

Usulan penerapan Industri 4.0 untuk rantai pasok dan logistik cerdas di perusahaan *injection moulding*

Hendri^{1#}, Sally Cahyati²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Trisakti, Jakarta

#)Corresponding author: hendri@mercubuana.ac.id

Received 06 March 2021, Revisid 12 July 2021, Accepted 19 July 2021

Abstrak. Saat ini era industri 4.0 bertepatan dengan virus covid 19 yang merupakan peluang dan tantangan untuk memilih strategi bisnis yang tepat. Berdasarkan hasil evaluasi penelitian terdahulu dan analisis dalam penelitian ini diketahui saat ini belum ada sensor yang dipasang pada alat-alat yang digunakan untuk perpindahan material, komunikasi antar mesin dengan mesin (M2M) saat ini belum ada data yang dihasilkan sehingga tidak ada data yang dikomunikasikan, antar muka antara manusia dan mesin (HMI) saat ini menggunakan user interface lokal melalui aplikasi Pro-St dan interface yang ada pada mesin fanuc, sistem transportasi saat ini perpindahan material menuju mesin produksi sistem transportasi manual yaitu handlift, material yang sudah dipacking dan akan disimpan didalam gudang menggunakan forklift (mesin untuk transportasi manual), sedangkan perpindahan produk satuan dari mesin fanuc sudah menggunakan conveyor, unit transportasi sebagai pembawa informasi saat ini sudah ada mekanisme untuk melakukan identifikasi individual terhadap material namun status material tidak teridentifikasi dalam sistem IT, sistem penyimpanan pada saat ini penempatan material masih dilakukan secara intuitif dan proses identifikasi lokasi penyimpanan masih tertera secara manual pada papan tulis. Agar sistem intralogistik dapat menerapkan rantai pasok dan logistik cerdas berdasarkan industri 4.0 maka diusulkan pemasangan sensor pada alat untuk mengidentifikasi perpindahan material dan data interaksi sensor dan actuator dapat dianalisis, koneksi jaringan antar alat untuk komunikasi M2M, penggunaan mobile user interface untuk memonitor proses intralogistik dan status material teridentifikasi dalam sistem IT.

Kata kunci: Industri 4.0, *intralogistic*, rantai pasok dan *moulding*.

Abstract. Currently the industrial era 4.0 coincides with the covid 19 virus which is an opportunity and a challenge to choose the right business strategy. Based on the results of the evaluation of previous studies and the analysis in this study, it is known that currently there are no sensors installed on the tools used for material transfer, communication between machines and machines (M2M) currently there is no data generated so no data is communicated, the interface between humans and machines (HMI) currently uses a local user interface through the Pro-St application and the interface on the fanuc machine, the current transportation system is moving materials to production machines, a manual transportation system, namely handlifts, materials that have been packaged and will be stored in the warehouse using a forklift (machine for manual transportation), while the unit product movement from the fanuc machine already uses a conveyor, the transportation unit as an information carrier currently has a mechanism for individual identification of materials but the status of the material is not identified in the IT system, the current storage system for placing materials is still done intuitively and the identification process for storage locations is still listed manually on the blackboard. In order for the intralogistics system to implement intelligent supply chain and logistics based on industry 4.0, it is proposed to install sensors on the device to identify material movement and the sensor and actuator interaction data can be analyzed, network connections between devices for M2M communication, use of mobile user interfaces to monitor intralogistic processes and status. identified material in the IT system.

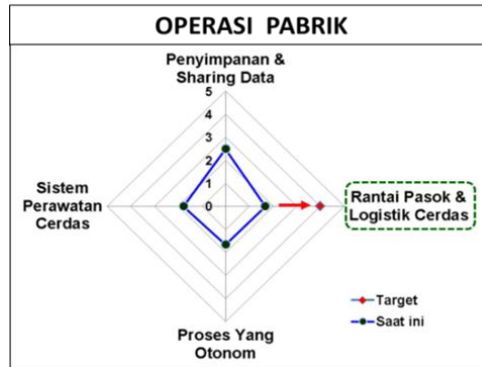
Keywords: Industry 4.0, *intralogistics*, supply chain and *molding*.

