Logistik
Vol. 19, No. 02, Oktober 2026
P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

PERCEPATAN RANTAI PASOK MELALUI INTEGRASI *LEAN* DAN *GREEN MANUFACTURING* PADA PRODUKSI PARTS OTOMOTIF UNTUK KEBERLANJUTAN ORDER PELANGGAN

SPEED UP SUPPLY CHAIN THROUGH THE INTEGRATION OF LEAN AND GREEN MANUFACTURING IN AUTOMOTIVE PARTS PRODUCTION FOR CUSTOMER ORDER SUSTAINABILITY

Hibarkah Kurnia [a,1], Asep Arwan Sulaeman [b,2], Vebina Sheila Pasha [c,3]

[a] Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Jl. Inspeksi Kalimalang No. 09, Cikarang-Bekasi, Jawa Barat, Indonesia 17530

[b] Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Jl. Inspeksi Kalimalang No. 09, Cikarang-Bekasi, Jawa Barat, Indonesia 17530

[c] Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jl Meruya Selatan No. 01 Kembangan-Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia 11650

[1] hibarkah@pelitabangsa.ac.id, [2] aseparwan@pelitabangsa.ac.id, [3] vebinasheila_12@gmail.com

[*]Corresponding: hibarkah@pelitabangsa.ac.id

Diterima: 18 September 2026, direvisi: 10 Oktober 2026, disetujui: 17 Oktober 2026, diterbitkan: 31 Oktober 2026

ABSTRAK

Keterlambatan pengiriman suku cadang otomotif menjadi fenomena serius dalam rantai pasok industri kendaraan roda empat, terutama pada komponen berbahan polipropilen (PP) yang mengalami keterlambatan hingga 26 hari dari target 18 hari, disertai overproduksi, tingkat cacat 6% per bulan, serta pencemaran udara akibat pembakaran limbah produksi. Penelitian ini bertujuan mempercepat waktu proses produksi, mengurangi pemborosan dan pencemaran lingkungan, serta menyeimbangkan stok produksi dengan pesanan pelanggan agar order tetap berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah pendekatan campuran deskriptif-eksploratif melalui *Focus Group Discussion* (FGD), *Current State Mapping* (CSM), tindakan perbaikan *Just in Time* (JIT) dan e-Kanban berbasis *barcode*-RFID, *re-layout* area perakitan dan inspeksi akhir ke satu gedung, kemudian diukur kembali dengan *Future State Mapping* (FSM) dalam kerangka integrasi *Lean* dan *Green Manufacturing*. Hasil penelitian menunjukkan waktu proses produksi satu lot (3.656 pcs) turun dari 11,0 hari menjadi 4,5 hari (reduksi 59%), *process time* menyusut 60% dan lead time 40%. Produksi rata-rata meningkat dari 42.917 pcs menjadi 59.990 pcs per bulan (efisiensi 78% menjadi 90%), tingkat cacat turun dari 6% menjadi 0,6%, perputaran persediaan terkendali di bawah 30 hari, dan capaian rencana pengiriman mencapai 96% sehingga keberlanjutan order pelanggan terjamin dan pembakaran limbah dapat dieliminasi.

Kata Kunci: *Green Manufacturing, Just In Time*, Kanban, *Lean Manufacturing*, Keberlanjutan Order

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

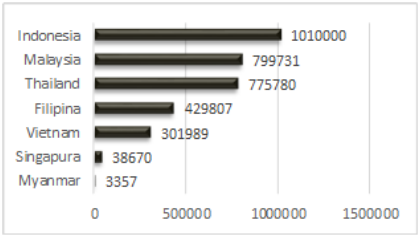
ABSTRACT

Delayed spare part deliveries have become a serious issue within the automotive supply chain for four-wheeled vehicles, particularly regarding polypropylene (PP) components; these faced delays of up to 26 days against an 18-day target, alongside overproduction, a 6% monthly defect rate, and air pollution caused by burning production waste. This study aimed to accelerate production processing times, reduce waste and environmental pollution, and balance production stock with customer orders to ensure sustainable order fulfillment. A descriptive-exploratory mixed-methods approach was employed, utilizing Focus Group Discussions, Current State Mapping (CSM), Just-in-Time (JIT) improvements, a barcode-RFID-based e-Kanban system, and the consolidation of assembly and final inspection areas into a single building; the results were subsequently evaluated using Future State Mapping (FSM) within an integrated Lean and Green Manufacturing framework. Findings indicate that the production time for a single lot (3,656 units) dropped from 11.0 days to 4.5 days (a 59% reduction), with processing time shrinking by 60% and lead time by 40%. Average monthly production rose from 42,917 to 59,990 units (increasing efficiency from 78% to 90%), the defect rate fell from 6% to 0.6%, inventory turnover was controlled to under 30 days, and delivery plan compliance reached 96%, thereby securing all customer orders and eliminating the need to burn production waste.

Keywords: *Green Manufacturing, Just In Time, Kanban, Lean Manufacturing, Order Continuity*

Pendahuluan

Selesai pemulihan pandemi, sektor otomotif roda empat di kawasan ASEAN mengalami kebangkitan kembali. Indonesia menjadi salah satu pasar terbesar di kawasan tersebut karena besarnya jumlah penduduk yang mendorong permintaan kendaraan pribadi. Pertumbuhan permintaan tersebut menuntut para pemasok komponen agar mampu mengirimkan suku cadang tepat waktu, tepat kualitas, dan tepat jumlah. Sayangnya, pada praktiknya banyak perusahaan pembuat komponen masih menghadapi hambatan berupa waktu proses produksi yang panjang, tingginya tingkat produk cacat, serta dampak lingkungan dari pengelolaan limbah produksi yang belum ramah lingkungan (Turseno et al., 2024; Zulkarnaen et al., 2023). Adapun hasil penjualan kendaraan roda empat di regional ASEAN dapat dilihat pada Gambar 1.

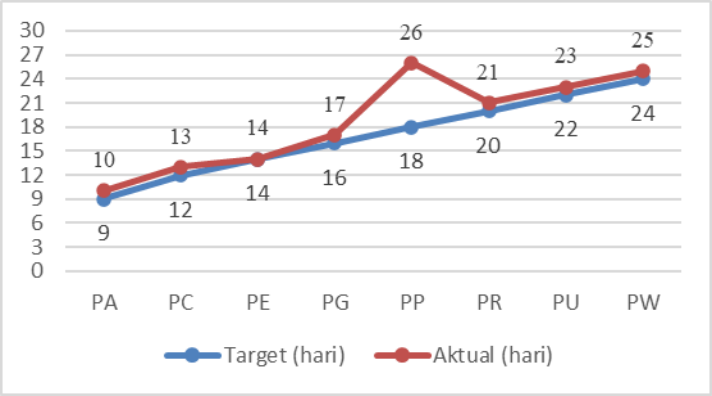


Gambar 1. Penjualan Kendaraan Roda Empat di Regional ASEAN

Sumber: (Penjualan mobil di wilayah ASEAN Gaikindo, 2023)

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Berdasarkan Gambar 1, penjualan kendaraan roda empat di regional ASEAN berada di Indonesia. Indonesia merupakan pasar penjualan terbesar produk kendaraan roda empat di seluruh dunia. Oleh karena itu, banyak negara lain yang berinvestasi di Indonesia, seperti Jepang, Korea, China, Vietnam, Eropa dan Amerika. Hal ini berdampak pada hasil penjualan dan pengaturan rantai pasok yang menjadi fenomena masalah dalam memenuhi pesanan pelanggan. Salah satu industri otomotif di Kawasan Karawang yang fokus bisnisnya adalah membuat suku cadang untuk pemenuhan manufaktur mengalami waktu tunggu rantai pasok suku cadang (I. Setiawan et al., 2022). Adapun waktu tunggu rantai pasok suku cadang per jenis bahan baku dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Waktu Tunggu Rantai Pasok Suku Cadang Ke Pelanggan

Sumber: (Pengolahan data, 2023)

Keterangan: PA (*polyamide*), PC (*polycarbonate*), PE (*polyethene*), PS (*polystyrene*), PP (*polypropylene*), POM (*polyoxymethylene*), PVC (*polyvinyl chloride*), PUR (*polyurethane*)

Berdasarkan Gambar 2, waktu tunggu rantai pasok bahan baku *Part Protector* (PP) melebihi target sebesar 26 hari, dari target awal sebesar 18 hari. Permasalahan waktu tunggu rantai pasok mengalami keterlambatan dikarenakan permasalahan internal, yaitu rantai pasok bahan baku antara Gedung 1 dan Gedung 2 terlalu jauh dengan jarak 25 km. Hal ini akan menyebabkan pemborosan waktu tunggu rantai pasok suku cadang yang terjadi pada Gedung 2.

Berdasarkan kondisi lapangan, terdapat tiga permasalahan utama yang dihadapi perusahaan, yaitu: (1) waktu proses produksi komponen PP yang terlalu panjang akibat banyaknya aktivitas tanpa nilai tambah, termasuk pemindahan barang antar gedung yang berjarak cukup jauh; (2) tidak adanya sistem kendali kuantitas produksi sehingga terjadi

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

overproduksi yang tidak sesuai pesanan pelanggan dan menumpuk sebagai stok mati; serta (3) tingkat produk cacat yang mencapai 6% (hampir 10.000 unit per bulan) yang selama ini dimusnahkan dengan dibakar, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Sistem pencatatan penerimaan, penyimpanan, dan pengiriman barang juga masih manual berbasis kertas, yang menambah beban limbah industri (Kurnia et al., 2022).

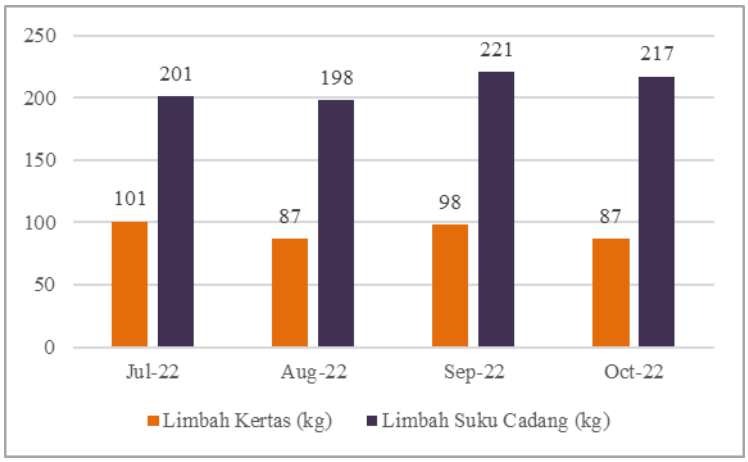
Dimensi lingkungan semakin memperumit persoalan. Dalam banyak perusahaan komponen, produk cacat dan arsip administratif dimusnahkan melalui pembakaran internal karena dianggap sebagai cara termurah dan paling mencegah peniruan oleh pesaing. Kebijakan tersebut menimbulkan emisi asap yang menurunkan kualitas udara di sekitar kawasan industri serta berpotensi menarik sanksi regulasi dan protes masyarakat. Padahal, tekanan global terhadap industri otomotif kini tidak hanya berhenti pada harga dan mutu; pelanggan besar menuntut rantai pasok yang rendah karbon dan patuh terhadap prinsip manufaktur hijau. Dengan kata lain, keberlanjutan order dari pelanggan tidak lagi cukup dijaga oleh kecepatan saja, melainkan juga oleh rekam jejak lingkungan pemasoknya (Bhattacharya et al., 2019).

Perilaku antisipatif para pelaku rantai pasok turut memperparah situasi. Untuk mengamankan diri dari ketidakpastian pasokan, banyak perusahaan menumpuk persediaan pengaman secara berlebihan di setiap mata rantai, dari gudang material, barang setengah jadi, sampai barang jadi. Praktik ini terlihat aman secara operasional, tetapi secara ekonomi dan ekologis mahal: modal tertanam dalam stok, ruang penyimpanan membengkak, dan sebagian stok berubah menjadi barang mati ketika spesifikasi atau model kendaraan berganti. Fenomena serupa ditemukan pada objek penelitian ini, yaitu penumpukan barang setengah jadi dan barang jadi yang membuat perputaran persediaan melampaui batas baku 30 hari, sebuah indikasi klasik overproduksi yang termasuk dalam pemborosan terbesar dalam filosofi *Lean Manufacturing* (Jaqin et al., 2023).

Fenomena yang paling mencolok dalam rantai pasok komponen otomotif saat ini adalah ketimpangan antara ritme permintaan pelanggan dan kemampuan respons pemasok tingkat dua maupun tingkat tiga. Ketika pesanan kendaraan roda empat melonjak pascapandemi, gelombang permintaan itu menjalar ke hulu dan menimpa para pembuat suku cadang plastik, perpindahan panas, hingga komponen kelistrikan. Sayangnya, respons di hulu tidak selalu linier: banyak pemasok justru memanjangkan waktu prosesnya pada saat dibutuhkan paling cepat. Akibatnya terjadi efek bola salju, keterlambatan satu komponen kecil mampu menahan pengiriman ribuan unit kendaraan, memicu biaya penalti, dan menggerus kepercayaan

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

pelanggan yang telah menetapkan jadwal *just in sequence* (Kosasih et al., 2023). Objek penelitian ini adalah perusahaan pembuat komponen injeksi plastik untuk kendaraan roda empat yang berlokasi di kawasan industri Karawang, Jawa Barat. Data pengiriman tahun 2022 memperlihatkan bahwa hampir seluruh jenis komponen terlambat dikirim kepada pelanggan. Komponen tipe *part protector* berbahan polipropilen (PP) mencatat keterlambatan paling parah, yaitu 26 hari dibandingkan dengan target 18 hari. Adapun limbah produksi berupa limbah padat/kertas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Limbah Produksi

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Berdasarkan Gambar 3, aktivitas pemusnahan produk gagal dan arsip kertas melalui pembakaran internal menghasilkan asap tebal yang mengganggu lingkungan sekitar, dengan volume limbah terbakar mencapai rata-rata 209 kg komponen dan 93 kg kertas setiap bulan. Dalam produksi suatu manufaktur terdapat kegagalan produk dan ada beberapa aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah, sehingga terjadi pemborosan dari berbagai sumber daya, mulai dari sumber energi, sumber daya manusia dan waktu rantai pasok yang terbuang (Kurnia et al., 2024; Kurnia, Tumanggor, et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan integrasi *Lean-Green Manufacturing* dalam hal pengontrolan pemborosan aktivitas di industri otomotif.

