

Pengembangan *Prototype Smart Inventory System* berbasis teknologi RFID untuk Industri Garmen

P. Paryanto*, Albertus G. Reinhard, Susilo A. Widyanto

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH. Tembalang Semarang 50275, Indonesia

*E-mail: paryanto@ft.undip.ac.id

Abstract

A garment industry always has large variety of products with a high production rate. Thus, it makes difficult to track the stock and location of raw materials by using manual operation. To overcoming these problems, we propose an inventory system that integrated with the Radio Frequency Identification (RFID) technology that can find products quickly and provide real-time data visibility. In this research, the design and manufacture of an RFID-based inventory system prototype were conducted. The test results showed that the reading's success rate and location suitability reached 100% in detecting incoming items one-by-one, but the success rate decreased to 93.33% when detecting several incoming goods simultaneously. The inability of the infrared sensor to read the unique identification of RFID causes an error in detecting the type of goods on the shelf. In addition, its has found that tag orientation that is not aligned with the reader can increase tag activation power and tag reading failure.

Keywords: RFID, Tag orientation, Inventory system, Garment industry

Abstrak

Industri garmen erat kaitannya dengan banyaknya variasi produk dengan skala produksi yang tinggi sehingga sering kali menyulitkan operator gudang dalam melacak keberadaan material produksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penggunaan teknologi sistem pergudangan berbasis teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) diusulkan, dengan tujuan agar mampu menemukan produk dengan cepat dan memberikan visibilitas data *real time* yang akurat sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas *warehouse*. Pada penelitian ini, dilakukan perancangan dan pembuatan *prototype* sistem inventory berbasis RFID. Sistem yang meliputi proses penempatan dan keluar/masuk material, serta pembuatan laporan stok barang secara otomatis pada gudang. Pada *prototype* ini, dilakukan pengujian keberhasilan *reader* dalam mendeteksi adanya barang yang masuk dan kesesuaian lokasi penyimpanan barang dengan lokasi yang ditampilkan pada *user interface*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan pembacaan dan kesesuaian lokasi mencapai 100% dalam mendeteksi barang yang masuk-satu-persatu, namun tingkat keberhasilan pembacaan dan kesesuaian lokasi menurun menjadi 93,33% saat mendeteksi beberapa barang yang masuk secara bersamaan. Ketidakkampuan sensor *infrared* dalam membaca *unique identification* pada RFID menyebabkan kesalahan dalam mendeteksi jenis barang pada rak. Selain itu, diketahui juga bahwa orientasi *tag* yang tidak sejajar dengan *reader* dapat meningkatkan daya aktivasi *tag* dan kegagalan pembacaan *tag*.

Kata kunci: RFID, orientasi *tag*, sistem pergudangan, Industri garmen.

1. Pendahuluan

Di industri garmen masih banyak menggunakan pengelolaan gudang secara manual (Gambar 1). Dengan meningkatnya variasi produk, kinerja operator akan semakin berat dan akan memperbesar tingkat kesalahan manusia. Kesalahan operator akan menyebabkan tidak akurasi data ataupun barang yang hilang. *Warehouse management system* (WMS) merupakan sebuah sistem untuk meningkatkan kinerja gudang dengan mengarahkan kemampuan manajerial yang efisien dan mengembangkan inventaris yang akurat sebagai hasil dari pencatatan transaksi gudang [1]. Sistem ini tidak hanya masalah penyimpanan barang saja, melainkan turut mengontrol kegiatan lainnya seperti *shipping* (pengiriman), *receiving* (penerimaan), *putaway* (penyimpanan), *move* (pergerakan) dan *picking* (pengambilan)



