

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan disajikan hasil rinci dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan untuk sistem *E-Laundry*. Pengujian ini dilaksanakan dalam rangka memvalidasi dari fungsionalitas alat yang digunakan, menganalisis dan mengukur performa dari setiap komponen termasuk sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, melalui hasil dan pembahasan ini dapat memastikan bahwa sistem yang dibangun telah sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

4.1. Peralatan yang digunakan

Peralatan ini mencakup perangkat keras untuk interaksi dengan sistem, alat ukur untuk validasi teknis, serta objek pengujian untuk menjamin akurasi dari pengujian. Detail peralatan yang digunakan selama tahap pengujian dirangkum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.1. Peralatan yang digunakan

No	Nama Alat	Spesifikasi	Keterangan
1.	Laptop	Core i5, RAM 8GB	Digunakan untuk memprogram mikrokontroler, memonitor data serial, dan mengakses <i>dashboard website</i> .
2.	Tag RFID UHF	Sampel 5 tag	Sebagai objek representatif linen yang diuji untuk dievaluasi kemampuan deteksi sistem.
3.	Smartphone	-	Digunakan untuk menguji aksesibilitas, responsivitas, dan fungsionalitas <i>dashboard website</i> pada perangkat <i>mobile</i> .
4.	Alat Tulis	-	Untuk mencatat hasil pengamatan dan pengukuran secara manual sebagai data pembanding.

4.2. Prosedur Pengujian dan Analisa

Proses pengujian dan analisa dirancang secara sistematis untuk mengevaluasi setiap aspek dari sistem *E-Laundry*. Metodologi ini memastikan bahwa pengujian dilakukan secara komprehensif, mulai dari validasi komponen individual hingga penilaian kinerja sistem secara menyeluruh dalam skenario yang mendekati kondisi operasional nyata. Berikut adalah definisi dari ID RFID yang akan digunakan :

Tabel 4. 2. Insialisasi Label RFID

RFID	<i>Define</i>
E280689400005028A03859D5	BANTAL 1
E280689400005028A037EDFB	BANTAL 2
E280689400004028A033C583	BANTAL 3
E280689400004028A0375DFB	SPREI 1
E280689400005028A030AD89	SPREI 2

Setiap pengujian mengikuti alur yang terstruktur, diawali dengan persiapan alat dan sistem, dilanjutkan dengan eksekusi pengujian sesuai skenario, dan diakhiri dengan pencatatan data yang cermat. Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk mengukur tingkat keberhasilan, mengidentifikasi potensi *error*, dan menarik kesimpulan terkait performa sistem. Prosedur pengujian dibagi ke dalam beberapa fokus utama sebagai berikut:

Tabel 4. 3. Item Pengujian

No	Item Pengujian	Tujuan Pengujian	Skenario / Metode
1	Pengujian Jarak Baca optimal (Read Range Test)	Mengetahui jarak maksimal dan kemampuan Reader UHF dalam mendeteksi Tag.	Menggeser posisi tag menjauhi antena mulai dari jarak 1 meter hingga 5 meter dengan kelipatan 1 meter.
2	Pengujian Akurasi Jumlah (Multi-Tag Accuracy)	Memastikan sistem dapat menghitung jumlah linen dengan (5pcs) melalui Gate secara tepat tanpa ada yang terlewat bersamaan dalam beberapa kali (missed).	Melewatkan sejumlah sampel linen melalui Gate secara berulang-ulang dalam beberapa kali percobaan.
3	Pengujian Halangan (Obstruction Test)	Menguji kemampuan sinyal RF UHF terhadap tumpukan linen dan tumpukan kain atau material penghalang.	Menempatkan tag di dalam tumpukan linen dan membungkusnya dengan selimut tebal, lalu dilewatkan ke Gate.
4	Pengujian Integrasi IoT (Latency Test)	Mengukur kecepatan pengiriman data dari hardware (Gate) ke software (Website).	Menghitung waktu (stopwatch) mulai dari buzzer berbunyi hingga data tampil di layar dashboard web.
5	Pengujian Algoritma Anti-duplikasi	Mengukur banyak pembacaan dalam rentang waktu tertentu untuk RFID dan pembatasan pembacaan	Mengukur banyak pembacaan dalam rentang waktu tertentu untuk RFID dan pembatasan pembacaan diamati dalam waktu 0-60 detik
6	Pengujian Fungsional Web (Interface Test)	Memastikan fitur berfungsi sesuai rancangan.	Melakukan pengecekan menu Login, Data Master Linen, dan Riwayat Pencucian pada browser.

