

Implementasi *Quality Information Management* pada *Lean Manufacturing System*

Implementation of Quality Information Management in Lean Manufacturing System

Adi Rusdi Widya¹, Sugeng Budi Raharjo²

¹Teknik Industri, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

²Teknik Informatika, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹adirusdiw@pelitabangsa.ac.id, ²sugeng@pelitabangsa.ac.id*

Abstract

Industrial development in the era of Industry Revolution 4.0 (IR4.0) requires the company's readiness to run its business in order to remain competitive, strategies and efforts are needed to improve company performance, in carrying out Lean Manufacturing (LM) making maximum use of resources and minimizing waste and eliminating non-existent activities. value-added. One aspect that is focused on increasing productivity is availability, performance, and quality. Overall Equipment Effectiveness (OEE) is a measurement method that functions to determine the effectiveness of the use and utilization of machines, equipment, time and materials in a production process used by management as an approach in solving equipment effectiveness problems. Quality Information Management (QIM) to evaluate and verify the benefits gained by improving process maturity levels, process models and product quality models with improved, high-quality software products that are delivered on time and at lower costs. In its application, OEE can be integrated with the use of Radio Frequency Identification (RFID), Quick Response code (QR) and Barcode. This paper describes the implementation and development of research on QIM, widespread use of ICT in production, can connect physical objects with digital systems and integrate them. The use of QIM can increase flexibility and productivity and be able to track and trace in the event of an abnormality and prevent operation errors.

Keywords: IR.4.0, lean manufacturing, QIM, OEE, RFID, QR, Bar Code

Abstrak

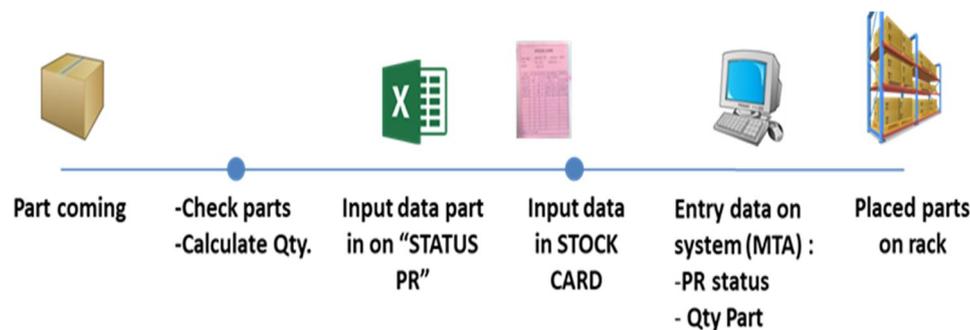
Perkembangan Industri dimasa Industry Revolution 4.0 (IR 4.0) membutuhkan kesiapan perusahaan dalam menjalankan bisnisnya agar tetap bersaing, diperlukan strategi dan usaha dalam meningkatkan kinerja perusahaan, dalam menjalankan *Lean Manufacturing* (LM) memanfaatkan sumber daya secara maksimum dan meminimalkan pemborosan dan menghilangkan aktivitas tidak ada nilai tambah. Salah satu aspek yang difokuskan terkait peningkatan produktivitas adalah *availability, performance dan quality*. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metode pengukuran yang berfungsi untuk mengetahui efektifitas penggunaan dan pemanfaatan mesin, peralatan, waktu serta material dalam sebuah proses produksi digunakan oleh manajemen sebagai pendekatan dalam penyelesaian masalah efektifitas peralatan. *Quality Information Management* (QIM) untuk mengevaluasi dan memverifikasi manfaat yang diperoleh dengan meningkatkan tingkat kematangan proses, model proses dan model kualitas produk dengan peningkatan produk perangkat lunak, berkualitas tinggi yang dikirimkan tepat waktu dan dengan biaya lebih rendah. Pada penerapannya, OEE dapat diintegrasikan dengan penggunaan *Radio Frequency Identification* (RFID), *Quick Response code* (QR) dan *Barcode*, Paper ini menjelaskan implementasi dan pengembangan riset mengenai QIM, meluasnya penggunaan ICT dalam produksi, dapat menghubungkan benda fisik dengan sistem digital serta mengintegrasikannya. Penggunaan QIM dapat meningkatkan fleksibilitas serta produktivitas dan mampu melakukan *tracking* dan *tracing* bila terjadi ketidaknormalan dan pencegahan kesalahan operasi.