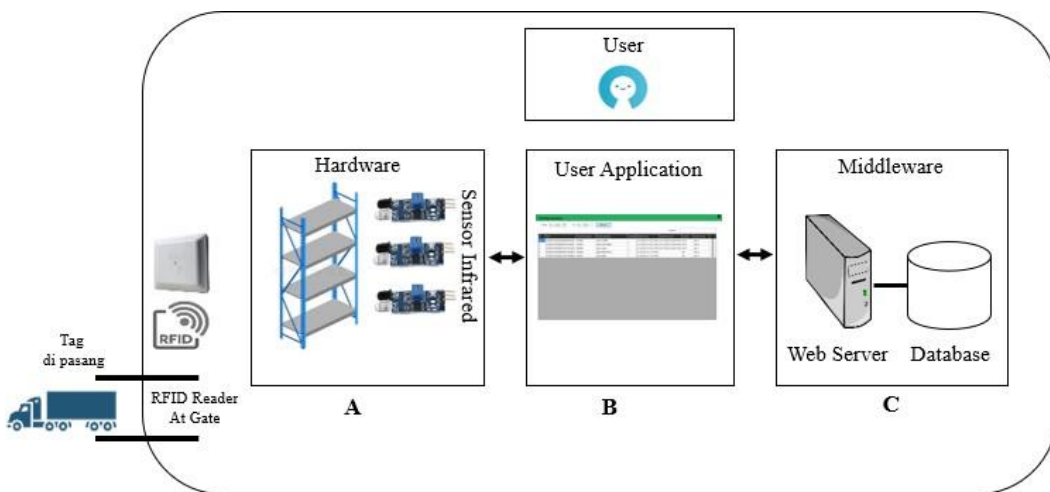
Gambar 1 Kondisi inventory industri garmen

Penggunaan *teknologi Radio Frequency Identification (RFID)* yaitu untuk mempermudah pencarian bahan baku. Teknologi RFID merupakan generasi kelanjutan dari barcode. RFID memungkinkan untuk mentransmisikan data tanpa harus berdekatan seperti *barcode*. Sebelum bahan baku disimpan ke gudang, terlebih dahulu dipasangkan *tag* RFID yang berisikan data tentang bahan baku tersebut. Saat petugas *inventory* ingin mencari bahan baku, mereka dapat menggunakan *RFID reader* untuk membantu pencarian. Selain itu, penambahan *database* dalam sistem *inventory* akan memberikan kemudahan dalam hal pendataan dan memudahkan *stock opname* serta ketepatan pemesanan [2]. Penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem informasi RFID pada proses penempatan dan keluar/masuk material pada *warehouse*, merancang sistem pembuatan laporan *stock* barang secara *real time*, pengujian *prototype* WMS berbasis RFID, dan menguji pengaruh orientasi *tag* terhadap kemampuan *RFID reader* dalam membaca *RFID tag*.

2. Metodologi Penelitian

Dalam perancangan program *warehouse management system* ini, diperlukan perancangan *database* dan *user interface* untuk mengelola data yang ada. Untuk itu, digunakan program *Mysql* dan *Visual Studio .Net Framework* dengan bahasa pemrograman *C#* sebagai *database* dan *user interface*. Selain itu, digunakan juga beberapa komponen seperti *RFID reader* jenis *Electron HW-VX6330* dan *RFID tag* jenis *Impinj Monza 4E*. *RFID tag* serta *reader* yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan benda yang masuk/keluar sehingga bisa tercatat secara otomatis. Pada program ini juga dirancang pendeteksian lokasi barang, maka digunakan lah sensor *infrared* yang akan mendeteksi adanya barang atau tidak. Bila mendeteksi adanya barang, maka akan dikirimkan informasi sensor yang mendeteksi adanya barang. Kemudian data akan dikirimkan ke program dan dicocokkan dengan data terakhir barang yang masuk melalui *RFID reader*.

Setelah dibuat konsep program serta ditentukan komponen yang akan digunakan, perancangan sistem komunikasi diperlukan sebagai acuan dalam pembuatan alat. *Prototype Warehouse Management System* memiliki tiga rangkaian utama yakni *hardware (UHF RFID reader dan Arduino)*, *Middleware (Program dan database)*, dan *user*. Perancangan sistem komunikasi dan akan dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2 Komponen WMS berbasis RFID
 (A) Ruang Penyimpanan Barang, (B) *User Application*, (C) *Middleware (Program & Database)*

2.1 Pengujian Program WMS berdasarkan Keterbacaan RFID Tag dan Kesesuaian Lokasi Penyimpanan

Pengujian program dilakukan dengan simulasi sistem *Prototype* WMS berbasis RFID. Simulasi dilakukan dengan menguji keterbacaan RFID tag oleh UHF RFID reader saat benda uji melewati pintu masuk/keluar. Selanjutnya, dilakukan pengujian akurasi penempatan barang pada lemari penyimpanan dengan lokasi yang ditampilkan pada program. Perancangan *prototype warehouse management system* berbasis RFID dibagi menjadi tiga bagian yaitu pintu masuk/keluar barang berbasis RFID, *middleware*, dan ruang penyimpanan berbasis *infrared*. Gambar 3 menerangkan layout pengujian yang dilakukan.