4.3. Pengujian Kemampuan *Tag* RFID dan *Scanner RFID*

Tahap ini fokus pada pengujian individual setiap komponen perangkat keras utama untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan spesifikasi teknis yang diharapkan.

4.3.1. Pengujian Jarak Baca

Pengujian jarak baca dilakukan untuk mengetahui batas maksimal jarak baca *Scanner RFID*. Prosedur yang dilakukan adalah dengan meletakkan 1 RFID sejajar dengan *Scanner RFID* pada jarak tertentu. Jarak yang akan digunakan adalah jarak 1 meter, 2 meter, 3 meter, dan 4 meter dengan tujuan untuk mengetahui jarak terbaik. Pengujian dilakukan dengan 10 kali pengulangan. Berikut adalah hasil pembacaan tersebut

Tabel 4.4. Pengujian Jarak Baca

RFID	Variabel Pembacaan	Percobaan ke -										Presentase
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Akurasi
x1	1 Meter	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%
x2	2 Meter	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	90%
x3	3 Meter	v	v	x	x	x	x	x	x	v	v	40%
x4	4 Meter	x	x	v	x	x	v	v	x	x	x	40%
x5	5 Meter	x	x	x	x	x	x	x	x	x	v	10%

Dokumentasi :



Gambar 4. 1. Pengujian Jarak Baca RFID

4.3.2. Pengujian Multi Tag

Pengujian multitag dilakukan untuk mengetahui proses pembacaan dalam satu waktu. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario sebagai berikut :

a. Pengujian 1 (Sebar RFID)

Pengujian dilakukan dengan cara menyebar 5 linen dalam 1 permukaan. Selanjutnya linen dilewatkan di bawah *gate*. Pengulangan dilakukan sebanyak 10 kali. Berikut adalah hasilnya :

Tabel 4.5. Pengujian Sebar RFID

RFID	Pengulangan ke -										Presentase Akurasi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x1	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%
x2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%
x3	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%
x4	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%
x5	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	100%

Dokumentasi :



Gambar 4. 2 Pengujian Pembacaan pada Permukaan

b. Pengujian 2 (Penumpukan Linen)

Pengujian dilakukan dengan pengulangan 20 kali dengan perlakuan 5 linen ditumpuk menjadi satu dan diletakan dalam permukaan luas dan dilewatkan pada *gate*. Berikut adalah hasilnya

Tabel 4. 6. Pengujian Penumpukan Linen

Percobaan ke-	Jumlah Linen terbaca
1	5
2	5
3	5
4	5
5	5
6	5
7	5
8	5
9	5
10	5
11	5
12	5
13	5
14	5
15	5
16	5
17	5
18	5
19	5
20	5

Dokumentasi :



Gambar 4. 3 Pengujian Tumpukan Linen

c. Pengujian 3 (Pembacaan dengan halangan)

Pengujian dilakukan dengan pengulangan 20 kali dengan perlakuan 5 linen ditumpuk menjadi satu dan diletakan dalam permukaan luas dengan halangan linen tebal dan dilewatkan pada *gate*. Berikut adalah hasilnya :

Tabel 4. 7. Pengujian Pembacaan dengan Halangan

Percobaan ke-	Jumlah Linen terbaca
1	4
2	5
3	4
4	5
5	5
6	5
7	5
8	5
9	5
10	5
11	5

12	5
13	5
14	5
15	5
16	5
17	5
18	5
19	5
20	5

Dokumentasi :



Gambar 4. 4. Pengujian Pembacaan dengan Penghalang

4.3.3. Pengujian Latensi

Pengujian latensi dilaksanakan untuk mengetahui proses pembacaan dan keterlambatan pembacaan pada *Scanner* RFID. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan dengan masing-masing pengulangan diambil 5 kali pendataan menggunakan *stopwatch*. Data diambil dengan mendengarkan suara pada bunyi sensor RFID.

