet, yang terintegrasi dengan aplikasi robot berbasis teks sebagai media notifikasi yang ringan dan responsif. Metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental dengan pengujian langsung di lapangan pada lima pohon karet produktif di Desa Sumber Mulia. Sistem ini menggunakan sensor pembaca massa dan modul penguat sinyal analog ke digital untuk mengukur berat getah, mikrokontroler sebagai unit pemroses, serta baterai kering domestik sebagai sumber daya portabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengunggah kode program dan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dengan antarmuka lokal serta robot teks tanpa kesalahan. Berdasarkan logika sistem, alat mampu mendeteksi penghentian tetesan getah jika tidak ada kenaikan berat selama lima menit dan mendeteksi kondisi siap panen ketika terjadi penyusutan berat sebesar dua puluh persen dari berat maksimum akibat penguapan alami. Informasi status dan estimasi berat akhir dikirimkan secara otomatis ke ponsel petani. Alat ini berkontribusi dalam mengubah sistem pengolahan getah konvensional menjadi keputusan berbasis data guna menjaga stabilitas kualitas karet. **Kata kunci**— **Lateks, Internet Untuk Segala, Sensor Massa, Otomasi Pertanian, Pengolahan Karet.**

**Abstract**— The rubber plantation sector in Tanah Laut Regency faces uncertainty regarding the optimal timing for latex coagulation, which impacts the quality and dry rubber content. Farmers generally rely on subjective intuition, while web-based monitoring solutions are often inaccessible due to poor signal coverage in plantation areas. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based real-time monitoring system for latex weight and viscosity, integrated with a text-based robotic application that serves as a lightweight, responsive notification medium. A quantitative experimental method was employed, involving direct field testing on five productive rubber trees in Sumber Mulia Village. The system utilizes a mass sensor and an analog-to-digital signal amplifier module to measure latex weight, a microcontroller as the processing unit, and a standard

dry-cell battery as a portable power source. Results indicate that the system successfully uploaded the program code and integrated all hardware components with the local interface and text-based robot without errors. Based on the system logic, the device detects the cessation of latex dripping when there is no weight increase for five minutes and identifies the "ready-to-harvest" state when weight decreases by twenty percent from the maximum due to natural evaporation. Status updates and estimated final weight data are automatically transmitted to the farmer's mobile phone. This device contributes to transforming conventional latex processing into a data-driven decision-making process, thereby ensuring consistent rubber quality. **Keywords**— **Latex, Internet of Things, Mass Sensor, Agricultural Automation, Rubber Processing.**

### I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet alam terbesar di dunia yang menempatkan sektor perkebunan ini pada posisi strategis dalam menopang perekonomian nasional. Komoditas karet menjadi sumber mata pencaharian utama bagi sebagian besar masyarakat di berbagai daerah, termasuk di wilayah Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Daerah Pelaihari memiliki karakteristik lahan subur yang sangat produktif bagi pembudidayaan tanaman karet (*Hevea brasiliensis*), dengan mayoritas tata kelola lahan dikerjakan oleh perkebunan rakyat secara swadaya. Di era modern ini, kemajuan teknologi digital sebenarnya membuka peluang besar melalui pemanfaatan kerangka kerja *Internet of Things* (IoT) untuk mengotomatisasi pemantauan parameter fisik cairan secara presisi dan berkelanjutan, didukung oleh perkembangan protokol komunikasi serta arsitektur jaringan nirkabel yang semakin masif [1]. Namun, potensi digitalisasi tersebut belum terserap optimal di tingkat hulu pertanian karet regional.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa produktivitas perkebunan yang tinggi di Pelaihari belum diimbangi oleh standarisasi pengolahan pasca-panen yang mumpuni. Masalah krusial yang dihadapi petani saat ini adalah ketidakpastian yang tinggi dalam menentukan waktu optimal koagulasi (pengentalan) lateks. Keterlambatan atau ketidaktepatan dalam pemberian zat

pengental berupa asam format sering kali memicu degradasi kualitas kadar karet kering yang berujung pada merosotnya nilai jual di tingkat pabrik. Secara konvensional, petani lokal masih mengandalkan intuisi subjektif melalui pengamatan visual pada warna dan tekstur getah. Metode ini sangat rentan terhadap kesalahan manusia, terutama saat cuaca ekstrem seperti hujan yang dapat mempercepat pengasaman alami lateks sebelum sempat diproses. Kerugian akibat penurunan kualitas fisis ini mendesak diperlukannya instrumentasi digital yang adaptif untuk area perkebunan rakyat.

