

REVIEW ARTIKEL : PENGAPLIKASIAN INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM MANUFAKTUR INDUSTRI FARMASI DI ERA INDUSTRI 4.0

Agung Putu Surya Purna kristyawan, Resmi Mustaricihie dan Lusius A. Wardoyo

Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran

Agung.surya158@gmail.com

diserahkan 09/01/2022, diterima 09/03/2022

ABSTRAK

Internet of things atau IOT ialah suatu jaringan yang menghubungkan antar objek secara terbuka dan komprehensif yang digunakan untuk mengatur, membagikan informasi dan data secara otomatis serta merespon suatu situasi dan perubahan pada lingkungan. Tujuan kajian *review* artikel ini untuk membahas mengenai *Internet of Things* dari segi pemahaman dasar, menjelaskan komponen penyusun *Internet of Things*, dan penerapannya dalam manufaktur industri farmasi. Metode penulisan *review* artikel ini yaitu studi literatur dengan artikel ilmiah yang dicari di *search engine* ScienceDirect dan google scholar dengan keyword “*Internet of Thing in Manufacturing*”, dan “*Internet of Thing in Pharmaceutical Industry*”. Dari pengkajian *review* artikel ini diketahui Terdapat tiga teknologi vital pada IoT yaitu *Radio-frequency Identification* (RFID), *Wireless sensor Network* (WSN) dan *Cloud computing*. IoT yang diterapkan dalam manufaktur industri farmasi dapat membantu menghubungkan tiap komponen yang dibutuhkan dalam proses manufaktur sehingga proses manufaktur dapat berjalan secara efisien, peningkatan kualitas produk, memudahkan dalam perawatan mesin serta penggunaan energi yang lebih efisien.

Kata Kunci: Industri 4.0, *Internet of Things*, Manufaktur Farmasi, Tantangan IoT

ABSTRACT

Internet of things or IoT is a network that connects objects in an open and comprehensive manner that is used to organize, share information and data automatically and respond to situations and changes in the environment. The purpose of this article review is to discuss the Internet of Things in terms of a basic understanding, explain the components of the Internet of Things, and their application in manufacturing the pharmaceutical industry. The method of writing this article review is a literature study with scientific articles searched on the search engine ScienceDirect and google scientist with the keywords "Internet of Thing in Manufacturing", and "Internet of Thing in Pharmaceutical Industry". From the review of this article, it is known that there are three vital technologies in IoT, namely Radio-frequency Identification (RFID), Wireless Sensor Network (WSN) and Cloud computing. IoT applied in the pharmaceutical manufacturing industry can help connect every component needed in the manufacturing process so that the manufacturing process can run efficiently, improve product quality, facilitate machine maintenance and use more efficient energy

Keywords: Industry 4.0, *Internet of Things*, *Pharmaceutical Manufacturing*, *IoT Challenges*.

PENDAHULUAN

Industri 4.0 merupakan revolusi industri keempat yang membawa teknologi seperti *internet of things* (IoT), *artifisial intelegence* (AI), robotik, dan komputasi lainnya yang dapat mengubah kinerja pembuatan obat di industri farmasi. Karakteristik dari industri 4.0 yaitu menyatukan

teknologi manufaktur dengan sistem terintegrasi, otomatisasi dan dapat menjalankan pengaturan sistem manufaktur farmasi secara sendiri terlepas dari keterlibatan manusia (Fuhr *et al.*, 2014). Revolusi industri diawali dari industri 1.0 dimana pada era ini proses pembuatan obat dilakukan secara manual menggunakan bahan-bahan alami

