



PAPER – OPEN ACCESS

Tinjauan Literatur Teknologi Identifikasi RFID dan QR-Code sebagai Alat Pendukung Aliran Informasi di Dunia Industri

Author : Ilham Afif, dkk
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1854
Electronic ISSN : 2654-7031
Print ISSN : 2654-7031

Volume 6 Issue 1 – 2023 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Tinjauan Literatur Teknologi Identifikasi *RFID* dan *QR-Code* sebagai Alat Pendukung Aliran Informasi di Dunia Industri

Ilham Afif^a, Pratikto^a, Yeni Sumantri^b

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Kota Malang 65145, Indonesia

^bDepartemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Kota Malang 65145, Indonesia

Ilham.afif.68@gmail.com, Prayone_adi@ub.ac.id, yeni@ub.ac.id

Abstrak

Penelitian ini memberikan tinjauan literatur tentang teknologi identifikasi sebagai alat pendukung aliran informasi di dunia industri. Aliran informasi memiliki peran penting dalam *supply chain*/ rantai pasok. *Supply chain* dalam hal ini mencakup seluruh aktivitas mulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, produksi, distribusi, hingga pemasaran produk atau jasa. Dalam *supply chain*, aliran informasi perlu dikelola dengan baik agar dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi. Paper ini memberikan tinjauan literatur tentang teknologi identifikasi (*Auto-ID*) sebagai alat pendukung aliran informasi di dunia industri. Tujuan paper ini memberikan gambaran umum tentang teknologi *Auto-ID* khususnya *Radio Frequency Identification* (RFID) dan *Quick Response Code* (QR Code), serta pengaplikasiannya dalam dunia industri yang didapatkan dari beberapa referensi baik buku, jurnal maupun paper dengan berbagai jenis antara lain *barcode system*, *biometric MM*, RFID, *smart cards*, *optical character recognition* (OCR). *Auto-ID* yang banyak digunakan saat ini dalam dunia industri adalah RFID dan QR Code. Baik RFID maupun QR Code memiliki keunggulan masing-masing. RFID memiliki ketahanan terhadap debu/kotor, dapat menyimpan informasi dalam jumlah besar dan memiliki jangkauan pembacaan antara *data carrier* dan *reader* yang paling jauh diantara *Auto-ID* lainnya. Oleh karena itu penggunaan RFID maupun QR Code sebagai untuk teknologi mendukung aliran informasi pada *supply chain* dalam dunia industri perlu mempertimbangkan kondisi lingkungan dan kebutuhan tiap masing-masing industri.

Kata kunci: *Auto-ID*; RFID; QR Code; Aliran Informasi; Rantai Pasok; Industri

Abstract

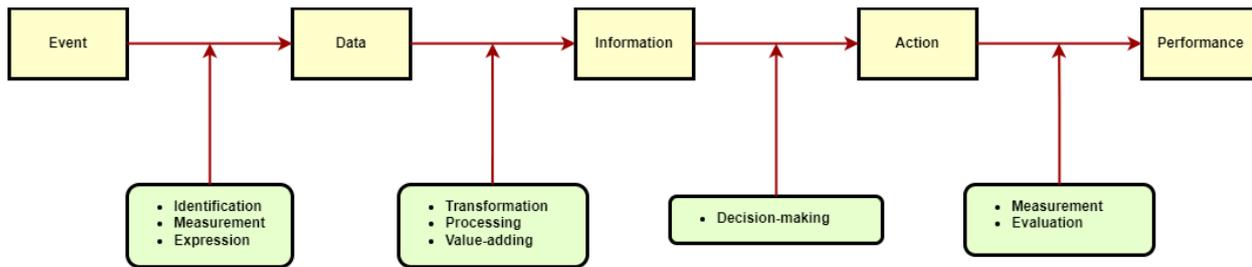
This study provides a literature review on identification technology as a supporting tool for information flow in the industrial world. Information flow plays a crucial role in the supply chain. The supply chain encompasses activities such as planning, raw material procurement, production, distribution, and product or service marketing. In order to improve operational efficiency and effectiveness, information flow in the supply chain needs to be well-managed. This paper offers a literature review on identification technology (*Auto-ID*) as a supporting tool for information flow in the industrial world. The objective of this paper is to provide a general overview of *Auto-ID* technology, specifically *Radio Frequency Identification* (RFID) and *Quick Response Code* (QR Code), and their applications in the industrial world based on various references including books, journals, and papers covering different types of technologies such as barcode systems, biometric MM, RFID, smart cards, and optical character recognition (OCR). Currently, RFID and QR Code are widely used *Auto-ID* technologies in the industrial world. Both RFID and QR Code have their own advantages. RFID is resistant to dust/dirt, can store a large amount of information, and has the longest reading range between data carriers and readers compared to other *Auto-ID* technologies. Therefore, the use of RFID or QR Code as technologies to support information flow in the supply chain within the industrial world needs to consider environmental conditions and the specific needs of each industry.

