

Analisis dampak penerapan sistem pengelolaan perkakas berbasis paradigma Industry 4.0: Studi kasus industri padat karya

Laulia Ariyani Rangkuti^{1,2}, Sri Raharno²

¹PT Industri Kereta Api (INKA)

Jl. Yos Sudarso, No. 71, Madiun 63122

²Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132

Email korespondensi: harnos@itb.ac.id

Abstrak

Secara umum, pesanan produksi tidak akan dapat diselesaikan sesuai jadwal produksi jika terdapat kendala dalam proses produksi antara lain seperti mesin-mesin produksi yang mengalami kerusakan, kekurangan material, ketiadaan operator, dan pengelolaan perkakas yang tidak baik. Solusi yang digunakan untuk mengatasi salah satu penyebab permasalahan yaitu pengelolaan perkakas adalah dengan menggunakan paradigma Industry 4.0 melalui pengembangan cyber physical system. Alur penggunaan konsep cyber physical system untuk sistem pengelolaan perkakas dilakukan dengan pemberian identitas pada semua perkakas. Pada saat perkakas akan didistribusikan, maka perkakas harus dipindai terlebih dahulu menggunakan perangkat keras. Melalui proses pemindaian ini, didapatkan data berupa jumlah perkakas yang sudah terdistribusi dan jumlah perkakas yang tersedia. Data ketersediaan perkakas tersebut tidak hanya digunakan untuk mengendalikan distribusi perkakas tapi juga sangat berpengaruh dalam penentuan rencana kebutuhan perkakas. Langkah selanjutnya setelah dilakukan perancangan sistem pengelolaan perkakas adalah dilakukan analisis terhadap dampak yang terjadi dari penerapan sistem pengelolaan perkakas yang diterapkan pada sebuah industri padat karya. Metode yang diterapkan dalam analisis ini adalah pengumpulan dan penelaahan kondisi saat ini dan kemudian dibandingkan dengan kondisi yang akan terjadi sebagai konsekuensi penerapan sistem. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap kebutuhan untuk penerapan sistem pengelola perkakas baik dari segi kebutuhan perangkat keras maupun sistem untuk pemrosesan data.

Kata kunci: paradigma Industry 4.0, sistem pengelolaan perkakas, lean manufacturing, industri padat karya.

Abstract

In general, production orders will not be completed according to the production schedule if there are obstacles in the production process, such as damaged production machines, material shortages, lack of operators and poor tool management. Solution for this problem, namely tool management, is to use the industry 4.0 paradigm through the development of a cyber physical system. Cyber physical system concept for the tool management system is carried out by giving identity to all tools. At the time the tool will be distributed, the tool must first be scanned using hardware. Through this scanning process, data is obtained in the form of the number of tools that have been distributed and available. The tool availability data is not only used to control tool distribution but also very influential in determining tool requirements plans. The next step after designing a tool management system is to analyze the impact that occurs from the application of a tool management system applied to a labor-intensive industry. The method applied in this analysis is the collection and analysis of current conditions and then compared with conditions that will occur as a consequence of implementing the system. In addition, an analysis of the need for the application of a tool management system is also carried out in terms of hardware requirements and systems for data processing.

Keywords: industry 4.0 paradigm, tool management system, lean manufacturing, labor intensive industries.

1. Pendahuluan

Sistem pengelolaan perkakas merupakan bagian dari sistem pengelolaan produksi. Sistem pengelolaan perkakas merupakan sebuah strategi untuk mengatasi masalah berkaitan dengan jenis perkakas termasuk pergudangan, basis data, pemilihan, alokasi, inspeksi, pengiriman, *loading*, *monitoring*, perencanaan, dan pengendalian persediaan perkakas [1]. Sistem pengelolaan perkakas dapat digunakan untuk menetapkan alokasi perintah pekerjaan dan kontrol inventaris alat [2]. Kegunaan lain sistem pengelolaan

perkakas adalah untuk membantu dalam mengidentifikasi data perkakas dengan benar, sehingga dapat mempercepat proses dan mempermudah dalam memperkirakan persediaan perkakas [3]. Selain itu, sistem pengelolaan perkakas juga dapat digunakan untuk mengurangi keterlambatan dalam proses produksi [4]. Sistem pengelolaan perkakas berkaitan erat dengan pengalokasian perkakas. Lebih lanjut, permasalahan dalam pengalokasian perkakas dapat diatasi dengan

melakukan pemusatan informasi yang dipilih berdasarkan kondisi perkakas [5].