Tabel 4. 8.Pengujian Latensi Pembacaan

Pengulangan	Lap				
	1	2	3	4	5
1	00.00.23	00.00.14	00.00.35	00.00.19	00.00.28
2	00.00.31	00.00.25	00.00.18	00.00.36	00.00.22
3	00.00.29	00.00.33	00.00.15	00.00.27	00.00.34
4	00.00.16	00.00.21	00.00.37	00.00.30	00.00.24
5	00.00.32	00.00.26	00.00.19	00.00.35	00.00.20
6	00.00.28	00.00.17	00.00.24	00.00.31	00.00.36
7	00.00.34	00.00.29	00.00.22	00.00.16	00.00.33
8	00.00.20	00.00.35	00.00.30	00.00.25	00.00.18
9	00.00.37	00.00.23	00.00.28	00.00.15	00.00.32
10	00.00.25	00.00.31	00.00.19	00.00.27	00.00.21

Dokumentasi :



Gambar 4. 5. Pengujian Latensi Pembacaan

4.3.4. Pengujian Algoritma Anti-Duplikasi

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi keandalan algoritma pemrograman pada Raspberry Pi Pico dalam menangani karakteristik *redundansi* data dari RFID Reader UHF. Karakteristik alami dari gelombang RF adalah melakukan transmisi data secara kontinu selama *tag* berada dalam jangkauan sinyal (*interrogation zone*).

Tabel 4. 9. Pengujian Algoritma Anti-Duplikasi

Rentang Waktu Percobaan (detik)	Jumlah Pembacaan (Tanpa Logika Anti-Redundansi Data)	Jumlah Pembacaan (Dengan Logika Anti-Redundansi Data)
0-10	144	1
10-20	145	1
20-30	143	1
30-40	144	1
40-50	141	1

Dokumentasi :

```
Shell x
Waktu 00-10 detik | Jumlah baca: 144
Waktu 10-20 detik | Jumlah baca: 145
Waktu 20-30 detik | Jumlah baca: 143
Waktu 30-40 detik | Jumlah baca: 144
Waktu 40-50 detik | Jumlah baca: 141
TOTAL PEMBACAAN SELAMA 1 MENIT: 860
>>>
```

Gambar 4. 6. Percobaan Algoritma Tanpa Anti-Redudansi Data

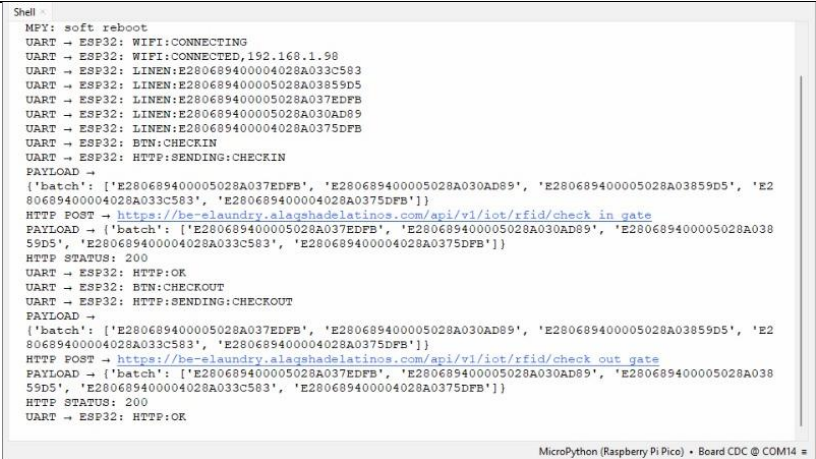
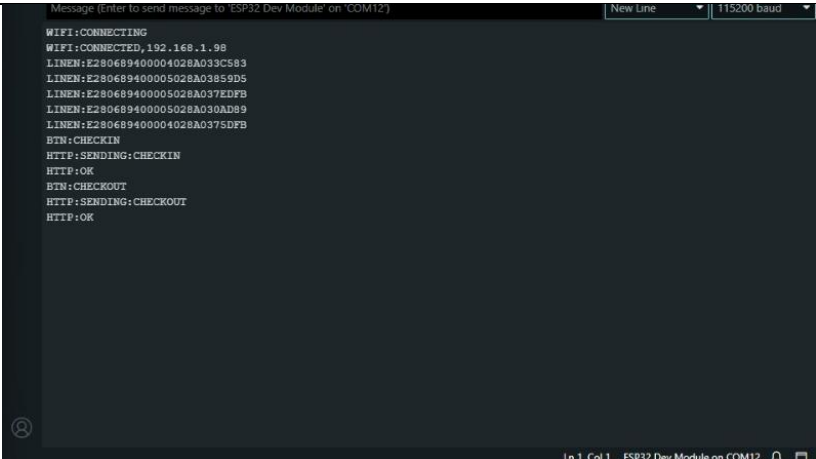
```
Shell x
RFID UNIK TERDETEKSI: E280689400005028A030AD89
Waktu 00-10 detik | ID unik terbaca: 1
Waktu 10-20 detik | ID unik terbaca: 1
Waktu 20-30 detik | ID unik terbaca: 1
Waktu 30-40 detik | ID unik terbaca: 1
Waktu 40-50 detik | ID unik terbaca: 1
*** 00000000 ***
```

