

## PENURUNAN *LEAD TIME* PADA PROSES PRODUKSI DENGAN

### PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING*

Hari Supriyanto <sup>1\*</sup>, Rindi Kusumawardani <sup>2</sup>, Ega Rizkiyah <sup>3</sup>, Niken Anggraini Savitri <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sistem dan Industri, ITS, Surabaya 1; [hariqive@ie.its.ac.id](mailto:hariqive@ie.its.ac.id),

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sistem dan Industri, ITS, Surabaya 2; [rindi@its.ac.id](mailto:rindi@its.ac.id)

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sistem dan Industri, ITS, Surabaya 3; [egarizkiyah@gmail.com](mailto:egarizkiyah@gmail.com)

<sup>4</sup>Departemen Teknik Sistem dan Industri, ITS, Surabaya 4; [savitri@its.ac.id](mailto:savitri@its.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.xxxxx/xxxxx>

\*Correspondensi: Hari Supriyanto

Email: [hariqive@ie.its.ac.id](mailto:hariqive@ie.its.ac.id)

Published: Januari, 2024



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstrak:** *Leaf spring* adalah salah satu komponen pada suspensi kendaraan. Beberapa permasalahan yang muncul pada proses produksinya adalah *defect* dan *defect*. Rata-rata *defect* per bulan pada produk *spring* mencapai lebih dari 6%. Angka ini tidak sesuai dengan target yang ditentukan perusahaan. *Defect* tidak sejalan dengan target perusahaan untuk mencapai *zero complain customer*. *Defect* dan *defect* menyebabkan tingkat kepercayaan konsumen berkurang, meningkatnya biaya dan menyebabkan turunnya profit perusahaan. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *waste*, menganalisis akar penyebab permasalahan pada proses produksi *leaf spring*, dan menurunkan *lead time* proses produksi, selanjutnya memberikan rekomendasi perbaikan. Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi kondisi *existing* serta identifikasi *waste* menggunakan *value stream mapping*, dan *waste assessment model*. Berdasarkan hasil *waste assessment model*, didapatkan 3 *waste* kritis yakni *defect*, *inventory* dan *waiting*. Selanjutnya dilakukan analisis akar permasalahan pada *waste* kritis dengan menggunakan Root Cause Analysis (RCA). Dari RCA dilanjutkan pada Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); dengan memberi penilaian pada faktor *severity*, *occurrence*, dan *detection diperoleh Risk Priority Number (RPN)*. Nilai RPN tertinggi diberikan rekomendasi perbaikan untuk dapat mengurangi terjadinya *waste*. Selanjutnya dilakukan evaluasi sehingga dihasilkan *future state value stream mapping*. *Future state value stream mapping* berkontribusi terhadap penurunan *lead time* sebesar 76.67 menit (8.50%) dan penurunan *delay* sebesar 235.02 menit (36.06%)

**Keywords:** *Lean Manufacturing* 1; *Risk Priority Number (RPN)* 2; *Value Stream Mapping (VSM)* 3; *Root Cause Analysis (RCA)* 4.

## PENDAHULUAN

Industri komponen otomotif merupakan salah satu pilar penting dalam sektor manufaktur Indonesia (Elektronika, 2022 dalam Gaikindo, 2020). Salah satu perusahaan komponen otomotif adalah *spring* atau pegas kendaraan. Perusahaan ini memproduksi *spring* kendaraan, baik jenis *coil spring* maupun *leaf spring*. Perusahaan mampu memproduksi pegas daun (*leaf spring*), pegas keong (*coil spring*), serta *coil spring* dingin. *Leaf spring* atau adalah komponen kendaraan yang digunakan sebagai penerima getaran akibat dari kondisi jalan dengan tujuan agar getaran tersebut tidak menyalur ke rangka kendaraan. Pegas ini umumnya digunakan pada kendaraan berat seperti mobil, bus, dan truck. Kepuasan pelanggan adalah kunci utama dalam menghasilkan produk. Namun dalam praktiknya, banyak hal yang mempengaruhi kepuasan pelanggan. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya *defect* yang semakin tinggi. Beberapa penyebab antara lain *Leaf spring* patah, kode tidak sesuai, tidak sesuai spesifikasi, dan lain sebagainya. Adanya *defect* dapat menyebabkan turunnya tingkat kepercayaan dari kustomer. Selain itu, adanya *complain* dari customer dapat menyebabkan timbulnya biaya untuk melakukan repair terhadap produk yang tidak sesuai spesifikasi.

Permasalahan yang sering muncul antara lain adalah *defect*, *waiting*, *inventory*. Hal ini disebabkan karena spesifikasi produk yang harus diperhatikan, misalnya dimensi produk, kedalaman pemotongan, kepresisian produk, dan lain-lain.

*Defect* produk dapat disebabkan karena proses potong yang tidak sesuai spesifikasi sehingga hasil pemotongan tidak dapat digunakan. Ketelitian dalam pengerjaan *Leaf spring* diperlukan, karena berpengaruh besar terhadap jumlah *defect* yang dihasilkan. Adanya *defect* yang cukup tinggi dalam proses produksi, menyebabkan kerugian bagi perusahaan dan meningkatkan biaya produksi.