Secara umum, sistem pengelolaan perkakas terbagi menjadi dua bagian yaitu perencanaan kebutuhan perkakas dan pengendalian distribusi perkakas. Bagian perencanaan kebutuhan perkakas meliputi informasi kebutuhan perkakas yang akan menjadi dasar pengambilan keputusan untuk penjadwalan produksi [6]. Persediaan perkakas diperlukan untuk mendukung pelaksanaan proses produksi dan apabila persediaan perkakas tidak mencukupi akan menyebabkan penundaan penyelesaian pekerjaan [7]. Ketersediaan perkakas perlu dipastikan tersedia dalam jumlah sesuai dengan kebutuhan [8]. Pada bagian pengendalian distribusi perkakas diperlukan sistem distribusi perkakas. Sistem ini menunjukkan lokasi dari perkakas yang dibutuhkan setelah pemindaian [9]. Penunjukan lokasi ini tentu saja akan berdampak bahwa semua perkakas perlu diberi identitas. Pemberian identitas pada perkakas semacam ini telah digunakan dalam otomasi industri dan manajemen transportasi [10]. Beberapa informasi perlu dikaitkan dengan perkakas, antara lain data terkait material, dimensi, posisi penempatan perkakas, sisa masa pakai dan status keausan [11]. Selain itu, informasi tentang inventaris perkakas yang tersimpan dalam basis data juga diperlukan untuk pengelolaan perkakas [12]. Berkaitan dengan pengendalian distribusi perkakas, pemantauan perkakas merupakan hal yang sangat penting dalam proses permesinan untuk menentukan waktu pergantian alat yang optimal [13].

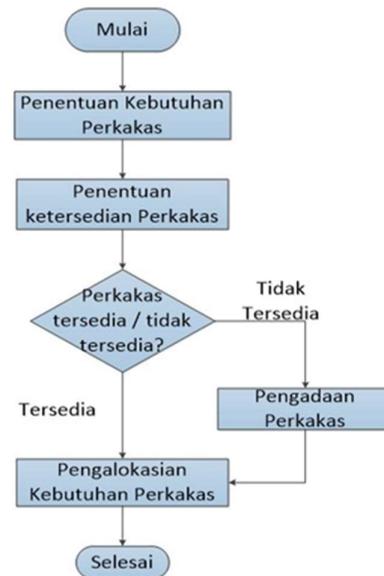
Secara umum, pengembangan sistem pengelolaan perkakas memerlukan proses analisis terhadap sistem pengelolaan perkakas yang sudah tersedia. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi tersebut adalah *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* secara umum berfokus pada penghilangan pemborosan, pemendekan waktu tunggu, pengurangan biaya, dan juga peningkatan keterampilan karyawan [14].

Sebagai bagian dari kajian yang dilakukan, telah digunakan metode analisis *lean manufacturing* yang berupa pemetaan aktivitas proses dan penelusuran akar masalah dengan menggunakan *cause and effect diagram*, selain paradigma Industry 4.0, untuk pengembangan sistem pengelolaan perkakas bagi sebuah industri padat karya. Paradigma Industry 4.0 yang diterapkan dalam pengembangan sistem tersebut menimbulkan kebutuhan peralatan tambahan berupa sensor, pemindai, pengendali (*controller*), serta sistem penyimpan dan pengolah data. Sistem pengelolaan perkakas yang dikembangkan ini dirancang agar sesuai dengan kebutuhan industri padat karya, yaitu sebuah industri yang secara intensif menekankan penggunaan tenaga manusia dibandingkan dengan penggunaan mesin-mesin produksi otomatis.

Beberapa kajian yang telah dilakukan seperti [1], [2], [3], [4], [5], [10] dan [12] telah mengembangkan sistem-sistem pengelolaan perkakas. Namun demikian, dalam kajian tersebut secara umum tidak dijelaskan tentang analisis dampak dari penerapan pengembangan tersebut. Kajian ini akan membahas tentang analisis dampak yang terjadi dari penerapan sistem pengelolaan perkakas yang diterapkan pada sebuah industri padat karya. Analisis tersebut diharapkan dapat menjadi pedoman untuk penerapan sistem serupa pada kasus-kasus sejenis yang lain.

