



Perencanaan dan Pengendalian Produksi Menggunakan Teknologi Informasi

Production Planning and Control Using Information Technology

Angling Sugiatna

Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Bandung
anglingsugiatna2015@gmail.com

Abstract

This research aims to implement the use of information technology in manufacturing production planning and control in industry. Stages of change from manual and labour-intensive activities that do not provide added value to the configuration of information technology and the use of computer devices. Previously there was a need in the industry in terms of increasing production control planning and monitoring capabilities. Next, a needs analysis is carried out, and a series of information technology functions are proposed and mapped according to the specific needs of the industry. The information technology solutions used include information technology such as the Internet of Things, data management, information technology-based production planning, and the use of web-based information technology. As an example of a case study in this industry, the benefits of using ready-to-use technology that is open-source and integrated with a system with several features and facilities available in information technology can reduce the burden of daily tasks in the field of production management as well as lighten the burden of production planning and control. Experts collaborate with management teams in medium-sized companies to gain direct experience and benefits regarding the use of information technology processes for organizations that are valuable for continuing the use of information technology for organizations.

Keywords: Industrial planning, production control, information technology, needs analysis

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan penggunaan teknologi informasi pada perencanaan dan pengendalian produksi manufaktur di industri. Tahapan untuk perubahan dari kegiatan manual dan padat karya yang tidak memberikan nilai tambah ke konfigurasi teknologi informasi dan penggunaan perangkat komputer. Sebelumnya kebutuhan di industri dalam hal peningkatan kemampuan perencanaan dan pemantauan pengendalian produksi. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan, serangkaian fungsi teknologi informasi diusulkan dan dipetakan sesuai kebutuhan spesifik dari industri. Solusi penggunaan teknologi informasi yang digunakan meliputi teknologi informasi seperti internet of things, pengelolaan data, perencanaan produksi berbasis teknologi informasi, dan pemanfaatan teknologi informasi berbasis web. Untuk contoh studi kasus dalam industri ini diperoleh manfaat bagaimana penggunaan teknologi siap pakai yang bersifat open-source, serta terintegrasi dengan sistem dengan beberapa fitur dan fasilitas yang ada pada teknologi informasi dapat mengurangi beban tugas keseharian dalam bidang manajemen produksi juga meringankan beban perencanaan dan pengendalian produksi. Para ahli bekerjasama dengan tim manajemen di perusahaan skala menengah mendapatkan pengalaman dan manfaat langsung tentang penggunaan teknologi informasi proses bagi organisasi yang berharga untuk melanjutkan pemanfaatan teknologi informasi bagi organisasi.

Kata kunci: Perencanaan industri, pengendalian produksi, teknologi informasi, analisis kebutuhan

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, banyak keuntungan yang diperoleh melalui perkembangan teknologi informasi dan integrasinya ke dalam perencanaan dan pengendalian di industri [1]. Lingkungan kerja, teknik industri mengalami peningkatan dalam perencanaan

dan pengendalian produksi. Perencanaan dan pengendalian produksi dengan melakukan pemantauan sistem manufaktur untuk mencapai target kinerja yang diinginkan dalam hal biaya, kualitas, waktu dan fleksibilitas, merupakan hal yang sangat penting dan mendapat perhatian yang signifikan dari para peneliti [2]. Berdasarkan perspektif ini, proses industri dapat