Keywords: *Auto-ID*; RFID; QR-Code; Information Flow; Supply Chain; Industry

1. Pendahuluan

Supply chain/ rantai pasok merupakan rangkaian aktivitas yang melibatkan berbagai pihak yang terlibat dalam menghasilkan suatu produk atau jasa kepada konsumen akhir. *Supply chain* mencakup seluruh aktivitas mulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, produksi, distribusi, hingga pemasaran produk atau jasa. Dalam *supply chain*, informasi merupakan elemen penting yang perlu dikelola dengan baik agar dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi. Oleh karena itu, aliran informasi dalam *supply chain* menjadi topik yang menarik untuk diteliti. Aliran informasi dalam *supply chain* dapat mempengaruhi keputusan-keputusan strategis yang diambil oleh perusahaan, seperti perencanaan produksi, pengadaan bahan baku, pengaturan jadwal pengiriman, dan pengelolaan persediaan.

Pengertian informasi menurut Katsundo Hitomi, 1996 merupakan sistem pengetahuan dari “data” mentah yang sudah diolah, yang mana bahan mentah informasi yang merupakan ekspresi dari “peristiwa”. Informasi dapat menjadi bentuk yang bermanfaat bagi penerima, dan memiliki nilai dalam pengambilan keputusan saat ini atau yang akan mendatang. Hal tersebut dapat digunakan pada waktu dan tempat yang ditentukan untuk mengambil ‘tindakan’ / keputusan yang sesuai, sehingga menghasilkan evaluasi “kinerja”, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Istilah data dan informasi sering digunakan secara bergantian, tetapi terdapat perbedaan bahwa data adalah bahan mentah yang diolah untuk memberikan informasi, dan informasi berkaitan dengan pengambilan keputusan. Jika tidak perlu membuat keputusan, informasi tidak akan diperlukan [1].



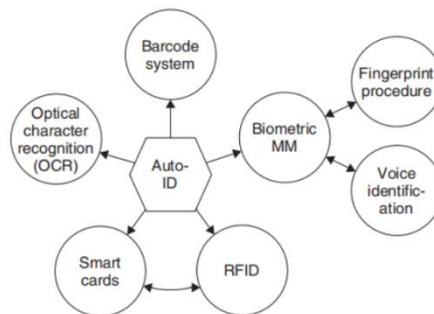
Gambar 1. Pengambilan dan pemanfaatan informasi [1]

Dalam paper ini, kami akan membahas tentang aliran informasi pada *supply chain* di industri manufaktur. Selain itu pengelolaan gudang adalah proses penting dalam bisnis dan industri. Dalam pengelolaan gudang, teknologi memiliki peran penting dalam membantu memudahkan proses pengelolaan, meminimalkan kesalahan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Hal ini mendorong kami untuk melakukan tinjauan literatur dari beberapa buku dan jurnal yang terkait dengan penggunaan teknologi *Auto-ID* utamanya RFID dan QR Code yang berguna untuk memudahkan proses dan diharapkan dapat mempercepat arus informasi.

2. Tinjauan Pustaka

Teknologi *Auto-ID* saat ini banyak digunakan dalam dunia industri manufaktur maupun masyarakat umum. *Auto-ID* adalah teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan melacak objek secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan informasi tentang objek secara *real-time*, tanpa perlu melakukan tindakan manual.

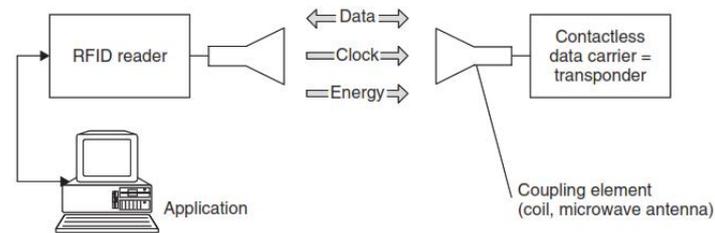
Terdapat berbagai jenis *Automatic Identification Procedures (Auto-ID)* antara lain yaitu *barcode system*, *biometric MM*, *Radio Frequency Identification (RFID)*, *smart cards*, *optical character recognition (OCR)* (gambar 2). *Auto-ID* telah menjadi sangat populer di banyak industri jasa, logistik pembelian dan distribusi, industri, perusahaan manufaktur, dan sistem aliran material. Adanya *Auto-ID* digunakan untuk memberikan informasi tentang orang, hewan, barang, dan produk dalam perjalanan [2]. Dari berbagai *Auto-ID* yang ada, masing-masing memiliki karakteristik sendiri. Dalam dunia industri manufaktur RFID dan QR Code lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan. QR Code (*Quick Response Code*) merupakan bentuk improvisasi terbaru dari *barcode*.