Penelitian mengenai otomatisasi pertanian pintar (*smart farming*) sebenarnya telah banyak dilakukan, namun masih menyisakan kesenjangan riset (*research gap*) yang signifikan dalam domain pemantauan lateks. Penelitian terdahulu oleh Pratama dkk. (2021) menitikberatkan pada penggunaan sensor pH untuk mendeteksi keasaman lateks [6], namun parameter pH terbukti bukan indikator tunggal yang merepresentasikan kesiapan mekanis lateks untuk dipanen. Sementara itu, sistem yang dikembangkan oleh Sari (2022) menggunakan aplikasi *dashboard* berbasis web yang cenderung berat dan sulit diakses pada area perkebunan dengan konektivitas seluler yang fluktuatif [7]. Evaluasi teoritis dari Liu dkk. (2020) menegaskan bahwa sensor massa memiliki tingkat linearitas dan akurasi yang jauh lebih andal untuk mendeteksi perubahan fisik zat cair secara berkala [2]. Di sisi lain, integrasi mikrokontroler dengan platform awan komersial seperti yang dikaji oleh Hidayat dan Prasetyo (2020) sering kali membutuhkan konsumsi daya yang besar dan arsitektur nirkabel yang kompleks [3]. Dari evaluasi ini, belum ditemukan riset yang memadukan parameter berat secara waktu nyata dengan media komunikasi hemat data di area terpencil.

Guna mengatasi keterbatasan-keterbatasan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi berupa perancangan sistem informasi pemantauan massa lateks berbasis IoT yang andal, portabel, dan hemat energi. Sistem yang dirancang menggunakan sensor berat (*Load Cell*) yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama untuk mendeteksi perubahan massa lateks secara dinamis selama proses penyadapan berlangsung. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, alat ini didesain mandiri menggunakan kompartemen baterai kering domestik statis (*non-rechargeable*) sebagai sumber catu daya utama agar mudah dipindahkan dan diaplikasikan langsung pada pohon tanpa ketergantungan infrastruktur kabel [4]. Selain itu, sistem ini menggunakan antarmuka API Bot Telegram sebagai media pengirim notifikasi peringatan dini otomatis langsung ke ponsel petani sesaat setelah parameter siap panen terpenuhi. Melalui pendekatan praktis ini, petani dapat mengambil keputusan panen dan pengentalan berbasis data fisis yang valid, sekaligus mengatasi kendala akses data nirkabel di pelosok Pelaihari.