memperoleh manfaat besar dari integrasi solusi penerapan teknologi informasi Industri 4.0 [3]. Transisi Industri 4.0 dan penggunaan teknologi informasi diyakini akan memberikan manfaat berharga bagi industri manufaktur salahsatunya di industri usaha kecil dan menengah untuk mempunyai daya saing dan kelangsungan hidup di masa depan, seperti produktivitas manufaktur, pengurangan biaya operasional, peningkatan kualitas produk, dan inovasi produk [4]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usaha kecil dan menengah tidak memanfaatkan seluruh sumber daya untuk menerapkan Industri 4.0 dan seringkali membatasi diri pada adopsi *Cloud Computing* dan *Internet of Things* (IoT) [5]. Usaha kecil dan menengah merasa sulit menerapkan teknologi Industri 4.0 karena kurangnya skala ekonomi dan posisi mereka dalam rantai nilai [6]. Banyak usaha kecil dan menengah yang merupakan pemasok tingkat menengah, mereka biasanya memiliki dampak terbatas pada rantai nilai dan mendapat manfaat dari digitalisasi produk akhir atau penerapan konsep ‘manufaktur sebagai sebuah layanan’. Oleh karena itu, manfaat Industri 4.0 cenderung diperoleh [7]. Usaha kecil dan menengah seperti sudah mengadopsi konsep Industri 4.0 hanya untuk memantau proses industri dan masih belum adanya penerapan nyata di bidang perencanaan produksi [8]. Keunggulan signifikan dalam bidang konektivitas di mana-mana, mesin cerdas, IoT, antarmuka pengguna adaptif, dan dukungan pengguna cerdas telah dicapai dalam beberapa tahun terakhir.

Teknologi informasi dengan industri pintar sebagai, pabrik yang adaptif dan mampu bereaksi dengan cepat terhadap perubahan baik yang berasal dari faktor internal seperti kegagalan mesin atau faktor eksternal contohnya pesanan pelanggan prioritas tinggi yang mendesak. Sistem produksi siber-Fisik Modern mengandalkan kolaborasi antara peralatan produksi dan bagian yang akan diproduksi [5]. Suku cadang, sub-perakitan, dan produk akan diproduksi berdasarkan jadwal produksi yang ditentukan secara longgar dan dapat disesuaikan secara efisien dengan perubahan dinamis di lantai produksi. Dalam banyak kasus, jadwal produksi perlu disesuaikan karena situasi yang tidak dapat diprediksi seperti kerusakan mesin, pesanan produksi yang tidak direncanakan, bahan hilang, kesalahan manusia dan lain sebagainya [9]. Solusi Industri 4.0 untuk penggunaan teknologi informasi dan menyelidiki transformasi digital usaha kecil dan menengah pada perencanaan dan pengendalian produksi untuk meringankan beban perencanaan dan pemantauan. Pada tinjauan literatur disajikan dengan fokus pada teknologi Industri 4.0 dan pemanfaatan teknologi informasi. Pada bagian metode penelitian menjelaskan penggunaan teknologi informasi dalam perencanaan dan pengendalian produksi. Pada bagian hasil dan pembahasan menyajikan kasus percontohan

teknologi informasi bagi usaha kecil dan menengah dan membahas manfaat yang diharapkan serta pembelajaran yang dapat diambil. Terakhir, Bagian terakhir diakhiri dengan kesimpulan mengenai temuan-temuan utama dan usulan penelitian di masa yang akan datang.

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini berdasarkan tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya, dengan demikian diperoleh kontribusi yaitu pemanfaatan teknologi informasi pada perencanaan dan pengendalian produksi di industri manufaktur khususnya di industri usaha kecil menengah. Selanjutnya berdasarkan latar belakangnya saat ini, yang bermanfaat untuk mengungkap pertanyaan pertama mengapa teknologi informasi banyak dimanfaatkan di industri pada bidang perencanaan dan pengendalian produksi menjadi topik menarik dalam beberapa dekade terakhir. Penelitian ini berfokus pada penggunaan teknologi informasi pada teknik industri pada bidang perencanaan dan pengendalian produksi. Dan hasilnya diketahui manfaat teknologi informasi dan pada perencanaan dan pengendalian industri. Hal ini karena adanya pertumbuhan teknologi informasi yang meningkat serta teknik industri sebagai alasan untuk bisa melaksanakan revolusi industri.