2. Metode

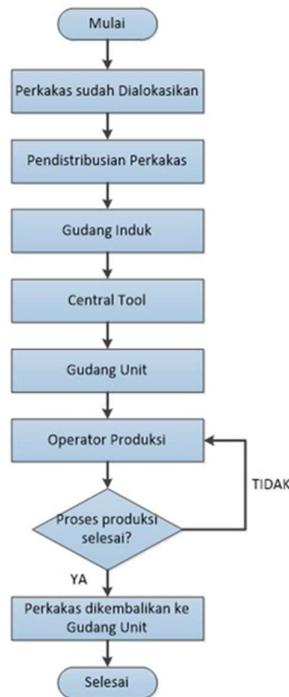
Sistem pengelolaan perkakas yang telah dirancang terdiri dari dua bagian yaitu perencanaan kebutuhan perkakas dan pengendalian distribusi perkakas. Diagram alir untuk perencanaan kebutuhan perkakas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan kebutuhan perkakas.

Berdasarkan Gambar 1, sistem dirancang agar dapat membuat perencanaan kebutuhan perkakas, sehingga jaminan bahwa perkakas akan tersedia pada saat proses produksi akan berlangsung dapat diperoleh. Pemenuhan kebutuhan perkakas diperoleh dari persediaan dan proses pengadaan perkakas.

Tahap berikut dari pengelolaan perkakas adalah pengendalian distribusi perkakas. Diagram alir pengambilan keputusan untuk pengendalian distribusi perkakas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pengendalian distribusi perkakas.

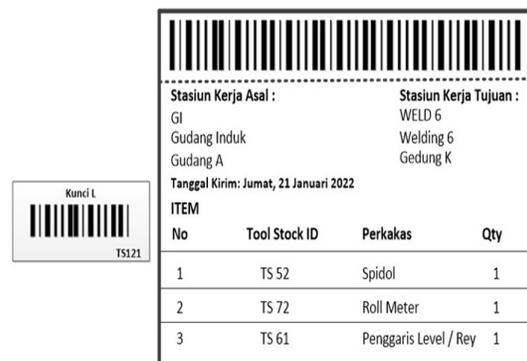
Sistem pengelolaan perkakas ini dirancang dengan basis paradigma Industry 4.0 melalui pengembangan *cyber physical system*. Konsep *cyber physical system* untuk sistem pengelolaan perkakas terdiri dari entitas fisik berupa perkakas yang merupakan objek fisik dalam kajian ini dan pembuatan model virtual seperti model basis data pelanggan, proyek, produk, proses, operasi dan perkakas. Integrasi antara entitas fisik dan model virtual tersebut akan menghasilkan data yang didapatkan secara *real time*. Alur penggunaan konsep *cyber physical system* untuk sistem pengelolaan perkakas dilakukan dengan pemberian identitas pada semua perkakas yang akan dikelola. Pada saat perkakas tersebut akan didistribusikan, maka perkakas tersebut harus dipindai terlebih dahulu menggunakan perangkat keras dalam sistem pengelolaan perkakas. Melalui proses pemindaian ini didapatkan data berupa jumlah perkakas yang sudah terdistribusi dan jumlah perkakas tersedia yang masih bisa digunakan untuk pengerjaan proses yang lain. Data ketersediaan perkakas tersebut tidak hanya digunakan untuk mengendalikan distribusi perkakas tapi juga akan sangat berpengaruh dalam penentuan rencana kebutuhan perkakas.

Metode yang diterapkan dalam analisis ini adalah pengumpulan dan penelaahan kondisi saat ini dan kemudian dibandingkan dengan kondisi yang akan terjadi sebagai konsekuensi penerapan sistem. Selain itu juga dilakukan analisis terhadap kebutuhan untuk penerapan sistem pengelola perkakas baik dari segi kebutuhan perangkat keras maupun sistem untuk pemrosesan data.