Di titik inilah integrasi pendekatan *lean* dan *green manufacturing* menemukan relevansinya. *Lean* bekerja pada sisi eliminasi pemborosan waktu: memetakan aliran nilai, memisahkan aktivitas yang menambah nilai dari yang tidak, lalu merombak tata letak dan aliran informasi agar produk mengalir tanpa hambatan. *Green* bekerja pada sisi beban lingkungan: menekan limbah padat dan emisi dengan mencegah terbentuknya produk cacat, mengendalikan

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

stok berlebih, serta mengganti administrasi kertas dengan sistem digital. Keduanya saling menguatkan, sebab sebagian besar pemborosan *lean* berujung pada pemborosan sumber daya alam, dan sebaliknya, pengendalian limbah secara alami memangkas waktu serta biaya. Penggabungan keduanya pada lantai produksi komponen plastik otomotif, melalui pemetaan aliran nilai, *just-in-time*, dan kanban elektronik, menjadi jalur yang paling realistis untuk mempercepat rantai pasok sekaligus menjamin keberlanjutan order pelanggan dalam jangka panjang (Kurnia, Manurung, et al., 2023). Adapun kajian literatur terhadap berbagai penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kajian Literatur dan Posisi Penelitian

Studi (Tahun)	**Metode**	**Indikator Keberhasilan**	**Keterbatasan / Aspek yang Belum Dijawab**
(Rose et al., 2020) SVSM, komponen elektronik	*Sustainable Value Stream Mapping* (SVSM)	Waktu tunggu (*waiting time*), konsumsi energi per unit	Berhenti pada peta aliran nilai; tidak ada mekanisme kendali kuantitas produksi harian; keberlanjutan order tidak diukur
(Carvalho et al., 2019) kabel otomotif	*Lean* VSM + teknologi Industry 4.0	Efisiensi aliran distribusi, *lead time*	Tidak menyentuh pengendalian kuantitas *(pull system*) maupun dampak lingkungan; tanpa uji capaian pengiriman
(Kurniawan et al., 2022) Komponen otomotif	Kanban, analisis Pareto, perancangan penyimpanan	Produktivitas *order picking*	Terbatas di dalam gudang; tidak merombak tata letak antargedung; tidak ada dimensi hijau
(Nandakumar et al., 2020) GIVSM pada UMKM pengemasan	*Green Integrated* VSM	Indikator lingkungan (energi, limbah)	Keberhasilan dinilai dari indikator lingkungan semata; keterkaitan dengan ketepatan pasokan ke pelanggan tidak dimodelkan
(Kaswan & Rathi, 2019) Kombinasi *Lean-Green-Six Sigma* (manufaktur)	Integrasi tiga metodologi	Kinerja lingkungan & kualitas	Fokus kinerja proses internal; indikator keberlanjutan order pelanggan (*on-time delivery*, perputaran persediaan) tidak dijadikan tolok ukur
(Choomlucksana et al., 2015) 5S, poka-yoke, *fishbone* (tekstil & injeksi plastik)	Pengendalian kualitas sederhana	Reduksi waktu, cacat	Perbaikan titik (*point improvement*); tidak menyentuh aliran material antargedung dan sistem tarik digital

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Studi (Tahun)	Metode	Indikator Keberhasilan	Keterbatasan / Aspek yang Belum Dijawab
(Raj & Handayati, 2024) *Smart Green Resilient Lean*; MICMAC-ISM	Kerangka konseptual / pemodelan faktor	Prioritas faktor kerentanan	Konseptual tanpa uji lapangan; tidak menghasilkan bukti empiris capaian pengiriman
Penelitian ini (2026)	Integrasi utuh CSM-FSM + JIT + e-Kanban *barcode*-RFID + *re-layout* satu gedung, dalam kerangka *Lean-Green*	Keberlanjutan order pelanggan: capaian rencana pengiriman, perputaran persediaan, cacat (eliminasi pembakaran limbah), dan waktu proses	Mengisi ketiga celah: (1) VSM+JIT+e-Kanban dijalankan serentak pada satu alur nyata; (2) dampak hijau dikonkretkan pada eliminasi pembakaran limbah & digitalisasi kertas; (3) keberlanjutan order pelanggan dijadikan tolok ukur utama

Sumber: (Pengolahan data, 2026)

Berdasarkan Tabel 1, kajian literatur dan posisi penelitian menunjukkan adanya kesenjangan, sehingga dapat ditemukan kebaruan penelitian ini. Kebaruan penelitian ini berpijak pada tiga poin. Pertama, integrasi *Lean Manufacturing* (LM) melalui pemetaan kondisi awal dan kondisi masa depan digabungkan dengan JIT serta kanban elektronik berbasis *barcode* dan RFID yang dijalankan serentak pada satu alur produksi komponen injeksi plastik otomotif, bukan sekadar usulan konseptual di atas kertas. Kedua, dimensi hijau diterjemahkan menjadi ukuran konkret, yakni penurunan tingkat produk cacat yang menghapus kebutuhan pembakaran limbah, penggantian administrasi kertas dengan sistem digital, serta penjagaan perputaran persediaan agar tetap di bawah 30 hari. Ketiga, keberhasilan perbaikan diuji memakai indikator keberlanjutan order pelanggan berupa capaian rencana pengiriman 96% dan keseimbangan stok terhadap pesanan, sudut pandang yang belum lazim dipakai dalam literatur *lean-green* sehingga memberi warna baru bagi kajian rantai pasok otomotif. Dengan mengisi ketiga celah tersebut, penelitian ini menawarkan model penerapan *lean-green* yang utuh: perbaikan dirancang dari pemetaan aliran nilai, dieksekusi lewat sistem tarik digital, lalu divalidasi berbasis data produksi dan pengiriman selama enam bulan, sehingga bukan hanya mengklaim perbaikan, melainkan membuktikannya dengan bukti lapangan yang dapat direplikasi oleh perusahaan sejenis.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Batasan penelitian ini ditetapkan secara eksplisit sebagai aliran produksi internal suku cadang plastik injeksi tipe PP125 pada satu perusahaan komponen otomotif, dimulai dari penerimaan bahan baku di *incoming warehouse* hingga barang jadi siap kirim meninggalkan area *final inspection* dan penyimpanan; aktivitas hulu (pemasok bahan baku) dan hilir (distribusi hingga diterima pelanggan akhir) berada di luar batas analisis. Dengan demikian, tiga istilah waktu dibedakan secara tegas: waktu proses produksi (*process time*) adalah akumulasi durasi pengolahan bernilai tambah pada mesin dan stasiun kerja; *lead time* internal adalah seluruh waktu yang dibutuhkan material di dalam pabrik mulai penerimaan hingga barang jadi tersimpan siap kirim, mencakup *process time*, waktu tunggu, dan perpindahan antarproses; sedangkan *lead time* rantai pasok hingga pelanggan yang mencakup pengiriman dan waktu tunggu di sisi pelanggan tidak diukur dalam penelitian ini karena data historisnya tidak tersedia pada objek penelitian. Konsekuensinya, judul, klaim kontribusi, dan pernyataan generalisasi disesuaikan agar setara dengan cakupan data: temuan percepatan waktu 11,0 menjadi 4,5 hari berlaku untuk *lead time* internal lini PP125, capaian pengiriman 96% dibaca sebagai kinerja penyelesaian order terhadap jadwal produksi perusahaan (bukan ketepatan tiba di pelanggan), dan hasil penelitian dimaknai sebagai bukti empiris kontekstual pada satu kasus manufaktur komponen otomotif yang pengujian generalisasinya ke industri atau lini lain memerlukan penelitian lanjutan.

Tujuan penelitian ini adalah mempercepat waktu proses produksi komponen otomotif roda empat melalui eliminasi aktivitas *non-value-added* (NVA), memberikan solusi pengurangan pemborosan (*waste*) produksi sekaligus menekan pencemaran lingkungan, dan menyeimbangkan stok produksi agar selaras dengan pesanan pelanggan sehingga keberlanjutan order tetap terjaga. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian integrasi *lean* dan *green* pada rantai pasok otomotif. Secara praktis, hasilnya menjadi rujukan bagi pelaku industri komponen untuk mempercepat produksi, menekan pemborosan, dan menjaga kontinuitas pesanan pelanggan. Kontribusi ini relevan bagi akademisi maupun praktisi manufaktur di Indonesia. Hasilnya juga dapat digeneralisasi pada sektor manufaktur lain yang bercorak serupa.

Metode Penelitian

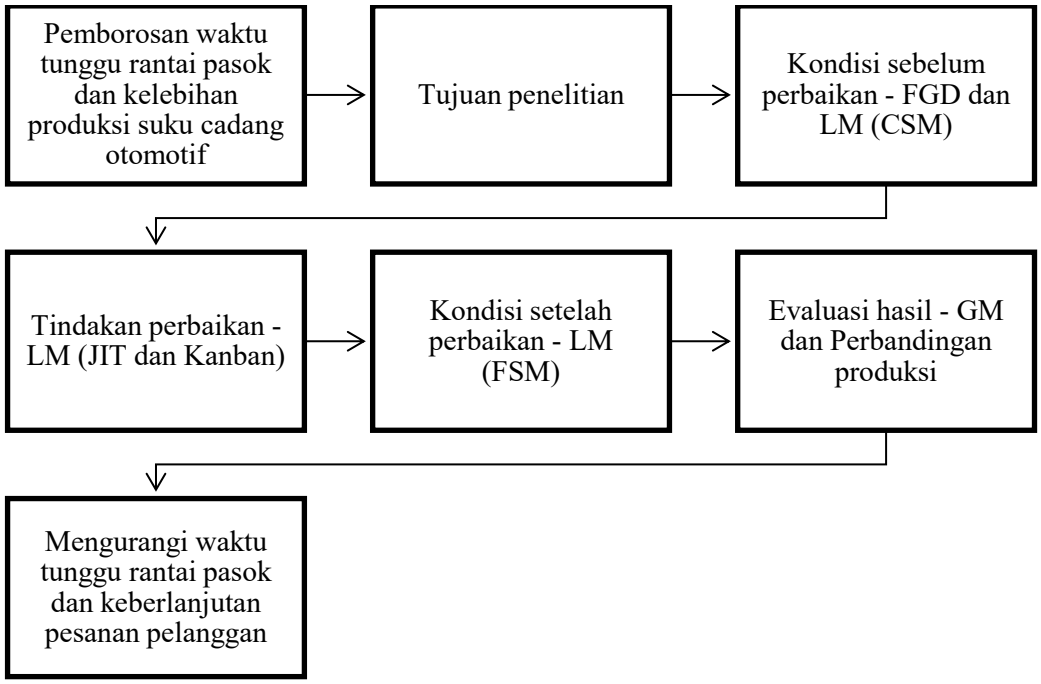
Penelitian ini menggunakan desain mixed methods tipe *explanatory sequential* dengan kuantitatif dominan, dipilih karena permasalahan penelitian berangkat dari data kinerja

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

produksi yang terukur (keterlambatan pengiriman, tingkat cacat, dan perputaran persediaan) yang harus diukur sebelum dan sesudah intervensi, sementara pemahaman mendalam tentang penyebab pemborosan di lantai produksi hanya dapat digali melalui penjelasan kualitatif dari pelaku proses. Data kuantitatif merupakan data sekunder operasional perusahaan periode Januari–Desember 2022 (pra-perbaikan) dan Januari–Juni 2023 (pasca-perbaikan), meliputi rekap pengiriman terhadap rencana, laporan produksi harian, data persediaan barang setengah jadi dan barang jadi, serta laporan mutu produk cacat. Kualitatif digali melalui *Focus Group Discussion* (FGD) yang dilaksanakan dua putaran (identifikasi masalah pada awal studi dan validasi perbaikan pada akhir studi) dengan lima peserta yang dipilih secara purposif berdasarkan tiga kriteria (Kurnia, Jaqin, et al., 2021) : (1) keterlibatan langsung dalam proses produksi dan pengendalian komponen PP, (2) pengalaman kerja minimal lima tahun pada objek penelitian, dan (3) mewakili fungsi yang berbeda-beda (manajemen produksi, supervisor lantai lini, operator, staf gudang/logistik, dan personel mutu) agar seluruh mata rantai proses terwakili.

Prosedur pengumpulan data kualitatif menggunakan pedoman wawancara semi-terstruktur yang disusun dari temuan *Current State Mapping* (CSM), direkam, ditranskrip verbatim, lalu dianalisis dengan analisis tematik (koding terbuka, pengelompokan tema, dan penyimpulan) yang diverifikasi oleh dua peneliti secara independen melalui triangulasi sumber untuk memastikan trustworthiness. Hasil FGD diintegrasikan dengan CSM/FSM secara berurutan: temuan CSM divalidasi dan diperkaya oleh tema FGD untuk menentukan akar pemborosan yang diprioritaskan, hasil integrasi tersebut menjadi dasar perancangan intervensi (JIT, e-Kanban *barcode*-RFID, dan *re-layout* satu gedung), dan akhirnya tema FGD putaran kedua digunakan untuk menjelaskan mengapa setiap indikator kuantitatif pada FSM (waktu proses 11,0 menjadi 4,5 hari; cacat 6% menjadi 0,6%; capaian pengiriman 96%) berubah, sehingga benang merah antara bukti kualitatif dan perubahan indikator kuantitatif dapat ditelusuri, dijawab, dan direplikasi oleh peneliti lain. Adapun langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/



Gambar 4. Langkah - Langkah Penelitian

Berdasarkan Gambar 4, kerangka kerja penelitian dimulai dari fenomena masalah, penetapan tujuan, identifikasi kondisi awal menggunakan CSM dalam kerangka LM/VSM, identifikasi pemborosan kategori *value-added* (VA), *non-value-added* (NVA), dan *necessary non-value-added* (NNVA), dilanjutkan dengan tindakan perbaikan dengan metode JIT dan sistem Kanban elektronik (e-Kanban), kemudian diukur ulang melalui *Future State Mapping* (FSM). Pendekatan *Green Manufacturing* (GM) digunakan untuk menilai kinerja lingkungan, khususnya pengurangan stok berlebih dan eliminasi pembakaran limbah. Tahap akhir berupa evaluasi komparatif kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Adapun rumus untuk perhitungan efisiensi, persentase cacat, Kanban dan JIT sebagai berikut:

Perhitungan Efisiensi (Sjarifudin et al., 2022):

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{\text{Aktual Produksi}}{\text{Rencana Produksi}} \text{x } 100\% \quad (1)$$

Perhitungan Cacat Produksi:

$$\textit{C}\text{acat (\%)} = \frac{\text{Cacat (pcs)}}{\text{Cacat (pcs)+Produksi (pcs)}} \quad (2)$$

