

Analisis *Waste Overproduction* dan *Inventory* Pada Proses Produksi Braket AC Menggunakan Metode *Lean Manufacturing* (Studi Kasus: UD. Raja Ring)

Moh. Fatchur Rohman^{1*}, M. Nushron Ali Mukhtar²

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana,
Jl. Dukuh Menanggal XII, Kota Surabaya, Jawa Timur 60234
Email: fatchurthok@gmail.com, nushron@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sumber pemborosan akibat produksi berlebih dan penumpukan inventaris dalam proses produksi braket AC di UD. Raja Ring, serta mengusulkan strategi perbaikan berbasis *Lean Manufacturing* menggunakan pendekatan Kanban dan 5S. *Value Stream Mapping (VSM)* digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan produksi dan mengevaluasi kinerja proses, sementara sistem Kanban dua kartu dirancang untuk mengendalikan inventaris *Work-in-Process (WIP)* dan mendukung transisi dari sistem produksi *push* ke sistem *pull*. Selain itu, metode 5S diusulkan untuk memperbaiki penataan tempat kerja dan efisiensi operasional di area pelapisan *coating*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses produksi awal memiliki *lead time* sebesar 2.602 detik dan *Process Cycle Efficiency (PCE)* sebesar 53,9%, dengan rata-rata WIP sebanyak 233 set. Sistem Kanban yang diusulkan (permintaan 124 set/hari, kapasitas wadah 10 set, dan 18 kartu Kanban) berpotensi mengurangi rata-rata WIP sebesar 61,4% menjadi 90 set, sedangkan perbaikan 5S yang diusulkan meningkatkan efisiensi area pelapisan dari 33,3% menjadi 70,0% ($p < 0,001$). Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi Kanban dan 5S secara efektif mengurangi pemborosan produksi, memperbaiki aliran material, dan meningkatkan efisiensi operasional pada UKM pengolahan logam.

Kata kunci: Lean Manufacturing, Kanban, 5S, Overproduction, Work-in-Process

ABSTRACT

This study aims to analyze the sources of overproduction and inventory waste in the AC bracket production process at UD. Raja Ring and to propose Lean Manufacturing-based improvement strategies using Kanban and 5S approaches. Value Stream Mapping (VSM) was employed to identify production waste and evaluate process performance, while a two-card Kanban system was designed to control Work-in-Process (WIP) inventories and support the transition from a push production system to a pull system. In addition, the 5S method was proposed to improve workplace organization and operational efficiency in the coating area. The results indicate that the initial production process had a lead time of 2,602 seconds and a Process Cycle Efficiency (PCE) of 53.9%, with an average WIP of 233 sets. The proposed Kanban system (124 sets/day demand, 10-set container capacity, and 18 Kanban cards) has the potential to reduce average WIP by 61.4% to 90 sets, while the proposed 5S improvements increased coating area efficiency from 33.3% to 70.0% ($p < 0.001$). These findings demonstrate that integrating Kanban and 5S effectively reduces production waste, improves material flow, and enhances operational efficiency in metal-working SMEs.

Keywords: Lean Manufacturing, Kanban, 5S, Overproduction, Work-in-Process

Pendahuluan

Usaha Kecil dan Menengah (UKM) merupakan salah satu sektor penting dalam perekonomian Indonesia, termasuk industri pengerjaan logam yang berperan sebagai pemasok berbagai komponen manufaktur [1]. Menurut peraturan di Indonesia, UKM diklasifikasikan berdasarkan aset dan omzet tahunan serta menyumbang sekitar 60,5% terhadap Produk Domestik Bruto nasional dan menyerap lebih dari 96% tenaga kerja Indonesia [2]. Namun, banyak UKM masih menghadapi permasalahan operasional berupa overproduction, penumpukan inventory, serta ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja yang menyebabkan rendahnya efisiensi produksi. Sektor UKM pengerjaan logam (*metal-working*) memainkan peran penting dalam mendukung rantai pasok manufaktur dengan memproduksi berbagai komponen industri yang dibutuhkan dalam industri otomotif, elektronik, dan mekanik. Desa Ngingas di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, telah diakui sebagai salah satu sentra industri logam utama di Jawa Timur yang menampung ratusan UKM pengerjaan logam yang memproduksi berbagai produk industri yang didistribusikan ke seluruh Indonesia [3].

UD. Raja Ring merupakan salah satu UKM pengerjaan logam yang berlokasi di Desa Ngingas dan mengkhususkan diri dalam pembuatan *bracket air conditioner* (AC) dan cincin logam menggunakan sistem produksi semi-manual. Seperti banyak UKM manufaktur lainnya, perusahaan ini menghadapi tantangan operasional yang berkaitan dengan aliran produksi yang tidak efisien dan mekanisme pengendalian produksi yang belum memadai. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa *overproduction* (produksi berlebih) dan persediaan berlebih. Permasalahan tersebut terutama berasal dari penerapan sistem produksi push yang mana aktivitas produksi dilakukan berdasarkan kapasitas mesin dan keputusan operator, bukan berdasarkan permintaan aktual dari proses hilir. Akibatnya, *Work-in-Process (WIP)* terakumulasi di berbagai stasiun kerja sehingga menyebabkan tingkat persediaan yang berlebihan, waktu tunggu yang lebih lama, dan aktivitas penanganan material yang tidak efisien [4]. Kondisi tersebut secara signifikan menurunkan efisiensi proses dan membatasi pemanfaatan ruang produksi serta sumber daya tenaga kerja secara efektif.

Dalam filosofi *Lean Manufacturing*, *overproduction* dianggap sebagai salah satu bentuk pemborosan yang paling kritis karena memicu kategori pemborosan lainnya, termasuk persediaan berlebih, transportasi, waktu tunggu, dan gerakan yang tidak diperlukan. Persediaan berlebih meningkatkan kebutuhan ruang penyimpanan dan sering kali menyembunyikan permasalahan produksi yang mendasar seperti ketidakseimbangan kapasitas dan perencanaan produksi yang tidak efektif [5]. Akumulasi persediaan yang berlebihan berdampak negatif terhadap aliran material dan pemanfaatan area kerja [6]. Pada UKM yang beroperasi dengan ruang produksi yang terbatas, *overproduction* dan pemborosan persediaan sering kali saling memperkuat dan secara signifikan meningkatkan *lead time* produksi serta biaya operasional.

