

Analisis *Lean Manufacturing* untuk Mengurangi *Cycle Time* dan *Waste* Di Divisi DMS PT XYZ

Christyan Dwinanta^{1*}, Wiwin Widiasih²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118
xchristyandwinantac@gmail.com^{1*}, wiwin_w@untag-sby.ac.id²

ABSTRAK

Divisi DMS PT XYZ menghadapi permasalahan meningkatnya *cycle time* produksi akibat aktivitas *non-value added* yang dipicu oleh *motion*, *transportation*, dan *waiting waste*. Kondisi tersebut menyebabkan beberapa proses pada komponen *Top Plate* dan *Yoke* tidak mencapai target waktu produksi yang telah ditetapkan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber pemborosan, menganalisis kontribusinya terhadap *cycle time*, serta merumuskan usulan perbaikan berbasis *Lean Manufacturing* untuk meningkatkan efisiensi proses. Metode yang digunakan meliputi *Value Stream Mapping* (VSM) untuk memetakan aliran proses, *Process Activity Mapping* (PAM) untuk mengklasifikasikan aktivitas *value added* (VA), *non-value added* (NVA), dan *necessary non-value added* (NNVA), serta analisis akar masalah melalui pendekatan 5 *Why*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total waktu proses komponen *Top Plate* sebesar 5.470 detik dengan persentase VA 57%, sementara komponen *Yoke* memiliki total waktu 1.675 detik dengan persentase VA 41%, sehingga lebih dari separuh waktu proses terserap aktivitas tanpa nilai tambah. Melalui usulan perbaikan seperti standarisasi kerja, pengurangan aktivitas tidak perlu, optimalisasi *handling* operator, dan *re-layout* area produksi, proses bubut 1, proses bubut 2, dan proses bor yang sebelumnya tidak mencapai target kini memenuhi standar waktu perusahaan. Selain menurunkan *cycle time*, implementasi usulan perbaikan juga menghasilkan estimasi efisiensi biaya tenaga kerja sebesar Rp 378.393,75 untuk *Top Plate* dan Rp 263.025 untuk *Yoke* dalam satu *shift*. Dengan demikian, *Lean Manufacturing* terbukti efektif dalam meminimalkan *waste*, meningkatkan produktivitas, dan mendukung perbaikan sistem produksi secara berkelanjutan.

Kata Kunci: lean manufacturing, PAM, pemborosan, VSM, waktu siklus.

ABSTRACT

The DMS Division of PT XYZ experiences increasing production cycle time due to non-value-added activities primarily caused by motion, transportation, and waiting waste, resulting in several machining processes for Top Plate and Yoke components failing to meet the company's initial cycle time targets. This study aims to identify dominant sources of waste, analyze their contribution to cycle time, and propose Lean Manufacturing-based improvements to enhance process efficiency. The research employs Value Stream Mapping (VSM) to visualize process flow, Process Activity Mapping (PAM) to categorize value-added (VA), non-value-added (NVA), and necessary non-value-added (NNVA) activities, and root cause analysis using the 5 Why method. The findings reveal that the total processing time for the Top Plate component is 5,470 seconds with 57% VA, while the Yoke component records 1,675 seconds with only 41% VA, indicating that more than half of production time is consumed by activities that do not contribute direct value. Proposed improvements—including standardized work, elimination of unnecessary activities, optimization of operator handling, and a revised production layout—successfully enabled previously underperforming processes such as turning 1, turning 2, and drilling to meet company targets. Beyond reducing cycle time, the improvement initiatives generated estimated labor cost efficiency of Rp 378,393.75 for Top Plate and Rp 263,025 for Yoke per production shift. Therefore, Lean Manufacturing proves effective in minimizing waste, increasing productivity, and supporting continuous production system improvement.

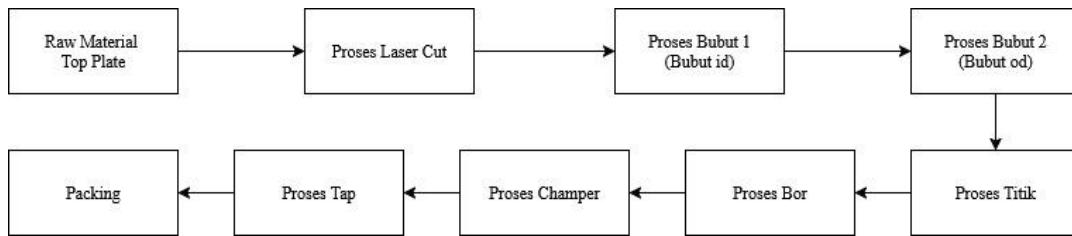
Keywords: cycle time, lean manufacturing, PAM, VSM, waste.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur dituntut untuk mampu menjaga efisiensi operasional, ketepatan waktu produksi, serta fleksibilitas dalam memenuhi kebutuhan pasar yang semakin kompetitif. Menurut Sumasto et al., (2023) salah satu tantangan utama dalam industri berbasis proses permesinan adalah tingginya aktivitas *non-*

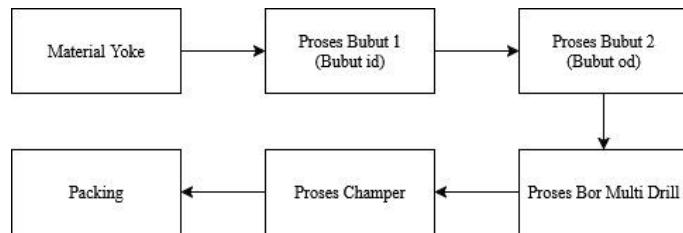
value added yang menyebabkan pemborosan waktu, penggunaan sumber daya yang tidak optimal, dan menurunnya produktivitas perusahaan. Kondisi tersebut sering muncul pada proses produksi yang belum terstandarisasi, memiliki aliran material yang kompleks, atau tidak didukung tata letak fasilitas yang efisien, sehingga berdampak langsung terhadap meningkatnya *cycle time*, *lead time*, dan biaya produksi.

PT XYZ. merupakan perusahaan manufaktur komponen *loudspeaker* yang memiliki beberapa divisi produksi, salah satunya yaitu divisi DMS yang merupakan divisi sebagai unit strategis dalam pembuatan tooling dan beberapa komponen utama pendukung proses produksi *loudspeaker*. Namun, berdasarkan hasil observasi awal, divisi ini menghadapi kendala berupa meningkatnya *cycle time* pada proses pembuatan komponen *Top Plate* dan *Yoke*.



Gambar 1. Alur proses produksi *top plate*

Pada Gambar 1 merupakan alur proses produksi komponen *Top Plate* mulai dari raw material dipotong melalui proses *laser cut* hingga proses *packing*. Sedangkan berikut merupakan alur proses produksi komponen *Yoke* secara umum, adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Alur proses produksi *yoke*

Pada Gambar 2 merupakan alur proses produksi komponen *Yoke* mulai dari datangnya material *Yoke* kemudian dibubut hingga proses *packing*. Divisi DMS mengalami perlambatan pada pembuatan komponen *Top Plate* dan *Yoke* akibat aktivitas tambahan yang tidak bernilai tambah. Hal ini meningkatkan *cycle time* dan memicu penumpukan material di setiap stasiun kerja, yang berpotensi menunda pengiriman ke proses berikutnya atau ke pelanggan. Untuk mengatasinya, diperlukan data waktu proses dan identifikasi elemen kerja tambahan. Beberapa proses kedua komponen tersebut diketahui tidak memenuhi target awal produksi perusahaan akibat tingginya aktivitas *non-value added* yang dipicu oleh *motion waste*, *transportation waste*, dan *waiting waste*. *Waste* tersebut muncul akibat pergerakan operator yang tidak efisien, jarak antar *workstation* yang jauh, penataan WIP yang belum optimal, serta waktu tunggu antar proses karena ketidaksinkronan aliran kerja. Kondisi ini menunjukkan perlunya evaluasi sistematis terhadap aliran proses dan struktur kerja di area produksi. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan data mengenai komponen *Top Plate* dan *Yoke* sebelum dilakukan perbaikan yang memperlihatkan adanya kesenjangan antara waktu aktual dan target waktu produksi perusahaan.