1 Pendahuluan

Secara umum dunia industri saat ini sedang memasuki era industri 4.0 post Covid 19 yang merupakan peluang sekaligus tantangan bagi perusahaan untuk memilih strategi bisnis yang tepat. Penerapan industri 4.0 merupakan peluang strategi bisnis inovasi teknologi yang dapat membuka lapangan kerja baru. Menyadari dunia akademis berperan mengikuti tuntutan perkembangan inovasi teknologi di

sektor industri untuk memenangkan persaingan di kancah global, terutama dalam menghadapi era industri 4.0. post Covid 19.

Berdasarkan penelitian terdahulu Hendri dan Cahyati (2020) diketahui kesiapan INDI 4.0. untuk dimensi operasi pabrik (Gambar 1) terdiri dari lima subdimensi (bidang) dan salah satunya adalah rantai pasok dan logistik cerdas dengan nilai 1,7 dari skala 5 yang memiliki arti ada gap sebesar 3,3 peluang untuk dilakukan perbaikan. Saat ini rantai pasok dan logistik cerdas berada pada tahap dimana proses perencanaan produksi dan bisnis sudah terintegrasi dengan sistem IT dan proses dapat dioptimalkan melalui pengetahuan yang dihasilkan.



Gambar 1 Kesiapan Dimensi Operasi Pabrik Saat ini (Sumber: Hendri dan Cahyati, 2020)

Dari kondisi yang telah diuraikan di atas, salah satu perusahaan *injection moulding* ini mempunyai harapan bahwa ke depannya operasi pabrik dapat menerapkan industri 4.0 (level 4). Oleh karena itu perlu penerapan industri 4.0 untuk rantai pasok dan logistik cerdas di perusahaan *injection moulding* dengan harapan dapat memperbaiki sistem intralogistik.

2 Kajian Teori

Industri 4.0 dan Rantai Pasok

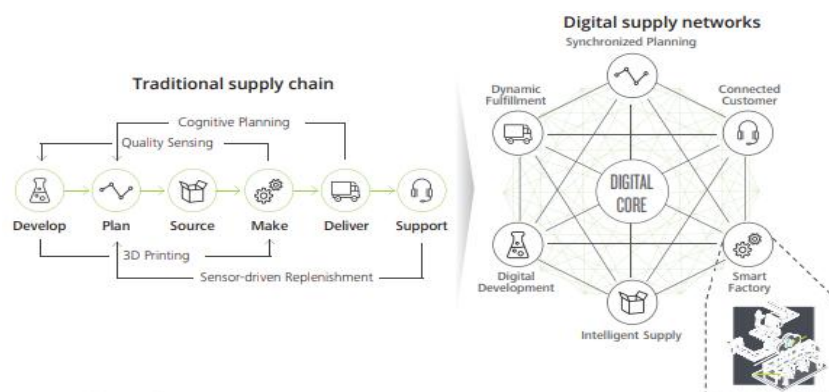
Menurut Kemenperin (2018), industri 4.0 yang disebut dengan INDI 4.0. terdiri dari 5 (lima) dimensi yakni, (1) Manajemen dan Organisasi, (2) Orang dan Budaya, (3) Produk dan layanan, (4) Teknologi, (5) Operasi Pabrik, dengan 17 Bidang (lihat Gambar 2). Salah bidang adalah rantai pasok dan logistik cerdas.



Gambar 2 Indonesia Industri 4.0 (Sumber: Kemenperin, Making Indonesia 4.0, 2018).

Rantai pasokan (*supply chain*) terdiri dari pemasok (*Suppliers*) bahan baku, Logistik dan pengiriman produk ke pelanggan (*customers*) akhir (Rushton, A, Croucher, P. & Baker, P., 2014). Lebih lanjut menurut Burke et al., (2017), rantai pasokan tradisional bersifat linier, yang dimulai dari perkembangan

desain (*develop*), rencana (*plan*), sumber (*source*), pembuatan (*make*), pengiriman (*deliver*) dan dukungan (*support*). Namun, saat ini, rantai pasokan yang berubah dari urutan statis menjadi sistem yang dinamis dan saling berhubungan - jaringan pasokan digital - yang dapat lebih mudah menggabungkan mitra ekosistem dan berevolusi ke keadaan yang lebih optimal dari waktu ke waktu. Jaringan pasokan digital mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber, dan lokasi untuk mendorong tindakan fisik untuk produksi dan distribusi. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa model *new digital supply network* digambarkan saling berhubungan, dengan digital sebagai intinya. Ada potensi interaksi dari setiap mode ke setiap titik jaringan lainnya, memungkinkan konektivitas yang lebih besar di antara area yang sebelumnya tidak ada. Dalam model ini, komunikasi bersifat *multi directional*, menciptakan konektivitas di antara tautan yang secara tradisional tidak terhubung dalam rantai pasokan.