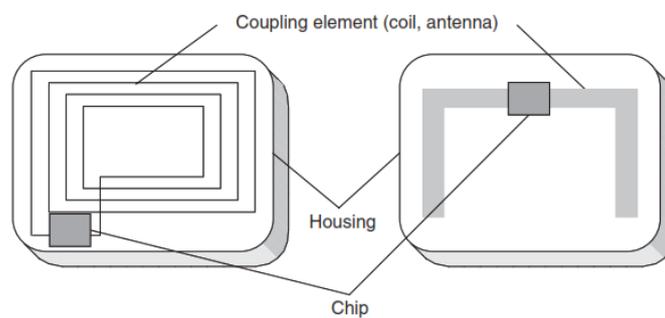
Gambar 2. Gambaran umum *Auto-ID* [2]

Keunggulan RFID yang digunakan dalam industri adalah jumlah data yang disimpan relatif lebih banyak dibandingkan dengan yang lain. RFID juga tidak terpengaruh jika alat tersebut terkena debu. Harga RFID juga termasuk menengah dibandingkan dengan alat lainnya. Kecepatan pembacaan termasuk yang paling cepat dibandingkan dengan yang lain dengan kecepatan 0,5 detik. Jarak maksimal antara *reader* dan *data carrier* juga paling jauh yaitu antara 0-5 meter [2]

Sistem RFID terdiri dari dua komponen. Pertama transponder, yang terletak pada objek yang akan diidentifikasi. Kedua interogator atau pembaca, yang, tergantung pada desain dan teknologi yang digunakan, dapat berupa perangkat baca atau tulis / baca [2].



Gambar 3. Reader dan transponder adalah komponen utama dari setiap sistem RFID [2]



Gambar 4. Tata letak dasar perangkat pembawa data RFID, transponder [2]

Dibandingkan dengan RFID seperti yang dijelaskan diatas teknologi QR Code memiliki beberapa karakteristik dan keunggulan sebagai berikut:

a. Pengkodean Berkapasitas Tinggi

Kapasitas *data encoding* QR Code tergantung pada tipe data. Ini dapat mengkodekan 7.089 karakter data digital, 4.296 karakter data alfanumerik, 2.953 karakter (biner 8-bit) dan 1.817 karakter data Kanji dan Kana Jepang. Yang perlu diperhatikan dalam pengkodean pada QR Code adalah jumlah data yang dikodekan. Semakin banyak data yang dikandung QR Code, semakin banyak baris dan kolom modul yang akan ditambahkan hal tersebut memiliki dampak setiap modul akan menjadi lebih kecil. Dalam hal ini akan sulit bagi perangkat untuk membaca QR Code. Pada Gambar 5, struktur QR Code menjadi lebih kompleks ketika lebih banyak data dikodekan [3].



Gambar 5. Data dikodekan ke dalam QR Code dan strukturnya [3]

b. Kemampuan Mengoreksi Kesalahan Pembacaan

Keunggulan lain dari QR Code adalah kemampuannya untuk mengoreksi kesalahan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, jika bagian dari simbol QR Code dikaburkan, dicoret, dirusak atau hasil cetakan komputer berkualitas rendah, data dapat dibaca oleh pemindai / dipulihkan. Jumlah data yang dapat dipulihkan dapat mencapai hingga 30 persen dari yang dimiliki oleh QR Code. Karakteristik mendasar dari QR Code ini yang menjadikan dapat digunakan di berbagai tempat seperti pabrik, fasilitas luar ruang dan sejenisnya [12].



Gambar 6. Damaged QR Code Symbols [3]

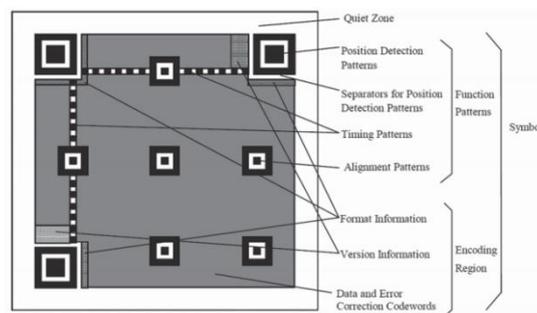
Tabel 1. QR Code Error Correction Capabilities [3]

Error Correction Levels	Error Correction Capability
Level L	7% of data
Level M	15% of data
Level Q	25% of data
Level H	30% of data

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, ada empat tingkat koreksi kesalahan yang dapat dipilih pengguna sesuai dengan kebutuhan dan lingkungan pengoperasian saat membuat QR Code. Tingkat koreksi kesalahan yang lebih tinggi dari QR Code meningkatkan kemampuan koreksi kesalahan, tetapi peningkatan jumlah data juga meningkatkan ukuran QR Code. Tingkat koreksi kesalahan “Q” atau “H” dapat dipilih untuk QR Code di lingkungan seperti pabrik, di mana ada kemungkinan kontaminasi yang tinggi. Tingkat koreksi kesalahan “L” dapat dipilih untuk QR Code di lingkungan yang bersih dengan sejumlah besar data. Secara umum, tingkat koreksi kesalahan “M” adalah tingkat yang paling umum dipilih untuk QR Code [3].

c. Keterbacaan dari Segala Arah

Salah satu keunggulan menonjol yang membedakan QR Code dari *barcode* adalah keterbacaannya yang cepat dari segala arah (360 derajat). QR Code dirancang dengan pola deteksi posisi khusus (gambar 7). Pola yang terletak di tiga sudut simbol memungkinkan QR Code dibaca dari sudut mana pun dalam 360 derajat penuh, menghilangkan kebutuhan untuk menyelaraskan pemindai dengan simbol kode. Oleh karena itu, aplikasi pembaca QR Code tidak memerlukan waktu yang lama untuk pencarian kode, dan memungkinkan kecepatan membaca QR Code 20 kali lebih cepat daripada *barcode* [3].



