



CALL FOR PAPER

Conference on Economic and Business Innovation

Sekretariat: Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Widyagama Malang

Jalan Borobudur No. 35, Malang, Jawa Timur, 65142

Email: febiuwg@gmail.com



IKATAN AKUNTAN INDONESIA
KOMPARTEMEN AKUNTAN PENDIDIK
FORUM DOSEN AKUNTANSI PUBLIK

PELUANG DAN TANTANGAN DALAM PENERAPAN NFC-BASED TRACKING SYSTEM UNTUK GARMENT WAREHOUSING

Yulia Margiati

Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,

email: yuliamargiati210793@gmail.com

Abstract:

Garment Industry which has a short product life cycle, fluctuating and unpredictable product demand, and a long production lead time, faces some considerable challenges due to technological innovations in the world. Some technology products such as barcode, RFID, and NFC are generally found in stores only, but not in inventory or production areas that have a lot of repetitions and manual works that makes the data accuracy level is not optimal and well maintained. NFC Technology, which is the development of RFID Technology, is a technology product for identifying goods quickly at close range that can be rewritten according to user preference and can be read with user module. This paper aims to present the possible implementation of NFC Technology in the garment supply chain, especially in warehousing, explore its contributions and analysis its challenges.

Keywords: RFID; NFC; Garment Supply Chain

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan 10 negara eksportir garmen terbesar di dunia, dengan pertumbuhan industri garmen diperkirakan mencapai 7% di tahun 2020. Indonesia menghadapi tantangan yang cukup besar dalam persaingan industri garmen, terutama melawan Vietnam yang memiliki upah 37.5% lebih murah dibandingkan dengan Indonesia. Di era pandemi ini juga memaksa industri garmen dunia untuk meningkatkan efisiensi produksinya agar tetap bertahan.

Industri tekstil dan pakaian yang memiliki siklus hidup produk yang pendek, permintaan produk yang fluktuatif dan tidak dapat diprediksi, serta *lead time* produksi yang cukup lama, sehingga mengalami tantangan dalam peningkatan efisiensi dan efektivitasnya (Ahmad, 2020). Ada beberapa produk teknologi yang sudah umum digunakan di industri garmen, seperti *Barcode*, RFID, dan NFC yang biasanya ditemukan di toko untuk tujuan pelacakan dan keamanan. Tetapi jika kita melihat ke belakang, banyak permasalahan yang seringkali terjadi di produksi garmen, salah satunya adalah banyaknya repetisi dan *manual works*, sehingga tingkat akurasi data tidak optimal dan terjaga dengan baik, yang berujung pada *lead time* produksi yang menjadi semakin lama (Thanapal, 2017).

Barcode adalah bentuk pelabelan pada produk dengan berbagai jenis dan ukuran sesuai dengan kebutuhan. *Barcode* ini memiliki kelemahan pada saat *scanning*, yaitu *Line of Sight* (LOS). Aktual yang terjadi adalah banyak sekali ditemukan label *barcode* yang tidak presisi, sehingga sulit untuk di-*scan* (Thanapal, 2017). *Radio Frequency Identification* (RFID) adalah teknologi yang lebih maju dibanding *barcode*. RFID dapat membantu mengidentifikasi produk dan mengumpulkan informasi secara otomatis tanpa perlu kontak fisik (Marco, 2011). Dengan teknologi ini, kecepatan produk menjadi lebih tinggi, mengurangi biaya tenaga kerja, dan mengurangi kesalahan manusia. Akan tetapi RFID tidak dapat ditulis ulang atau satu kali pakai saja. Berbeda hal dengan *Near Field Communication* (NFC) yang dapat ditulis ulang sesuai dengan keinginan pengguna dan dapat dibaca dengan modul pengguna. Selain harga *tags* yang lebih murah dibanding RFID, keuntungan dari NFC adalah kita tidak perlu membeli *special hardware*, kita cukup memakai *smartphone* yang *enabled* NFC sebagai *reader* dan juga *writer*. Keuntungan dari NFC ini sangat sesuai dengan industri garmen yang dituntut cepat tetapi tidak ingin menambah biaya lebih.