2.2. Perencanaan Produksi Yang Dinamis

Dalam pasar yang penuh ketidakpastian dan persaingan saat ini untuk mengatasi perubahan cepat dalam lingkungan bisnis dan kebutuhan pelanggan [10], pentingnya perencanaan dan pengendalian produksi yang lebih responsif. Agar dapat mencapai tujuan Industri 4.0, perencanaan dan pengendalian produksi yang berbasis teknologi informasi dapat merespons perubahan lingkungan dengan cepat. Dalam perencanaan dan pengendalian produksi yang dinamis, semua pihak utama internal dan eksternal perlu berpartisipasi dalam tahap perencanaan dan pengendalian produksi. Perusahaan dengan Industri 4.0 menyediakan lingkungan kolaboratif dan saling menguntungkan dengan menerapkan integrasi horizontal dan vertikal yang memungkinkan semua mitra untuk berpartisipasi dalam keseluruhan perencanaan dan pengendalian produksi [11], [12].

Perlu diketahui bahwa infrastruktur teknologi informasi yang sebagian besar melalui manajemen data *real-time* dan konektivitasnya dengan jaringan internet adalah pendukung utama perusahaan pada Industri 4.0, kemampuan teknologi informasi yang tersedia pada perusahaan manufaktur memiliki peran penting melalui kolaborasi jaringan [13]. Kolaborasi antar perusahaan dapat difasilitasi dengan menggunakan *Internet of Services* dimana layanan internal dan eksternal akan disediakan dan dimanfaatkan oleh seluruh pemangku

kepentingan melalui seluruh rantai nilai [14]. Pengambilan keputusan melalui perencanaan dan pengendalian produksi mengacu pada proses kognitif yang mengarah pada keputusan tepat waktu yang memerlukan banyak variabel input untuk perencanaan jangka pendek berdasarkan data produksi *real-time* dan data non-produksi [15]. Visual data mining merupakan salah satu teknologi industri 4.0 yang mendukung pengambil keputusan untuk mencari data temporal secara interaktif, mengidentifikasi hubungan penting dan menggunakan model menarik dalam pengambilan keputusan yang dinamis [16].

Komputasi cerdas mengacu pada kemampuan komputer untuk belajar mendesain dari data atau observasi eksperimental [17]. Teknik komputasi cerdas dapat berperan penting dalam perencanaan produksi yang optimal untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial yang memerlukan pemodelan yang efisien [18]. Melalui perencanaan dan pengendalian produksi, diperlukan kemampuan penjadwalan /penjadwalan ulang yang dinamis untuk secara otomatis menangani setiap gangguan dalam proses produksi yang mungkin mempengaruhi perencanaan. Teknologi informasi memiliki potensi besar untuk memungkinkan penjadwalan dinamis. Teknologi informasi menggunakan data nyata dan simulasi untuk memberikan lebih banyak informasi guna memprediksi ketersediaan sumber daya.

Hal ini juga membandingkan sumber daya fisik dengan sumber daya komputer yang terus diperbarui secara *real-time* untuk membantu mendeteksi gangguan [19]. Sistem enterprise resource planning yang cerdas bersama dengan teknik penambangan data memungkinkan model teknologi informasi untuk memberikan tampilan antarmuka dari aplikasi komputer dari perilaku masa lalu dan masa kini dari satu objek hingga keseluruhan sistem produksi yang memainkan peran penting untuk merespons dengan cepat setiap gangguan dalam proses produksi [20].

2.3. Desentralisasi Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Pengendalian produksi otonom melalui Industri 4.0 ditandai dengan pengendalian produksi yang terdesentralisasi dan digital yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem produksi di mana setiap elemen produksi dapat mengendalikan otonomi dan merespon dengan cepat terhadap perubahan lingkungan produksi yang dinamis [21], [22]. Dalam sistem seperti ini, pengendalian produksi yang mengoptimalkan diri diperlukan untuk terus meninjau situasi produksi saat ini dan sebagai hasilnya, distribusi pekerjaan pada mesin dapat dioptimalkan kapan saja [23]. Dalam hal ini, Pembelajaran Mesin dan Kecerdasan Buatan dapat mendukung sistem kontrol untuk menyelesaikan masalah secara *real-time* dengan mengekstraksi pola dari data mentah yang memungkinkan mesin

disesuaikan berdasarkan produk dan menghasilkan ukuran batch yang kecil [24].