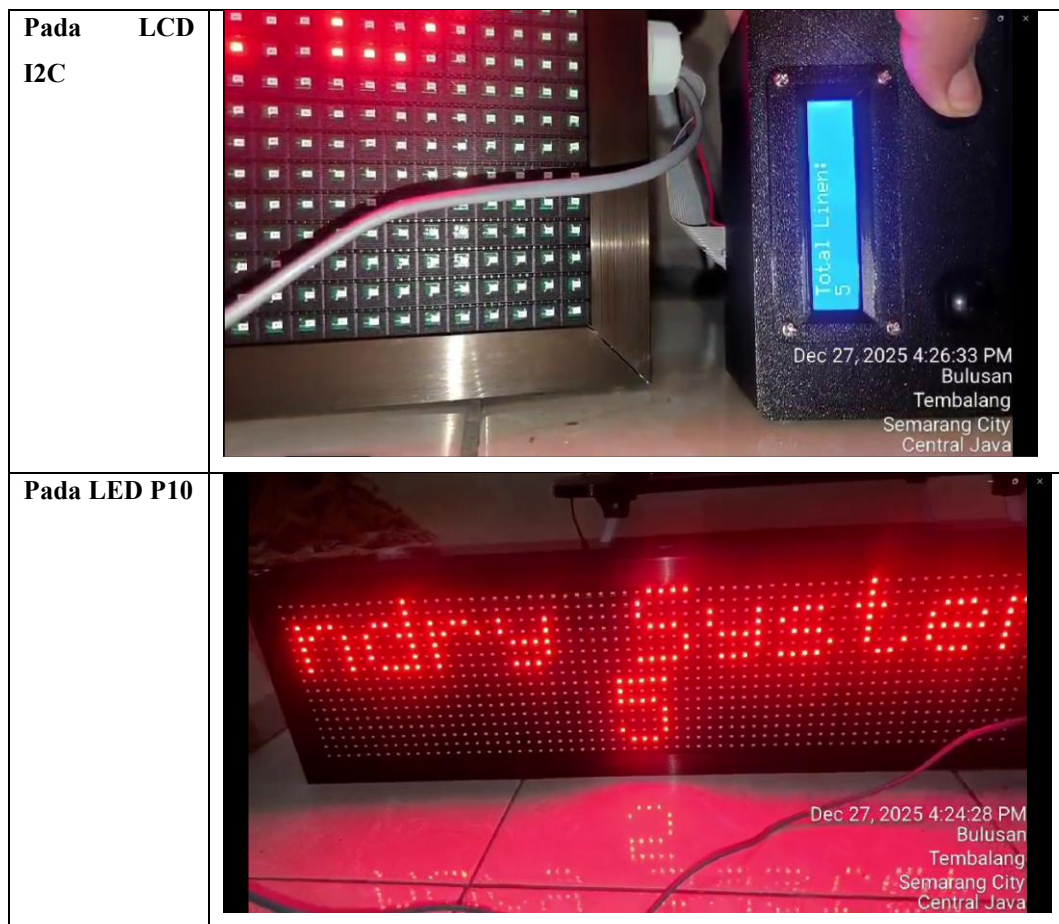
Gambar 4. 7. Percobaan Algoritma dengan Anti-Redudansi Data

4.4. Pengujian Integrasi Alat Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem *E-Laundry* sebagai satu kesatuan yang terintegrasi. Skenario pengujian dirancang untuk disimulasikan pada kondisi penggunaan nyata, di mana sekelompok linen yang telah dipasang *tag* RFID dilewatkan melalui gerbang pemindai. Pengujian ini melibatkan seluruh alur proses, mulai dari deteksi fisik oleh *scanner*, pengolahan data oleh Raspberry Pi Pico, hingga visualisasi hasil pada antarmuka fisik (LED Matrix) dan antarmuka digital (*dashboard website*). Fokus utama pengujian ini adalah untuk mengukur akurasi deteksi massal dan kecepatan respons sistem secara *end-to-end*.