Penelitian tentang penerapan NFC *Technology* sebagai *tracking system* di *garment warehousing* ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah teknologi yang dianggap memiliki banyak keuntungan ini benar-benar dapat diterapkan di industri garmen atau tidak, sehingga menjadi alternatif solusi untuk menciptakan *smarter end-to-end supply chains*. Hanya sedikit penelitian di Indonesia yang meneliti tentang penggunaan NFC *Technology* untuk *smarter garment warehousing*, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada penerapan teknologi digital ini untuk absensi karyawan dan *cashless payment*. Selain itu, industri garmen juga belum pernah menggunakan NFC *Technology* ini di *supply chain*-nya, sebagian besar penelitian hanya menemukan penerapan *barcode* dan RFID *systems* yang memiliki beberapa kelemahan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian dan analisis komprehensif mengenai kemungkinan penggunaan teknologi digital yang relevan untuk diterapkan di industri garmen Indonesia.

Hasil akhir berupa *paper* ini dapat memberikan kontribusi akademis untuk disiplin ilmu seperti manajemen, teknik industri, dan teknologi informasi, serta kontribusi praktis untuk industri garmen itu sendiri.

KAJIAN TEORI

A. NFC Technology

NFC menggunakan prinsip yang sama dengan RFID, perbedaannya adalah NFC harus lebih dekat dengan pembaca (antara 1-10 cm), sehingga teknologi ini tidak mampu membaca informasi dari semua item secara bersamaan. Kelebihan dari NFC adalah kita dapat menggunakan *smartphone enabled-NFC* sebagai *reader* dan *writer*, sehingga tidak perlu membeli *hardware* lain.

Aplikasi *tag writer* memerlukan *smartphone android* yang telah dilengkapi dengan teknologi NFC yang berfungsi sebagai media untuk proses *write* dan *read* pada komponen pasif NFC. Penggunaan *smartphone* tersebut adalah sebagai sumber energi agar komponen pasif NFC dapat menerima data yang akan di-*write* oleh aplikasi dari *smartphone* tersebut. Aplikasi *tag writer* ini terbagi menjadi 2 sistem secara umum, yaitu sistem *write* dan sistem *read*. Proses *write* secara sederhana dapat dijelaskan sebagai proses pengiriman data dari sebuah media (dalam penelitian ini digunakan *smartphone android* dengan teknologi NFC) ke media lainnya (dalam penelitian ini menggunakan komponen pasif NFC), sedangkan proses *read* adalah proses membaca data yang tersimpan pada komponen pasif NFC (Rismawati, 2016).

B. Kontribusi Penerapan NFC Technology di Industri Garmen

Secara umum, kontribusi NFC tidak jauh berbeda dengan kontribusi RFID dalam industri garmen. Sistem RFID dapat melihat data produksi secara *real time* sehingga dapat secara efektif meningkatkan manajemen dan *production garment manufacturing*. RFID secara signifikan dapat mengurangi waktu tunggu produksi, yang berarti meningkatkan kapasitas produksi di seluruh rantai pasokan (Choi, 2017). Penggunaan RFID untuk identifikasi produk dapat meningkatkan proses dan efisiensi, serta akurasi dapat meningkatkan kinerja suatu perusahaan (Sushila, 2019). RFID memiliki keunggulan dalam kecepatan dan akurasi dibandingkan sistem *barcode*, sehingga dapat membantu dalam menekan biaya (Nayak, 2015). RFID memiliki kontribusi besar dalam ketertelusuran produk sehingga memiliki peran kunci dalam operasi rantai pasokan (Ali, 2018). Metode pengumpulan data otomatis dari *production area garment* dengan RFID dapat membuat produksi lebih ramping, meningkatkan daya saing komprehensif perusahaan (Xu, 2018). RFID memfasilitasi identifikasi inventaris secara efisien tanpa perlu usaha yang besar dalam memindai produk. Sistem RFID dapat terus melacak lokasi dan status inventaris, yang meningkatkan visibilitas produk dan mengidentifikasi inventaris yang hilang selama pengiriman di sepanjang rantai pasokan (Chan, 2016). Beberapa kontribusi RFID tersebut juga merupakan kontribusi dari NFC dalam industri garmen. Pelacakan suatu produk dari proses awal sampai akhir dengan menggunakan NFC akan mengurangi *human error* dan meningkatkan efisiensi kerja di gudang (Thanapal, 2017). Penerapan NFC menghasilkan penyerdahanaan proses dan menyediakan cara yang lebih nyaman

dalam identifikasi produk dan akses informasi secara *real time* (Zupanovic, 2015). Identifikasi produk yang dapat dilakukan tanpa koneksi internet menjadi solusi yang efektif (Altaweel, 2018). *NFC Technology* dapat mempercepat proses identifikasi yang sebelumnya dilakukan manual menjadi otomatis dengan tingkat akurasi 99% (Rismawati, 2016).

