



Implementasi Sistem RFID *Long Range* untuk Manajemen *Inventaris Tools* dalam Mendukung Budaya 5S di PLTA Sutami

Muhammad Fa'iz¹, Joko Endrasmono², Sholahuddin Muhammad Irsyad³, Lilik Subiyanto⁴, Anggar Juna Puncak Pujiputra⁵, Mustika Kurnia Mayangsari⁶

¹²³⁴⁵⁶Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
mfaiz@student.ppns.ac.id, endrasmono@ppns.ac.id, muhammad.irsyad@ppns.ac.id, llksubiyanto@ppns.ac.id,
anggarjunapuncak@ppns.ac.id, mustikakurnia@ppns.ac.id

Abstract

The problem faced by Sutami Hydroelectric Power Plant in managing and recording tools is that the process is still done manually, as well as irregularities in returning tools due to user negligence. This research aims to develop an automated tools inventory management system based on long range RFID technology to support the implementation of the 5S culture (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) in the work environment. The research uses the Waterfall method which includes the stages of needs analysis, system design, implementation, and testing. The test results show that the system successfully identifies tools and users automatically with a high RFID tag reading rate up to a distance of 150 cm under ideal conditions. In addition, the system is able to reduce the risk of losing tools and improve employee work discipline. The implications of this research show that the integration of RFID technology in inventory management systems can improve operational efficiency and support an orderly and productive work culture.

Keywords: *5S Culture, Management Tools, Long range RFID, Sutami Hydroelectric Power Plant.*

Abstrak

Permasalahan yang dihadapi PLTA Sutami dalam pengelolaan dan pendataan tools adalah proses yang masih dilakukan secara manual, serta ketidakteraturan dalam pengembalian alat akibat kelalaian pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem manajemen inventaris *tools* otomatis berbasis teknologi RFID *long range* guna mendukung penerapan budaya 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) di lingkungan kerja. Penelitian menggunakan metode *Waterfall* yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengidentifikasi alat dan pengguna secara otomatis dengan tingkat pembacaan tag RFID yang tinggi hingga jarak 150 cm dalam kondisi ideal. Selain itu, sistem mampu mengurangi risiko kehilangan alat dan meningkatkan disiplin kerja karyawan. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi RFID dalam sistem manajemen inventaris dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung budaya kerja yang tertib dan produktif.

Kata kunci: Budaya 5S, *Management Tools, Long range RFID, PLTA Sutami*

Diterima Redaksi : 01-05-2025 | Selesai Revisi : 28-06-2025 | Diterbitkan Online : 30-06-2025

1. Pendahuluan

Teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) kini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Teknologi ini banyak digunakan sebagai alat bantu dalam pengelolaan data alat dan untuk mengidentifikasi objek dalam suatu perusahaan[1]. RFID memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh teknologi sebelumnya, seperti barcode.

Dengan kemampuan *long range*, RFID dapat membaca data objek tanpa perlu kontak langsung dan tidak harus sejajar dengan objek tersebut[2].

Mayoritas instansi yang ada di Indonesia belum menerapkan RFID untuk mengelola pendataan *tools* sehingga masih menggunakan cara manual [3] . Salah satu instansi tersebut adalah PLTA Sutami.

Permasalahan yang dihadapi PLTA Sutami dalam pengelolaan dan pendataan *tools* adalah masih dilakukan secara manual, serta beberapa *tools* tidak kembali pada tempatnya karena kelalaian dalam penggunaan. Hal ini menjadi hambatan dalam mendukung tercapainya budaya kerja 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) yang menuntut keteraturan, kedisiplinan, dan efisiensi kerja[4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan RFID dalam manajemen barang, namun sebagian besar masih menggunakan *low frequency* RFID dengan jangkauan pendek, yang mengharuskan pengguna melakukan *tapping* secara langsung ke RFID *reader*. Kondisi ini berpotensi menyebabkan proses peminjaman tidak tercatat bila alat tidak disentuh ke pembaca. Penelitian ini mencoba mengatasi keterbatasan tersebut dengan menggunakan *long range* RFID untuk memungkinkan proses identifikasi otomatis tanpa kontak langsung.