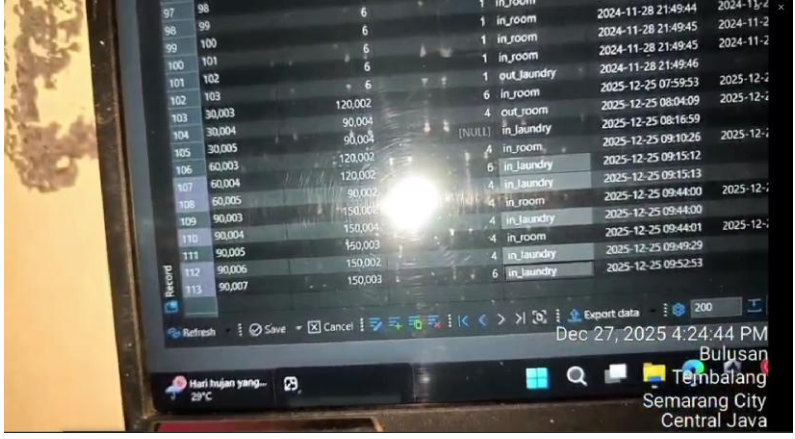
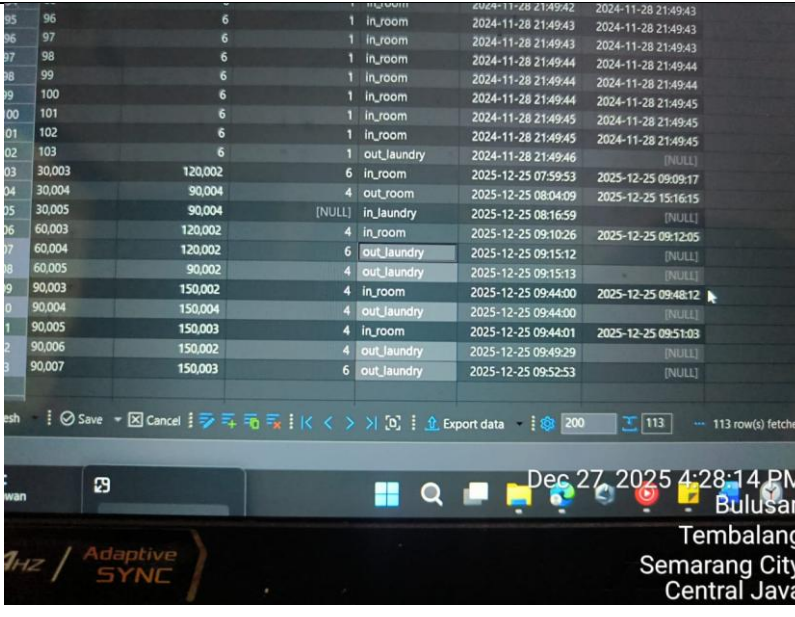
Tabel 4. 10. Hasil Pembacaan RFID pada *Serial Monitor* dan *Interface Fisik*

Pembacaan	Hasil Pembacaan
Pada Raspberry Pi Pico (VSCode)	
Pada ESP32 (Arduino IDE)	