C. Tantangan Penerapan *NFC Technology* di Industri Garmen

Meskipun *NFC Technology* telah diterapkan secara efektif, tetapi masih ada beberapa tantangan dalam implementasinya, terutama masalah keamanan. Sebagian besar implementasi hanya fokus pada kontribusi atau manfaat dari teknologi tersebut, sementara potensi masalah yang akan muncul justru jarang disorot.

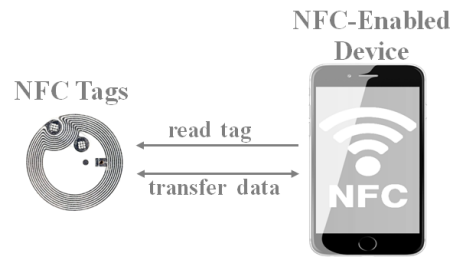
Kemampuan *NFC* yang masih berukuran kecil (tidak lebih dari 128 MB) membuat teknologi ini tidak mampu menampung item yang terlalu banyak (Rifqi, 2017). Berbeda hal dengan *RFID*, *NFC Tags* tidak dapat memindai 3 *chips* secara bersamaan, jadi proses pemindaian harus dilakukan satu per satu (Harnaningrum, 2016). Keterbatasan *hardware* juga menjadi tantangan yg besar dalam implementasi *NFC Technology*, karena *hardware* yang berupa *smartphone* tidak mampu menyimpan kontak dalam jumlah yang besar (Satria, 2014).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggabungkan studi literatur ekstensif dan eksperimen teknis dengan menggunakan *NFC tags* dan *smartphone* yang *enabled-NFC* sebagai *writer* dan *reader*. Implementasi penerapan *NFC Technology* secara langsung di industri manufaktur ini dilakukan untuk mengetahui kemampuannya dalam mengurangi *bottleneck process* yang ada di industri garmen di Indonesia, seperti di *warehousing* atau *inventory*, serta mengeksplor peluang dan tantangan dari penerapan *NFC Technology* ini di industri garmen.

Dalam studi literatur, data yang digunakan adalah data sekunder dengan memanfaatkan berbagai database jurnal *online* dicari untuk mensurvei literatur. Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran adalah "*RFID*", "*NFC*", "*Garment Manufacturing*", dan "*Supply Chain*". Pencarian *paper* menghasilkan sekitar 78 makalah. Untuk setiap makalah, abstrak pertama kali dinilai untuk memastikan bahwa artikel difokuskan pada penggunaan *NFC Technology* untuk rantai pasokan pakaian. Jika makalah sesuai dengan topiknya, maka selanjutnya diteliti isinya untuk mendokumentasikan hasilnya dan akan dibandingkan dengan penelitian lain yang relevan untuk deskripsi yang lebih baik. Total makalah yang relevan dengan topik sebanyak 15 makalah.

Dalam eksperimen teknis, data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung dengan cara *trial* penerapan *NFC Technology* di salah satu industri garmen di Jawa Timur, yang juga merupakan salah satu industri garmen terbesar di Indonesia. *Hardware* yang digunakan untuk penelitian ini adalah perangkat *smartphone* yang *enabled-NFC* untuk *trial* mengirim dan menerima data. *NFC Tags* yang digunakan adalah *NFC type 2* yang berbentuk stiker. *NFC* ini kompatibel dengan semua *smartphones* dan *tablets* yang *enabled-NFC*. Bentuk komunikasi dari kedua benda tersebut tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Komunikasi NFC Tag dan Device