Untuk menjawab kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *input-output* inventaris *tools* berbasis *long range* RFID di PLTA Sutami. Sistem ini dirancang agar mampu mengidentifikasi identitas alat dan pengguna secara otomatis menggunakan sistem *multi-gate* yang mendukung keakuratan pencatatan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan solusi atas permasalahan inventarisasi, meningkatkan produktivitas kerja, dan memperkuat budaya 5S di lingkungan kerja teknis [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem manajemen inventaris alat berbasis teknologi *long range* RFID di PLTA Sutami. Sistem ini dirancang untuk menggantikan metode pencatatan manual yang selama ini digunakan, dengan tujuan utama meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pencatatan aktivitas peminjaman dan pengembalian alat. Dengan tercapainya tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap peningkatan produktivitas operasional di PLTA Sutami dan menjadi model sistem manajemen inventaris berbasis IoT yang dapat diadopsi oleh industri lainnya.

2. Metode Penelitian

2.1 Sistem *Input Output* Inventaris *Tools*

Sistem *input output inventaris tools* adalah suatu sistem untuk manajemen keluar-masuknya *tools* pada ruang *tools* lantai B2 PLTA Sutami. Sistem ini juga dapat

mengidentifikasi identitas karyawan yang mengakses *tools*. Sistem ini menerapkan *multi gate* sehingga dapat memastikan bahwa data berupa *tools* dan karyawan yang didapatkan bisa terorganisir dengan baik. Sistem ini juga dapat membantu karyawan dalam meningkatkan nilai kedisiplinan dan penerapan budaya 5S di PLTA Sutami.

2.2 Metode *Waterfall*

Penelitian ini menggunakan model rekayasa perangkat lunak *Waterfall*, yang merupakan model pengembangan sistem linear dan berurutan [6]. *Waterfall* dipilih karena cocok untuk proyek yang memiliki ruang lingkup jelas, kebutuhan yang dapat dirumuskan sejak awal, serta pengembangan sistem yang melibatkan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak secara sistematis [7]. Model ini memberikan alur kerja yang runtut dari tahap perencanaan hingga pengujian, yang sangat penting untuk menjamin sistem RFID berfungsi sesuai harapan di lingkungan kerja nyata seperti PLTA Sutami [8].

Model *Waterfall* terdiri dari beberapa tahapan inti: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian [9]. Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan pengumpulan data dari kondisi aktual di PLTA Sutami, termasuk identifikasi masalah dalam pengelolaan alat dan hambatan terhadap penerapan budaya 5S. Tahap ini menghasilkan kebutuhan sistem yang spesifik dan terukur.

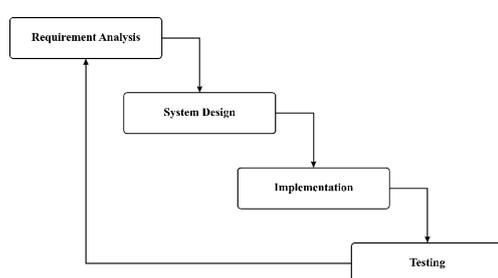
Tahap perancangan sistem menghasilkan spesifikasi teknis berupa arsitektur sistem, logika alur kerja, pemilihan komponen teknis (ESP32, RFID *reader*, dan tag RFID), serta desain konfigurasi *multi-gate* untuk mendukung pembacaan otomatis di pintu masuk dan keluar[10].

Tahap implementasi mencakup pembangunan sistem secara fisik dan digital, yaitu perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, serta integrasi perangkat lunak yang mengelola identifikasi dan pencatatan data RFID ke dalam basis data[11].

Tahap akhir, yaitu pengujian sistem, dilakukan untuk memverifikasi performa sistem dalam berbagai kondisi operasional nyata. Ini mencakup pengujian pembacaan tag RFID dalam variasi jarak, posisi, dan kondisi lingkungan (misalnya alat dalam box logam atau saku pengguna)[12].

Model *Waterfall* dipandang paling tepat dalam konteks ini karena kebutuhan sistem dapat didefinisikan dengan baik sejak awal, serta pengembangan sistem dilakukan dalam urutan yang tidak menuntut banyak perubahan atau iterasi dinamis selama proses berjalan [13]. Pemilihan model ini menjamin bahwa pengujian dapat dilakukan secara menyeluruh setelah implementasi selesai, sehingga validitas sistem sebagai solusi teknis terhadap masalah nyata dapat diuji dengan jelas.

Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh [14], terdapat 4 tahapan dari *Waterfall* model, diantaranya sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Metode *Waterfall*

Gambar 1 menampilkan alur tahapan metode yang digunakan dalam perancangan sistem, dimulai dari analisis kebutuhan hingga tahap pengujian sebagai berikut :

- **Requirement Analysis**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait kebutuhan sistem melalui studi literatur dan observasi langsung di lapangan, khususnya terhadap alur kerja pengelolaan alat di ruang inventaris PLTA Sutami [15]. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama, yaitu belum adanya sistem otomatis dalam pencatatan alat dan identifikasi pengguna, serta potensi kehilangan alat akibat kelalaian atau tidak tercatatnya peminjaman. Dari analisis ini dihasilkan daftar kebutuhan sistem, baik fungsional seperti pembacaan otomatis *tag* RFID dan pencatatan aktivitas, maupun non-fungsional seperti kemudahan integrasi, kecepatan pembacaan, dan keandalan dalam lingkungan industri.

- **System Design**

Tahap ini berfokus pada penyusunan rancangan sistem secara menyeluruh [16]. Perancangan mencakup blok diagram sistem

yang menggambarkan alur data dari *tag* RFID hingga penyimpanan ke basis data, serta pembuatan diagram alir untuk logika kerja sistem *input-output*. Pemilihan komponen teknis juga dilakukan, termasuk mikrokontroler ESP32, RFID *reader* tipe HW-VX6330, *card* UHF *tag* untuk identifikasi karyawan, dan *metal* UHF *tag* untuk alat. Desain sistem turut mempertimbangkan konfigurasi *multi-gate*, yang memungkinkan pencatatan otomatis baik saat alat keluar maupun kembali, dengan memisahkan jalur pembacaan masuk dan keluar.

- **Implementation**

Setelah desain disetujui, dilakukan perakitan dan pengkodean sistem. Modul ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk menangani pembacaan RFID dan komunikasi data melalui jaringan *WiFi*. RFID *reader* dihubungkan dengan mikrokontroler dan diuji fungsionalitasnya. Pada tahap ini juga dilakukan proses penulisan (*write*) data ID ke dalam RFID *tag*, baik untuk alat maupun karyawan, agar sistem dapat mengenali setiap entitas secara unik. Implementasi ini menghasilkan sistem yang dapat dijalankan secara mandiri dan terintegrasi..

- **Testing**

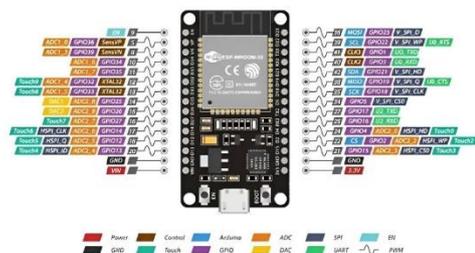
Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai desain. Pengujian meliputi pembacaan *tag* RFID pada berbagai jarak (50 cm, 100 cm, 150 cm) dan dalam berbagai kondisi orientasi (menghadap, membelakangi, dan menyamping terhadap *reader*). Selain itu, diuji juga kondisi penempatan *tag*, seperti *tag* dalam saku, dompet, atau alat yang disimpan di dalam toolbox dan box logam. Evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan pembacaan dan kestabilan sistem dalam kondisi riil di lingkungan kerja PLTA Sutami. Hasil pengujian ini menjadi dasar validasi bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengatasi permasalahan awal dan memenuhi kebutuhan yang telah dianalisis.

2.3 Perangkat Keras

2.3.1 ESP32

ESP32 adalah modul mikrokontroler yang menawarkan fitur ganda, yaitu *WiFi* dan *Bluetooth*, yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengembangkan berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis *Internet of Things (IoT)* [17]. *Chip* ini dilengkapi dengan

konektivitas *WiFi* 2,4 GHz dan *Bluetooth*, serta dirancang menggunakan teknologi 40 nm untuk memberikan efisiensi daya dan kinerja radio yang optimal. Keunggulan ini menjadikan ESP32 memiliki ketahanan, keserbagunaan, dan keandalan yang tinggi dalam berbagai aplikasi dan skenario penggunaan [18]. Bentuk fisik dari ESP32 dapat dilihat Pada Gambar 2.2.



Gambar 2. Modul Mikrokontroler ESP32

Gambar 2 menunjukkan perangkat utama yang digunakan dalam sistem, berfungsi sebagai pusat kendali data RFID dan konektivitas jaringan. Berikut merupakan beberapa spesifikasi lain dari ESP32 :

1. *Bluetooth Low Energy* (BLE)
2. *Bluetooth* 4.2
3. *Frequency Clock* dari 80 MHz sampai 240 MHz
4. Kapasitas Memori *Flash* sebesar 4 MB
5. Kapasitas *SRAM (Static Random Acces Memory)* sebesar 520 Kb
6. Mikroprosesor *Xtensa Dual-Core* 32 Bit LX6
7. Tegangan kerja 2.0 V ~ 3.6 V
8. *Integrated Crystal* 40MHz *Crystal*
9. 38 Pin *GPIO* (16 Pin *Channel ADC*, 32 Pin *PWM*, 2 Pin *Channel DAC*)[19]