Lean Manufacturing telah diakui secara luas sebagai filosofi manajemen produksi yang efektif untuk menghilangkan pemborosan dan memaksimalkan nilai pelanggan melalui perbaikan proses yang berkelanjutan. Berasal dari *Toyota Production System (TPS)*, *Lean Manufacturing* menekankan penciptaan nilai dengan menghilangkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah secara sistematis di sepanjang proses produksi [7]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa implementasi *Lean* secara signifikan mampu meningkatkan kinerja produksi melalui strategi pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi proses [8]. Selain itu, *Lean Manufacturing* sangat sesuai diterapkan pada UKM karena dapat diimplementasikan dengan pendekatan manajerial dan operasional yang relatif sederhana tanpa memerlukan investasi teknologi yang besar [1]. Keberhasilan implementasi *Lean Manufacturing* telah dilaporkan pada berbagai sektor manufaktur melalui pemanfaatan berbagai alat seperti *Value Stream Mapping (VSM)*, *Kanban*, *5S*, *Kaizen*, dan *Total Productive Maintenance (TPM)* [9].

Di antara berbagai alat *Lean*, *Kanban* menjadi salah satu mekanisme pull system yang paling banyak diterapkan untuk mengendalikan aktivitas produksi dan membatasi persediaan *Work-in-Process*. *Kanban* memanfaatkan sinyal visual untuk mengatur pergerakan material dan menyelaraskan proses hulu dan hilir sesuai dengan kebutuhan produksi yang sebenarnya [10]. Dengan menetapkan batas produksi yang jelas melalui kartu *Kanban* dan kapasitas kontainer, *overproduction* dapat diminimalkan sekaligus menjaga kestabilan aliran material sepanjang lini produksi. Adiansyah dan [11] menunjukkan bahwa implementasi sistem *Kanban* dua kartu berhasil mengurangi WIP sekitar 71% pada proses manufaktur kayu lapis (*plywood*). Demikian pula, implementasi *Kanban* secara signifikan meningkatkan kinerja pengiriman material dengan mengurangi keterlambatan produksi sebesar 63,93% [12]. Selain itu, menunjukkan bahwa pengendalian persediaan berbasis *Kanban* secara substansial mampu mengurangi kekurangan material dan meningkatkan responsivitas produksi dalam lingkungan manufaktur [13]. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa *Kanban* efektif dalam mengatasi permasalahan pengendalian produksi yang muncul akibat penerapan sistem produksi push.

Selain pengendalian produksi, pengorganisasian tempat kerja juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja manufaktur. Metodologi *5S* yang terdiri atas *Seiri* (Ringkas), *Seiton* (Rapi), *Seiso* (Resik), *Seiketsu* (Rawat), dan *Shitsuke* (Rajin), menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk meningkatkan pengorganisasian tempat kerja, disiplin operasional, dan efisiensi proses [14]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa implementasi *5S* memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi gerakan yang tidak diperlukan, meningkatkan keselamatan kerja, dan meminimalkan akumulasi material di area produksi. Bahwa *5S* memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi aliran material, sementara perbaikan pengorganisasian tempat kerja berkontribusi secara signifikan dalam mengurangi aktivitas non-produktif yang dilakukan oleh operator [16]. Oleh karena itu, integrasi *Kanban* dan *5S* memberikan strategi perbaikan yang saling melengkapi untuk secara simultan mengendalikan aliran produksi dan meningkatkan pengelolaan tempat kerja pada manufaktur [17], [18].

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa *Kanban* maupun *5S* mampu meningkatkan efisiensi proses produksi, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada industri manufaktur skala besar atau hanya menerapkan salah satu pendekatan secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan *Kanban* dan *5S* secara simultan untuk mengatasi pemborosan *overproduction* dan inventory pada pengerjaan logam di Indonesia masih sangat terbatas. Padahal, UMKM memiliki karakteristik yang berbeda dengan industri besar, seperti proses produksi semi-manual, keterbatasan ruang produksi, serta ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja yang memerlukan pendekatan *Lean Manufacturing* yang lebih adaptif [19]. Selain itu, karakteristik

