Efficiency Analysis of Underframe Component Installation Process in the KCI Retrofit Electric Multiple Unit (EMU) Project at PT xxx using a Lean Manufacturing Approach

Analisis Efisiensi Proses Pemasangan Komponen Underframe pada Proyek KRL KCI Retrofit di PT xxx dengan pendekatan Lean Manufacturing

Mohammad Ilham Maulana Anwar[1], Ali Akbar[2]
{ mohammadilhammaulanaanwar2@gmail.com[1], aliakbar@umsida.ac.id[2] }

[1,2] Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *General Background PT xxx is an integrated railway manufacturing enterprise facing major challenges in retrofitting legacy rolling stock from the 1990s due to dimensional tolerances and structural complexities. Specific Background The KRL KCI Retrofit Project exhibits severe inefficiencies and high delays during underframe component installation. Knowledge Gap Existing processes lack structured priority signals and systematic waste identification under complex legacy constraints. Aims This study aims to identify and classify core wastes using Lean Manufacturing methods and formulate future-state improvements. Results Findings indicate that Waste of Waiting is the most dominant constraint causing workflow fragmentation, compounded by dimensional mismatches causing Waste of Defect and rework. Novelty The integration of qualitative Hoshin Kanri for strategic milestone setting, Poka-Yoke quality gates, and Kaizen lesson-learned systems addresses legacy retrofit bottlenecks. Implications These measures optimize assembly flow and enhance productivity in rail vehicle manufacturing.*
Keywords *: Underframe, Lean Manufacturing, Waste Of Waiting, Waste Of Defect, Workflow Fragmentation*

Abstrak. Latar Belakang Umum PT xxx adalah perusahaan manufaktur kereta api terintegrasi yang menghadapi tantangan besar dalam retrofit rolling stock warisan dari tahun 1990-an karena toleransi dimensi dan kompleksitas struktural. Latar Belakang Spesifik Proyek Retrofit KCI KRL menunjukkan ketidakefisienan serius dan keterlambatan tinggi selama instalasi komponen underframe. Kesenjangan Pengetahuan Proses yang ada kurang sinyal prioritas terstruktur dan identifikasi limbah sistematis di bawah kendala warisan yang kompleks. Tujuan Studi ini bertujuan mengidentifikasi dan mengklasifikasikan limbah inti menggunakan metode Lean Manufacturing dan merumuskan perbaikan di masa depan. Hasil Temuan menunjukkan bahwa Waste of Waiting adalah kendala paling dominan yang menyebabkan fragmentasi alur kerja, diperparah oleh ketidaksesuaian dimensi yang menyebabkan Waste of Defect dan rework. Kebaruan Integrasi Hoshin Kanri kualitatif untuk penetapan milestone strategis, gerbang kualitas Poka-Yoke, dan sistem pelajaran Kaizen mengatasi hambatan retrofit lama. Implikasi Langkah-langkah ini mengoptimalkan alur perakitan dan meningkatkan produktivitas dalam manufaktur kendaraan kereta api.
Kata Kunci: Underframe, Lean Manufacturing, Pemborosan Menunggu, Pemborosan Cacat, Fragmentasi Alur Kerja

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT xxx merupakan perusahaan xxx manufaktur kereta api terintegrasi pertama di Asia Tenggara. Didirikan pada tahun 1981, PT xxx berkomitmen untuk menyediakan solusi transportasi darat yang berkualitas tinggi, inovatif, dan berkelanjutan. Fokus PT xxx adalah menghasilkan produk dan jasa yang berkualitas tinggi bagi pelanggan, dengan menyediakan berbagai macam produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan serta *after sales* untuk memastikan bahwa pelanggan menerima produki dengan kualitas terbaik. Produk PT xxx telah diekspor ke berbagai negara, seperti Bangladesh, Filipina, Malaysia, Thailand, Singapura, dan Australia [1].

Industri perkeretaapian nasional, khususnya dalam hal peremajaan sarana KRL yang di produksi pada tahun 1990-an, menghadapi tantangan besar. Berbeda dengan manufaktur sarana baru, proses peremajaan kereta menuntut adaptasi antara komponen baru dengan struktur lama, yang seringkali memiliki toleransi dimensional yang berbeda. Kondisi ini secara langsung berkontribusi pada kerumitan di lapangan.