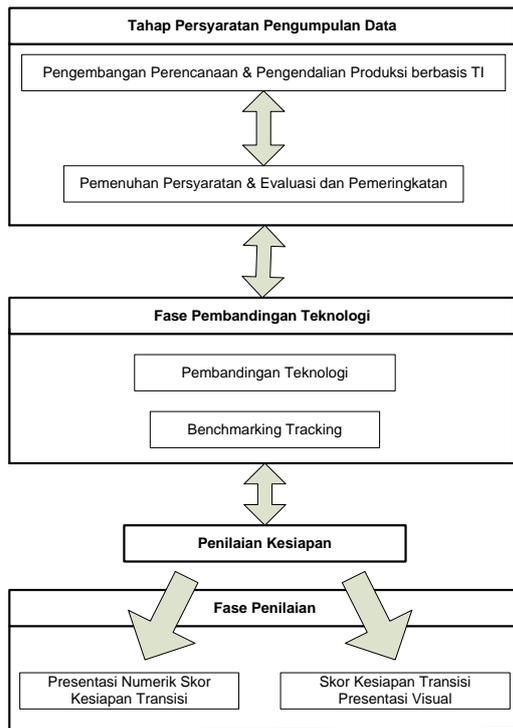
Untuk tetap menghasilkan satu produk yang menguntungkan di bawah produksi industri 4.0, pemeriksaan kualitas otomatis sangat penting untuk tidak hanya memastikan pengiriman produk dengan kualitas terbaik tetapi juga memungkinkan pelanggan mengakses data kualitas produk secara *real-time* [25]. Pemindaian 3D dan kamera pintar adalah teknologi yang memungkinkan usaha kecil menengah menangkap keluaran berkualitas yang andal dan cepat serta memberikan peluang untuk membandingkan bagian akhir/produk dengan desain awal untuk menjamin kinerja yang sesuai dengan bagian lain [25]. Kolaborasi rekan dalam sistem kendali juga diperlukan agar komponen dapat berkomunikasi dengan rekannya untuk bersama-sama membantu mengidentifikasi dan merespons kesalahan [26].

Banyak perusahaan telah menggunakan Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) untuk menawarkan cara baru dalam meningkatkan kolaborasi Manusia-Mesin. Pemeliharaan dan perbaikan dapat menjadi contoh yang baik dimana operator yang menggunakan kacamata VR/AR dapat dengan mudah memantau parameter kinerja alat berat dan menyesuainya bahkan tanpa menyentuhnya secara fisik [27]. Selain itu, komunikasi Machine-to-Machine (M2M) memungkinkan “perangkat pintar” dapat berkomunikasi satu sama lain secara mandiri dan membuat keputusan bersama tanpa campur tangan manusia secara langsung [28].

2.5. Kesiapan Penggunaan Teknologi informasi

Penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah adalah pendekatan sistematis yang memungkinkan para praktisi mengukur kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah untuk menerapkan Industri 4.0 melalui rekayasa end-to-end di seluruh rantai nilai. Dalam hal ini, Penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah membantu usaha kecil dan menengah untuk mengevaluasi situasi mereka saat ini mengenai persyaratan Industri 4.0, memberikan perspektif yang jelas tentang kekuatan dan kelemahan mereka dan memungkinkan mengidentifikasi hambatan utama dalam transisi mereka ke Industri 4.0.

Secara garis besar, penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah dapat dikenali sebagai kerangka kerja terintegrasi yang berdasarkan pada penggabungan erat beberapa teknik dan metodologi untuk memungkinkan usaha kecil dan menengah memeriksa tingkat kesiapan teknologi mereka untuk menerapkan Industri 4.0. Implementasi proses



Gambar 1. Kerangka Kerja Penilaian Kesiapan Penggunaan Teknologi Informasi

Sumber : [29]

Penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah terdiri dari tiga tahap utama yang meliputi tahap pengumpulan data Persyaratan, tahap Benchmarking, dan tahap Penilaian. Gambar 1 menunjukkan kerangka penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi pada usaha kecil dan menengah dengan tiga fasenya dan menggambarkan alur kegiatan dari awal hingga akhir.