2.3.2 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification (RFID) merupakan salah satu teknologi yang termasuk dalam kategori *Automatic Identification (AUTO-ID)*. *AUTO-ID* adalah metode identifikasi yang memungkinkan pengambilan data secara otomatis, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan dalam proses *input* data [20] . RFID mampu mengidentifikasi objek dengan menggunakan gelombang radio [21] . Proses identifikasi dilakukan dengan memanfaatkan kombinasi antara *RFID reader* dan *RFID transponder* (RFID tag) [22] .

Karyawan menggunakan *RFID card tag* sebagai identitas, sedangkan *metal tag UHF* dipasang pada perangkat yang akan diidentifikasi. Setiap *RFID tag* memiliki nomor identifikasi (*ID number*) yang unik, sehingga ID tersebut tidak akan sama antara satu *tag* dengan *tag* lainnya

a. *Radio Frequency Identification* (RFID) Reader

RFID reader terdiri dari berbagai komponen, seperti frekuensi radio (*transmitter* dan *receiver*), unit kontrol, serta elemen penghubung untuk *transponder*. Fungsi utama dari *RFID reader* adalah untuk membaca data, meskipun dapat bervariasi tergantung pada teknologi yang diterapkan. Secara umum, *RFID reader* berperan sebagai penerima gelombang radio [23] . Pada Gambar 3 adalah alat yang digunakan untuk membaca tag RFID dalam sistem otomatisasi



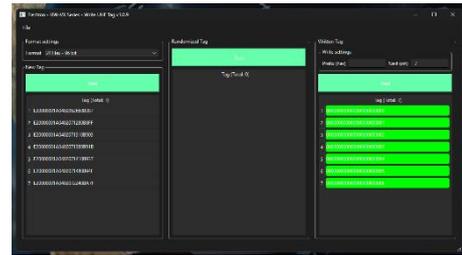
Gambar 3. UHF RFID Reader HW-VX6330

b. *Card UHF RFID Tag*

Tag RFID terdiri dari antena dan *chip* silikon yang dilapisi dengan plastik atau mika, di dalamnya terdapat sejumlah informasi. Terdapat beberapa jenis *tag* RFID, yaitu *Read Only* (RO), *Write Once Read Many* (WROM), dan *Read-Write* (RW). *Tag* RFID tipe RO telah diprogram dengan serangkaian nomor seri yang unik. Sementara itu, *tag* WROM juga telah diprogram, namun memungkinkan penambahan informasi. Untuk *tag* RW, pengguna dapat memperbarui informasi kapan pun diperlukan [24] . *Card UHF RFID Tag* seperti pada Gambar 4. yang digunakan sebagai identitas karyawan untuk keperluan akses dan pencatatan peminjaman alat.



Gambar 4. Card UHF RFID Tag



Gambar 7. Proses Write UHF RFID Tag

c. Metal UHF RFID Tag

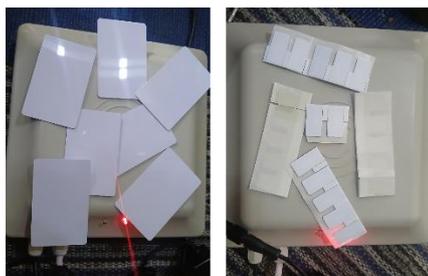
Frekuensi RFID tersedia dalam berbagai jenis, dimulai dari frekuensi rendah yang berkisar antara 9 hingga 135 kHz, lalu frekuensi tinggi yang berada dalam rentang 13,553 MHz hingga 15,567 MHz. Selain itu, terdapat juga *band* radio amatir yang beroperasi pada frekuensi 430 hingga 440 MHz, serta *ultra-high frequency* (UHF) yang mencakup 860 hingga 930 MHz [25]. Pada penelitian ini menggunakan *Metal UHF RFID tag* jenis *Impinj Monza R6-P* seperti pada Gambar 5. yang digunakan untuk identifikasi alat kerja seperti kunci pas, tang, *cutter*, dan alat ukur lainnya.



Gambar 5. Metal UHF RFID Tag

2.4 Write Data Tag

Melakukan *write data* untuk *card UHF RFID tag* dan *metal UHF RFID tag* bertujuan untuk manajemen data karyawan dan data *tools* supaya dapat dikenali oleh *reader*. Pada penelitian ini menggunakan 7 *card UHF RFID tag* dan beberapa *metal UHF RFID tag* untuk pengujian.