Proyek KRL KCI Retrofit di PT xxx adalah salah satu upaya krusial untuk memperpanjang usia pakai dan meningkatkan keandalan armada KRL *Commuter Line*. Komponen *underframe* merupakan struktur vital yang menopang seluruh badan kereta, sehingga pemasangannya menuntut akurasi dimensional dan kualitas yang ketat. Dalam hal peremajaan sarana KRL yang di produksi pada tahun 1990-an, menghadapi tantangan besar. Berbeda dengan manufaktur sarana baru, proses peremajaan kereta menuntut adaptasi antara komponen baru dengan struktur lama, yang seringkali memiliki toleransi dimensional yang berbeda. Kondisi ini secara langsung berkontribusi pada kerumitan di lapangan, berdasarkan observasi awal di lapangan menunjukkan adanya indikasi kurangnya efisiensi proses yang menyebabkan pemborosan (*waste*) yang tinggi. Dalam konsep *Lean*, *waste* merupakan pemborosan yang mungkin

terjadi dalam aktifitas dan tidak menambah nilai produk (*Non-Value Added* (NVA)), tapi malah menambah beban konsumsi sumber daya [2].

Berdasarkan dari kompleksitas masalah *Waste* yang terjadi, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis akar penyebab pemborosan tersebut menggunakan pendekatan *Lean Manufacturing*. *Lean* adalah suatu upaya terus-menerus (*Continuous Improvement Efforts*) untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningngkatkan nilai tambah (*Value Added*) produk (barang atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*Customer Value*) [3]. Filosofi *Lean Manufacturing* berfokus pada penghilangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*Non-Value Added* (NVA)) atau disebut *waste* yaitu pemborosan, baik dari pemborosan sumber daya, waktu, maupun biaya dan juga aktivitas-aktivitas yang menghambat kelancaran aliran kerja. Hasil analisis ini akan digunakan untuk merumuskan VSM *To-Be* sebagai rekomendasi perbaikan untuk mencapai kondisi ideal (*Future State*).

1.2 Permasalahan

Berdasarkan dari hasil observasi serta wawancara pada karyawan dan *supervisor* di lapangan, terdapat berbagai temuan permasalahan, permasalahan utama timbul dari inefisiensi logistik komponen yang mengakibatkan konflik prioritas strategis, di mana proyek Retrofit belum memiliki target *deadline* atau *milestone* yang jelas karena fokus perusahaan saat ini dialihkan pada proyek sarana baru. Ketiadaan sinyal prioritas ini menyebabkan *Waste of Waiting* yang dominan, memaksa tim lapangan untuk memasang barang dan komponen seadanya atau *out-of-sequence* yang mengakibatkan proses pemasangan kurang terstruktur dan optimal. Pola kerja yang terfragmentasi ini menciptakan fragmentasi aliran kerja dan penyicilan pemasangan komponen, yang menjadikan memperpanjang total waktu tunggu proyek.

Selain masalah *waiting* yang dominan, proses juga menghadapi kendala teknis dan operasional. Desain awal yang bertujuan penataan ulang dari sarana lama ke sarana yang modern sering kali kurang terukur pada kondisi aktual lapangan, yang mengakibatkan tabrakan fisik (*interference*) antara unit *equipment*, *piping*, dan *wiring* pada saat proses pemasangan. Siklus revisi desain yang sering terjadi serta lambatnya hasil dari proses revisi memperparah *bottleneck* atau menjadi kendala yang menghambat pada lini pemasangan. Lebih lanjut, *Waste of Defect* juga terjadi secara rekuren, seperti cacat dimensional atau kurang presisi pada *bracket* hasil fabrikasi yang berujung pada tingginya *rework* di lini pemasangan. Masalah operasional ini diperparah oleh penataan komponen yang akan dipasang dan penamaan barang yang kurang terstruktur di *staging area*, yang memicu *Waste of Motion*

1.3 Tujuan

Sesuai dengan kerangka berpikir di atas, beberapa tujuan kajian artikel ini adalah

1. Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan sumber-sumber utama pemborosan (*waste*) dalam proses pemasangan komponen *underframe* menggunakan kerangka tujuh *Waste Lean Manufacturing.*
2. Menganalisis dampak spesifik dari ketidaksesuaian dimensional sarana lama dan inefisiensi penataan komponen terhadap kelancaran proses pemasangan.
3. Menganalisis efektivitas alur informasi umpan balik antara tim lapangan dan desain dalam konteks eliminasi *Waste of Waiting.*
4. Merumuskan rekomendasi praktis berdasarkan prinsip *Lean Manufacturing* untuk meningkatkan efisiensi waktu pemasangan.
5. Merekomendasikan adanya perencanaan pemasangan *bracket* setiap kereta agar lebih efisien.