3. Hasil dan Pembahasan

Penilaian Kesiapan Penggunaan Teknologi Informasi diperlukan untuk membantu penilai mengumpulkan informasi dan data yang tersedia untuk menganalisis kesiapan usaha kecil dan menengah dalam menerapkan Industri 4.0 di perusahaan mereka. Pemetaan deskripsi rinci dan klasifikasi (taksonomi) teknologi yang relevan dengan operasional usaha kecil dan menengah melalui lokakarya yang difasilitasi merupakan langkah pertama dalam tahap pengumpulan data. Hal ini memungkinkan usaha kecil dan menengah untuk mengidentifikasi, memilih, dan memprioritaskan (yaitu memberi bobot) persyaratan utama termasuk Kriteria Utama (MC), Pendorong (D) dan Teknologi (T) untuk memenuhi kebutuhan pasar dan produk, pendorong perusahaan, dan posisi daya saing teknologi untuk memprosesnya dalam cara terstandar untuk menganalisis kesiapan usaha kecil dan menengah dalam menerapkan Industri 4.0 di perusahaan mereka. Usaha kecil dan menengah sangat terbatas dari sudut pandang sumber daya, sehingga mereka mungkin perlu mengetahui dengan

berinvestasi pada teknologi, pendorong, atau kriteria mana yang akan lebih membantu mereka mencapai Industri 4.0. Penilaian Kesiapan Penggunaan Teknologi Informasi juga menggunakan analitik hierarki proses untuk mendukung usaha kecil dan menengah dalam menentukan kepentingan relatif dari setiap kriteria utama, pendorong dan teknologi yang dapat diputuskan secara langsung dengan memberikan bobot (W) pada setiap kriteria. Keluaran dari fase ini nantinya berkontribusi pada penilaian kesiapan transisi melalui fase penilaian.

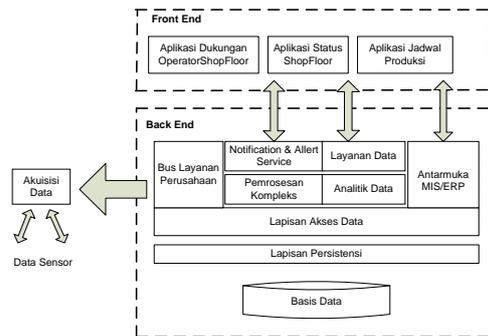
Pada Penilaian kesiapan penggunaan teknologi informasi tahap kedua, masing-masing teknologi memiliki lima benchmark (S_i), nilainya dimulai dari (0-4), sesuai dengan Tingkat Kesiapan Teknologi yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan level tersebut. Setiap teknologi dinilai menggunakan salah satu dari lima tolok ukur yang tersedia untuk menunjukkan kemajuan menuju keberhasilan transisi ke Industri 4.0 [30]. Hal ini membantu usaha kecil dan menengah dengan mudah membandingkan kesiapan teknologi mereka untuk mengidentifikasi situasi terkini terkait teknologi tertentu. Keluaran dari langkah ini digunakan dalam tahap penilaian untuk mengukur kesiapan transisi usaha kecil dan menengah.

Pada tahap penilaian, penilai memanfaatkan keluaran dari tahap sebelumnya untuk mengevaluasi kesiapan transisi usaha kecil dan menengah [31]. Pada fase ini, usaha kecil dan menengah dinilai berdasarkan bobot yang sesuai (W_{ti} , W_{dj} , W_{mcz}) yang diberikan kepada tiga elemen kunci utama: T, D, dan MC masing-masing melalui langkah penentuan prioritas pada fase pertama. Dan skor yang diberikan untuk masing-masing benchmark teknologi (S_i) melalui tahap benchmarking teknologi.