Perhitungan Kanban (Kurnia, Irwati, et al., 2023):

$$\textit{J}\text{umlah Pesanan (hari/pcs)} = \frac{\textit{Quantity Order/Day}}{\text{Working Day}} \quad (3)$$

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

$$Draft\ Lot\ Size\ DL = Quantity\ Order/Day\ \times\ Cycle\ Time\ (detik/pcs) \quad (4)$$

Dimana: *Quantity Order/Day*: pcs/hari = permintaan bulanan/hari kerja; *Cycle Time*: detik/pcs (pengukuran *stopwatch*).

$$Jumlah\ Kartu\ Kanban\ (pcs) = \frac{DL\ (pcs)\ x\ (1+\alpha)}{C} \quad (5)$$

Dimana:DL = *draft lot size* (pcs); C = *quantity* per kanban (pcs/kartu); α = faktor pengaman (0–0,1).

$$Loading\ menit/hari = \sum(Qty\ Order/Day\ \times\ Cycle\ Time) \quad (6)$$

$$Free\ Time = Waktu\ tersedia\ -\ Loading\ Time \quad (7)$$

Perhitungan JIT:

$$Safety\ Stock\ (pcs) = Stock\ WIP + Production\ Planning - Shipment\ Plan \quad (8)$$

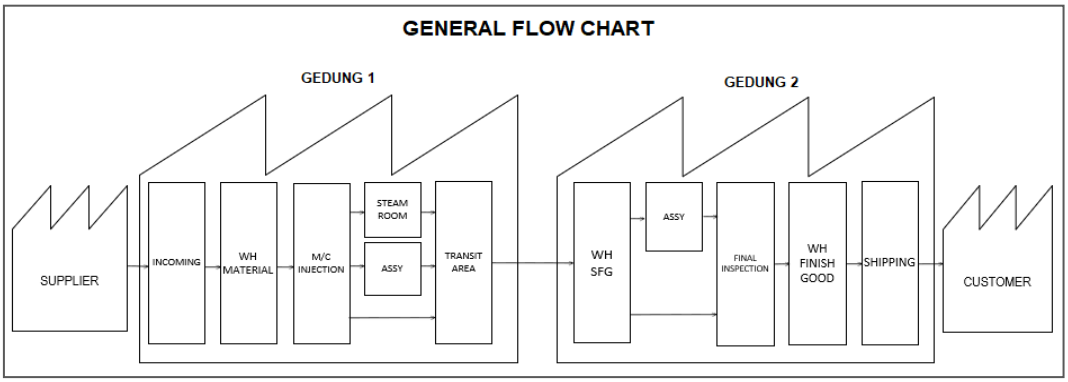
Delapan persamaan dioperasikan sebagai pisau analisis utama dalam penelitian ini. Efisiensi produksi pada Persamaan (1) diperoleh dengan membandingkan output nyata terhadap target yang direncanakan, kemudian dinyatakan dalam persentase; Persamaan (2) menghitung tingkat kegagalan dengan membagi banyaknya unit cacat dengan keseluruhan output bulanan. Kebutuhan kartu tarik pada sistem e-Kanban dihitung melalui Persamaan (3)–(7): diminati permintaan harian setiap part (jumlah pesanan bulanan dibagi jumlah hari kerja), ukuran lot awal (*draft lot size*) yang mengakomodasi kapasitas wadah, loading time hasil perkalian kuantitas pesanan dengan *cycle time* mesin, hingga free time sebagai selisih antara waktu kerja efektif dan total beban pemrosesan. Selisih inilah yang menjadi dasar penilaian kelayakan kapasitas. Sementara itu, Persamaan (8) menetapkan kebutuhan stok pengaman JIT dari penjumlahan persediaan barang setengah jadi dan rencana produksi yang dikurangi jadwal pengiriman, sehingga kelangsungan pasokan ke pelanggan tetap terjaga tanpa penumpukan persediaan. Seluruh parameter diolah dari data operasional perusahaan periode Juli 2022–Juni 2023 pada keluarga produk PP125 dengan volume pesanan pelanggan tahunan 513.200 pcs, mencakup laporan produksi harian, catatan mutu, kartu stok berbasis SAP, dan jadwal PPIC, agar setiap angka yang dihasilkan dapat ditelusuri kembali ke sumber primernya.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Awal Proses Produksi

Tata letak produksi awal tersebar pada dua gedung. Material dari pemasok diterima, diperiksa, disimpan, lalu diproses injeksi, dikondisikan di *steam room*, kemudian dipindahkan ke gedung kedua untuk perakitan, inspeksi akhir, penyimpanan barang jadi, dan pengiriman. Berdasarkan CSM, waktu total satu lot produksi (3.656 pcs) mencapai 11,0 hari, terdiri atas process time 7,5 hari dan lead time 2,5 hari. Efisiensi rata-rata enam bulan (Juli–Desember 2022) hanya 78% atau 42.917 pcs per bulan, jauh di bawah target perusahaan 85% (rencana 55.000 pcs per bulan). Tingkat cacat rata-rata tercatat 6% per bulan. Adapun kondisi awal tata letak (rantai pasok) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Awal Tata Letak (Rantai Pasok)

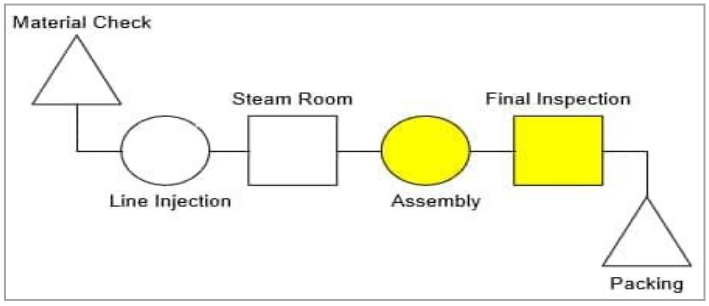
Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Gambar 5 memperlihatkan kondisi tata letak awal fasilitas produksi yang tersebar pada dua gedung terpisah. Alur material dimulai dari penerimaan bahan baku dari pemasok yang dilanjutkan dengan pemeriksaan kualitas di incoming warehouse, kemudian material layak pakai disimpan sebagai stok sebelum diproses pada mesin injeksi. Produk hasil injeksi selanjutnya ditempatkan di *steam room* untuk penyesuaian kondisi material sebelum masuk tahap perakitan. Persoalan utama tampak pada posisi area perakitan dan inspeksi akhir yang berada di gedung kedua, sehingga barang setengah jadi harus dipindahkan melintasi jarak yang cukup jauh melalui area transit dan gudang barang setengah jadi sebelum sampai ke lini perakitan, inspeksi akhir, gudang barang jadi, hingga pengiriman ke pelanggan. Tata letak semacam ini memunculkan pemborosan transportasi, menambah waktu tunggu antarproses, serta memperpanjang *lead time* keseluruhan. Kondisi inilah yang menjadi *baseline* untuk

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

menghitung waktu proses sebelum perbaikan sekaligus dasar pertimbangan perombakan tata letak (Nuryono et al., 2024). Sementara alur proses produksi sebelum perbaikan dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menggambarkan alur proses produksi suku cadang sebelum perbaikan yang terbagi atas dua kelompok aktivitas di dua gedung. Rangkaian diawali dengan pemasok, penerimaan gudang, inspeksi material, mesin injeksi, dan *steam room* di gedung pertama; dilanjutkan dengan perakitan, inspeksi akhir, gudang barang jadi, hingga pengiriman di gedung kedua. Setiap perpindahan antartahap melibatkan aktivitas angkut dan waktu tunggu yang tidak menambah nilai, terutama pada jalur penghubung antargedung yang menjadi penyumbang *lead time* terpanjang. Alur yang panjang dan terputus-putus ini juga menyulitkan koordinasi informasi antarbagian karena data pergerakan barang dicatat secara manual oleh masing-masing seksi, sehingga status produksi sering terlambat diketahui (B. Setiawan et al., 2022). Kondisi alur semacam ini menjelaskan mengapa proses perakitan memakan waktu 4,0 hari dan inspeksi akhir 2,0 hari, jauh melampaui tahap injeksi maupun steam room, dan menjadi dasar identifikasi titik-titik pemborosan untuk dirancang ulang. Identifikasi pemborosan menunjukkan proses Assembly memakan waktu terlama (4,0 hari), disusul oleh *Final Inspection* (2,0 hari), dengan dominasi kategori informasi dan stagnasi. Klasifikasi aktivitas menghasilkan total NVA 1,5 hari dan NNVA 4,0 hari. Selain itu, perputaran persediaan (*inventory turnover*) rata-rata mencapai 137% dari standar 30 hari, yang menandakan overproduksi pada area perakitan dan inspeksi akhir.



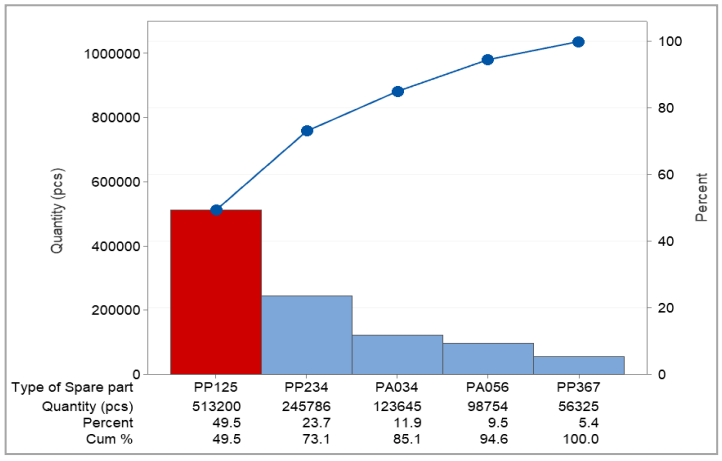
Gambar 6. Alur Proses Produksi

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Gambar 7 menyajikan grafik jumlah produksi suku cadang jenis PP selama periode pengamatan sebelum perbaikan. Terlihat bahwa realisasi produksi bulanan selalu berada di bawah rencana: rata-rata hanya 42.917 pcs dari rencana 55.000 pcs per bulan, atau efisiensi

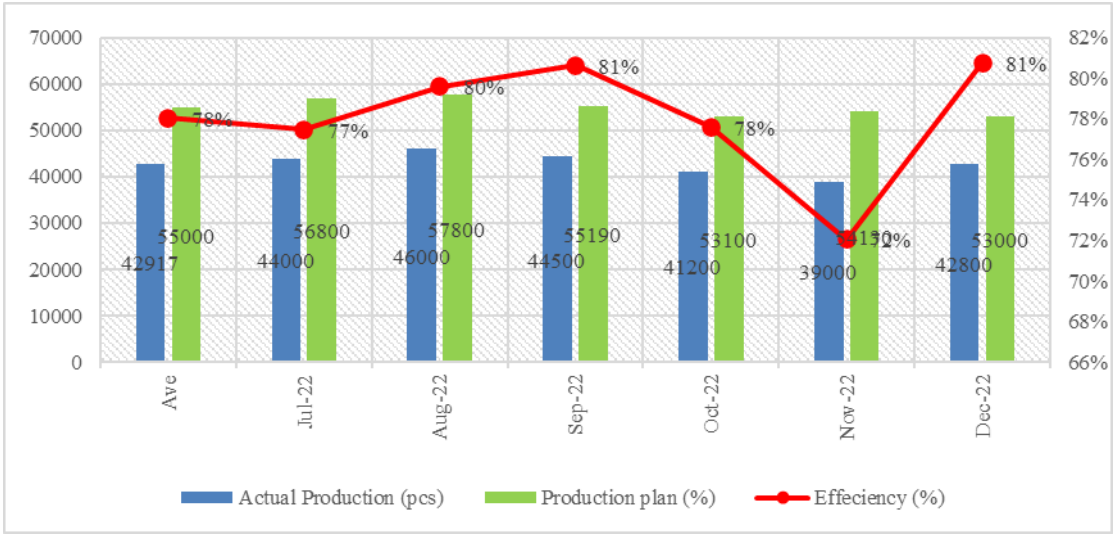
P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

sekitar 78%. Bulan dengan capaian terendah mencatat efisiensi 72%, sementara bulan terbaik pun belum menyentuh target 85% yang ditetapkan perusahaan. Kesenjangan ini dipicu oleh kombinasi beberapa faktor: pemborosan waktu pada tahap perakitan dan inspeksi akhir, tingginya produk cacat yang mengurangi *output* layak kirim, serta stagnasi barang antargedung yang menahan kelancaran aliran produksi. Kinerja di bawah target semacam ini berisiko menimbulkan keterlambatan pengiriman yang pada gilirannya menurunkan kepercayaan pelanggan (Adriano et al., 2020). Grafik ini menegaskan perlunya intervensi sistematis pada lantai produksi, bukan sekadar penambahan jam kerja, agar kapasitas efektif dapat naik secara berkelanjutan. Adapun produksi suku cadang jenis PP125 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Jumlah Produksi Suku Cadang Jenis PP

Sumber: (Pengolahan data, 2022)



Gambar 8. Produksi Suku Cadang Jenis PP125

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Keterangan efisiensi didapatkan dengan menggunakan rumus persamaan (1) yaitu:

Efisiensi $Average\ (\%) = \frac{42197}{55000} \text{x}\ 100\% = 78\%$

Gambar 8 merinci perilaku produksi suku cadang tipe PP125, keluarga produk dengan volume terbesar dan alur proses paling lengkap, sehingga dipilih sebagai objek studi. Data enam bulan sebelum perbaikan memperlihatkan produksi aktual yang berfluktuasi di kisaran 39.000 hingga 46.000 pcs per bulan, selalu di bawah rencana yang berkisar 53.000 hingga 57.800 pcs. Tipe PP125 mencakup empat nomor part (PN84, PN82, PN53, PN63) yang diproduksi dalam satu keluarga, dengan PP125-PN63 menyumbang porsi terbesar sekitar 43% dari total permintaan. Fluktuasi produksi ini mempersulit PPIC dalam menjadwalkan kebutuhan bahan dan kapasitas karena selisih antara rencana dan realisasi cenderung besar setiap bulan. Kondisi ini juga memicu penumpukan barang setengah jadi di antara gedung, sebagian operator menunggu konfirmasi persediaan, dan sebagian lain bekerja terburu-buru menjelang batas waktu pengiriman. Gambar ini memperkuat argumen bahwa akar persoalan berada pada sistem aliran dan tata letak, bukan pada kemauan kerja. Adapun cacat produksi jenis PP125 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Cacat Produksi Jenis PP125

Parameter	Aktual Produksi (pcs)	Cacat Produksi (pcs)	Presentasi Cacat (%)
Rata-rata	42917	2681	6%
Jul-22	44000	2457	5%
Ags-22	46000	2420	5%
Sep-22	44500	2701	6%
Okt-22	41200	2653	6%
Nov-22	39000	2860	7%
Des-22	42800	2995	7%

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Keterangan simulasi pada rata-rata menggunakan persamaan (2) yaitu:

$\text{Cacat Rata} - \text{rata}\ (\%) = \frac{2681}{42917} \text{x}\ 100\% = 6\%$

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Tabel 2 menyajikan rekapitulasi cacat produksi suku cadang tipe PP125 selama periode Juli sampai Desember 2022 sebelum perbaikan. Dari produksi aktual rata-rata 42.917 pcs per bulan, tercatat produk cacat rata-rata 2.681 pcs atau setara dengan 6% dari total output. Angka bulanan bergerak antara 5% dan 7%, dengan kecenderungan memburuk di akhir tahun ketika produksi November dan Desember mencatat persentase cacat 7%. Produk cacat tidak dapat dikerjakan ulang karena pelanggan menolak produk hasil perbaikan pemasok demi menjaga jaminan mutu, sehingga seluruhnya menjadi limbah yang harus dimusnahkan. Dengan volume hampir 10.000 unit cacat per bulan untuk seluruh lini, perusahaan menanggung kerugian ganda: biaya material dan proses yang menguap, serta biaya penanganan limbah yang berdampak pada lingkungan karena dimusnahkan melalui pembakaran. Tabel ini menegaskan bahwa penurunan tingkat cacat bukan hanya target mutu, melainkan juga prasyarat keberhasilan *green manufacturing* di perusahaan ini.