Gambar 3 Layout *Prototype* WMS berbasis RFID

Kemudian dilakukan pengujian pengukuran akurasi keterbacaan RFID reader dan akurasi data lokasi rak dibagi menjadi tiga jenis kasus. Setiap kasus akan dilakukan sebanyak 5 kali. Tiga jenis kasus tersebut adalah 1 benda uji dipasangi 1 RFID tag, 6 benda uji dipasangi 6 RFID tag (1 RFID tag di setiap benda uji), dan 6 Benda uji dipasangi 6 RFID tag (1 RFID tag di setiap benda uji) dimana benda uji masuk satu persatu melewati RFID reader.

2.2 Pengujian Pengaruh Orientasi RFID Tag terhadap Kemampuan Pembacaan

Transmitted Power Output (TPO) didefinisikan sebagai daya transmisi minimum yang dibutuhkan untuk mengaktifkan tag dan menerima respon *query ID* pada frekuensi dan jarak tertentu dari RFID reader. TPO penting dilakukan untuk menganalisis orientasi operasi tag terkuat pada saat tag ditempelkan pada sebuah objek. Ditampilkan pola radiasi frekuensi berdasarkan batas daya transmisi pada sudut tertentu. Pengukuran dilakukan dengan menguji UHF RFID tag pasif [3][4].

Pengujian dilakukan dengan metode yang dilakukan oleh Berge [5][6]. Setup pengujian pengaruh orientasi RFID tag terdiri dari UHF RFID reader yang terpolarisasi linier (Electron HW-VX6330, penguatan 6 dBi) dan terhubung ke laptop. Sistem RFID ini beroperasi pada frekuensi sentral 924 MHz sesuai dengan penggunaan regulasi RFID UHF yang ada di Indonesia [7]. Sedangkan tag RFID yang digunakan adalah Windshield Monza 4E C yang berbentuk stiker dan ditempelkan langsung pada benda uji.

Meja kerja digunakan untuk meminimalkan medan elektromagnetik dan gangguan pantulan gelombang. Untuk itu, seluruh rangka meja kerja terbuat dari kayu. Pada meja kerja, ditempelkan kertas sudut. Di atas kertas ini akan diletakkan benda uji yang telah ditempelkan UHF RFID tag. Kertas sudut berfungsi untuk memutar benda uji sesuai dengan sudut yang dibutuhkan. Putaran pada kertas sudut diatur setiap 10° sehingga akan didapatkan 36 data yang berbedasat benda uji telah melakukan satu putaran penuh (360°).

Benda uji pada penelitian ini adalah sebuah baju dengan material *polyester*, *cashmere*, dan katun. Baju ini kemudian digulung dan ditempel UHF RFID tag. Baju yang digulung ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 6,5 cm, tinggi 21,5 cm, dan ketebalan kain 0,3 cm. UHF RFID tag dipasang secara horizontal di permukaan dan diletakkan di tengah benda uji seperti pada Gambar 4.

RFID reader diletakkan pada tripod dengan ketinggian 750 mm dari permukaan tanah. RFID reader kemudian diletakkan sejajar dengan benda uji. Jarak antara benda uji dengan RFID reader adalah 500 mm, hal ini bertujuan untuk meminimalisir pengaruh eksternal dan kehilangan ketidakseimbangan polarisasi saat pengujian.