Solusi untuk sistem penggunaan teknologi pada perencanaan dan pengendalian produksi. Seperti yang digambarkan pada Gambar 2, solusi yang diusulkan terdiri dari dua bagian utama: backend dan front end.

Komponen Akuisisi Data dari solusi yang diusulkan adalah tumpukan IoT yang didukung oleh komponen FIWARE. Komponen utama yang terintegrasi ke dalam solusi ini adalah ORION Context Broker untuk mengelola konteks aplikasi dan IDAS IoT Agent (JSON-MQTT) untuk memediasi antara sensor berkemampuan MQTT dan broker konteks. Arsitektur solusi Akuisisi Data digambarkan pada Gambar 2 [32].

Adaptor MQTT (implementasi protokol klien MQTT) mengubah perangkat non-MQTT menjadi perangkat yang mendukung MQTT. Ini mengubah data dari format arbitrer (XML, JSON, sinyal biner) menjadi pesan MQTT. Isi pesan tersebut mengikuti format JSON, dan modelnya ditentukan oleh Agen IDAS IoT.



Gambar 2. Arsitektur Sistem
Sumber : [32]

Broker MQTT adalah komponen penting untuk mentransfer data dengan cepat, efisien, dan andal dari shopfloor (perangkat IoT yang terhubung) ke sejumlah perangkat klien. Agen IDAS IoT dikonfigurasi untuk berfungsi sebagai proksi antara protokol MQTT (didukung oleh broker mosquito MQTT) dan protokol NGSI (didukung oleh broker konteks ORION).

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dengan memeriksa literatur dan pendapat ahli di bidang ini secara cermat, model persyaratan hierarki penggunaan teknologi informasi untuk perencanaan dan pengendalian produksi telah digunakan. Sistem manajemen data waktu nyata merupakan sistem basis data yang melacak, mengumpulkan, menganalisis, dan melindungi data dari sumber eksternal misalnya pelanggan, pemasok dan lain-lain, dan sumber internal misalnya pergerakan inventaris, kejadian di lantai pabrik. Secara real-time yang sangat penting untuk menyediakan sistem perencanaan, penjadwalan dan pelaksanaan yang sangat adaptif dan responsif bagi usaha kecil dan menengah [33]. Sebagai bagian dari sistem pengelolaan data real-time, penggunaan akuisisi data memungkinkan usaha kecil dan menengah mendapatkan ketersediaan data lapangan yang akurat secara real-time dari database terkait seperti pemasok, pelanggan, toko.

4. Kesimpulan

Perencanaan dan pengendalian produksi dengan menggunakan teknologi informasi dapat membawa manfaat bagi proses produksi di Industri. Dengan memahami implikasi dunia nyata dan maka dengan demikian dapat memberikan pendekatan praktis untuk menyelesaikannya. Teknologi Informasi dapat memfasilitasi digitalisasi dan penggunaan data sumber daya produksi dan operasional dalam lingkungan produksi. Teknologi informasi telah memberikan kemajuan dalam perencanaan dan pengendalian produksi, baik oleh operator maupun mesin, menawarkan kemampuan kepada manajer produksi untuk informasi terkini mengenai pekerjaan yang sedang berjalan di lantai pabrik serta kemampuan untuk menjadwalkan dan menjadwalkan ulang produksi untuk

mengatasi gangguan pada lingkungan. Selain itu, pada tingkat teknis, teknologi informasi telah menunjukkan bahwa solusi sumber terbuka yang digunakan dan sudah matang dan dapat berhasil diintegrasikan ke dalam lingkungan produksi.

Pada tingkat organisasi, keterlibatan aktif personel di pabrik dan departemen teknik sejak tahap awal mempunyai peran penting dalam penerimaan pengguna. Selain itu, penerapan solusi secara bertahap mengurangi rasa kendala terhadap perubahan proses bisnis dari personel manajemen karena memungkinkan komunikasi yang lancar mengenai perubahan tersebut kepada personel di bagian produksi. Saat langkah selanjutnya dalam teknologi informasi diharapkan dapat menambah fungsionalitas aplikasi yang sudah ada. Aplikasi perencanaan dan pengendalian produksi harus di tambah dengan fungsionalitas yang memungkinkan pengguna melakukan rencana yang cepat berdasarkan skenario masukan untuk memperkirakan kapasitas dan kemampuan produksi untuk mengelolanya. A adanya perencanaan dan pengendalian produksi dan di tambah dengan tampilan tambahan, yaitu per departemen dan Pusat Kerja, serta indikasi visual status produksi berupa lampu hijau di depan, lampu oranye di belakang, lampu merah lewat waktu.