Permasalahan lain yang menimbulkan tingginya biaya produksi adalah terjadinya *premium freight* pada perusahaan. *Premium freight* adalah tambahan biaya untuk pengiriman kepada customer, dilakukan dengan menggunakan transportasi udara. Kejadian *premium freight* disebabkan karena keterlambatan produksi atau produksi yang tidak tepat waktu. *Premium Freight* dianggap sebagai ketidaksesuaian waktu, karena hal ini dapat menambah harga produk tanpa adanya peningkatan nilai produk (unctad, 2021). Sehingga adanya *premium freight* dapat menyebabkan naiknya biaya yang harus ditanggung perusahaan.

Keterlambatan produksi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti *waiting time*, serta kerusakan mesin produksi dan menghambat proses produksi. *Waiting time* pada beberapa proses dapat menyebabkan tingginya *inventory* berupa *work in process* pada rantai produksi. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi 7 *waste* yang terjadi pada proses produksi yang meliputi *defect*, *waiting*, *excessive inventory*, *overproduction*, *excessive transportation*, *motion*, dan *inappropriate processing* (Lameijer dkk, 2021). Dengan mengidentifikasi *waste* yang, maka dapat dilakukan perbaikan untuk meminimasi terjadinya *waste* kritis.

*Lean* manufacturing merupakan metode untuk mengoptimalkan performansi dari sistem dan proses produksi karena mampu mengidentifikasi, mengukur, menganalisis dan mencari solusi perbaikan atau peningkatan performansi secara *komprehensif* (Vasconcellos de Magalhaes Castro dan De Camargo Junior, 2020). Pendekatan *lean* berfokus pada efisiensi tanpa mengurangi efektivitas proses seperti peningkatan operasi yang bernilai tambah, mereduksi *waste*, serta memenuhi kebutuhan dan customer *value* (Rahmanasari dkk, 2021).

Beberapa tahun terakhir, konsep *lean* sudah banyak mendapatkan respon positif dari berbagai jenis usaha, dimana tidak hanya usaha yang bergerak di bidang manufaktur, tetapi jasa dan lainnya. Dengan menerapkan konsep *lean* pada industri otomotif dapat memberikan dampak positif seperti penurunan lead *time*, mengurangi *inventory*, serta mengurangi terjadinya (Purwoharsojo dkk, 2020).

Tujuan dalam paper ini adalah memberikan gambaran umum mengenai kondisi eksisting proses produksi dengan *value stream mapping*, mengidentifikasi *waste* kritis, mengetahui akar permasalahan dan memberikan rekomendasi perbaikan dan menurunkan lead *time*.

## METODE

Metodologi dimulai dari tahap pendefinisian, identifikasi dan perumusan masalah, serta identifikasi kondisi eksisting di produksi. Pengumpulan data dimulai dari *define fase*, mencakup identifikasi cacat pada *leaf spring*, dan komponennya, yang menyebabkan kualitas menjadi buruk dan kritis terhadap kualitas (*Critical to Quality-CTQ*). Tahap ini terdiri dari identifikasi cacat pada bagian penutup dan identifikasi proses produksi komponen *leaf spring*. Langkah berikutnya adalah membuat diagram proses operasi untuk melihat alur produksi secara lebih detail. Measure phase meliputi langkah-langkah pengukuran cacat produk

dengan menggunakan diagram pareto dan pengukuran batas kendali atas, batas kendali tengah, dan batas kendali bawah dengan menggunakan peta kendali.

Tahap berikutnya adalah tahap analisa yaitu menganalisis akar penyebab cacat dengan menggunakan diagram tulang ikan yang terdiri dari enam aspek yaitu manusia, material, mesin, metode, ukuran, dan lingkungan, serta lima alasan secara berurutan untuk mengidentifikasi akar penyebab kritis.

Tahap perbaikan meliputi analisis terhadap potensi kegagalan dan akibat yang ditimbulkannya dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); yang dimulai dari penentuan nilai severity, occurrence, dan detection untuk menghitung risk priority number (RPN); dilanjutkan dengan menentukan alternatif perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi dan mengusulkan solusi alternatif (Sachin dan Dileplal, 2017). Terakhir, generate solusi alternatif perbaikan, serta perhitungan dan analisis biaya penerapan solusi alternatif. Pada tahap control akan dijelaskan rancangan standard operating prosedur (SOP) dari alternatif yang harus dikerjakan berupa pengoperasian jig and fixture (Venkataraman, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang dijelaskan di pendahuluan *Leaf spring* atau pegas daun termasuk dalam sistem suspensi yang berfungsi untuk menyerap beban kejut atau menerima getaran atau guncangan roda akibat dari kondisi jalan yang dilalui dengan tujuan agar getaran atau guncangan dari roda tidak menyalur ke bodi atau rangka kendaraan (Aized dkk, 2020). Beberapa tipe *spring* diantaranya adalah 1. *Helical springs* iatau *coil spring*, 2. *Conical and volute springs*, 3. *Torsion springs*, 4. *Disc or belleville springs*, 5. *Special purpose springs*, 6. *Leaf springs*.