Dimana dari data waktu observasi komponen *Top Plate* di atas setelah dilakukan perhitungan terlihat bahwa proses bubut 1, proses bubut 2 dan proses bor tidak memenuhi / tidak mencapai target awal yang ditetapkan perusahaan. Hal ini disebabkan karena terdapat beberapa elemen kerja tambahan yang dilakukan oleh operator yang mana mengakibatkan meningkatnya *cycle time* pada beberapa proses yang target awalnya tidak tercapai / tidak terpenuhi.

Dimana dari data waktu observasi komponen *Yoke* di atas setelah dilakukan perhitungan terlihat bahwa proses bubut 1 dan proses bubut 2 tidak memenuhi / mencapai target awal yang ditetapkan perusahaan. Hal ini

disebabkan karena terdapat beberapa elemen kerja tambahan yang dilakukan oleh operator yang mana mengakibatkan meningkatnya *cycle time* pada beberapa proses yang target awalnya juga tidak tercapai / tidak terpenuhi. Selain diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan utama di lini produksi, juga dapat membantu perusahaan dalam menentukan target produksi baru secara lebih realistik, berdasarkan pengukuran waktu proses yang valid. Hal ini juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan perbaikan berkelanjutan di masa mendatang. Permasalahan lain terkait panjangnya waktu proses pada komponen *Top Plate* dan *Yoke*, divisi DMS juga menghadapi bentuk pemborosan lainnya yang menghambat efisiensi produksi. Salah satunya teridentifikasi adalah inefisiensi dalam penanganan material (*material handling*), terutama disebabkan oleh tata letak mesin yang kurang optimal. Saat ini, seluruh mesin *drill* dan *tap* berada di bagian *Plant Eng. Workshop* 1 dimana membutuhkan perpindahan material yang memakan waktu dalam proses produksinya, meningkatkan waktu tunggu dan potensi terjadinya penumpukan antar proses. Selain itu perusahaan juga telah membeli 2 mesin frais yang saat ini sedang dalam masa pengiriman. Yang apabila tidak dilakukan pertimbangan dalam peletakannya, maka inefisiensi aliran produksi dapat meningkat secara signifikan. Maka dari itu, diperlukan pertimbangan dalam menempatkan 2 mesin frais yang akan datang dan penyesuaian beberapa mesin *drill* dan *tap* kembali agar efisiensi aliran produksi di divisi DMS dapat meningkat.

Tabel 1. Data observasi *top plate* sebelum dilakukan perbaikan

Kode Komponen	Deskripsi	Proses	Mesin Kerja	Run Time (jam)	Target awal (pcs/jam)	Hasil Observasi (pcs/jam)	Keterangan
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bubut 1 (id)	BUBUTcnc	0,0173	58	55	Tidak tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bubut 2 (od)	BUBUTcnc	0,0173	58	55	Tidak tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.titik	TITIK-AU	0,00833	120	172	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bor	BOR	0,01667	60	55	Tidak tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.chamfer	BOR	0,01389	72	188	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.tap	Tapping	0,01667	60	68	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.packing	Manual-P	0,025	40 (kardus) / 960	62 (kardus) / 1.488	Tercapai

Tabel 2. Data observasi *yoke* sebelum dilakukan perbaikan

Kode Komponen	Deskripsi	Proses	Mesin Kerja	Run Time (jam)	Target awal (pcs/jam)	Hasil Observasi (pcs/jam)	Keterangan
3YO1120	T- 205x98.2x33x5	1p.bubut 1 (id)	BUBUT-RF	0,1	10	9	Tidak tercapai
3YO1120	T- 205x98.2x33x5	1p.bubut 2 (od)	BUBUT-G	0,1	10	9	Tidak tercapai
3YO1120	T- 205x98.2x33x5	1p.bor multidrill	M.Drill	0,02	50	81	Tercapai
3YO1120	T- 205x98.2x33x5	1p.chamfer	BOR	0,01	100	159	Tercapai
3YO1120	T- 205x98.2x33x5	1p.packing	Manual-P	0,0125	80 (keranjang) / 1.120	97 (keranjang) / 1.358	Tercapai

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran jarak dan waktu tempuh pada setiap perpindahan material selama proses produksi komponen *Top Plate* di divisi DMS. Data ini diperoleh melalui observasi langsung terhadap pergerakan material dari satu stasiun kerja ke stasiun berikutnya, mulai dari area penyimpanan bahan baku (*raw material*) hingga menuju *finished goods (FG) area*.

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran jarak dan waktu tempuh pada setiap perpindahan material selama proses produksi komponen *Yoke* di divisi DMS. Data ini diperoleh melalui observasi langsung terhadap pergerakan material dari satu stasiun kerja ke stasiun berikutnya, mulai dari area *WIP* hingga menuju *finished goods (FG) area*. Dari latar belakang yang sudah dijelaskan dapat diketahui bahwa pemborosan (*waste*) yang berpengaruh terhadap meningkatnya *cycle time* pada divisi DMS meliputi tiga jenis utama, yaitu:

1. *Motion Waste*, terjadi akibat pergerakan operator yang tidak efisien selama aktivitas kerja, seperti bolak-

balik mengambil item, membersihkan meja kerja, maupun menata hasil proses. Faktor penyebabnya antara lain perbedaan persepsi kualitas, adanya aktivitas tambahan yang dilakukan operator yang perlu dioptimalkan melalui penyamaan persepsi kualitas dan standarisasi langkah kerja.

2. *Transportation Waste*, ditemukan dari aktivitas perpindahan material antar proses yang kurang efisien, baik karena jarak antar stasiun kerja terlalu jauh maupun karena tata letak mesin belum mengikuti urutan aliran proses produksi. Hal ini menyebabkan waktu tempuh material menjadi panjang dan menambah *cycle time* keseluruhan. Perlu dilakukan evaluasi alur perpindahan material agar jarak tempuh dan waktu *handling* dapat diminimalkan.
3. *Waiting Waste*, terjadi karena adanya waktu tunggu antar proses yang disebabkan oleh penumpukan material sebelum dilanjutkan ke proses berikutnya. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan aliran produksi dan meningkatnya waktu tidak produktif (*idle time*) dan meningkatnya *cycle time*. Dimana diperlukan upaya untuk meminimalkan waktu tunggu tersebut agar aliran proses menjadi lebih lancar dan waktu siklus dapat dipangkas.

Tabel 3. Jarak dan waktu perpindahan proses produksi komponen *top plate*

Dari => Ke	Jarak Tempuh (Meter)	Waktu Tempuh (Detik)
Area Raw Material Top Plate => Laser Cut	4,5	17,39
Laser Cut => Area WIP	3,549	5,74
Area WIP => Bubut 1	20,1	28,02
Bubut 1 => Bubut 2	3,6	21,18
Bubut 2 => Titik	56,76	81,52 (karena perpindahan dari Plant Eng. Workshop 2 ke Plant Eng. Workshop 1)
Bubut 2 => WIP	32,85	48,31
WIP => Titik	30,3	44,96
Titik => Bor	10,5	28,54
Bor => Chamfer	21	56,82
Chamfer => Tap	1,5	4,17
Tap => Packing	1,1	7,36
Packing => Area FG	10,05	19,71

Tabel 4. Jarak dan waktu perpindahan proses produksi komponen *yoke*

Kode Komponen	Deskripsi	Proses	Mesin Kerja	Run Time (jam)	Target awal (pcs/jam)	Hasil Observasi (pcs/jam)	Keterangan
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bubut 1 (id)	BUBUT-RF	0,1	10	9	Tidak tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bubut 2 (od)	BUBUT-G	0,1	10	9	Tidak tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bor multidrill	M.Drill	0,02	50	81	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.chamfer	BOR	0,01	100	159	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.packing	Manual-P	0,0125	80 (keranjang / 1.120)	(keranjang) / 1.358	Tercapai