Kata kunci: IR.4.0, lean manufacturing, QIM, OEE, RFID, QR, Bar Code

Pendahuluan

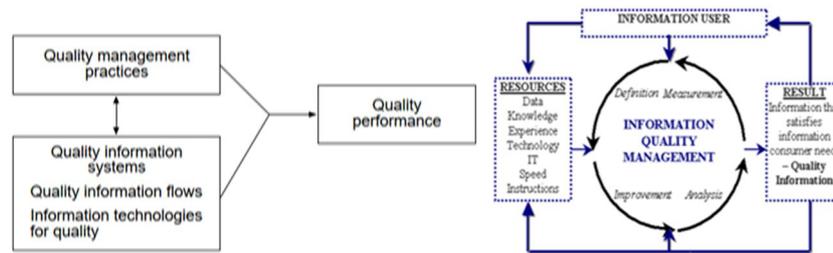
Latar belakang pemilihan tema dalam penulisan penelitian ilmiah ini adanya pengendalian dan monitoring terhadap potensi kesalahan dalam menjalankan proses manufaktur yang menyebabkan timbulnya pemborosan (*waste*), kesalahan dan keterlambatan memberikan informasi proses yang tidak sesuai dengan

rencana perusahaan, keinginan dari perusahaan untuk menerapkan kualitas informasi (*quality information management*) dalam menerapkan proses manufaktur yang ramping (*lean manufacturing*) merupakan kebutuhan perusahaan dalam menghadapi persaingan di dunia industri saat ini, era industri 4.0 (IR.4.0), *Lean* bukan hanya istilah mewah yang dilontarkan, tetapi lebih merupakan filosofi keseluruhan [1]. Filosofi yang berfokus pada penghapusan "pemborosan" Muda, semua kegiatan tanpa nilai tambah dalam proses, juga berpartisipasi dalam meningkatkan kecepatan arus, ini bertujuan untuk mengurangi biaya operasional [2], keunggulan ini mengarah pada peningkatan efisiensi secara keseluruhan organisasi. Salah satu tantangan yang dihadapi perusahaan modern adalah implementasi *Lean* yang efektif [3], sudah keniscayaan dalam dinamika industri untuk mempertahankan bisnis perusahaan [4]. Salah satu aspek yang difokuskan terkait peningkatan produktivitas adalah *availability, performance dan quality* sebagai dasar perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE), untuk mencapai hal ini, evolusi yang mendukung Industri 4.0, inovasi berbasis data mengarah pada implementasi konsep ZDM yang lebih mudah dan efisien, karena ketersediaan jumlah data yang diperlukan untuk teknik seperti pembelajaran mesin agar berfungsi dengan baik [5]. Selanjutnya ada masalah terjadi pada proses pengecekan kedatangan *spare parts (parts coming)* yang masih dilakukan secara manual mengakibatkan terjadinya keterlambatan ketersediaan *spare part* dalam menangani *defect product* akibat ketersediaan *spare part* saat mesin *breakdown* tidak tersedia atau keterlambatan kedatangan *parts* saat dibutuhkan, kondisi proses pengecekan *part in* secara manual dapat dilihat pada gambar 1 detail dari *flow proses part coming*