Gambar 6. Proses Write UHF RFID Tag

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan tahapan *write data* unik ke masing-masing *tag* menggunakan perangkat *encoder* dan aplikasi pemrograman. Tabel 1 berikut menyajikan daftar alat beserta ID tag RFID untuk keperluan pendataan.

Tabel 1. ID Tag Tools

ID Metal Tag	Nama
7368699EF480EDF65591921C	Kunci Pas 14
FB9AFBDB7E395DB08501921C	Kunci Pas 12
363C8C5B006040D082C1921C	Kunci Pas 10
6FC5D2095F5845601F91921C	Tang Kombinasi
A3DE856D961E7A314F51921C	Meteran
8479D72E2D167AF87BA1921C	Tang Potong
93984A9DC2AFCABAB6F1921C	Cutter

Tabel 2. ID Tag Karyawan

ID Card Tag	Nama
000000000000	Mfaiz
000000000001	Solikin
000000000002	Purwanto
000000000003	Muthohari
000000000004	Nuris
000000000005	Arie

Tabel 2 menampilkan daftar nama karyawan beserta ID card RFID yang digunakan dalam sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem RFID *long range* yang dirancang diuji dalam berbagai kondisi operasional untuk mengevaluasi efektivitas pembacaan *tag* RFID pada alat dan pengguna. Pengujian dilakukan terhadap dua jenis *tag*, yaitu *card tag* (untuk identifikasi

karyawan) dan *metal tag* (untuk identifikasi *tools*), dalam beberapa skenario: posisi tubuh pengguna, jarak pembacaan, dan lokasi penempatan *tag*.

3.1 Hasil Identifikasi *Card Tag*

Pengujian *card tag* dilakukan dalam tiga kondisi: digantung menggunakan lanyard, diletakkan dalam saku, dan diletakkan dalam dompet. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pembacaan *tag* berdasarkan posisi dan jarak terhadap RFID *reader*.



Gambar 7. Pengujian *Tag* Digantung Menggunakan Lanyard

Pada Gambar 7, ditampilkan kondisi pengujian *card tag* saat digantung menggunakan lanyard. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 3, di mana *tag* dapat terbaca dengan baik pada posisi menghadap *reader* dan sisi samping hingga jarak 150 cm. Namun, tag tidak terbaca saat pengguna membelakangi *reader*. Hal ini menunjukkan bahwa tubuh manusia menghalangi sinyal RFID..

Tabel 3. Hasil Pengujian *Card Tag* Digantung Menggunakan Lanyard

Digantung menggunakan Lanyard	50cm	100cm	150cm
Menghadap	Terbaca	Terbaca	Terbaca

Reader	50cm	100cm	150cm
Membelakangi Reader	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Menghadap kiri	Terbaca	Terbaca	Terbaca
Menghadap Kanan	Terbaca	Terbaca	Terbaca



Gambar 8. Pengujian *Tag* Diletakkan Dalam Saku

Gambar 8 menunjukkan pengujian *tag* yang diletakkan dalam saku, dengan hasil yang tersaji pada Tabel 4. Dalam kondisi ini, pembacaan tetap efektif pada posisi menghadap dan menyamping, tetapi tidak terbaca jika membelakangi *reader* atau saat *tag* tertutup sepenuhnya oleh tubuh.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Card Tag* Diletakkan di Dalam Saku

Diletakkan dalam saku	50cm	100cm	150cm
Menghadap Reader	Terbaca	Terbaca	Terbaca
Membelakangi Reader	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca

Menghadap kiri	Terbaca	Terbaca	Terbaca
Menghadap Kanan	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca

3.2 Hasil Identifikasi *Metal Tag*

Metal tag ditempelkan pada *tools* untuk menguji pembacaan RFID dalam kondisi logam yang umumnya memantulkan sinyal. Pengujian dilakukan dalam tiga kondisi: dibawa di tangan (Gambar 10), diletakkan dalam toolbox (Gambar 11), dan diletakkan dalam box logam (Gambar 12).