METODE

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif dengan pengamatan langsung dan wawancara langsung dengan pihak-pihak terkait pada divisi *finishing* bagian *equipment* atau pemasangan, seperti karyawan dan *supervisor*. Tempat penelitian dalam penulisan ini dilakukan di PT xxx yang terletak di kota madiun. Waktu penelitian yaitu selama tiga bulan, tepatnya pada tanggal 1 September 2025 s/d 2 Januari 2026. Subjek atau bahan yang diteliti yaitu proses pemasangan komponen *underframe* KRL KCI Retrofit

Adapun analisis data (*Lean Tools*) yaitu dengan menggunakan metode analisis 7 *waste* (DOWNTIME) untuk mengklasifikasikan seluruh temuan observasi dan wawancara ke dalam kategori *waste* untuk menentukan jenis *waste* yang paling dominan dan kritis. Kemudian diagram *Fishbone* atau sebab-akibat yang digunakan untuk memetakan akar penyebab dari masalah utama seperti keterlambatan dan *rework*, dengan fokus pada faktor material atau komponen, metode, manajemen, dan lingkungan atau sarana. Adapun metode *Value Stream Mapping* (VSM) kualitatif untuk membuat pemetaan proses *As-Is* atau kondisi saat ini untuk memvisualisasikan *waste* dan merumuskan peta proses *To-Be* atau solusi yang efisien, dan berfokus pada penciptaan aliran nilai yang lancar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil identifikasi dan klasifikasi *waste* dominan atau 7 *waste* menunjukkan bahwa pemborosan utama dalam proses pemasangan *underframe* pada proyek KRL KCI Retrofit adalah *waste of waiting*, *waste of defect*, dan *waste of motion*

A. *Waste Of Waiting*

Secara langsung disebabkan oleh masalah yang telah disebutkan, yaitu, keterlambatan pengadaan komponen logistik yang belum datang dikarenakan masih dalam tahap pemesanan di perusahaan lain, baik dari vendor lokal maupun impor seperti dari Jepang dan China. Kondisi ini menyebabkan karyawan untuk memasang komponen yang tersedia terlebih dahulu dan tidak berurutan yang membuat proses pemasangan menjadi kurang struktural dan optimal demi mengisi waktu tunggu. Sehingga membuat karyawan menunggu secara substansial menjadikan *flow* kerja yang tidak efisien dan memperpanjang waktu tunggu total proyek, serta mengakibatkan tidak adanya *deadline* proyek yang jelas karena adanya masalah tertentu yaitu, perusahaan lebih fokus pada kereta baru seperti kereta type 612 yang memiliki target sekitar 41 *trainset*, 16 *trainset* KCI, kereta UGL kurang lebih 350 *car* atau gerbong, dan *platform* lokomotif kereta UGL kurang lebih sekitar 50 *car*.

Dampak dari pengisian waktu tunggu pada proyek ini juga mempunyai sisi yang positif, yaitu karyawan akan dipindahkan oleh *supervisor* ke proyek yang lain untuk sementara yang memang lebih di fokuskan oleh perusahaan pada divisi ini, karyawan memang dilatih agar bisa fleksibel agar mempunyai pengalaman di semua bidang pada divisi ini dan bisa *rolling* pada saat dibutuhkan dalam kondisi tertentu. Strategi *multi skilling* ini merupakan solusi yang baik dan efisien untuk meminimalkan *waste of waiting* tenaga kerja secara keseluruhan di perusahaan,

Adapun proses perbaikan pada kereta lama serta penataan ulang yang menjadi kendala untuk menyesuaikan pemasangan komponen dari kondisi yang lama ke kondisi yang baru pada kereta, sehingga pada proses pemasangan kerap terjadi kurang sesuainya antara gambar dengan kondisi lapangan mengakibatkan tabrakan fisik (*interference*) antara tiga unit yaitu, *equipment*, *piping*, dan *wiring* pada saat pemasangan yang memaksa karyawan untuk menunggu revisi desain. Selain itu, proses revisi dari lapangan ke desain atau sebaliknya berjalan kurang efisien dan lambat.

B. *Waste Of Defect*

Ketidaksesuaian dimensional atau kurang presisinya komponen *bracket* yang di fabrikasi dengan desain di lapangan, hal ini memaksa karyawan untuk pengerjaan ulang (*rework*) seperti melakukan pemotongan, pengelasan, dan *reamer*, yang seharusnya bukan dari pekerjaan pada bagian *equipment*. Hal ini menandakan bahwa pada bagian fabrikasi *bracket* terdapat kurang maksimalnya inspeksi pada komponen

Ketidaksesuaian antara gambar dengan kondisi lapangan antara tiga unit yaitu, *equipment*, *piping*, dan *wiring* saat pemasangan yang memaksa karyawan untuk menunggu revisi desain dan pengerjaan ulang (*rework*) menyesuaikan revisi pemasangan komponen.