Alur Material

Pada bagian ini akan dibahas alur material sebagai rantai pasok dari material yang sudah ada secara internal. Adapun data perputaran persediaan bahan baku dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Perputaran Persediaan Sebelum Perbaikan

Parameter (day)	*Turnover Inventory* Jul-Des 2022					
	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Raw Material	13	12	15	11	17	13
Semi Finish	10	12	12	7	11	4
Finish Goods	11	15	21	11	21	30
Total	34	39	48	29	49	47
Target	30	30	30	30	30	30
Achievement (%)	113%	130%	160%	97%	163%	157%
Average (%)	137%					

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Tabel 3 merinci perputaran persediaan pada setiap tahap sebelum perbaikan, mencakup bahan baku, barang setengah jadi, dan barang jadi selama Juli sampai Desember 2022. Hasilnya konsisten melampaui standar perusahaan 30 hari: total persediaan berkisar antara 34 dan 49 hari

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

dengan rata-rata pencapaian 137% dari batas maksimum. Komponen penyumbang terbesar adalah persediaan barang jadi yang pernah mencapai 30 hari pada bulan Desember, disusul bahan baku hingga 17 hari. Kondisi ini mengindikasikan overproduksi yang serius pada area perakitan dan inspeksi akhir: barang diproduksi lebih cepat daripada yang bisa dikirim, sehingga menumpuk sebagai stok yang mengikat modal. Persediaan berlebih juga menyembunyikan masalah proses, seperti *lead time* panjang dan informasi yang lambat, karena kesalahan kecil tertutupi oleh cadangan stok yang melimpah. Data pada tabel ini menjadi tolok ukur awal yang harus ditekan melalui sistem tarik agar perputaran persediaan kembali ke jalur yang sehat (Gurumurthy et al., 2020).

Focus Group Discussion (FGD)

Peran tim pakar pada tabel tersebut terwujud nyata dalam seluruh tahapan penelitian. Dari forum FGD dihasilkan identifikasi enam aktivitas tanpa nilai tambah yang dominan pada bagian perakitan dan inspeksi akhir, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori informasi, proses, konvejansi, dan stagnasi. Tim juga menetapkan prioritas perbaikan: penggantian pencatatan manual dengan e-Kanban, penambahan RFID terintegrasi dengan SAP, penggabungan dua gedung menjadi satu alur, serta penerapan penyeimbangan JIT mingguan.

Selain itu, pakar menetapkan target keberlanjutan perusahaan, yaitu capaian rencana pengiriman minimal 95% dan perputaran persediaan maksimal 30 hari, yang selanjutnya dijadikan indikator keberhasilan. Validasi hasil ukur sebelum dan sesudah perbaikan juga dibahas dalam forum ini untuk memastikan penafsiran data tidak bias. Keterlibatan lintas keahlian semacam ini menjadi salah satu faktor kunci mengapa rekomendasi perbaikan dapat dieksekusi secara konsisten oleh seluruh departemen terkait (Sukma et al., 2022). Adapun identitas dan keterampilan dari 5 ahli dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Identitas FGD

Expert	*Age (years)*	*Experiences (Year)*	*Skill*	*Remark*
1	39	17	PPIC	Internal
2	53	25	LM-GM	Internal
3	46	19	VSM	Internal
4	51	22	QA-*Production*	Internal
5	43	15	TQM	External

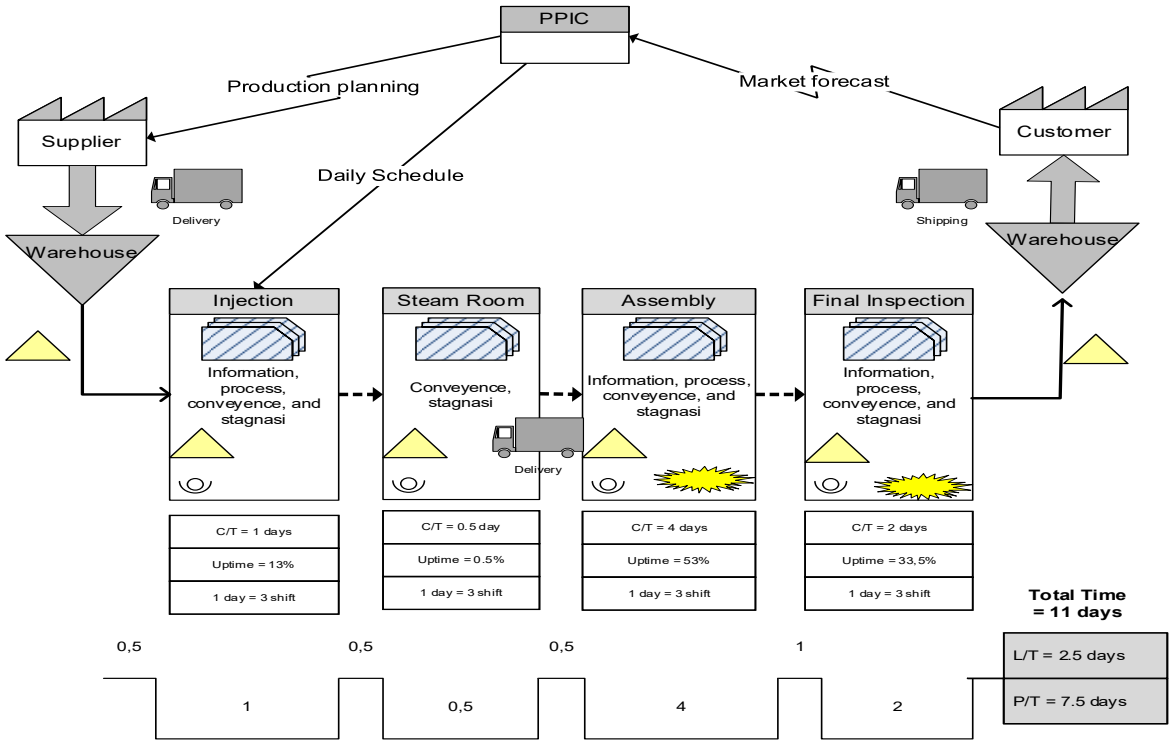
P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Tabel 4 mendokumentasikan identitas pakar yang terlibat dalam FGD, forum yang menjadi motor penggalian data kualitatif dalam penelitian ini. Lima pakar yang hadir memiliki latar belakang dan pengalaman yang saling melengkapi: empat pakar internal menguasai bidang perencanaan produksi (PPIC) dengan pengalaman 17 tahun, *lean-green manufacturing* 25 tahun, pemetaan aliran nilai (VSM) 19 tahun, serta *quality assurance* dan produksi 22 tahun; ditambah satu pakar eksternal spesialis total quality management dengan pengalaman 15 tahun. Kombinasi pengalaman total lebih dari 90 tahun memastikan identifikasi permasalahan, klasifikasi aktivitas bermutu tambah dan tidak bermutu tambah, penentuan akar penyebab, serta perumusan tindakan korektif dilakukan dari sudut pandang yang menyeluruh. Kehadiran pakar eksternal berfungsi sebagai pembanding objektif agar rekomendasi tidak terjebak pada kebiasaan internal. Susunan tim semacam ini penting karena validitas hasil CSM dan desain FSM sangat bergantung pada kualitas deliberasi para ahli dalam FGD.

Current State Mapping (CSM)

Pada bagian ini akan dibahas kondisi sekarang atau sebelum perbaikan dari pemetaan kegiatan proses produksi suku cadang jenis PP125 yang dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9 memperlihatkan CSM, yaitu potret kondisi awal aliran nilai sebelum perbaikan. Diagram memetakan setiap tahap pemasok, gudang, injeksi, steam room, perakitan, inspeksi akhir, hingga pengiriman beserta data *uptime*, jumlah *shift*, dan *cycle time* masing-masing. Hasil pengukuran menunjukkan *process time* total 7,5 hari dengan distribusi terbesar pada perakitan (4,0 hari) dan inspeksi akhir (2,0 hari), sedangkan *lead time* 2,5 hari, sehingga waktu total satu lot sebesar 3.656 pcs mencapai 11,0 hari. *Uptime* yang rendah pada beberapa stasiun menandakan banyak waktu mati akibat menunggu informasi dan konfirmasi. Peta ini juga menyoroti aliran informasi yang lambat antarbagian serta stagnasi barang pada titik penghubung antargedung. CSM menjadi alat diagnostik yang krusial karena memindahkan keluhan kualitatif di lantai produksi menjadi angka yang terukur, sehingga prioritas perbaikan dapat ditetapkan secara objektif pada stasiun dengan pemborosan terbesar.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/



Gambar 9. *Current State Mapping* (CSM)

Sumber: (Pengolahan data, 2022)

Identifikasi Waste

Nilai strategis tabel identifikasi tersebut terletak pada fungsinya sebagai dasar klasifikasi dan penetapan prioritas. Tim FGD mengklasifikasikan setiap aktivitas ke dalam VA, NVA, dan NNVA, dengan hasil total NVA 1,5 hari dan NNVA 4,0 hari pada bagian perakitan dan inspeksi akhir. Aktivitas NVA seperti informasi yang terlambat dan penanganan manual harus dieliminasi, sementara NNVA seperti transportasi antargedung direduksi melalui perombakan tata letak. Tanpa tabel ini, perbaikan berisiko diarahkan ke stasiun yang salah, misalnya, menambah kecepatan mesin injeksi yang sesungguhnya bukan hambatan. Tabel ini juga menjadi dokumen komunikasi antardepartemen: setiap seksi melihat kontribusi pemborosannya dalam angka, sehingga komitmen perbaikan dapat dibagi secara proporsional. Sesudah perbaikan, tabel pembandingnya menunjukkan seluruh kategori menyusut secara signifikan, membuktikan bahwa prioritas yang ditetapkan dari tabel awal tepat sasaran dan dieksekusi secara efektif. Adapun identitas limbah suku cadang sebelum perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Tabel 5 menyajikan hasil identifikasi pemborosan sebelum perbaikan yang diukur per aktivitas pada empat tahap utama: injeksi, steam room, perakitan, dan inspeksi akhir. Pemborosan dikelompokkan ke dalam empat kategori: informasi, proses, konvejansi, dan stagnasi. Hasilnya menunjukkan perakitan menyerap waktu terlama, 4,0 hari, yang didominasi stagnasi 2,0 hari dan konvejansi 1,0 hari akibat lokasinya yang terpisah di gedung kedua. Inspeksi akhir menyusul dalam 2,0 hari, terutama dari komponen stagnasi 1,0 hari dan konvejansi 0,46 hari. Sementara itu, injeksi dan steam room relatif efisien dengan masing-masing 1,0 dan 0,5 hari. Pola distribusi ini menegaskan bahwa pemborosan tidak tersebar merata, melainkan terkonsentrasi pada aktivitas hilir yang lokasinya terpisah dan informasinya tersendat. Kategori informasi dan stagnasi menjadi penanda khas proses yang belum terhubung secara digital, sehingga perbaikan yang dirancang menargetkan kedua kategori ini sebagai prioritas utama.

Tabel 5. Identifikasi Pemborosan Sebelum Perbaikan

Activity	*Injection (day)*	*Steam Room (day)*	*Assembly (day)*	*Final Inspection (day)*
Information	0,040		0,500	0,500
Process	0,230		0,500	0,040
Conveyance	0,230	0,250	1,000	0,460
Stagnasi	0,500	0,250	2,000	1,000
Total	1,000	0,500	4,000	2,000

Tabel 6. Klasifikasi Limbah Manufaktur Suku Cadang

Proses	***Activity***	***Activity Identification***	***Time (day)***	***Waste Classification***		
				VA	***NVA***	***NNVA***
Assembly	*Information*	*Information from other departments was provided late*	*0,500*		√	
	Process	*There are 2x assembly processes*	*2,000*		√	
	Conveyance	*Transportation from Building 1 to Building 2*	*0,500*			√
	Stagnasi	*Waiting for confirmation from customers and suppliers*	*1,000*		√	
Final Inspect	*Information*	*Information from previous sections is often late*	*0,500*		√	

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Proses	*Activity*	*Activity Identification*	*Time (day)*	*Waste Classification*		
				VA	*NVA*	*NNVA*
	Process	*The production process involves manual input of materials and products*	*1,000*		√	
	Conveyance	*FI location is in Building 2*	*0,500*			√
	Stagnasi	*Waiting for confirmation from customers and suppliers*			√	
		Total	*6,000*		*5,000*	*1,000*

Tabel 6 merinci klasifikasi setiap aktivitas pemborosan pada bagian perakitan dan inspeksi akhir beserta durasinya, sebagai fondasi perancangan tindakan korektif. Pada perakitan teridentifikasi empat aktivitas: informasi antar departemen yang diberikan terlambat (0,5 hari, NVA), proses perakitan ganda dua kali (2,0 hari, NVA), transportasi dari gedung satu ke gedung dua (0,5 hari, NNVA), dan stagnasi menunggu konfirmasi pelanggan-pemasok (1,0 hari, NVA). Pada inspeksi akhir juga tercatat empat aktivitas serupa: informasi dari seksi sebelumnya yang sering terlambat, proses input material dan produk yang masih manual (1,0 hari, NVA), posisi inspeksi yang jauh di gedung dua (0,5 hari, NNVA), serta stagnasi menunggu konfirmasi. Totalnya mencapai 5,0 hari NVA dan 1,0 hari NNVA dari 6,0 hari aktivitas kedua bagian, artinya hampir seluruh waktu di dua stasiun ini tidak menambah nilai bagi pelanggan. Rincian ini menjadikan arah perbaikan sangat spesifik, tidak berhenti pada kesimpulan umum bahwa produksi lambat.