Gambar 9. Pengujian *Tag* Diletakkan Dalam Saku

Pada Gambar 9, ditampilkan kondisi *tag* yang diletakkan dalam dompet. Berdasarkan Tabel 5, pembacaan *tag* dalam dompet cenderung gagal dalam hampir semua posisi dan jarak, kemungkinan disebabkan oleh lapisan bahan dompet yang melemahkan sinyal RFID.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Card Tag* Diletakkan di Dalam Dompet

Diletakkan dalam dompet	50cm	100cm	150cm
Menghadap Reader	Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Membelakangi Reader	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Menghadap kiri	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca
Menghadap Kanan	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca



Gambar 10. Pengujian *Metal Tag* Dibawa di Tangan

Dalam pengujian *metal tag* yang dibawa di tangan (Tabel 6), ketika jumlah alat hanya tiga, semua *tag* terbaca hingga 150 cm. Namun saat jumlah alat meningkat, *tag* yang terbaca menurun, menunjukkan adanya interferensi antar *tag*.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Metal Tag* Dibawa di Tangan

Dibawa di tangan	50cm	100cm	150cm
3 Tools	Terbaca Semua	Terbaca Semua	2 Tools Terbaca
6 Tools	4 Tools Terbaca	2 Tools Terbaca	Tidak Terbaca



Gambar 11. Pengujian *Metal Tag* Diletakkan dalam Toolbox

Tabel 7 menampilkan hasil pembacaan *tag* dalam toolbox. Jumlah *tag* yang terbaca menurun seiring bertambahnya jumlah alat dan meningkatnya jarak. Ini menunjukkan bahwa material toolbox dan posisi penumpukan alat mempengaruhi sinyal.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Metal Tag* Diletakkan dalam Toolbox

Diletakkan dalam Toolbox	50cm	100cm	150cm
3 Tools	Terbaca Semua	2 Tools Terbaca	1 Tools Terbaca
6 Tools	4 Tools Terbaca	3 Tools Terbaca	2 Tools Terbaca



Gambar 12. Pengujian *Metal Tag* Diletakkan dalam Box Metal

Sementara itu, hasil pengujian pada box berbahan logam (Tabel 8) menunjukkan bahwa *tag* yang diletakkan dalam wadah logam memiliki performa terburuk dalam hal keterbacaan. Meskipun pada jarak 50 cm masih ada *tag* yang terbaca, semakin jauh jaraknya semakin menurun jumlah *tag* yang terdeteksi, akibat efek perisai logam yang menghalangi gelombang radio.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Metal Tag* Diletakkan dalam Box Metal

Diletakkan dalam box metal	50cm	100cm	150cm
3 Tools	Terbaca Semua	1 Tools Terbaca	1 Tools Terbaca
6 Tools	4 Tools Terbaca	3 Tools Terbaca	1 Tools Terbaca

3.3 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem RFID *long range* yang dirancang mampu mengidentifikasi alat dan pengguna secara otomatis dengan tingkat keberhasilan tinggi dalam kondisi ideal, terutama ketika *tag* dalam posisi menghadap *reader* dan berada dalam jarak hingga 150 cm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan RFID *long range* dapat mengatasi keterbatasan sistem manual dan sistem RFID dengan jangkauan pendek yang umum digunakan saat ini.

Temuan ini mendukung dan memperluas hasil dari penelitian oleh Siregar et al. (2023) [2], yang menunjukkan efektivitas RFID dalam sistem multiakses berbasis kartu, meskipun penelitian tersebut masih menggunakan RFID frekuensi rendah dan mengandalkan interaksi langsung (*tapping*). Berbeda dari penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan dalam

studi ini mampu melakukan pembacaan tanpa kontak langsung (*non-line-of-sight*), memberikan efisiensi waktu dan mengurangi ketergantungan pada kedisiplinan pengguna dalam melakukan *tapping*.

Selain itu, penelitian ini menambahkan dimensi baru dengan penerapan konfigurasi *multi-gate* yang memungkinkan pemisahan alur masuk dan keluar alat serta pencatatan simultan identitas pengguna dan barang. Ini menjadi nilai tambah dibandingkan studi seperti yang dilakukan oleh Qadri (2024) [4], yang masih fokus pada pengembangan sistem RFID berbasis satu titik peminjaman.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pembacaan RFID *tag* masih terpengaruh oleh orientasi dan hambatan fisik, seperti tubuh manusia atau logam dalam dompet dan box. Kedua, interferensi antara *tag* saat jumlah alat banyak atau ditumpuk secara tidak teratur juga mengurangi keakuratan pembacaan. Ketiga, sistem ini belum terhubung secara penuh dengan sistem informasi manajemen perusahaan, sehingga pencatatan masih bersifat lokal dan belum mendukung manajemen inventaris secara menyeluruh.

