

Prototipe Sistem Rekam Data Alat-alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya Berbasis RFID

Prototype of Data Record System for RFID-Based Measuring Instruments, Measures, Weights and Equipment

Decky Ari Irwanto, Ardelia Ruciragati Kumala*, Gianto

Akademi Metrologi dan Instrumentasi, Jl. Raya Bandung - Sumedang No.Km 25, Kutamandiri, Kec. Tanjungsari,
Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, 45362
Email* : ruciragatikml@gmail.com

Abstrak – Pada pengawasan kemetrolgian, metode pencatatan data Alat-alat Ukur, Takar, Timbang, dan Perlengkapannya (UTTP) masih menggunakan metode konvensional dengan menulis atau mengetik data pada formulir pengawasan. Umumnya, pengambilan data satu UTTP membutuhkan waktu paling cepat sekitar 2 menit. Waktu tersebut hanya untuk pencatatan data dan belum termasuk alokasi waktu untuk pengujian teknis sehingga menjadi kendala jika jumlah UTTP yang diawasi berjumlah ratusan atau ribuan. Untuk mengurangi durasi pencatatan data, pada penelitian ini dilakukan perancangan prototipe sistem rekam data UTTP berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID). Sistem komunikasi data pada prototipe yang diusulkan menggunakan koneksi *On-The-Go* (OTG) antara *smartphone* dan Arduino UNO. Hal tersebut memungkinkan modul RFID MFRC522 yang terhubung ke Arduino dapat mengakses data RFID tanpa membutuhkan catu daya eksternal dan akses ke jaringan. Prototipe dilengkapi penyimpanan data pada memori *smartphone* dalam format Microsoft Excel. Pengujian pada prototipe yang dirancang meliputi akses data pada *tag* RFID berupa kartu, kunci, dan stiker. Berdasarkan pengujian, waktu maksimal yang dibutuhkan untuk proses pembacaan dan penulisan data pada *tag* RFID adalah 0,56 sekon, lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional yang membutuhkan waktu 124,56 sekon. Sistem RFID dapat mendeteksi *tag* hingga kemiringan sudut maksimal 135° dan tetap dapat berfungsi dengan media penghalang berupa plastik, kayu, dan kardus.

Kata kunci : rekam data UTTP, RFID, arduino, pengawasan kemetrolgian

Abstract - In metrological supervision, the method of recording data on Measuring Instruments, Measures, Scales, and Equipment (UTTP) still uses conventional methods by writing or typing data on surveillance forms. Generally, retrieving data for one UTTP takes about 2 minutes at the earliest. This time is only for data recording and does not include the allocation of time for technical testing so that it becomes an obstacle if the number of supervised UTTPs amounts to hundreds or thousands. To reduce the duration of data recording, in this study a prototype design of a UTTP data recording system based on Radio Frequency Identification (RFID) was carried out. The data communication system on the proposed prototype uses an On-The-Go (OTG) connection between the smartphone and Arduino UNO. This allows MFRC522 RFID modules connected to Arduino to access RFID data without the need for an external power supply and access to the network. The prototype features data storage on smartphone memory in Microsoft Excel format. Testing on the designed prototype includes data access to RFID tags in the form of cards, keys, and stickers. Based on the test, the maximum time required for the process of reading and writing data on RFID tags is 0.56 seconds, shorter than the conventional method which requires 124.56 seconds. RFID systems can detect tags up to a maximum angular tilt of 135° and can still function with barrier media in the form of plastic, wood, and cardboard.

Keywords : record UTTP, RFID, arduino, metrological surveillance

I. PENDAHULUAN

Pelaksanaan metrologi legal bersifat *mandatory* karena mengelola satuan ukuran, metode pengukuran, dan alat ukur yang terkait dengan persyaratan teknik dan peraturan berdasarkan undang-undang metrologi legal. Hal ini bertujuan untuk melindungi kepentingan umum dalam hal kebenaran pengukuran [1]. Metrologi legal berkaitan dengan proses tera/tera ulang dan pengawasan. Alat-alat Ukur, Takar, Timbang, dan Perlengkapannya (UTTP) merupakan komponen penting yang digunakan dalam pengujian, yang meliputi pengukuran, penakaran, dan penimbangan suatu kuantitas dan/atau kualitas. Untuk dapat memastikan kesesuaian dari pemakaian UTTP berdasarkan ketentuan syarat teknis kemetrologian, kebenaran hasil pengukuran, penakaran dan penimbangan, diperlukannya pengawasan terhadap UTTP [2]. Proses serta jadwal pengawasan UTTP dilakukan secara terjadwal setiap tahunnya sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) pada Unit Metrologi Legal (UML). Pengawasan kemetrologian digunakan sebagai dasar penilaian *surveillance* yang dilakukan oleh Direktorat Metrologi untuk penilaian kinerja secara keseluruhan terhadap UML Kabupaten/Kota [3].

Pada kegiatan pengawasan UTTP di lapangan saat ini dilakukan pengisian secara manual pada cerapan pengawasan kemetrologian. Kelemahan dari metode ini adalah penyimpanan yang memakan waktu, mudah rusak, tidak efisien dalam pengiriman data, dan pemborosan kertas [4-5]. Umumnya pengawas membutuhkan waktu beberapa menit untuk kegiatan menyalin dengan mengetik dan/atau menulis data-data tersebut. Terdapat contoh kasus di Kota Tanjungpinang bahwa pendataan UTTP belum didata kembali secara lengkap baik kuantitas maupun peruntukannya karena kegiatan pengawasan hanya dilakukan 2 kali dalam setahun karena kurangnya Sumber Daya Manusia (SDM) kemetrologian atau dalam hal ini adalah penera dan pengawas kemetrologian [6]. Dengan adanya perkembangan teknologi yang berkembang pesat, mengakibatkan peralatan manual diubah menjadi peralatan digital berbasis program komputer. Pencatatan data secara digital yang telah banyak digunakan adalah sistem berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID) dan sistem berbasis kode baris atau *Quick Response Code* (kode QR).

Teknologi RFID memiliki beberapa kelebihan

terutama dalam hal keamanan data yang tersimpan dan sistem memori yang dinamis [7]. Dengan adanya memori dinamis, perubahan informasi yang tersimpan pada RFID dapat dilakukan melalui komunikasi data elektronik non-kontak tanpa harus mengganti *tag* RFID yang terpasang pada barang. Dalam hal kecepatan pembacaan data, RFID menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kode QR [8]. Jarak baca untuk RFID *reader* MFRC522 adalah ± 2 cm [9]. RFID telah digunakan di berbagai bidang yaitu kesehatan, produk pangan, pertanian, otomotif, antariksa, produk berupa pakaian, dan monitoring aktivitas atau kegiatan [10]. Sistem pembaca dan penulis data menggunakan teknologi RFID dapat memanfaatkan mikrokontroler Arduino dan modul RFID MFRC522 [11]. Mikrokontroler kemudian dapat terhubung dengan perangkat berupa komputer atau *smartphone* yang dilengkapi komunikasi serial untuk menampilkan data yang terbaca atau data yang akan ditulis melalui modul RFID. Untuk kegiatan pengawasan di lapangan, penggunaan *smartphone* memiliki keunggulan dalam hal kemudahan mobilitas.