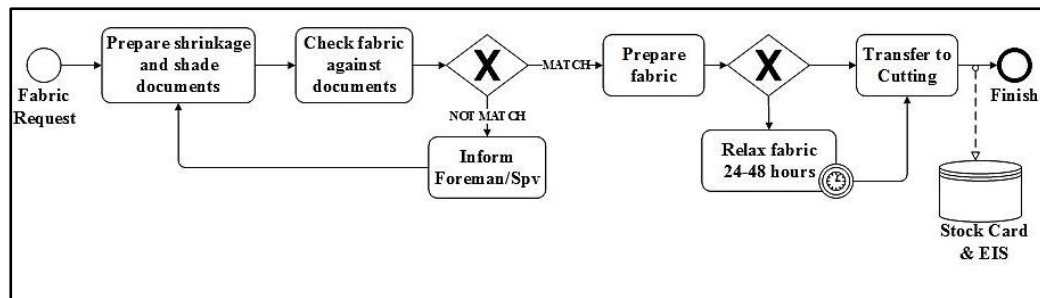
Device yang *enabled*-NFC tersebut harus mengunduh aplikasi *NFC reader* dan *writer* terlebih dahulu. Dalam *trial* ini, aplikasi yang digunakan adalah *NFC Writer V2.5 – 23* yang dapat diunduh di *google* Play Store secara gratis. Aplikasi ini tidak hanya berfungsi untuk membaca data atau informasi dari *NFC Tags* yang kemudian ditampilkan di layar, melainkan juga untuk menulis data sesuai dengan keinginan pengguna dari *device* ke *NFC Tags*. Langkah terakhir adalah menempatkan *NFC Tags* yang telah disesuaikan identifikasinya ke barang yang ingin dideteksi, seperti *fabric roll*, *garment accessories box*, *chemical drum*, dan *carton box*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa industri garmen memiliki beberapa *manual works* terutama di proses pencarian barang. *Manual work* ini dapat memperpanjang *lead time* produksi karena barang yang dibutuhkan tidak dapat dikirim secepat mungkin ke proses selanjutnya. Salah satu upaya industri garmen saat ini untuk mengatasi keterlambatan pengiriman barang ini adalah dengan menambah *manpower* dalam mencari barang yang akan dikirim, meskipun sebenarnya itu bukan upaya yang tepat.

Near Field Technology (NFC) yang berbasis android dapat mendeteksi barang dengan *real-time* dan mudah. Kelebihan dari NFC yang dapat dihapus dan ditulis ulang hingga 100.000 kali membuat teknologi ini menjadi alternatif yang tepat dalam menjawab permasalahan industri garmen dalam pencarian barang tanpa harus investasi yang besar.

Penelitian ini dilakukan di salah satu industri garmen terbesar di Jawa Timur yang memiliki kapasitas produksi sekitar 35.000 buah garmen per hari dengan jumlah karyawan lebih dari 6.500 orang. Target produksi yang besar membuat industri ini menemui berbagai permasalahan yang kompleks, terutama di *lead time* produksinya yang panjang. Penelitian ini difokuskan di gudang material sebagai tempat pertama dari serangkaian proses produksi garmen. Proses bisnis yang umum dilakukan di gudang material perusahaan garmen tampak pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Proses Bisnis di Gudang Kain

Proses bisnis di gudang kain yang difokuskan pada penelitian ini adalah proses persiapan kain yang diawali dengan penerimaan formulir permintaan sejumlah kain dari *cutting*. Operator gudang kain kemudian mengecek dokumen yang berhubungan dengan kualitas dan kuantitas kain dan membandingkan secara fisik di gudang. Kain yang dianggap sesuai dengan dokumen kemudian disiapkan dan direlaksasi selama 24-48 jam sesuai dengan ketentuan dari masing-masing *buyer* sebelum ditransfer ke *cutting*. Proses persiapan kain seperti persiapan dokumen dan pengecekan satu per satu secara manual dengan berpedoman pada *packing list* dari *fabric mills* tersebut membutuhkan *manpower* sejumlah 23 orang. Proses ini seringkali menjadi *bottleneck* karena adanya kesalahan dari operator dalam mengecek identitas kain yang berakibat pada keterlambatan pengiriman kain ke *cutting*. Untuk dapat melancarkan proses produksi garmen secara keseluruhan, proses pertama inilah yang berpotensi untuk ditingkatkan terlebih dahulu.

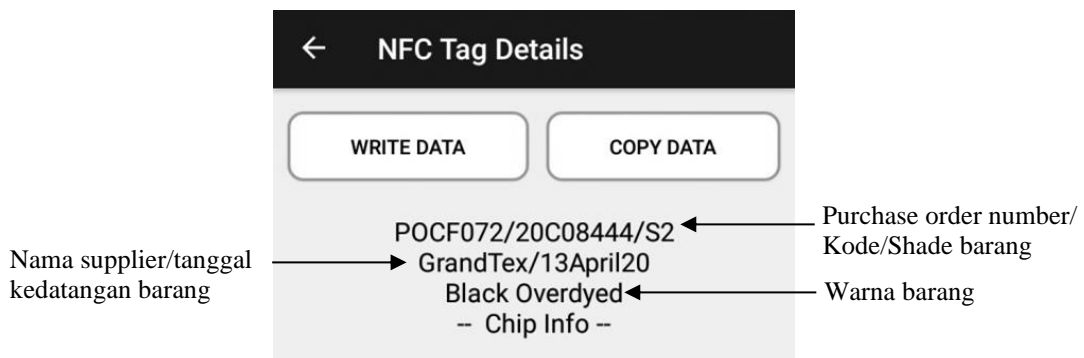
Eksperimen teknis dari penerapan *NFC Technology* sebagai *tracking system* dalam penelitian ini, *NFC Tags* yang digunakan adalah stiker NTAG213 berfrekuensi 13.56 MHz dengan *protocol* ISO 14443-A. *NFC Tag* ini memiliki kecepatan transisi 106 Kb/s, dengan jarak deteksi 1-10 cm. *NFC* yang berdiameter 2.5 cm ini dipilih karena memiliki *storage time* lebih dari 10 tahun, dan jumlah *read* atau *write* lebih dari 100.000 kali. *NFC* ini dapat membaca atau menulis karakter hingga 144 karakter. *Enabled-NFC device* yang digunakan dalam penerapan *NFC* ini adalah *smartphone* Samsung Galaxy J5 (2016) dengan *android version* 7.1.1. *Hardware* ini kemudian di-*install* aplikasi *NFC Writer V2.5 – 23* sebagai *reader* dan *writer*-nya. Dari hasil *trial* implementasi penerapan *NFC* tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Fungsional NFC