Tabel 4. 11. Pembacaan pada *Dashboard* dan *Database*

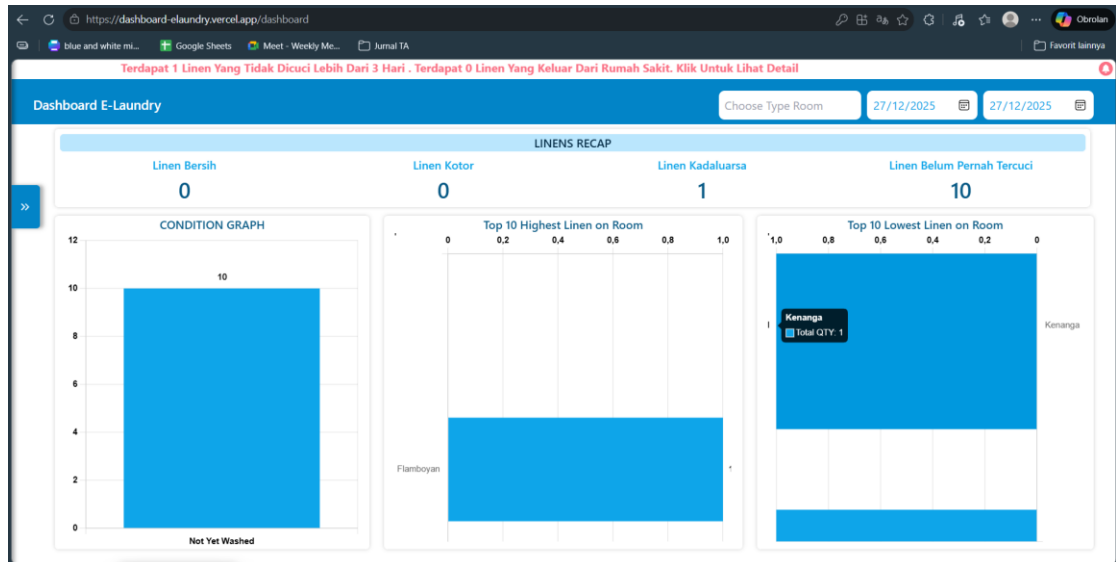
Pembacaan	Hasil Pembacaan																																																																		
Pembacaan pada List Linen Aktif	https://dashboard-laundry.vercel.app/active_linen blue and white lin...Google SheetsMeet - Weekly Me...Kamal TA Join Yang Keluar Dari Rumah Sakit, KSD Untuk Lihat Detail Search Add NewChange RFID Linen <table><tr><th>No</th><th>ID Linen</th><th>RFID</th><th>Room Now</th><th>Type</th><th>Wash Count</th></tr><tr><td>1</td><td>150003</td><td>E28068940000428A0375CF8</td><td>Laundry</td><td>SPREI</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>6</td><td>RFID4</td><td>Laundry</td><td>TYPE1</td><td>101</td></tr><tr><td>3</td><td>120002</td><td>E28068940005028A03859D5</td><td>Laundry</td><td>BANTAL</td><td>2</td></tr><tr><td>4</td><td>150002</td><td>E28068940005028A037EDF8</td><td>Laundry</td><td>BANTAL</td><td>1</td></tr><tr><td>5</td><td>90004</td><td>RFID6</td><td>Laundry</td><td>SPREI</td><td>1</td></tr><tr><td>6</td><td>8</td><td>RFID3</td><td>Laundry</td><td>TYPE2</td><td>0</td></tr><tr><td>7</td><td>60002</td><td>E2 80 68 94 00 00 50 28 A0 38 59 D5</td><td>Flamboyen</td><td>SPREI</td><td>0</td></tr><tr><td>8</td><td>90002</td><td>E28068940004028A033C583</td><td>Laundry</td><td>BANTAL</td><td>0</td></tr><tr><td>9</td><td>90003</td><td>RFID5</td><td>Konanga</td><td>BANTAL</td><td>0</td></tr><tr><td>10</td><td>150004</td><td>E28068940005028A030AD89</td><td>Laundry</td><td>SPREI</td><td>0</td></tr></table> 1-10 of 10	No	ID Linen	RFID	Room Now	Type	Wash Count	1	150003	E28068940000428A0375CF8	Laundry	SPREI	1	2	6	RFID4	Laundry	TYPE1	101	3	120002	E28068940005028A03859D5	Laundry	BANTAL	2	4	150002	E28068940005028A037EDF8	Laundry	BANTAL	1	5	90004	RFID6	Laundry	SPREI	1	6	8	RFID3	Laundry	TYPE2	0	7	60002	E2 80 68 94 00 00 50 28 A0 38 59 D5	Flamboyen	SPREI	0	8	90002	E28068940004028A033C583	Laundry	BANTAL	0	9	90003	RFID5	Konanga	BANTAL	0	10	150004	E28068940005028A030AD89	Laundry	SPREI	0
No	ID Linen	RFID	Room Now	Type	Wash Count																																																														
1	150003	E28068940000428A0375CF8	Laundry	SPREI	1																																																														
2	6	RFID4	Laundry	TYPE1	101																																																														
3	120002	E28068940005028A03859D5	Laundry	BANTAL	2																																																														
4	150002	E28068940005028A037EDF8	Laundry	BANTAL	1																																																														
5	90004	RFID6	Laundry	SPREI	1																																																														
6	8	RFID3	Laundry	TYPE2	0																																																														
7	60002	E2 80 68 94 00 00 50 28 A0 38 59 D5	Flamboyen	SPREI	0																																																														
8	90002	E28068940004028A033C583	Laundry	BANTAL	0																																																														
9	90003	RFID5	Konanga	BANTAL	0																																																														
10	150004	E28068940005028A030AD89	Laundry	SPREI	0																																																														