Penerapan penggunaan prototipe perekaman data dalam kegiatan metrologi legal sebelumnya pernah diteliti, sebagai contoh referensi yaitu penelitian berjudul "Identifikasi Tanda Tera Pada Alat-alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya Menggunakan Metoda RFID dan *QR Code*" [11]. Hal yang dapat diperbaiki dari penelitian tersebut di antaranya adalah masih menggunakan kode QR yang mengharuskan adanya proses mencetak dan memasang ulang kode baris yang baru dalam hal perubahan informasi. Selain itu, pada penelitian tersebut masih menggunakan baterai tambahan sebagai catu daya dan hanya menggunakan satu jenis *tag* RFID. Selanjutnya terdapat penelitian dengan judul "Prototipe Penyimpanan Data Hasil Pengujian BDKT Beku Menggunakan Teknologi RFID" [12]. Dalam penelitian tersebut, prototipe yang dirancang masih menggunakan komputer untuk memproses dan menjalankan fungsi pemrograman sehingga tidak mudah dibawa. Selain itu, integrasi ESP 8266 dengan *database* dan *website* harus terhubung pada sinyal *WiFi* menggunakan IP *localhost* yang sama dengan yang ada pada *web server*, jika tidak sama, maka *website* tidak dapat menampilkan data.

Dari hal di atas, pengembangan yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi durasi pencatatan data

UTTP dalam kegiatan pengawasan. Setiap UTTP memiliki jenis *tag* yang berbeda dengan menyesuaikan bentuk UTTPnya agar *tag* mudah terbaca dan tidak mempengaruhi kinerja UTTP. Penelitian ini menawarkan opsi sistem monitoring data UTTP sebagai data penyimpanan untuk keperluan pengawasan kemetrolgian dalam bentuk data elektronik pada *tag* RFID yang dapat ditransmisi ke dalam Microsoft Excel, dengan memanfaatkan catu daya dari *smartphone*. Sistem yang diusulkan memanfaatkan aplikasi yang telah tersedia di *Playstore* dengan nama Serial USB Terminal oleh Kai Morich. Aplikasi tersebut diintegrasikan untuk komunikasi data serial antara *smartphone* dengan mikrokontroler pada kegiatan mencatat dan menulis data secara non-kontak pada *tag* RFID dalam waktu kurang dari 1 sekon. Data pada *tag* RFID meliputi Nomor Induk Pegawai (NIP), nama pengawas, masa berlaku UTTP, kode Unit Metrologi Legal (UML), nama pemilik UTTP, lokasi tempat usaha, error penunjukkan UTTP, Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD), merek UTTP, tipe UTTP, dan nomor seri UTTP. Data-data yang akan ditulis pada *tag* RFID terlebih dahulu ditampilkan pada layar *smartphone* agar pengawas dapat kembali memeriksa data yang telah diinput.

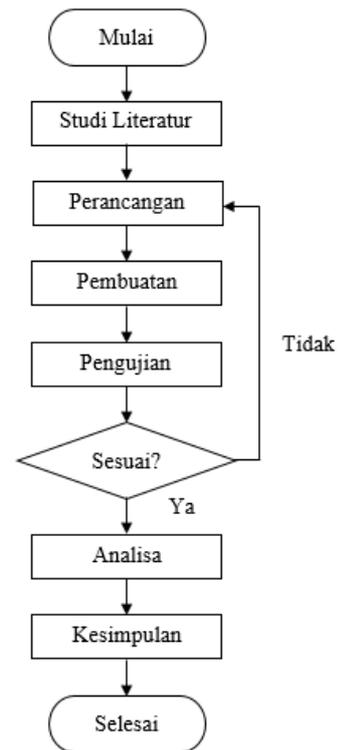
II. METODOLOGI

A. Alur Kerja Penelitian

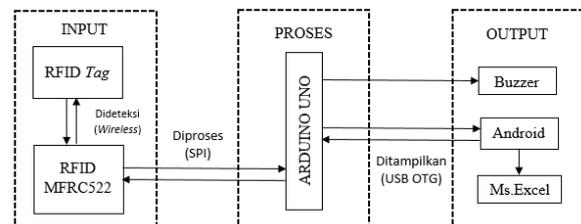
Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Akademi Metrologi dan Instrumentasi (Akmet). Penelitian ini menggunakan metode *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* (ADDIE). Metode ini diharapkan dapat menghasilkan pendekatan yang sistematis dan terstruktur dalam merancang dan mengembangkan prototipe yang akan dibuat. **Gambar 1.** menunjukkan alur kerja pada penelitian ini.

B. Cara Kerja Sistem

Sistem prototipe ini dirancang dengan perangkat keras (*hardware*) yang dapat diprogram oleh perangkat lunak (*software*). Perancangan sistem prototipe melibatkan sistem masukan (*input*) RFID *tag* dan RFID MFRC522, pemroses (*process*) pada Arduino UNO, dan keluaran (*output*) data pada Serial USB Terminal serta Microsoft Excel. Rancangan diagram blok sistem ditampilkan pada **Gambar 2.**



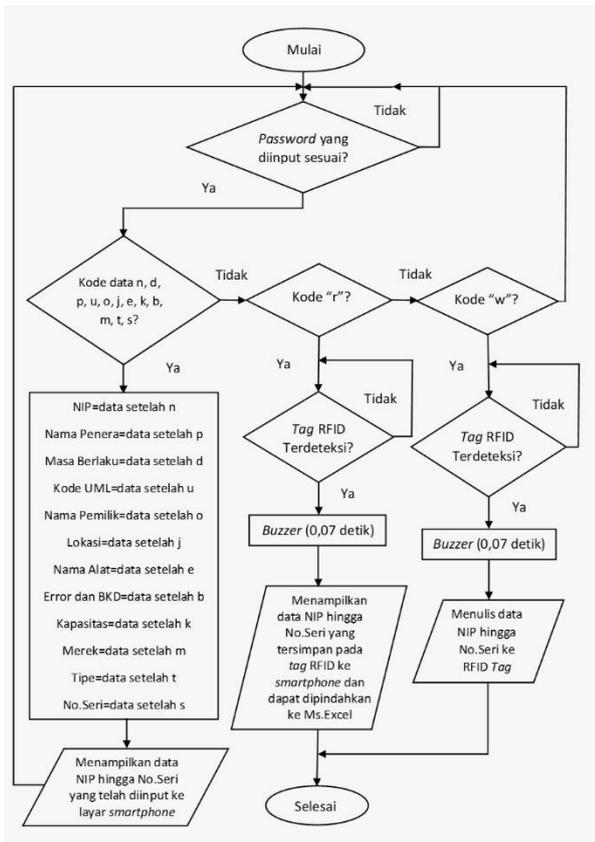
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Blok Kerja Sistem

Cara kerja alat berdasarkan blok diagram yaitu RFID *tag* dideteksi secara *wireless* oleh modul RFID MFRC522. Terdapat dua mode pada prototipe ini, yaitu mode *read* dan mode *write*. Mode *read* berfungsi untuk membaca data pada RFID *tag* oleh RFID MFRC522 dengan bantuan program arduino UNO yang telah mendapat input kode “r” pada layar *smartphone*. Adapun mode *write* berfungsi untuk menuliskan data ke RFID *tag* oleh RFID MFRC522 dengan bantuan program arduino UNO yang telah mendapat input kode “w” pada layar *smartphone*. Data dari RFID MFRC522 yang diproses atau dikirim ke Arduino UNO menggunakan protokol *Serial Peripheral Interface* (SPI) yang merupakan protokol komunikasi serial. SPI memiliki koneksi *full-duplex* yang berarti data yang dikirim dan diterima secara bersamaan sehingga data dapat diidentifikasi dan diproses baik untuk mode *read* atau *write*. Arduino UNO juga berfungsi untuk mengaktifkan modul RFID dan mengirimkan data atau fungsi pemrograman. Data yang terdeteksi dalam mode *read* atau *write*

diidentifikasi oleh *buzzer* yang menyala. Setelah data berhasil dikirimkan, selanjutnya akan ditampilkan pada aplikasi Serial USB Terminal. Android di sini juga berperan untuk memberikan catu daya untuk mengaktifkan Arduino UNO dan sistem prototipe secara keseluruhan. Data yang dikirim ke Serial USB Terminal selanjutnya akan ditransmisikan ke Microsoft Excel dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses pencatatan UTTP sekaligus menjadi arsip dokumen. Pada **Gambar 3**, ditunjukkan diagram alir perancangan sistem secara keseluruhan.