Gambar 1 Aliran *Part coming* Proses Manual

Aliran proses *part inventory* dimulai pada saat kedatangan *part* dari *supplier* kemudian dilanjutkan pengecekan parts secara *quantity order* dan kualitasnya, *part controller* akan memasukan data *parts* tersebut dengan kondisi status purchase request (PR) sesuai order, kemudian memasukan nya dengan menulis pada *stock card*, dilanjutkan *up-date data* pada sistem dengan status PR dan *quantity part coming* selanjutnya *parts* akan disimpan kedalam rak penyimpanan., proses manual ini memerlukan waktu rata-rata : 30 menit, proses ini memerlukan perbaikan cara pengecekan dan proses pendataan *parts* agar lebih efisien dan efektif. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengolah informasi secara *real-time* dan akurat, Untuk *Lean*, Industri 4.0 menawarkan alat dan teknik baru yang dapat menjadi solusi untuk proyek-proyeknya karena dapat berpartisipasi dalam menstabilkan dan mendukung [6], Hal ini juga memungkinkan lebih banyak data untuk dikumpulkan secara real time di seluruh rantai nilai dan melalui IoT proses yang berbeda dapat dimasukkan secara real time oleh [7]. Penelitian ini membangun Sistem *Monitoring* yang dirancang dengan *Quality Information Management* (QIM) secara nirkabel dengan perangkat keras dan lunak. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membantu mempercepat jalannya informasi mengenai kondisi mesin, proses produksi, proses kedatangan dan penyimpanan *spare parts* secara *real time*. Penggunaan komputer dan aplikasi yang dapat menunjang pekerjaan memberikan nilai lebih dalam menunjang proses tersebut [8], Adapun Penelitian ini bertujuan untuk memberikan proses informasi secara *realtime* saat proses mesin beroperasi, membangun perancangan *quality information management* (QIM) secara *wireless* dengan *hardware & software* yang terjangkau, memberikan informasi hasil proses QIM secara akurat dan menyimpannya dalam *database* yang aman dan terkendali. Gambar 2 adalah *framework* untuk mempelajari aturan *information system* dalam mendukung kegiatan praktis *quality management* dalam meningkatkan *quality performance*, informasi dibangun untuk mengolah data menjadi sebuah informasi yang berguna, akurat dan berkualitas dalam menentukan sebuah keputusan penting pada lingkungan perusahaan secara *real time*.



Gambar 2 *Framework dan Information Quality Management Model*

Tinjauan Literatur

Penelitian yang dilakukan Fabian Dillinger, *et.al* [9] karyawan di lingkungan produksi *Lean 4.0* harus memiliki kompetensi umum seperti: tanggung jawab pribadi dan inisiatif dan paradigma-spesifik kompetensi seperti kemampuan untuk memodifikasi dan mengembangkan lebih lanjut atau untuk menangani antarmuka. Dengan membuat model kompetensi seperti itu, kompetensi umum dan khusus paradigma dapat diidentifikasi untuk mempersiapkan karyawan menghadapi tantangan masa depan di dunia digital lingkungan produksi. Selain itu, model kompetensi dapat berkontribusi pada keberhasilan penerapan metode dan teknologi yang sedang dipertimbangkan.

Penelitian yang dilakukan Paul-Eric Dossoua [10] menunjukkan bahwa adalah mungkin untuk mengotomatisasi banyak tugas dalam industri manufaktur untuk mengintegrasikan konsep industri 4.0. Memang, penggunaan teknologi baru sangat menyederhanakan tugas dan menghindari segala bentuk pemborosan, sehingga kinerja perusahaan akan meningkat melalui transformasi digital ini. Alat bantu keputusan dan antarmuka mesin manusia juga akan dikembangkan untuk mengukur kinerja perusahaan selama transformasi digital.

Penelitian yang dilakukan Atul Palange, Pankaj Dhattrak [11] Manufaktur ramping bukanlah tipu muslihat atau keajaiban tetapi mengidentifikasi hal-hal yang tidak bernilai di sekitar industri produksi dan mencoba mengurangi atau menghilangkannya untuk meningkatkan produktivitas atau keuntungan dengan merampingkan proses adalah beberapa hikmah yang terkait dengannya. Tujuh jenis pemborosan yang dipertimbangkan dalam lean manufacturing adalah *Overprocessing*, *Overproduction*, *High inventory*, *Waiting time operator/Material*, gerakan yang tidak perlu, Cacat dan Transportasi yang tidak perlu [9]