Tindakan Perbaikan

Perbaikan difokuskan pada empat kategori pemborosan. Pertama, pada aspek informasi, sistem pencatatan manual digantikan oleh e-Kanban berbasis *barcode* yang mencakup modul penerimaan barang, penyimpanan, pengembalian, pemrosesan, stok gudang, stock taking, hingga kartu stok otomatis mengikuti jadwal produksi. Implementasi e-Kanban membuat status produk OK/NG cepat terdeteksi dan selisih *stocktaking* berada di bawah 1%. Kebutuhan kartu Kanban untuk keluarga PP125 pada Agustus 2023 dihitung sebesar 94 kartu, dengan contoh perhitungan kuantitas order harian 523 pcs, *draft lot size* 1.465 pcs, dan *loading time* 10.436 detik.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Informasi

Sistem Proxpro tersebut kemudian digantikan sepenuhnya oleh e-Kanban sebagaimana dijabarkan pada gambar berikutnya, menutup seluruh celah yang dulu ada. Modul input manual diperluas menjadi rangkaian modul elektronik yang mencakup penerimaan, penyimpanan, pengembalian, pemrosesan material, stok gudang, pemrosesan ulang, *stock taking*, dan pelaporan hasil, seluruhnya terhubung. Input kini dilakukan lewat pemindaian *barcode* langsung oleh operator di titik kejadian, bukan oleh admin di belakang meja, sehingga data selalu mutakhir dalam hitungan detik. Kartu stok terbentuk otomatis mengikuti jadwal produksi, dan selisih *stock taking* turun di bawah 1%. Konsumsi kertas administrasi menyusut drastis seiring hilangnya formulir manual, selaras dengan prinsip *green manufacturing*. Perubahan dari gambar lama ke sistem baru ini menunjukkan bahwa perbaikan informasi bukan pelengkap, melainkan prasyarat: tanpa aliran data yang cepat dan akurat, sistem tarik fisik tidak akan pernah berjalan mulus. Adapun aplikasi sebelumnya menggunakan sistem proxpro pada pelaksanaan inventaris dapat dilihat pada Gambar 10.



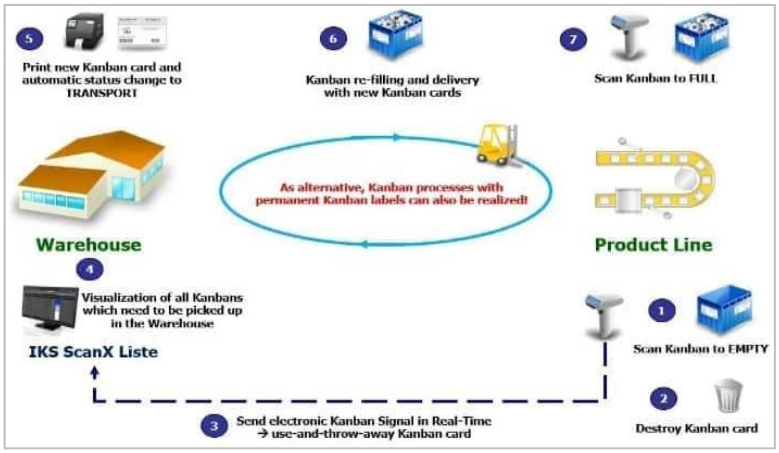
Gambar 10. *Inventory* Sistem Proxpro

Gambar 10 menampilkan tampilan sistem inventaris Proxpro yang selama ini digunakan perusahaan. Sistem lama ini hanya menyediakan modul input manual untuk penerimaan barang, barang terproses, koreksi persediaan, dan *stock taking*, dengan keluaran berupa kondisi stok, kartu mutasi, rekapitulasi transaksi, dan harga pokok produksi. Seluruh data diinput oleh staf administrasi masing-masing seksi secara manual, sehingga kecepatan dan akurasi informasi sangat bergantung pada kedisiplinan individu. Keterlambatan input dari seksi hulu membuat seksi hilir mengambil keputusan dengan data yang sudah usang, memicu antrean produksi yang tidak sinkron. Selain lambat, pencatatan manual juga rawan salah ketik yang bermuara pada

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

selisih *stock taking*, dan seluruh administrasi menimbulkan konsumsi kertas yang terus bertambah sekitar 10% per tahun. Gambar ini mendokumentasikan titik lemah sistem informasi lama yang menjadi salah satu akar pemborosan kategori informasi dan stagnasi pada hasil identifikasi. Arsitektur sistem e-Kanban yang menjadi tulang punggung tindakan perbaikan kategori informasi.

Sistem ini menggabungkan kanban elektronik dan kanban manual berupa papan informasi serta layer *display* yang menampilkan data hasil produksi, cacat, dan stok secara visual di lantai produksi. Setiap pergerakan barang penerimaan, penyimpanan, pemrosesan, pengembalian, hingga *stock taking dicatat* oleh operator masing-masing seksi melalui pemindaian *barcode*, dan seluruh supervisor dapat memantau saldo serta pergerakan barang secara langsung dari aplikasi. Hak akses disesuaikan dengan wewenang masing-masing karyawan sehingga integritas data tetap terjaga. Mekanisme pentingnya: label barang yang terblokir tidak dapat dipindai, sehingga barang otomatis tertahan untuk dipindahkan ke tahap berikutnya hingga statusnya diselesaikan oleh kontrol mutu yang tertanam langsung dalam sistem. Implementasi e-Kanban ini menjadikan aktivitas penarikan material bernilai tambah, status OK/NG terdeteksi cepat, dan selisih stock taking berada di bawah 1% (Romeira et al., 2021).



Gambar 11. Sistem E-Kanban

Efektivitas sistem pada Gambar 11 dibuktikan lewat perhitungan kebutuhan kartu Kanban yang ditampilkan pada tabel perhitungan berikutnya. Untuk keluarga PP125 pada Agustus 2023, PPIC menghitung kebutuhan 94 kartu Kanban yang mencakup empat nomor part dalam satu keluarga. Contoh perhitungannya: PP125-PN84 dengan permintaan 11.509 pcs per

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

bulan menghasilkan kebutuhan harian 523 pcs, draft lot size 1.465 pcs, *cycle time* 19,95 detik, dan loading time per lot 10.436 detik. Perhitungan serupa dijalankan untuk ketiga part lainnya agar kapasitas mesin terbagi secara proporsional sesuai porsi permintaan masing-masing. Kartu Kanban inilah yang mengatur ritme produksi hulu-hilir: kanban transport memicu pengiriman dari proses *upstream*, sedangkan kanban produksi mengatur urutan pengerjaan di post masing-masing. Dengan jumlah kartu yang terukur, stok dalam sistem terkendali secara desain; tidak ada produksi tanpa sinyal sehingga overproduksi yang dulu kronis kini secara struktural mustahil terjadi tanpa terdeteksi (Daonil et al., 2024). Adapun contoh simulasi perhitungan Kanban pada departemen Assembling dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Kanban Departemen *Assembling*

Kanban Calculation												
Line Name			*Assembling*					*Pulling Time*		*40*	*2400*	
Month			*Augustus*	2023				*Efficiency (%)*		*90%*		
Working Day			22					*Conveyance Time*		*5*	*300*	
Work Time/shift			420	25200				*KPI Dandory allocation (Policy Management) --%*		*10%*		
Total Shift			3									
Dandory Allocation			42	2520				*Machine Cycle Time*				
Dandory Time			20	1200				*Post 1*	*Post 2*	*Post 3*	*Post 4*	
Dandory Frequency			2.1									
Draft Lot Size			1465					*Post 5*	*Post 6*	*Post 7*	*Post 8*	
Loading Time / Day			997	59826.8								
Free Time			-607	-34626.8								
No	*Part Number*	*Part name*	*Quantity Order /Month (Pcs)*	*Quantity Order/ Day (Pcs)*	*Quantity/ Kanban (Pcs/kb)*	*Draft Lotsize (Kb)*		*Lot Size (Pcs)*	*Cycle Time (second)*	*Loading Time/ Day (Second)*	*Loading Time/ Lot (Second)*	*Accumulation (Second)*
1	PP125-PN84		11509	523	30	48.8	49	1470	19.95	10436	29327	10437
2	PP125-PN82		12863	585	32	45.8	46	1472	16.5	9647	24288	20084
3	PP125-PN53		14217	646	20	73.3	74	1480	18.5	11955	27380	32039

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Kanban Calculation											
4	PP125 -PN63	29111	1323	12	122.1	123	1476	21	27787	30996	59827
	Total	67700	3077						59827	111991	

Keterangan simulasi perhitungan Kanban pada part number PP125-PN84 menggunakan rumus persamaan (3), (4), (5), (6), dan (7) yaitu:

$$Jumlah\ Pesanan\ (hari/pcs) = \frac{11509}{22} = 523$$

$$Draft\ Lot\ Size\ DL = 523 \times 19{,}95 = 10.436 \text{ detik } \textit{loading time/lot} \rightarrow \text{lot } 1.470 \text{ pcs}$$

$$Jumlah\ Kartu\ Kanban\ (pcs) = \frac{1.470\ x\ (1+0{,}9)}{30} = 94$$

$$Loading\ menit/hari = \sum (523 \times 19{,}95) = 1867 \text{ atau } 111.991 \text{ detik per hari}$$

Kapasitas efektif atau waktu tersedia = 1260 menit

$$Free\ Time\ (menit) = 1260 - 1867 = -607$$

Tabel 7 menyajikan perhitungan Kanban departemen perakitan untuk periode Agustus 2023 sebagai dasar operasionalisasi sistem tarik. Parameter dasarnya: 22 hari kerja, waktu kerja 420 menit per shift dengan tiga *shift*, efisiensi 90%, *pulling time* 40 menit, conveyance time 5 menit, dan alokasi dandory 10% sesuai kebijakan manajemen. Dari empat nomor part keluarga PP125 dengan total permintaan 67.700 pcs per bulan, dihitung kebutuhan harian, jumlah per kanban, *draft lot size*, dan *loading time* masing-masing. PP125-PN63 sebagai part dengan porsi terbesar (43%) memerlukan lot 1.476 pcs dengan *cycle time* 21 detik, sementara PP125-PN84 yang porsi permintaannya 17% memerlukan lot 1.470 pcs dengan *cycle time* 19,95 detik. Akumulasi *loading time* seluruh part mencapai 111.991 detik per hari, dan hasil simulasi *free time* bernilai negatif (−607 menit) menandakan beban melebihi kapasitas satu *shift,* sinyal penting bahwa alokasi dandory dan urutan lot harus dikelola ketat agar target tercapai.

Proses

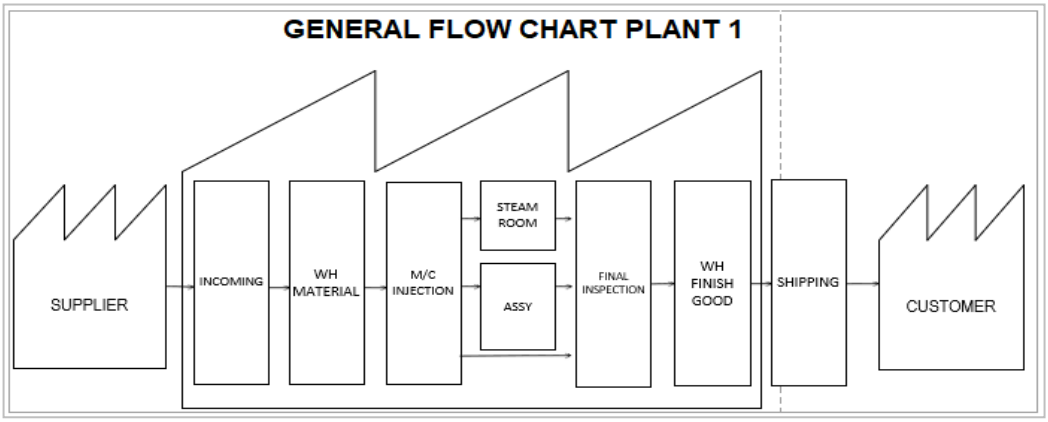
Pada aspek prosesnya, sistem dilengkapi dengan RFID terintegrasi dengan SAP/ERP sehingga transaksi barang lebih akurat, cepat, dan aman. Masalah terkait parameter proses adalah bahwa proses produksi melibatkan input material dan produk secara manual, sehingga memakan waktu lama dalam transaksi pergerakan barang. Selain itu, karena pengelolaan inventaris sangat bergantung pada ketelitian petugas yang melaksanakannya, terdapat risiko terjadinya kesalahan

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

perhitungan. Oleh karena itu, sistem E-kanban baru dilengkapi dengan sistem inventaris produk berbasis RFID. Salah satu contoh penerapan sistem RFID adalah penggunaan kode *barcode* saat transaksi barang serta pemantauan stok barang melalui SAP yang merupakan bagian dari ERP. Keberadaan RFID tidak terlepas dari aspek keamanan kontrol akses yang berfungsi menghubungkan jaringan akses dari suatu area ke dalam laporan terdokumentasi di komputer. Peran RFID dalam perusahaan memberikan berbagai manfaat, antara lain identifikasi berbasis tag RFID, akses otomatis ke area atau informasi tertentu, kecepatan identifikasi dan autentikasi yang baik, tingkat keamanan atau privasi yang tinggi, kemampuan pemantauan atau pelacakan, serta skalabilitas yang luas (Abugabah et al., 2020).