seperti bahan nabati, mineral dan hewan. Pada masa ini terjadi transisi penggunaan mesin yang dioperasikan menggunakan tangan menjadi penggunaan mesin yang digerakan tenaga non-listrik untuk pembuatan obat secara komersial (Anderson, 2005). Revolusi industri kedua dikenal dengan industri 2.0 dimana mesin-mesin dengan tenaga listrik sudah mulai digunakan. Pada industri farmasi, mesin penghancur, penggiling, pencampur dan pencetakan tablet yang berbasis mesin elektronik sudah digunakan dalam produksi skala besar dan telah lebih banyak dilakukan monitoring proses dan kualitas (Swarbrick, 2003). Revolusi industri ketiga telah terdapat pengembangan dan kesediaan komputer serta teknologi komunikasi seperti komputasi jaringan, internet dan komunikasi *wireless*. Teknologi ini memungkinkan untuk otomatisasi proses sehingga dapat diterapkan proses manufaktur yang berkelanjutan. Contoh proses manufaktur yang berkelanjutan yaitu proses masuknya material awal dalam suatu mesin lalu diproses secara langsung secara bertahap dan berkelanjutan hingga membentuk produk akhir (S. Lee *et al.*, 2015). Transisi revolusi industri 3.0 menuju 4.0 dalam manufaktur farmasi yaitu pada industri 3.0 terlihat tiap alat dioperasikan secara individu namun pada industri 4.0 proses manufaktur terjalin secara sistem yang menghubungkan semua alat dan infrastruktur seperti data lingkungan. Informasi berupa data *real-time* dapat dianalisis dengan algoritma dan pemantauan sehingga dapat diambil keputusan secara langsung yang berdampak pada output produksi (Fuhr *et al.*, 2014).

IoT adalah salah satu teknologi yang diaplikasikan untuk mendukung revolusi industri 4.0. IoT sangat berguna di lingkungan manufaktur. IoT dapat digunakan pada peralatan non-produksi seperti kompresor, tangka air, power input dan

peralatan produksi (Song *et al.*, 2006). IoT merupakan suatu inti yang dapat menguhungkan berbagai hal melalui jaringan. IoT dapat menghubungkan operator dengan berbagai sensor atau sensor dengan jaringan, kemudian operator dapat melakukan sesuatu dengan data tersebut (Cheng *et al.*, 2013). Keuntungan penerapan IoT dalam proses manufaktur yaitu masalah kualitas produk lebih cepat terdeteksi sehingga lebih cepat pula untuk diatasi, pemeliharaan alat secara proaktif, dan mengandalkan pencegahan masalah daripada diagnostik setelah kegagalan (Byun *et al.*, 2016).

Tujuan kajian *review* artikel ini untuk membahas mengenai *Internet of Things* dari segi pemahaman dasar, komponen penyusun *Internet of Things*, dan penerapannya dalam manufaktur industri farmasi. Keterbaruan pada artikel ini yaitu peran *Internet of Things* dalam meningkatkan performa produksi jika diaplikasi di Industri Farmasi.

METODE

Penulisan artikel *review* dilakukan dengan metode studi literatur dengan artikel ilmiah sebagai sumber. Artikel ilmiah dicari di *search engine* ScienceDirect dan google scholar dengan keyword "*Internet of Thing in Manufacturing*", dan "*Internet of Thing in Pharmaceutical Industry*".

POKOK BAHASAN

Internet of Things (IoT)

Internet of things atau yang dikenal dengan IoT terdiri dari dua kata yaitu "internet" dan "*things*". Internet memiliki arti jaringan di seluruh dunia dari sistem komputer yang saling terkait menggunakan standar protokol internet (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) yang dapat menghubungkan jutaan

orang diseluruh dunia. Tiap orang dengan implant kardiak, hewan ternak dengan biochip atau peralatan yang dilengkapi sensor dikenal sebagai “things” pada IoT. Pada IoT, “things” dapat berupa RFID (*Radio Frequency Identification*), sensor, actuator, handphone atau hal sejenisnya yang dapat membentuk suatu skema sehingga dapat berinteraksi satu dengan yang lainnya untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Atzori *et al.*, 2010). IoT menghubungkan Things melalui sebuah jaringan sehingga manusia dapat melakukan sesuatu dengan data yang diperoleh (Park *et al.*, 2012). Sehingga secara general IoT dapat di definisikan sebagai jaringan *smart* objek yang terbuka dan komprehensif yang dapat mengatur, membagikan informasi dan data secara otomatis serta merespon suatu situasi dan perubahan pada lingkungan. IoT yang diterapkan di industri lebih fokus pada menghubungkan perangkat yang berpengaruh terhadap infrastruktur, manufaktur dan hal lain yang berkaitan dengan kegiatan industri dengan tujuan keuntungan bisnis (Mondal, 2019). Banyaknya data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk mengambil solusi analitik dan mengarahkan kinerja industri yang optimal. IoT dapat digunakan untuk memantau proses produksi dan dihubungkan dengan sistem yang dapat mengatur diri sendiri sehingga membutuhkan lebih sedikit intervensi manusia (Xu *et al.*, 2014).