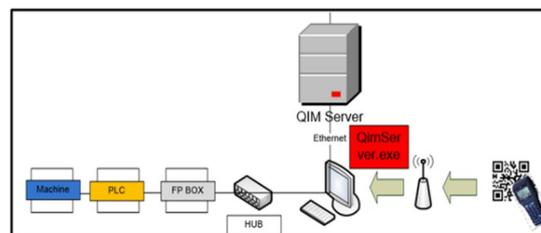
Penelitian yang dilakukan M. Jasiulewicz *et.al*. [12] Perawatan dengan bantuan komputer Perbaikan dan pemeliharaan tradisional digantikan oleh sistem pemeliharaan terkomputerisasi yang mempertahankan rincian mengenai kerusakan.

Penelitian yang dilakukan F.S. D'Aureliano, *et.al* (2019) Kuesioner dibingkai dalam kaitannya dengan teknik Lean, penerapannya dan kunjungan berkala, jelas menunjukkan perbaikan jika dibandingkan dengan situasi awal. Utama hasilnya adalah resistensi budaya diminimalkan dan nilai tambah untuk kehidupan sehari-hari di lokasi konstruksi dan kehidupan karyawan, karena ada pola pikir sekarang siap menerima peningkatan profesional. Pengembangan lingkungan produktif yang bertujuan untuk mengurangi pemborosan, biaya, tenggat waktu memenuhi kebutuhan pelanggan, meningkatkan efisiensi dan produktivitas di lokasi konstruksi, setelah penerapan konsep *Lean Manufacturing* dalam pekerjaan Sipil mematahkan paradigma lama di sektor ini. Perkiraan pengurangan biaya untuk perusahaan 'A' adalah 9%, untuk perusahaan 'B' 5% dan untuk perusahaan 'C' 7%.

Mulugeta [13] Menurut studi kasus, sebuah perusahaan manufaktur garmen menggunakan sistem produksi tradisional dan memiliki *lead time* produksi yang lama, keseimbangan lini yang buruk, transportasi material yang lama, pergerakan, dan masalah lainnya. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan mengurangi dan menghilangkan kesulitan dan pemborosan dalam bisnis dan meningkatkan kompetensi pasar dengan menggunakan berbagai metode *lean manufacturing* seperti studi gerak, standarisasi kerja melalui studi waktu, dan keseimbangan lini.

Alifiya dan Singgih [14] menyoroti bahwa meningkatkan kualitas, produktivitas, dan efisiensi sambil menurunkan biaya produksi adalah masalah yang harus dihadapi semua industri manufaktur agar lebih kompetitif. Pelaksana penyesuaian sederhana untuk proses sebelumnya untuk langkah selanjutnya dapat menerapkan *lean manufacturing* (LM). Secara tradisional, penerapan teknik pemotongan biaya melalui peningkatan efisiensi operasional melalui penggunaan LM. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang penyederhanaan alur kerja dan trimming yang akan dilakukan dicapai dengan memikirkan kembali aliran proses. Dengan penelitian ini, akan mungkin untuk mengidentifikasi dampak dari perubahan produk yang dapat mengatur ulang proses manufaktur dan mengembangkan produk yang memberikan waktu yang lebih singkat proses untuk mencapai *lean manufacturing* (LM)[15].

Dari beberapa referensi penelitian tersebut, maka penelitian yang akan dilakukan adalah penggunaan alat bantu IT berupa CPU, *Driver*, *server* dihubungkan sistem PLC pada mesin, *Scanner Bar Code & QR Code* untuk membuat perancangan sistem QIM yang dapat digunakan secara *real time* dan *online*, sehingga tujuan perancangan yang akan penulis lakukan dengan tema "*Implementasi Quality information Management pada Lean Manufacturing System*" dapat diaplikasikan membantu pihak user meningkatkan pencegahan *defect product*, dan mencegah kesalahan proses produksi dapat dilakukan dengan baik, Konsep rancangan dari QIM dapat dilihat seperti gambar 3 berikut :