Gambar 7. QR Code Symbol Structure [3]

3. Metodologi Penelitian

Penulis melakukan pengambilan data dari beberapa jurnal dan paper untuk digunakan sebagai dasar analisis dalam penelitiannya. Pengambilan data ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan sesuai dengan jurnal dan paper yang ada. Proses pengumpulan data dilakukan cara melakukan pencarian pada jurnal dan paper yang relevan dengan topik penelitian. Pencarian dilakukan dengan menggunakan beberapa basis data seperti Google Scholar dan ScienceDirect. Selanjutnya, penulis melakukan seleksi terhadap jurnal dan paper yang relevan dengan topik. Pemilihan jurnal dan paper tidak terbatas pada, tahun publikasi dan negara asal penulis. Dari jurnal dan paper tersebut kemudian dilakukan analisis dan pengambilan kesimpulan.

4. Analisis Data dan Pembahasan

Dari beberapa keunggulan RFID dan QR Code seperti yang dijelaskan diatas, pengaplikasian teknologi RFID dan QR Code juga diterapkan pada dunia industri. Berikut adalah beberapa referensi jurnal tentang teknologi *Auto-ID* utamanya RFID dan QR Code; pada penelitian Ibrahim A.T.H. et al., 2016 menjelaskan bahwa RFID beroperasi berdasarkan medan elektromagnetik yang secara otomatis mengidentifikasi dan melacak tag yang melekat pada objek. Tag berisi informasi yang disimpan secara elektronik. Tag memiliki beberapa tipe aktif, pasif dan pasif berbantuan baterai. Tag tipe aktif bertenaga baterai dapat mengirimkan sinyal ID-nya secara berkala. Tag tipe pasif tidak bertenaga baterai; tag ini menggunakan energi radio yang ditransmisikan oleh pembaca/*reader*. Tipe pasif yang dibantu dengan baterai; tag ini memiliki baterai yang terpasang kecil, tag ini hanya mentransmisikan jika ada pembaca/*reader* RFID. Teknologi RFID merupakan terobosan dalam komunikasi dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi hampir semua objek, termasuk hewan, pakaian, dan bahkan manusia. Tidak seperti *barcode*, tag RFID dapat diletakkan di dalam objek apa pun dan pembaca masih dapat membaca sinyal meskipun tag tidak terlihat. Hal ini memungkinkan untuk mengidentifikasi barang pada posisi sulit dijangkau, misalkan pada gudang maupun pada saat penggeseran material tanpa harus mengidentifikasi dekat pada objek yang akan di periksa identitasnya [4].

Pada penelitian Priscilla C.C.R. et al., 2010 dijelaskan bahwa manfaat penggunaan teknologi informasi (IT) memiliki keuntungan; pengurangan biaya tenaga kerja langsung, pengurangan waktu pengembangan produk, pengurangan persediaan, tata letak dan penggunaan mesin yang lebih efisien. Teknologi RFID dapat digunakan dalam pengelolaan rantai pasokan untuk melacak pergerakan barang. Selain itu dapat digunakan pula untuk pengendalian inventaris dengan mengintegrasikan label/tag, sensor, dan *barcode* menggunakan *Internet-of-things* (IoT), penandaan GPS, dan chip. Dengan cara ini, lokasi produk, paket, dan kontainer pengiriman dilacak pada setiap langkah oleh teknologi ini. Hal tersebut dapat meningkatkan pelacakan barang secara *real-time* dari asalnya yang merupakan hasil dari integrasi organisasi [5].

Pada penelitian T. Qu et al., 2012, menjelaskan bahwa teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) memberikan kemampuan menangkap data objek secara otomatis dan akurat serta memungkinkan visibilitas dan penelusuran objek secara *real-time*. Manfaat potensial telah digunakan secara luas untuk meningkatkan manajemen pada manufaktur. T. Qu et al., menyajikan studi kasus penerapan RFID untuk mengelola distribusi material pada proses perakitan yang kompleks di produsen AC. RFID dalam penelitian ini digunakan untuk mendukung sistem ERP (*Enterprise Resource Planning*) dan DSS (*Decision Support System*). RFID berkontribusi sebagai jembatan antara data yang nantinya di *collect* dari *floor* yang nantinya di olah pada sistem ERP dan digunakan pada DSS. RFID memiliki potensi manfaat sebagai visibilitas dan ketertelusuran, akurasi informasi, efisiensi operasi, pengurangan biaya, peningkatan kecepatan dan daya tanggap, dan kontrol kualitas produk yang lebih baik [6].