Gambar 3 Rantai Pasokan Tradisional Berubah ke Digital Supply Network
(Sumber: Burke et al., 2017)

Logistik Cerdas

Menurut Rushton, A, Croucher, P. & Baker, P. (2017), logistik terdiri dari *materials management* dan *distribution* atau Logistics = Materials management + Distribution.

- Materials management: aliran material dari gudang (*storage*) ke proses produksi
- Distribution: aliran material dari gudang (*storage*) final produk ke pelanggan

Logistik berkaitan dengan aliran dan penyimpanan fisik dan informasi dari bahan mentah hingga distribusi akhir dari produk jadi. Pengelolaan persediaan dan material mewakili penyimpanan dan aliran masuk ke dalam dan melalui proses produksi, sementara distribusi mewakili penyimpanan dan aliran dari titik produksi akhir sampai ke pelanggan atau pengguna akhir. Konsep logistik cerdas dijelaskan didalam *smart factory* (pabrik cerdas).

Pabrik Cerdas

Menurut Burke et al. (2017), *smart factory* (pabrik cerdas) adalah sistem yang fleksibel yang dapat mengoptimalkan sendiri kinerjanya di seluruh jaringan yang lebih luas, beradaptasi sendiri dan belajar dari kondisi baru secara *real-time*, serta secara otonom menjalankan seluruh proses produksi. *Smart factory* merupakan bagian integral dari *digital supply network* yang lebih luas, tujuannya untuk mewujudkan konektivitas proses *manufacturing* yang sepenuhnya fleksibel. Hal ini terkait dengan konvergensi dunia digital dan fisik, termasuk informasi teknologi (IT) dan teknologi industri (TI). Target utamanya adalah mengintegrasikan aset data fisik, operasional, dan sumber daya manusia ke dalam sistem untuk kebutuhan proses manufaktur, pemeliharaan, pelacakan inventaris, digitalisasi operasi, dan jenis kegiatan lainnya di seluruh jaringan manufaktur.

Integrasi Horizontal dan Vertikal

Banyak faktor yang terlibat dalam kesuksesan suatu bisnis dalam hal ini termasuk pengembangan kualitas, pemasaran yang efisien, distributor dan pemasok, dan yang paling penting pelanggan dan para pesaing. Pabrik cerdas dalam revolusi baru mencoba untuk menghubungkan mesin, material dan produk (Supply Chain 4.0, 2016). Untuk menjadi bisnis ke level paling atas, semua faktor berkontribusi untuk itu harus memiliki komunikasi yang efektif. Oleh karena itu, Industri 4.0 memiliki sistem Horizontal dan Vertikal integrasi untuk menciptakan proses pabrik yang lebih mudah.

Integrasi Horizontal

Metode kerja manufaktur apa pun industrinya dimulai dengan permintaan dari pelanggan, kemudian supplier mensuplai material ke pabrik, dimana raw material diproses untuk menghasilkan produk,

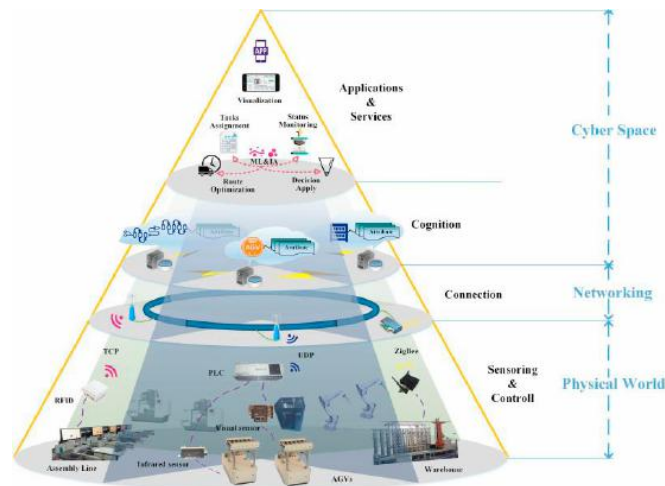
kemudian produk ini dikirim ke distributor, yang selanjutnya memasoknya ke pengecer dan kemudian menjangkau pelanggan (*What Is Value Chain Analysis*,2019). Menurut Sharma, A.& Jain,D.K. (2020), integrasi horizontal industri 4.0 adalah rantai pasok mulai dari Suppliers-Development-Production-Logistics-Distribution.