Gambar 1. *Bracket Inverter Variable Voltage Variable Frequency* (VVVF)

Seperti pada contoh gambar *bracket Inverter Variable Voltage Variable Frequency* (VVVF) diatas setelah dilakukan pengecekan oleh karyawan sebelum dilakukan pemasangan terdapat beberapa *bracket* yang tersedia dan masing masing memiliki perbedaan diagonal yang berbeda beda yaitu antara sekitar 60 cm hingga 80 cm



Gambar 2. *Bracket Low Voltage*

Pada contoh gambar *bracket low voltage* di atas, ketidaksesuaian posisi awal akibat *bracket* yang kurang lurus atau kurang presisi membuat proses pemasangan tidak tepat pada tempat yang telah ditentukan. Hal tersebut mendorong karyawan untuk mencoba meluruskannya agar presisi dan dapat dipasang dengan baik, namun upaya tersebut menyebabkan bagian las pada *bracket* retak. Kondisi ini turut menghambat proses pemasangan karena karyawan harus melakukan perbaikan melalui pengelasan ulang pada *bracket* tersebut.

C. *Waste Of Motion*

Waste Of Motion terjadi karena penataan dan penamaan tanda barang yang akan dipasang di area *staging* kurang teratur dan lengkap, membuat karyawan harus melakukan gerakan yang tidak perlu seperti mencari material komponen dan *tool* yang sesuai dengan proses instruksi kerja atau memverifikasi identitas material komponen yang sesuai membuat terbuangnya waktu dan menghambat *flow* kerja

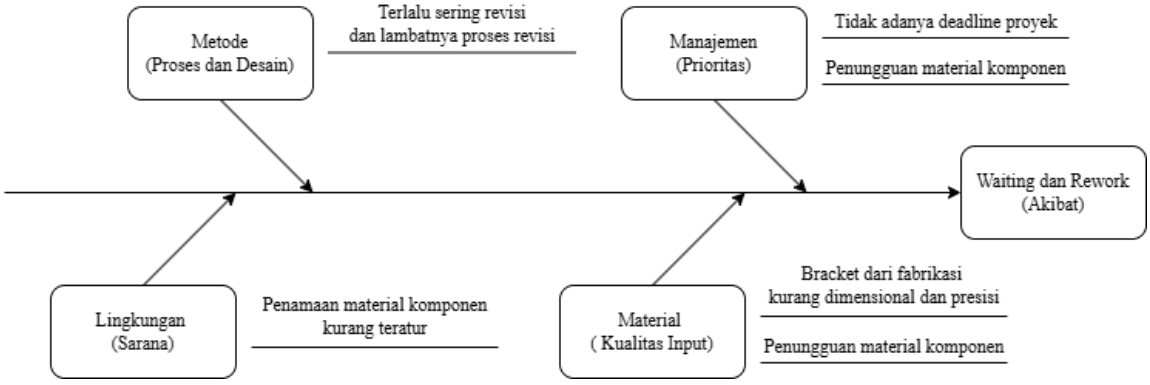


Gambar 3. *Bracket Brake Control Unit* (BCU)

Pada gambar *bracket Brake Control Unit* (BCU) diatas terdapat contoh *waste of motion* yang terjadi dikarenakan tidak adanya penamaan tanda barang pada komponen sehingga membuat karyawan harus melakukan gerakan yang tidak perlu seperti mencari komponen dan *tool* yang sesuai dengan proses instruksi kerja dan juga memverifikasi identitas komponen yang sesuai untuk dipasang

D. *Fishbone*

Diagram *Fishbone* (tulang ikan), atau biasa pula disebut *ishikawa* diagram ataupun *cause effect* diagram, adalah salah satu dari *root cause analysis tools* atau alat visual yang paling populer di kalangan praktisi industri untuk melakukan *quality improvement* mendasarkan pada usaha mengenali akar penyebab terjadinya variasi pada *quality characteristics* tertentu yang ingin dicapai [4].



Gambar 4. Diagram *Fishbone*

Tabel 1. Hasil Analisis dengan *Fishbone* Diagram

Faktor	Penyebab	Analisis
Manajemen	Tidak adanya target *deadline* proyek	Tidak adanya *deadline* proyek yang jelas karena adanya masalah tertentu yaitu, perusahaan lebih fokus pada kereta baru membuat proyek proses pengerjaan pada proyek KCI Retrofit kurang optimal
Material	• Penungguan komponen • Komponen *bracket* dari fabrikasi kurang dimensional dan presisi	• Sebagian komponen yang masih dalam tahap proses perbaikan maupun pemesanan membuat proses pemasangan kurang teratur • Ketidaksesuaian dimensional atau kurang presisinya komponen *bracket* yang di fabrikasi dengan desain di lapangan, hal ini memaksa karyawan untuk pengerjaan ulang (*rework*)
Lingkungan	Penamaan material komponen kurang teratur	penamaan tanda barang yang akan dipasang di area *staging* kurang teratur dan lengkap, membuat karyawan harus melakukan gerakan yang kurang perlu seperti mencari komponen dan *tool* yang sesuai dengan proses instruksi kerja atau memverivikasi identitas material komponen yang membuang waktu dan menghambat *flow* kerja
Metode	Terlalu sering revisi dan lambatnya proses revisi	Terlalu sering revisi desain. Selain itu, proses revisi dari lapangan ke desain atau sebaliknya berjalan kurang efisien dan lambat.