Skenario Pengujian	Hasil	Keterangan
<i>Reader</i> menampilkan <i>Purchase Order Number</i> dari barang	Aplikasi menampilkan <i>Purchase Order Number</i> dari barang	Berhasil
<i>Reader</i> menampilkan kode barang	Aplikasi menampilkan kode barang	Berhasil
<i>Reader</i> menampilkan warna/ <i>shade</i> dari barang	Aplikasi menampilkan warna/ <i>shade</i> dari barang	Berhasil
<i>Reader</i> menampilkan nama <i>Supplier</i> atau Keterangan barang	Aplikasi menampilkan nama <i>Supplier</i> atau Keterangan barang	Berhasil
<i>Reader</i> menampilkan tanggal kedatangan barang	Aplikasi menampilkan tanggal kedatangan barang	Berhasil

Sumber: data diolah, 2021

Tabel 1 menjelaskan bahwa semua skenario pengujian NFC Tags berhasil dilakukan dan menghasilkan data yang akurat sesuai dengan yang diprediksikan. Skenario pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan menghapus dan menulis ulang data, kemudian di-*scan* dan menghasilkan data yang sama.



Gambar 3. Screenshot dari NFC Writer Application

Gambar 3 menunjukkan bahwa NFC Writer V2.5 – 23 Application tidak hanya dapat digunakan untuk menulis data, melainkan juga dapat digunakan untuk membaca data. Dari gambar tersebut dapat dibuktikan bahwa NFC Tags yang di-*scan* menampilkan data yang sesuai dengan data yang ditulis.

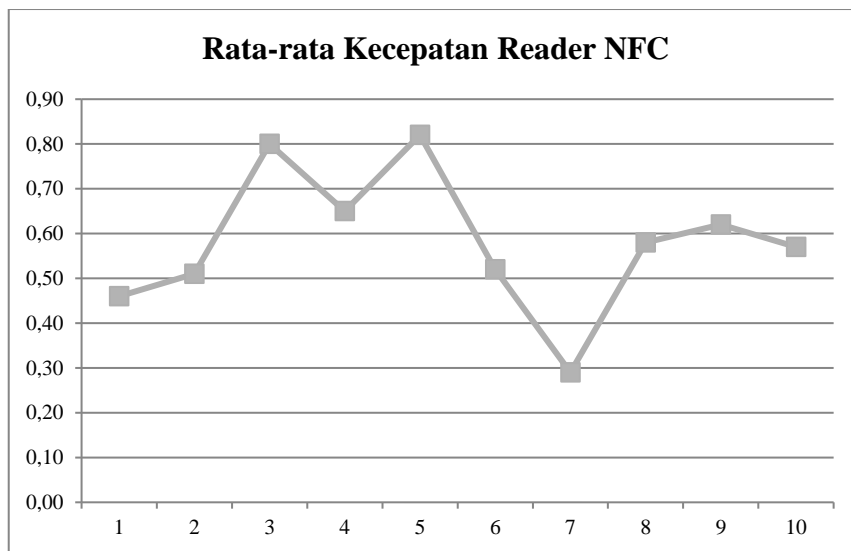
Tujuan dari pengujian fungsional NFC Tags ini adalah untuk mengetahui apakah NFC Tags yang telah diberi identitas baru sesuai dengan keinginan pengguna tersebut masih dapat diidentifikasi dengan baik dan benar. Selain pengujian fungsional NFC, dilakukan pengujian performa kecepatan NFC ketika di-*scan* oleh *smartphone*. Performa kecepatan *reader (smartphone)* dalam membaca NFC Tags dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Rata-rata Kecepatan Reader NFC