Pembacaan pada Database (Status Check- In)	
Pembacaan pada database (Status Check out)	

Selanjutnya pada *website* yang telah dirancang, telah berhasil dilaksanakan pengujian termasuk penambahan linen sesuai dengan rancangan yang telah diajukan. *Page* yang ditampilkan saat ini fokus pada beberapa *page* berikut :

- *Page Dashboard Website* yang dapat menampilkan pembacaan untuk data masing-,masing linen
- *Page Linen Aktif* yang dapat menampilkan data linen yang aktif
- *Page Master Ruangan dan Master Jenis Linen* yang dapat menampilkan jenis ruangan dan jenis linen yang ditambahkan pada sistem

Semua tampilan yang ada diambil dari *database* yang telah dibangun. Berikut adalah hasil dari *page* tersebut :



Gambar 4. 8. Dashboard Website

Sistem ini akan terhubung pada *website* yang dapat menampilkan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna. *Website* ini sekaligus akan menjadi sebuah *dashboard* yang dapat memantau seluruh ID RIFD yang dimiliki sehingga jumlah linen yang ada pada satu sistem dapat terpantau statusnya.

The screenshot shows a table titled 'active linen' with columns: No, ID Linen, RFID, Room Now, Type, and Wash Count. The table contains 10 rows of data. A search bar and 'Add New +', 'Change RFID Linen' buttons are at the top. A pagination bar at the bottom shows '1-10 of 10'.

No	ID Linen	RFID	Room Now	Type	Wash Count
1	150002	E280689400005028A037EDFB	Laundry	BANTAL	1
2	150003	E280689400004028A0375DFB	Laundry	SPREI	1
3	6	RFID4	Laundry	TYPE1	101
4	120002	E280689400005028A03859D5	Laundry	BANTAL	2
5	90004	RFID6	Laundry	SPREI	1
6	8	RFID3	Laundry	TYPE2	0
7	60002	E2 80 68 94 00 00 50 28 A0 38 59 D5	Flamboyant	SPREI	0
8	90002	E280689400004028A033C583	Laundry	BANTAL	0
9	90003	RFID5	Kenanga	BANTAL	0
10	150004	E280689400005028A030AD89	Laundry	SPREI	0

Gambar 4. 9. Linen Aktif

Terdapat 1 Linen Yang Tidak Dicuci Lebih Dari 3 Hari . Terdapat 0 Linen Yang Keluar Dari Rumah Sakit, Klik Untuk Lihat Detail

No	Room	Room Type	
1	Flamboyen	OK	:
2	Kenanga	OK	:

1-2 of 2

Gambar 4. 10. Page Jenis Ruangan

https://dashboard-elaundry.vercelapp/master/linen_type

No	Type	
1	BANTAL	:
2	SPREI	:

1-2 of 2

Gambar 4. 11. Page Jenis Linen

Interface Website ini akan menampilkan jumlah linen yang dimiliki, jumlah ruangan yang ada pada rumah sakit, identifikasi master linen berdasarkan RFID yang bersifat unik dan *interface scanner* yang bisa digunakan dalam proses *scanning* secara manual.