E. *Value Stream Mapping* (VSM) *To-Be*

Salah satu alat atau *tools* yang dapat digunakan untuk menerapkan *Lean* adalah *Value Stream Mapping* (VSM). VSM merupakan metode yang menggambarkan seluruh proeses yang ada pada suatu perusahaan. Tujuan dari VSM adalah mengidentifikasi proses produksi agar material dan informasi dapat berjalan tanpa adanya gangguan, meningkatkan produktivitas dan daya saing, serta membantu dalam mengimplementasikan sistem. Oleh karena itu VSM membantu dalam menemukan *waste* yang ada dalam proses produksi [5].

Tabel 2. Solusi *Future State*

Critical Process	Kondisi Aktual As-Is	Rekomendasi *To-Be* Kondisi Ideal	Rekomendasi *Lean Tools*	*Waste*
Perencanaan dan Prioritas proyek	Proyek KCI Retrofit tidak memiliki target *deadline* yang belum jelas	Penetapan *Target Milestone* atau *deadline* yang terukur pada proyek. Ini memberikan sinyal prioritas yang jelas ke	*Hoshin Kanri* Kualitatif/*Visual Management*	*Waste of Waiting*

		seluruh *supply chain internal*		
Logistik Komponen	Panjangnya *lead time* serta informasi estimasi waktu kedatangan logistik komponen masih pada tim lapangan masih kurang jelas.	Membuat target *milestone* yang jelas umtuk menjadikan tekanan internal yang membuat tim logistik memprioritaskan komunikasi dengan *supplier* serta menciptakan *Pull System* Informasi untuk memindahkan *waste of waiting* menjadi perencanaan aktivitas mitigasi yang aktif agar dapat mengelola *flow* kerja	*Hoshin Kanri* Kualitatif dan *Visual Control* Logistik	*Waste of Waiting*
Penataan Area Kerja dan Komponen	Penamaan komponen kurang teratur memicu pencarian dan verifikasi komponen	Implementasi 5S (*Seiri* dan *Seiton*) di *staging area* untuk menciptakan *area stock point of use* (POUS) yang terorganisir dan jelas	5S (*Sort, Set in Orde*r)	*Waste of Motion, Waste of Waiting*
Pengendalian Kualitas	*Bracket* dari fabrikasi sering kurang dimensional dan presisi	Implementasi *Quality Gate* wajib pada *staging area* untuk komponen yang kritis seperti *bracket* sebelum dikirim ke bagian pemasangan	*Poka-Yoke* kualitatif/*Quality Gate*	*Waste of Defect*
Desain	Desain *arrangement* sering revisi dan alur revisi antara desain dengan lapangan lambat menyebabkan *flow* terhenti	Implementasi Sistem *Lesson Learned* untuk setiap keputusan koordinasi desain wajib di dokumentasikan dalam format ringkas untuk referensi di *trainset* berikutnya (*Knowledge Shar*ing)	*Kaizen/ Lesson Learned*	*Waste Of Waiting*

Berdasarkan klasifikasi *Waste* dominan, solusi untuk mencapai *Future State* (VSM *To-Be*) difokuskan pada pemulihan *flow* kerja yang terfragmentasi melalui perbaikan di empat area utama yaitu Perencanaan Strategis, logistik komponen, dan Alur Informasi Desain.

1. Perencanaan dan Prioritas Proyek (*Waste of Waiting* Strategis)

Lean Tool yang digunakan pada masalah ini menggunakan *Hoshin Kanri* adalah kerangka kerja pengorganisasian untuk manajemen strategis yang memastikan tujuan strategis perusahaan diselaraskan dan dieksekusi oleh semua tingkatan organisasi melalui fokus pada empat tugas utama, pertama, memfokuskan perhatian pada arah perusahaan dengan menetapkan prioritas strategis penting tahunan, kedua, menyelaraskan prioritas tersebut dengan rencana dan program lokal, ketiga, mengintegrasikannya dengan manajemen harian, dan terakhir, menyediakan tinjauan terstruktur atas kemajuannya [6]. Alat ini berfokus pada perbaikan terobosan dan menghilangkan pemborosan yang timbul akibat manajemen yang buruk.

Pada kondisi *As-Is*, ketiadaan target *deadline* yang jelas pada proyek Retrofit menyebabkan *Waste of Waiting* strategis, di mana proyek tidak mendapatkan sinyal prioritas dari *supply chain internal*. Solusi *To-Be* adalah menerapkan *Hoshin Kanri* Kualitatif melalui Penetapan Target *Milestone* atau *deadline* yang terukur. Tujuan alat *Lean* ini adalah memberikan *Visual Management* yang jelas mengenai prioritas proyek, sehingga *demand signal* logistik dan SDM dapat diaktifkan dan mengatasi akar masalah penyicilan pekerjaan. *Lean Tools Hoshin Kanri* merupakan alat yang digunakan untuk memastikan tujuan strategis menyelesaikan proses peremajaan diselaraskan ke bawah kepada logistik

dan SDM. Penetapan target *milestone* atau *deadline* \yang terukur adalah bentuk dari *Visual Management* yang berfungsi sebagai sinyal prioritas yang tegas, sehingga mengatasi *Waste of Waiting* yang disebabkan oleh ketidakjelasan strategis.

2. Logistik Komponen (*Waste of Waiting* Operasional)

Lean Tool yang digunakan pada masalah ini menggunakan *Hoshin Kanri Kualitatif* dan *Visual Control*, *Visual Control* merupakan penggunaan perangkat visual untuk mengkomunikasikan status pekerjaan, standar, atau masalah agar dapat dipahami sekilas oleh siapa pun. Dalam konteks *supply chain*, ini berfungsi sebagai *Pull System* Informasi, di mana tim *downstream* atau pemasangan menarik informasi yang mereka butuhkan dari *upstream* atau logistik, bukan menunggu informasi datang.

Adapun *Waste of Waiting* komponen di lapangan yaitu, panjangnya *lead time* logistik serta kurangnya informasi estimasi waktu kedatangan dari logistik, memaksa tim lapangan pasif menunggu. Solusi *To-Be* adalah menekankan manajemen untuk menetapkan target *milestone* atau *deadline* yang kemudian akan menjadi tekanan internal bagi logistik untuk memprioritaskan komunikasi dengan *supplier*, mulai dari negoisasi jadwal dan *tracking* komponen tersebut agar sesuai dengan trainset yang sudah di komitmenkan. Serta menciptakan *Pull System* Informasi, mengingat keterbatasan kontrol terhadap *supplier*. Dengan menerapkan *Visual Control* logistik diwajibkan memberikan informasi *tracking* yang proaktif kepada tim lapangan. Langkah ini akan memindahkan *Waste of Waiting* yang pasif menjadi perencanaan aktivitas mitigasi yang aktif saat menunggu, memungkinkan tim mengelola *flow* kerja mereka secara proaktif. Solusi *Pull System* Informasi digunakan karena *supplier* luar susah untuk dikendalikan, *Waste of Waiting* material diatasi dengan memindahkan *waste* dari proses fisik ke *flow* informasi. *Visual Control* logistik diwajibkan untuk memberikan informasi *tracking* proaktif, yang mengubah waktu tunggu pasif menjadi perencanaan aktivitas mitigasi yang aktif

3. Penataan Area Kerja dan Komponen (*Waste of Motion* & *Waiting*)

Lean Tool yang digunakan pada masalah ini menggunakan 5S, 5S adalah metodologi dan filosofi manajemen Jepang yang berfokus pada penciptaan dan pemeliharaan tempat kerja yang tertata dengan baik, bersih, sangat efektif, dan berkualitas tinggi. Metodologi ini dikembangkan di Jepang dan secara formal diperkenalkan pada akhir tahun 1960-an, serta menjadi dasar untuk realisasi lingkungan berkualitas dalam suatu organisasi. *Seiri* (Pilah), *Seiton* (Susun/Keteraturan), *Seiso* (Kebersihan), *Seiketsu* (Standarisasi), dan *Shitsuke* (Disiplin/Pertahankan) [7].

Kondisi *As-Is* menunjukkan *Waste of Motion* dan *Waste of Waiting* yang disebabkan oleh penamaan komponen yang kurang teratur. Untuk mengatasi masalah 5S (*Seiri/Sort*) dan *Seiton* (*Set in Order*) ini, direkomendasikan Implementasi 5S secara menyeluruh di *staging* area. Hal ini bertujuan menciptakan *Area Stock Point of Use* (POUS) yang terorganisir. Dengan material yang ditempatkan dengan jelas di dekat titik instalasi, *flow* kerja menjadi lancar, secara langsung menghilangkan waktu yang terbuang untuk mencari dan memverifikasi komponen. Implementasi 5S (*Seir*i dan *Seiton*) berfokus pada menciptakan *Area Stock Point of Use* (POUS) di *staging* area. POUS adalah area penyimpanan yang komponennya ditempatkan tepat di mana ia akan dipasang. Ini secara langsung menghilangkan *Waste of Motion* (gerakan mencari) dan *Waste of Wait*ing.

4. Pengendalian Kualitas *Input* (*Waste of Defect*)

Lean Tool yang digunakan pada masalah ini menggunakan *Poka-Yoke* adalah metode pencegahan kesalahan (*mistake proofing*/*error proofing*) yang diperkenalkan oleh *Shigeo Shingo* pada tahun 1960-an di *Toyota* di mana *poka* berarti kesalahan yang tidak disengaja dan *yoke* berarti mencegah, yang merupakan mekanisme apa pun untuk diterapkan agar menghilangkan atau mendeteksi cacat pada sumbernya sehingga mampu meminimalisir atau menghilangkan kesalahan manusia maupun ketidakakuratan proses, yang bertujuan mencegah kesalahan manusia dalam proses kerja agar cacat produk tidak sampai ke pelanggan [8].

Waste of Defect yang tinggi terjadi karena kurang presisi dimensional pada komponen fabrikasi (*input quality*). Untuk mencegah *rework* yang mahal, solusi *To-Be* adalah menerapkan *Quality Gate* wajib pada *staging* area. Penggunaan alat *Poka-Yoke* Kualitatif ini bertindak sebagai mekanisme anti-salah yang memastikan komponen kritis seperti *bracket* diverifikasi presisinya sebelum dikirim ke jalur perakitan. Ini mengubah fokus dari memperbaiki cacat menjadi mencegah cacat, mendukung eliminasi rework sejak dini.

5. Alur Umpan Balik Desain (*Waste of Waiting* & *Defect Rekuren*).

Lean Tool yang digunakan pada masalah ini menggunakan *Kaizen*, dalam bahasa Jepang secara harfiah berarti perubahan yang baik, *kai* berarti perubahan, *zen* berarti baik, adalah pendekatan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) yang dilakukan melalui langkah-langkah kecil secara terus-menerus untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, dan kinerja organisasi. *Kaizen* mendorong pengumpulan ide dari karyawan, menyusunnya berdasarkan prioritas, melakukan standardisasi, dan membangun budaya perbaikan yang berkelanjutan di organisasi. Sebagai proses perubahan kecil tetapi konsisten, *Kaizen* mampu membawa perusahaan menuju peningkatan berkelanjutan dengan gangguan minimal bagi pekerja. Selain itu, *Kaizen* merupakan filosofi yang berfokus pada perbaikan kecil, bertahap, dan berkelanjutan yang melibatkan seluruh karyawan, dan dalam konteks sistem maupun alur informasi, *Kaizen* digunakan untuk menstandardisasi solusi [9].

Quality Gate wajib diterapkan. Alat *Poka-Yoke* digunakan secara kualitatif, misalnya melalui *checklist* yang memastikan presisi dimensional *bracket* diverifikasi sebelum dikirim ke pemasangan. Tujuannya adalah mengubah fokus dari memperbaiki *defect* menjadi mencegah *defect*, menekan *rework* sejak awal. Masalah desain yang sering

revisi dan alur yang lambat terjadi karena tim lapangan sudah kehabisan solusi *ad-hoc* dan terpaksa menunggu keputusan desain, memicu *Waste of Waiting* yang rekuren. Solusi *To-Be* diarahkan pada *Knowledge Sharing* melalui Implementasi Sistem *Lesson Learned*. Setiap keputusan koordinasi desain untuk masalah *interference* (yang sudah ada solusinya) wajib didokumentasikan dalam format ringkas (alat *Kaizen*). Dokumentasi ini menjadi referensi untuk *trainset* berikutnya, secara efektif memperpendek jarak keputusan dan mengurangi frekuensi pemanggilan tim desain, sehingga *Waste of Waiting* yang disebabkan oleh proses *rework* yang berulang dapat ditekan secara signifikan. Karena masalah desain bersifat rekuren dan tim lapangan sering kehabisan solusi *ad-hoc*, Sistem *Lesson Learned* diimplementasikan. Setiap keputusan koordinasi desain (melalui alat *Kaizen*) diwajibkan didokumentasikan dan menjadi referensi untuk trainset berikutnya. Ini mengurangi *Waste of Waiting* dengan memperpendek jarak keputusan dan menghilangkan kebutuhan mengulang analisis masalah yang sudah pernah

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis *Lean Manufacturing* yang dilakukan pada proses pemasangan komponen *underframe* Proyek KRL KCI Retrofit, disimpulkan bahwa inefisiensi didominasi oleh *Waste of Waiting*, dipicu oleh akar masalah strategis, yaitu ketiadaan target *milestone* yang jelas. Kondisi ini berimplikasi pada *fragmentasi* aliran kerja (fenomena penyicilan pekerjaan) dan mengindikasikan bahwa *Waste of Waiting* adalah variabel dominan penyebab keterlambatan. Selain itu, *Waste of Defect* yang tinggi juga terbukti memiliki korelasi positif dengan keterlambatan *rework*, terutama karena kendala teknis dari sarana lama dan kurang presisinya komponen fabrikasi *upstream*.