Daftar Rujukan

- [1] Z. Munawar *et al.*, "Audit Sistem Informasi: Teori, Framework Dan Studi Kasus Menggunakan Framework," in *Audit Sistem Informasi : Teori, Framework Dan Studi Kasus Menggunakan Framework*, First., Bandung: Indie Press, 2022, p. 271.
- [2] G. Chryssolouris, *Manufacturing Systems: Theory and Practice (Mechanical Engineering Series)*, 2nd ed. New York, NY, USA: Springer, 2005.
- [3] K. Alexopoulos, K. Sipsas, E. Xanthakis, and D. Mourtzis, "An industrial Internet of things based platform for context-aware information services in manufacturing," *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 31, no. 11, pp. 1111–1123, 2018.
- [4] C.-L. Chen, "Value Creation by SMEs Participating in Global Value Chains under Industry 4.0 Trend: Case Study of Textile Industry in Taiwan," *J. Glob. Inf. Technol. Manag.*, vol. 22, no. 2, pp. 120–145, 2019.
- [5] Z. Munawar, "Mekanisme keselamatan, keamanan dan keberlanjutan untuk sistem siber fisik," *J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 7, no. 1, pp. 58–87, 2020.
- [6] Z. Munawar, "Keamanan Pada E-Commerce Usaha Kecil dan Menengah," *Tematik*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [7] E. Commission, "Smart Industrial Remoting: Remote Working in Non-Digitalised Industries," *Pilot Project, Gap Analysis Report.*, 2022. [Online]. Available: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/funding/smart-industrial-remoting-remote-working-non-digitalized-industries>. [Accessed: 01-Apr-2023].
- [8] A. Moeuf, R. Pellerin, S. Lamouri, S. Tamayo, and R. Barbaray, "The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 3, pp. 1118–1136, 2018.
- [9] D. Mourtzis, K. Vlachou, N. Xanthopoulos, and L. Wang, "Cloud-based adaptive process planning considering availability and capabilities of machine tools," *J. Manuf. Syst.*, vol. 39, no. April, pp. 1–18, 2016.