4.5. Pembahasan

Pengujian dilakukan pada komponen inti, yaitu *scanner* RFID, untuk menentukan jangkauan baca efektifnya. Dari serangkaian percobaan merujuk pada **Tabel 4.4.**, terbukti bahwa *scanner* mampu memberikan tingkat keberhasilan pembacaan hingga 100% pada jarak hingga 1 meter dan 90% pada jarak 2 meter. Performa mulai sedikit menurun pada jarak 3 meter dengan keberhasilan 90%, dan menjadi tidak efektif pada jarak 4-5 meter. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa *scanner* yang digunakan sangat sesuai untuk implementasi pada pintu atau koridor standar di lingkungan rumah sakit, di mana jarak antara *scanner* dan linen yang melintas umumnya berada dalam rentang optimal tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan performa yang baik. Merujuk pada **Tabel 4.5. dan 4.6.** Untuk jumlah linen hingga 5 buah, sistem berhasil mencapai tingkat akurasi 100%, di mana setiap *tag* terdeteksi dengan benar dan data yang sesuai ditampilkan di kedua antarmuka. Ketika pengujian dilakukan dengan penghalang berupa selimut merujuk pada **Tabel 4.7.** terdapat pengurangan daya baca pada pengulangan 1 dan 3 dengan jumlah linen terbaca 4 buah, diamati adanya penurunan akurasi minor menjadi 95%, dengan satu *tag* yang gagal terdeteksi. Fenomena ini diidentifikasi sebagai akibat dari *tag collision* atau posisi *tag* yang saling tumpang tindih secara rapat, yang sedikit menghalangi pancaran sinyal radio dari salah satu tag.

Dari sisi kecepatan, merujuk pada **Tabel 4.8.** sistem menunjukkan respons yang sangat baik dengan pembacaan di bawah 00:00.37. Waktu yang dibutuhkan dari saat linen melewati gerbang hingga jumlahnya muncul di LED Matrix dan data ter-update di *dashboard* website. Latensi yang rendah ini membuktikan bahwa proses komunikasi data antar komponen, baik secara internal maupun melalui jaringan Wi-Fi ke server, berjalan dengan baik. Kecepatan respons ini sangat penting dalam lingkungan operasional yang dinamis seperti *Laundry* rumah sakit.

Adapun merujuk pada hasil pengujian algoritma anti duplikasi pada **Tabel 4.9**. Bahwa terbukti ketika proses pembacaan menerapkan algoritma anti *redudansi*, ketika belum diterapkan algoritma untuk pembacaan *redudansi*, maka data akan terbaca terus menerus pada sistem yang dapat diamati oleh serial monitor dengan rata pembacaan mencapai 141 kali pembacaan dalam waktu 10 detik. Adapun ketika diterapkan algoritma untuk pembacaan anti *redudansi* data berhasil diperoleh tidak ada proses pembacaan tambahan pada 1 *tag* RFID yang di *scan*. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak bisa membaca 1 RFID lebih dari 1 kali.

Pada uji fungsionalitas terbukti bahwa sistem fisik dan sistem perangkat lunak dapat berkomunikasi dengan baik. Pada pembacaan *serial monitor* pada mikrokontroler Raspberry Pi Pico dan EPS32 terbukti bahwa dapat diterima dengan baik dari RFID, selanjutnya Raspberry Pi Pico dapat mengirimkan data pembacaan ke *database* yang sudah disediakan. Penerimaan *database* terbukti bahwa ketika pengguna melakukan penekanan *button* untuk fungsi *Check-In* dan *Check-out*, data terbaca dengan baik, sehingga selanjutnya dapat diolah pada *dashboard website*. *Dashboard website* dibangun dengan fungsi pembacaan linen, pengelolaan data linen berbasis master data linen, master ruangan, dan master jenis linen yang mana semua fungsionalitasnya berjalan dengan baik terbukti pada hasil pembacaan pada *dashboard*. Tentu hal ini menjadi validasi yang baik untuk admin pengelolaan linen di rumah sakit dikarenakan semua data yang diterima dapat dipertanggungjawabkan melalui *website* yang telah disediakan..

Secara keseluruhan, pengujian integrasi ini terbukti bahwa sistem *E-Laundry* mampu berfungsi sesuai rancangan. Sistem *E-Laundry* dapat mengirimkan data melalui WiFi dan juga melalui pembacaan komunikasi UART pada *pin* mikrokontroler. Hal ini menunjukkan sistem dapat berkomunikasi dalam mengelola data yang diterima dari *Scanner* RFID. Sistem tidak hanya akurat dalam mendeteksi dan menghitung linen, tetapi juga cepat dalam menyajikan informasi kepada pengguna. Hasil ini menunjukkan bahwa

purwarupa yang dibangun memiliki potensi besar untuk diimplementasikan sebagai solusi yang andal dan efisien untuk manajemen linen di rumah sakit, dengan catatan perlu adanya prosedur standar untuk memastikan linen tidak terlalu menumpuk saat melewati gerbang guna memaksimalkan akurasi.