Gambar 3 Konsep Desain QIM Proses Produksi

Metode Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi pustaka, mencari referensi, merancang sistem dan menentukan komponen yang akan digunakan, membuat prototipe perangkat keras, membuat program, dan melakukan pengujian. Bagan alir tahapan penelitian seperti terlihat pada gambar, rincian alur penelitian dapat dilihat sebagai berikut: Tahap penelitian dimulai dengan studi literatur, mencari referensi, merancang sistem dan menentukan komponen yang akan digunakan, membuat perangkat keras prototipe, membuat program, dan melakukan pengujian. Bagan alir tahapan penelitian seperti terlihat pada Gambar 4, rincian alur penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



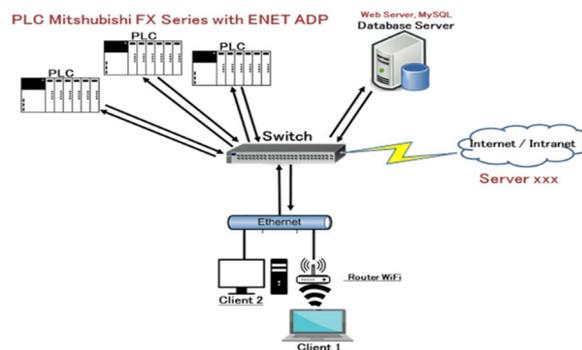
Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan Diagram Alir Penelitian : 1) Studi Pustaka dengan mencari dan membaca beberapa literatur, Jurnal tentang *lean manufacturing*, penggunaan IT di Proses QIM. 2)Perancangan sistem dibuat dengan hasil perbandingan dengan menitikberatkan pada kemudahan dan ketersediaan suku cadang yang mudah diperoleh. 3)Perancangan sistem, Pembelian Bahan, Pembuatan dan Perakitan dibuat dengan bahan yang sudah di anggarkan. 4)Perancangan dan Pembuatan Software yang akan digunakan. 5) Pemasangan,

Pengetesan dan Pengujian hasil perakitan dan instalasi. 6)Perbaikan sistem dan analisa hasil perancangan. 7) Pembahasan dan Pembuatan laporan penelitian, Semua tahapan dilakukan dengan berdasarkan data dan hasil uji coba perancangan *quality information management (QIM) pada lean manufacturing system* yang akan dibuat dan dikembangkan, setiap kegiatan dilakukan sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan. Memperbarui dan menjaga konsistensi data juga merupakan hal yang memusingkan bagi perusahaan. [16]

Rancangan Topologi dan Konsep Sistem QIM

Penjelasan konsep dan rancangan topologi sistem yang akan dibangun seperti yang terlihat pada gambar 5 Topologi Proses QIM secara *real time* sebagai berikut



Gambar 5. Topologi Proses *Quality Information Management*

Konsep dan rancangan QIM yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 5 dapat dijelaskan bahwa *data base server* akan memberikan kebutuhan data dari *operator* dalam melakukan proses manufaktur akan dipasang pada kontrol panel mesin PLC. Kemudian akan mengirim status ke panel mesin, dan status tersebut akan diteruskan menuju ke database pada PLC melalui perantara *switch* dan *access point*. Setelah itu data yang ada di PLC dan *indicator Panel* akan diolah menjadi data visual QIM melalui *switch ethernet* sehingga dapat di monitoring dalam berbagai platform oleh para client melalui *ethernet network* dan *router WIFI* bagi pengguna *Smartphone, Android, PC, Smart TV* dan Notebook, Menggunakan kerangka kerja IQA, pemilik tidak hanya akan dapat melakukan kontrol IQ melalui proyek, tetapi berdasarkan struktur kerangka kerja ini mereka sekarang dapat memformalkan memenuhi kebutuhan informasi mereka untuk operasi dan pemeliharaan fase. Dengan kata lain, dengan menggunakan kerangka kerja ini pemilik dapat mengembangkan "strategi penilaian kualitas" untuk proyek mereka [17].