Pengukuran dilakukan di luar ruangan dengan menjauhkan sistem sejauh mungkin dari benda logam atau bahan reflektif *Radio Frequency*. RFID reader dimulai dengan mengirimkan sinyal interogasi *EPC Gen2* [8] ke RFID tag saat RFID tag menghadap RFID reader (sumbu 0° terjadi saat RFID tag sejajar dengan RFID reader). *Transmitted Power*

Output (TPO) RFID reader kemudian secara bertahap ditingkatkan sampai UID tag berhasil diperoleh oleh RFID reader. Ambang batas TPO untuk aktivasi tag kemudian diukur dan diindikasikan sebagai P_{min} . Setelah ID tag diperoleh, peneliti kemudian memutar kertas sudut menuju sudut selanjutnya. Proses diulangi kembali dengan mengukur P_{min} hingga sudut putaran penuh. Jika tag tidak diperoleh, peningkatan daya berhenti pada 2 W, yang dinyatakan sebagai batas TPO.



Gambar 4 Layout Pengujian Pengaruh Orientasi RFID Tag terhadap Kemampuan Pembacaan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Program Warehouse Management System

Program Warehouse Management System dibuat dengan menggunakan software Visual Studio Windows Forms App (.Net Framework) dengan Bahasa pemograman C# sebagai user interface, lalu digunakan program MySql yang berfungsi sebagai database (Gambar 5). Form Inventory Tracking merupakan fungsi utama dari program ini, dimana pada form ini dilakukan pencatatan tanggal dan jam mengenai keluar/masuknya barang dari ruang penyimpanan. Pencatatan ini dilakukan secara real time tanpa intervensi dari user. Selain itu, pada form ini terdapat beberapa fitur seperti pencatatan tanggal dan waktu keluar/masuk barang secara real time, pencatatan lokasi barang, menghapus inventory tracking, search, refresh, dan filter date.

Tracking Inventory									
From: 10/ 1/2020		To: 10/ 1/2020		Refresh		Search :			
#	UID	Kode Pesanan	Nama Barang	Jumlah	DateTime In	DateTime Out	Lokasi	Lokasi Rak	
1	E200001D4403006005902082	RX009	Kain Coklat	1	9/17/2020 3:16:22 PM	9/17/2020 3:20:26 PM	OUT	rak 2	🗑️
2	E200001D930B009627503B24	KX002	Kain Syal Hitam	1	9/17/2020 3:16:22 PM	9/17/2020 3:20:26 PM	OUT	rak 6	🗑️
3	E200001D930B012827505CDC	RX004	Kain Jeans	1	9/17/2020 3:16:22 PM	9/17/2020 3:20:26 PM	OUT	rak 1	🗑️
4	E200001D930B008027402B9C	RX008	Baju PRMK Biru	1	9/19/2020 9:11:33 PM		IN	rak 6	🗑️
5	E200001D930B010827504BAA	KX001	Kain Batik	1	9/19/2020 9:11:37 PM		IN	rak 4	🗑️

Gambar 5 Tampilan Form Tracking Inventory

3.2. Pengujian Program WMS berdasarkan Keterbacaan RFID Tag dan Kesesuaian Lokasi Penyimpanan

Pengujian program WMS dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pembacaan tag oleh RFID reader dan kesesuaian lokasi penyimpanan barang pada rak penyimpanan yang ditampilkan pada UI dengan kondisi aktualnya. Dalam pengujian ini dilakukan 3 studi kasus yang berbeda mengenai prosedur pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 4.

Tabel 1 Hasil Pengujian Studi Kasus Metode I

No	Percobaan	Keterbacaan Kain												Total Keberhasilan		
		Katun		Cashmere		Dryfit		Batik		Polyester		Jeans				
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	
1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
2	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
3	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
4	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
5	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
Rata – Rata Keberhasilan (%)														100	100	

Pengujian pada kasus 1 dan 3 mendapatkan persentase 100% dikarenakan benda uji masuk melewati *gate* satu persatu sehingga RFID *reader* tidak mengalami halangan dalam pembacaan RFID *tag*. Pada aspek kesesuaian lokasi rak, benda uji masuk satu persatu secara berurutan menuju lemari penyimpanan. Dengan cara tersebut, persentase kesesuaian lokasi rak menjadi tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan sensor *infrared* pada rak penyimpanan mengirim data secara berurutan berdasarkan data *record* saat benda uji melewati RFID *reader*.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Studi Kasus Metode II