Komponen Internet of Things (IoT)

Terdapat 3 lapisan penyusun IoT yaitu lapisan fisik, lapisan komunikasi dan lapisan aplikasi. Lapisan fisik terdiri dari perangkat fisik seperti sensor, aktuator, mesin manufaktur, smart terminal dan pusat data. Lapisan komunikasi menggunakan teknologi jaringan seperti *Wireless sensor networks* (WSN), 5G dan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) untuk mengintergrasikan berbagai macam perangkat

pada lapisan fisik untuk proses produksi (Alladi *et al.*, 2019). Lapisan aplikasi merupakan penghubung langsung dengan pengguna yang dapat mengontrol serta memantau berbagai aspek dari sistem IoT. Aplikasi dapat memudahkan pengguna dalam memvisualisasikan serta menganalisis keadaan sistem IoT saat ini dan masa depan (Ray, 2018).

Menurut Yang *et al.*, (2016) terdapat tiga teknologi vital pada IoT yaitu *Radio-frequency Identification* (RFID), *Wireless sensor Network* (WSN) dan *Cloud computing*. RFID ialah sebuah teknologi yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk transfer data yang digunakan untuk otomatisasi identifikasi dan pelacakan *tags* yang menempel pada suatu objek. RFID terdiri dari *tags* (pemancar) dan *reader* (penerima). Tags merupakan microchip yang terhubung dengan antenna yang dapat dipasang kesuatu objek. Reader RFID dapat membaca informasi yang diberikan oleh tags. Secara tidak langsung *reader* dapat melacak pergerakan dari tags secara *real-time* (Jia *et al.*, 2012). WSN ialah Suatu jaringan sensor yang digunakan untuk mengukur dan mengontrol kondisi suatu lingkungan. WSN terdiri dari sejumlah *sensor node* yang tersebar di setiap tempat yang akan dimonitoring secara berkala. Sensor ini dapat dimanfaatkan untuk mengukur temperatur, kecepatan udara, tekanan dan kelembaban (Rayes & Salam, 2019). *Cloud computing* Suatu program komputasi yang terhubung dengan internet. Komputasi ini dapat digunakan untuk menyimpan suatu data yang besar dan permanen di suatu server internet dan dapat dilakukan penyimpanan sementara di komputer pengguna. Dengan adanya *cloud computing* suatu komputer dapat terhubung dengan komputer lainnya dalam satu waktu dan dapat mengakses data penyimpanan dari perangkat berbeda (Stergiou *et al.*, 2018).

IoT di Manufaktur Industri Farmasi

IoT dapat digunakan dalam perawatan mesin yang lebih baik. Menurut J. Lee *et al.*, (2006) IoT dapat diterapkan dalam perawatan proaktif dengan cara melakukan diagnosis awal sehingga dapat dilakukan penggantian suku cadang yang berdasarkan prediksi dan monitoring degradasi mesin sehingga dapat mengatasi *breakdown* mesin yang tidak terduga. Alagarsamy *et al.*, (2019) menyatakan IoT dapat memberikan informasi secara berkelanjutan mengenai kondisi tiap komponen pada suatu alat seperti pompa vakum, multimedia filter, pemanas, sterilizer, air kompresor, pengukur tekanan dan pH. Informasi tersebut dapat digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan alat, menghindari masalah yang kritis, meminimalkan *down-time* dan menyediakan tempat kerja yang aman.

Penerapan IoT di industri farmasi dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. Tiap tahap proses pengolahan seperti granulasi, *coating*, *compressing* dan pengemasan diawasi secara terus menerus (Singh *et al.*, 2020). Lingkungan produksi juga dipantau untuk menjaga kualitas produk. Dengan adanya IoT pemantauan proses produksi dilakukan secara transparan dan dilaporkan secara *real time*. Menurut Sharma *et al.*, (2020) IoT dapat digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi manufaktur dengan cara mengurangi waktu *down time* alat, mempermudah dalam perencanaan dan jadwal operasional produksi, serta memperkecil variabilitas dan meningkatkan hasil produksi. Material yang digunakan di industri farmasi sangat sensitif dan harus ditangani pada kondisi lingkungan terkontrol, dengan adanya IoT mampu mengukur dan mengontrol lingkungan agar tetap terjaga pada kondisi optimal untuk penanganan bahan-bahan produksi (Alagarsamy *et al.*, 2019). Li & Kara (2017) menyatakan dengan bantuan

Wireless Sensor Networks (WSN) dan *node* yang dipasang di tiap tempat dapat membantu monitoring keadaan lingkungan seperti temperatur suhu sehingga dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas serta mereduksi konsumsi energi yang berkaitan dengan lingkungan. Kumar *et al.*, (2018) membuat desain *real-time monitoring system* untuk industri dengan menggunakan sensor untuk melakukan inspeksi pada tiap bagian mesin. Sebelum melakukan produksi, operator mengetahui kondisi mesin yang akan digunakan. Hasil desain menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kecepatan produksi dan mengurangi *defect* dengan monitoring secara *real-time*.