No. Tags	Rata-rata Kecepatan Reader (Second)	Keterangan
1	0.46	Terdeteksi
2	0.51	Terdeteksi
3	0.80	Terdeteksi
4	0.65	Terdeteksi
5	0.82	Terdeteksi
6	0.52	Terdeteksi
7	0.29	Terdeteksi
8	0.58	Terdeteksi
9	0.62	Terdeteksi
10	0.57	Terdeteksi

Sumber: data diolah, 2021

Hasil pengujian performa kecepatan *scan* NFC Tags digambarkan bentuk grafik seperti seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Rata-rata Kecepatan Reader NFC

Dari tabel 2 dan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa NFC Tags memiliki kecepatan yang tinggi dalam memindai data. Fluktuasi dari kecepatan tag dipengaruhi oleh jarak tag dengan reader. Semakin jauh letak tag dengan reader, maka semakin lama proses scan dari tag tersebut.

Trial NFC di industri garmen dilakukan dengan menulis data yang umumnya digunakan dalam pencarian barang, seperti *purchase order number*, kode barang, warna, *supplier*, dan tanggal kedatangan barang. Setiap NFC Tags dihapus dan ditulis ulang hingga 3 kali dan terbukti masih dapat terdeteksi dengan baik dan data yang ditampilkan juga akurat. NFC Tags yang telah ditulis dengan data yang diinginkan kemudian diletakkan di barang yang umumnya diidentifikasi, seperti contoh *fabric roll*, dengan menggunakan *tag gun*. Dari semua NFC Tags yang diteliti, semua dapat terdeteksi dengan baik, dengan range

kecepatan *reading* antara 0.29 – 0.82 *seconds*. Kecepatan *reading tags* ini dipengaruhi oleh jarak antara *tag* dan *reader*. Semakin jauh letak *tag* dengan *reader*, maka semakin lama proses *scan* dari *tag* tersebut.

Dari hasil *trial* penggunaan NFC tersebut mengindikasikan bahwa teknologi ini dapat diterapkan secara nyata di industri garmen karena dapat mengurangi *manual works* dalam proses pencarian barang. NFC ini dapat digunakan di *warehouse area* untuk proses identifikasi *fabric roll*, aksesoris garmen, dan material pendukung lainnya. Proses pencarian barang di *warehouse* saat ini memerlukan waktu yang lama karena harus mencari satu per satu barang di *staging area* dengan melihat data di *packing list*. Contoh *manual work* tersebut berdampak pada telatnya pengiriman barang ke proses selanjutnya. Dengan menggunakan NFC *Technology* sebagai *tracking system* ini, proses pencarian barang dapat dilakukan dengan waktu yang cepat dan mengurangi *human error* karena kekeliruan dalam membaca data secara manual.

NFC- based *Tracking System* ini selaras dengan misi perusahaan untuk *real-time monitoring* agar mampu memberikan respon cepat dalam prosesnya. Penerapan NFC-based *Tracking System* ini juga diasumsikan mampu meningkatkan efisiensi di gudang material dengan pengurangan *manpower* sebanyak 30% dengan perhitungan investasi yang tampak pada tabel berikut:

Tabel 3. Investment Costs

Item	Unit	Cost	Total Cost
Sticker Tags	3.000	Rp 2.800,-	Rp 8.400.000,-
Smartphones (Supported by NFC)	8	Rp 2.500.000,-	Rp 20.000.000,-
Total			Rp 28.400.000,-

Sumber: data diolah, 2021

Tabel 4. Investment Benefits

Project	Number Of Manpower			Total Savings
	Current	Future	Idle	
Preparation fabric manually	23	16	7	Rp 16.450.000,-

Sumber: data diolah, 2021

Total investasi dihitung berdasarkan kapasitas dua gudang kain sebanyak 3000 *rolls*, dengan lorong rak sebanyak 8 lorong. Jumlah *manpower* yang ada saat ini sebanyak 23 orang, dengan asumsi gaji pokok sebesar Rp 2.350.000,-. Asumsi jumlah *manpower* yang dibutuhkan jika menerapkan NFC-based *Tracking System* adalah sebanyak 16 orang, dengan rincian 8 orang sebagai *tracker* (pelacak barang), 4 orang sebagai penginput data, dan 4 orang sebagai operator yang mempersiapkan dan mentransfer kain untuk proses selanjutnya. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa penerapan NFC-based *Tracking System* dapat mendatangkan keuntungan secara finansial kepada industri garmen, dengan pengurangan *manpower* sekitar 30%.