Pada penelitian Sungkon Moon et al., 2018 menjelaskan manfaat potensial dari sistem yang dilengkapi dengan *Radio Frequency Identification* (RFID) telah dipelajari dibanyak proyek penelitian konstruksi. Sistem ini memungkinkan pelacakan material yang efisien, yang bertujuan untuk peningkatan produktivitas. Pengamatan awal di lokasi menegaskan perlunya sistem pelacakan material berorientasi objek berdasarkan prinsip pemikiran *lean* dan kualitas logistik. Percobaan dalam penelitian ini menyajikan dua aliran utama: (1) pengujian kinerja sistem; dan (2) ukuran produktivitas. Sebagai hasil dari pengujian kinerja, sistem pelacakan berhasil menemukan 23 tag terdistribusi dalam jarak rata-rata 3,40 m. Pengukuran produktivitas lapangan yang terdiri dari empat pekerjaan pemuatan *trailer* (dua *trailer lead* dan dua *trailer tail*) mengukur manfaat yang layak dari penerapannya. Sistem RFID memfasilitasi peningkatan kinerja, menghasilkan peningkatan produktivitas 10,14% (*lead*) dan 11,80% (*tail*). Oleh karena itu, proyek penelitian ini memvalidasi manfaat aplikasi RFID dalam rantai pasokan konstruksi dengan mengukur nilai sebenarnya melalui peningkatan produktivitas [7].

Penelitian Z. Ren et al., 2011 membahas tentang penggunaan RFID pada sistem manajemen bahan konstruksi. Industri konstruksi memiliki sifat yang kompleks dan dinamis, manajemen material konstruksi menghadapi banyak tantangan unik mulai dari perencanaan material, pemesanan, penerimaan dan penyimpanan, penanganan dan distribusi, penggunaan dan pemantauan lokasi. Manajemen material yang buruk menjadi sumber utama produktivitas konstruksi yang rendah, pembengkakan biaya dan penundaan. Kurangnya aliran informasi yang aktif, akurat dan terintegrasi mulai dari perencanaan material, inventaris, penggunaan lokasi hingga pemantauan dan pengendalian merupakan penyebab utama masalah tersebut. RFID dalam jurnal ini dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut. Teknologi ini membantu tim proyek untuk mengumpulkan, penyimpanan material dan informasi penggunaan secara aktif dan akurat. Selain itu, memfasilitasi aliran informasi melalui proses manajemen bahan konstruksi [8].

Alexandra Brintrup et al., 2010 menganalisis peluang RFID untuk *lean* manufaktur. Teknologi RFID dipandang sebagai kendaraan untuk mencapai manufaktur yang lebih ramping melalui pengumpulan data otomatis, jaminan ketergantungan data, dan peningkatan dalam produksi dan visibilitas inventaris. Pada penelitian ini menguji contoh kasus dari dua perusahaan manufaktur barang konsumen multi-nasional. Analisis peluang ditunjukkan untuk mengidentifikasi tidak hanya area perbaikan yang awalnya dicurigai, tetapi juga area nilai lainnya. Berdasarkan hasil pengamatan, RFID dapat berfungsi sebagai kendaraan untuk mengurangi tujuh pemborosan manufaktur untuk mencapai manufaktur yang lebih ramping. RFID dapat mengumpulkan data otomatis. Tujuh pemborosan manufaktur antara lain; (1) Produksi berlebih: menghambat aliran yang menyebabkan waktu penyimpanan dan waktu tunggu yang berlebihan. (2) Menunggu: terjadi ketika waktu digunakan secara tidak efektif. (3) Transportasi: operasi yang

melibatkan pemindahan barang-barang. (4) Pemrosesan yang tidak tepat: terjadi ketika sistem atau prosedur yang digunakan lebih kompleks dari yang diperlukan, menyebabkan pengangkutan yang berlebihan dan kualitas yang buruk. (5) Persediaan yang tidak perlu: modal yang tidak terpakai, yang menyebabkan biaya penyimpanan, atau kemungkinan penurunan kualitas barang jika waktu penyimpanan sangat penting. (6) Gerakan yang tidak perlu: ergonomi produksi ketika karyawan perlu bergerak dalam posisi yang tidak wajar secara berulang, mungkin menyebabkan karyawan lelah dan berefek pada kualitas. (7) Biaya *defect*: pemborosan bahan yang diproduksi yang berpotensi mengurangi keuntungan perusahaan. Hasil penelitian ini bahwa teknologi RFID mungkin tidak selalu memberikan kecepatan baca 100% karena berbagai faktor termasuk interferensi RF, bahan yang dilekatkan pada tag, dan lingkungan yang keras yang memengaruhi kecepatan baca. Perbandingan dengan *barcode* atau QR Code harus dipertimbangkan dalam kasus ini [9].