Hasil dan Pembahasan

Perancangan dimulai dengan membuat program C++ sebagai jembatan komunikasi antara PLC FX Series & Database Server, membuat daftar Move Data D (Register) pada PLC ke *Value Table Database Server*, Konsep *Design User Interface Machine* secara *Real Time* dapat dilihat pada gambar 6

No	Data D	Field Table "mms_oring"	Value Table "mms_oring"
1	D1000	cur_timeact	20
2	D1001	cur_timeset	200
3	D1002	pressure_act	5
4	D1003	machine_state	STAND BY / RUNNING
5	D1004	lot_no	2
6	D1005	cur_count	40
7	D1006	preheat_act	5
8	D1007	preheat_set	7
9	D1008	pressure_set	100
10	D1009-D1010	machine_state 2	ABNORMAL
		Field Table "item"	
11	D1011-D1028	type_item	COQ9133-A0A 00AA
12	D1029-D1046	name_operator	ARMAN

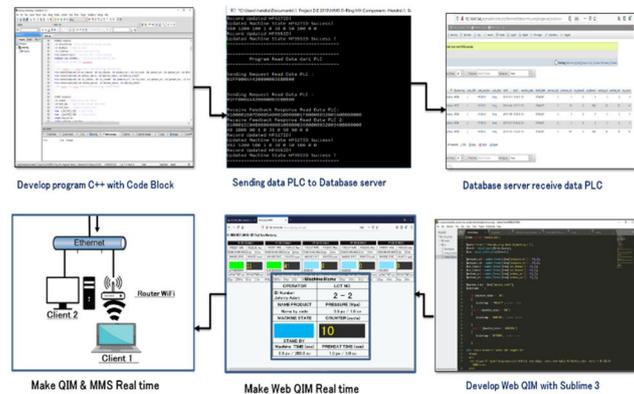
Machine Name		LEGEND MACHINE STATE :	
OPERATOR	LOT NO.	■	STAND BY
ID Number Johnny Adam	2 - 2	■	AUTO RUNNING
NAME PRODUCT	PRESSURE (Mpa)	■	ABNORMAL
Nama by code	0.5 pv / 1.0 sv		
MACHINE STATE	COUNTER (cycle)		
■	10		
STAND BY			
Machine TIME (sec)	PREHEAT TIME (sec)		
0.5 pv / 200.0 sv	1.0 pv / 5.0 sv		

Equipment of Develop MMS: O-Ring :

- Code Block
- Dev C++
- Sublime 3
- Phpmyadmin (Database Server)

Gambar 6 Konsep Design *User Interface machine* secara *real time*

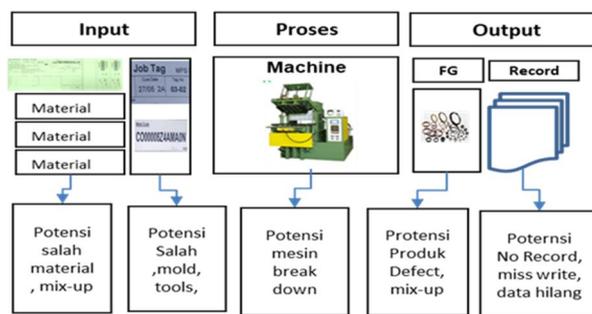
Agar dapat terhubung dengan *database server* perlu dibuat program C++ sebagai *bridge communication* antara mesin dengan PLC FX Series & Database Server, pengembangan program C++ dengan *code block*, kemudian pengiriman data PLC ke *database server*, detail penjelasan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Proses Data *Communication Quality Information Management*