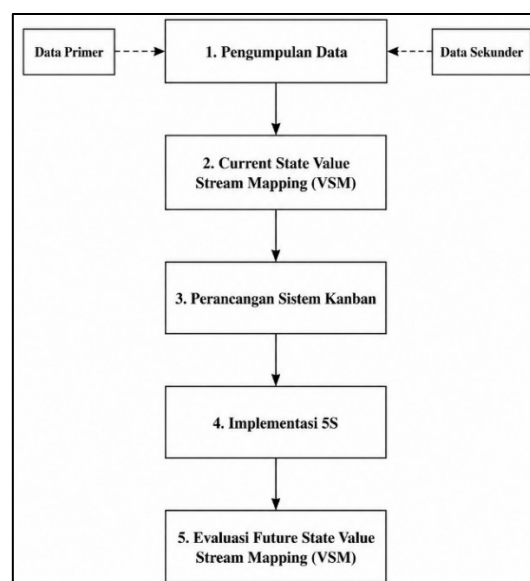
operasional yang khas pada pengerjaan logam, termasuk proses produksi semi-manual, keterbatasan ruang kerja, dan ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja, memerlukan strategi perbaikan *Lean* yang dirancang secara khusus. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui penerapan terintegrasi Value Stream Mapping (VSM), Kanban, dan 5S untuk mengurangi pemborosan *overproduction* dan *inventory* pada proses produksi braket AC di UD. Raja Ring. Pendekatan terintegrasi ini diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih efektif dibandingkan penerapan Kanban atau 5S secara terpisah.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sumber-sumber pemborosan *overproduction* dan persediaan serta mengusulkan strategi perbaikan proses berbasis *Lean Manufacturing* melalui implementasi pendekatan Kanban dan 5S. Secara khusus, sistem Kanban yang diusulkan bertujuan untuk mengubah sistem produksi push yang saat ini diterapkan menjadi *pull system* dengan mengendalikan tingkat WIP pada setiap stasiun kerja, sedangkan metodologi 5S dirancang untuk meningkatkan pengorganisasian tempat kerja dan efisiensi operasional pada area coating. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi secara teoretis terhadap penerapan *Lean Manufacturing* serta secara praktis menyediakan rekomendasi perbaikan produksi yang berkelanjutan bagi UD. Raja Ring melalui usulan sistem Kanban yang diproyeksikan mampu menurunkan *Work-in-Process* (WIP) dari 233 set menjadi 90 set (61,4%), meningkatkan efisiensi area coating dari 33,3% menjadi 70%, serta memperbaiki aliran material melalui penerapan sistem produksi berbasis *pull*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dalam kerangka *Lean Manufacturing* untuk menganalisis pemborosan akibat *overproduction* dan *inventory* pada proses produksi *bracket* AC di UD. Raja Ring, sebuah Usaha Kecil dan Menengah (UKM) bidang pengerjaan logam yang berlokasi di Desa Ngingas, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. Penelitian ini berfokus pada identifikasi inefisiensi produksi yang disebabkan oleh penerapan sistem produksi push serta pengembangan usulan perbaikan melalui pendekatan Kanban dan 5S. *Lean Manufacturing* dipilih karena menyediakan alat yang sistematis untuk mengidentifikasi pemborosan, memperbaiki aliran material, dan meningkatkan efisiensi operasional dalam lingkungan manufaktur [7], [8] Kanban digunakan untuk mengendalikan tingkat *Work-in-Process* (WIP) dan mengubah sistem push yang ada menjadi sistem pull, sedangkan metodologi 5S digunakan untuk meningkatkan penataan tempat kerja dan mengurangi pemborosan yang berkaitan dengan persediaan [11].

Objek penelitian ini adalah lini produksi bracket AC yang terdiri atas sembilan stasiun kerja, yaitu proses pemotongan *plat*, *stamping press*, *bending*, *drilling*, *welding*, *cleaning*, *coating*, *oven*, dan *packaging*. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan personel produksi, serta pengukuran waktu yang dilakukan sepanjang proses produksi. Data sekunder diperoleh dari catatan produksi, yang meliputi permintaan pelanggan tahunan, informasi kapasitas produksi, waktu siklus pada setiap stasiun kerja, waktu perpindahan material, dan persediaan awal *Work-in-Process* pada setiap stasiun kerja. Penelitian ini secara khusus dibatasi pada analisis dua kategori pemborosan yang dominan, yaitu *overproduction* dan *inventory*, yang diidentifikasi selama observasi awal di rantai produksi. Tahapan penelitian yang dilakukan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi pola aliran material, aktivitas produksi, dan kondisi tempat kerja. Waktu siklus diukur pada setiap proses produksi untuk menentukan aktivitas yang memberikan nilai tambah (*value-added*) dan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value-added*), sedangkan waktu perpindahan material dicatat untuk mengevaluasi efisiensi proses [20]. Selain itu, penilaian tempat kerja dilakukan menggunakan kerangka 5S untuk menentukan tingkat penataan tempat kerja saat ini pada area coating. Data permintaan produksi selanjutnya digunakan untuk menentukan kebutuhan produksi harian dan menetapkan parameter yang diperlukan dalam perancangan sistem Kanban yang diusulkan.

Prosedur analisis data diawali dengan identifikasi pemborosan menggunakan prinsip *Lean Manufacturing* dan *Value Stream Mapping (VSM)*. *Current State Value Stream Mapping* dikembangkan untuk memvisualisasikan aliran material dan informasi serta mengidentifikasi aktivitas *value-added (VA)*, *non-value-added (NVA)*, dan *necessary but non-value-added (NNVA)* sepanjang proses produksi. Kinerja proses dievaluasi menggunakan pengukuran *lead time* dan *Process Cycle Efficiency (PCE)* untuk menentukan proporsi aktivitas produktif dalam sistem manufaktur [12], [13].

Setelah identifikasi pemborosan dilakukan, sistem Kanban yang diusulkan dirancang menggunakan pendekatan Kanban dua kartu yang terdiri atas *Production Kanban (P-Kanban)* dan *Conveyance Kanban (C-Kanban)*. Data permintaan pelanggan harian digunakan untuk menentukan kapasitas kontainer dan jumlah kartu Kanban yang diperlukan pada setiap stasiun kerja. Jumlah kartu *Production Kanban* dan *Conveyance Kanban* dihitung menggunakan persamaan berikut [11].

$$K_p = \frac{D \times P \times X (1 + SF)}{Q}$$

$$K_c = \frac{D \times W \times X (1 + SF)}{Q}$$

Dimana K_p menunjukkan jumlah kartu Kanban Produksi, K_c mewakili jumlah kartu Kanban Pengangkutan, D adalah permintaan harian, P mengacu pada waktu siklus produksi, W menunjukkan waktu siklus pengangkutan, SF mewakili faktor keamanan, dan menunjukkan kapasitas kontainer. Selanjutnya, tingkat *Work-in-Process* setelah implementasi Kanban yang diusulkan dihitung menggunakan nilai maksimum antara Kanban Produksi dan Kanban Pengangkutan yang dikalikan dengan kapasitas kontainer yang telah ditetapkan. Efektivitas sistem Kanban yang diusulkan kemudian dievaluasi dengan membandingkan persediaan *Work-in-Process* sebelum dan sesudah implementasi.