George Q. Huang et al. 2012 melakukan penelitian tentang pengadopsian RFID dan teknologi komputasi dengan bertujuan untuk meringankan sistem manufaktur pada produsen suku cadang dan aksesoris otomotif. RFID digunakan untuk keterlacakan dan visibilitas *real-time* untuk meningkatkan penerapan strategi lanjutan seperti manufaktur *lean/responsif just-in-time (JIT)* dan kustomisasi massal. Produsen suku cadang dan aksesoris otomotif dihadapkan pada tantangan bisnis dan teknis seperti; biaya tinggi, risiko tinggi dan keterampilan teknis tingkat tinggi. Uji coba telah dilakukan dalam dua jenis aliansi manufaktur suku cadang otomotif; aksesoris elektronik otomotif dan produsen suku cadang logam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang diusulkan dapat; mengurangi biaya investasi awal, mengurangi tingkat keterampilan spesialis yang diperlukan, mempercepat proses pemasangan dan merampingkan layanan pemeliharaan, meningkatkan keandalan layanan *gateway* RFID, dan merangsang aplikasi komersial skala besar dari teknologi RFID [10].

Penelitian Lvqing Yang et al., 2017, meneliti tentang tata letak gudang cerdas. Perencanaan dan penyimpanan yang baik pada gudang adalah kunci untuk mengurangi penyimpanan produk secara berlebihan, hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi operasi gudang. Selain itu, proses mendapatkan data dan membagi informasi secara *real time* adalah dasar dari penetapan lokasi gudang. Pemanfaatan internet dan teknologi *Auto-ID* seperti RFID dapat mempermudah proses tersebut dalam mengelola informasi. Melalui penerapan teknologi RFID pada kargo, rak, *forklift* untuk mendapatkan informasi selanjutnya *reader* RFID / pembaca RFID dipasang di pintu masuk gudang untuk memperoleh informasi tentang kargo yang dimasukkan atau keluar penyimpanan secara *real time*. Dari sistem tersebut data kemudian dikirimkan ke sistem manajemen gudang / *Warehouse Management System (WMS)* melalui jaringan nirkabel. Informasi yang didapatkan secara *real-time* meliputi: a. informasi kargo (seperti nomor, nama, berat, kelas, tanggal pembuatan, umur simpan kargo), b. informasi rak, c. informasi kendaraan pengiriman. Dalam penelitian ini, efisiensi menjadi prioritas, stabilitas rak dan kedekatan produk yang relevan dipilih menjadi strategi solusi untuk membangun model ini [11].

Penelitian Bingzhu Chen et al., 2017 meneliti tentang pengoperasian gudang. Pengoperasian gudang merupakan bagian penting dari proses logistik produksi. Manajemen gudang cerdas tidak hanya membutuhkan dukungan teknis perangkat keras, tetapi juga membutuhkan teknologi kontrol. Penggunaan teknologi RFID digunakan untuk mengumpulkan data pergudangan, hal ini dilakukan untuk *intelligent management* dalam pengelolaan gudang. Pengelolaan gudang menggunakan teknik pengendalian beban kerja. Pengendalian beban kerja (*workload control*) adalah teknik perencanaan dan pengendalian produksi yang menyeimbangkan permintaan dan kemampuan, dan aplikasinya adalah untuk mengatasi kapasitas sumber daya penyimpanan yang terbatas. Berdasarkan *workload control*, dibuatlah aturan pengurutan untuk area penyimpanan sementara, aturan pelepasan pesanan untuk gudang, strategi penugasan penyimpanan untuk gudang, hingga mengontrol proses gudang. Operasi ini secara efektif menyeimbangkan permintaan dan kapasitas gudang, untuk mengurangi waktu penyimpanan rata-rata dan persentase pesanan yang terlambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aturan pengurutan, aturan pelepasan pesanan dan strategi penugasan penyimpanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja. Penggunaan *workload control* dapat mengurangi waktu rata-rata penyimpanan dan persentase keterlambatan pesanan sehingga dapat meningkatkan efisiensi gudang secara keseluruhan [12].

Penelitian Ngoc Cuong Truong et al., 2017 meneliti tentang pengelolaan gudang. Proses konstruksi yang efisien untuk mengelola barang dan mengurangi jarak pergerakan barang untuk menghemat energi, merupakan dua tugas penting dalam pengelolaan gudang. Penelitian ini meneliti kombinasi algoritma untuk menentukan lokasi penyimpanan dalam proses penyimpanan dan pengambilan serta perencanaan rute yang optimal di setiap siklus perjalanan barang. Kombinasi keduanya membantu untuk mengelola barang secara efektif dan mengurangi jarak tempuh. Kombinasi kedua algoritma tersebut dituangkan dalam suatu program. Dalam manajemen sistem pergudangan untuk mendukung proses monitoring menggunakan teknologi *barcode* atau RFID. Algoritma dalam program tersebut dirancang untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan gudang sekaligus merencanakan rute barang yang optimal. Kombinasi algoritma COL dan FIFO dalam proses penyimpanan dan pengambilan serta perencanaan rute yang optimal membantu mengurangi jarak tempuh sekitar 27% dibandingkan dengan algoritma tradisional [13].