No	Percobaan	Keterbacaan Kain												Total Keberhasilan	
		Katun		Cashmere		Dryfit		Batik		Polyester		Jeans			
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
1	1	✓	✓	✓	0	✓	x	✓	x	✓	x	✓	✓	6	2
2	2	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	6	1
3	3	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	✓	x	6	0
4	4	✓	x	x	x	✓	x	✓	x	✓	✓	✓	x	5	1
5	5	✓	x	✓	x	x	x	✓	x	✓	x	✓	x	5	0
Rata – Rata Keberhasilan (%)														93.33	13.33

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Studi Kasus Metode III

No	Percobaan	Keterbacaan Kain												Total Keberhasilan		
		Katun		Cashmere		Dryfit		Batik		Polyester		Jeans				
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	
1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
2	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
3	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
4	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
5	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	6
Rata – Rata Keberhasilan (%)														100	100	

Keterangan:

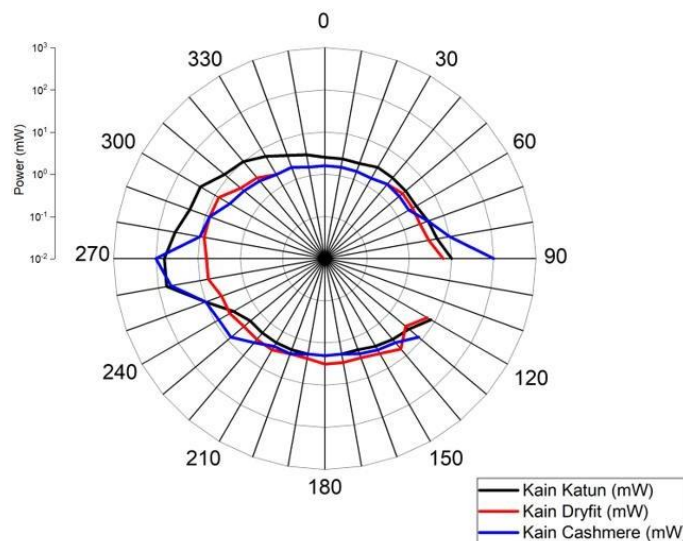
- (a) : Keterbacaan RFID *tag*
- (b) : Kesesuaian Lokasi Rak
- ✓ : (a) RFID dapat terbaca
- x : (a) RFID tidak dapat terbaca
- ✓ : (b) Lokasi barang sesuai dengan data yang ditampilkan
- x : (b) Lokasi barang tidak sesuai dengan data yang ditampilkan

Pada pengujian kasus 2, persentase keterbacaan tag menurun dibandingkan dengan kasus 1 dan 3. Hal ini disebabkan RFID tag yang terhalang dengan benda uji lain sehingga tidak terbaca RFID reader. Sedangkan nilai persentase keberhasilan kesesuaian lokasi rak mengalami penurunan drastis dibanding kasus 1 dan 3. Penurunan ini disebabkan karena RFID reader membaca RFID tag yang masuk secara bersamaan sehingga operator tidak mengetahui data record yang tercatat terlebih dahulu. Oleh karena itu, saat operator meletakkan benda uji pada lemari penyimpanan, data yang ditampilkan pada UI tidak sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Sensor *infrared* memiliki kelemahan saat benda uji yang masuk tidak berurutan. Penggunaan sensor *infrared* hanya disarankan apabila benda uji yang masuk dalam jumlah yang sedikit dan berurutan. Sensor *infrared* tidak cocok diadopsi pada *supply chain* untuk mendeteksi lokasi benda. Namun sensor ini bisa digunakan untuk memeriksa apakah lokasi rak tersebut terisi barang atau tidak. Sedangkan keterbacaan RFID Reader dapat ditingkatkan akurasinya dengan cara menambah RFID Reader pada pintu masuk/keluar sehingga keakuratan pembacaan dapat meningkat.