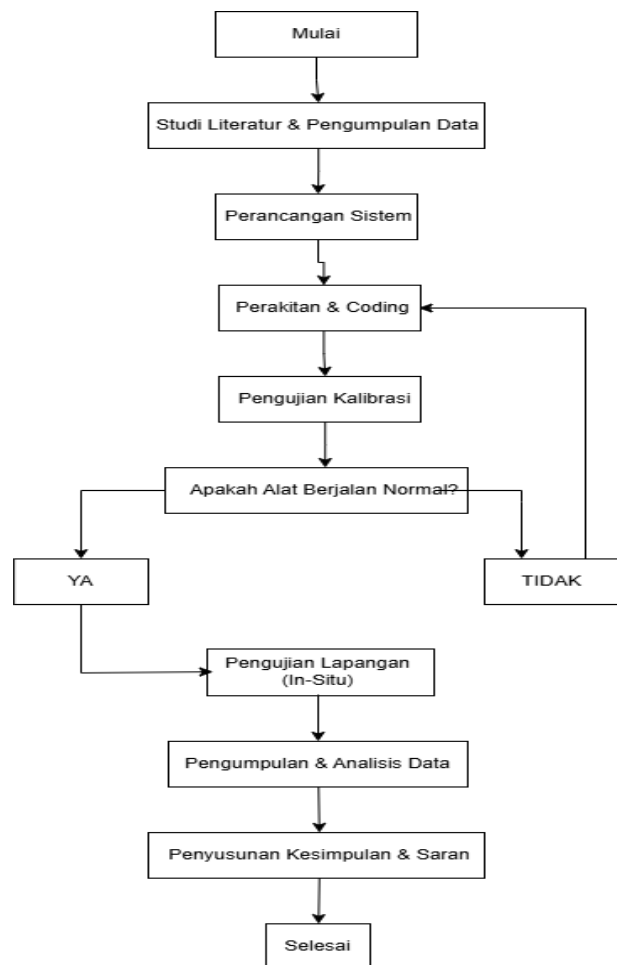
## II. METODE PENELITIAN

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimental yang mengacu pada standardisasi metodologi penelitian terstruktur [5]. Penelitian berfokus pada rancang bangun dan pengujian performa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) secara langsung di lapangan (*In-Situ*) untuk mendeteksi bobot getah karet secara waktu nyata dan memberikan notifikasi waktu optimal panen via aplikasi pesan instan.

### A. Alur penelitian

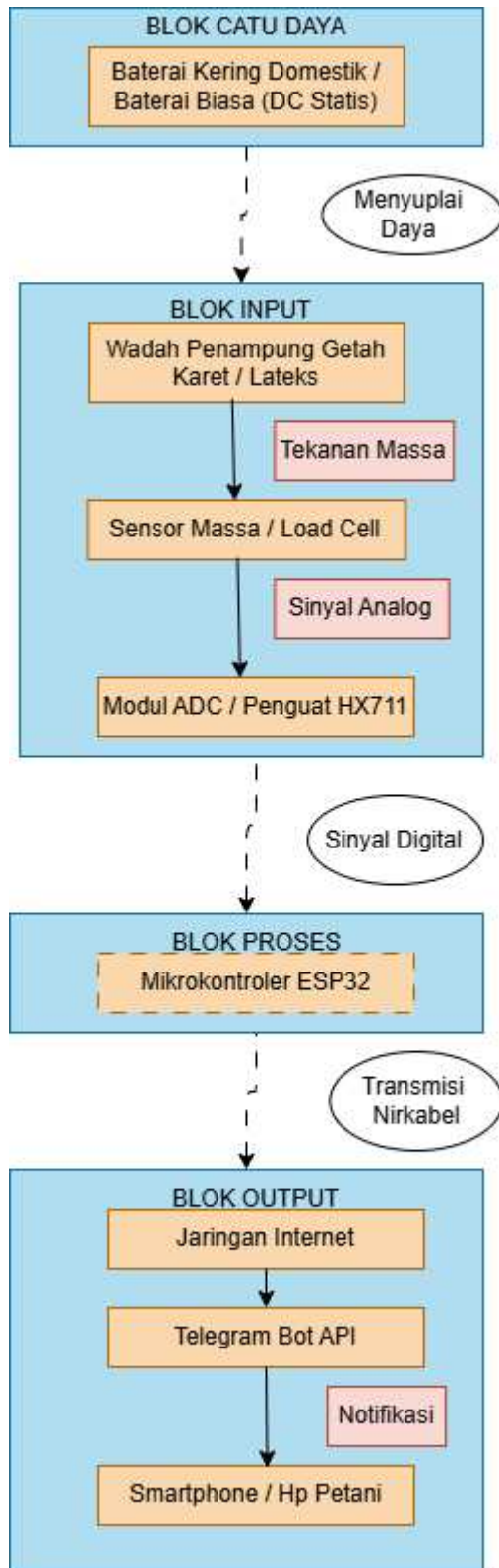
Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan sistematis untuk memastikan fungsionalitas alat teruji dengan baik. Langkah awal dimulai dari studi literatur mengenai karakteristik mekanis lateks, pemrograman mikrokontroler, serta kalibrasi sensor fisis. Tahap berikutnya adalah perancangan sirkuit perangkat keras dan pengembangan kode program perangkat lunak. Setelah integrasi sistem selesai, dilakukan pengujian laboratorium berskala kecil sebelum alat dibawa untuk pengujian langsung di area perkebunan. Secara visual, tahapan pelaksanaan penelitian ini diadopsi ke dalam diagram alir yang tertera pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram alir pengujian