3. Hasil dan Pembahasan

Penerapan sistem pengelolaan perkakas yang berbasis pada paradigma Industry 4.0 tentu saja akan memberikan dampak. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dampak pertama yang terjadi adalah terdapat beberapa aktivitas berkaitan dengan pengelolaan perkakas yang semula dikerjakan oleh tenaga kerja digantikan oleh sistem dan berjalan secara otomatis. Aktivitas tersebut antara lain adalah penyiapan jadwal operasi pengerjaan produk yang menjadi dasar penyiapan kebutuhan perkakas, daftar kebutuhan perkakas untuk mengerjakan produk dan pemantauan persediaan perkakas. Penggantian ini tentu saja akan berdampak terhadap pengurangan tenaga kerja yang diperlukan untuk aktivitas-aktivitas tersebut.

Dampak berikut adalah setiap perkakas termasuk kotak wadah perkakas harus diberi identitas. Pemberian identitas ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses mampu telusur untuk mengontrol distribusi perkakas sehingga operator perkakas dapat dengan mudah menemukan keberadaan perkakas. Contoh pemberian identitas pada perkakas dan kotak wadah perkakas ditunjukkan pada Gambar 3, yaitu menggunakan *barcode* karena alasan kemudahan dan biaya. Pemberian identitas ini tentu saja juga akan berdampak terhadap investasi peralatan seperti pemindai *barcode*, *printer barcode* dan komputer. Selain itu, proses pendistribusian perkakas juga memerlukan kotak wadah perkakas dan *trolley*. Kotak perkakas akan digunakan sebagai wadah perkakas yang akan didistribusikan ke operator produksi. Kotak perkakas tersebut selanjutnya akan ditempatkan di atas *trolley* untuk mempermudah proses pendistribusian kotak perkakas tersebut ke setiap operator produksi yang berada di stasiun kerja.



Gambar 3. Contoh pemberian identitas pada perkakas dan kotak perkakas.

Penerapan sistem pengelolaan perkakas juga berdampak pada penambahan operator perkakas untuk menjalankan sistem tersebut. Tambahan operator yang diperlukan adalah operator perkakas di gudang induk, operator perkakas di pusat perkakas dan operator perkakas di gudang unit. Dalam kasus

ini, operator perkakas di gudang induk mempunyai tugas utama yaitu menyiapkan perkakas dan kotak perkakas dan melakukan pengiriman perkakas ke pusat perkakas. Operator perkakas di pusat perkakas bertugas menyiapkan perkakas dan kotak perkakas, dan melakukan pengiriman perkakas yang berasal dari pusat perkakas ke setiap stasiun kerja. Selain bertugas menyiapkan perkakas dan kotak perkakas, operator perkakas di gudang unit juga bertugas untuk mengirimkan kotak perkakas yang berasal dari gudang induk, pusat perkakas dan gudang unit ke setiap operator produksi, melakukan proses pengumpulan perkakas ketika operator sudah selesai, melakukan proses pemeriksaan dan pemindaian untuk setiap perkakas dan kotak perkakas yang telah dikumpulkan dan melakukan proses pengemasan kembali perkakas ke dalam kotak perkakas.

Penerapan sistem pengelolaan perkakas ini selain memiliki dampak positif terhadap proses produksi, namun juga membutuhkan biaya investasi yang cukup tinggi. Biaya investasi untuk penerapan sistem pengelolaan perkakas mencakup biaya investasi untuk peralatan pendukung dan biaya tenaga kerja untuk penerapan sistem pengelolaan perkakas. Peralatan pendukung yang diperlukan dalam penerapan ini adalah kotak perkakas, *trolley*, perangkat komputer, alat pemindai, dan mesin printer label dengan jumlah yang disesuaikan dengan kebutuhan pada masing-masing unit. Pada sisi yang lain, kebutuhan operator pada kasus ini adalah operator perkakas di gudang induk sebanyak satu orang, operator perkakas di pusat perkakas sebanyak satu orang dan operator perkakas pada gudang unit sebanyak 34 orang. Bila diasumsikan setiap operator tersebut bekerja selama delapan jam per hari dengan 20 hari kerja per bulan dan upah sebesar Rp 25.000 per jam, maka biaya untuk keseluruhan operator adalah sebesar Rp 146.000.000 per bulan. Selain itu, terdapat biaya lembur bagi operator perkakas pada gudang unit sebanyak dua jam per hari untuk melakukan penyiapan perkakas yang akan digunakan oleh operator produksi. Bila biaya yang perlu dikeluarkan untuk jam kerja lembur pada kondisi ini adalah sebesar Rp 34.000.000, maka biaya tenaga kerja per bulan adalah sebesar Rp 180.000.000. Secara ringkas, estimasi biaya investasi untuk penerapan pengelolaan perkakas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi biaya investasi penerapan sistem pengelolaan perkakas.