Ketiga *waste* tersebut saling berkaitan dan berdampak langsung terhadap efisiensi waktu siklus (*cycle time*) / waktu proses secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan *Lean Manufacturing* untuk meminimalkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activity*). Dalam penelitian ini, digunakan alat bantu *Value Stream Mapping* (VSM) untuk memetakan aliran proses produksi, *Process Activity Mapping* (PAM) untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah di setiap elemen kerja, serta *Root Cause Analysis* (RCA) atau metode 5 *Why* untuk menemukan penyebab utama dari pemborosan yang terjadi di lantai produksi. Pemilihan pendekatan *Lean Manufacturing* dilakukan karena metode ini berfokus pada pengurangan pemborosan (*waste*) dan peningkatan efisiensi aliran proses. Di divisi DMS ini, terdapat beberapa aktivitas *non-value added* seperti sebelum memulai proses hingga selesai proses serta jarak perpindahan antar stasiun kerja yang cukup jauh, sehingga berdampak pada meningkatnya *cycle time*. Untuk menganalisis kondisi tersebut maka dilakukan analisis aliran nilai menggunakan salah satu *tools Lean*, yaitu *Value Stream Mapping* (VSM). Dikarenakan VSM mampu memberikan gambaran menyeluruh terhadap aliran material dan informasi dari awal hingga akhir proses, sekaligus mengidentifikasi aktivitas yang

menambah nilai (*value added*) dan yang tidak (*non-value added*). Melalui hasil analisis tersebut, dapat dirumuskan usulan perbaikan yaitu pengukuran perbandingan waktu proses aktual dan waktu setelah perbaikan serta perbaikan usulan *layout* yang lebih terukur dan tepat sasaran guna mengurangi waktu proses produksi permesinan (Widiasih & Nurmala, 2019).

Lean Manufacturing mengelompokkan pemborosan ke dalam tujuh kategori utama, termasuk *motion*, *transportation*, dan *waiting waste*, yang banyak terjadi pada industri berbasis. Untuk mengidentifikasi *waste* secara terstruktur, sejumlah penelitian menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) sebagai alat visual untuk memetakan aliran material dan informasi dari awal hingga akhir proses. Selain itu, *Process Activity Mapping* (PAM) digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas ke dalam *value added* (VA), *non-value added* (NVA), dan *necessary non-value added* (NNVA), sehingga perusahaan dapat mengetahui kontribusi aktivitas terhadap pembentukan nilai produk. Lebih lanjut, *Root Cause Analysis* melalui metode 5 *Why* banyak digunakan untuk menelusuri penyebab utama terjadinya *waste* dan merumuskan perbaikan yang tepat sasaran (Various, 2024).

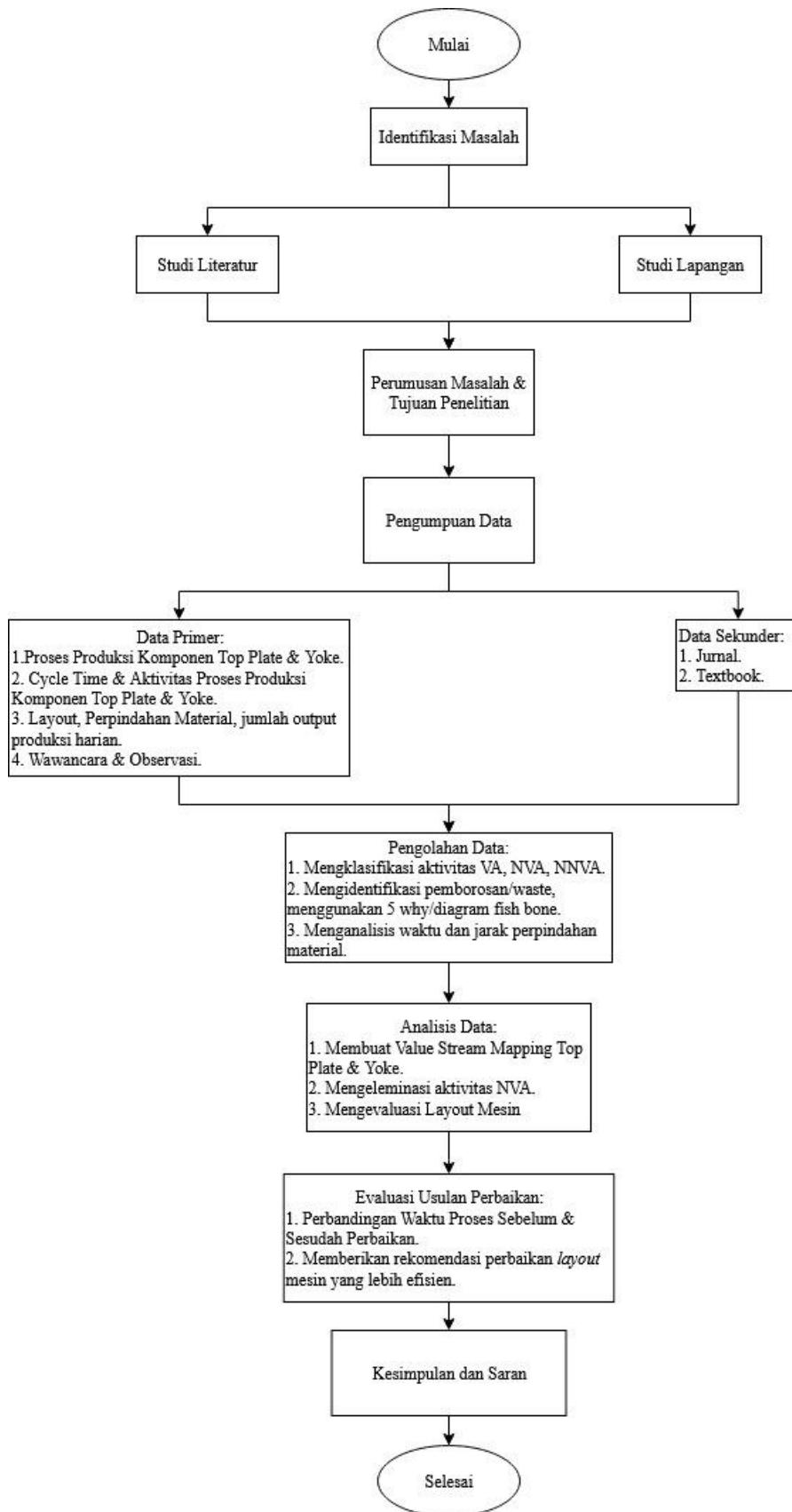
Menurut Kumar et al., (2022) menyatakan bahwa *Lean Manufacturing* efektif dalam mereduksi *cycle time*, memperbaiki tata letak, dan meningkatkan produktivitas pada berbagai sektor manufaktur, termasuk industri logam dan komponen mekanik. Namun, penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan VSM, PAM, dan *Root Cause Analysis* sekaligus dengan evaluasi usulan *re-layout* pada area DMS masih terbatas, terutama pada konteks perusahaan yang sedang mengantisipasi penambahan fasilitas mesin untuk peningkatan kapasitas produksi. Selain itu, sedikit penelitian yang membahas pengukuran dampak perbaikan *waste* terhadap efisiensi biaya tenaga kerja, padahal aspek tersebut penting dalam mendukung pengambilan keputusan manajerial jangka panjang. Dengan demikian, penelitian ini memiliki posisi kontribusi yang jelas dalam mengisi celah kajian tersebut perusahaan, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai implementasi Lean pada industri manufaktur sejenis (Widiasih et al., 2015).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan metode deskriptif kuantitatif yang berfokus pada analisis sistem produksi di divisi DMS PT XYZ. Pemilihan pendekatan ini dilakukan karena penelitian bertujuan mengidentifikasi pemborosan (*waste*), menganalisis kontribusinya terhadap peningkatan *cycle time*, serta merumuskan usulan perbaikan berbasis *Lean Manufacturing* secara terukur. Objek penelitian terdiri dari dua komponen utama yang diproduksi pada divisi tersebut, yaitu *Top Plate* dan *Yoke*, yang dipilih karena memiliki ketidaktercapaian target waktu produksi sebelum dilakukan perbaikan.