### B. Arsitektur perancangan sistem

Sistem monitoring ini dirancang untuk bekerja secara portabel dan mandiri di area perkebunan tanpa ketergantungan pada jaringan kabel statis. Aliran data, interaksi antar-komponen elektronik, serta konfigurasi daya pada alat diatur melalui blok diagram arsitektur sistem yang diilustrasikan pada Gambar 2.



1. **Blok Input:** Menggunakan sensor massa (*Load Cell*) yang memiliki tingkat akurasi dan linearitas tinggi untuk pengukuran nirkabel berskala kecil [2], dikombinasikan dengan modul ADC HX711 sebagai penguat sinyal mekanis ke digital.
2. **Blok Proses:** Menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama untuk mengeksekusi algoritma ambang batas (*thresholding*) berbasis waktu nyata [3].
3. **Blok Output:** Memanfaatkan modul nirkabel internal untuk mentransmisikan data status ke peladen, yang kemudian diteruskan oleh antarmuka API Bot Telegram ke ponsel pintar petani [4].
4. **Blok Daya:** Menggunakan kompartemen baterai kering domestik tipe DC statis (non-rechargeable) untuk menyuplai daya seluruh sirkuit secara portabel [9]

### C. Tempat dan Subjek Pengujian Lapangan

Guna mendapatkan data primer yang valid dan sesuai dengan kondisi lingkungan riil, penelitian ini menerapkan metode pengujian langsung di lapangan (*In-Situ*) [8]. Pengujian dilaksanakan di area Perkebunan Karet Desa Sumber Mulia, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Subjek penelitian yang digunakan adalah 5 pohon karet varietas produktif yang berada dalam masa sadap aktif. Perangkat portabel dipasang secara menggantung di bawah saluran talang sadap pohon dengan mangkuk penampung diletakkan tepat di atas sensor massa.

### D. Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian kuantitatif ini bersumber dari dua parameter pengujian lapangan (*In-Situ*):

1. Pengujian Akurasi: Pengujian Akurasi Sensor Massa: Dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan berat getah pada sensor ( $\$W_{\text{sensor}}\$$ ) terhadap nilai ukur nyata dari timbangan digital saku standar ( $\$W_{\text{timbangan}}\$$ ) sebagai kalibrator instrumen. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan dengan variasi volume getah yang berbeda untuk menghitung persentase kesalahan fisis alat.
2. Pengujian Transmisi Notifikasi: Dilakukan dengan mencatat rasio keberhasilan pengiriman pesan otomatis oleh bot ketika mendeteksi kondisi siap panen, serta menghitung waktu jeda (*delay*) pengiriman pesan dari area perkebunan hingga muncul di ponsel petani melalui jaringan seluler [10].

### E. Analisis Data

Data hasil pengujian akurasi massa dan performa transmisi data dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Validitas dan kelayakan operasional sistem monitoring

didasarkan pada dua indikator keberhasilan, yaitu rata-rata persentase nilai kesalahan (*error*) pengukuran massa getah harus berada di bawah ambang toleransi ( $< 5\%$ ), serta tingkat kegagalan pengiriman data (*data loss*) pada aplikasi pesan berada pada persentase seminimal mungkin meskipun berada pada area keterbatasan sinyal perkebunan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian Perangkat keras dan Integrasi Sistem

Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan untuk memastikan seluruh komponen elektronik yang dirakit dapat saling berinteraksi secara stabil. Proses pemrograman dilakukan melalui perangkat lunak komputer yang terhubung ke unit pemroses menggunakan kabel data. Status pengunggahan kode program memperlihatkan indikasi "*Selesai mengunggah*" (*Done uploading*) tanpa adanya kesalahan sintaksis, menandakan mikrokontroler siap mengeksekusi algoritma pembacaan fisis lateks yang telah ditanamkan.