Selain analisis Kanban, perbaikan tempat kerja diusulkan menggunakan metodologi 5S yang terdiri atas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke. Penilaian difokuskan pada organisasi tempat kerja, penataan material, kebersihan, praktik standardisasi, dan disiplin operasional di area pelapisan (*coating*). Tingkat penerapan 5S dievaluasi secara kuantitatif menggunakan sistem penilaian lima dimensi dengan skor maksimum 25 poin. Efisiensi tempat kerja kemudian dihitung berdasarkan proporsi skor yang diperoleh terhadap skor maksimum yang dapat dicapai sebelum dan sesudah perbaikan yang diusulkan.

Terakhir, *Future State Value Stream Mapping* dikembangkan untuk memvisualisasikan perbaikan yang diusulkan sebagai hasil implementasi Kanban dan 5S. Analisis komparatif dilakukan untuk mengevaluasi pengurangan persediaan *Work-in-Process*, peningkatan efisiensi tempat kerja, dan perubahan kinerja aliran produksi [21]. *Future State Mapping* yang diusulkan memberikan representasi terintegrasi mengenai transisi dari sistem produksi dorong (*push production system*) menuju sistem produksi tarik (*pull-based production system*) yang dirancang untuk mendukung perbaikan operasional yang berkelanjutan dalam proses manufaktur bracket AC di UD. Raja Ring.

Hasil dan Pembahasan

Permintaan Produksi, Identifikasi Pemborosan, dan Pemetaan *Value Stream* Kondisi Saat Ini

UD. Raja Ring merupakan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) pengolahan logam yang berlokasi di Desa Ngingas, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, yang bergerak dalam produksi bracket pendingin udara (AC) dan cincin logam. Proses produksi bracket AC terdiri atas sembilan aktivitas yang saling terhubung, yaitu pemotongan pelat, *punching*, *bending*, pengelasan, pembersihan, pelapisan, oven, pengeringan, dan pengemasan. Berdasarkan hasil observasi lapangan, perusahaan saat ini beroperasi menggunakan sistem produksi push, di mana aktivitas produksi dilakukan sesuai kapasitas mesin dan keputusan operator tanpa mempertimbangkan kebutuhan aktual dari proses hilir. Akibatnya, material terus mengalir dari stasiun kerja hulu tanpa memperhatikan kapasitas proses berikutnya, sehingga menyebabkan persediaan *Work-in-Process (WIP)* yang berlebihan dan inefisiensi produksi di seluruh lini manufaktur. Kondisi tersebut secara signifikan

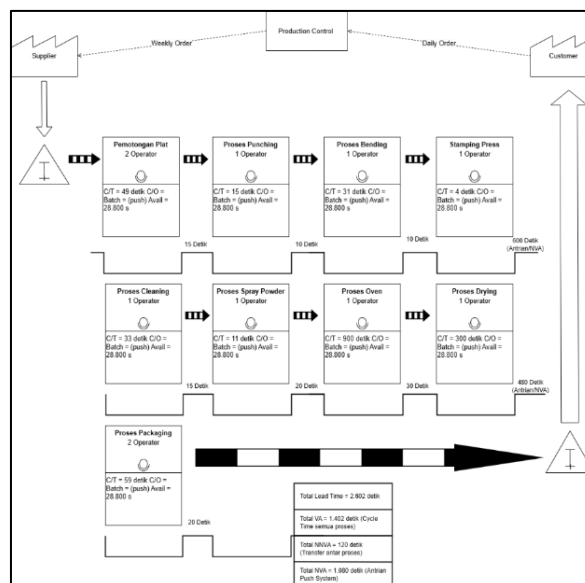
berkontribusi terhadap terjadinya pemborosan *overproduction* dan *inventory*, yang menjadi fokus utama penelitian ini.

Data permintaan produksi yang dikumpulkan sepanjang tahun 2025 menunjukkan fluktuasi yang cukup besar dalam kebutuhan pelanggan, dengan total permintaan tahunan mencapai 38.562 set dan rata-rata permintaan bulanan sebesar 3.214 set. Permintaan bulanan tertinggi tercatat sebesar 5.500 set, sedangkan permintaan terendah sebesar 2.000 set. Data permintaan historis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan produksi harian pada rancangan sistem Kanban yang diusulkan.

Tabel 1. Data Permintaan Produksi Produk Braket AC

Keterangan	Value
Total Permintaan Tahunan	38,562 SET
Rata-rata Permintaan Bulanan	3,214 SET
Permintaan Tertinggi	5,500 SET
Permintaan Terendah	2,000 SET

Untuk mengidentifikasi sumber-sumber inefisiensi produksi secara lebih komprehensif, *Current State Value Stream Mapping (VSM)* dikembangkan untuk memvisualisasikan aliran material dan informasi yang ada di seluruh proses produksi bracket AC. *Current State VSM* berfungsi sebagai salah satu alat fundamental dalam Lean Manufacturing yang memfasilitasi identifikasi aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah sekaligus mengungkap hambatan produksi serta inefisiensi aliran material. Hasil *Current State Map* menunjukkan bahwa proses produksi memerlukan total lead time sebesar 2.602 detik, yang terdiri atas 1.402 detik aktivitas *Value-Added (VA)*, 120 detik aktivitas *Necessary Non-Value-Added (NNVA)*, dan 1.080 detik aktivitas *Non-Value-Added (NVA)*. Selain itu, nilai *Process Cycle Efficiency (PCE)* yang dihasilkan mencapai 53,9%, yang menunjukkan bahwa sekitar setengah dari total waktu produksi berkontribusi secara langsung terhadap penciptaan nilai dari perspektif pelanggan.