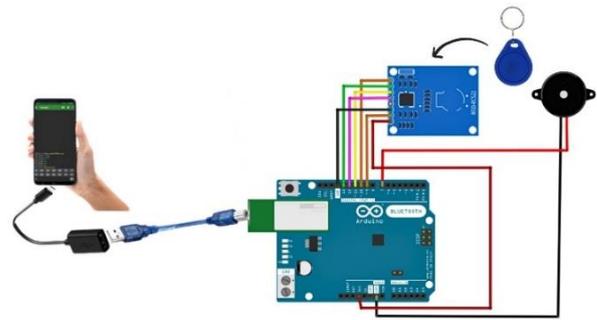


Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Sistem

C. Perancangan Sistem

Pada prototipe ini, sistem rekam data UTTP berbasis RFID dirancang dengan menggunakan beberapa komponen perangkat keras yang beroperasi berdasarkan pemrograman pada perangkat lunak. Perangkat keras seperti RFID MFRC522 berfungsi sebagai *reader* atau alat pembaca data menggunakan gelombang elektromagnetik yang dapat berfungsi jika RFID *tag* dengan spesifikasi yang sesuai jika didekatkan pada modul RFID *reader* yang digunakan. Kemudian RFID *tag* 13,56 MHz untuk menyimpan data. RFID *tag* yang digunakan pada prototipe ini terdiri dari 3 jenis *tag*, yaitu jenis kunci, kartu, dan stiker. *Tag* RFID dengan jenis kunci untuk identitas UTTP Bejana Ukur Standar, jenis kartu

untuk UTTP Anak Timbangan Standar, dan jenis stiker untuk identitas UTTP Timbangan Elektronik Standar. Arduino UNO merupakan sebuah mikrokontroler yang dapat menjalankan program untuk sistem identifikasi RFID dan pengiriman data UTTP dengan komunikasi data berbasis USB *On-The-Go* (OTG) yang akan ditampilkan pada aplikasi Serial USB Terminal. *Buzzer* yang berfungsi sebagai indikator apabila RFID *reader* dapat mendeteksi adanya informasi yang akan dibaca maupun ditulis dari RFID *tag*. Kemudian untuk komponen perangkat lunak dan tambahan yaitu aplikasi Serial USB Terminal berfungsi untuk menampilkan data yang tersimpan pada RFID *tag*, *smartphone* sebagai catu daya untuk mengaktifkan Arduino UNO dan sistem prototipe secara keseluruhan, dan Microsoft Excel berfungsi untuk menyimpan data informasi terbaru pada RFID *tag* agar mempermudah untuk proses pencatatan data UTTP. Berikut ini pada **Gambar 4**, ditampilkan skematik rangkaian elektronika untuk sistem rekam data alat UTTP berbasis RFID.

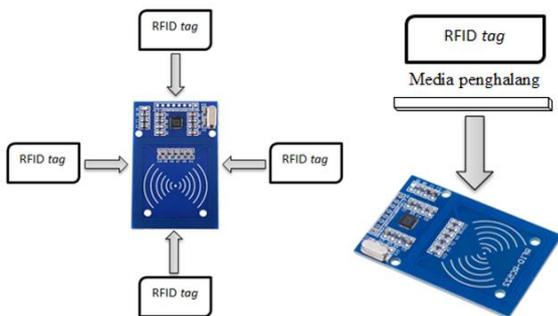


Gambar 4. Skematik Rangkaian Elektronika

D. Pengujian

Setelah dilakukan perancangan, dilakukan pula pengujian. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari prototipe yang telah dirancang. Indikator keberhasilan RFID *reader* untuk membaca dan menulis data berdasarkan bunyi dari *buzzer* yang kemudian ditampilkan pada Serial USB Terminal. Pengujian fungsi meliputi dengan dua mode, yaitu mode penulisan dan mode pembacaan pada Serial USB Terminal. Pengujian fungsi ini dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian antara data yang tersimpan dengan data yang ditampilkan serta kesesuaian antara data yang diinput dengan data yang ditulis. Dilakukan juga pengujian jarak deteksi *tag* menggunakan standar komparator sidang 1 meter untuk membuktikan bahwa prototipe yang dirancang dapat membaca data UTTP pada *tag* RFID dengan non-kontak pada jarak maksimal tertentu. Pengujian waktu penulisan dan pembacaan data menggunakan standar *stopwatch* dengan resolusi 1/100 s untuk mengukur respon waktu RFID *reader* dalam

mendeteksi RFID tag hingga data pada tag dapat ditampilkan pada aplikasi Serial USB Terminal. Kemudian dilakukan pengujian sudut pembacaan reader untuk mengetahui kemiringan sudut maksimal saat penempatan tag RFID terhadap RFID reader. Terakhir, dilakukan pengujian RFID reader dengan menambahkan media penghalang untuk menguji keberhasilan RFID reader dalam membaca RFID tag yang kemungkinan akan menghalangi pada proses pembacaan tag. Berikut pada **Gambar 5**, ditampilkan ilustrasi posisi RFID tag dengan dan/atau tanpa media penghalang.



Gambar 5. Posisi tag dengan dan/atau tanpa media penghalang

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain hardware prototipe sistem rekam data UTTP berbasis RFID pada **Gambar 6**, terdiri dari kotak komponen, kotak kabel, dan handgrip. Komponen perangkat keras diletakkan pada kotak bagian depan, sedangkan kotak bagian tengah untuk jalur sambungan kabel USB arduino ke USB OTG dan peletakan holder smartphone. Handgrip untuk pegangan dalam menggunakan prototipe ini.



Gambar 6. Bentuk Prototipe

Beberapa sistem menggunakan RFID yang telah dikembangkan telah dilengkapi dengan akses ke jaringan internet [13-15], Short Message Service (SMS) [16-17], dan Wifi [18-19] yang tersambung ke akses database. Akses ke database dibutuhkan jika kapasitas penyimpanan yang tersedia di tag RFID tidak mencukupi untuk menyimpan data dalam jumlah besar. Akses ke internet juga dibutuhkan jika pengguna data RFID berada sangat jauh dari posisi instalasi pembaca data RFID.

Sistem tersebut tentunya membutuhkan beberapa perangkat tambahan seperti modul komunikasi ke jaringan, baterai, dan Battery Management System (BMS) [10]. Pada pengawasan UTTP di lapangan, sistem pencatatan tidak membutuhkan akses ke jaringan karena pengawas datang langsung ke lokasi UTTP kemudian membaca data histori pengujian sebelumnya. Sehingga, sistem yang digunakan oleh pengawas tidak membutuhkan akses ke database yang menggunakan internet. Kondisi tersebut juga didukung adanya beberapa daerah yang belum memiliki akses internet yang memadai. Penggunaan sistem OTG pada prototipe yang dirancang tetap memungkinkan penyimpanan data secara lokal pada memori smartphone untuk selanjutnya dapat dikirim atau didistribusikan dalam format Microsoft Excel jika akses internet telah tersedia.

A. Pengujian Fungsi Sistem

Setelah seluruh komponen dirakit, maka pengujian dapat dilakukan. Penempatan RFID tag pada tiap UTTP yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 7**. Pertama, smartphone dihubungkan dengan USB OTG yang tersedia pada sistem. Kemudian pada pengaturan smartphone, akses untuk koneksi OTG dihidupkan agar dapat terkoneksi dengan aplikasi Serial USB Terminal. Apabila aplikasi mendeteksi adanya USB device maka layar smartphone akan menunjukkan "USB device detected". Setelah sistem terhubung dengan aplikasi, maka layar smartphone akan menunjukkan "Connected to CDC device" dan akan diminta untuk memasukkan password. Setelah password yang dimasukkan sudah benar, hal ini menandakan bahwa sistem telah siap untuk melakukan perekaman data.