Gambar 3 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Alur penelitian dilakukan dalam studi ini terdiri dari beberapa langkah utama sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
 - Mengamati kondisi aktual proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke* di divisi DMS.
 - Mengidentifikasi permasalahan utama seperti *cycle time* yang tinggi, aktivitas *non-value-added*, serta pemborosan lainnya.
 - Diskusi awal dengan pihak terkait di perusahaan.
2. Studi Literatur
 - Mempelajari teori dan konsep mengenai *Lean Manufacturing*.
 - Menelaah jenis-jenis pemborosan (*waste*) dalam proses produksi berdasarkan pendekatan *lean*.
 - Mencari referensi penelitian terdahulu terkait pengurangan *cycle time* dan efisiensi proses.
3. Studi Lapangan
 - Observasi langsung pada proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke*.
 - Wawancara dengan operator dan supervisor terkait alur kerja.
 - Dokumentasi proses (*layout*, pergerakan material, mesin, dan hasil produksi).
4. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian
 - Menyusun perumusan masalah berdasarkan kondisi aktual dan landasan teori.
 - Merumuskan tujuan penelitian:
 - Analisis pengaruh aktivitas NVA terhadap *cycle time*.
 - Penerapan *lean manufacturing* untuk mengurangi *waste*.
 - Evaluasi *layout* guna meminimalkan jarak perpindahan material.



Gambar 3. Flowchart penelitian

5. Pengumpulan Data

- Alur Proses produksi komponen *Top Plate & Yoke*.
- Klasifikasi aktivitas yang bernilai tambah (*Value Added/VA*), aktivitas tidak bernilai tambah (*Non-Value Added/NVA*) dan aktivitas perlu namun tidak bernilai tambah (*Necessary Non-Value Added/NNVA*) pada proses produksi komponen *Top Plate & Yoke* (Rangkuti et al., 2024).
- Waktu Observasi *cycle time* & elemen kerja *Top Plate & Yoke*.
- *Layout*, jarak dan waktu tempuh perpindahan material.
- Wawancara kepada para pekerja, karyawan staf dan melakukan observasi secara langsung di lapangan kerja.

6. Pengolahan Data

- Mengolah Klasifikasi Aktivitas komponen proses produksi *Top Plate & Yoke* menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM).
- Memetakan *Current State Value Stream Mapping* (CSVSM) komponen *Top Plate & Yoke*.
- Mengidentifikasi pemborosan/*waste*, menggunakan *Root Causes Analysis* (RCA) dengan 5 *why's*.

7. Analisis Data

- Menganalisis *Waste* yang terjadi dari Klasifikasi Aktivitas komponen *Top Plate & Yoke* menggunakan PAM.
- Mengeleminasi dan mengurangi aktivitas NVA & NNVA komponen *Top Plate & Yoke*.
- Memetakan *Future State Value Stream Mapping* (FSVSM) komponen *Top Plate & Yoke*.
- Perbaikan *Layout*.

8. Evaluasi Usulan Perbaikan

- Melakukan pengukuran perbandingan waktu proses aktual dan waktu setelah perbaikan diusulkan untuk menilai tingkat efektivitas hasil usulan.
- Estimasi efisiensi biaya setelah perbaikan.
- Memberikan rekomendasi perbaikan *layout* mesin yang lebih efisien.

9. Kesimpulan dan Saran

- Menyimpulkan hasil penelitian terhadap tujuan dan masalah yang telah dirumuskan.
- Memberikan saran untuk perusahaan dalam implementasi usulan perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan pemetaan kondisi aktual melalui *Value Stream Mapping* (VSM), dilakukan pengolahan data waktu proses dan identifikasi elemen kerja menggunakan *Process Activity Mapping* (PAM) pada kedua komponen, yaitu *Top Plate* dan *Yoke*. PAM digunakan untuk mengklasifikasikan setiap aktivitas produksi ke dalam tiga kategori utama, yaitu *value added* (VA), *non-value added* (NVA), dan *necessary non-value added* (NNVA), sehingga dapat diketahui kontribusi masing-masing aktivitas terhadap pembentukan *cycle time*. Pengelompokan dilakukan berdasarkan hasil observasi langsung, dokumentasi standar operasional, serta konfirmasi dengan operator dan pengawas produksi. Aktivitas dikategorikan sebagai VA apabila secara langsung mengubah bentuk, dimensi, atau karakteristik produk sesuai kebutuhan pelanggan; sementara aktivitas yang tidak memberi nilai tambah tetapi tetap diperlukan untuk keberlangsungan proses, seperti pengaturan posisi material atau setup mesin, dikategorikan sebagai NNVA. Adapun aktivitas yang tidak memberikan nilai bagi produk dan dapat dieliminasi seperti perpindahan tidak perlu, pencarian alat, atau waktu tunggu diklasifikasikan sebagai NVA. Hasil PAM menunjukkan bahwa kedua komponen memiliki proporsi aktivitas NVA dan NNVA yang cukup besar, sehingga menjadi indikator awal adanya pemborosan pada aliran proses produksi. Temuan ini kemudian digunakan sebagai dasar analisis lebih lanjut dalam pemetaan kondisi aktual menggunakan VSM (Apriliana, 2022).

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil PAM Komponen *Top Plate*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Percentase (%)	VA (detik)	NVA (detik)	NNVA (detik)
Operation	29	57%	3.475	25	1.525
Transportation	18	35%		1.505	
Inspection	4	8%		20	210
Storage	0	0%			
Delay	0	0%			
Total	51	100%	3.475	1.550	1.735

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi hasil identifikasi aktivitas proses produksi komponen *Top Plate* berdasarkan jenis aktivitas dan kategorisasi nilai tambah. Terdapat total klasifikasi sebanyak 51 aktivitas,

dimana sebagian besar waktu dihabiskan pada aktivitas *operation* sebanyak 29 aktivitas (57%), diikuti oleh aktivitas *transportation* sebanyak 18 aktivitas (35%), dan aktivitas *inspection* sebanyak 4 aktivitas (8%), sedangkan aktivitas *storage* dan *delay* tidak ditemukan dalam proses yang diamati. Berdasarkan kategori nilai tambah, aktivitas bernilai tambah (VA) sebesar 3.475 detik, untuk aktivitas tidak bernilai tambah (NVA) sebesar 1.550 detik dan aktivitas perlu namun tidak menambah nilai (NNVA) sebesar 1.735 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa jumlah waktu dari aktivitas tidak bernilai tambah dan aktivitas perlu namun tidak menambah nilai dalam alur proses hampir menyamai aktivitas bernilai tambah.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil pam komponen *yoke*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Percentase (%)	VA (detik)	NVA (detik)	NNVA (detik)
Operation	20	63%	695	20	1.020
Transportation	10	31%		270	
Inspection	2	6%			30
Storage	0	0%			
Delay	0	0%			
Total	32	100%	695	290	1.050

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi hasil identifikasi aktivitas proses produksi komponen *Yoke* berdasarkan jenis aktivitas dan kategorisasi nilai tambah. Terdapat total klasifikasi sebanyak 32 aktivitas, dimana sebagian besar waktu dihabiskan pada aktivitas *operation* sebanyak 20 aktivitas (63%), diikuti oleh aktivitas *transportation* sebanyak 10 aktivitas (31%), dan aktivitas *inspection* sebanyak 2 aktivitas (6%), sedangkan aktivitas *storage* dan *delay* tidak ditemukan dalam proses yang diamati. Berdasarkan kategori nilai tambah, aktivitas bernilai tambah (VA) sebesar 695 detik, untuk aktivitas tidak bernilai tambah (NVA) sebesar 290 detik dan aktivitas perlu namun tidak menambah nilai (NNVA) sebesar 1.050 detik. Temuan ini menunjukkan bahwa terdapat dominasi dari aktivitas perlu namun tidak menambah nilai dalam alur proses.