Conveyance

Pada aspek transportasi, dilakukan *re-layout* dengan memadukan area *Assembly* dan *Final Inspection* ke dalam satu gedung, menghilangkan perpindahan antargedung sekaligus menerapkan aliran FIFO. Adapun *relayout* perbaikan rantai pasok pada gedung dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Relayout Gedung

Gambar 12: konfigurasi tata letak dirombak secara menyeluruh sebagaimana tercermin pada perbandingan kondisi awal. Area perakitan dan inspeksi akhir yang semula terpisah di gedung kedua dipadukan ke dalam satu gedung bersama proses hulu, sehingga aliran material mengalir berurutan tanpa perpindahan antar gedung. Area transit dan gudang barang setengah jadi yang menjadi titik stagnasi dihapus dan digantikan dengan mekanisme FIFO yang mengatur antrean barang secara disiplin. Dengan jarak tempuh material yang jauh lebih pendek, waktu konvejansi menyusut tajam, risiko kerusakan produk akibat pemindahan berkurang, dan

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

pengendalian aliran informasi menjadi lebih sederhana karena seluruh aktivitas bernilai tambah berada dalam satu naungan pengawasan. Susunan baru ini menjadi fondasi bagi tercapainya waktu proses total 4,5 hari per lot, sekaligus memperkuat penerapan sistem tarik e-Kanban karena sinyal produksi antarsasiun dapat diteruskan hampir tanpa jeda.

Stagnasi

Pada aspek stagnasi, diterapkan JIT dengan penyeimbangan produksi mingguan; contohnya, stok pengaman perakitan Agustus 2023 dihitung sebesar 3.835 pcs dengan capaian target stok berkisar 83%–115% sesuai kebijakan manajemen. Adapun perhitungan simulasi JIT seperti yang sudah dilakukan peneliti dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 merangkum hasil penyeimbangan produksi dengan metode JIT pada akhir periode pengamatan, mencakup tujuh titik kendali stok dari gudang suku cadang hingga perakitan. Setiap baris menampilkan stok awal, rencana produksi, rencana pengiriman, stok pengaman yang dihitung, target, capaian, serta standar stok pengaman 5%-10% sesuai kebijakan. Contoh perhitungannya pada area perakitan: stok WIP 3.435 pcs ditambah rencana produksi 68.100 pcs dikurangi rencana pengiriman 67.700 pcs menghasilkan stok pengaman 3.835 pcs dengan capaian 113%. Capaian seluruh titik bergerak antara 83% dan 115%, dengan satu titik (gudang suku cadang) berada di bawah target pada 83%. Evaluasi dilakukan secara *real-time* setiap minggu sehingga deviasi terdeteksi dengan cepat dan dapat dikoreksi sebelum berdampak pada pengiriman. Mekanisme ini menggantikan cara kerja lama yang menumpuk stok sebagai bantalan, dengan disiplin menyeimbangkan tiga variabel: stok, produksi, dan pengiriman.

Tabel 8. Perhitungan JIT

End Jul-23	***Production Plan Aug-23***		***End Aug-23***			
A (Stock WIP)	***B (Prod. Planning)***	***C (Delivery)***	***D (Safety Stock)***	***Target Stock***	***Achievement***	***Target Safety Stock (%)***
Stock Warehouse	*Prod. Packing*	*Ship. Plan*				
3530	*67100*	*66800*	*3830*	*3340*	*115%*	*5%*
Stock Packing	*Prod. FI*	*Prod. Packing*	*Packing*			
3363	*67400*	*67100*	*3663*	*3355*	*109%*	*5%*
Stock FI	*Prod. Assembling*	*Prod. FI*	*FI*			
3289	*67700*	*67400*	*3589*	*3370*	*106%*	*5%*

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

End Jul-23	*Production Plan Aug-23*		*End Aug-23*			
A (Stock WIP)	***B (Prod. Planning)***	***C (Delivery)***	***D (Safety Stock)***	***Target Stock***	***Achievement***	***Target Safety Stock (%)***
Stock Assembling	*Prod. Injection*	*Prod. Assembling*	*Assembling*			
3435	*68100*	*67700*	*3835*	*3385*	*113%*	*5%*
Stock Injection	*Preparation*	*Prod. Injection*	*Injection*			
3528	*68200*	*68100*	*3628*	*3405*	*107%*	*5%*
Stock Preparation	*Spare Part WH*	*Preparation*	*Preparation*			
5458	*68400*	*68200*	*5658*	*6820*	*83%*	*10%*
Stock WH Spare Part	*From Supplier*	*WH Spare Part*	*WH Spare Part*			
6876	*68500*	*68400*	*6976*	*6840*	*102%*	*10%*
29479			*31179*			

Keterangan simulasi perhitungan JIT menggunakan rumus persamaan (8) yaitu:

$$Safety\ Stock\ (pcs)\ Assembling = 3435 + 68100 - 67700 = 3835$$

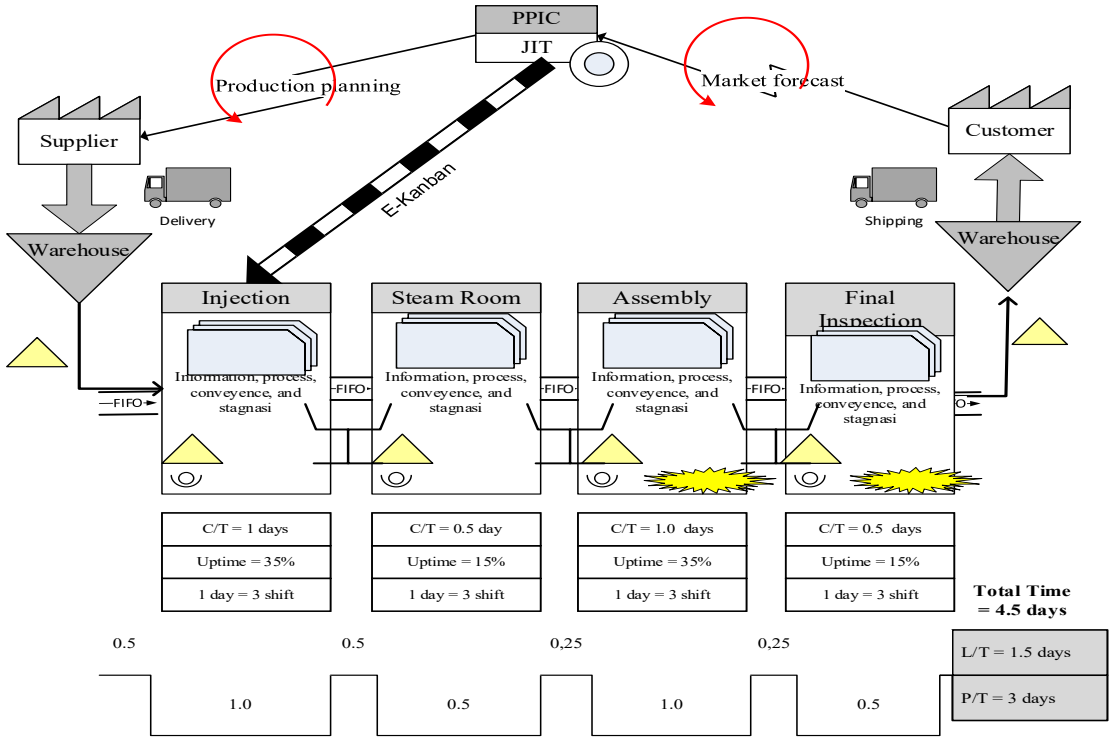
Hasil Pengukuran Future State Mapping (FSM)

Pengukuran FSM menunjukkan waktu total satu lot turun menjadi 4,5 hari (process time 3,0 hari; lead time 1,5 hari). Secara komparatif, process time menyusut 60% dan lead time 40%, dengan reduksi waktu total 59%. Waktu proses area *Assembly* dan *Final Inspection* turun dari 6,0 hari menjadi 1,5 hari. Perputaran persediaan enam bulan pasca perbaikan turun menjadi 96% dari standar, artinya *overproduction* berhasil dikendalikan dan total stok berada pada atau di bawah batas 30 hari. Adapun simulasi pemetaan lewat FSM dapat dilihat pada Gambar 13.

FSM pada Gambar 13 sekaligus menjadi instrumen evaluasi pencapaian tujuan penelitian. Perbandingan langsung terhadap CSM menunjukkan *process time* turun dari 7,5 ke 3,0 hari (reduksi 60%) dan *lead time* dari 2,5 ke 1,5 hari (reduksi 40%), sehingga waktu total menyusut dari 11,0 ke 4,5 hari atau 59%. Kenaikan *uptime* dan perbaikan *cycle time* mencerminkan hilangnya pemborosan kategori informasi dan stagnasi yang dulu dominan. Peta baru ini kemudian dijadikan standar operasional baru: seluruh KPI departemen produksi —*cycle time*, *lead time*, *takt time* diukur terhadap *baseline* FSM, bukan lagi terhadap kondisi lama. Bagi pelanggan, dampaknya nyata dalam bentuk jadwal pengiriman yang lebih andal; bagi perusahaan, kapasitas efektif naik tanpa investasi mesin baru. FSM dengan demikian

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

melengkapi siklus perbaikan: CSM mendiagnosis, tindakan korektif mengobati, dan FSM membuktikan serta menetapkan patokan untuk perbaikan berkelanjutan berikutnya.



Gambar 13. Future State mapping (FSM)

Hasil Perhitungan Inventory Setelah Perbaikan

Implikasi lanjutan dari perputaran persediaan baru tersebut bersifat ganda: finansial dan lingkungan. Secara finansial, penurunan hari persediaan mempercepat perputaran modal kerja dan mengurangi biaya penyimpanan; ruang gudang yang dulu penuh barang setengah jadi kini lega, mengikuti hilangnya area transit akibat *re-layout*. Adapun hasil inventori suku cadang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Inventori Setelah Perbaikan

Parameter (hari)	*Turnover Inventory* 2023					
	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Raw Material	7	8	7	6	5	5
Semi Finish	5	4	4	5	3	4
Finish Goods	18	17	19	18	21	16
Total	30	29	30	29	29	25
Target	30	30	30	30	30	30

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Parameter (hari)	*Turnover Inventory* 2023					
	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Achievement (%)	100%	97%	100%	97%	97%	83%
Average (%)	96%					

Tabel 9 memaparkan data perputaran persediaan enam bulan pasca perbaikan sebagai verifikasi keberhasilan pengendalian stok. Setiap bulan pengamatan, total persediaan bahan baku, barang setengah jadi, dan barang jadi berada pada 25-30 hari, seluruhnya memenuhi standar maksimum 30 hari, dengan rata-rata capaian 96%. Komposisinya berubah secara mendasar dibandingkan dengan kondisi awal: bahan baku turun dari kisaran 11-17 hari menjadi hanya 5-8 hari, barang setengah jadi dari 4-12 hari menjadi 3-5 hari, dan barang jadi dari 11-30 hari menjadi 16-21 hari. Pola ini khas sistem tarik: material hampir tidak menumpuk di hulu karena ditarik sesuai konsumsi, sementara barang jadi menyisakan buffer tipis untuk mengamankan pengiriman. Rata-rata capaian 96% berarti perusahaan berhasil mengendalikan overproduksi yang dulu tercatat 137%, sekaligus membebaskan modal kerja yang dulu tertanam di gudang. Tabel ini menjadi bukti kuantitatif tercapainya tujuan penelitian tentang keseimbangan stok dengan pesanan. Adapun identifikasi limbah suku cadang setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Identifikasi Pemborosan Setelah Perbaikan

Activity	*Injection (day)*	*Steam Room (day)*	*Assembly (day)*	*Final Inspection (day)*
Information	0,500	0,100	0,895	0,457
Process	0,240	0,000	0,001	0,000
Conveyance	0,120	0,100	0,004	0,001
Stagnasi	0,240	0,300	0,096	0,056
Total	1,000	0,500	1,000	0,500

Tabel 10 menyajikan identifikasi pemborosan pasca perbaikan dengan struktur pengukuran yang sama dengan tabel sebelumnya, sehingga perbandingannya *apple-to-apple*. Durasi total per tahap menyusut secara signifikan: injeksi tetap 1,0 hari, *steam room* tetap 0,5 hari, tetapi perakitan turun dari 4,0 hari menjadi 1,0 hari dan inspeksi akhir dari 2,0 hari menjadi 0,5 hari. Lebih dalam lagi, komposisi kategori berubah: kategori konvejansi di perakitan nyaris menghilang (dari 1,0 hari menjadi 0,004 hari) karena gedung telah menyatu, dan kategori proses turun ke hampir nol karena input digital menggantikan kerja manual. Kategori informasi dan

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

stagnasi masih menyisakan porsi, namun dengan durasi jauh lebih kecil misalnya, stagnasi perakitan turun dari 2,0 hari menjadi 0,096 hari. Struktur tabel ini membuktikan bahwa tindakan korektif tepat menyasar penyebab: *re-layout* memangkas konvejansi, e-Kanban memangkas proses manual dan informasi lambat, JIT memangkas stagnasi.