Gambar 7. Penempatan tag pada tiap UTTP.

Untuk melihat kode instruksi yang digunakan pada sistem dapat menekan "i", maka tampilan layar akan terlihat seperti **Gambar 8**. Setelah itu memasukkan kode "r" lalu tap RFID tag dengan RFID reader dan buzzer akan berbunyi sebagai indikator adanya tag yang terdeteksi. Apabila

dalam *tag* sudah berisi informasi data UTTP, maka sistem akan menampilkan pada layar.

```
14:14:20 *Ketik i untuk melihat kode intruksi*
14:14:22 i
14:14:23
14:14:23
14:14:23 *NIP (n) : *
14:14:23 *Nama (p) : *
14:14:23 *Masa Berlaku (d) : *
14:14:23 *Kode UML (u) : *
14:14:23 *Nama Pemilik (o) : *
14:14:23 *Lokasi (j) : *
14:14:23 *Nama Alat (e) : *
14:14:23 *Kapasitas (k) : *
14:14:23 *Error/BKD (b) : *
14:14:23 *Merek (m) : *
14:14:23 *Model/Tipe (t) : *
14:14:23 *No.Seri (s) : *
```

Gambar 8. Tampilan Serial USB Terminal saat perintah i

Sebaliknya, apabila *tag* dalam keadaan kosong atau tidak terdapat informasi data UTTP, maka dapat menginput data yang ingin dimasukkan dengan cara menulis seperti contoh “Nama = data setelah p” maka “Nama = pArdelia”. Kemudian menekan huruf “w” untuk menuliskan semua data dari NIP hingga No.Seri ke RFID *tag*. Tampilan pada aplikasi dapat terlihat pada Gambar 9. Cara ini sama halnya apabila ingin melakukan perubahan data. *Buzzer* akan berbunyi sebagai indikator apabila semua data telah dituliskan ke RFID *tag* dan data yang dituliskan ditampilkan pada layar *smartphone*.

```
17:05:39 *Merek (m) : *
17:05:39 *Model/Tipe (t) : *
17:05:40 *No.Seri (s) : *
17:05:45 nA021024
17:05:46
17:05:46
17:05:46 *NIP (n) : *A021024
17:05:46
17:05:46 *Nama (p) : *
17:05:46 *Masa Berlaku (d) : *
17:05:46 *Kode UML (u) : *
17:05:46 *Nama Pemilik (o) : *
17:05:46 *Lokasi (j) : *
17:05:46 *Nama Alat (e) : *
17:05:46 *Kapasitas (k) : *
17:05:46 *Error/BKD (b) : *
17:05:46 *Merek (m) : *
17:05:46 *Model/Tipe (t) : *
17:05:47 *No.Seri (s) : *
17:05:51 w
17:05:52 *Scan RFID Tag untuk menulis data!*
17:05:55
17:05:55
17:05:55 *Data NIP Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Nama Penera Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Masa Berlaku Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Kode UML Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Nama Alat Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Error dan BKD Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Merek Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Kapasitas Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Model & Tipe Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Nomor Seri Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Nama Pemilik Berhasil Ditulis*
17:05:55 *Data Lokasi Berhasil Ditulis*
```

Gambar 9. Tampilan Serial USB Terminal saat perintah i dan w

Pada Tabel I. merupakan data hasil persentase keberhasilan pengujian fungsi sistem yang dilakukan sebanyak 30 kali pengulangan dengan 3 jenis RFID *tag* yang berbeda.

Tabel I. Parameter Keberhasilan Uji Fungsi

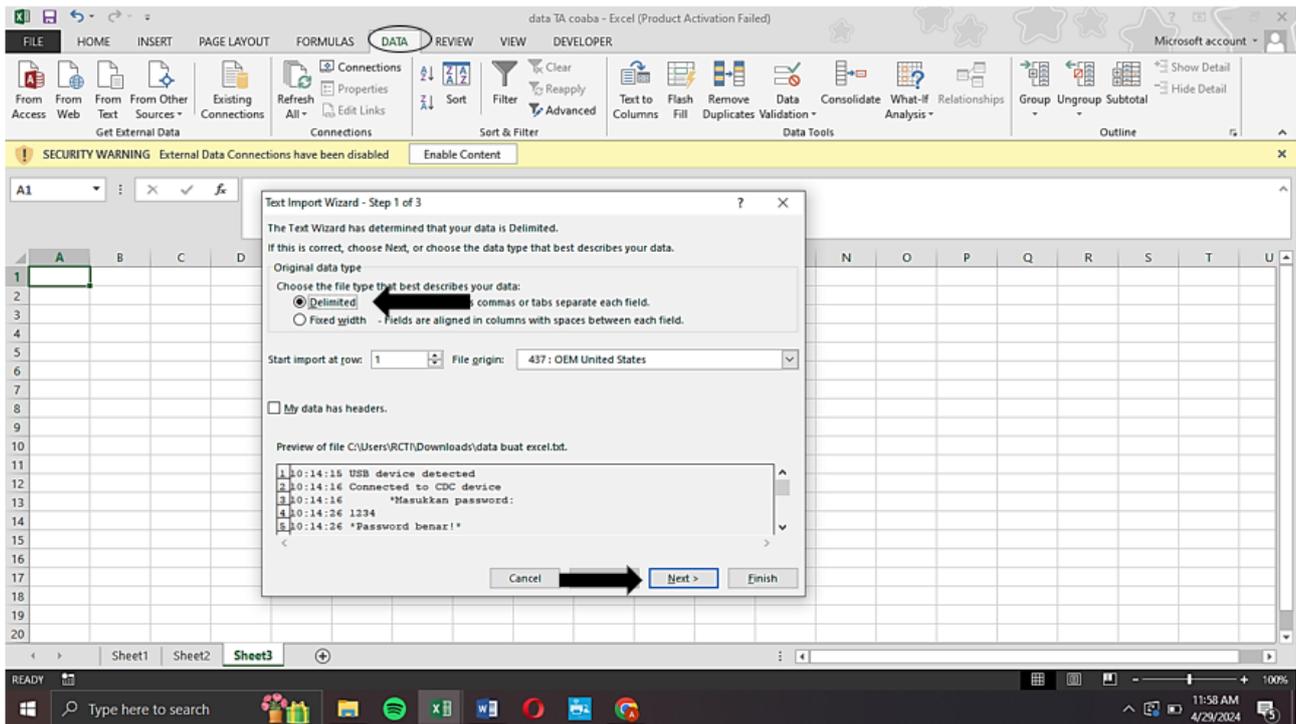
| Jenis RFID tag | Parameter Keberhasilan | | |
|----------------|------------------------|--------|---------------------|
| | RFID MFRC522 | Buzzer | Serial USB Terminal |
| Kunci | 100% | 100% | 100% |
| Kartu | 100% | 100% | 100% |
| Stiker | 100% | 100% | 100% |

Dari hasil pengujian fungsi sistem didapatkan persentase yang sangat baik untuk masing-masing jenis RFID *tag* dimana dari 30 kali percobaan untuk mode *read* dan *write* sesuai program, RFID MFRC522 sebagai *reader* dan *buzzer* sebagai indikator dapat bekerja secara optimal dengan tingkat keberhasilan 100%, serta data yang ditampilkan pada aplikasi Serial USB Terminal sesuai dengan data yang dibaca dan ditulis. Berikut pada Gambar 10. ditampilkan salah satu output tampilan dari Serial USB Terminal.