Deskripsi	Biaya (Rp)
Biaya peralatan pendukung	596.000.000
Biaya tenaga kerja per bulan	180.000.000
Total	776.000.000

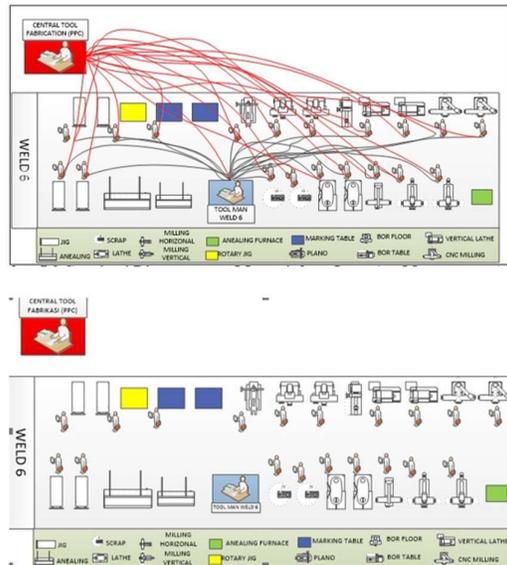
Melalui pemetaan aktivitas proses, terdapat beberapa kegiatan yang dikategorikan sebagai kegiatan *non-value added* dan *delay*. Berdasarkan analisis aktivitas proses untuk kondisi sebelum penerapan sistem,

durasi waktu yang dihabiskan untuk kedua kegiatan tersebut adalah sekitar 90 hari kerja. Waktu yang dihabiskan untuk kegiatan *non-value added* dan *delay* tersebut secara umum adalah pemborosan. Kegiatan yang menjadi penyumbang waktu utama untuk kegiatan *non-value added* dan *delay* berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan adalah kegiatan menunggu kedatangan perkakas. Secara umum durasi 90 hari kerja tersebut, sebagai contoh, dapat digunakan untuk memproduksi kurang lebih 12 buah komponen *bogie frame* senilai Rp 1.920.000.000.

Penerapan sistem pengelolaan perkakas ini, selain menimbulkan biaya investasi yang tinggi, namun juga dapat menimbulkan penghematan biaya. Penghematan biaya tersebut bisa diperoleh dari penghilangan kegiatan-kegiatan *non-value added* dan *delay*. Sebagai gambaran, bila biaya investasi penerapan sistem adalah sebesar Rp 776.000.000 dan penghematan biaya setara dengan pembuatan 12 buah komponen *bogie frame* senilai Rp 1.920.000.000, maka biaya investasi tersebut akan memberikan pendapatan hampir 2,5 kali lipat. Selain itu, terdapat pula beberapa manfaat yang didapat karena penerapan sistem pengelolaan perkakas ini. Manfaat-manfaat tersebut adalah sebagai berikut:

- Perencanaan kebutuhan perkakas yang lebih baik.
- Pendistribusian perkakas mempermudah dalam proses penelusuran perkakas.
- Pengendalian persediaan perkakas dapat dilakukan secara *real time*.
- Kesalahan dalam proses pengadaan perkakas dapat diminimalkan.
- Kegiatan-kegiatan yang tergolong aktivitas *non-value added* dan *delay* yang merupakan pemborosan dapat diminimalkan bahkan dapat dihilangkan.

Penerapan sistem pengelolaan perkakas juga memberikan dampak terhadap pergerakan operator produksi. Pada kondisi awal sebelum penerapan, operator produksi banyak melakukan pergerakan untuk proses permintaan perkakas baik dari operator perkakas di gudang unit maupun dari *central tool*. Penerapan sistem pengelolaan perkakas juga mengubah prosedur distribusi perkakas sampai ke operator produksi. Pada kondisi perbaikan perkakas yang sudah dialokasikan akan di distribusikan dari gudang induk, *central tool*, gudang unit sampai kepada operator produksi. Pada proses pendistribusian ini operator tidak diizinkan untuk melakukan permintaan perkakas baik pada operator perkakas di gudang unit atau pada operator perkakas di *central tool*. Operator perkakas di gudang unit akan mendistribusikan perkakas kepada operator produksi setiap kali operator produksi akan melakukan pekerjaan. Perbandingan pergerakan operator sebelum dan setelah penerapan sistem tersebut digambarkan dengan menggunakan *spaghetti diagram* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spaghetti diagram untuk kondisi sebelum (atas) dan sesudah (bawah) penerapan sistem pengelolaan perkakas.