- [10] N. I. Putri, R. Komalasari, and Z. Munawar, "Pentingnya Keamanan Data dalam Intelijen Bisnis," *J-SIKA/ J. Sist. Inf. Karya Anak Bangsa*, vol. 2, no. 2, pp. 41–48, 2020.
- [11] F. Ferreira, J. Faria, A. Azevedo, and A. L. Marques, "Industry 4.0 as Enabler for Effective Manufacturing Virtual Enterprises," in *IFIP International Federation for Information Processing 2016*, 2016, pp. 274–285.
- [12] Á. O. Bas, R. D. Franco, and M. Alba, "V-CHAIN: Migrating from Extended to Virtual Enterprise within an Automotive Supply Chain," in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 2003, pp. 145–152.
- [13] L. Agostini and R. Filippini, "Organizational and managerial challenges in the path towards Industry 4.0," *Eur. J. Innov. Manag.*, vol. 22, no. 2, pp. 1–17, 2019.
- [14] N. G. P. Carvalho, O. Chaim, E. Cazarini, and M. C. Gerolamo, "Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing," in *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 21, no. 4, pp. 671–678.
- [15] U. Dombrowski and Y. Dix, "An Analysis of the Impact of Industrie 4.0 on Production Planning and Control," in *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 2018, pp. 114–121.
- [16] H. Ltifi, E. Benmohamed, C. Kolski, and M. Ben Ayed, "Enhanced visual data mining process for dynamic decision-making," in *Knowledge-Based Systems 112*, 2016, pp. 166–181.
- [17] Z. Munawar, N. Suryana, Z. B. Sa'aya, and Y. Herdiana, "Framework With An Approach To The User As An Evaluation For The Recommender Systems," in *2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2020, pp. 1–5.
- [18] S. S. Chauhan and P. Kotecha, "Single-Level Production Planning in Petrochemical Industries Using Novel Computational Intelligence Algorithms," in *Nature-Inspired Methods for Metaheuristics Optimization*, Cham.: Springer, 2020, pp. 215–243.
- [19] M. Zhang, F. Taao, and A. Y. C. Nee, "Digital Twin Enhanced Dynamic Job-Shop Scheduling," *J. Manuf. Syst.*, vol. 58, no. B, pp. 146–156, 2020.
- [20] P. D. U. Coronado, R. L. Lynn, and W. Louhichi, "Part data integration in the Shop Floor Digital Twin: Mobile and cloud technologies to enable a manufacturing execution system," *J. Manuf. Syst.*, vol. 48, no. C, pp. 25–33, 2018.
- [21] A. C. Pereira and F. Romero, "A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept," in *Procedia Manufacturing 13*, 2017, pp. 1206–1214.
- [22] L. Martins, N. Fernandes, and L. R. Varela, "Autonomous Production Control: A Literature Review," in *International Conference on Innovation, Engineering and Entrepreneurship*, 2018, pp. 425–431.
- [23] T. Mittag, J. Gausemeier, I. Graessler, P. Iwanek, D. Koechling, and M. Petersen, "Conceptual Design of a Self-optimising Production Control System," in *Procedia CIRP 25*, 2014, pp. 230–237.
- [24] C. V. Murudkar and R. D. Gitlin, "User-Centric Approaches for Next-Generation Self-Organizing Wireless Communication Networks Using Machine Learning," in *2019 IEEE International Conference on Microwaves, Antennas, Communications and Electronic Systems (COMCAS)*, 2019, pp. 1–6.
- [25] P. Zheng, H. Wang, Z. Sang, and X. Xu, "Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives," *Front. Mech. Eng.*, vol. 13, no. 8, pp. 137–150, 2018.
- [26] S. Andalam, D. J. X. Ng, A. Easwaran, and K. Thangamariappan, "Contract-Based Methodology for Developing Resilient Cyber-Infrastructure in the Industry 4.0 Era," *IEEE Embed. Syst. Lett.*, vol. 11, no. 1, pp. 5–8, 2019.
- [27] M. ali Farsi and E. Zio, "Industry 4.0: Some Challenges and Opportunities for Reliability Engineering," *Int. J. Reliab. Risk Saf. Theory Appl.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–34, 2019.
- [28] P. K. Verma and R. Verma, "Machine-to-Machine (M2M) communications: A survey," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 66, pp. 83–105, 2014.
- [29] S. Saad and H. Jafarnejad, "Smart Production Planning and Control: Technology Readiness Assessment," in *Procedia Computer Science*, 2021, pp. 1–11.
- [30] Z. Munawar, "Meningkatkan Kinerja Individu melalui Kritik/Saran menggunakan Recommender System," *Temat. - J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 6, no. 1, pp. 20–37, Jun. 2019.
- [31] N. I. Putri, Iswanto, A. Dwijayanti, R. Komalasari, and Z. Munawar, "Penerapan Model Maturitas Digital Pada Kinerja Startup," *Temat. J. Teknol. Inf. Komun.*, vol. 9, no. 1, pp. 61–69, 2022.
- [32] K. Alexopoulos, N. Nikolakis, and E. Xanthakis, "Digital Transformation of Production Planning and Control in Manufacturing SMEs-The Mold Shop Case," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 10788, pp. 1–14, 2022.
- [33] E. Arica and D. Powell, "A framework for ICT-enabled real-time production planning and control," *Adv. Manuf.*, vol. 2, no. 2, pp. 158–164, 2014.