3.1. Kondisi Aktual Proses Produksi (Current State VSM)

Proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke* pada divisi DMS PT XYZ diawali dari persiapan material, proses bubut, proses bor, finishing, hingga inspeksi kualitas sebelum komponen dikirim ke divisi berikutnya. *Value Stream Mapping* (VSM) kondisi aktual menunjukkan bahwa aliran proses belum sepenuhnya efisien, ditandai dengan beberapa aktivitas *non-value added* yang menyebabkan peningkatan *cycle time total* (Powell, 2020).

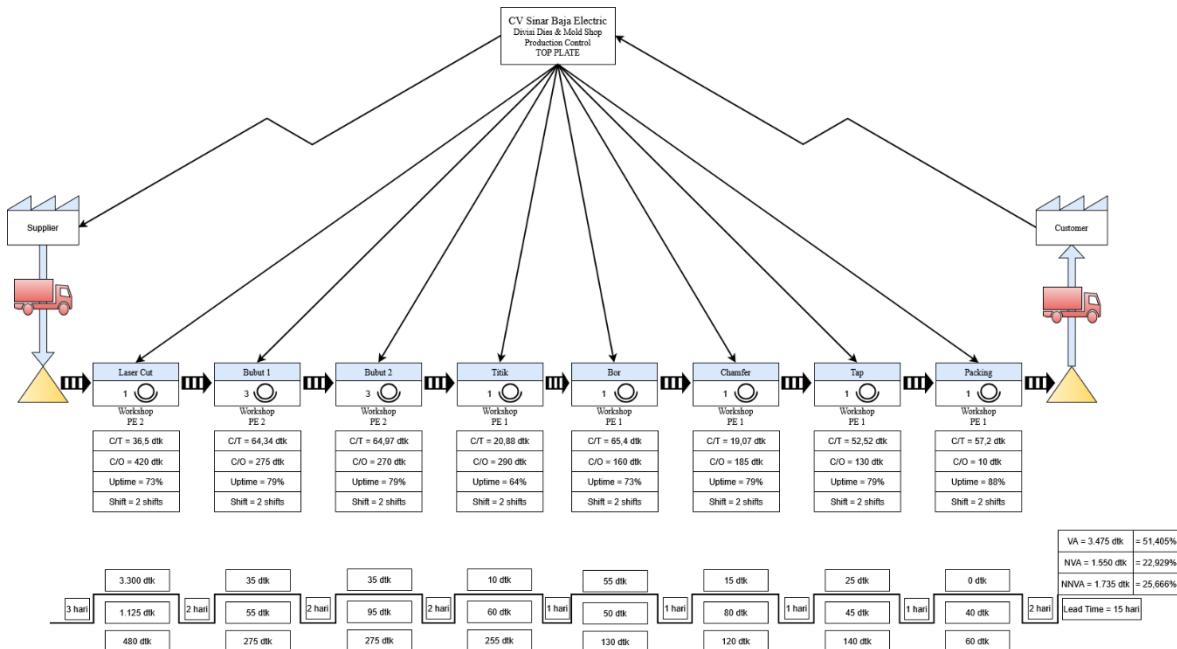
Berdasarkan hasil pencatatan waktu aktual, total waktu proses komponen *Top Plate* sebesar 5.470 detik, terdiri dari 3.138 detik aktivitas *value added* (VA), 1.177 detik *non-value added* (NVA), dan 1.155 detik *necessary non-value added* (NNVA). Kondisi ini mengindikasikan bahwa hanya 57% waktu proses memberikan nilai tambah langsung bagi produk. Sementara itu, komponen *Yoke* memiliki total waktu proses 1.675 detik, dengan komposisi 681 detik VA, 206 detik NVA, dan 788 detik NNVA, sehingga hanya 41% aktivitas yang bernilai tambah. Kondisi ini menunjukkan adanya ruang perbaikan, terutama pada pemborosan aktivitas perpindahan material, pergerakan operator, dan waktu tunggu antar proses.

Dari pemetaan Gambar 4 diperoleh total waktu proses sebesar 6.760 detik, dengan distribusi waktu VA sebesar 3.475 detik, NVA sebesar 1.550 detik, dan NNVA sebesar 1.735 detik. Artinya, terdapat sekitar 51,405% dari total waktu proses yang benar-benar memberikan nilai tambah pada produk, sedangkan sisanya terdiri dari aktivitas yang tidak menambah nilai secara langsung. Angka ini menunjukkan tingginya proporsi aktivitas pemborosan, khususnya pada kategori NVA dan NNVA. Sebagai tindak lanjut dari temuan ini, perlu dilakukan identifikasi lebih rinci terhadap aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam kategori NVA dan NNVA untuk menentukan jenis *waste* yang terjadi di setiap proses. Analisis ini ditampilkan dalam bentuk tabel rekapitulasi *waste* berdasarkan jenis aktivitas produksi, yang akan menjadi dasar usulan perbaikan sistem kerja agar lebih efisien (Putra, 2025).

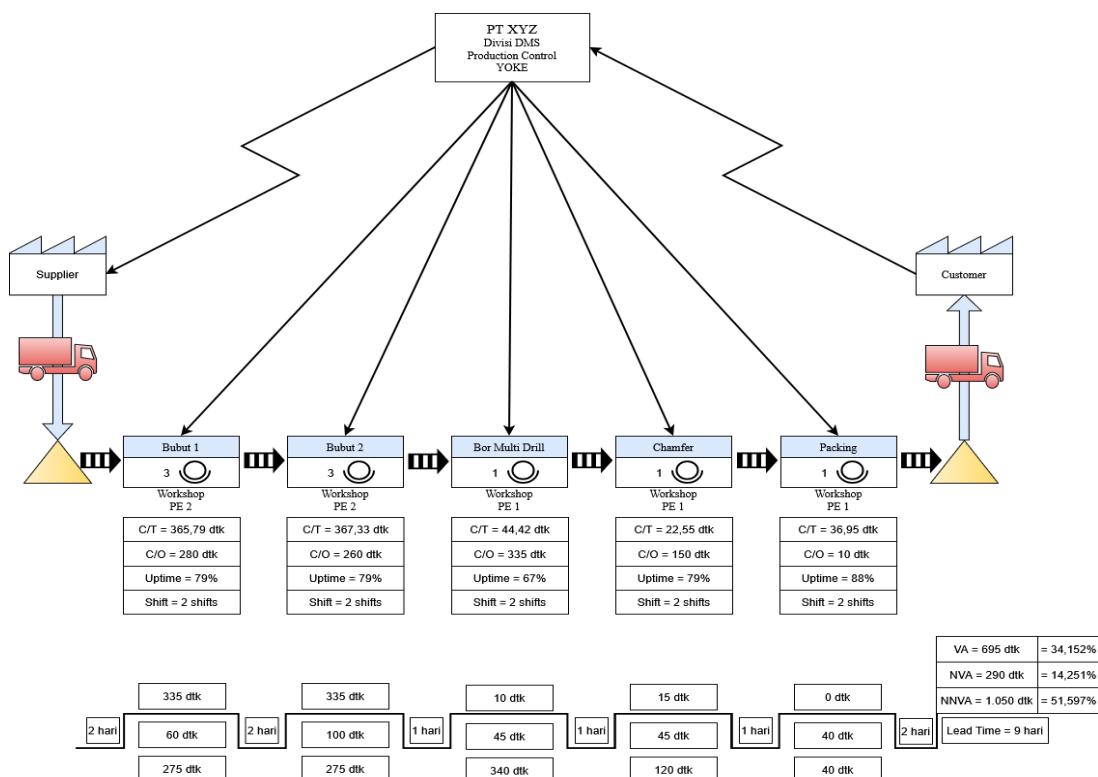
Dari pemetaan Gambar 5 diperoleh total waktu proses sebesar 2.035 detik, dengan distribusi waktu VA sebesar 695 detik, NVA sebesar 290 detik, dan NNVA sebesar 1.050 detik. Artinya, terdapat sekitar 34,152% dari total waktu proses yang benar-benar memberikan nilai tambah pada produk, sedangkan sisanya terdiri dari aktivitas yang tidak menambah nilai secara langsung. Angka ini menunjukkan tingginya proporsi aktivitas pemborosan, khususnya pada kategori NVA dan NNVA. Sebagai tindak lanjut dari temuan ini, perlu dilakukan identifikasi lebih rinci terhadap aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam kategori NVA dan NNVA untuk menentukan jenis *waste* yang terjadi di setiap proses. Analisis ini ditampilkan dalam bentuk tabel rekapitulasi

waste berdasarkan jenis aktivitas produksi, yang akan menjadi dasar usulan perbaikan sistem kerja agar lebih efisien.