Integrasi Vertikal

Berlawanan dengan integrasi horizontal bekerja dalam suatu organisasi. Integrasi horizontal, tujuannya adalah untuk menciptakan jaringan yang saling terhubung antara semua pemangku kepentingan yang mungkin atau mungkin bukan milik satu organisasi. Integrasi vertikal dilakukan untuk menghadirkan transparansi dalam organisasi. Integrasi vertikal (Schuh, G., et al.,2014), adalah penggabungan perencanaan dan pengembangan dengan produksi. Integrasi horizontal industri 4.0 (Sharma, A.& Jain,D.K.,2020) terdiri dari *Sensors, RFID chips (Field Level), Process Control(Control level), Smart Machines,Smart Conveyor Belt (Production Level), Quality Management Production Planning (Operation Level)* dan *Enterprise Planning*.

Analisis Perbaikan Intralogistik

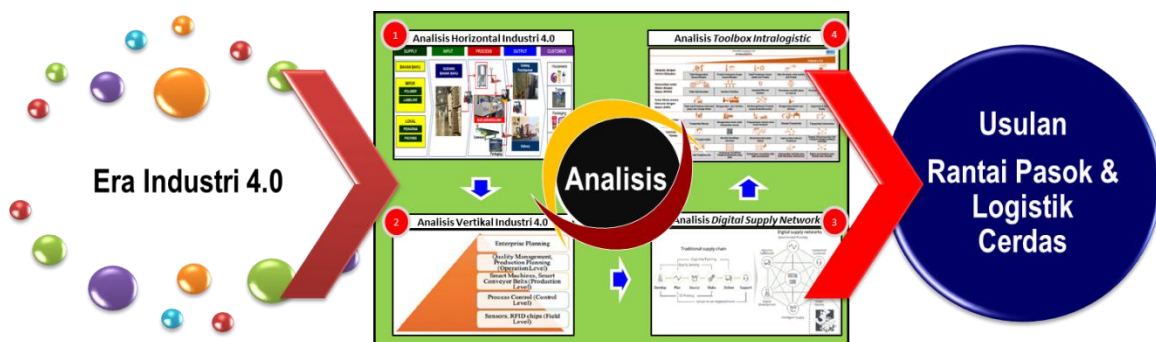
Menurut Yan, Zhang & Fu (2019), untuk menangani intralogistik secara lebih spesifik dan langsung, kerangka empat tingkat untuk CPS yang berorientasi intralogistik disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Framework untuk intralogistics-oriented CPS (Yan, Zhang & Fu, 2019)

3 Metode

Metode yang digunakan untuk usulan penerapan industri 4.0 untuk rantai pasok dan logistik cerdas di perusahaan *injection moulding* terdiri dari 3 (tiga) tahap, sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Adapun penjelasan tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.



Gambar 5 Metode Analisis Usulan Penerapan Industri 4.0

Untuk merumuskan usulan penerapan Industri 4.0 terdiri dari empat metode analisis berikut ini.