Perbandingan Hasil Perbaikan

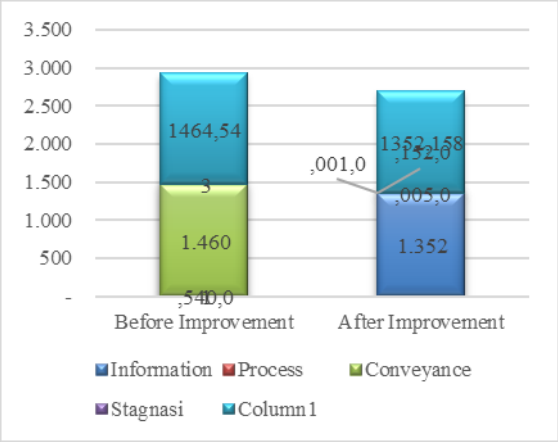
Perbandingan kategori pemborosan memperlihatkan perbaikan terbesar terjadi pada kategori proses dan konvejansi, disusul stagnasi dan informasi. Dari literatur pembanding, magnitude hasil ini tergolong tinggi: kajian lain melaporkan penurunan *lead time* sekitar 8-15% dengan integrasi *lean-green* (Ikatrinasari et al., 2018). Sementara penelitian ini mencapai 59% berkat kombinasi *re-layout* dan sistem tarik digital yang dieksekusi serentak. Dengan demikian, merangkum jawaban kuantitatif atas seluruh tujuan penelitian dalam satu lembar yang ringkas dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun perbandingan hasil sebelum dan sesudah perbaikan dari waktu tunggu rantai pasok suku cadang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Type of Activity	***Current State Map***		***Future State Map***		***Ratio***
	Time (days)	***%***	***Time (days)***	***%***	***(%)***
Lead Time	2.5	22.7	1.5	33.3	40.0
Process Time	7.5	87.3	3.0	66.7	60.0
Total	11.0	100.0	4.5	100.0	59.0

Tabel 11 merangkum perbandingan menyeluruh hasil sebelum dan sesudah perbaikan pada level *process time, lead time*, dan waktu total. Process time total menyusut dari 7,5 hari (87,3% komposisi) menjadi 3,0 hari (66,7%), atau reduksi 60%; kontribusi terbesar datang dari perakitan yang turun dari 4,0 menjadi 1,0 hari dan inspeksi akhir dari 2,0 menjadi 0,5 hari. *Lead time* menyusut dari 2,5 hari menjadi 1,5 hari, atau reduksi 40%. Waktu total produksi satu lot turun dari 11,0 hari menjadi 4,5 hari, setara dengan reduksi 59%. Angka-angka ini menegaskan pola yang konsisten dengan diagnosis CSM: karena 87% waktu lama terkandung dalam *process time*, maka perbaikan paling efektif memang menyerang aktivitas proses yang bermasalah, bukan sekadar memangkas antrean. Adapun perbandingan kategori pemborosan di bagian perakitan dan FI dapat dilihat pada Gambar 14.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/



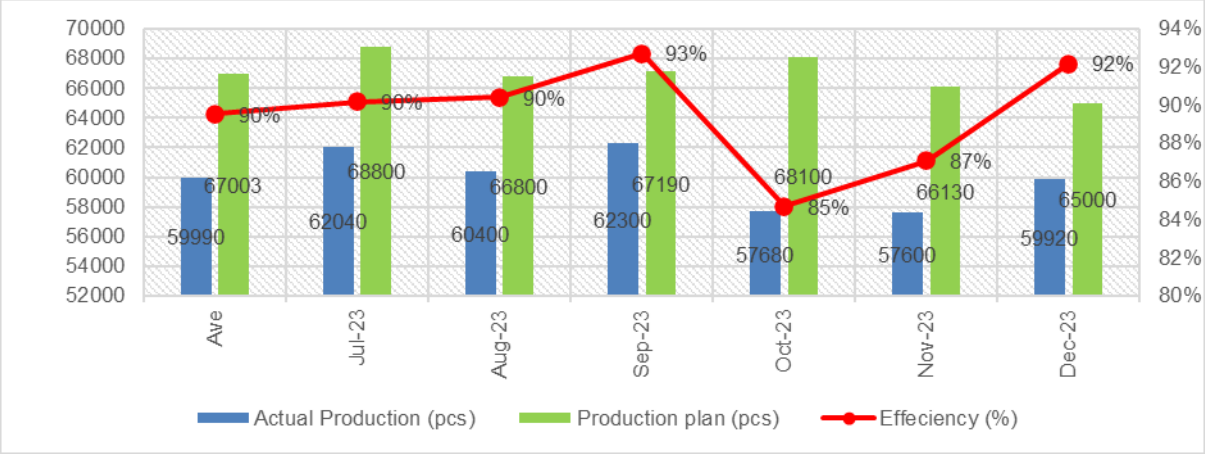
Gambar 14. Perbandingan Kategori Pemborosan di Bagian Perakitan Dan FI

Gambar 14 membandingkan kategori pemborosan di bagian perakitan dan inspeksi akhir sebelum dan sesudah perbaikan dalam satuan hari. Pada kategori informasi, durasi turun dari 1,0 hari menjadi sekitar 0,5 hari berkat e-Kanban yang mencatat pergerakan barang secara *real-time*. Kategori proses mengalami penurunan paling dramatis, dari 4,5 hari menjadi hampir nol, karena perakitan ganda dan input manual dihilangkan. Konvejansi yang dulu menyumbang 1,5 hari akibat perpindahan antargedung kini nyaris menghilang setelah kedua area dipadukan dalam satu gedung. Sementara itu, stagnasi menyusut dari 3,0 hari menjadi sekitar 0,6 hari berkat penyeimbangan JIT yang menjadwalkan produksi sesuai sinyal nyata, bukan perkiraan. Grafik ini memvisualkan bahwa perbaikan tidak menyerang satu kategori saja, melainkan keempat kategori sekaligus, dengan dampak terbesar pada proses dan konvejansi yang merupakan akar persoalan tata letak. Total pemborosan dua bagian tersebut turun dari sekitar 10 hari menjadi kurang dari 2 hari. Adapun data laporan hasil produksi PP125 setelah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 15.

Gambar 15 memperlihatkan kinerja produksi komponen plastik tipe PP125 setelah perbaikan, membandingkan realisasi produksi, rencana produksi, dan efisiensi bulanan selama periode Juli sampai Desember 2023. Realisasi produksi bergerak stabil pada kisaran 57.600 hingga 62.300 pcs per bulan dengan rata-rata 59.990 pcs, sedangkan rencana produksi dinaikkan ke kisaran 65.000 hingga 68.800 pcs mengikuti target baru 67.003 pcs. Efisiensi bulanan tercatat antara 85% dan 93% dengan rata-rata 90%, meningkat dua belas poin dari kondisi sebelum perbaikan. Yang menonjol bukan hanya kenaikan levelnya, melainkan kestabilannya: variasi antarbulan jauh lebih sempit dibanding fluktuasi kondisi awal yang turun

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

hingga 72%. Kestabilan ini lahir dari ritme *takt time* yang lebih rapat, *lot size* terstandar lewat Kanban, serta hilangnya gangguan perpindahan antar gedung. Dengan kapasitas efektif yang naik tanpa penambahan mesin, perusahaan dapat menerima kenaikan permintaan pelanggan tanpa investasi besar.



Gambar 15. Produksi Komponen Plastik Tipe PP125 Setelah Perbaikan

Dampak terhadap *output:* efisiensi bulanan naik menjadi 90% dengan produksi rata-rata 59.990 pcs per bulan, naik 12 poin dari kondisi awal, dan target produksi baru ditetapkan 67.003 pcs per bulan. Tingkat cacat turun tajam dari 6% menjadi rata-rata 0,6% per bulan sehingga volume limbah yang harus dimusnahkan menyusut drastis dan pembakaran limbah dapat dieliminasi, sejalan dengan prinsip GM. Pencapaian rencana pengiriman (*shipment plan*) mencapai 96% dari order pelanggan, dan perputaran persediaan di bawah 30 hari menjamin kontinuitas pasokan. Kontribusi manajerial diwujudkan melalui KPI departemen produksi (*cycle time, lead time*, efisiensi lini, *takt time*, produksi rata-rata, dan *defect*) yang dipantau dan ditinjau oleh manajemen setiap tahun. Temuan ini konsisten dengan literatur sebelumnya yang melaporkan bahwa integrasi *lean* dan *green* memberi efek sinergis terhadap efisiensi operasional dan kinerja lingkungan, termasuk penurunan *lead time*, pengurangan stok material berlebih, dan penghematan energi (Ullah et al., 2025).

Tabel 12. Persentasi Cacat Produksi Setelah Perbaikan

Parameter	Aktual Produksi (pcs)	Cacat Produksi (pcs)	Persentasi Cacat (%)
Rata-rata	59990	384	0.6%

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Parameter	Aktual Produksi (pcs)	Cacat Produksi (pcs)	Persentasi Cacat (%)
Jul-23	62040	512	0.8%
Ags-23	60400	432	0.7%
Sep-23	62300	342	0.5%
Okt-23	57680	351	0.6%
Nov-23	57600	298	0.5%
Des-23	59920	367	0.6%

Keterangan simulasi pada rata-rata menggunakan persamaan (2) yaitu:

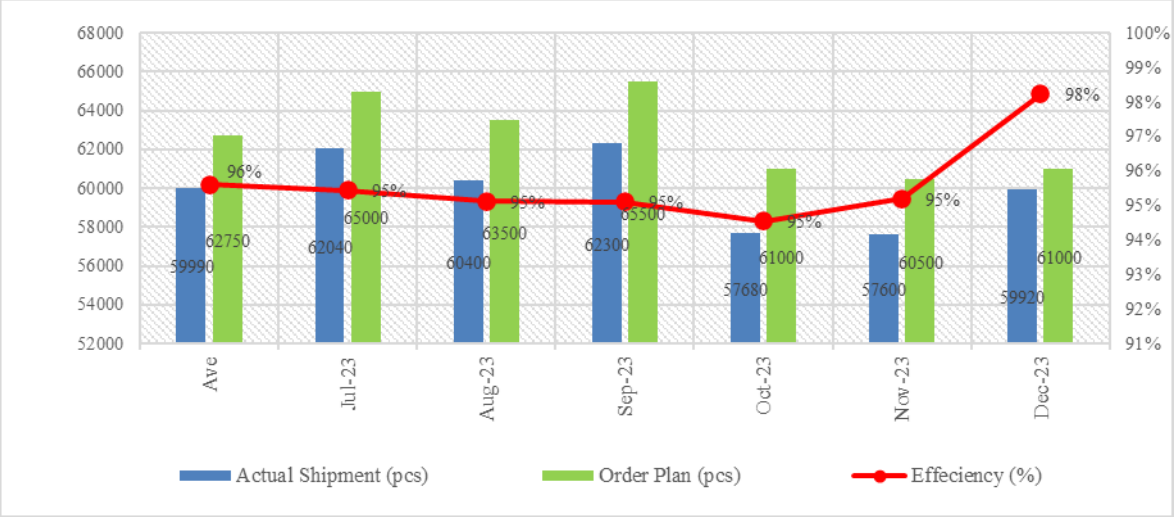
$$\text{Cacat Rata} - \text{rata}\ (\%) = \frac{384}{59990} \text{x}\ 100\% = 0{,}6\%$$

Tabel 12 menyajikan persentase cacat produksi PP125 setelah perbaikan sebagai pelengkap evaluasi mutu. Dari produksi rata-rata 59.990 pcs per bulan, produk cacat hanya 384 pcs atau 0,6%, terdistribusi stabil antara 0,5% dan 0,8% sepanjang enam bulan pengamatan. Tidak ada satu pun bulan yang menyentuh angka 1%. Kontras dengan kondisi awal yang mencatat 6% (2.681 pcs per bulan) dengan tren memburuk hingga 7% di akhir tahun. Penurunan sepuluh kali lipat ini lahir dari kombinasi faktor: alur satu gedung mengurangi penanganan berulang, e-Kanban mempercepat deteksi status OK/NG, penyeimbangan JIT menghapus tekanan produksi terburu-buru, dan RFID memastikan identifikasi material yang akurat sehingga kesalahan komponen terhindar. Karena produk cacat tidak dapat dikerjakan ulang menurut ketentuan pelanggan, setiap penurunan persentase cacat berarti langsung mengurangi limbah padat yang semula dimusnahkan dengan dibakar (Daonil et al., 2024).

Implikasi Penelitian Terhadap Keberlanjutan Pesanan Pelanggan

Pada bagian ini akan dibahas hasil produksi dan pesanan pelanggan selama 6 bulan setelah perbaikan. Adapun keberlanjutan pesanan pelanggan dapat dilihat pada Gambar 16.

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/



Gambar 16. Keberlanjutan Pesanan Pelanggan

Gambar 16 menampilkan keberlanjutan pesanan pelanggan berupa perbandingan realisasi pengiriman aktual dengan rencana order pelanggan selama periode pasca perbaikan. Realisasi pengiriman berkisar 57.600 hingga 62.300 pcs per bulan mengikuti rencana order yang ditetapkan pelanggan pada kisaran 60.500 hingga 65.500 pcs, dengan capaian rata-rata 96% dan bulan terbaik mencapai 98%. Perjanjian awal dengan pelanggan menetapkan target pemenuhan minimal 95%, sehingga seluruh bulan pengamatan berada di atas komitmen. Capaian ini kontras dengan kondisi sebelum perbaikan ketika hampir semua jenis suku cadang terkirim terlambat, termasuk part PP yang molor 8 hari dari target. Kunci keberhasilannya terletak pada tiga hal yang bekerja serentak: waktu proses yang menyusut menjadi 4,5 hari memberi ruang reaksi lebih panjang, perputaran persediaan di bawah 30 hari memastikan barang siap kirim selalu tersedia, dan e-Kanban memberi visibilitas status pesanan secara *real time.*

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu menjadi perhatian dalam penafsiran hasil serta pengembangan kajian selanjutnya. Pertama, aspek biaya produksi belum dihitung, baik sebelum maupun sesudah perbaikan, sehingga manfaat finansial dari penurunan waktu proses, penurunan produk cacat, dan hilangnya aktivitas pembakaran limbah belum dapat dikuantifikasi dalam satuan rupiah. Kedua, penentuan jumlah tenaga kerja belum diperhitungkan karena selama periode penelitian manajemen belum menetapkan kebutuhan personel, padahal perubahan tata letak dan penerapan e-Kanban dapat memengaruhi beban

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

kerja serta kebutuhan operator di setiap stasiun. Ketiga, objek penelitian dibatasi pada satu area kerja, yaitu proses produksi suku cadang kendaraan roda empat tipe MPV dengan keluarga material PP tipe PP125, sehingga generalisasi hasil terhadap lini produksi lain yang menggunakan resin berbeda perlu dilakukan secara hati-hati. Keempat, penerapan JIT masih terbatas pada kebutuhan komponen dari pemasok karena pengendalian stok sepenuhnya dikelola secara internal oleh departemen PPIC, sehingga belum mencakup integrasi penuh dengan sistem pemasok eksternal. Kelima, pengamatan dilakukan dalam periode enam bulan, sehingga keberlanjutan kinerja jangka panjang, termasuk stabilitas e-Kanban dan pemeliharaan alat, belum teruji. Keenam, pengukuran massa limbah, metode pengelolaan limbah, dan emisi pembakaran pascaperbaikan belum dilakukan dalam penelitian ini, sehingga eliminasi pembakaran limbah tidak dilakukan. Penelitian ini hanya mengindikasikan berkurangnya frekuensi pembuangan limbah cacat yang perlu dikonfirmasi dengan pengukuran langsung pada studi lanjutan.

Pembahasan

Penurunan lead time internal dari 11,0 menjadi 4,5 hari (59%) pada lini PP125 dapat dijelaskan oleh mekanisme keterkaitan antara aliran informasi, sistem tarik, dan tata letak, bukan oleh satu intervensi tunggal. Digitalisasi pencatatan melalui e-Kanban berbasis *barcode* dan RFID memperpendek jeda transmisi data antarseksi sehingga sinyal kebutuhan material mencapai proses hulu dalam hitungan detik; mekanisme ini konsisten dengan temuan Romeira et al. (2021) yang menunjukkan bahwa e-Kanban pada industri otomotif mempercepat deteksi status produk dan menekan kesalahan pencatatan, serta sejalan dengan adopsi RFID yang meningkatkan kecepatan dan akurasi identifikasi barang (Abugabah et al., 2020). Sementara itu, penerapan JIT dengan 94 kartu Kanban dan *draft lot size* 1.465 pcs membatasi produksi hanya pada sinyal tarik sehingga overproduksi yang selama ini menjadi akar stagnasi hilang secara struktural mekanisme pengendalian kuantitas pada area repack produk herbisida (Daonil et al., 2024) dan pengendalian produksi berbasis Kanban (Kurnia, Irwati, et al., 2023).