Aktivitas manufaktur secara otomatis dapat dilakukan dengan sistem dasar IoT. Sensor yang dipasang pada tiap perangkat dapat membantu dalam melakukan manajemen perangkat dan memberikan informasi secara *real-time*. Semua proses produksi dari bahan awal hingga produk jadi dapat dipantau dan dijalankan. Perangkat IoT dapat digunakan di sumber daya, pengolahan air dan manufaktur produk. Tiap sensor yang dipasang dapat memberikan informasi *real-time* mengenai kinerja dari sistem industri sehingga dapat membantu dalam proses produksi dan peningkatan kualitas (Singh *et al.*, 2020). Menurut Wan *et al.*, (2018) adanya IoT dapat menjadi jembatan komunikasi antara mesin dan informasi dalam smart manufaktur sehingga dapat mengkoordinasi penjadwalan yang dinamis sehingga dapat meningkatkan efisiensi manufaktur serta mengurangi biaya produksi dan konsumsi sumber daya. Menurut Badarinath & Prabhu (2017) data yang telah dikumpulkan dari proses produksi dapat digunakan untuk merancang suatu sistem produksi dengan alur kerja yang otomatis. Selain itu analisis data *real-time* pada mesin dapat digunakan untuk mengurangi *down-time*

mesin dan meningkatkan produktivitas. Menurut Yang *et al.*, (2016) IoT dapat mengambil data yang bersumber dari komponen produksi seperti material, mesin dan lingkungan. Besarnya data yang diambil dapat digunakan untuk proses otomatisasi produksi tanpa adanya sentuh tangan manusia dan menghasilkan keputusan yang optimal. Borgia, (2014) menyatakan bahwa kunci dari otomatisasi proses produksi di industri yaitu diagnostik mesin secara *real-time*. Semuanya di monitoring dengan sensor spesifik seperti data motor, konsumsi bahan bakar, lokasi, kecepatan, jarak antar mesin, waktu proses dan berhenti kemudian data tersebut dikirim ke pusat informasi untuk dilakukan pengambilan keputusan.

Sistem IoT dapat membantu industri dalam efisiensi energi yang digunakan. Tao *et al.*, (2016) memaparkan strategi yang dapat diterapkan untuk menghemat energi dengan bantuan IoT. Strategi pertama dengan cara monitoring fasilitas secara *real-time*. Fasilitas produksi dapat dipantau secara *real-time* dengan teknologi IoT sehingga mampu menghasilkan informasi berupa konsumsi energi listrik, gas dan pemanas. Dari informasi yang diterima, industri dapat memilih energi yang paling sesuai dengan cara membandingkan konsumsi energi proses yang sama dengan kondisi lingkungan berbeda. Proses yang sama dengan kondisi lingkungan berbeda akan berpengaruh juga terhadap waktu produksi suatu produk. Strategi kedua yakni efisiensi energi dengan cara memantau kinerja mesin. Melalui informasi yang dikumpulkan dari konsumsi energi mesin secara *real-time* maka dapat melihat konsumsi energi mesin dalam konfigurasi yang berbeda. Melalui informasi ini dapat dipilih konfigurasi mesin yang paling efisien untuk mengurangi konsumsi energi. Menurut Kassab & Darabkh (2020) IoT digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material, energi dan pekerja untuk

menghasilkan produk berkualitas dengan tepat waktu serta memberikan respon yang cepat pada perubahan permintaan pasar dan *supply chain*.