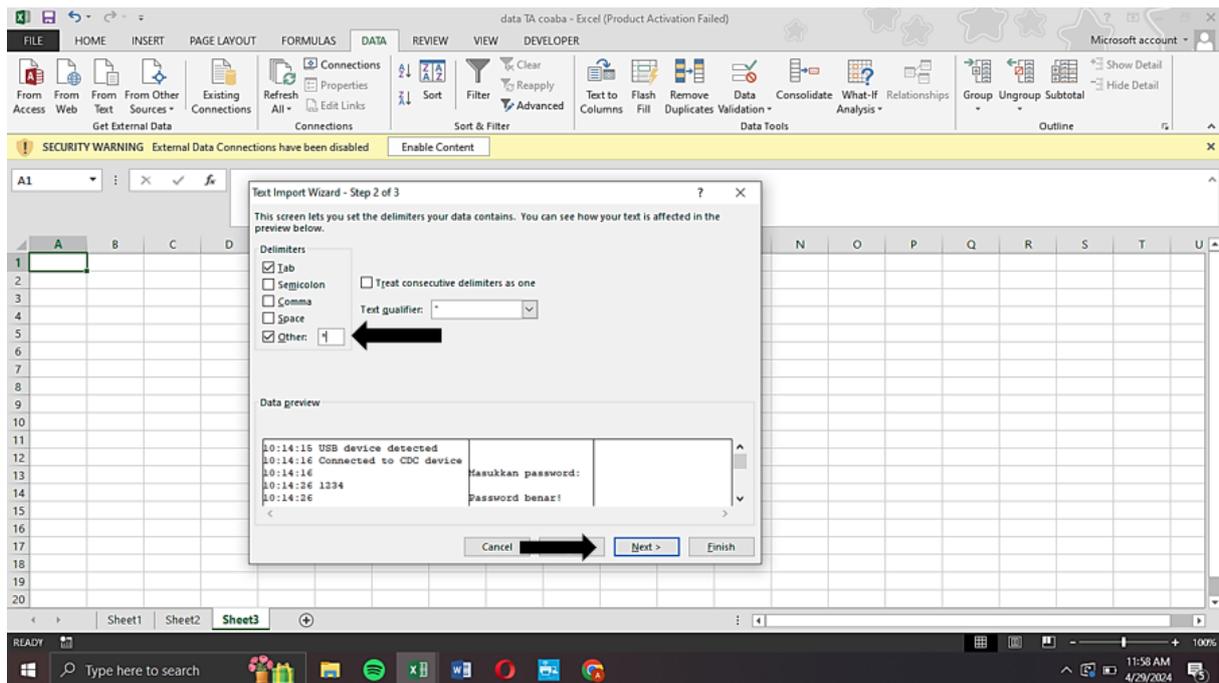
```
16:49:21 r
16:49:22 *Scan RFID Tag untuk membaca data!*
16:49:24 *Card Detected*
16:49:24
16:49:24 *NIP : *A021024
16:49:24
16:49:24 *Nama : *Ardelia
16:49:24
16:49:24 *Masa Berlaku : *07/2025
16:49:24
16:49:24 *Kode UML : *74
16:49:24
16:49:24 *Nama Pemilik : *Ibu Atun
16:49:24
16:49:24 *Lokasi UTTP : *Pasar Lembang
16:49:24
16:49:24 *Nama Alat : *AT M1
16:49:24
16:49:24 *Kapasitas : *1 kg
16:49:25
16:49:25 *Error/BKD : *0,03 g/0,05 g
16:49:25
16:49:25 *Merek : *Ankatama
16:49:25
16:49:25 *Tipe : *Kuningan
16:49:25
16:49:25 *No. Seri : *ATM M-1.K.020
16:49:25
```

Gambar 10. Tampilan Serial USB Terminal untuk tag jenis kunci

Seluruh data UTTP yang telah tersimpan pada aplikasi Serial USB Terminal dapat disimpan untuk kemudian ditransmisikan ke Microsoft Excel mengikuti langkah dalam Gambar 11. dan Gambar 12. Pada menu bagian Data, file yang sudah disimpan dalam bentuk *text* dipilih untuk ditampilkan di Microsoft Excel.



Gambar 11. Tampilan Pengaturan Pada Microsoft Excel



Gambar 12. Tampilan Pemilihan Pemisah Tabel

Langkah selanjutnya pada kolom *Text Import Wizard*, tipe file yang dipilih adalah *delimited*, yang menandakan terdapat karakter seperti koma atau tab yang memisahkan setiap bidang. Kemudian pada kotak *Pop-Up*, pemisah yang digunakan adalah tanda “*” dan perubahannya dapat dilihat pada kotak pratinjau di bawahnya. Pemisah ini dapat disesuaikan dengan yang dituliskan pada program Arduino IDE.

Tampilan akhir setelah pemilihan pemisah tabel berupa informasi data pada Microsoft Excel yang ditampilkan pada **Gambar 13**. Pemisahan data pada kolom Microsoft Excel ini terbagi menjadi kolom waktu pengambilan data, kolom parameter pengecekan, dan kolom data UTP.

| | | |
|----------|--------------------|---------------|
| 16:49:10 | NIP (n) : | A021024 |
| 16:49:10 | | |
| 16:49:10 | Nama (p) : | Ardelia |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Masa Berlaku (d) : | Jul-25 |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Kode UML (u) : | 74 |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Nama Pemilik (o) : | Ibu Atun |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Lokasi (j) : | Pasar Lembang |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Nama Alat (e) : | AT M1 |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Kapasitas (k) : | 1 kg |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Error/BKD (b) : | 0,03 g/0,05 g |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Merek (m) : | Ankatama |
| 16:49:11 | | |
| 16:49:11 | Model/Tipe (t) : | Kuningan |

Gambar 13. Tampilan Kumpulan Data Pada Ms.Excel

Penggunaan prototipe ini dapat menggantikan metode pencatatan data secara manual, misalnya dengan menulis pada formulir atau mengetik pada perangkat elektronik. Hasil uji fungsi menunjukkan kesesuaian antara data yang tersimpan dengan data yang ditampilkan serta kesesuaian antara data yang diinput dengan data yang ditulis. Opsi penyimpanan dalam bentuk Microsoft Excel mendukung proses pengarsipan data apabila diperlukan dalam kegiatan pengawasan. Namun, data pada Microsoft Excel yang dihasilkan masih memiliki kendala dalam hal kerapihan penulisan, sehingga diperlukan pengeditan tambahan.

B. Pengujian Jarak Deteksi Tag

Dilakukan percobaan sebanyak 30 kali untuk tiap jenis tag dengan jarak 1 mm. Hasil pengujian jarak deteksi dapat dilihat pada Tabel II. Pengujian jarak deteksi tag dilakukan dengan berbagai posisi sumber tag dengan tanpa media penghalang yaitu posisi dari atas, bawah, kanan, dan kiri dapat dilihat pada Gambar 14. Pengujian ini dimaksudkan untuk membuktikan bahwa prototipe yang dirancang dapat membaca data UTTP pada tag RFID dengan non-kontak pada jarak maksimal tertentu.



Gambar 14. Posisi Pembacaan tag tanpa penghalang

Dari hasil pengujian yang diberikan pada Tabel II. Ketiga jenis tag RFID telah dapat terdeteksi pada jarak ≤ 1 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa prototipe dapat melakukan pembacaan dan penulisan data pada tag RFID secara non-kontak.

C. Pengujian Sudut Pembacaan RFID Reader

Pengujian sudut pembacaan RFID reader dilakukan untuk mengetahui performance dari sebuah RFID reader ketika didekatkan oleh RFID tag dari sudut yang beragam. Data hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel III. Alat bantu yang digunakan pada pengujian ini adalah busur derajat. RFID reader dengan tag RFID pada pengujian ini diposisikan secara vertical dengan beberapa titik sudut pengujian.