Dari sisi implikasi, penerapan sistem RFID *long range* dapat memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan kedisiplinan kerja di lingkungan industri, terutama dalam mendukung budaya 5S. Sistem ini berpotensi untuk diintegrasikan lebih lanjut dengan teknologi *cloud*, *dashboard real-time*, dan pelaporan otomatis, sehingga dapat diadopsi secara luas di sektor energi, manufaktur, dan logistik.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi optimasi penempatan *tag* dan *reader* agar dapat mengurangi interferensi serta integrasi sistem dengan infrastruktur digital perusahaan yang lebih kompleks. Selain itu, analisis ekonomi dan keberlanjutan implementasi RFID dalam jangka panjang juga dapat menjadi fokus kajian lanjutan untuk mengukur manfaat implementasi sistem ini secara lebih menyeluruh.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem manajemen inventaris alat berbasis teknologi RFID *long range* sebagai solusi terhadap permasalahan pencatatan manual di PLTA Sutami, serta untuk mendukung penerapan budaya kerja 5S.

Sistem yang dirancang memanfaatkan metode pengembangan perangkat lunak model *Waterfall* dan mengintegrasikan perangkat keras seperti ESP32, RFID *reader* HW-VX6330, serta berbagai jenis *tag* RFID (*card* dan *metal*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan otomatis terhadap *tag* dalam kondisi ideal hingga jarak 150 cm, terutama saat *tag* menghadap langsung ke *reader*. Sistem juga mampu mencatat aktivitas peminjaman dan pengembalian alat secara simultan melalui konfigurasi *multi-gate*, yang terbukti efektif meningkatkan efisiensi dan keteraturan proses inventarisasi. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan RFID *long range* secara signifikan dapat meningkatkan produktivitas dan disiplin kerja, serta mengurangi risiko kehilangan alat akibat human error.

Namun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan, antara lain sensitivitas terhadap posisi dan penghalang fisik, serta performa yang menurun saat *tag* berada dalam wadah logam atau saat alat ditumpuk secara rapat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan posisi dan metode pemasangan *tag* RFID, serta mengembangkan sistem agar dapat diintegrasikan dengan manajemen aset perusahaan secara digital dan terpusat.

Penelitian di masa mendatang disarankan untuk mengkaji efektivitas sistem ini dalam skala implementasi yang lebih luas, serta melakukan evaluasi jangka panjang terhadap efisiensi biaya dan keberlanjutan penggunaan teknologi RFID dalam sistem manajemen inventaris industri. Integrasi dengan *cloud computing*, *dashboard real-time*, dan modul notifikasi otomatis juga dapat menjadi arah pengembangan berikutnya untuk meningkatkan skalabilitas dan nilai tambah sistem ini.

Daftar Rujukan

- [1] N. Andika, S. Sumarno, I. Gunawan, H. S. Tambunan, dan A. R. Damanik, "Rancang Bangun Alat Pembuka Kunci Otomatis pada Komputer Windows Menggunakan RFID Berbasis Arduino," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 2, hlm. 137–144, Jun 2022, doi: 10.54082/jiki.34.
- [2] D. Yusuf, D. B. Srisulistiwati, U. Bhayangkara, dan J. Raya, "APLIKASI SISTEM PARKIR KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS KARTU RFID."
- [3] S. A. Siregar, P. M. Simanullang, M. Hamni, S. Rezeki, M. Aqil, dan F. Jeriko, "Pemanfaatan Radio Frequency Identification (RFID) Pada Sistem Multi Akses Mahasiswa," Online, 2023.