Gambar 2. Current State Value Stream Mapping

Analisis VSM Kondisi Saat Ini lebih lanjut mengidentifikasi ketidakseimbangan kapasitas stasiun kerja di seluruh lini produksi. Di antara seluruh aktivitas produksi, proses oven menunjukkan waktu siklus terpanjang, yaitu 900 detik, dan akibatnya bertindak sebagai bottleneck utama dalam sistem manufaktur. Waktu pemrosesan yang berkepanjangan berkontribusi secara signifikan terhadap akumulasi persediaan sebelum operasi berikutnya, sehingga meningkatkan persediaan *Work-in-Process* di seluruh lini produksi. Temuan serupa telah dilaporkan oleh Hines dan Taylor yang menekankan bahwa persediaan yang berlebihan sering kali menyembunyikan permasalahan mendasar dalam sistem produksi dan berdampak negatif terhadap efisiensi aliran material [5]. Temuan ini menunjukkan bahwa pemborosan akibat *overproduction* dan *inventory* yang terjadi di UD. Raja Ring terutama berkaitan dengan penerapan sistem produksi push yang tidak memiliki mekanisme pengendalian *Work-in-Process* serta ketidakseimbangan kapasitas stasiun kerja. Meskipun *Process Cycle Efficiency* yang diperoleh masih tergolong cukup baik untuk lingkungan manufaktur UMKM, peluang yang besar untuk perbaikan proses masih tersedia melalui penerapan mekanisme pengendalian produksi berbasis pull [22], [23]. Oleh karena itu, sistem Kanban yang diusulkan dan dibahas pada bagian berikutnya dirancang secara khusus untuk menyinkronkan aliran material dan meminimalkan akumulasi persediaan di seluruh proses produksi [24], [25].

Desain Sistem Kanban dan Analisis Pengurangan *Work-in-Process*

Berdasarkan hasil identifikasi pemborosan dan analisis *Current State Value Stream Mapping*, diusulkan sebuah sistem Kanban dua kartu yang terdiri atas *Production Kanban* (P-Kanban) dan *Conveyance Kanban* (C-Kanban) untuk mentransformasikan sistem produksi dorong (push production system) yang ada menjadi mekanisme produksi berbasis tarik (*pull-based production mechanism*). Sistem Kanban yang diusulkan dirancang menggunakan data historis permintaan produksi, sehingga diperoleh parameter permintaan harian sebesar 124 set/hari dan kapasitas kontainer sebesar 10 set per kontainer. Parameter-parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan jumlah kartu Kanban yang diperlukan untuk mengendalikan pergerakan material dan aktivitas produksi di seluruh proses manufaktur. Implementasi mekanisme produksi berbasis tarik diharapkan dapat meningkatkan sinkronisasi produksi sekaligus meminimalkan persediaan *Work-in-Process* (WIP) yang berlebihan di setiap stasiun kerja.

Tabel 2. Parameter Sistem Kanban yang Diusulkan

Parameter	Simbol	Nilai
Permintaan Harian	D	124 SET/hari
Kapasitas Kontainer	Q	10 SET
Lead Time Produksi	P	1,4
Safety Factor	SF	15%
Jumlah Kartu Kanban	Kp	18 Kartu

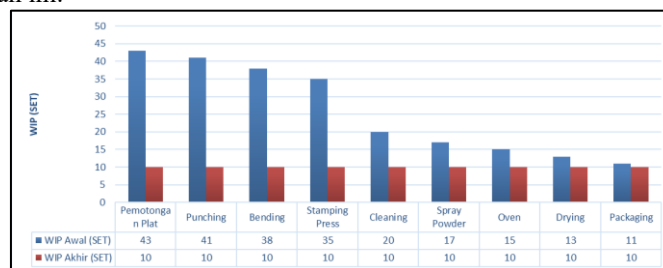
Jumlah kartu Kanban dihitung menggunakan parameter permintaan harian sebesar 124 set/hari, kapasitas kontainer 10 set, lead time produksi sesuai hasil pengamatan, dan faktor keamanan (Safety Factor) sebesar 5%. Berdasarkan persamaan Kanban:

$$Kp = \frac{D \times P \times (1 + SF)}{Q}$$

$$Kp = \frac{124 \times 1,4 \times (1 + 5\%)}{10}$$

$$Kp = 182,28/10 = 18,23 \text{ kartu}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa jumlah kartu Kanban yang digunakan telah disesuaikan dengan kondisi aktual perusahaan berdasarkan permintaan harian, waktu siklus produksi, kapasitas kontainer, dan *safety factor*. Perhitungan Kanban menunjukkan bahwa diperlukan 18 kartu Kanban untuk mengendalikan aliran produksi sehingga jumlah *Work-in-Process* dapat dibatasi sesuai kebutuhan proses berikutnya. Jumlah tersebut ditentukan agar setiap stasiun kerja hanya memproduksi sesuai kebutuhan proses berikutnya (*pull system*) sehingga jumlah *Work-in-Process* (WIP) tetap berada dalam batas yang telah ditentukan. Apabila jumlah kartu Kanban lebih sedikit dari kebutuhan, maka proses produksi berpotensi mengalami kekurangan material (*stockout*) dan menghambat kelancaran produksi. Sebaliknya, apabila jumlah kartu Kanban terlalu banyak, maka akan terjadi akumulasi *Work-in-Process* yang berlebihan sehingga tujuan Lean Manufacturing untuk mengurangi pemborosan inventory tidak dapat tercapai. Oleh karena itu, penggunaan 18 kartu Kanban merupakan jumlah yang optimal berdasarkan parameter permintaan harian, waktu siklus produksi, kapasitas kontainer, dan *safety factor* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Perbandingan *Work-in-Process* Reduction

Penurunan persediaan Barang Dalam Proses (*Work-in-Process*) menunjukkan bahwa Kanban tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme pengendalian produksi, tetapi juga memberikan manfaat praktis dalam meminimalkan produksi berlebih dan pemborosan persediaan. Temuan serupa menunjukkan bahwa penerapan sistem Kanban dua kartu secara substansial mengurangi persediaan Barang Dalam Proses (*Work-in-Process*) dalam lingkungan manufaktur [11]. Selain itu, Kanban berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan responsivitas produksi dengan menyinkronkan aliran material sesuai dengan kebutuhan produksi yang sebenarnya [12]. Dengan demikian, sistem Kanban yang diusulkan memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan kinerja operasional pada UMKM pengolahan logam yang dicirikan oleh proses produksi semi-manual dan sumber daya manufaktur yang terbatas.