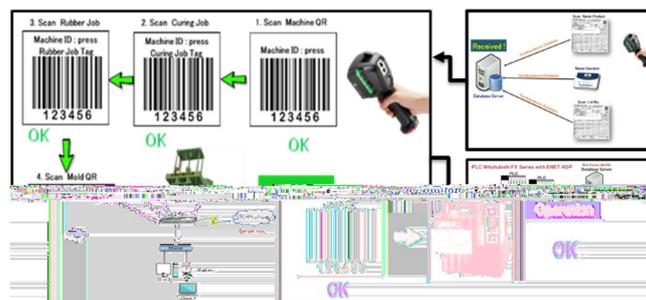
QIM Proses Produksi

Pada gambar 8 merupakan Proses manual produksi, dengan potensi kegagalan, kerusakan pada setiap stasiun kerja dari proses input, proses produksi dan output produk akhir, potensi kegagalan dikarenakan proses manual menggunakan operator tanpa ada sistem QIM dalam pencegahan proses produksi. Kesalahan dalam pembacaan, pengambilan material, *mold*, *tools* dapat mengakibatkan kegagalan proses sehingga terjadi *defect*, potensi *machine breakdown* akibat salah penggunaan *mold* dan potensi kegagalan terjadinya produk *mix-up* dan kegagalan dalam mencatat hasil produksi.



Gambar 8 Proses Manual Produksi

Implementasi QIM pada proses produksi dapat mencegah terjadi potensi kegagalan yang diakibatkan salah pengecekan material, mesin dan penempatan produk akhir yang sudah dilakukan oleh proses produksi, proses manufaktur terjamin dari kegagalan pengoperasian karena konsep QIM dapat mencegah suatu proses produksi mulai dari proses penyediaan material sebagai input, proses produksi dan proses output yang menghasilkan produk akhir sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan, gambar 9 menjelaskan proses penggunaan scanner QR code, bar code untuk verifikasi dan validasi saat proses produksi dilakukan.



Gambar 9 Konsep QIM proses produksi

QIM Spare Part Controller

Perubahan proses pengecekan dan penyimpanan *parts* dengan menggunakan sistem QR code lebih memudahkan dalam melakukan kontrol dan kelola *parts coming* yang sudah diorder untuk menjaga ketersediaan *parts* dalam mendukung proses yang efektif dan efisien sehingga kuantitas dan kualitas *parts* membantu proses penggantian *parts* yang dibutuhkan jika terjadi *machine breakdown*, proses pengecekan dan penyimpanan dengan sistem QR code memerlukan waktu 15 menit untuk melakukannya, detail alur proses dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini :



Gambar 10 Konsep QIM proses *spare part coming*

QIM Raw Material Storage

Perubahan sistem dilakukan pada penyimpanan bahan baku (*Raw Material Storage*) hal ini dilakukan untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) pada proses pengecekan, pendataan, pencarian dan kerusakan material (*expiry date*), QIM pada proses ini menjamin kualitas *raw material* yang akan digunakan oleh proses produksi, sehingga terjadinya produk *defect* dikarenakan salahnya penggunaan *raw material* dapat dicegah lebih awal.



Gambar 11 Konsep QIM proses *raw material storage*

Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dengan adanya aktifitas *quality information management* (QIM) pada *lean manufacturing* system dapat mempercepat mendapatkan data dan informasi mengenai keadaan proses produksi, kedatangan *parts*, kedatangan material yang direncanakan untuk mendukung kegiatan proses manufaktur di perusahaan secara *realtime* sehingga memudahkan pihak pemakai dalam melakukan *monitoring* proses produksi tanpa harus melakukan pengecekan langsung ke area lokasi kerja, dengan menggunakan *PC* dan *Smart Device* sehingga QIM dapat meningkatkan efektivitas, produktivitas kinerja operator dalam melakukan pengoperasian dan monitoring proses mesin secara *realtime* dan *online*, mencegah terjadinya kesalahan saat proses kerja dan terjadi nya *defect product* dapat dihilangkan dan secara keseluruhan terjadinya peningkatan OEE *standar world class*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas atas dukungannya telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian, kepada rekan rejawat dari perusahaan, penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dan fasilitasnya sehingga beberapa ide perancangan dapat diaplikasikan untuk membuat kemudahan dalam proses produksi, *spare parts & raw material inventory*, *quality information management system* (QIM) untuk kemajuan perkembangan ilmu pengetahuan dengan aplikasi di dunia industri dapat terus terjalin sehingga manfaatnya dapat dirasakan bersama oleh kedua belah pihak.