Temuan tersebut sejalan dengan perhitungan hasil penelitian sebelumnya yaitu dari rekapitulasi hasil PAM kedua komponen yang mana menyatakan bahwa ketidakefisienan aliran proses, tata letak yang kurang optimal, dan *work-in-process* yang tidak terkendali menjadi penyebab dominan meningkatnya NVA dan *cycle time* di divisi DMS saat ini.



Gambar 4. Current State VSM Top Plate



Gambar 5. Current State VSM Yoke

3.2. Identifikasi Pemborosan (Waste) yang Dominan Menggunakan RCA

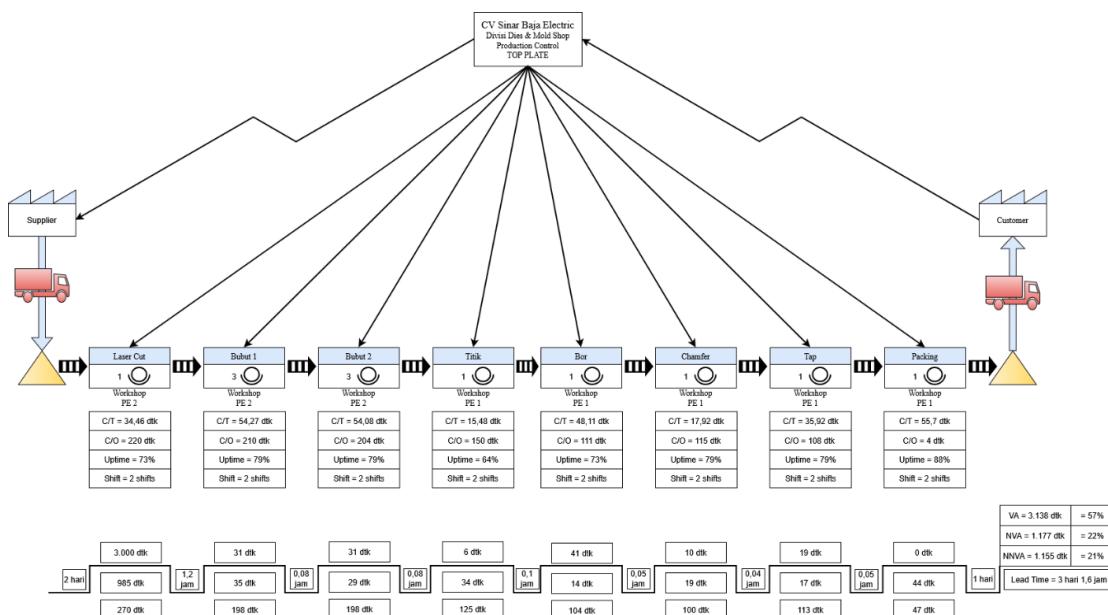
Analisis permasalahan menggunakan akar masalah dengan *Root Cause Analysis* (RCA) yaitu 5 *Why's* di lapangan mengonfirmasi bahwa terdapat tiga jenis *waste* paling signifikan yang memengaruhi *cycle time* adalah *motion waste*, *transportation waste*, dan *waiting waste*. Diantaranya *motion waste* muncul akibat gerakan operator yang berulang dan tidak terstandarisasi, seperti aktivitas mengambil alat kerja, pengukuran berulang, hingga pembersihan area kerja yang belum terintegrasi dalam standar operasi. *Transportation waste* terjadi karena jarak antarmesin yang cukup jauh dan aliran material tidak mengikuti urutan proses. Sementara *waiting waste* disebabkan oleh antrean material antarproses karena ketidakseimbangan waktu baku antar stasiun kerja. Hasil ini konsisten dengan prinsip *Lean Manufacturing* yang menyatakan bahwa pemborosan pada aktivitas pergerakan, perpindahan, dan waktu tunggu merupakan penyumbang terbesar terhadap keterlambatan produksi dan pembengkakan biaya operasional.

3.3. Usulan Perbaikan dan Perubahan Kondisi Masa Depan (Future State VSM)

Berdasarkan identifikasi *waste* dan analisis akar masalah menggunakan metode 5 *Why*, dirumuskan beberapa usulan perbaikan, yaitu:

- Standarisasi langkah kerja operator,
- Pengurangan aktivitas tambahan yang tidak bernilai tambah,
- Optimalisasi handling material dan peralatan,
- Perbaikan tata letak produksi agar mengikuti aliran proses, dan
- Peninjauan ulang titik penempatan WIP agar lebih terkendali.

Future State VSM menunjukkan perbaikan signifikan terhadap efektivitas aliran proses. Setelah usulan diterapkan, proses bubut 1, proses bubut 2, dan proses bor yang sebelumnya tidak mencapai target waktu kini memenuhi standar perusahaan. Selain itu, terjadi penurunan waktu NVA dan NNVA karena berkurangnya perpindahan material dan *idle time*.



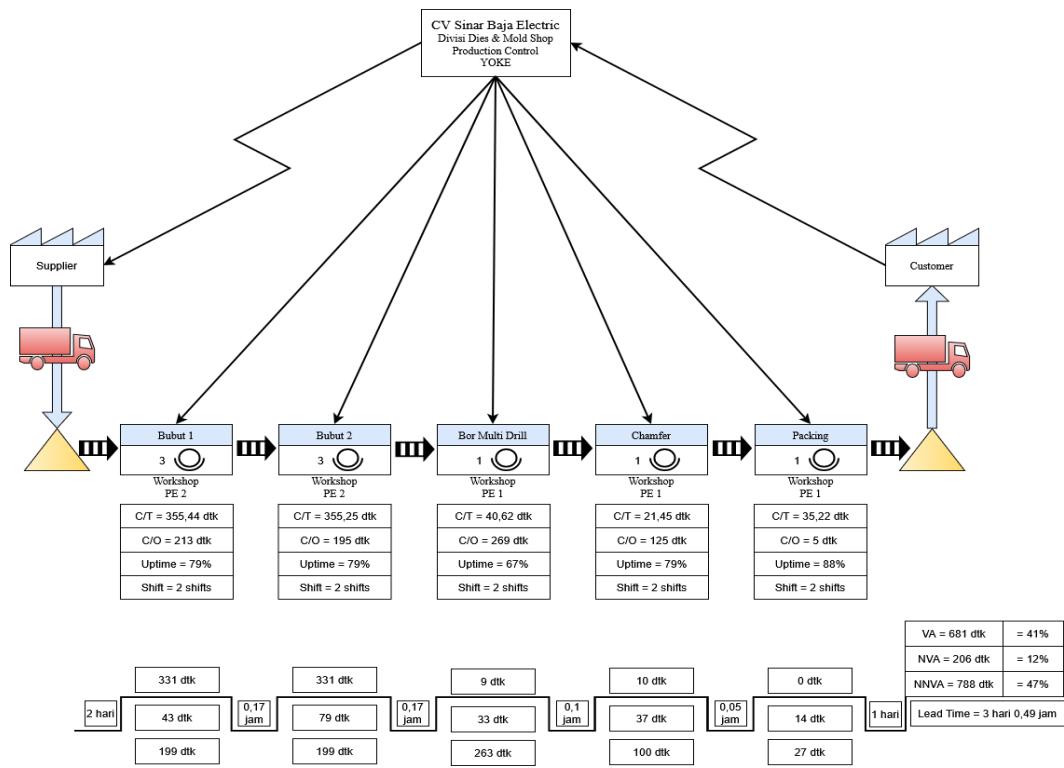
Gambar 6. Future state VSM top plate

Dari pemetaan Gambar 6 diperoleh total waktu proses sebesar 5.470 detik, dengan distribusi waktu VA sebesar 3.138 detik, NVA sebesar 1.177 detik, dan NNVA sebesar 1.155 detik. Artinya, terdapat sekitar 57% dari total waktu proses yang benar-benar memberikan nilai tambah pada produk, sedangkan sisanya terdiri dari aktivitas yang tidak menambah nilai secara langsung. Meskipun hanya terlihat sedikit peningkatan pada persentase waktu VA, namun peningkatan tersebut telah dilakukan analisis dengan usulan perbaikan setiap *waste* yang terjadi dan mencapai kondisi yang optimal karena telah memenuhi / mencapai target awal yang telah ditetapkan perusahaan.

Tabel 7. Data Observasi Top Plate Setelah Perbaikan

Kode Komponen	Deskripsi	Proses	Mesin Kerja	Run Time (jam)	Target awal (pcs/jam)	Hasil Analisis Setelah Perbaikan (pcs/jam)	Keterangan
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bubut 1 (id)	BUBUTcnc	0,0173	58	66	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bubut 2 (od)	BUBUTcnc	0,0173	58	66	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.titik	TITIK-AU	0,00833	120	232	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.bor	BOR	0,01667	60	74	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.chamfer	BOR	0,01389	72	199	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.tap	Tapping	0,01667	60	100	Tercapai
3TP0624	85x40.4x6 d60-SH CUT	1p.packing	Manual-P	0,025	40 (kardus) / 960	64 (kardus) / 1.536	Tercapai

Setelah dilakukan usulan perbaikan dan analisis pengurangan dan penurunan waktu terhadap setiap waste yang terjadi, proses bubut 1, proses bubut 2, dan proses bor telah memenuhi / mencapai target awal yang ditetapkan perusahaan. Sehingga permasalahan yang terjadi mengenai meningkatnya *cycle time* pada beberapa proses produksi yang target awalnya tidak terpenuhi / tidak tercapai kini dapat terselesaikan (tercapai) dan dari hasil analisis setiap proses produksi yang dilakukan setelah usulan perbaikan tersebut, dapat digunakan sebagai target produksi baru sesuai dengan pertimbangan kembali oleh staf produksi atau pihak perusahaan, yang mana merupakan bentuk peningkatan efisiensi dan produktivitas komponen *Top Plate* secara keseluruhan.



Gambar 7. Future state VSM yoke

Dari pemetaan Gambar 7 diperoleh total waktu proses sebesar 1.675 detik, dengan distribusi waktu VA sebesar 681 detik, NVA sebesar 206 detik, dan NNVA sebesar 788 detik. Artinya, terdapat sekitar 41% dari total waktu proses yang benar-benar memberikan nilai tambah pada produk, sedangkan sisanya terdiri dari aktivitas yang tidak menambah nilai secara langsung. Meskipun hanya terlihat sedikit peningkatan pada persentase waktu VA, namun peningkatan tersebut telah dilakukan analisis dengan usulan perbaikan setiap waste yang terjadi dan mencapai kondisi yang optimal karena telah memenuhi / mencapai target awal yang telah ditetapkan perusahaan.

Tabel 8. Data Observasi *Yoke* Setelah Perbaikan

Kode Komponen	Deskripsi	Proses	Mesin Kerja	Run Time (jam)	Target awal (pcs/jam)	Hasil Analisis Setelah Perbaikan (pcs/jam)	Keterangan
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bubut 1 (id)	BUBUT-RF	0,1	10	10	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bubut 2 (od)	BUBUT-G	0,1	10	10	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.bor multidrill	M.Drill	0,02	50	88	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.chamfer	BOR	0,01	100	167	Tercapai
3YO1120	T-205x98.2x33x5	1p.packing	Manual-P	0,0125	(keranjang) / 1.120	(keranjang) / 1.414	Tercapai

Setelah dilakukan usulan perbaikan dan analisis pengurangan dan penurunan waktu terhadap setiap *waste* yang terjadi, proses bubut 1 dan proses bubut 2 telah memenuhi / mencapai target awal yang ditetapkan perusahaan. Sehingga permasalahan yang terjadi mengenai meningkatnya *cycle time* pada beberapa proses produksi yang target awalnya tidak terpenuhi / tidak tercapai kini dapat terselesaikan (tercapai) dan dari hasil analisis setiap proses produksi yang dilakukan setelah usulan perbaikan tersebut, dapat digunakan sebagai target produksi baru sesuai dengan pertimbangan kembali oleh staf produksi atau pihak perusahaan, yang mana merupakan bentuk peningkatan efisiensi dan produktivitas komponen *Yoke* secara keseluruhan. Dengan demikian, perusahaan dapat mempercepat waktu siklus proses / *cycle time* proses komponen *Top Plate* dan *Yoke* dengan mengurangi pemborosan yang terjadi, sehingga meningkatkan produktivitas perusahaan.

3.4. Usulan Perbaikan dan Perubahan Kondisi Masa Depan (*Future State VSM*)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Lean Manufacturing* terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan pada proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke*. Peningkatan proporsi VA, pemenuhan target waktu perusahaan, serta penurunan aktivitas tidak bernilai tambah membuktikan bahwa pendekatan ini mampu meningkatkan efisiensi operasional secara terukur. Selain itu dapat meningkatkan produktivitas, mempercepat aliran proses, dan meminimalkan *waste* dalam industri manufaktur komponen *loudspeaker* (Muchammad Al Farizi & Widiasih, 2024).

Namun, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan yang mana selain penurunan *cycle time*, perbaikan juga berdampak pada efisiensi biaya tenaga kerja, yaitu sebesar Rp 378.393,75 untuk komponen *Top Plate* dan Rp 263.025 untuk komponen *Yoke* dalam satu shift produksi. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan berbasis *Lean* tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu, tetapi juga menurunkan biaya operasional perusahaan. Serta melalui integrasi analisis waste dengan rekomendasi *re-layout* yang disesuaikan dengan rencana penambahan mesin frais baru, sehingga memiliki relevansi strategis terhadap pengembangan kapasitas produksi jangka panjang perusahaan. Selain itu, penilaian dampak perbaikan terhadap estimasi efisiensi biaya memberikan perspektif ekonomi yang jarang dibahas dalam studi *Lean Manufacturing* pada konteks serupa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab permasalahan *cycle time* tinggi, tetapi juga memberikan landasan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) bagi perusahaan melalui pendekatan *Lean* sistematis, terukur, dan aplikatif.

3.5. Perbandingan Hasil Penelitian Terdahulu

Peneliti Haris Tanti, Sindy Nindia Maretha et al. menemukan bahwa sekitar 50% aktivitas termasuk *value-added* (62% waktu), sementara *Non-Value-Added* (NVA) dan *Necessary Non-Value-Added* (NNVA)

berdurasi signifikan. Beberapa aktivitas dihapus dan diubah sehingga total aktivitas berkurang dari 14 aktivitas ke 12 aktivitas pada unit packaging di PT XYZ. Peneliti Nurhasanah et al berhasil mengurangi cycle time dari 97 detik ke 80 detik; menemukan waste waiting dan motion yang dapat diminimasi melalui perubahan layout dan prosedur kerja pada perbaikan proses produksi dengan menggunakan metode *Lean Manufacturing* di PT ABC. Peneliti Parwadi Moengin dan Nadhifa Ayunda menemukan waste terbesar adalah *motion, transportation, waiting*. *Manufacturing Lead Time* sebesar 1.525,45 menit; *Process Cycle Efficiency* 64,09%. Produksi *roller conveyor* di PT Rollflex *Manufacturing* menggunakan pendekatan *Lean Manufacturing*.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat temuan penelitian terdahulu bahwa *Lean Manufacturing* merupakan pendekatan yang efektif dalam meningkatkan efisiensi proses produksi dengan mengurangi *cycle time* dan pemborosan yang terjadi pada industri manufaktur dengan variasi produk dan alur proses yang kompleks.