Analisis Value Stream Mapping Kondisi Masa Depan

Supplier Weekly Order **Production Control** Daily Order **Customer**

Process 1: Pemotongan Plat 2 Operator
 C/I = 49 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 15 Dst

Process 2: Proses Punching 1 Operator
 C/I = 15 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 10 Dst

Process 3: Proses Bending 1 Operator
 C/I = 31 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 10 Dst

Process 4: Stamping Press 1 Operator
 C/I = 4 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 600 Dst (Antangan/Vah)

Process 5: Proses Cleaning 1 Operator
 C/I = 33 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 15 Dst

Process 6: Proses Spray Powder 1 Operator
 C/I = 11 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 20 Dst

Process 7: Proses Oven 1 Operator
 C/I = 500 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 30 Dst

Process 8: Proses Drying 1 Operator
 C/I = 300 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 400 Dst (Antangan/Vah)

Process 9: Proses Packaging 2 Operator
 C/I = 59 detik C/O =
 Kamban Q=10 SET (pull)
 Avaral = 20.800 s
 WIP maks: 10 SET
 20 Dst

Summary:
 Total Lead Time = 2.602 detik (Belajar)
 Total Vh = 1.432 detik (Cycle Time termasuk proses)
 Total NVA = 120 detik (Transfer antar proses)
 Total NVA + 1.03 Dst (Transfer risiko waktu: 600-480 db)

Area Pelebaran 55
P. Kam - Kamban Produk
C. Kam - Kamban Fork

Pemetaan Kondisi Masa Depan (*Future State Mapping*) yang diusulkan menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam mekanisme pengendalian produksi dibandingkan dengan sistem manufaktur yang ada. Sebelum perbaikan yang diusulkan, aktivitas produksi dilakukan secara terus-menerus tanpa mempertimbangkan kapasitas proses hilir, sehingga berkontribusi secara signifikan terhadap kelebihan produksi dan akumulasi persediaan yang berlebihan di seluruh lini produksi. Setelah implementasi sistem Kanban yang diusulkan, pergerakan material menjadi lebih tersinkronisasi karena aktivitas produksi dimulai secara eksklusif sebagai respons terhadap kebutuhan aktual dari proses hilir [26]. Dengan demikian, persediaan *Work-in-Process (WIP)* yang berlebihan dapat diminimalkan sambil tetap mempertahankan keberlangsungan produksi di seluruh stasiun kerja.

Temuan serupa menunjukkan bahwa implementasi *Lean Manufacturing* berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan efisiensi aliran produksi melalui strategi pengurangan pemborosan yang sistematis [8]. Selain itu, sistem produksi berbasis pull memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam merespons fluktuasi permintaan sekaligus meminimalkan akumulasi persediaan yang tidak diperlukan [7]. Oleh karena itu, Pemetaan

Kondisi Masa Depan (*Future State Mapping*) yang diusulkan tidak hanya merepresentasikan kondisi yang diinginkan dari sistem produksi, tetapi juga memberikan rekomendasi praktis untuk mendukung perbaikan produksi yang berkelanjutan pada UMKM pengerjaan logam yang dicirikan oleh keterbatasan sumber daya manufaktur dan proses produksi semi-manual.

Dibandingkan kondisi awal, Future State Value Stream Mapping menunjukkan aliran material yang lebih lancar karena setiap proses produksi hanya berjalan berdasarkan kebutuhan proses berikutnya. Pengendalian Work-in-Process melalui sistem Kanban mampu mengurangi penumpukan material antar stasiun kerja, sedangkan penerapan 5S meningkatkan keteraturan area produksi sehingga mendukung kelancaran aliran material secara keseluruhan.

Analisis Implementasi 5S di Area Coating

Selain perbaikan dalam pengendalian aliran produksi melalui implementasi Kanban, organisasi tempat kerja dievaluasi menggunakan metodologi 5S di area coating. Proses coating dipilih karena observasi awal mengidentifikasi pengaturan tempat kerja yang tidak efisien, yang ditandai dengan pengorganisasian material yang tidak memadai, penumpukan material produksi yang berlebihan, serta tidak adanya praktik pengelolaan tempat kerja yang terstandarisasi. Kondisi-kondisi tersebut berdampak negatif terhadap efisiensi produksi dengan meningkatkan gerakan yang tidak diperlukan dan membatasi pemanfaatan ruang kerja yang tersedia secara efektif. Oleh karena itu, implementasi metodologi 5S diusulkan untuk meningkatkan organisasi tempat kerja dan mendukung perbaikan produksi yang berkelanjutan dalam lingkungan manufaktur.

Perbaikan yang diusulkan mencakup lima dimensi fundamental 5S, yaitu Seiri (Ringkas), Seiton (Rapi), Seiso (Resik), Seiketsu (Rawat), dan Shitsuke (Rajin). Implementasi ini berfokus pada pemilahan material yang tidak diperlukan, perbaikan tata letak tempat kerja, penetapan prosedur pembersihan yang terstandarisasi, serta penguatan praktik kedisiplinan di tempat kerja. Selain itu, pendekatan manajemen visual diterapkan untuk meningkatkan visibilitas tempat kerja dan memfasilitasi pengaturan material yang lebih sistematis selama kegiatan produksi. Perbaikan-perbaikan ini diharapkan dapat meminimalkan pergerakan operator yang tidak diperlukan sekaligus meningkatkan kebersihan tempat kerja dan efisiensi operasional.