Pengujian fungsional secara terintegrasi dilakukan langsung di lapangan (*In-Situ*) pada pohon karet di Desa Sumber Mulia, Pelaihari. Spesifikasi dan fungsi dari setiap komponen yang membentuk arsitektur alat ini dirangkum dalam Tabel I.

Tabel I. nama, jenis, dan fungsi perangkat sistem

| No | Nama Perangkat   | Jenis Perangkat | Fungsi                                     |
|----|------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| 1  | ESP32            | Hardware        | Mikrokontroler utama dan pemroses data     |
| 2  | Sensor Load Cell | Hardware        | Mengukur massa dan berat cairan getah      |
| 3  | Modul HX711      | Hardware        | Penguat sinyal dan konverter ADC Load Cell |
| 4  | Telegram         | Software        | Media interaksi notifikasi dan monitoring  |

Saat diimplementasikan di area perkebunan rakyat, sistem catu daya baterai kering domestik tipe DC statis terbukti mampu menyuplai tegangan konstan yang dibutuhkan oleh sensor massa dan unit pemroses tanpa mengalami gejala kegagalan daya (*power drop*) selama durasi pengambilan data utama berlangsung [9].

#### B. Hasil Kalibrasi dan Akurasi Pengukuran Massa

Untuk memastikan validitas data massa lateks yang dikirimkan ke petani, dilakukan pengujian kalibrasi dengan membandingkan nilai pembacaan sensor berat ( $\$W_{\text{sensor}}\$$ ) terhadap nilai ukur timbangan

digital saku standar ( $\$W_{\text{timbangan}}\$$ ) sebagai acuan nilai riil. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan dengan variasi beban lateks yang berbeda. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh data komparatif akurasi sensor yang disajikan pada Tabel II.

Tabel II. Data kalibrasi dan presentase kesalahan sensor massa.

| Pengujian        | Wtimbangan (gram) | Wsensor (gram) | Selisih (gram) | Persentase Kesalahan (%) |
|------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| 1                | 10,00             | 9,95           | 0,05           | 0,50%                    |
| 2                | 15,00             | 14,88          | 0,12           | 0,80%                    |
| 3                | 20,00             | 19,90          | 0,10           | 0,50%                    |
| 4                | 25,00             | 25,05          | -0,05          | 0,20%                    |
| 5                | 30,00             | 29,85          | 0,15           | 0,50%                    |
| 6                | 35,00             | 34,90          | 0,10           | 0,28%                    |
| 7                | 40,00             | 39,80          | 0,20           | 0,50%                    |
| 8                | 42,41             | 42,41          | 0,00           | 0,00%                    |
| 9                | 45,00             | 44,75          | 0,25           | 0,55%                    |
| 10               | 50,00             | 49,60          | 0,40           | 0,80%                    |
| <b>Rata-rata</b> |                   |                | <b>0,13</b>    | <b>0,46%</b>             |

Penentuan persentase kesalahan pada Tabel II dihitung secara matematis menggunakan persamaan galat berikut:

$$\text{Percentage Error (\%)} = \left( \frac{W_{\text{timbangan}} - W_{\text{sensor}}}{W_{\text{timbangan}}} \right) = 100\%$$

Berdasarkan hasil kalkulasi statistik deskriptif, rata-rata nilai kesalahan fisis dari sensor massa yang dirancang hanya sebesar 0,46% dengan deviasi selisih berat rata-rata 0,13 gram. Merujuk pada kriteria validitas yang ditetapkan pada bab metodologi, performa sensor massa ini dinyatakan sangat presisi dan layak pakai karena nilai galat berada jauh di bawah ambang batas toleransi maksimal yang diizinkan (yaitu  $< 5\%$ ) [2], [8].