3.6. Limitations dan Future Research

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, penelitian hanya difokuskan pada satu divisi produksi, sehingga hasil yang diperoleh belum tentu dapat digeneralisasi pada seluruh lini produksi atau industri manufaktur lainnya. Kedua, data *cycle time* yang digunakan diperoleh dari hasil pengamatan dalam periode tertentu, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi kondisi produksi jangka panjang. Selain itu, penelitian ini belum mengintegrasikan analisis lean dengan metode kuantitatif lanjutan seperti simulation, optimization, atau pendekatan ergonomi, sehingga potensi peningkatan efisiensi yang lebih optimal belum sepenuhnya dieksplorasi. Implementasi usulan perbaikan juga belum diuji secara penuh dalam jangka panjang untuk melihat keberlanjutan hasil perbaikan.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan pendekatan *Lean Manufacturing* dengan mengombinasikannya dengan metode lain, seperti *Discrete Event Simulation*, *Theory of Constraints* (TOC), atau metode beberapa tools lain dari pendekatan *Lean Manufacturing* untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif. Penelitian lanjutan juga dapat dilakukan dengan cakupan divisi atau perusahaan yang lebih luas guna meningkatkan validitas dan generalisasi hasil penelitian. Selain itu, evaluasi implementasi perbaikan dalam jangka panjang perlu dilakukan untuk menilai keberlanjutan (*sustainability*) dari penerapan lean serta dampaknya terhadap produktivitas, kualitas, dan biaya operasional perusahaan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan *cycle time* pada proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke* di Divisi DMS PT XYZ terutama disebabkan oleh tingginya aktivitas *non-value added* yang berasal dari *motion, transportation*, dan *waiting waste*, sehingga aliran proses belum berjalan secara efisien. Melalui penerapan pendekatan *Lean Manufacturing* yang didukung analisis *Value Stream Mapping*, *Process Activity Mapping*, dan metode *5 Why*, dapat disimpulkan bahwa peningkatan *cycle time* terutama dipengaruhi oleh tingginya aktivitas *non-value added* dan *necessary non-value added* (NNVA) yang muncul pada *motion waste*, *transportation waste*, dan *waiting waste*. Dari pemetaan kondisi aktual terlihat bahwa penghematan waktu sebesar 1.290 detik yaitu sekitar 19,08% untuk *Top Plate* dan 360 detik yaitu sekitar 17,69% untuk *Yoke*, sehingga hasil analisis *Lean Manufacturing* membuktikan kemampuan untuk mengidentifikasi aktivitas NVA dan NNVA yang paling berkontribusi terhadap peningkatan *cycle time* dan untuk merumuskan perbaikan yang memberikan penghematan waktu proses yang signifikan pada kedua komponen tersebut. Dan dari analisis tersebut juga memperlihatkan dampak perbaikan terhadap aliran proses produksi komponen *Top Plate* dan *Yoke*. Setelah perbaikan diterapkan, penurunan waktu proses untuk komponen *Top Plate* dari 6.760 detik menjadi 5.470 detik per unit. Untuk komponen *Yoke* dari 2.035 detik menjadi 1.675 detik per unit. Kemudian *lead time* untuk *Top Plate* menjadi 3 hari 1,6 jam, sedangkan *lead time* untuk *Yoke* menjadi 3 hari 0,49 jam, yang mencerminkan perbaikan aliran material dan berkurangnya waktu tunggu antarproses. Selain itu, proporsi kategori aktivitas setelah perbaikan tercatat berbeda antara kedua komponen: untuk *Top Plate*, distribusi waktu setelah perbaikan adalah NVA menurun menjadi sekitar 22% dan NNVA menurun menjadi sekitar 21%, sedangkan untuk *Yoke*, dengan NVA menurun menjadi sekitar 12% dan NNVA menurun menjadi sekitar 47%. Dimana menegaskan bahwa analisis VSM berhasil mengurangi aktivitas tidak bernilai tambah dan memperlancar aliran proses, sehingga berdampak langsung pada penurunan *cycle time*, pengurangan *lead time* operasional, dan peningkatan efisiensi operasional di divisi DMS.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua atas segala dukungan moral, materi dan doa dengan penuh ikhlas dan kasih sayang. Seluruh civitas Universitas 17 Agustus 1945, dalam hal ini terutama Ibu Wiwin Widiasih, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan dalam setiap proses bimbingan kami.

6. Daftar Pustaka

- Apriliana, R. (2022). Analisis Penerapan Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Pemborosan Di Lantai Produksi Pt. Shiroki Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*, 6–32.
- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64(April), 1188–1192. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- Muchammad Al Farizi, & Widiasih, W. (2024). Evaluasi Penerapan Lean Manufacturing, Beban Kerja Fisik Dan Mental Pada Divisi Manual Setting. *JISO : Journal of Industrial and Systems Optimization*, 7(1), 39–45. <https://doi.org/10.51804/jiso.v7i1.39-45>
- Powell, D. (2020). *Enterprise-wide Value Stream Mapping*. <https://ntuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2823175/Enterprise%2Bwide%2Bvalue%2Bstream%2Bmapping.pdf?sequence=2>
- Putra, R. A. (2025). ANALISIS LEAN MANUFACTURING MENGGUNAKAN METODE VALUE STREAM MAPPING (VSM) UNTUK MENINGKATKAN SISTEM PRODUKSI DI PT . XYZ.
- Rangkuti, I. Y., Lucyana Tresia, Muhamad Agus, Irma Agustiningsih Imdam, Muhammad Satria Wibowo, Mochmmad Rama Nugraha, & Tsalisa Fathi Rahmani. (2024). Rancangan alat bantu pada proses produksi baut/mur dengan menggunakan metode Value Stream Mapping (VSM) di PT ILA. *JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri*, 5(2), 302–312. <https://doi.org/10.37373/jenius.v5i2.1404>
- Sumasto, F., Riyanto, A., Pratama, I. R., Imansuri, F., Permatasari, A. P., Cahyo, S. A., & Pribadi, S. R. P. (2023). Meningkatkan Produktivitas di Sektor Otomotif (Studi Kasus: Yanto's Truck Seat Service). *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4), 7356–7369. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.6898>
- Various. (2024). *Warehouse Management Analysis with Value Stream Mapping and 5S to Improve Efficiency & Productivity*. ResearchGate / Conference paper. https://www.researchgate.net/publication/373003947_Warehouse_management_analysis_with_value_stream_mapping_and_5S_to_improve_efficiency_process_productivity
- Widiasih, W., Karningsih, P. D., & Ciptomulyono, U. (2015). Identifikasi Risiko Pada Saat Implementasi Lean. *Seminar Nasional ...*, 2003, 1–8. [http://mmt.its.ac.id/download/SEMNAS/SEMNAS XXIII/MI/08. Prosiding Wiwin Widiasih\(1\).pdf](http://mmt.its.ac.id/download/SEMNAS/SEMNAS XXIII/MI/08. Prosiding Wiwin Widiasih(1).pdf)
- Widiasih, W., & Nurmala, N. (2019). Penentuan Tingkat Kepentingan Faktor Pendukung Pada Penerapan Konsep Lean Manufacturing. *Tekmapro : Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(1), 67–74. <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v14i1.31>