Tabel II. Data Pengujian Jarak Deteksi Tag

| Jarak (cm) | Jenis RFID tag | | |
|------------|----------------|-------|--------|
| | Kartu | Kunci | Stiker |
| 0,1 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,2 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,3 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,4 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,5 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,6 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,7 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,8 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,9 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,10 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 0,11 | ✓ | × | × |
| 0,12 | ✓ | × | × |
| 0,13 | ✓ | × | × |
| 0,14 | ✓ | × | × |
| 0,15 | ✓ | × | × |
| 0,16 | ✓ | × | × |
| 0,17 | ✓ | × | × |
| 0,18 | ✓ | × | × |
| 0,19 | ✓ | × | × |
| 0,20 | ✓ | × | × |
| 0,21 | ✓ | × | × |
| 0,22 | ✓ | × | × |
| 0,23 | ✓ | × | × |
| 0,24 | ✓ | × | × |
| 0,25 | ✓ | × | × |
| 0,26 | × | × | × |
| 0,27 | × | × | × |
| 0,28 | × | × | × |
| 0,29 | × | × | × |
| 0,30 | × | × | × |

Keterangan: ✓ = Terdeteksi; × = Tidak Terdeteksi

Tabel III. Data Pembacaan *Reader* Berdasarkan Sudut

| RFID Tag | Jarak (cm) | Sudut (°) | Hasil |
|----------|------------|-----------|------------------|
| Kartu | 1 | 45 | Terdeteksi |
| | | 90 | Terdeteksi |
| | | 135 | Terdeteksi |
| Kunci | 1 | 45 | Terdeteksi |
| | | 90 | Terdeteksi |
| | | 135 | Tidak Terdeteksi |
| Stiker | 1 | 45 | Terdeteksi |
| | | 90 | Terdeteksi |
| | | 135 | Terdeteksi |

Berdasarkan data pada **Tabel III.** menunjukkan bahwa pembacaan *reader* untuk *tag* jenis kartu dan stiker pada jarak 1 cm berhasil mendeteksi pada posisi sudut *tag* 45°-135°, sedangkan untuk *tag* jenis kunci berhasil mendeteksi pada posisi sudut 45°-90°. Hal ini karena posisi *chip* pada *tag* jenis kunci berada di tengah, sehingga disarankan dalam proses pembacaan *tag* tidak melebihi sudut 90°.

D. Pengujian dengan Media Penghalang

Sistem perekaman data menggunakan RFID memungkinkan adanya kesalahan pada pembacaan data. Penyebab kesalahan pembacaan yang terjadi adalah faktor eksternal seperti material yang menghalangi sinyal pembacaan RFID *tag* oleh *reader* seperti yang ditampilkan pada **Tabel IV.** Pembacaan RFID *tag* dengan media penghalang dapat dilihat pada **Gambar 15.** Media penghalang yang digunakan yaitu plastik dengan tebal 0,6 cm, kayu dengan tebal 1,7 cm, besi dengan tebal 0,2 cm, kardus dengan tebal 0,2 cm.

Tabel IV. Data Pengujian *Tag* Dengan Penghalang

| RFID Tag | Media Penghalang | | | Waktu (s) |
|----------|------------------|------|-------|-----------|
| | Plastik | Kayu | Logam | |
| Kartu | ✓ | ✓ | × | 0,38 |
| Kunci | ✓ | × | × | 0,43 |
| Stiker | ✓ | × | × | 0,40 |

Keterangan: ✓ = Terdeteksi; × = Tidak Terdeteksi

Pengujian menggunakan media penghalang dilakukan pada tiap *tag* yang berbeda. Hasil pengujian yang diperlihatkan pada **Tabel IV.** menunjukkan bahwa penghalang berupa plastik dan kardus tidak menghalangi pembacaan RFID *reader* terhadap RFID *tag*. Adapun pengujian menggunakan media penghalang berupa kayu dengan tebal 1,6 cm pada *tag* jenis kartu masih dapat terdeteksi, namun pada *tag* jenis kunci dan stiker tidak dapat terdeteksi. Hal ini disebabkan tebal kayu yang mempengaruhi pembacaan *reader* oleh *tag*. Berdasarkan data pada **Tabel II.** maksimum pembacaan *tag* untuk jenis kunci dan stiker adalah 1 cm, sedangkan tebal kayu adalah

1,6 cm. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kayu tidak menghalangi pembacaan RFID *tag* oleh RFID *reader* selama masih dalam rentang pembacaan untuk jenis *tag* tersebut.

Pengujian menggunakan media penghalang berupa logam menghalangi pembacaan RFID *tag* oleh RFID *reader*. Hal ini disebabkan logam memantulkan gelombang radio frekuensi yang akibatnya RFID *tag* tidak bekerja maksimal karena tidak menerima daya untuk dapat bekerja. Dapat dilihat juga waktu respon yang tidak berbeda jauh dengan pengujian tanpa penghalang. Dalam pengujian ini, disimpulkan juga bahwa media penghalang tidak mempengaruhi secara signifikan waktu respon RFID *reader* untuk membaca data pada RFID *tag*.



Gambar 15. Pengujian dengan Penghalang Logam

E. Pengujian Waktu Penulisan dan Pembacaan Data

Uji penulisan dan pembacaan data merupakan pengujian respon waktu pembacaan tiap jenis RFID *tag* terhadap RFID *reader*, Serial USB Terminal, dan *buzzer* sebanyak 30 kali percobaan. Pengujian dilakukan bersamaan dengan pengujian jarak deteksi *tag*. Pada pembacaan data, *stopwatch* digunakan terhitung sesaat setelah menekan kode “r” dan RFID *tag* terdeteksi sampai tampilan pada Serial USB Terminal selesai menampilkan data UTTP. Sedangkan pada penulisan data, *stopwatch* digunakan terhitung sesaat setelah menekan kode “w” dan RFID *tag* terdeteksi sampai tampilan pada Serial USB Terminal selesai menampilkan bahwa data UTTP berhasil ditulis. Data pengujian waktu penulisan dan pembacaan data secara detail dalam **Tabel V, Tabel VI, dan Tabel VII.**

Hasil pengujian waktu rata-rata deteksi *tag* dapat dipengaruhi oleh jarak, kondisi RFID *tag* dan RFID *reader*, serta kemampuan operator dalam menggunakan *stopwatch*. Berdasarkan pengujian pada **Tabel V.** menunjukkan waktu maksimal respon RFID *tag* sampai menampilkan keseluruhan data UTTP untuk RFID *tag* jenis kartu pada titik pengujian 0,5 cm adalah 0,5 s, pada titik pengujian

1 cm adalah 0,59 s, pada titik pengujian 1,5 cm adalah 0,60 s, pada titik pengujian 2 cm adalah 0,60 s, dan pada titik pengujian 2,5 cm adalah 0,60 s.