Pada industri farmasi proses penimbangan dan *packaging* merupakan hal yang penting. Dengan bantuan IoT proses penimbangan dan pengemasan dapat dilakukan secara otomatis. Proses otomatisasi dibantu dengan elektropneumatik dan motor dimana kontrolnya dilakukan dengan *hardware* yang telah diprogram menggunakan logika via komputer. Sistem penimbangan dan pengemasan otomatis dilengkapi dengan Hooper tempat mengisi produk yang akan ditimbang. Selanjutnya didalamnya terdapat *load cell*. Produk yang masuk dalam hopper akan memberikan tekanan pada *load cell* dimana tekanan ini berbanding lurus dengan bobot produk lalu dikonversikan dalam bentuk sinyal digital kemudian dikirimkan pada mikrokontroler dan nilai bobot akan ditampilkan pada LCD. Komponen lainnya terdapat *stepper motor* yang bertindak sebagai pintu. Produk yang telah keluar dari hopper dan mengisi suatu plastik kemas akan di lipat dan di rekatkan (Hambir *et al.*, 2008).

Pengukuran kadar air dan distribusi partikel pada proses granulasi dan proses pengeringan dapat di monitoring secara *real-time*. Proses granulasi dan pengeringan pada pembuatan granul dilakukan menggunakan *fluid bed dryer* (FBD). Dengan bantuan *inline-near infrared spectroscopy* (NIRS) yang terpasang pada FBD pengukuran kadar air, temperatur dan kelembaban granul dapat dilakukan secara *real-time* sehingga menghasilkan kontrol proses yang efektif (Kona *et al.*, 2013). Selain itu regresi yang dihasilkan dari *in-line* NIRS dapat digunakan untuk memprediksi ukuran granul (Pauli *et al.*, 2019).

Tantangan penerapan IoT di Industri Farmasi

Terdapat beberapa tantangan yang dihadapi

ketika menerapkan IoT di industri farmasi. Tantangan pertama dari segi manajemen data. Perangkat IoT memiliki beragam teknologi yang menghasilkan jumlah data yang besar sehingga perlu disimpan, dikelola, dan dianalisa secara memadai. Kedua tantangan privasi dimana IoT menyediakan data dalam jumlah besar di pengguna IoT yang dapat memicu masalah privasi. Ketiga yaitu tantangan keamanan. Tidak sedikit peretas yang melakukan tindak kriminal dengan cara memaksa masuk kedalam sistem untuk mengakses informasi yang ada didalam jaringan pengguna IoT demi kepentingan pribadi (Mehta *et al.*, 2018).

SIMPULAN

Revolusi Industri 4.0 menuntut adanya sistem teknologi yang terintegrasi, otomatisasi dan lebih sedikit intervensi manusia. Teknologi IoT menjadi salah satu pendukung dalam penerapan paradigma industri 4.0. IoT membantu menghubungkan tiap komponen yang dibutuhkan dalam proses manufaktur sehingga proses manufaktur dapat berjalan secara efisien, peningkatan kualitas produk, memudahkan dalam perawatan mesin serta penggunaan energi yang lebih efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. apt. Resmi Mustaricihie dan apt. Lusius Ari Wardoyo selaku pembimbing PKPA apoteker yang telah memberikan bimbingan hingga naskah ini selesai ditulis dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Alagarsamy, S., Kandasamy, R., Subbiah, L., & Palanisamy, S. (2019). Applications of Internet of Things in Pharmaceutical Industry. *SSRN Electronic Journal*, 1–14.
Alladi, T., Chamola, V., Parizi, R., & Choo,

K. (2019). Blockchain Applications for Industry 4.0 and Industrial IoT: A Review. *IEEE Access*, 7, 176935–176951.
Anderson, S. (2005). *Making Medicines: A Brief History of Pharmacy and Pharmaceuticals*. Pharmaceutical Press.
Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
Badarinath, R., & Prabhu, V. V. (2017). Advances in Internet of Things (IoT) in Manufacturing. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 111–118.
Borgia, E. (2014). The Internet of Things Vision : Key Feature, Applications and Open Issues. *Computer Communications*, 8, 1–54.
Byun, J., Kim, S., Sa, J., Kim, S., Shin, Y.-T., & Kim, J.-B. (2016). Smart City Implementation Models Based on IoT Technology. *Advance Science and Technology Letters*, 129(41), 209–212.
Cheng, T., Teizer, J., Migliaccio, G. C., & Gatti, U. (2013). Automating the Task-Level Construction Activity Analysis Through Fusion of Real Time Location Sensors and Workers' Thoracic Posture Data. *Computing in Civil Engineering - Proceedings of the 2013 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, 629–636.
Fuhr, T., Gonce, A., Positano, L., Rutten, P., & Tepis, V. (2014). *Flawless—From Measuring Failure to Building Quality Robustness in Pharma*. McKinsey & Company Chicago.
Hambir, P., Joshi, N., Karande, P., Kolhe, A. M., Karande, P., & Kolhe, A. (2008). Automatic Weighing and Packaging Machine . *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(5), 2129.

- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., & Lei, Q. (2012). *RFID Technology and Its Applications in Internet of Things (IoT)*. 1282–1285.
- Kassab, W., & Darabkh, K. A. (2020). A-Z Survey of Internet of Things: Architectures, Protocols, Applications, Recent Advances, Future Directions and Recommendations. *Journal of Network and Computer Applications*, 163.
- Kona, R., Qu, H., Mattes, R., Jancsik, B., Fahmy, R. M., & Hoag, S. W. (2013). Application of In-line Near Infrared Spectroscopy and Multivariate Batch Modeling for Process Monitoring in Fluid Bed Granulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 452(1–2), 63–72.
- Kumar, M., Vaishya, R., & Parag. (2018). Real-Time Monitoring System to Lean Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 20, 135–140.
- Lee, J., Ni, J., Djurdjanovic, D., Qiu, H., & Liao, H. (2006). Intelligent Prognostics Tools and E-maintenance. *Computers in Industry*, 57(6), 476–489.
- Lee, S., O'Connor, T., Yang, X., & LastName..., C. C. (2015). Modernizing Pharmaceutical Manufacturing: From Batch to Continuous roduction. *Springer*, 10(3), 191–199.
- Li, W., & Kara, S. (2017). Methodology for Monitoring Manufacturing Environment by Using Wireless Sensor Networks (WSN) and the Internet of Things (IoT). *Procedia CIRP*, 61, 323–328.
- Mehta, R., Sahni, J., & Khanna, K. (2018). Internet of Things: Vision, Applications and Challenges. *Procedia Computer Science*, 132, 1263–1269.
- Mondal, D. (2019). The Internet of Thing (IOT) and Industrial Automation: a Future Perspective Particle Swarm Optimization Matlab Code View project Power System and PID Controller Parameters via SCA Algorithm View Project the Internet of Thing (IOT) and Industrial Automatio. *World Journal of Modelling and Simulation*, 15(2), 140–149.
- Park, M.-W., Koch, C., Asce, A. M., Koch, ; Christian, Brilakis, I., & Asce, M. (2012). Three-dimensional Tracking of Construction Resources Using an On-site Camera System. *Journal of Computing in Civil*, 26(4), 541–549.
- Pauli, V., Roggo, Y., Kleinebudde, P., & Krumme, M. (2019). Real-time Monitoring of Particle Size Distribution in a Continuous Granulation and Drying Process by Near Infrared Spectroscopy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 141, 90–99.
- Ray, P. P. (2018). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30(3), 291–319.
- Rayes, A., & Salam, S. (2019). Internet of Things From Hype to Reality. In *Internet of Things From Hype to Reality*. Springer International Publishing.
- Sharma, A., Kaur, · Jaswinder, & Singh, · Inderbir. (2020). Internet of Things (IoT) in Pharmaceutical Manufacturing, Warehousing, and Supply Chain Management. *SN Computer Science 2020 1:4*, 1(4), 1–10.
- Singh, M., Sachan, S., Singh, A., & Singh, K. K. (2020). Internet of Things in Pharma Industry: Possibilities and Challenges. In *Emergence of Pharmaceutical Industry Growth with Industrial IoT Approach* (pp. 195–216). Academic Press.
- Song, J., Haas, C., & CH Caldas. (2006). Tracking

- the Location of Materials on Construction Job Sites. *Journal of Contruction Engineering and Management*, 132(9), 911–918.
- Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B. G., & Gupta, B. (2018). Secure Integration of IoT and Cloud Computing. *Future Generation Computer Systems*, 78, 964–975.
- Swarbrick, J. (2003). *Pharmaceutical process validation*. Marcel Dekker.
- Tao, F., Wang, Y., Zuo, Y., Yang, H., & Zhang, M. (2016). Internet of Things in product life-cycle energy management. *Journal of Industrial Information Integration*, 1, 26–39.
- Wan, J., Chen, B., Imran, M., Tao, F., Li, D., Liu, C., & Ahmad, S. (2018). Toward Dynamic Resources Management for IoT-based Manufacturing. *IEEE Communications Magazine*, 56(2), 52–59.
- Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243.
- Yang, C., Shen, W., & Wang, X. (2016). Applications of Internet of Things in Manufacturing. *Proceedings of the 2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2016*, 670–675.