Perombakan tata letak yang memadukan *Assembly* dan *Final Inspection* (FI) dalam satu gedung kemudian memotong perpindahan antar gedung yang pada kondisi awal menyumbang waktu tunggu terbesar; efektivitas VSM dalam memunculkan dan menekan waktu tunggu semacam ini juga dikonfirmasi oleh perusahaan elektrikal dan elektronik (Rose et al., 2020) dan penerapan VSM di industri makanan (Turseno et al., 2024), serta pada industri tekstil

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

(Carvalho et al., 2019) . Dibandingkan dengan studi-studi tersebut yang berhenti pada pemetaan aliran nilai atau pengendalian gudang secara terpisah, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi serentak ketiga intervensi itulah yang menghasilkan penurunan waktu sekaligus penurunan cacat dari 6% menjadi 0,6%, karena status OK/NG yang terblokir otomatis mencegah produk cacat melanjutkan proses, pola pengurangan cacat yang konsisten dengan temuan *Six Sigma*-DMAIC pada industri garmen (Sjarifudin et al., 2022) dan pengecatan kendaraan (Zulkarnaen et al., 2023).

Dari perspektif *lean-green*, temuan penelitian ini memberikan implikasi praktis dan teoretis. Secara praktis, perusahaan memperoleh rantai manfaat berlapis dari satu rangkaian intervensi: produksi bulanan naik dari 42.917 menjadi 59.990 pcs (efisiensi 78% menjadi 90%), persediaan terkendali pada kisaran 83%–115% dari target dengan perputaran 96% dari standar 30 hari, dan volume limbah produk cacat menyusut dari sekitar 2.575 menjadi 258 pcs per bulan, disertai berhentinya pertumbuhan konsumsi kertas administrasi, bukti bahwa efisiensi operasional dan perbaikan lingkungan dapat diperoleh melalui satu program yang sama. Pola sinergi ini memperkuat argumen integrasi *lean-green* yang dilaporkan pada berbagai konteks manufaktur: melalui Sustainable VSM (Ikatrinasari et al., 2018). Penelitian lain yang mengurangi limbah proses dan kertas rekrutmen secara bersamaan (Kurnia et al., 2022), kajian sistematis *lean-green* untuk keberlanjutan rantai pasok UMKM (Kosasih et al., 2023), serta asosiasi praktik *lean-green* dengan kinerja keberlanjutan (Bhattacharya et al., 2019; Ullah et al., 2025). Namun demikian, kontribusi penelitian ini perlu dibaca dalam batas cakupan datanya: pengukuran lingkungan baru mencakup penurunan limbah cacat dan kertas, belum mencakup massa limbah, metode pengelolaan, maupun emisi secara langsung; capaian pengiriman 96% menggambarkan penyelesaian order terhadap jadwal produksi perusahaan, bukan ketepatan tiba di pelanggan; dan objek penelitian terbatas pada satu lini produk (PP125) di satu perusahaan komponen otomotif dengan periode observasi terbatas, sehingga generalisasi temuan ke lini, produk, atau industri lain memerlukan replikasi pada konteks yang berbeda arah lanjutan yang hasil rekomendasinya mengenai perluasan *lean thinking* ke cakupan rantai pasok yang lebih utuh (Narayanamurthy et al., 2021).

Simpulan

Penerapan VSM dalam bentuk CSM berhasil mengidentifikasi pemborosan pada alur produksi suku cadang otomotif tipe PP125 yang tersebar di dua gedung, dengan total waktu satu lot 3.656

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

pcs sebesar 11,0 hari (*process time* 7,5 hari; *lead time* 2,5 hari). Setelah perbaikan melalui *re-layout* area *Assembly* dan *Final Inspection* ke dalam satu gedung, penerapan JIT, serta e-Kanban berbasis *barcode* dan RFID, pengukuran ulang dengan FSM menunjukkan waktu total turun menjadi 4,5 hari (*process time* 3,0 hari; *lead time* 1,5 hari), atau penurunan 59% sejalan dengan target percepatan waktu proses produksi dan waktu tunggu rantai pasok. Pengurangan pemborosan dan pencemaran lingkungan terjawab pada empat kategori perbaikan *(informasi, proses, conveyance*, dan stagnasi) yang menekan aktivitas NVA sebesar 1,5 hari dan semi-nilai tambah sebesar 4,0 hari, serta menurunkan tingkat produk cacat dari 6% menjadi rata-rata 0,6% per bulan. Berdasarkan bukti yang benar-benar terukur, dampak lingkungan yang dapat diklaim pada tahap ini terbatas pada penurunan volume limbah produk cacat dari sekitar 2.575 pcs/bulan pada kondisi awal menjadi sekitar 258 pcs/bulan setelah perbaikan serta hilangnya formulir administrasi kertas (konsumsi kertas yang sebelumnya tumbuh sekitar 10% per tahun berhenti bertambah) sejak implementasi e-Kanban.

Sementara untuk keseimbangan stok dan keberlanjutan order pelanggan terjawab melalui perhitungan 94 kartu Kanban (*draft lot size* 1.465 pcs) yang menjaga capaian target stok pada kisaran 83%–115% dan perputaran persediaan enam bulan pasca perbaikan pada 96% dari standar 30 hari. Realisasi capaian pengiriman berkisar 57.600 hingga 62.300 pcs per bulan mengikuti rencana order yang ditetapkan pelanggan pada kisaran 60.500 hingga 65.500 pcs, dengan capaian rata-rata 96% dan bulan terbaik mencapai 98%.

Secara keseluruhan, integrasi *lean* dan *green* memberikan perbaikan terukur pada waktu proses, tingkat cacat, pengendalian persediaan, dan capaian pengiriman; perbaikan pada aspek lingkungan pada tahap ini bersifat indikatif (penurunan limbah cacat dan kertas) dan menunggu pengukuran emisi serta massa limbah secara langsung. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengukuran massa dan metode pengelolaan limbah pascaperbaikan, memperluas objek ke lini produksi lainnya, memperhitungkan aspek finansial, serta melibatkan pemasok eksternal dalam sistem tarik agar rantai pasok menjadi lebih utuh.

Daftar Pustaka

Abugabah, A., Nizamuddin, N., & Abuqabbeh, A. (2020). A review of challenges and barriers to implementing RFID technology in the Healthcare sector. *Procedia Computer Science*, *170*, 1003–1010. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.094

Adriano, D. D., Montez, C., Novaes, A. G. N., & Wangham, M. (2020). Dmrvr: Dynamic milk-

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

run vehicle routing solution using fog-based vehicular ad hoc networks. *Electronics (Switzerland)*, *9*(12), 1–24. https://doi.org/10.3390/electronics9122010

Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, *236*(11), 1–14. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117697

Carvalho, C. P., Carvalho, D. S., & Silva, M. B. (2019). Value stream mapping as a lean manufacturing tool: A new account approach for cost saving in a textile company. *International Journal of Production Management and Engineering*, *7*(1), 1. https://doi.org/10.4995/ijpme.2019.8607

Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, *2*(February), 102–107. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090

Daonil, D., Nugroho, W. O., Pribadi, Y., Apriani, A., & Kurnia, H. (2024). Implementation of the Just-in-Time (JIT) System with Kanban and Poka-yoke Systems in the Herbicide Product Repack Area. *Logistik*, *17*(02), 155–172. https://doi.org/10.21009/logistik.v17i02.49405

Gurumurthy, A., Nair, V. K., & Vinodh, S. (2020). Application of a hybrid selective inventory control technique in a hospital: a precursor for inventory reduction through lean thinking. *TQM Journal*, *33*(3), 568–595. https://doi.org/10.1108/TQM-06-2020-0123

Ikatrinasari, Z. F., Hasibuan, S., & Kosasih, K. (2018). The Implementation of Lean and Green Manufacturing through Sustainable Value Stream Mapping. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *453*(1), 1–10. https://doi.org/10.1088/1757-899X/453/1/012004

Jaqin, C., Kurnia, H., Purba, H. H., Molle, T. D., & Aisyah, S. (2023). Lean Concept to Reduce Waste of Process Time in the Plastic Injection Industry in Indonesia. *Nigerian Journal of Technological Development*, *20*(2), 73–82. https://doi.org/10.4314/njtd.v18i4.1396

Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2019). Analysis and modelling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modelling. *Journal of Cleaner Production*, *231*, 1182–1191. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.253

Kosasih, W., Pujawan, I. N., & Karningsih, P. D. (2023). Integrated Lean-Green Practices and Supply Chain Sustainability for Manufacturing SMEs: A Systematic Literature Review

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

and Research Agenda. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(16). https://doi.org/10.3390/su151612192

Kurnia, H., Anggorowati, A. A., Nuryono, A., & Jaelani, N. A. (2024). How to Increase Machine Efficiency in the Diaper Production Process Using a Lean Manufacturing Approach. *Widya Teknik*, *25*(1), 40–52. https://doi.org/10.33508/wt.v25i1.7737

Kurnia, H., Irwati, D., Makmudah, S., & Sofani, I. (2023). Production Control Using the Kanban System in the Manufacturing Industry in Indonesia : Systematic Literature Review. International Conference. *1st Pelita International Conference*, *01*(01), 46–59. volhttps://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/pic

Kurnia, H., Jaqin, C., Purba, H. H., & Setiawan, I. (2021). Implementation of Six Sigma in the DMAIC Approach for Quality Improvement in the Knitting Socks Industry. *Tekstilvemuhendis*, *28*(124), 269–278. https://doi.org/10.7216/1300759920212812403

Kurnia, H., Manurung, H., Suhendra, S., & Juliantoro, K. B. (2023). Implementation of Lean Service Approaches to Improve Customer Satisfaction and Sustainability of Health Equipment Procurement Process at Hospitals. *Quality Innovation Prosperity*, *15*(3), 1–17. https://doi.org/10.12776/QIP.V27I3.1875

Kurnia, H., Setiawan, I., & Hernadewita. (2022). Integration of Lean and Green Manufacturing to reduce Process Waste and Employee Recruitment Paper Waste in the Manufacturing Industry in Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *11*(2), 145–156. https://doi.org/10.26593/jrsi.v11i2.5608

Kurnia, H., Tumanggor, O. S. P., & Jaqin, C. (2021). Lean Six Sigma: Literature Review and Implementation for Textile and Textile Product (TTP) Industries. *3rd Mercu Buana Conference on Industrial Engineering-MBCIE 2021*, 1–11.

Kurniawan, W., Raharto, R., & Muryanto, M. (2022). Implementasi Kanban untuk Meminimalisir Kesalahan Penempatan pada Inventory System. *Widya Cipta: Jurnal Sekretari Dan Manajemen*, *6*(2), 162–167. https://doi.org/10.31294/widyacipta.v6i2.13658

Nandakumar, N., Saleeshya, P. G., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, *24*, 1217–1224. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.436

Narayanamurthy, G., Gurumurthy, A., & Lankayil, A. A. (2021). Experience of implementing lean thinking in an Indian healthcare institution. *International Journal of Lean Six Sigma*,

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

12(1), 23–60. https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2016-0062

Nuryono, A., Kurnia, H., & Zulkarnaen, I. (2024). Spare parts warehouse re-layout design with kaizen 5S implementation to reduce wasted time searching for machine parts. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, *15*(3), 293–305. https://doi.org/10.22441/oe.2023.v15.i3.095

Raj, S., & Handayati, Y. (2024). Enhancing Quality Management and Continuous Improvement Strategies in Polyester Yarn Production Using Lean Six Sigma DMAIC Methodology : A Case Study of PT Logachan Tekstil. *American International Journal of Business Management (AIJBM)*, *07*(08), 189–207. https//aijbm.com

Romeira, B., Cunha, F., & Moura, A. (2021). Development and Application of an e-Kanban System in the Automotive Industry. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 613–624. http://ieomsociety.org/proceedings/2021monterrey/101.pdf

Rose, A. N. M., Mohamed, N. M. Z. N., Ab Rashid, M. F. F., Noor, H. M., & Mohd, A. (2020). Improving productivity through value stream mapping (VSM): A case study at an electrical & electronic company. *Journal of Physics: Conference Series*, *1532*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1532/1/012005

Setiawan, B., Setiawan, I., Kurnia, H., Wahid, M., & Purba, H. H. (2022). Implementasi Metode Value Stream Mapping Pada Industri: Tinjauan Literatur Sistematis. *Inaque : Journal of Industrial and Quality Engineering*, *10*(2), 103–116. https://doi.org/10.34010/iqe.v10i2.5989

Setiawan, I., Kurnia, H., Setiawan, S., Purba, H., & Hernadewita, H. (2022). Reduce Transportation Costs Using the Milk-run System and Dynamo Stages in the Vehicle Manufacturing Industry. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, *05*(02), 17–27. https://doi.org/10.31181/oresta240622030s

Sjarifudin, D., Kurnia, H., Purba, H. H., & Jaqin, C. (2022). Implementation of the six sigma approach for increasing the quality of formal men's jackets in the garment industry. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, *6*(1), 33–44. https://doi.org/10.30656/jsmi.v6i1.4359

Sukma, D. I., Prabowo, H. A., Setiawan, I., Kurnia, H., & Maulana, I. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, *35*(7), 1246–1256. https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.07a.04

P-ISSN: 2085-5141
E-ISSN: 2745-9624
http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/logistik/

Turseno, A., Nadia, A., Nugroho, S., Heni, Roberta Tanisri, A., & Kurnia, H. (2024). Implementing Lean Manufacturing (LM) in The Food Delivery Process to Customers. *Logistik*, *17*(02), 137–154. https://doi.org/10.21009/logistik.v17i02.49368

Ullah, M. S., Sakib, M. N., Ahsan, R., & Jakowan. (2025). Do Lean and Green Manufacturing Practices Lead to Sustainability? A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Business Strategy and the Environment*, *35*(5), 6321–6344. https://doi.org/10.1002/BSE.70504;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION

Zulkarnaen, I., Kurnia, H., Saing, B., & Nuryono, A. (2023). Reduced painting defects in the 4-wheeled vehicle industry on product type H-1 using the Lean Six Sigma DMAIC approach. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri (JSMI)*, *7*(2), 179–192. https://doi.org/10.30656/jsmi.v7i2.7512