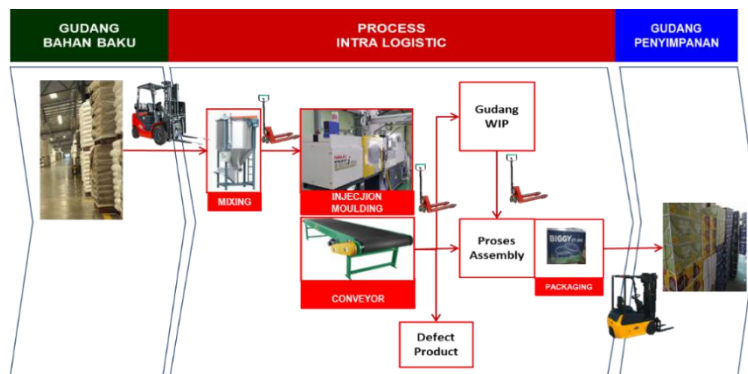
- Analisis horizontal Industri 4.0
Melakukan analisis rantai pasok (Suppliers-Development-Production-Logistics-Distribution) saat ini (*current state*) berdasarkan data sekunder dan primer.
- Analisis vertikal Industri 4.0
Melakukan analisis penggunaan *Sensors, RFID chips, Process Control, Smart Machines, Smart Conveyor Belt, Quality Management Production Planning* dan *Enterprise Planning* saat ini (*current state*) berdasarkan data primer dan sekunder.
- Analisis *digital supply network*
Melakukan analisis penggunaan *digital supply network* saat ini (*current state*) berdasarkan data primer dan sekunder.
- Analisis *toolbox intralogistics*

Setelah dilakukan analisis *horizontal, vertikal* Industri 4.0 dan analisis *digital supply network* selanjutnya melakukan *checklist toolbox intralogistic* industri 4.0 (lihat Gambar 17 berikut ini) yakni *checklist* tentang penggunaan sensor/aktuator, komunikasi mesin-ke-mesin, antarmuka manusia-mesin, sistem transportasi dan sistem penyimpanan diperusahaan saat ini (*current state*) berdasarkan data sekunder, primer dan observasi. *Checklist toolbox intralogistic* adalah hal yang penting untuk dikonfirmasi ke perusahaan tentang kondisi saat ini. Setelah diketahui kondisi saat ini selanjutnya menganalisis tingkat ekspetasi atau strategi kondisi kedepan yang diinginkan dengan melakukan *checklist toolbox intralogistic* yang sesuai untuk harapan peningkatan nilai rantai pasok dan logistik cerdas. Hasil dari *checklist* akan digambarkan menggunakan *Radar Map* sehingga terlihat jelas kondisi saat ini dan usulan untuk perusahaan. Perbedaan antara kondisi saat ini dan usulan merupakan gap yang ingin dihilangkan secara bertahap dalam masa tertentu sampai mencapai target yang diinginkan perusahaan.

4 Hasil dan Pembahasan

Analisis Horizontal Industri 4.0

Berdasarkan data sekunder (Hendri dan Cahyati, 2020) serta observasi dan wawancara diketahui proses *intralogistic* perusahaan *Injection Moulding* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Aliran Proses Intralogistik Perusahaan *Injection Moulding*

Aktivitas intralogistik di perusahaan *Injection Moulding* dimulai dari pengiriman bahan baku utama (polimer) dari gudang bahan baku ke proses *mixing*, kemudian ke mesin *injection moulding* menggunakan *handlift*. Hasil produksi dari mesin *injection moulding* dikeluarkan menggunakan *conveyor*. Dari *conveyor* hasil produksi dialirkan menuju tiga bagian, yakni: ke gudang WIP (*Working in Procces*), *defect product* dan dilanjutkan ke proses *assembly* untuk dirakit dengan pasangannya masing-masing. Barang jadi kemudian dipacking dan dikirim ke gudang penyimpanan. Saat ini proses pemindahan material produksi adalah sebagai berikut.

Analisis Vertikal Industri 4.0

Pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 disajikan temuan tentang teknologi operasi, teknologi logistik dan Teknologi Manajemen Energi di perusahaan *injection moulding* yang menjadi studi kasus penelitian.

Tabel 1 Teknologi Operasi

| No | Teknologi Operasi | Intensitas Penggunaan |
|----|-----------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Actuators | 100% |
| 2 | Sensors untuk mesin | 75% |
| 3 | Process automation | 75% |
| 4 | Pneumatic automation technology | 75% |
| 5 | Robotics & system integration | 50% |
| 6 | Assembly and handling system | 50% |
| 7 | Sensor untuk pemindahan material | Belum ada |

Tabel 2 Teknologi Logistik

| No | Teknologi Logistik | Intensitas Penggunaan |
|----|-------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Industrial trucks & forklifts | 100% |
| 2 | Conveying systems | 75% |
| 3 | Racking systems | 75% |
| 4 | Storage & retrieval equipment | 75% |
| 5 | Warehouse management systems | 75% |
| 6 | Packaging and order packing systems | 50% |
| 7 | Labelling systems & identification | Tahapan Persiapan |
| 8 | Logistics IT | Tahapan Persiapan |