Daftar Rujukan

- [1] P. Management, (2020), "A K-Chart Based Implementation Framework to Attain Lean & Agile Manufacturing," vol. 8, pp. 123–135,
- [2] J. Antony, S. C. Forthun, Y. Trakulsunti, J. Mcfarlane, A. Brennan, and M. Dempsey, (2019), "An exploratory study into the use of Lean Six Sigma to reduce medication errors in the Norwegian public healthcare context," vol. 32, no. 4, pp. 509–524, doi: 10.1108/LHS-12-2018-0065.
- [3] R. El-khalil, (2020), "Lean manufacturing alignment with respect to performance metrics multinational corporations case study," doi: 10.1108/IJLSS-10-2017-0118.
- [4] A. Saja, A. Jiju, and S. A. halim Lim, (2013), "A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 21, no. 3, pp. 665–691.
- [5] A. A. Nazarenko, J. Sarraipa, L. M. Camarinha-Matos, C. Grunewald, M. Dorchain, and R. Jardim-Goncalves, (2021), "Analysis of relevant standards for industrial systems to support zero defects manufacturing process," *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 23, no. March, doi: 10.1016/j.jii.2021.100214.
- [6] Q. Lpsdfwv, R. Q. Ohdq, and S. V Vwhpv, (2017), "qgxvwu \lpsdfwv rq ohdq surgxfwlrq v\vwHPv," vol. 63, pp. 125–131, doi: 10.1016/j.procir.2017.02.041.
- [7] G. Arcidiacono and A. Pieroni, (2018), "The Revolution Lean Six Sigma 4 . 0," vol. 8, no. 1, pp. 141–149.
- [8] H. Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham, and T. Watson, (2022), "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework," *Comput. Ind.*, vol. 101, no. December 2017, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1016/j.compind.2018.04.015.
- [9] F. Dillinger, O. Bernhard, and G. Reinhart, (2022), "Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0," *Procedia CIRP*, vol. 106, pp. 58–63, doi: 10.1016/j.procir.2022.02.155.
- [10] P. Torregrossa, P. Dossou, P. Torregrossa, and T. Martinez, (2022), "ScienceDirect ScienceDirect Industry 4 . 0 concepts and lean manufacturing implementation for Industry 4 . 0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows optimizing a company logistics flows," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 200, no. 2019, pp. 358–367, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.234.
- [11] A. Palange and P. Dhattrak, (2021), "Materials Today : Proceedings Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 729–736, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.
- [12] M. Jasiulewicz-Kaczmarek and A. Gola, (2019), "Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - An Overview," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 10, pp. 91–96, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.10.005.
- [13] L. Mulugeta, (2021), "Materials Today : Proceedings Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, pp. 1432–1436, doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.599.
- [14] R. G. Greaves, P. J. Barrett, and R. D. Harcourt, (2019), "Re-design Production Process Using Lean Manufacturing Approach for Pressure Vessel 421 Psi Re-design Production Process Using Lean Manufacturing Approach for Pressure Vessel 421 Psi," doi: 10.1088/1757-899X/598/1/012005.
- [15] Ats-Tsauri, M. I., Setiawan, R., & Wiyatno, T. N. (2021). Tinjauan Literatur Sistematis Implementasi Total Quality Management pada Industri Manufaktur–Tren Terkini dan Arahan Masa Depan, 2(2), 65-79.
- [16] A. R. Alberti, C. A. V Cavalcante, P. Scarf, and A. L. O. Silva, (2018), "Modelling inspection and replacement quality for a protection system," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 176, pp. 145–153, doi: 10.1016/j.res.2018.04.002.
- [17] P. A. Zadeh, G. Wang, H. B. Cavka, S. Staub-French, and R. Pottinger, (2017), "Information Quality Assessment for Facility Management," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 33, pp. 181–205, doi: 10.1016/j.aei.2017.06.003.