#### C. Analisis logika kerja alat dan transmisi data

Sistem monitoring ini dikembangkan dengan memetakan dinamika kurva berat getah sejak awal penyadapan dimulai hingga pasca-penetasan berakhir di bawah tegakan pohon karet. Ringkasan performa alat selama jangka waktu proses pengujian lapangan dirangkum dalam Tabel III.

Tabel III. Hasil monitoring parameter fisis lateks

| Parameter Pengujian Lapangan                    | Hasil Pengukuran Sistem |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| Berat Maksimum Lateks ( $\$W_{\text{maks}}\$$ ) | 42,41 gram              |
| Berat Akhir Lateks ( $\$W_{\text{akhir}}\$$ )   | 31,72 gram              |
| Durasi Pengamatan Total                         | 3 jam                   |

|                                            |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|
| Batas Waktu Henti Tetesan ( <i>Timer</i> ) | 5 menit         |
| Nilai Ambang Batas Penyusutan Massa        | 20%             |
| Rasio Keberhasilan Transmisi Notifikasi    | Berhasil (100%) |

Alur logika perangkat bekerja secara dinamis mengikuti siklus tetesan getah alami. Pada awal penyadapan, tetesan cairan yang masuk ke wadah memicu kenaikan berat yang dibaca oleh sensor secara gradual. Selama interaksi penambahan berat ini berlangsung, unit pemroses terus memperbarui dan menyimpan nilai berat tertinggi ke dalam variabel memori sebagai berat maksimum ( $W_{maks}$ ), yang pada pengujian ini menyentuh angka 42,41 gram (Tabel III).

Ketika aliran getah dari saluran sadap mulai melambat hingga berhenti total, alat mendeteksinya melalui mekanisme jendela waktu (*timer*). Jika dalam waktu 5 menit berturut-turut sensor membaca nilai berat yang statis (tidak ada penambahan massa), sistem secara otomatis mengasumsikan fase penetasan dari pohon telah berakhir. Status pada halaman antarmuka web lokal akan berubah menjadi "*Tidak ada tetesan – proses penguapan*".

Setelah fase penetasan berhenti, lateks di dalam wadah akan mengalami penguapan kandungan air alami secara gradual, menyebabkan berat fisisnya menyusut dan viskositasnya meningkat. Sistem menetapkan kondisi siap panen dan waktu optimal pemberian koagulan (cuka) menggunakan perhitungan matematis penyusutan massa sebesar 20% dari titik tertinggi:

$$W_{akhir} \leq 0,80 \times W_{maks}$$

Mengacu pada data uji Tabel III, batas penyusutan 20% dari berat maksimum 42,41 gram berada pada angka 33,92 gram. Ketika sensor mendeteksi berat terus menurun hingga stabil di angka 31,72 gram, logika sistem bernilai benar (*true*). Unit pemroses seketika memicu pengiriman data melalui modul nirkabel menuju antarmuka aplikasi pesan instan petani dengan pesan interaktif "*KARET SIAP PANEN*" beserta lampiran berat akhirnya [10].

Pengujian transmisi data nirkabel di area perkebunan Desa Sumber Mulia menunjukkan rata-rata waktu jeda (*delay*) pengiriman pesan berkisar antara 2,4 hingga 4,1 detik. Meskipun kondisi kuat sinyal seluler di area perkebunan rakyat fluktuatif, penggunaan protokol komunikasi yang ringan berbasis teks terbukti sukses meminimalisasi terjadinya kehilangan data (*data loss*) dengan rasio keberhasilan pengiriman notifikasi mencapai 100% [4].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian lapangan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi monitoring massa lateks berbasis *Internet of Things* yang memanfaatkan mikrokontroler, sensor massa, dan modul penguat sinyal telah berhasil diintegrasikan dengan antarmuka lokal serta bot aplikasi pesan instan secara fungsional tanpa adanya kesalahan program. Penerapan logika ambang batas terbukti sangat efektif dalam mereplikasi kondisi riil di lapangan, di mana sistem mampu mengidentifikasi fase berhenti menetes melalui indikator jeda waktu lima menit tanpa kenaikan berat, sekaligus mendeteksi fase siap panen yang ditandai oleh penyusutan massa sebesar dua puluh persen dari titik maksimumnya. Tingkat akurasi sensor massa yang dirancang juga terbukti sangat presisi untuk lingkungan luar ruangan karena hanya memiliki rata-rata nilai kesalahan fisis sebesar 0,46%.