Tabel 3 Teknologi Manajemen Energi

| No | Teknologi Manajemen Energi | Intensitas Penggunaan |
|----|--------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Power generation services | 100% |
| 2 | Power-saving production technologies | 75% |
| 3 | Safety switches | 75% |
| 4 | Energy-efficient lightings | Tahap Persiapan |

Analisis *Digital Supply Network*

Saat ini perangkat lunak (aplikasi) yang digunakan untuk mendukung kegiatan produksi adalah CAD/CAM, Pro-ST, Link-I, Dashboard/NoteJs). Portofolio aplikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Aplikasi Proses Industri

| No | Nama Aplikasi | Fungsionalitas |
|----|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | SAP | Mendukung kegiatan produksi yang terjadi di perusahaan |
| 2 | Pro-ST | Menangkap data mesin produksi berupa Output Produk dan rejected/defected |
| 3 | Link-I | Menampilkan data produk dan lifecycle masing-masing mesin produksi secara realtime |
| 4 | Dasbord/NoteJs | Menangkap data mesin produksi berupa Output, Status, Rejected, Downtime, WIP, Utility |
| 5 | CAD dan CAM | Memastikan proses yang sederhana dan efisien yang meminimalkan penundaan dan menghilangkan ruang untuk kesalahan |

Analisis *Toolbox Intralogistic*

Setelah dilakukan analisis *horizontal, vertikal* Industri 4.0 dan analisis *digital supply network* selanjutnya melakukan *checklist toolbox intralogistic* industri 4.0 berdasarkan data sekunder, primer dan observasi. Setelah diketahui kondisi saat ini selanjutnya menganalisis tingkat expetasi atau strategi kondisi kedepan yang diharapkan dengan melakukan *checklist toolbox intralogistic* yang sesuai untuk peningkatan nilai rantai pasok dan logistik cerdas. Hasil dari *checklist* akan digambarkan menggunakan *radar map* sehingga terlihat jelas kondisi saat ini dan usulan untuk perusahaan. Kotak merah artinya adalah kondisi saat ini, dan kotak hijau adalah usulan untuk perusahaan dalam jangka waktu tertentu. Dari situ akan terlihat *radar map* (Gambar 8) yang mengindikasikan jarak antara enam komponen yang dinilai.

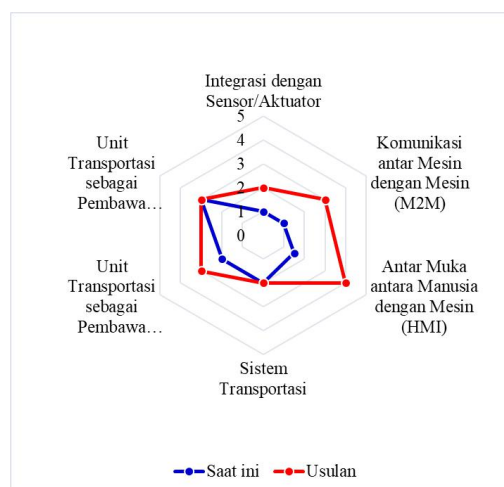
| Checklist Industry 4.0 INTRALOGISTIC | | | | | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Industry 4.0 | | | | | |
| Integrasi dengan Sensor/Aktuator | Tidak Menggunakan Sensor/Aktuator | Produk terintegrasi dengan Sensor/Aktuator | Hasil Pembacaan Sensor diolah oleh Produk | Data dievaluasi untuk analisis oleh Produk | Produk merespon secara independent berdasarkan data yang diperoleh |
| Komunikasi antar Mesin dengan Mesin (M2M) | Tidak Ada Komunikasi | Interface Field Bus | Industrial Ethernet Interface | Permesinan memiliki akses ke Internet | Perencanaan/Kontrol Proses Otomatis |
| Antar Muka antara Manusia dengan Mesin (HMI) | Tidak Ada Pertukaran Informasi antara User | Menggunakan User Interface Lokal | Monitoring/Kontrol Produksi secara Sentral/Desentral | Menggunakan Mobile User Interface | Augmented & Assisted Reality |
| Sistem Transportasi | Transportasi Manual | Menggunakan mesin untuk transportasi manual | Pengoperasian manual untuk mesin transport | Otomasi Transportasi | Transportasi Autonomus |
| Unit Transportasi sebagai Pembawa Informasi | Tidak ada Fungsionalitas | Memiliki Identifikasi individual | Menyimpan status pada sistem | Implementasi Instruksi Predefined | Respon Otonomus dari Unit Transport sebagai pembawa informasi |
| Sistem Penyimpanan | Tidak ada Fungsionalitas | kemampuan identifikasi tempat penyimpanan yang jelas | Kemampuan menyimpan stok pada penyimpanan | implementasi instruksi yang telah ditentukan sebelumnya | Sistem penyimpanan yang fleksibel dan otomatis |