Tabel V. Data Pengujian tag jenis kartu

| Uji ke- | Titik Pengujian (cm) | | | | |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| 1 | 0,43 s | 0,51 s | 0,56 s | 0,60 s | 0,57 s |
| 2 | 0,40 s | 0,50 s | 0,51 s | 0,60 s | 0,58 s |
| 3 | 0,45 s | 0,52 s | 0,58 s | 0,58 s | 0,57 s |
| 4 | 0,42 s | 0,53 s | 0,54 s | 0,55 s | 0,56 s |
| 5 | 0,42 s | 0,52 s | 0,52 s | 0,52 s | 0,55 s |
| 6 | 0,44 s | 0,55 s | 0,57 s | 0,57 s | 0,60 s |
| 7 | 0,43 s | 0,52 s | 0,54 s | 0,59 s | 0,58 s |
| 8 | 0,47 s | 0,55 s | 0,56 s | 0,60 s | 0,55 s |
| 9 | 0,42 s | 0,50 s | 0,58 s | 0,56 s | 0,58 s |
| 10 | 0,45 s | 0,57 s | 0,56 s | 0,55 s | 0,55 s |
| 11 | 0,43 s | 0,59 s | 0,58 s | 0,58 s | 0,58 s |
| 12 | 0,43 s | 0,58 s | 0,60 s | 0,56 s | 0,57 s |
| 13 | 0,50 s | 0,52 s | 0,58 s | 0,55 s | 0,58 s |
| 14 | 0,42 s | 0,59 s | 0,57 s | 0,57 s | 0,55 s |
| 15 | 0,43 s | 0,55 s | 0,58 s | 0,59 s | 0,56 s |
| 16 | 0,42 s | 0,58 s | 0,60 s | 0,59 s | 0,55 s |
| 17 | 0,44 s | 0,54 s | 0,57 s | 0,58 s | 0,60 s |
| 18 | 0,40 s | 0,54 s | 0,55 s | 0,57 s | 0,60 s |
| 19 | 0,40 s | 0,52 s | 0,56 s | 0,60 s | 0,59 s |
| 20 | 0,43 s | 0,57 s | 0,58 s | 0,55 s | 0,60 s |
| 21 | 0,41 s | 0,52 s | 0,54 s | 0,57 s | 0,58 s |
| 22 | 0,45 s | 0,50 s | 0,57 s | 0,58 s | 0,58 s |
| 23 | 0,46 s | 0,57 s | 0,59 s | 0,57 s | 0,57 s |
| 24 | 0,45 s | 0,58 s | 0,53 s | 0,55 s | 0,56 s |
| 25 | 0,41 s | 0,50 s | 0,55 s | 0,56 s | 0,60 s |
| 26 | 0,42 s | 0,55 s | 0,52 s | 0,57 s | 0,60 s |
| 27 | 0,45 s | 0,54 s | 0,56 s | 0,57 s | 0,60 s |
| 28 | 0,49 s | 0,50 s | 0,58 s | 0,58 s | 0,59 s |
| 29 | 0,44 s | 0,58 s | 0,60 s | 0,60 s | 0,59 s |
| 30 | 0,40 s | 0,50 s | 0,55 s | 0,59 s | 0,58 s |

Berdasarkan data pada **Tabel VI**, menunjukkan waktu maksimal respon RFID tag sampai dengan menampilkan keseluruhan data UTTP untuk RFID

tag jenis kunci pada titik pengujian 0,5 adalah 0,45 s, dan pada titik 1 cm adalah 0,57 s.

Tabel VI. Data Pengujian tag jenis kunci

| Uji ke- | Titik Pengujian (cm) | | | | |
|---------|----------------------|--------|-----|---|-----|
| | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| 1 | 0,44 s | 0,44 s | × | × | × |
| 2 | 0,41 s | 0,44 s | × | × | × |
| 3 | 0,42 s | 0,42 s | × | × | × |
| 4 | 0,44 s | 0,40 s | × | × | × |
| 5 | 0,41 s | 0,48 s | × | × | × |
| 6 | 0,42 s | 0,44 s | × | × | × |
| 7 | 0,40 s | 0,43 s | × | × | × |
| 8 | 0,44 s | 0,48 s | × | × | × |
| 9 | 0,40 s | 0,43 s | × | × | × |
| 10 | 0,45 s | 0,47 s | × | × | × |
| 11 | 0,43 s | 0,48 s | × | × | × |
| 12 | 0,40 s | 0,48 s | × | × | × |
| 13 | 0,41 s | 0,50 s | × | × | × |
| 14 | 0,42 s | 0,53 s | × | × | × |
| 15 | 0,43 s | 0,54 s | × | × | × |
| 16 | 0,45 s | 0,53 s | × | × | × |
| 17 | 0,44 s | 0,55 s | × | × | × |
| 18 | 0,42 s | 0,56 s | × | × | × |
| 19 | 0,44 s | 0,57 s | × | × | × |
| 20 | 0,42 s | 0,53 s | × | × | × |
| 21 | 0,43 s | 0,50 s | × | × | × |
| 22 | 0,43 s | 0,49 s | × | × | × |
| 23 | 0,44 s | 0,48 s | × | × | × |
| 24 | 0,45 s | 0,50 s | × | × | × |
| 25 | 0,44 s | 0,48 s | × | × | × |
| 26 | 0,44 s | 0,49 s | × | × | × |
| 27 | 0,43 s | 0,50 s | × | × | × |
| 28 | 0,42 s | 0,48 s | × | × | × |
| 29 | 0,43 s | 0,46 s | × | × | × |
| 30 | 0,44 s | 0,47 s | × | × | × |

Keterangan: × = tidak terdeteksi

Berdasarkan data hasil pengujian waktu rata-rata deteksi tag jenis kartu pada **Tabel VII**, menunjukkan waktu maksimal respon RFID tag

sampai dengan menampilkan keseluruhan data UTTP untuk RFID tag jenis stiker pada titik pengujian 0,5 adalah 0,45 s dan pada titik pengujian 1 cm adalah 0,50 s.

Tabel VII. Data Pengujian tag jenis stiker

| Uji ke- | Titik Pengujian (cm) | | | | |
|---------|----------------------|--------|-----|---|-----|
| | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| 1 | 0,37 s | 0,43 s | × | × | × |
| 2 | 0,37 s | 0,40 s | × | × | × |
| 3 | 0,35 s | 0,40 s | × | × | × |
| 4 | 0,34 s | 0,41 s | × | × | × |
| 5 | 0,37 s | 0,38 s | × | × | × |
| 6 | 0,38 s | 0,38 s | × | × | × |
| 7 | 0,37 s | 0,39 s | × | × | × |
| 8 | 0,38 s | 0,40 s | × | × | × |
| 9 | 0,41 s | 0,43 s | × | × | × |
| 10 | 0,40 s | 0,46 s | × | × | × |
| 11 | 0,42 s | 0,45 s | × | × | × |
| 12 | 0,44 s | 0,40 s | × | × | × |
| 13 | 0,45 s | 0,46 s | × | × | × |
| 14 | 0,38 s | 0,43 s | × | × | × |
| 15 | 0,39 s | 0,43 s | × | × | × |
| 16 | 0,34 s | 0,40 s | × | × | × |
| 17 | 0,36 s | 0,45 s | × | × | × |
| 18 | 0,39 s | 0,50 s | × | × | × |
| 19 | 0,44 s | 0,48 s | × | × | × |
| 20 | 0,39 s | 0,46 s | × | × | × |
| 21 | 0,34 s | 0,50 s | × | × | × |
| 22 | 0,35 s | 0,44 s | × | × | × |
| 23 | 0,36 s | 0,48 s | × | × | × |
| 24 | 0,38 s | 0,50 s | × | × | × |
| 25 | 0,38 s | 0,44 s | × | × | × |
| 26 | 0,34 s | 0,47 s | × | × | × |
| 27 | 0,33 s | 0,47 s | × | × | × |
| 28 | 0,34 s | 0,48 s | × | × | × |
| 29 | 0,35 s | 0,47 s | × | × | × |
| 30 | 0,40 s | 0,45 s | × | × | × |

Keterangan: × = tidak terdeteksi

Berdasarkan data pada **Tabel V**, **Tabel VI**, dan **Tabel VII** waktu maksimal yang dibutuhkan untuk proses pembacaan dan penulisan data pada tag RFID adalah 0,6 sekon. Nilai tersebut lebih singkat jika dibandingkan dengan pembacaan data menggunakan sistem kode QR yang membutuhkan waktu 1,3 sekon [20].

Nilai waktu penulisan data 0,6 sekon juga jauh lebih singkat dibandingkan proses penggantian kode QR yang membutuhkan cetak ulang. Durasi pembacaan dan penulisan data berbasis RFID juga perlu untuk dibandingkan dengan pencatatan data menggunakan metode menulis pada formulir kertas dan metode pengetikan pada perangkat elektronik misalnya komputer. Data hasil perbandingan durasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel VIII**.