3.3. Pengujian Pengaruh Orientasi Tag RFID Terhadap Kemampuan Pembacaan

Kemampuan pembacaan tag RFID sangat penting dalam pengadopsian RFID pada WMS. Hal ini erat kaitannya dengan pengaruh orientasi tag. Adanya tag yang berputar dapat menyebabkan ketidaksejajaran RFID tag dengan RFID reader. Untuk memahami pengaruh orientasi tag, maka dilakukan pengujian pengaruh daya minimum aktivasi tag terhadap orientasi tag. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7 Grafik Pengaruh Daya Minimum (mW) terhadap Orientasi Tag (°)

Pada grafik dari Gambar 7 dapat diamati bahwa ada bagian yang tidak tercatat. Data yang tidak ada dikarenakan data yang memiliki nilai $P_{min} > 2 \text{ W}$ tidak akan dicatat pada grafik. Kain yang memiliki nilai aktivasi minimum terjadi pada kain *dryfit* dengan nilai aktivasi 1,585 mW pada sumbu 0° sedangkan nilai aktivasi tertinggi terjadi pada kain *cashmere* dengan nilai aktivasi 100 mW pada sumbu 270°.

Ketika RFID tag ditempelkan pada kain dan di putar searah sumbu x. Dapat dilihat bahwa orientasi tag mempengaruhi kemampuan pembacaan. Adanya orientasi tag menyebabkan daya minimum yang dibutuhkan untuk mengaktivasi tag menjadi bervariasi. Aktivasi terbesar terjadi pada saat tag tidak sejajar dengan RFID reader yaitu pada sudut 90° dan 270°. Pada ketiga kain yang diuji, semua orientasi pada kain tersebut dapat terbaca kecuali pada sudut 100-110°. Hal ini bisa disebabkan ketidaksejajaran antara RFID tag dan RFID reader sehingga terjadinya fenomena refleksi dan absorpsi gelombang radio.

4. Kesimpulan

Dari perancangan *Prototype Warehouse Management System* Berbasis RFID ini, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu:

- Telah dirancang sistem *warehouse management system* berbasis RFID dan sensor *infrared*. Kemudian sistem dikontrol dengan menggunakan pemrograman *Visual Studio .Net Framework* dengan bahasa pemrograman *C#*.

- Sistem WMS telah dirancang sehingga dapat mengakomodir kebutuhan penerimaan, penempatan, penyimpanan material, serta pembuatan laporan yang dilakukan secara otomatis.
- Dari pengujian yang telah dilakukan, RFID dan sensor *infrared* memiliki persentase keberhasilan 100% dalam mendeteksi barang yang masuk satu persatu. Namun, persentase keberhasilan RFID dan sensor *infrared* turun menjadi 93,33% dan 13,33% bila mendeteksi beberapa barang yang masuk secara bersamaan.
- Orientasi *tag* berpengaruh dalam pembacaan yang dilakukan RFID *reader*. Orientasi *tag* yang tidak sejajar dengan *reader* dapat mengakibatkan kegagalan pembacaan RFID *reader*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Shiau, J.-Y., & Lee, M.-C. (2010). A warehouse management system with sequential picking for multi- container deliveries. *Computers & Industrial Engineering*. 58.
- [2] Herwin, & Saputra, R. (2010). Analisis Dan Perancangan Aplikasi Inventori Berbasis Rfid Pada Pt. Abc. *Comtech Vol.1 No.2*, 886-896.
- [3] Ukkonen, L., & SydÄanheimo, L. (2010). Threshold Power-based Radiation Pattern Measurement of Passive UHF RFID Tags. *PIERS ONLINE*, Vol. 6, No. 6.
- [4] Nikitin, P., Rao, K. V., & Lazar, S. (2007). An overview of near field UHF RFID. *IEEE International Conference on RFID*, 167-174.
- [5] Barge, P. B. (2019). The Influence of Food Composition and Tag Orientation on UHF RF IDentification. *Journal of Food Engineering*.
- [6] Barge, P., Biglia, A., Comba, L., Gay, P., & Ricauda, D. (2017). Temperature and Position Effect on Readability of Passive UHF RFID Labels for Beverage Packaging. *Chem. Eng. Trans*, 167-174.
- [7] GS1. (2020). Regulatory Status for Using RFID In The EPC Gen2 (860 to 960 MHz) Band of The UHF Spectrum.
- [8] EPCglobal IncTM, January 2005. EPCTM Radio-frequency identity protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID.