Implementasi *Lean Manufacturing* Berbasis *Value Stream Mapping* (VSM) Untuk Peningkatan Efisiensi Produksi Dan Identifikasi *Defect* Proses *Welding*

1st Bima Thariq Al Wafi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
bimathariqalwafi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aufar Fikri Dimyati
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
aufarfd@telkomuniversity.ac.id

3rd Paramaditya Arismawati
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia
paramadityaars@ telkomuniversity.ac.id

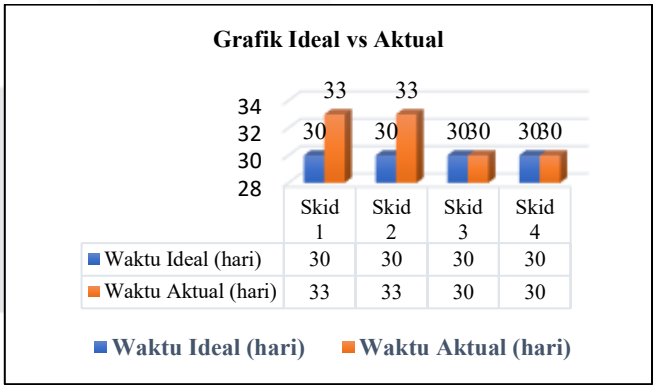
***Abstrak* — Proses produksi *Gear Accessories Skid* di PT Swadaya Graha menghadapi permasalahan tingginya tingkat *defect* pada tahap *welding* dan keterlambatan penyelesaian produksi. Dari empat unit yang diproduksi selama periode pengamatan, dua unit (50%) mengalami *defect* yang terdeteksi pada pemeriksaan *Non-Destructive Testing* (NDT), sehingga menyebabkan *rework* dan penambahan *lead time* rata-rata tiga hari per unit. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi aktivitas *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non-Value Added* (NNVA), memetakan sumber pemborosan dan *defect*, serta merancang usulan perbaikan proses menggunakan *Lean Manufacturing* dengan alat analisis *Value Stream Mapping* (VSM), *Process Activity Mapping* (PAM), dan *Cause and Effect Diagram*. Hasil pemetaan *Current State* menunjukkan 29 aktivitas dengan total *lead time* 30,5 hari, di mana aktivitas NVA mendominasi sebesar 31,07% (539,4 menit) dan *Process Cycle Efficiency* (PCE) hanya mencapai 44,75%. Analisis Pareto mengidentifikasi *incomplete fusion* sebagai *defect* paling dominan (75%). Usulan perbaikan dirancang melalui *Future State* VSM dengan empat area *Kaizen* yang mencakup sertifikasi *welder*, penerapan *inline inspection* checkpoint, dan efisiensi tata letak produksi. Hasil proyeksi *Future State* menunjukkan penurunan *lead time* unit *defect* dari 33,5 hari menjadi 22,125 hari (33,96%), pengurangan aktivitas NVA dari 11 menjadi 5 aktivitas (54,55%), eliminasi total waktu *rework*, serta peningkatan PCE dari 44,75% menjadi 69,88%.**

Kata kunci*— *Cause And Effect Diagram, Defect, Lean Manufacturing, PAM, Value Stream Mapping

I. PENDAHULUAN

Persaingan manufaktur yang terus meningkat menuntut setiap perusahaan untuk meningkatkan efisiensi produksi guna mempertahankan daya saing di pasar global. Industri komponen mekanik yang berkaitan dengan sektor energi dan konstruksi memiliki peranan penting dalam mendukung rantai pasok industri nasional, sehingga perusahaan fabrikasi dituntut mampu memenuhi kebutuhan produksi dalam jumlah besar sekaligus menjaga kualitas produk sesuai standar operasional dan keamanan [8]. PT Swadaya Graha merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang konstruksi, fabrikasi, dan pembuatan komponen mekanik berbasis baja, salah satunya adalah produk *Gear Accessories Skid* yang diproduksi berdasarkan sistem *Make to Order* (MTO) dengan target empat unit per bulan.

Produk tersebut dibuat melalui enam tahapan produksi yang saling bergantung, yaitu *cutting*, *fit-up*, *welding*, *finishing*, *Non-Destructive Testing* (NDT), dan *packing*, sehingga ketidaktepatan pada satu tahapan dapat memicu cacat pada tahapan berikutnya [7]. Tahap *welding* merupakan proses paling kritis karena parameter pengelasan, keterampilan operator, dan pemilihan elektroda sangat memengaruhi kekuatan sambungan [17]. Dari empat unit *Gear Accessories Skid* yang diamati selama satu bulan, dua unit mengalami *defect* berupa *incomplete fusion* dan *crack* pada pemeriksaan NDT, sehingga harus menjalani *rework* berupa *re-welding*, *re-finishing*, dan *re-NDT*. Skid-1 dan Skid-2 masing-masing memerlukan waktu produksi aktual 33 hari, melebihi waktu ideal 30 hari, sedangkan Skid-3 dan Skid-4 selesai tepat waktu karena tidak ditemukan *defect* (Gambar 1). Kondisi ini menunjukkan keterlambatan produksi rata-rata tiga hari per unit yang terdampak, atau setara satu minggu penundaan dalam satu siklus produksi.



GAMBAR 1
(GRAFIK PERBANDINGAN WAKTU PROYEK)

Dalam pendekatan *Value Stream Mapping* (VSM), keterlambatan akibat *defect* tersebut terpetakan sebagai aktivitas *Non-Value Added* (NVA) berupa *defect waste*, *waiting waste*, dan *over-processing waste* yang memperpanjang *lead time* produksi. *Lean Manufacturing* merupakan penerapan konsep *lean* di lingkungan manufaktur untuk menghasilkan sistem produksi yang efisien dan berkualitas tinggi, dengan fokus utama eliminasi tujuh jenis

pemborosan yaitu *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *excess processing*, *inventories*, *motion*, dan *defects* [16]. *Value Stream Mapping* menjadi alat utama *Lean Manufacturing* yang menggambarkan aliran material dan informasi mulai dari bahan baku hingga produk jadi, sehingga aktivitas *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non-Value Added* (NNVA) dapat diklasifikasikan untuk menentukan kondisi ideal proses melalui *future state map* [15]. Untuk menelusuri akar penyebab *defect* secara sistematis, digunakan *Cause and Effect Diagram* atau *Fishbone Diagram* yang mengelompokkan faktor penyebab ke dalam kategori *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, *Environment*, dan *Measurement* [12].

Dibandingkan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang berfokus pada efektivitas mesin, atau *Six Sigma* yang menitikberatkan pengendalian variasi kualitas, *Lean Manufacturing* dinilai lebih tepat karena proses produksinya yang bagus [10]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan *Lean Manufacturing* efektif menurunkan tingkat *defect* dan *rework* di berbagai industri manufaktur. [13] pada industri fabrikasi menunjukkan bahwa *Lean Manufacturing* mampu menurunkan *welding defect rate* dari 7,58% menjadi 2,34% melalui *continuous improvement* [14]. menerapkan VSM pada industri komponen otomotif untuk mengidentifikasi aktivitas *non-value added* penyebab *rework* sehingga waktu siklus produksi dapat ditekan hingga 15%, [5] membuktikan bahwa VSM pada proses perakitan berhasil mengurangi *waste waiting* dan *motion* penyebab keterlambatan serta [2] juga menunjukkan bahwa integrasi VSM dengan *Root Cause Analysis* mampu memangkas *cycle time* secara signifikan pada lini produksi manufaktur. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya membahas *waste* secara umum dan belum mengkaji secara spesifik *defect welding* pada industri fabrikasi baja berbasis MTO yang mengintegrasikan VSM, *Process Activity Mapping* (PAM), dan *Cause and Effect Diagram* secara berjenjang untuk merancang perbaikan pada tingkat *joint type* pengelasan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menerapkan *Lean Manufacturing* berbasis VSM untuk mengidentifikasi aktivitas VA, NVA, dan NNVA pada proses produksi *Gear Accessories Skid*, memetakan proses *welding* guna menemukan sumber pemborosan yang menyebabkan inefisiensi produksi, serta merancang *Future State* VSM sebagai usulan perbaikan untuk meminimalkan *waste*, mengurangi *defect welding*, dan meningkatkan efisiensi aliran produksi di PT Swadaya Graha.

Beberapa pendekatan seperti *Six Sigma* dapat digunakan untuk peningkatan kinerja proses, namun OEE lebih berfokus pada efektivitas mesin tanpa menganalisis pemborosan aliran produksi secara menyeluruh, sedangkan *Six Sigma* lebih menitikberatkan pengendalian variasi kualitas. Oleh karena itu, *Lean Manufacturing* dinilai lebih tepat karena. Penelitian oleh pada industri fabrikasi menunjukkan *Lean Manufacturing* mampu menurunkan *welding defect rate* dari 7,58% menjadi 2,34%, sementara menerapkan VSM pada industri komponen otomotif sehingga waktu siklus produksi dapat ditekan hingga 15%, dan membuktikan penerapan VSM pada proses perakitan berhasil mengurangi *waste waiting* dan *motion* penyebab keterlambatan produksi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menerapkan *Lean Manufacturing* berbasis VSM untuk mengidentifikasi aktivitas VA, NVA, dan NNVA pada proses produksi *Gear Accessories Skid*, memetakan sumber pemborosan dan *defect welding* melalui *Current State* VSM, serta merancang *Future State* VSM sebagai usulan perbaikan di PT Swadaya Graha.

II. KAJIAN TEORI

A. *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing merupakan penerapan konsep *Lean* pada lingkungan manufaktur untuk menghasilkan sistem produksi yang efisien, fleksibel, dan berkualitas tinggi melalui eliminasi *waste* yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan [16]. Dalam implementasinya, *Lean Manufacturing* mengidentifikasi tujuh jenis pemborosan (*seven wastes*) yang sering terjadi pada proses produksi, yaitu *overproduction*, *waiting*, *transportation*, *overprocessing*, *inventory*, *motion*, dan *defects*. Ketujuh *waste* tersebut dapat menyebabkan meningkatnya biaya operasional, memperpanjang waktu produksi, serta menurunkan produktivitas perusahaan. Oleh karena itu, identifikasi dan pengurangan *waste* menjadi langkah utama dalam meningkatkan efisiensi proses.

Selain mengurangi pemborosan, *Lean Manufacturing* juga mendorong penerapan *continuous improvement* (*Kaizen*), yaitu upaya perbaikan yang dilakukan secara berkelanjutan melalui keterlibatan seluruh elemen organisasi. Dengan melakukan evaluasi secara terus-menerus terhadap setiap aktivitas produksi, perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk, mempercepat aliran proses produksi, mengurangi terjadinya cacat produk, serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

B. *Value Stream Mapping*

Sebagai salah satu *tools* utama dalam konsep *Lean Manufacturing*, *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk memvisualisasikan seluruh tahapan proses produksi mulai dari kedatangan bahan baku sampai pengiriman produk jadi kepada pelanggan. Penggunaan VSM memungkinkan perusahaan memahami secara utuh bagaimana aliran material dan informasi berlangsung, sehingga aktivitas yang memberi nilai tambah dan yang tidak dapat diidentifikasi secara lebih mudah [9].

Dalam analisis VSM, setiap aktivitas proses diklasifikasikan menjadi *Value Added* (VA), yaitu aktivitas yang memberikan nilai tambah terhadap produk sesuai kebutuhan pelanggan; *Non-Value Added* (NVA), yaitu aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan sebaiknya dihilangkan; serta *Necessary but Non-Value Added* (NNVA), yaitu aktivitas yang tidak menambah nilai tetapi masih diperlukan karena alasan teknis, keselamatan, atau persyaratan perusahaan [15]. Dengan klasifikasi tersebut, perusahaan dapat menentukan prioritas perbaikan sehingga

aliran proses menjadi lebih efektif, waktu produksi berkurang, serta produktivitas meningkat.

C. *Proses Activity Mapping*

Process Activity Mapping (PAM) adalah salah satu metode analisis dalam pendekatan *Lean Manufacturing* yang berfungsi untuk mengenali sekaligus mengelompokkan setiap aktivitas yang berlangsung dalam suatu proses produksi secara mendetail. Melalui PAM, urutan kegiatan dari tahap awal sampai akhir proses dapat digambarkan dengan jelas, sehingga perusahaan lebih mudah menentukan mana aktivitas yang bernilai tambah dan mana yang tergolong pemborosan.

Dalam penerapannya, PAM mengelompokkan setiap kegiatan ke dalam lima kategori, yakni *Operation, Transportation, Inspection, Delay,* dan *Storage*. Melalui pengelompokan tersebut, peneliti dapat menghitung banyaknya aktivitas pada tiap kategori beserta durasi waktu yang diperlukan masing-masing aktivitas. Dari hasil pemetaan ini, dapat diketahui aktivitas mana yang paling banyak menyita waktu serta aktivitas yang tidak berkontribusi terhadap nilai produk.

Selanjutnya, PAM mengklasifikasikan aktivitas ke dalam tiga jenis, yaitu *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non-Value Added* (NNVA). Klasifikasi tersebut membantu perusahaan dalam memutuskan aktivitas mana yang perlu dihilangkan, dikurangi, atau tetap dipertahankan. Oleh karena itu, *Process Activity Mapping* berperan penting sebagai landasan dalam merumuskan usulan perbaikan proses produksi sekaligus mendukung terbentuknya *Future State Map* yang lebih efisien.

D. *Cause And effect Diagram* Dan Analisis Pareto

Cause and Effect Diagram atau *Fishbone* Diagram merupakan alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan secara sistematis. Diagram ini menyajikan hubungan antara suatu masalah dengan berbagai faktor penyebabnya sehingga memudahkan proses analisis dalam menentukan penyebab utama yang harus diperbaiki [12].

Melalui pengelompokan tersebut, perusahaan dapat mengevaluasi setiap faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya defect, keterlambatan proses, maupun penurunan kualitas produk. Analisis dilakukan dengan mengumpulkan data dari hasil observasi, wawancara, maupun dokumentasi proses produksi sehingga penyebab permasalahan dapat diidentifikasi secara lebih akurat. Hasil analisis *Fishbone* kemudian menjadi dasar dalam penyusunan tindakan perbaikan yang tepat sasaran.

Selain *Fishbone* Diagram, penelitian ini juga menggunakan Analisis Pareto untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan frekuensi terjadinya masalah. Prinsip Pareto atau 80/20 rule menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan umumnya disebabkan oleh sebagian kecil faktor penyebab. Oleh karena itu, Analisis Pareto digunakan untuk mengurutkan jenis *defect* berdasarkan frekuensi kemunculannya sehingga perusahaan dapat memfokuskan upaya perbaikan pada *defect* yang memberikan kontribusi terbesar terhadap keseluruhan masalah [6]. Kombinasi *Fishbone* Diagram dan Analisis Pareto memberikan pendekatan yang komprehensif dalam mengidentifikasi akar penyebab sekaligus menentukan prioritas tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi proses produksi.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan pada lini produksi *Gear Accessories Skid* di PT Swadaya Graha, perusahaan fabrikasi konstruksi berbasis *Make-to-Order (MTO)* yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Pengumpulan data dilaksanakan selama satu bulan dengan pembaruan data setiap minggu, mengamati total empat unit produksi.

Data *primer* diperoleh melalui observasi lapangan, wawancar, *time study* menggunakan *stopwatch*, serta dokumentasi *defect* hasil NDT. Data *sekunder* bersumber dari dokumen *purchase order*, *master schedule*, *layout* produksi, dan laporan hasil NDT perusahaan.

Pengolahan data menggunakan pendekatan *Lean Manufacturing* berbasis VSM, diawali dengan penyusunan *Process Activity Mapping* (PAM) *Current State* untuk mengklasifikasikan seluruh aktivitas ke dalam kategori VA, NVA, dan NNVA. Selanjutnya dilakukan identifikasi dan kuantifikasi *waste* berdasarkan tujuh kategori TIMWOOD, analisis Pareto untuk menentukan *defect* dominan, serta analisis akar penyebab menggunakan *Cause and Effect* Diagram. Hasil analisis tersebut menjadi dasar penyusunan usulan perbaikan (*improvement plan*) yang dituangkan ke dalam empat area Kaizen dan divisualisasikan melalui *Future State* VSM, dilengkapi perbandingan metrik VSM *Current State* dan *Future State* secara kuantitatif [4].



GAMBAR 2
(FLOWCHART TAHAPAN PENELITIAN)

Penelitian dilaksanakan selama satu bulan di PT Swadaya Graha yang terbagi ke dalam empat minggu: minggu pertama untuk studi literatur dan koordinasi awal, minggu kedua untuk pengumpulan data primer dan sekunder, minggu ketiga untuk pengolahan data (PAM, identifikasi *waste*, analisis Pareto, dan *Fishbone*), serta minggu keempat untuk penyusunan empat area Kaizen, *Improvement Plan*, dan *Future State* VSM.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Waktu Proses dan Perbandingan Aktual vs Ideal

Proses produksi *Gear Accessories Skid* melalui enam tahapan berurutan yaitu *cutting, fit-up, welding, finishing*, NDT, dan *packing*, dengan total *cycle time* 21 hari kerja tanpa *rework*. Waktu terlama terdapat pada proses *welding* (9 hari), diikuti *fit-up* (5 hari), sedangkan cutting, *finishing*, dan NDT masing-masing 2 hari, serta packing 1 hari.

TABEL 1
(PERBANDINGAN WAKTU IDEAL DAN AKTUAL)

Unit	Target (Hari)	Aktual (Hari)	Keterangan
Skid-1	30	33	Defect: incomplete fusion & crack
Skid-2	30	33	Defect: incomplete fusion
Skid-3	30	30	Tidak ada defect
Skid-4	30	30	Tidak ada defect

Skid-1 dan Skid-2 mengalami keterlambatan 3 hari akibat *rework re-welding, re-finishing*, dan re-NDT, sehingga *defect rate* sebesar 50% (2 dari 4 unit) memberikan dampak signifikan terhadap keterlambatan produksi.

B. *Process Activity Mapping (PAM) Current State*

Pemetaan PAM *Current State* mengidentifikasi 29 aktivitas dengan total lead time 30,5 hari (1.735,9 menit), mulai dari penerimaan material di *Warehouse* RAW hingga pengiriman produk ke pelanggan.

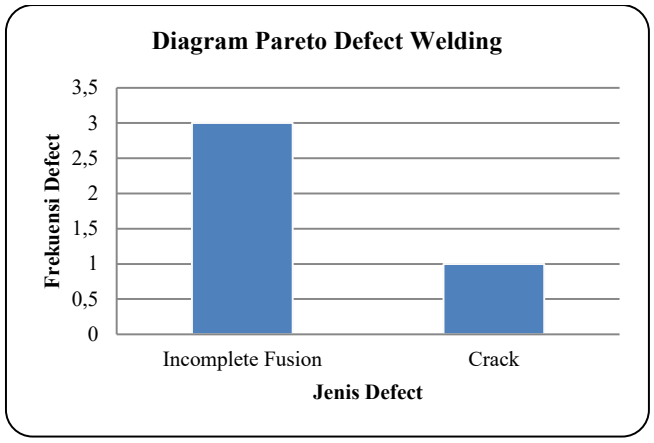
TABEL 2
(REKAPITULASI KATEGORI AKTIVITAS PAM CURRENT STATE)

Kategori	Jml Aktivitas	Waktu (Hari)	Waktu (Menit)	Persentase
VA	10	20,25	776,9	44,75%
NVA	11	5,75	539,4	31,07%
NNVA	8	4,5	419,6	24,17%
Total	29	30,5	1.735,9	100%

Lebih dari separuh total *lead time* (55,25%) merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah langsung. Aktivitas NVA paling signifikan adalah *rework re-welding*, *re-finishing*, dan re-NDT (110,5 menit atau 6,37% dari total *lead time*), diikuti waktu tunggu antar proses (1,5 hari) dan perpindahan material antar area (36,9 menit). Nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) *Current State* sebesar 44,75%, dihitung dari rasio waktu VA (776,9 menit) terhadap total *lead time* (1.735,9 menit).

C. *Analyze Pareto Defect*

Selama periode pengamatan teridentifikasi 4 titik *defect* pada 2 dari 4 unit produksi. Analisis Pareto menunjukkan *incomplete fusion* sebagai *defect* paling dominan dengan frekuensi 3 kejadian (75%), diikuti *crack* 1 kejadian (25%); keduanya masuk kategori *vital few* yang secara kumulatif mencakup 100% dari total *defect*.



GAMBAR 3
(DIAGRAM PARETO DEFECT WELDING)

Berdasarkan Gambar 3, terlihat *incomplete fusion* dengan frekuensi sebanyak 3 kejadian, sedangkan *crack* terjadi sebanyak 1 kejadian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *incomplete fusion* merupakan *defect* yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 75% dari total *defect*, sementara *crack* menyumbang 25%. Berdasarkan prinsip Pareto, kedua jenis *defect* tersebut termasuk kategori *vital few*, sehingga upaya perbaikan perlu diprioritaskan pada penyebab terjadinya *incomplete fusion* karena memiliki kontribusi terbesar terhadap keseluruhan *defect* pada proses *welding*.
Untuk memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai hasil Analisis Pareto, dilakukan rekapitulasi jumlah kejadian, persentase, dan persentase kumulatif dari masing-masing jenis *defect* yang ditemukan selama periode pengamatan. Rekapitulasi ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan sehingga perusahaan dapat memfokuskan tindakan pada jenis *defect* yang memberikan kontribusi terbesar terhadap keseluruhan permasalahan. Hasil rekapitulasi Analisis Pareto:

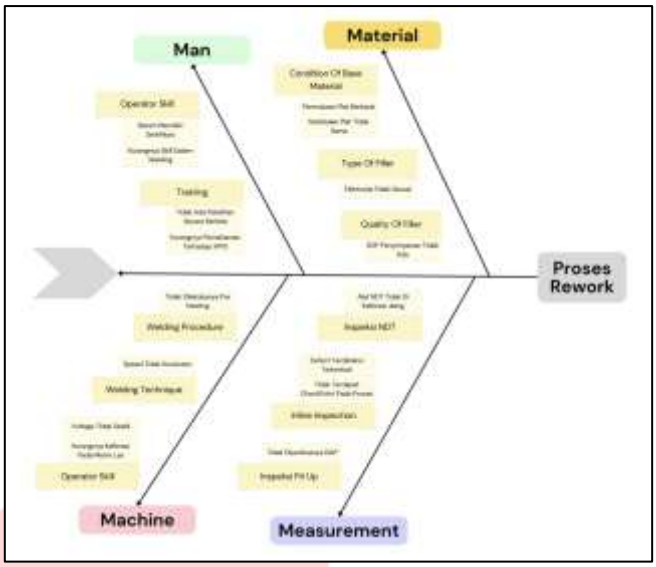
TABEL 3
(REKAPITULASI ANALISIS PARETO DEFECT WELDING)

Jenis Defect	Frekuensi	Persentase	Kumulatif
Incomplete Fusion	3	75%	75%
Crack	1	25%	100%

Incomplete fusion terjadi akibat parameter arus dan *voltase* yang tidak sesuai spesifikasi *joint* yang dilas, sedangkan *crack* terjadi akibat tidak dilakukannya prosedur *pre-heating* pada material tebal sehingga menimbulkan tegangan termal yang berujung retakan.

D. Analisis Akar Penyebab (*Cause and Effect Diagram*)

Analisis *Fishbone* terhadap enam kategori (*Man, Machine, Method, Material, Environment, Measurement*) mengidentifikasi 15 faktor penyebab. Faktor dengan kontribusi Sangat Tinggi adalah ketidaktersediaan *Welding Procedure Specification* (WPS) dan *Procedure Qualification Record* (PQR) per *joint type* pada kategori *Method*, yang menyebabkan operator menggunakan parameter berbeda-beda untuk setiap *joint* sehingga menimbulkan variasi kualitas hasil las.

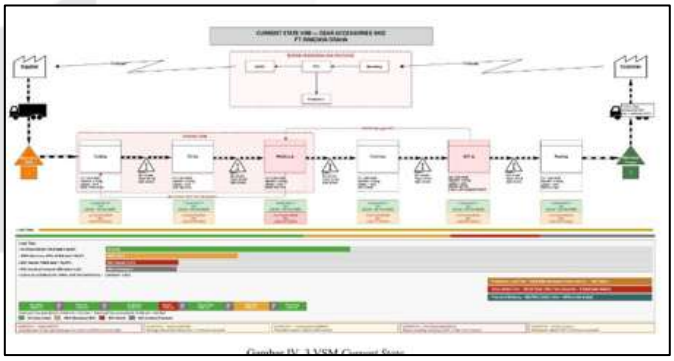


GAMBAR 4
(CAUSE AND EFFECT DIAGRAM)

Faktor kontribusi Tinggi lainnya meliputi keterampilan operator yang tidak konsisten dan kurangnya pemahaman WPS (*Man*), parameter mesin tidak stabil dan belum dikalibrasi (*Machine*), belum dilakukannya *pre-heating* serta inspeksi *fit-up* yang kurang ketat (*Method*), dan tidak adanya *inline inspection checkpoint* (*Measurement*). Seluruh faktor tersebut secara bersamaan memicu terjadinya *incomplete fusion* dan *crack* pada proses *welding*.

E. Perancangan *Future State* VSM dan Empat Area Kaizen

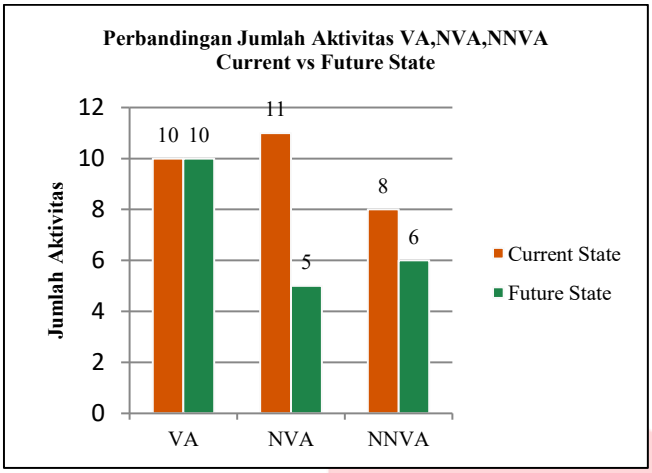
Current State VSM (Gambar 2) menunjukkan sistem pengendalian produksi berjalan secara push tanpa mekanisme *feedback real-time* antar stasiun. Permasalahan paling kritis teridentifikasi pada proses *welding* dengan *defect* rate 50%, yang memicu *rework zone* berupa *re-cutting*, *re-fit-up*, dan *re-welding*, sehingga total *lead time* unit defect mencapai 33,5 hari sedangkan unit *non-defect* 30,5 hari, dengan PCE hanya 44,75.



GAMBAR 5
(VSM CURRENT STATE)

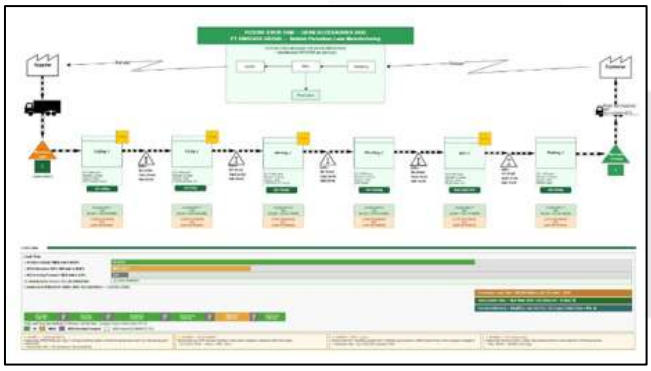
Perbandingan jumlah aktivitas VA, NVA, dan NNVA pada kondisi *Current State* menunjukkan tiga akar penyebab utama: tidak adanya WPS/PQR terstandar per *joint type* yang memunculkan *rework zone* sebagai aktivitas NVA terbesar (110,5 menit, 20,5% dari total NVA), sistem produksi push tanpa SOP *handover* antar proses yang memunculkan akumulasi *waiting time* 1,5 hari, serta tata letak produksi yang

tidak optimal sehingga jarak transportasi material lebih panjang dari yang diperlukan [15].



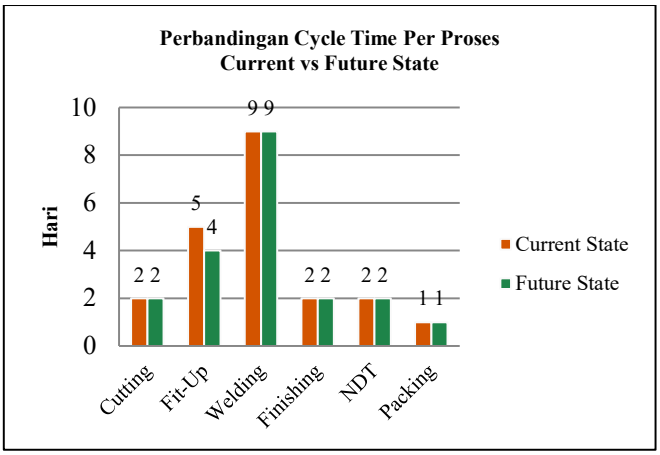
GAMBAR 6
(PERBANDINGAN AKTIVITAS)

Berdasarkan Gambar 6, ditunjukkan perbandingan jumlah aktivitas antara *Current State* dan *Future State*. Pada grafik tersebut, menunjukkan nilai hasil VA, NVA, dan NNVA dari *current* dan *future* VSM. Usulan perbaikan dirancang ke dalam empat area Kaizen: Kaizen 1 (*Welding*, prioritas Kritis) berupa standarisasi WPS/PQR per joint type, sertifikasi welder, serta *preventive maintenance* dan kalibrasi mesin las; Kaizen 2 (*Fit-Up*) berupa standarisasi jig dan SOP *pre-weld inspection* dengan *gap control*; Kaizen 3 (NDT dan Layout) berupa kalibrasi alat NDT, sertifikasi operator NDT, *inline inspection checkpoint*, serta optimasi tata letak produksi; dan Kaizen 4 (5S dan Dokumentasi) berupa implementasi 5S, pengadaan oven elektroda, dan sistem dokumentasi produksi.