Untuk mengatasi temuan pemborosan tersebut, kerangka VSM *To-Be* menghasilkan rumusan perbaikan yang berfokus pada perubahan metode dan sistem, bukan sekadar kinerja individu. Perbaikan strategis diusulkan melalui *Hoshin Kanri* Kualitatif untuk menetapkan prioritas dan *Visual Management* serta *Hoshin Kanri* Kualitatif untuk mengakhiri *Waste of Waiting* logistik. Sementara itu, perbaikan operasional diusulkan melalui penerapan *Quality Gate* atau *Poka-Yoke* Kualitatif untuk mencegah *Waste of Defect input*, dan Sistem *Lesson Learned* atau *Kaizen*) untuk menghilangkan *Waste of Waiting* yang disebabkan oleh alur revisi desain yang berulang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam hal ini, saya sebagai penulis artikel mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak pihak yang telah memberikan bantuan dalam proses praktek kerja lapangan sehingga terciptanya artikel ini.serta perusahaan PT xxx yang telah menerima dan membantu penulis dalam hal pembelajaran dan praktek kerja lapangan, dengan ini penulis mengucapkan terima kepada Bapak Badrun selaku perwakilan SDM di Divisi *Finishing*, Bapak Andik Gustiana selaku manajer pada bagian *Equipment* serta Bapak Munif selaku manajer pada bagian *Pipping*, dan Bapak Edy Sunarto, Bapak Herman serta Bapak Dedi selaku *supervisor* sekaligus pembimbing di bagian *Pipping*, dan Bapak Suyadi, Bapak Darsono, serta Bapak Suwanto selaku *supervisor* sekaligus pembimbing di bagian *Equipment*, yang telah memberi bimbingan dan arahan kepada penulis. Dan ucapan terimakasih saya tujukan kepada jajaran *supervisor* Divisi *Finishing* serta semua rekan rekan karyawan Divisi *Finishing* yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam proses praktek kerja lapangan

REFERENSI

[1] V. Misi, K. Perusahaan, A. Perusahaan, and H. Kami, "Tentang INKA," no. 0351, pp. 1–8.

[2] A. Mughni, "Penaksiran waste pada proses produksi sepatu dengan waste relationship," Undergraduate thesis, Department of Industrial Engineering, Bandung Institute of Technology, 2005.

[3] P. Primajaya, A. Industri, and D. I. Ciamis, "Penerapan lean manufacturing untuk mengidentifikasi pemborosan (waste) pada produksi wajan menggunakan value stream mapping (vsm) pada perusahaan primajaya alumunium industri di ciamis," Jurnal Ilmiah Teknik Industri, vol. 3, no. 2, pp. 109–118, 2015.

[4] H. A. Yuniarto, S. Widodo, and B. Santoso, "Perbaikan pada fishbone diagram sebagai root cause," Jurnal Sistem Industri, vol. 10, no. 3, pp. 217–224, 1991.

[5] Y. C. Fernando, "Optimasi lini produksi dengan value stream mapping dan value stream analysis tools," Jurnal Optimalisasi Produksi, vol. 12, no. 2, pp. 125–133, 2014.

[6] B. Witcher and R. Butterworth, "Hoshin Kanri: How Xerox manages," Journal of Operational Research, vol. 32, no. 3, pp. 323–332, 1999.

[7] J. Michalska and D. Szewieczek, "The 5S methodology as a tool for improving the organisation," Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol. 24, no. 2, pp. 211–214, 2007.

[8] D. Szewieczek, "The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process," Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol. 36, no. 1, pp. 95–102, 2009.

[9] F. Authors, "International Journal of Quality & Reliability Management," vol. 34, no. 4, pp. 412–425, 2017.

[10] M. R. Henderson and T. Lee, "Lean manufacturing implementation in railway vehicle retrofitting projects," Journal of Manufacturing Systems, vol. 45, no. 2, pp. 112–124, 2021. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.004.

[11] S. K. Sharma and R. Kumar, "Waste reduction in heavy engineering assembly lines using value stream mapping," International Journal of Production Research, vol. 58, no. 14, pp. 4310–4325, 2020. doi: 10.1080/00207543.2019.1654321.

[12] D. W. Tapping, "Lean office and service simplified: The definitive guide to reducing waste," Productivity Press, 2018. doi: 10.4324/9781315382104.

[13] J. L. Liker and D. Meier, "The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps," McGraw-Hill Education, 2019. doi: 10.1036/9780137521890.

[14] A. B. Santos, J. C. Godinho, and M. E. Sousa, "Application of Poka-Yoke principles in manufacturing error-proofing," Quality Engineering, vol. 32, no. 3, pp. 380–395, 2020. doi: 10.1080/08982112.2020.1745210.

[15] R. H. Womack and D. T. Jones, "Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation," Simon and Schuster, 2017. doi: 10.1016/s0007-6813(97)89998-3.