Penelitian M'hand et al., 2019, mengusulkan arsitektur baru berdasarkan teknologi *Auto-ID* seperti QR Code, *Barcode*, *Magnetic card ID* untuk mendukung pelacakan kendaraan secara *real-time* di terminal. Penelitian ini didasarkan kebutuhan untuk melacak barang, memastikan kontrol dan manajemen operasi logistik. Sistem ini melacak kendaraan di setiap area terminal melalui portal yang mengidentifikasinya menggunakan *Barcode*, QR Code, atau *Magnetic card ID*. Solusi yang diusulkan ini memiliki biaya rendah dan menghadirkan banyak keuntungan [14].

Pada penelitian Lin et al., 2014 meneliti tentang penggunaan QR Code dan RFID pada sistem Mobile 2D Barcode/RFID-based Maintenance Management (M-BRMM). Teknologi Auto-ID 2D Barcode (QR Code) dan RFID digunakan untuk meningkatkan manajemen pemeliharaan peralatan dan instrumen lab dan menyediakan platform berbagi informasi pemeliharaan. Penggunaan QR Code dan RFID pada sistem tersebut sangat membantu dalam mengolah data seperti; mempercepat akses data, memudahkan pencarian data, menghilangkan proses entri ulang data selama proses pemeliharaan serta meminimalisir proses kesalahan input data. Dalam analisis biaya, jika biaya adalah pertimbangan utama, sistem QR Code adalah pilihan yang lebih baik daripada sistem RFID. Sebagian besar komputer dapat membuat dan mencetak label QR Code menggunakan software gratis. Selain itu, tidak ada biaya tambahan untuk perangkat keras QR Code karena sebagian besar smartphone dilengkapi dengan kamera, yang memungkinkan fungsi pemindaian QR Code [15].

Dari berbagai penelitian penggunaan RFID, barcode maupun QR Code dalam dunia industri dapat dinyatakan bahwa teknologi RFID, barcode maupun QR Code merupakan terobosan dalam komunikasi dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi hampir semua objek [4]. Tidak seperti barcode maupun QR Code, tag RFID dapat diletakkan di dalam objek apa pun dan masih dapat dibaca meskipun tag tidak terlihat. Hal ini memungkinkan untuk mengidentifikasi barang pada posisi sulit dijangkau [4]. Teknologi RFID digunakan dalam pengelolaan rantai pasok untuk melacak pergerakan barang secara *real time* [5][6][7][10][11][12][14], serta memberikan kemampuan menangkap data objek secara otomatis dan akurat [6][7][8]. Teknologi Auto-ID banyak digunakan untuk mendukung aliran data yang lebih cepat, akurat dan efisien yang selanjutnya data tersebut digunakan mendukung beberapa sistem diantaranya sistem ERP (*Enterprise Resource Planning*) dan DSS (*Decision Support System*) [6], sistem manajemen bahan dan *supply chain* konstruksi [7][8], sistem manufaktur *lean* [9][10], responsif *just-in-time* (JIT) dan kustomisasi massal pada produsen suku cadang dan aksesoris otomotif [10], *Warehouse Management System* (WMS) [11][12][13], pelacakan kendaraan secara *real-time* di terminal [14] dan *Maintenance Management* [15]. Yang perlu menjadi pertimbangan dalam pengaplikasian teknologi RFID adalah adanya interferensi *Radio Frequency* pada bahan tempat tag dilekatkan, bahan yang keras dapat memengaruhi kecepatan baca [9], seperti interferensi pada bahan logam [15]. Penggunaan alternatif Auto-ID lain untuk menggantikan RFID seperti barcode atau QR Code menghadirkan banyak keuntungan serta memiliki biaya rendah [14][15].

5. Kesimpulan

Dari berbagai penelitian, RFID dan QR Code telah terbukti memberikan banyak manfaat bagi industri dalam mengumpulkan, menyimpan, dan menggunakan informasi secara aktif dan akurat. Prosedur ID otomatis mencakup *sistem barcode* (termasuk QR Code), *biometric MM*, RFID, *smart cards*, *optical character recognition (OCR)*. RFID dapat memfasilitasi aliran informasi seperti diantaranya pada sistem ERP dan lain-lain, serta dapat mengoptimalkan efisiensi operasi, meningkatkan kontrol kualitas produk, memungkinkan visibilitas dan ketertelusuran yang lebih baik. Penggunaan teknologi ini mempermudah aliran informasi *supply chain* pada bidang manufaktur dan konstruksi. Pada pengelolaan gudang dapat mengurangi waktu penyimpanan serta persentase keterlambatan pesanan. Sedangkan, QR Code dapat memberikan keuntungan dari segi biaya dibandingkan dengan RFID. QR Code juga memiliki kemampuan pengkodean berkapasitas tinggi, kemampuan mengoreksi kesalahan pembacaan, dan keterbacaan dari segala arah. Paper ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi Auto-ID dapat memberikan manfaat dalam pengurangan biaya tenaga kerja langsung, pengurangan waktu pengembangan produk, pengurangan persediaan, tata letak dan penggunaan mesin yang lebih efisien, visibilitas dan penelusuran objek secara *real time*, akurasi informasi, efisiensi operasi, pengurangan biaya, peningkatan kecepatan dan daya tanggap, dan kontrol kualitas produk yang lebih baik. Oleh karena itu, penggunaan Auto-ID utamanya RFID dan QR Code keduanya layak dipertimbangkan sebagai solusi teknologi sebagai pendukung aliran informasi dalam dunia industri, hal tersebut dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan dan kebutuhan tiap masing-masing industri.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan rasa hormat kepada Prof. Dr. Ir. Pratikto, MMT. dan Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D., yang telah memberi bimbingan kepada peneliti sehingga paper ini dapat diselesaikan.