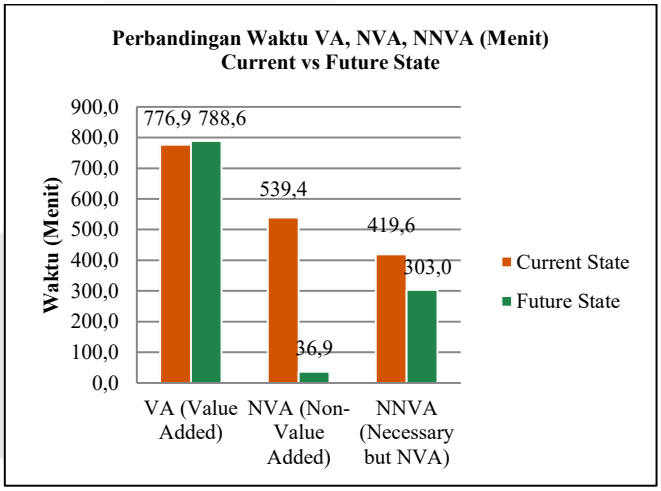
GAMBAR 7
(VSM FUTURE STATE)

Pada *Future State* VSM, setiap tahapan proses dilengkapi *quality checkpoint* berupa *inline inspection* dan SOP terstandar terintegrasi dengan alur informasi QA/QC dan PPIC menuju lantai produksi, sehingga aktivitas rework berhasil dieliminasi sepenuhnya [4].



GAMBAR 8
(PERBANDINGAN CYCLE TIME)

Berdasarkan Gambar 8, ditunjukkan perbandingan *cycle time* setiap proses produksi antara *Current State* dan *Future State*. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa hanya proses *fit-up* yang mengalami penurunan *cycle time* dari 5 hari menjadi 4 hari, sedangkan proses *cutting, welding, finishing*, NDT, dan *packing* tetap. Meskipun demikian, proses *welding* masih menjadi tahapan dengan *cycle time* terpanjang, yaitu 9 hari, sehingga tetap menjadi proses yang paling dominan dalam keseluruhan waktu produksi. Penurunan *cycle time* pada proses *fit-up* menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan mampu meningkatkan efisiensi proses tanpa mengurangi kualitas maupun mengubah alur produksi secara keseluruhan.



GAMBAR 9
(PERBANDINGAN WAKTU VA,NVA,DAN NNVA *CURRENT VS FUTURE*)

Berdasarkan Gambar 9, ditunjukkan perbandingan waktu aktivitas *Value Added* (VA), *Non-Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non-Value Added* (NNVA) antara *Current State* dan *Future State*. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa waktu NVA mengalami penurunan paling signifikan dari 539,4 menit menjadi 36,9 menit, yang mengindikasikan berkurangnya aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Selain itu, waktu NNVA juga menurun dari 419,6 menit menjadi 303,0 menit, sedangkan waktu VA sedikit meningkat

dari 776,9 menit menjadi 788,6 menit. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa usulan perbaikan berhasil mengurangi pemborosan.

V. KESIMPULAN

Identifikasi aktivitas menggunakan *Process Activity Mapping* menunjukkan bahwa dari 29 aktivitas dengan total *lead time* 30,5 hari (1.735,9 menit) pada kondisi *Current State*, hanya 44,75% tergolong *Value Added*, sementara 55,25% sisanya merupakan aktivitas NVA dan NNVA, dengan *rework* akibat *defect welding* sebagai kontributor NVA terbesar. Pemetaan *VSM Current State* mengidentifikasi enam dari tujuh kategori *waste* Lean Manufacturing, dengan *defect* dan *over-processing* sebagai *waste* prioritas kritis akibat *defect rate* 50% yang menambah *lead time* tiga hari per unit terdampak. Analisis Pareto menunjukkan *incomplete fusion* (75%) dan *crack* (25%) sebagai *defect* dominan, sedangkan *Cause and Effect Diagram* mengidentifikasi ketiadaan *Welding Procedure Specification* dan *Procedure Qualification Record* per *joint type* sebagai akar masalah paling mendasar.

Perancangan *Future State* VSM melalui empat area *Kaizen* yang menyasar langsung akar penyebab tersebut diproyeksikan mampu menurunkan *lead time* unit *defect* sebesar 33,96% (dari 33,5 menjadi 22,125 hari) dan unit non-*defect* sebesar 27,46%, mengeliminasi seluruh *rework*, menurunkan *defect rate* dari 50% menjadi 0%, mengurangi jumlah aktivitas NVA sebesar 54,55% (dari 11 menjadi 5 aktivitas), serta meningkatkan *Process Cycle Efficiency* dari 44,75% menjadi 69,88%. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan *Lean Manufacturing* berbasis VSM memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan efisiensi dan kualitas proses produksi *Gear Accessories Skid* di PT Swadaya Graha.