Gambar 7 Checklist Intralogistic.

Aspek pertama pada toolbox adalah integrasi dari sensor-sensor yang terdapat pada proses intralogistic (*integration of sensors and actuators*). Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, saat ini belum ada sensor yang dipasang pada alat-alat yang digunakan untuk perpindahan material.

Aspek selanjutnya adalah komunikasi antar mesin dengan mesin (M2M). Karena tidak adanya sensor dan aktuator yang dipasang pada sistem transportasi, maka belum ada data yang dihasilkan singga tidak ada data yang dikomunikasikan. Hal ini berlaku juga pada aspek antar muka antara manusia dan mesin (HMI) yang belum memiliki interaksi sehingga tidak adanya pertukaran informasi antara manusia dan mesin.

Aspek keempat, yaitu sistem transportasi, secara umum telah menggunakan mesin untuk sistem transportasi manual yaitu *handlift*. Selanjutnya untuk aspek unit transportasi sebagai pembawa informasi, sudah ada mekanisme untuk melakukan identifikasi individual terhadap material. Meskipun demikian, proses pemberian kode masih belum sempurna dan masih belum berbentuk QR code maupun barcode, sehingga input ke SAP masih manual dan masih rentan akan kesalahan input. Pada aspek terakhir yaitu sistem penyimpanan, belum ada fungsionalitas yang rapi untuk mendukung proses ini. Masih perlu layout inventory yang jelas karena pada saat ini penempatan barang masih dilakukan secara intuitif dan proses identifikasi lokasi penyimpanan masih tertera secara manual pada papan tulis. Sebagai bahan pertimbangan tambahan, gudang WIP (*Working in Procces*) saat ini berada pada lantai 2 sehingga membuat proses pemindahan menjadi lebih sulit. Kesimpulan dari *checklist industry 4.0* dapat dilihat pada Gambar 8. Dari gambar tersebut bisa dapat dipilih nantinya implementasi praktikal untuk mencapai target yang sesuai dengan industri 4.0.



Gambar 8 Radar Map Intralogistic

Berdasarkan analisis diatas usulan penerapan industri 4.0 untuk rantai pasok dan logistik cerdas di perusahaan injection moulding agar dapat memperbaiki sistem intralogistik adalah sebagai berikut

- Integrasi dengan sensor
- Komunikasi antara mesin dengan mesin
- Antar muka antara manusia dengan mesin
- Unit Transportasi sebagai pembawa informasi

5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Usulan perbaikan sistem intralogistik untuk penerapan rantai pasok dan logistik cerdas berdasarkan industri 4.0 adalah sebagai berikut:

1. Pasang sensor pada alat/mesin untuk mengidentifikasi perpindahan material dan data interaksi sensor dan actuator sehingga dapat dianalisis.
2. Usulan Koneksi jaringan antar alat/mesin untuk komunikasi M2M
3. Usulan Penggunaan Mobile User interface untuk memonitor proses intralogistik
4. Usulan Status material dapat teridentifikasi dalam sistem IT.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dapat dilakukan di sektor industri lainnya.