Return on Investment (ROI) dari penerapan *NFC-based Tracking System* ini adalah:

$$= (\text{Investment Benefits} / \text{Investment Costs}) \times 100\%$$

$$= (\text{Rp } 16.450.000,- / \text{Rp } 28.400.000,-) \times 100\%$$

$$= 57.9\%$$

ROI yang bernilai positif menunjukkan bahwa *NFC-based Tracking System* ini berpotensi untuk diterapkan karena mampu menghasilkan keuntungan dan meningkatkan efisiensi perusahaan. Akan tetapi, meskipun kontribusi dari *NFC Technology* ini sangat bagus, aspek *security issue* masih menjadi tantangan yang utama dalam penerapan teknologi ini. Kelebihan *NFC Technology* yang dapat dihapus dan ditulis ulang dapat menyebabkan risiko perubahan data oleh pihak yang tidak bertanggung jawab, sehingga menimbulkan risiko kesalahan dalam pengiriman barang karena kesalahan data yang ada di dalam *tags*. Selain itu, *tags* ini tidak dapat menampung banyak item, sehingga data yang dapat ditulis hanya data yang paling utama saja. *NFC Tags* ini tidak sesuai diterapkan di *warehouse* yang satu *box* barang memiliki banyak item.

Dari analisis hasil dan pembahasannya, penelitian ini memberikan kontribusi di dua hal. Secara konseptual, penelitian ini berkontribusi pada bidang akademis untuk disiplin ilmu seperti manajemen, teknik industri, dan teknologi informasi yang berfokus pada peningkatan efektivitas dan efisiensi di industri manufaktur dengan memanfaatkan teknologi digital. Dalam penelitian ini, teknologi digital seperti *NFC* dihubungkan dengan permasalahan industri yang terjadi dalam menghadapi ketidakpastian permintaan dan ketatnya persaingan. Konsekuensinya, kontribusi penelitian ini meningkatkan diskusi dalam bidang akademis saat ini tentang bagaimana suatu industri menerima kehadiran teknologi digital untuk mentransformasinya menjadi industri cerdas.

Di sisi lain, secara praktis penelitian ini berkontribusi pada industri garmen itu sendiri. Hasil eksperimen teknis dalam penelitian ini memberikan bukti tentang bagaimana cara menganalisis proses bisnis yang ada dan memanfaatkan teknologi digital saat ini untuk mewujudkan visi dan misi perusahaan. Secara konkret, untuk industri garmen yang tertarik untuk menggunakan *NFC-based Tracking System* ini, beberapa keputusan strategis harus dipertimbangkan, seperti aspek investasi yang harus dipenuhi serta aspek kapabilitas perusahaan dalam menerapkan teknologi ini secara efektif dan aman.

SIMPULAN

Dari hasil eksperimen teknis dan studi literatur secara ekstensif yang telah dilakukan terhadap penerapan *NFC Technology* sebagai *tracking system* di industri garmen, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. *NFC tags* dan *smartphone enabled-NFC* dapat dimanfaatkan untuk pelacakan material di gudang secara cepat dan tepat yang dibuktikan dengan data yang dihasilkan dari aplikasi sama dengan data yang diinput di aplikasi di awal proses.

2. *NFC-based Tracking Systems* dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi industri garmen karena dapat mengurangi *manual work* seperti mencari barang satu per satu, mengurangi *manpower* dalam proses persiapan material untuk proses selanjutnya, dan mengurangi tingkat kekeliruan dalam pemberian data ke produksi. Penghitungan secara finansial juga mengindikasikan bahwa *NFC-based tracking* ini layak diterapkan di industri garmen karena mampu memberikan keuntungan atas investasi yang telah dilakukan.
3. *NFC Technology* memiliki tantangan dalam pengimplementasiannya terutama masalah keamanan, karena penggunaan NFC tidak ditunjang dengan skema enkripsi dan deskripsi, sehingga kemungkinan terjadi perubahan data oleh pihak yang tidak bertanggung jawab sangat tinggi.