Tabel 3. Perbandingan Tingkat Efisiensi 5S

Keterangan	Sebelum	Sesudah
Tingkat Efisiensi	33,3%	70%
Peningkatan Efisiensi	-	36,7%
Signifikansi Statistik	-	P < 0.001

Efektivitas implementasi 5S yang diusulkan selanjutnya dievaluasi menggunakan uji t berpasangan (*paired sample t-test*) dan dikonfirmasi melalui uji Wilcoxon signed-rank. Analisis statistik menunjukkan bahwa peningkatan yang diamati signifikan secara statistik ($p < 0,001$), sehingga menunjukkan bahwa perbaikan tempat kerja yang diusulkan memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi operasional di area coating. Meskipun tingkat efisiensi yang dicapai belum mencapai nilai target sebesar 80%, hasil yang diperoleh menunjukkan adanya peluang yang besar untuk peningkatan lebih lanjut melalui praktik implementasi yang konsisten dan berkelanjutan.

Temuan yang diperoleh sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menekankan bahwa implementasi 5S memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan organisasi tempat kerja, mengurangi aktivitas yang tidak perlu, dan meningkatkan efisiensi operasional dalam lingkungan manufaktur. Berbeda dengan industri manufaktur berskala besar, UMKM sering kali menghadapi keterbatasan yang berkaitan dengan ruang produksi dan praktik pengelolaan tempat kerja. Oleh karena itu, strategi perbaikan yang relatif sederhana seperti 5S menawarkan keunggulan praktis karena dapat diterapkan tanpa investasi teknologi yang besar sekaligus mendukung perbaikan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, implementasi metodologi 5S yang diusulkan menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan organisasi tempat kerja dan efisiensi operasional di area coating UD. Raja Ring. Bersama dengan sistem Kanban yang diusulkan, implementasi 5S melengkapi kerangka Lean Manufacturing dengan secara simultan mengatasi inefisiensi aliran produksi dan permasalahan pengelolaan tempat kerja. Dengan demikian, integrasi Kanban dan 5S memberikan pendekatan yang praktis dan berkelanjutan untuk meminimalkan pemborosan produksi serta meningkatkan kinerja manufaktur pada UMKM pengolahan logam.

Simpulan

Studi ini menunjukkan bahwa overproduksi dan pemborosan persediaan yang terjadi dalam proses produksi bracket AC di UD. Raja Ring terutama berkaitan dengan penerapan sistem produksi dorong (*push production system*) yang tidak memiliki mekanisme pengendalian *Work-in-Process (WIP)* yang eksplisit serta ketidakseimbangan kapasitas stasiun kerja di sepanjang lini manufaktur. Analisis *Current State Value Stream Mapping* mengungkapkan total waktu tunggu produksi (*production lead time*) sebesar 2.602 detik dengan Process

Cycle Efficiency (PCE) sebesar 53,9%, yang menunjukkan adanya peluang yang signifikan untuk perbaikan aliran produksi. Untuk mengatasi ketidakefisienan tersebut, diusulkan strategi perbaikan berbasis *Lean Manufacturing* yang mengintegrasikan metodologi Kanban dan 5S. Sistem Kanban dua kartu yang diusulkan, dengan menggunakan parameter permintaan harian sebesar 124 set/hari, kapasitas kontainer 10 set, dan 18 kartu Kanban, diproyeksikan mampu mengurangi rata-rata persediaan *Work-in-Process* dari 233 set menjadi 90 set, yang merepresentasikan penurunan sebesar 61,4%. Selain itu, penerapan metodologi 5S secara signifikan meningkatkan organisasi tempat kerja pada area pelapisan (*coating*), sehingga meningkatkan efisiensi operasional dari 33,3% menjadi 70,0% dengan hasil yang signifikan secara statistik ($p < 0,001$). Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi Kanban dan 5S dalam kerangka *Lean Manufacturing* memberikan pendekatan yang efektif dan berkelanjutan untuk meminimalkan pemborosan produksi serta meningkatkan kinerja operasional pada UMKM industri pengolahan logam. Sistem Kanban yang diusulkan memberikan kontribusi yang substansial dalam menyinkronkan aliran material melalui mekanisme pengendalian produksi berbasis tarik (*pull-based production control mechanisms*), sedangkan penerapan 5S meningkatkan organisasi tempat kerja dan mendukung inisiatif perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Secara keseluruhan, perbaikan yang diusulkan menawarkan rekomendasi praktis untuk meningkatkan efisiensi manufaktur tanpa memerlukan investasi teknologi yang besar maupun modifikasi yang signifikan terhadap fasilitas produksi yang sudah ada. Penelitian ini terbatas pada analisis overproduksi dan pemborosan persediaan dalam proses produksi bracket AC serta secara eksklusif berfokus pada usulan penerapan pendekatan Kanban dan 5S. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengevaluasi efektivitas jangka panjang dari perbaikan yang diusulkan setelah implementasi skala penuh serta mengkaji integrasi alat *Lean Manufacturing* tambahan untuk menangani kategori pemborosan produksi lainnya pada UMKM manufaktur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Kanban dan 5S dapat menjadi alternatif perbaikan yang efektif bagi UMKM pengerjaan logam yang menghadapi permasalahan overproduction dan inventory. Pendekatan yang diusulkan relatif mudah diterapkan karena tidak memerlukan investasi teknologi yang besar sehingga berpotensi direplikasi pada UMKM manufaktur lainnya yang memiliki karakteristik proses produksi serupa. Selain memberikan manfaat bagi UD. Raja Ring, pendekatan yang diusulkan juga dapat menjadi referensi implementasi *Lean Manufacturing* bagi UMKM pengerjaan logam lain yang memiliki karakteristik proses produksi serupa.