Referensi

- Anderl, Reiner (2015) A Realization Guideline for Industrie 4.0, DiK Technische Universität Darmstadt, Jerman.
- Anderl, R., Picard, A., Wang, Y., Fleischer, J., Dosch, S., Klee, B., & Bauer, J. (2015) "Guideline Industrie 4.0 - Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses," VDMA Forum Industrie 4.0, Frankfurt.
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, B. (2017). The smart factory: Responsive, adaptive, connected manufacturing, Deloitte University Press.
- Deloitte (2014) Manufacturing Industry, Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. doi: 10.1057/9780230514027_2.
- Groover, Mikell P. (2012), Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems 5th Edition, Wiley, USA
- Hendri (2017), Value Chain Analysis Sembilan Industri Komponen Otomotif di Bekasi, <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/issue/view/257>
- Hendri & Cahyati, Sally (2020) Analisis Penerapan Industri 4.0 Di Perusahaan Injection Moulding.
- Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0, <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- Information Systems Audit and Control Association, COBIT 5: enabling information. Rolling Meadows, Ill.: ISACA, 2013.
- International Electrotechnical Commission (2015). Factory of the future
- IT Governance Institute, Ed., COBIT 4.1: framework, control objectives, management guidelines, maturity models. Rolling Meadows, IL: IT Governance Institute, 2007.
- Joly, M., Odloak, D., Miyake, M. Y., Menezes, B. C., & Kelly, J. D. (2017). Refinery production scheduling toward Industrie 4.0. *Frontiers of Management Engineering*, 37, 1877-1882.
- Kannegiesser, M. (2008). Value chain management in the chemical Industri: global value chain planning of commodities. Physica-Verlag.
- Kemenperin, Making Indonesia 4.0, (2018). www.kemenperin.go.id/download diakses pada tanggal 27.10.2019.
- Lasi, Heiner; Fettke, Peter; Feld, Thomas; and Hoffmann, Michael (2014) "Industry 4.0," *Business & Information Systems Engineering*: Vol. 6: Iss. 4, 239-242.

- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., and Schröter, M., (2015), IMPULS - Industrie 4.0-Readiness, Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln.
- Logistics 4.0 and Smart supply chain management in Industry 4.0”, <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/>
- Pessl, E., Sorko, S. R., Mayer, B.(2017), Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises: *International Journal of Science, Technology and Society*; 5(6): 193-202
- Porter, M.E.(2008). *On Competition (Updated and Expanded Edition)*, Boston: Harvard Business School Publishing Corporation
- Ravi, R., & Wu, L. C. (2016). *Demystifying Industri 4.0 Implications of Internet of Things and Services for the Chemical Industri (Doctoral dissertation)*.
- Rojko, Andreja (2017), *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/7072>
- Rushton, A, Croucher, P. & Baker, P. (2017) *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, 6th Edition, Kogan Page, London,
- Russell, R. and Taylor, B.W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*, 9th Edition New York: John Wiley & Sons
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). *Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0*. *Procedia CIRP*, 19, 51-56.
- Sharma,A.,& Jain,D.K.(2020), *Development of Industry 4.0* , *Advances in Science, Technology & Innovation*
- Sikorski, J. J., Haughton, J., & Kraft, M. (2017). *Blockchain technology in the chemical Industri: Machine-to-machine electricity market*. *Applied Energy*, 195, 234-246.
- Singapore Economic Development Board, (2017), *The Singapore Smart Industry Readiness Index*.
- Steven De Haes dan Wim Van Grembergen, “IT Governance and Its Mechanisms,” *Information Systems Control Journal*, vol. 1, hlm. 7, 2004.
- Sucofindo, PT. (2020), *Model factory cell industri 4.0 untuk industri kimia hilir dan farmasi*
- Sucofindo, PT. (2020), *Readiness assessment penerapan industri 4.0 untuk industri kimia hilir dan farmasi*
- Sugiyono (2016). *Metode Penelitian Manajeme*, Bandung: CV. Alfabeta
- Supply Chain 4.0-The next generation Digital Supply Chain*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-40--the-next-generation-digital-supply-chain>
- Thomas Bauernhansl, Jörg Krüger, Gunther Reinhart, Günther Schuh: *Wgp-Standpunkt(2016). Industrie 4.0*, *Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik Wgp e. v.*,
- W. Van Grembergen, Ed., (2004). *Strategies for information technology governance*. Hershey: Idea Group Pub,.
- Wang, Y. , Wang, G, & Anderl, R. (2016). *Generic Procedure Model to Introduce Industrie 4.0 in Small and Medium-sized Enterprises*, San Francisco: WCECS
- What Is Value Chain Analysis*, <https://www.businessnewsdaily.com/5678-value-chain-analysis.html>
- Yan, Zhang & Fu (2019). *An intralogistics-oriented Cyber-Physical System for workshop in the context of Industry 4.0*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308005>