- [4] [4] Ardiansyah Rizal, "PENERAPAN BUDAYA KERJA 5S (SEIRI)," 2024.
- [5] [5] R. Dwi Syahputra dan A. Susano, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN DATA REKAM MEDIS PADA KLINIK KHARISMA BERBASIS JAVA," 2021.
- [6] [6] A. Abdul Wahid Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Sumedang, "Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi," 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/346397070>
- [7] [7] Kamal Muzni, "MEMBANGUN SISTEM PENGELOLAAN DATA TRANSAKSI DAN KEUANGAN UINAR TRAVEL BERBASIS WEBSITE PADA PUSAT PENGEMBANGAN BISNIS UIN AR-RANIRY BANDA ACEH," 2025.
- [8] [8] A. Dillah, G. F. Nama, D. Budiyanto, dan M. A. Muhammad, "RANCANG BANGUN APLIKASI MONITORING OPERASI P2TL PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG 2 PHASA DI PT. PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PELAYANAN PELANGGAN (UP3) METRO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Agu 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4458.
- [9] [9] E. T. Sihotang dan H. Yutanto, "Tata Kelola Organisasi Mahasiswa Melalui Pengembangan Sistem Informasi," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 1, hlm. 99–110, Nov 2021, doi: 10.30812/matrik.v21i1.1391.
- [10] [10] C. Wahyu Kusuma, D. Gilang Lukito, I. Made Suraharta, dan P. Keselamatan Transportasi Jalan, "586 Chandra Wahyu Kusuma 1, Dawang Gilang Lukito 2, I Made Perancangan Sistem ETLE Berbasis Web dengan Metode SDLC (System Development Life Cycle) Waterfall (Studi Kasus: Kota Tegal) Perancangan Sistem ETLE Berbasis Web dengan Metode SDLC (System Development Life Cycle) Waterfall (Studi Kasus: Kota Tegal)," 2024.
- [11] [11] E. N. F. Pujiady, A. D. Prasetya, dan A. Andria, "Rancang Bangun Sistem Informasi Arsip Digital Catatan Sipil Kabupaten Magetan Berbasis Website Menggunakan Metode Waterfall," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, hlm. 25–48, Apr 2025, doi: 10.56211/helloworld.v4i1.705.
- [12] [12] A. Prialam dan D. Wardhani, "RANCANG BANGUN APLIKASI KENDARAAN MOBIL OPERASIONAL BERBASIS MOBILE MENGGUNAKAN METODE WATERFALL PADA PT PELABUHAN INDONESIA (PERSERO)," 2025.
- [13] [13] Telogowiyah Diah, "PENGEMBANGAN MEDIA KOMIK (NYAK CEGHDAS) BERTEMA KEMATANGAN KARIR BAGI PESERTA DIDIK SMK ISLAM YPI 2 WAY JEPARA LAMPUNG TIMUR," 2024.
- [14] [14] F. Qadri, "Sistem Peminjaman Barang Berbasis RFID RFID-Based Items Borrowing System," vol. 14, 2024, doi: 10.34010/jati.v14i2.
- [15] [15] P. Suherni, "Aplikasi Sistem Informasi Transaksi Pelayanan Obat Di Apotek Menggunakan Metode Waterfall," 2021.
- [16] [16] Titania Pricillia dan Zulfachmi, "[16] 153-Article Text-461-1-10-20210506," 2021.
- [17] [17] G. Bagus Nurcahya, F. Hunaini, dan D. Siswanto, "JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering Monitoring Dan Controlling Sinkronisasi Pada Mixer Beton Poros Ganda Berbasis Wifi," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2, hlm. 26–39, 2024, doi: 10.31328/jasee.
- [18] [18] F. Taufik Hidayat dan D. Notosudjono, "Program Studi Teknik Elektro Universitas Pakuan PROTOTIPE SISTEM INSPEKSI OTOMATIS PENCEGAH BALOK METAL TIDAK SESUAI UKURAN DALAM INDUSTRI DENGAN ACUAN PARAMETER DIMENSI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," 2024.
- [19] [19] Sapriyanto Yuli Nurullah, "SISTEM KONTROL DAN MONITORING DAYA LISTRIK RUMAH," 2020.
- [20] [20] T. Ihsania, R. Yudha Adhitya, A. Khumaidi, M. K. Hasin, dan I. Sutrisno, "Analisis Waktu Performa Pengiriman Pada Sistem Peminjaman Inventaris Laboratorium berbasis IOT," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 10, no. 2, hlm. 226–233, Jul 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.2996.
- [21] [21] Nadya Ramadhani, "[21] rudiazra,+02.+PENDIDIK+DAN+TENAGA+KEPENDI DIKAN++Copy++Copy++Copy," 2023.
- [22] [22] I. P. Sari, A. H. Hazidar, M. Basri, F. Ramadhani, dan A. A. Manurung, "Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 1, hlm. 16–25, Mei 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.246.
- [23] [23] D. Yusuf, D. B. Srisulistiwati, U. Bhayangkara, dan J. Raya, "APLIKASI SISTEM PARKIR KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS KARTU RFID," 2021.
- [24] [24] Mulyono, "PEMANFAATAN TEKNOLOGI UHF RFID UNTUK PENDATAAN OBJEK TUGAS AKHIR," 2023.
- [25] [25] H. Dhani, "ACCURACY AND PRECISION OF AN INDOOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOT LOCALIZATION UTILIZING A RFID READER MFRCS22 INFORMASI ARTIKEL," hlm. 1–6, 2023.

[26]