Dari pembahasan di atas, sangat jelas bahwa *NFC-based Tracking System* memiliki *potential benefits* untuk diterapkan di industri garmen. Akan tetapi penelitian ini terbatas pada eksperimen teknis di area *warehouse* atau *inventory* di industri garmen saja, sehingga penelitian selanjutnya harus mengeksplor lagi kelebihan dari *NFC Technology* agar dapat diterapkan di semua lini produksi, terutama di area *sewing* dan *washing* yang memiliki banyak sub-proses dan berhubungan dengan suhu yang tinggi. Tingkat sensitivitas *NFC Tags* perlu diuji kembali agar dapat diterapkan di area-area tersebut, sehingga sangat berguna untuk meningkatkan performa produksi secara keseluruhan dengan memperpendek *lead time*. Selain itu juga diperlukan pengukuran kinerja untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan *NFC-based Tracking System* terhadap kinerja perusahaan. Penelitian *Paper* ini dapat menjadi sumber yang baik bagi mereka yang tertarik pada penelitian penggunaan *NFC Technology* di *garment supply chain* yang syarat dengan *lead time* yang panjang, siklus hidup yang pendek, dan permintaan konsumen yang selalu berubah-ubah.

REFERENSI

- Ahmad, Sumera, et al. 2020. Towards Sustainable Textile and Apparel Industry: Exploring the Role of Business Intelligence Systems in the Era of Industry 4.0. Sustainability, Halaman 1-23. Vietnam: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Ali, Azlan dan Muhammad Haseeb. 2018. Radio Frequency Identification (RFID) Technology as a Strategic Tool Towards Higher Performance of Supply Chain Operations in Textile and Apparel Industry of Malaysia. Uncertain Supply Chain Management, Volume 7, Halaman 215-226. Canada: Growing Science.
- Altaweel, Amjed B., H., Loay Abusalah., dan Dima M. Qato. 2018. Near Field Communication Detection System for Drug-Drug Interactions. Procedia Computer Science 140 "Complex Adaptive Systems Conference with Theme: Cyber Physical Systems and Deep Learning, CAS 2018, 5 November – 7 November 2018, Chicago, Illinois, USA". Halaman 31-323.
- Chan, H.L. 2016. Using Radiofrequency Identification (RFID) Technologies to Improve Decision-Making in Apparel Supply Chains. Information Systems for the Fashion and Apparel Industry, Halaman 41-62. Hongkong: Elsevier.

- Choi, Ming Tsan, et al. 2017. Optimal Scheduling, Coordination, and the Value of RFID Technology in Garment Manufacturing Supply Chains. *Transactions on Engineering Management*, Halaman 1-13. Hongkong: IEEE.
- Harnaningrum, LN dan F Wiwiek Nurwiyati. 2016. Komunikasi Data Mobile Device Dengan Near Field Communication. *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI)*, Halaman 164-169. Yogyakarta: STMIK AKAKOM.
- Marco, Alberto De, et al. 2011. Using System Dynamics to Assess the Impact of RFID Technology on Retail Operations. *International Journal Production Economics*, Volume 135, Halaman 333-344. Italy: Elsevier.
- Nayak, Rajkishore, et al. 2015. RFID in Textile and Clothing Manufacturing: Technology and Challenges. *Fashion and Textiles*, Volume 2, Nomor 9, Halaman 1-16. Australia: Springer.
- Rifqi, Muhammad dan Nia Kusuma Wardhani. 2017. Aplikasi Peran Dan Kegunaan Teknologi Near Field Communication Terhadap Kegiatan Proses Belajar. *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer*, Volume 1, Nomor 1, Halaman 20-26. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Rismawati, Nofita. 2016. Sistem Absensi Dosen Menggunakan Near Field Communication (NFC) Technology. *Faktor Exacta*, Volume 9, Nomor 2, Halaman 135-142. Jakarta: Universitas Indraprasta PGRI.
- Satria, Ferry. 2014. Perancangan Aplikasi Tag Writer Dengan Teknologi Near Field Communication Berbasis Android. *TEDC* Volume 8, Nomor 3, Halaman 186-190. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Sushila, Sarita Devi dan Saroj S Jeet Singh. 2019. RFID Technology in Apparel Manufacturing. *The Pharma Innovation Journal*, Volume 8, Nomor 2, Halaman 669-672. India: The Pharma Journal.
- Thanapal P , Prabhu J dan Mridula Jakhar. 2017. A Survey on Barcode RFID and NFC. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 263, Halaman 1-9. India: IOP Publishing.
- Xu, Yaping dan Jishu Zhang. 2018. Intelligence Information Collection System of Garment Manufacturing Based on RFID. *International Conference on Information Science and Control Engineering*, Volume 5, Halaman 801-805. Jiangsu: IEEE.
- Zupanovic, Dino. 2015. Implementation Model for Near Field Communication in Croatian Ferry Ticketing System. *Procedia Engineering* 100 “25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM 2014”. Halaman 1396-1404.