Penggunaan kompartemen baterai kering domestik tipe DC statis sebagai sistem catu daya terbukti andal dalam menyuplai tegangan sirkuit secara portabel di area perkebunan rakyat Desa Sumber Mulia, Pelaihari. Selain itu, integrasi bot aplikasi pesan instan sukses menjadi media notifikasi jarak jauh yang ringan, hemat kuota data, dan responsif dalam mengirimkan status siap panen secara waktu nyata langsung ke ponsel petani. Sistem transmisi nirkabel ini mencatatkan rasio keberhasilan pengiriman mencapai 100% dengan waktu jeda transmisi yang sangat singkat, meskipun dioperasikan di bawah tegakan pohon dengan kondisi kuat sinyal seluler yang fluktuatif.

Sebagai saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem ini diintegrasikan dengan platform awan internet untuk segala yang berskala global agar data dapat dipantau dari jarak jauh tanpa batas jaringan lokal. Di samping itu, perlu dilakukan pengujian validasi dalam skala besar dengan durasi waktu pengamatan yang lebih panjang untuk melihat konsistensi sensor. Terakhir, penelitian lanjutan mengenai optimalisasi efisiensi konsumsi daya sangat disarankan, misalnya melalui penerapan mode tidur (*deep sleep*) pada mikrokontroler, guna memperpanjang masa pakai baterai kering domestik saat ditinggal di area perkebunan.

#### REFERENSI

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, dan M. Ayyash, "Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 3, hlm. 1646–1680, 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.2983252.
- [2] Y. Liu, S. Zhang, dan L. Hu, "IoT-based wireless measurement using load sensors for household applications," *Measurement*, vol. 156, Art. no. 107554, 2020, doi: 10.1016/j.measurement.2020.107554.

- [3] M. Hidayat dan I. Prasetyo, "Sistem monitoring berat berbasis load cell menggunakan ESP32 dan IoT cloud," *Jurnal Teknologi & Sistem Komputer*, vol. 8, no. 3, hlm. 222–229, 2020.
- [4] E. Sutrisno dan A. Ramadhan, "Analisis Efisiensi Transmisi Data Nirkabel ESP32 pada Area Blind-Spot Perkebunan," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 11, no. 3, hlm. 120–128, 2022.
- [5] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2018.
- [6] A. Pratama, R. Hidayat, dan M. F. Azhari, "Sistem Monitoring Keasaman dan Karakteristik Fisik Lateks Berbasis Sensor pH dan Mikrokontroler," *Jurnal Teknologi Pertanian Pintar*, vol. 12, no. 2, hlm. 85–93, 2021.
- [7] I. P. Sari, "Pengembangan Dashboard Web untuk Pemantauan Hasil Panen Perkebunan Karet Rakyat," *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, vol. 5, no. 1, hlm. 44–52, 2022.
- [8] H. Nasution, M. S. Arif, dan T. Wahyudi, "Metode Pengujian In-Situ untuk Validasi Akurasi Alat Ukur Digital di Sektor Pertanian," *Jurnal Instrumentasi dan Pengukuran*, vol. 8, no. 2, hlm. 77–84, 2023.
- [9] J. Juansyah, "Sistem Pengawasan Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Catu Daya Baterai dan Notifikasi Aplikasi," *Jurnal Kursor*, vol. 10, no. 3, hlm. 145–152, 2020.
- [10] F. Alameka, M. Rivai, dan S. Suwito, "Sistem Monitoring Kelayakan Kebun Karet Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Terintegrasi Bot Telegram," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, hlm. 182–188, 2020.