PT Swadaya Graha disarankan segera menyusun dan mengimplementasikan WPS/PQR resmi untuk setiap jenis sambungan las disertai program sertifikasi *welder* berkala, menerapkan *inline inspection checkpoint* setelah proses *cutting*, *fit-up*, dan *welding*, serta menerapkan *go-no-go gauge* pada proses *fit-up*.

REFERENSI

[1] M. N. Alwahidi, S. Najibah, and B. Afrizal, "Review Pengujian Pengelasan Metode *Non-Destructive* Test," Jurnal Mema (Jurnal Mesin dan Manufaktur), vol. 2, no. 1, pp. 30–42, 2025.

[2] J. Kanyepe, B. Zizhou, M. Alphaneta, and N. Chifamba, *"Lead-time management, information sharing and performance of the motor industry in Zimbabwe," European* Moh. S. Amri, Mukhlis, Bachtiar, M. Ari, F. Hamzah, and A. T. Wibowo, "Analisis Kuat Arus Dissimilar Welding Terhadap Metalografi, Nilai Kekerasan Dan Uji Torsi Proses Arc Stud Welding Pada Produk Hopper," Jurnal Teknologi Maritim, vol. 7, no. 2, pp. 54–65, 2024.

[3] E. Ansyah, S. Kustiwan, and S. Supriyati, "Analisis *Lean Manufacturing* Untuk Mengurangi *Cycle Time* Dengan Menggunakan Metode *Value Stream* Mapping," Jurnal Penelitian Inovatif, vol. 5, no. 3, pp. 2153–2162, 2025.

[4] S. Arunizal, D. H. Wardhani, and J. Windarta, "Penerapan *Value Stream Mapping* (VSM) Untuk Menurunkan *Lead Time Process* Dan Meningkatkan Kinerja Aktivitas Pengadaan Di Site Tambang," JPII, vol. 2, no. 3, pp. 141–150, 2024.

[5] R. Brilianto and N. P. Waluyowati, "Analisis Proses Produksi Dengan *Value Stream Mapping* Pada Industri Manufaktur," Jurnal Kewirausahaan dan Inovasi, vol. 3, no. 4, pp. 1095–1103, 2024.

[6] M. F. Fadilah and R. Wibero, "Rancangan Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Pemborosan Pada Proses Pembuatan Sepatu Dengan Pendekatan Metode VSM Dan RCA Di Home Industry Sepatu," 2024.

[7] G. A. Fatinnisa and J. A. Saifuddin, "*Analysis Of Value Stream Mapping (VSM) In The Application Of Lean Manufacturing To Minimize Waste At PT*. Karya Indah Medika," IJIEM, vol. 5, no. 1, p. 234, 2024.

[8] H. Rusmawan, "Perancangan *Lean Manufacturing* Dengan Metode *Value Stream Mapping* (VSM) Di PT TJOKRO Bersaudara (PRIOK)," 2021.

[9] M. N. Irsyad and S. Hartini, "Value Stream Mapping Sebagai Alat Analisis Dalam Lean Manufacturing: Analisis Bibliometrik," Jurnal Teknik Industri, vol. 19, no. 1, 2024.

[10] F. Kurniadi, F. Handoko, and T. Priyasmanu, "Analisis Welding Defect Rate Dan Penanganannya Dengan Metode Six Sigma Dan FMEA," 2022.

[11] Y. Mei Fitriani and D. Andesta, "Analisis Risiko Kerusakan Pada Mesin Las FCAW Dengan Pendekatan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Studi Kasus: PT. Swadaya Graha)," Serambi Engineering, vol. 7, no. 4, 2022.

[12] Miftakhul Jannah and Dewi Siswanti, "Analisis Penerapan Lean Manufacturing Untuk Mereduksi Over Production Waste Menggunakan Value Stream Mapping Dan Fishbone Diagram," 2021.

[13] M. H. A. Noviyana, A. J. Suwondo, and O. A. W. Riyanto, "Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode Value Stream Mapping (VSM) Untuk Meningkatkan Produktifitas" 2024.

[14] H. Ponda, N. Fadilah Fatma, and I. Siswantoro, "Usulan Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode Value Stream Mapping (VSM) Dalam Meminimalkan Waste Pada Proses Produksi Ban Motor Pada Industri Pembuat Ban," 2022.

[15] M. Salwin, I. Jacyna-Gołda, M. Bańka, D. Varanchuk, and A. Gavina, "*Using Value Stream Mapping To Eliminate Waste: A Case Study Of A Steel Pipe Manufacturer*," Energies, vol. 14, no. 12, 2021.

[16] M. Shodiq Abdul Khannan, "Analisis Penerapan Lean Manufacturing Untuk Menghilangkan Pemborosan Di Lini Produksi PT Adi Satria Abadi," 2021.

[17] Tiara Nuriyah Sani and Sumiati Sumiati, "Pengendalian Kualitas Pengelasan Pada Project Fabrikasi Metal Duct MBI Menggunakan Metode SQC Dan FMEA," Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik, vol. 3, no. 1, pp. 167–177, 2023.