Tabel VIII. Waktu Pendeteksian Pendataan UTTP

| Uji ke- | Waktu Pendeteksian Pendataan UTTP (s) | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| | Tag Kunci | Tag Kartu | Tag Stiker | Form Kertas | Penge-tikan |
| 1 | 0,44 | 0,53 | 0,40 | 127,80 | 82,80 |
| 2 | 0,48 | 0,57 | 0,43 | 130,80 | 88,80 |
| 3 | 0,42 | 0,58 | 0,46 | 133,20 | 87,60 |
| 4 | 0,45 | 0,55 | 0,40 | 126,00 | 91,20 |
| 5 | 0,43 | 0,55 | 0,39 | 120,00 | 80,40 |
| 6 | 0,52 | 0,54 | 0,40 | 106,80 | 85,80 |
| 7 | 0,47 | 0,55 | 0,42 | 126,60 | 94,20 |
| 8 | 0,48 | 0,60 | 0,45 | 128,40 | 88,80 |
| 9 | 0,43 | 0,57 | 0,50 | 121,20 | 91,20 |
| 10 | 0,42 | 0,59 | 0,48 | 124,80 | 93,00 |
| \bar{x} | 0,45 | 0,56 | 0,43 | 124,56 | 88,38 |

Berdasarkan **Tabel VIII**, waktu rata-rata maksimal yang dibutuhkan untuk proses pembacaan dan penulisan data pada tag RFID adalah 0,56 sekon. Nilai tersebut lebih singkat dibandingkan dengan waktu rata-rata metode penulisan pada formulir yaitu 124,56 sekon dan metode pengetikan pada perangkat elektronik yaitu 88,38 sekon.

IV. KESIMPULAN

Prototipe sistem rekam data UTTP secara non-kontak berbasis RFID dengan komunikasi data ke *smartphone* menggunakan USB OTG telah dapat direalisasikan dan hasil uji fungsi menunjukkan kesesuaian antara data yang tersimpan dengan data yang ditampilkan serta kesesuaian antara data yang diinput dengan data yang ditulis. Penggunaan

prototipe dapat menggantikan sistem konvensional dalam hal pencatatan dan penyimpanan data hasil pengawasan terhadap UTTP. Waktu maksimal yang dibutuhkan untuk proses pembacaan dan penulisan data pada *tag* RFID adalah 0,56 sekon, lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional yang membutuhkan waktu 124,56 sekon. Sistem RFID dapat mendeteksi *tag* hingga kemiringan sudut maksimal 135°, dan pembacaan RFID *reader* tetap dapat berfungsi dengan media penghalang berupa plastik, kayu, dan kardus.

Untuk pengembangan prototipe ini, diharapkan dapat secara langsung diimplementasikan dan dimanfaatkan oleh penera ataupun pengawas kemetrologian dalam kegiatan pengawasan hingga pencatatan data UTTP. Harapan pengembangan pada penelitian selanjutnya yaitu sistem prototipe ini dapat memberikan hasil rekap data yang lebih rapih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Indonesia, "Metrologi Legal." hlm. 1–19, 1981.
- [2] M. P. R. Indonesia, "Pengawasan Metrologi Legal." hlm. 1–85, 2017.
- [3] N. Lestari and A. M. Sandhi, "Urgensi Pengawasan Metrologi Legal Dalam Mewujudkan Kabupaten Semarang Yang Tertib Ukur," *Media Inf. Penelit. Kabupaten Semarang*, vol. 4, no. 1, hlm. 54–66, 2022.
- [4] E. A. Rachma, "Penggunaan Aplikasi E-Surat Sisd (Sistem Informasi Kearsipan Dinamis) Dalam Pengelolaan Arsip Elektronik Untuk Mendukung E- Government Di Badan Arsip Dan Perpustakaan Kota Surabaya," *J. Pendidik. Adm. Perkantoran*, vol. 3, no. 3, hlm. 1–16, 2015.
- [5] M. D. Irawan, "Implementasi E-Arsip pada Program Studi Teknik Informatika," *J. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, hlm. 67–84, 2018.
- [6] F. Y. P. Amboro and L. Persyadayani, "Efektivitas Pelayanan Pengawasan Metrologi Legal Terhadap Peningkatan Retribusi Daerah di Kota Terhadap Peningkatan Retribusi Daerah di Kota Tanjungpinang," *J. Law Policy Transform.*, vol. 6, no. 1, hlm. 120–139, 2021.
- [7] M. S. Patil, M. T. Kumbharde, M. R. Aher, P. D. Ahire, and D. D. P. Kadam, "Smart Shopping Cart Using RFID," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 5, no. 5, hlm. 1–5, 2023.
- [8] R. Sufri, Y. Away, and R. Munadi, "Analisis Kinerja Penggunaan Radio Frequency Identification (Rfid) Dan Quick Response Code (Qr Code) Pada Pencarian Data Medis," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, hlm. 73, 2019.
- [9] C. Nurdianto and T. Rahajoeningroem, "Rancang Bangun Antena Penerima pada RFID Reader untuk Aplikasi Parkir Kendaraan Bermotor di Lingkungan Kampus UNIKOM," *J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 1, hlm. 67–79, 2016.
- [10] F. A. . M. G. Costa, F.; Genovesi, S.; Borgese, M.; Michel, A.; Dicandia, "RFID network planning," *Sensors*, vol. 21, no. 3138, hlm. 1–34, 2021.
- [11] L. S. Fajhriana and I. Raharjo, *Identifikasi Tanda Tera Pada Alat-alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya Menggunakan Metode RFID dan QR Code*. Bandung: Akademi Metrologi dan Instrumentasi, 2019.
- [12] M. I. Firdaus, *Prototipe Penyimpanan Data Hasil Pengujian BDKT Beku Menggunakan Teknologi RFID*. Bandung: Akademi Metrologi dan Instrumentasi, 2022.
- [13] M. F. Ilham and Y. Cahyono, "Rancang Bangun Sistem Absensi Menggunakan RFID dan Kamera Berbasis Web (Studi kasus: Gedung BPIW)," *OKTAL J. Ilmu Komput. dan Sci.*, vol. 2, no. 1, hlm. 51–59, 2023.
- [14] R. Putra, N. Hikmah, and L. Kurnia, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis RFID dan GPS Tracker," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 02, hlm. 75–86, 2021.
- [15] D. Ariyanto, "Rancang Bangun Sistem Pengecekan Peralatan Laboratorium Menggunakan RFID," *Integr. Lab J.*, vol. 11, no. 02, hlm. 1–11, 2023.
- [16] S. S. Suri, F. Rahmah, and F. Hidayanti, "Perancangan Prototipe Sistem Keamanan Tanda Tera untuk Pompa Ukur BBM," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 6, no. 1, hlm. 31, 2021.
- [17] S. E. Raharjo, A. Setia Budi, and E. R. Widasari, "Prototipe Sistem Keamanan Parkir berbasis Teknologi RFID," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 3, hlm. 1175–1185, 2022.
- [18] M. K. Masmur Tarigan, S.T and D. Handayani, "Prototype Pengembangan Sistem Pencatatan Stok Barang Dengan Teknologi RFID," *Bit (Fakultas Teknol. Inf. Univ. Budi Luhur)*, vol. 16, no. 2, hlm. 42–46, 2020.
- [19] D. R. Bolla, J. J. Jijesh, S. S. Palle, M. Penna, Keshavamurthy, and Shivashankar, "An IoT Based Smart E-Fuel Stations Using ESP-32," *Proc. - 5th IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol. RTEICT 2020*, hlm. 333–336, 2020.
- [20] A. Priyambodo, L. Novamizanti, and K. Usman, "Implementasi QR Code Berbasis Android pada Sistem Presensi," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 5, hlm. 1011–1020, 2020.