Referensi

- [1] Katsundo Hitomi. (1996) "Manufacturing Systems Engineering A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management, and Industrial Economics" *Taylor & Francis Ltd*, 1 Gunpowder Square, London EC4A3DE
- [2] Klaus Finkenzerler. (2010) "RFID Handbook. Fundamentals And Applications In Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification And Near-Field Communication, Third Edition" *John Wiley & Sons, Ltd*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom
- [3] Celalettin Aktaş. (2017) "The Evolution and Emergence of QR Codes" *Cambridge Scholars Publishing*, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK
- [4] Ibrahim Abaker Targio Hashem, Victor Chang, Nor Badrul Anuar, Kayode Adewole, Ibrar Yaqoob, Abdullah Gani, Ejaz Ahmed, Haruna Chiroma. (2016) "The role of big data in smart city" *International Journal of Information Management* **36(2016)**: 748–758. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002>
- [5] Priscilla Cristina Cabral Ribeiro, Annibal José Scavarda, Mário Otávio Batalha. (2010) "RFID in the international cattle supply chain: context, consumer privacy and legislation" *International Journal of Services and Operations Management* **6(2010)**: 149-164. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2010.030633>
- [6] T. Qu, H. D. Yang, George Q. Huang, Y. F. Zhang, H. Luo, W. Q. (2012) "A case of implementing RFID-based real-time shop-floor material management for household electrical appliance manufacturers" *Journal of Intelligent Manufacturing* **23(2012)**: 2343–2356. DOI 10.1007/s10845-010-0476-2
- [7] Sungkon Moon, Shouzhi Xu, Lei Hou, Changzhi Wu, Xiangyu Wang, and Vivian W. Y. Tam. (2018) "RFID-Aided Tracking System to Improve Work Efficiency of Scaffold Supplier: Stock Management in Australasian Supply Chain" *Journal of Construction Engineering and Management* **144(2)(2018)**: 04017115. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001432](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001432)
- [8] Z. Ren, C.J. Anumba, J. Tah. (2011) "RFID-facilitated construction materials management (RFID-CMM) – A case study of water-supply project" *Advanced Engineering Informatics* **25(2011)**: 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2010.02.002>
- [9] Alexandra Brintrup, Damith Ranasinghe, Duncan McFarlane. (2010) "RFID opportunity analysis for leaner manufacturing" *International Journal of Production Research* **48:9(2010)**: 2745-2764. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540903156517>
- [10] George Q. Huang, T. Qu, YingFeng Zhang, H.D. Yang. (2012) "RFID-enabled product-service system for automotive part and accessory manufacturing alliances" *International Journal of Production Research* **50:14(2012)**: 3821-3840. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.592863>
- [11] Lvqing Yang, Yan Zheng, Yezi Xu, Youjing Bai. (2017) "Research on location assignment model of intelligent warehouse with RFID and improved particle swarm optimization algorithm" *International Conference on Computer Systems, Electronics and Control (ICCSEC)* **Dec 25-27(2017)**: 1262-1266. DOI: 10.1109/ICCSEC.2017.8446952
- [12] Bingzhu Chen, Ting Qu, Matthias Thürer, George Q Huang, Congdong Li, Suxiu Xu. (2017) "Warehouse Workload Control for Production Logistic" *2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE)* **August 20-23(2017)**: 237-242. DOI: 10.1109/COASE.2017.8256109
- [13] Ngoc Cuong Truong, Truong Giang Dang, Duy Anh Nguyen. (2017) "Development and Optimization of Automated Storage and Retrieval Algorithm in Warehouse by Combining Storage Location Identification and Route Planning Method" *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)* **July 21-23(2017)**: 600-605. DOI: 10.1109/ICSSE.2017.8030945
- [14] Mouna Amrou M'hand, Azedine Boulmakoul, Hassan Badir, and Ahmed Lbath. (2019) "A scalable real-time tracking and monitoring architecture for logistics and transport in RoRo terminals." *Procedia Computer Science* **151(2018)**: 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.032>
- [15] Yu-Cheng Lin, Weng-Fong Cheung, and Fu-Cih Siao. (2014) "Developing mobile 2D barcode/RFID-based maintenance management system." *Automation in Construction* **37(2014)**: 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.004>