4. Kesimpulan

Penerapan sistem pengelolaan perkakas berbasis paradigma Industry 4.0 memberikan dampak yaitu akan banyak pekerjaan yang pengelolanya akan digantikan oleh sistem dan berjalan secara otomatis, peningkatan biaya investasi, penghematan biaya akibat eliminasi aktivitas yang tergolong pemborosan, meminimalisir pergerakan operator, perencanaan dan pengendalian distribusi perkakas yang lebih baik dan meminimalisir kesalahan dalam sistem pengelolaan perkakas. Penerapan sistem pengelolaan perkakas berbasis paradigma Industry 4.0 juga menimbulkan beberapa kebutuhan untuk penerapannya yaitu berupa perangkat keras maupun sistem untuk pemrosesan data.

Daftar Pustaka

- [1] A. Mangarulkar, R. Thete, and U. Dabade, "New Tool Planning and Introduction System for Manufacturing of Engine Components," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 197, pp. 327-331, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.197.327.
- [2] D. M. D'Addona, A. M. M. S. Ullah, and R. Teti, "Emergent Methodology for Solving Tool Inventory Sizing Problems in a Complex Production System," *Procedia CIRP*, vol. 62, pp. 111-116, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.03.002.
- [3] M. Raschinger, O. Kipouridis, and W. A. Gunthner, "A service-oriented cloud application for a collaborative tool management system," in *2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)*, 2016: IEEE, pp. 1-5.
- [4] M. U. Mior Hassan and A. Z. Abdul Kadir, "Management and Monitoring of RFIDbased Cutting Tool Information for Integrated Manufacturing," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 2601-2611, 2016, doi: 10.21817/ijet/2016/v8i6/160806216.
- [5] B. Denkena, M. Krüger, and J. Schmidt, "Condition-based tool management for small batch production," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 74, no. 1-4, pp. 471-480, 2014, doi: 10.1007/s00170-014-6013-2.
- [6] S. M. Fallah, T. Trautner, and F. Pauker, "Integrated tool lifecycle," *Procedia CIRP*, vol. 79, pp. 257-262, 2019.
- [7] P. Rochow, E. Hund, M. Gruss, and P. Nyhuis, "Development of a Mathematical Model for the Calculation of the Tool Appropriation Delay depending on the Tool Inventory," *Logistics Journal: referierte Veröffentlichungen*, vol. 2015, no. 01, 2015.
- [8] E. Bosch and J. Metternich, "Understanding and assessing complexity in cutting tool management," *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 1499-1504, 2018.
- [9] J. Schmid and R. Pichler, "Seamless Data Integration in the CAM-NC Process Chain in a Learning Factory," *Procedia Manufacturing*, vol. 45, pp. 31-36, 2020.
- [10] W. P. Du, L. Li, and W. Zhao, "2D Barcode Identification Technology Application in Tool Management System for Workshop," *Materials Science Forum*, vol. 836-837, pp. 283-289, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.836-837.283.
- [11] E. Dovere, S. Cavalieri, and S. Ierace, "An assessment model for the implementation of RFID in tool management," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 3, pp. 1007-1012, 2015.
- [12] X. Sui, Y. Teng, Y. Q. Chen, and X. H. Wang, "Design of Tool Automatic Identification and Database Management System Based on RFID," *International Journal of Database Theory and Application*, vol. 7, no. 5, pp. 133-144, 2014, doi: 10.14257/ijdta.2014.7.5.10.
- [13] M. T. García-Ordás, E. Alegre-Gutiérrez, R. Alaiz-Rodríguez, and V. González-Castro, "Tool wear monitoring using an online, automatic and low cost system based on local texture," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 112, pp. 98-112, 2018, doi: 10.1016/j.ymsp.2018.04.035.
- [14] P. Karningsih, A. Pangesti, and M. Suf, "Lean Assessment Matrix: A Proposed Supporting Tool for Lean Manufacturing Implementation," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 598, no. 1: IOP Publishing, p. 012082. IEEE, pp. 328-332.