Daftar Pustaka

- [1] M. I. Adelino, M. Fitri, A. Y. Putri, and M. Farid, "Penerapan Lean Manufacturing Untuk Meminimalkan Pemborosan," *Rang Tek. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 189–195, Jan. 2023, doi: 10.31869/rtj.v6i1.3917.
- [2] M. R. Habibi, F. M. Ramadhan, and S. Handayani, "Analisis Deskriptif Kualitatif tentang Peran Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia," *J. Semesta Ilmu Manaj. Dan Ekon.*, vol. 2, no. 2, pp. 81–90, Nov. 2025, doi: 10.71417/j-sime.v2i2.1129.
- [3] T. Angelia, I. Budiman, C. S. Widiwati, and I Komang Kerthajaya, "Kajian Pengembangan Kawasan Industri Di Desa Pandai Besi Ngingas, Waru Sidoarjo," *Asthadarma J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 36–46, Mar. 2024, doi: 10.55173/asthadarmajurnalpengabdiankepadamasyarakat.v5i1.40.
- [4] A. Khusairy Azim, "Just-In-Time (JIT) - Pull System Approach on A Malaysia Rubber Production Company," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 4, no. 8, pp. 139–149, 2018, doi: 10.31695/IJASRE.2018.32784.
- [5] P. Hines and D. Taylor, *Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School*. 2000.
- [6] K. Gupta, "A review on implementation of 5S for workplace management," *J. Appl. Res. Ind. Eng.*, no. Online First, Aug. 2021, doi: 10.22105/jarie.2021.292741.1347.
- [7] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The machine that changed the world*. Free Press, 1990.
- [8] D. T. Matt and E. Rauch, "Implementation of Lean Production in Small Sized Enterprises," *Procedia CIRP*, vol. 12, pp. 420–425, 2013, doi: 10.1016/j.procir.2013.09.072.
- [9] I. Leksic, N. Stefanic, and I. Veza, "The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction," *Adv. Prod. Eng. Manag.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–92, Mar. 2020, doi: 10.14743/apem2020.1.351.
- [10] Newcastle Systems., "What is Lean Manufacturing and what are the Lean Manufacturing Tools?," 2016. [Online]. Available: <https://www.newcastlesys.com>
- [11] S. Adiansyah and A. Zaqi Al Faritsy, "Perancangan Sistem Kanban untuk Mengurangi Work In Process di Lantai Produksi," *J. Teknol. Dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 151–159, May 2024, doi: 10.55826/jtmit.v3i2.324.
- [12] S. Hartini, "Perancangan Sistem Kanban Untuk Pelancaran Produksi Dan Mereduksi Keterlambatan," *JTI UNDIP J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 3, pp. 193–202, Sep. 2013, doi: 10.12777/jati.8.3.193-202.
- [13] H. Thadeus and T. Octavia, "Penerapan Kanban pada Sistem Inventori PT FSCM Manufacturing Indonesia," vol. 6, no. 2, 2018.

- [14] K. Gupta, P. Sarmah, and S. L. Gqibani, "A Review on the Implementation and Effectiveness of Lean Manufacturing Strategies for Industrial and Service Sectors," *Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 274–285, Nov. 2024, doi: 10.54327/set2025/v5.i1.157.
- [15] F. Sumasto *et al.*, "Penerapan Prinsip 5S untuk Mengurangi Waste Motion dalam Proses Layanan Galon R-Water," *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 7788–7794, Dec. 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.742.
- [16] A. M. Hartanto, O. Novareza, and D. H. Sulistyarini, "Analisis Pemborosan Dengan Waste Assessment Model Untuk Meningkatkan Proses Filling Di Pt Amidis Tirta Mulia," 2025.
- [17] A. Y. Alvarado Velasquez, R. E. B. Zumaeta, and W. R. Hernandez Gorriti, "Implementation of the 5S Methodology to Increase Productivity in the Rollers Shades Production in a SME," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Facens University, Sorocaba, Sao Paulo, Brazil: IEOM Society International, May 2025. doi: 10.46254/SA6.20250017.
- [18] A. R. R. Sinaga, S. A. Panjaitan, D. A. Dewi, F. Azzahra, S. Hartini, and D. P. Sari, "Implementation of 5S, Andon, and Kanban for waste reduction in creative industries (Case study: QRS Batik SME)," *World J. Adv. Res. Rev.*, vol. 24, no. 2, pp. 1556–1563, Nov. 2024, doi: 10.30574/wjarr.2024.24.2.3466.
- [19] Florez-Cáceres, R. M., Huamán-Echevaría, C. E., & Quiroz-Flores, J. C. (2024). Improving productivity in an SME in the metalworking sector through Lean Manufacturing and TPM tools: A case study in Peru. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(2). <https://doi.org/10.7166/35-2-3013>.
- [20] I. Mashabai, D. Oktariani, and I. Adiasa, "Analysis Of Manufacturing Cycle Effectiveness In Window Frame To Minimize Non-Value Added Activities," *Metode J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 164–176, Mar. 2026, doi: 10.33506/mt.v12i1.5399.
- [21] L. M. Dawood and A. A. Khudair, "The Impact of Inventories on the Leanness of Job Shop Production System," *Anbar J. Eng. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 425–435, Nov. 2019, doi: 10.37649/aengs.2022.171388.
- [22] M. Manohar *et al.*, "Pull-based Operations in a Hostel Mess: A Case Study," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Warangal, India: IEOM Society International, Aug. 2022, pp. 1214–1225. doi: 10.46254/IN02.20220352.
- [23] N. Tošanović and N. Štefanić, "Evaluation of Pull Production Control Mechanisms by Simulation," *Processes*, vol. 10, no. 1, p. 5, Dec. 2021, doi: 10.3390/pr10010005.
- [24] I. Puspita and R. R. D. Satya, "Usulan Perbaikan Sistem Kanban untuk Optimalisasi Pada PT Torishima Guna Indonesia," *STRING Satuan Tulisan Ris. Dan Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 2, p. 119, Dec. 2020, doi: 10.30998/string.v5i2.6459.
- [25] N. E. Triana and M. E. Beatrix, "Production System Improvement Through Kanban Application in Labor Intensive Company," *SINERGI*, vol. 23, no. 1, pp. 33–40, Feb. 2019, doi: 10.22441/sinergi.2019.1.005.
- [26] M. D. Al-Tahat and A. M. Mukattash, "Design and analysis of production control scheme for Kanban-based JIT environment," *J. Frankl. Inst.*, vol. 343, no. 4–5, pp. 521–531, Jul. 2006, doi: 10.1016/j.jfranklin.2006.01.001.