*Leaf spring* merupakan pegas yang digunakan oleh kendaraan berat, seperti truk, bus, sistem kereta api, dan lain-lain (Joshua Jacob dan Assistant professor, 2017). *Leaf spring* terdiri dari satu atau beberapa *flat bar* yang dirakit menjadi satu. *Leaf spring* terdiri dari 2 tipe (Goyal, 2018). Multi *Leaf spring* : tersusun dari beberapa *flat bar (leaf)* yang berbeda panjangnya yang dirakit menjadi satu kesatuan *spring*, seperti gambar 1.



Gambar 1. Multi Leaf spring



Gambar 2. Mono Leaf spring

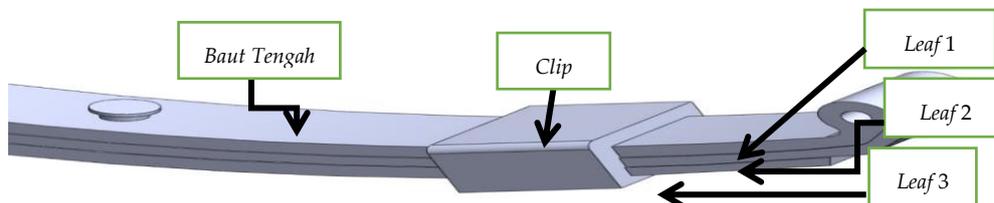
Mono *Leaf spring* : tersusun dari *flat bar* Tunggal, seperti gambar 2. Multi *Leaf spring* terdiri dari beberapa lempengan plat dasar yang dirakit bersama untuk mendapatkan efisiensi dan daya lenting yang tinggi. Kriteria material *Leaf spring* adalah sebagai berikut (Gowd dan Goud, 2012): 1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, 2. Tahan terhadap korosi, 3 Mempunyai keuletan yang tinggi dan 4. Mempunyai ketangguhan yang tinggi. Dalam memproduksi *leaf spring*, sifat material utama (*flat bar*) terlihat ditabel 1 (Singh dan Rastogi, 2022).

Tabel 1. Sifat material utama

Properties	Steel (Baja)	Epoxy Resin
Density	7850 kg/m <sup>3</sup>	1200 kg/m <sup>3</sup>
Young's Modulus	2E + 11 N/m <sup>2</sup>	4E + 10 N/m <sup>2</sup>
Tensile Strength	2.5 E + 8 N/m <sup>2</sup>	4.3 E + 7 N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength	2.5 E + 8 N/m <sup>2</sup>	4.3 E + 7 N/m <sup>2</sup>
Ultimate Tensile Strength	4.6 E + 8 N/m <sup>2</sup>	4.3 E + 7 N/m <sup>2</sup>

Multi Leaf spring yang diproduksi oleh perusahaan adalah merupakan jenis Leaf spring yang mempunyai proses produksinya kompleks. Karena terdapat proses *eye forming* dan atau *wrapper forming*. Multi Leaf spring merupakan tipe yang paling sering diproduksi. Multi Leaf spring terdiri dari banyak tipe, dimana tipe ini didasarkan pada kebutuhan customer. Multi Leaf spring terdiri dari 3 leaf, masing-masing leaf memiliki spesifikasi atau karakteristik yang berbeda-beda, seperti gambar 3. Dalam memproduksi leaf spring, menggunakan material utama flat bar yang dibeli langsung dari supplier, dengan material tambahan diantaranya adalah soft ball, cat utama, cat luar, bushing, baut tengah, dan clip. Dan diperlukan material pembantu berupa pelumas pada proses *quenching*.

Proses produksi Leaf spring terdiri dari 4 proses utama, yakni *shearing*, *heating*, *pre assembly* dan *assembly*. Proses *shearing* terdiri atas *cutting (shearing)*, *center hole*, *silincer hole*, *clip hole*, *taper*, *eye forming*, dan *wrapper forming*. Proses *heating* terdiri atas 4 proses yakni *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Proses *pre assembly* terdiri atas *stress shoot peening*, *anti rust painting*, *reaming*, dan *press bushing*. Sedangkan proses *assembly* terdiri atas *clip clamping*, *assembling*, *setting & load testing*, *final painting*, pemberian part nomor dan logo, *final inspection* dan *packaging*.



Gambar 3. Komponen Multi Leaf spring

Departemen *shearing* terdiri atas *cutting (shearing)*, *center hole*, *silincer hole*, *clip hole*, *taper*, *eye forming*, dan *wrapper forming*. Departemen *heating* terdiri atas 4 proses yakni *heating*, *cambering*, *quenching* dan *tempering*. Departemen *preassembly* terdiri atas *stress shoot peening*, *anti rust painting*, *reaming*, dan *press bushing*. Dan departemen *assembly* terdiri atas *clip clamping*, *assembling*, *setting & load testing*, *final painting*, *part nomor* dan logo, *final inspection* dan *packaging*. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 multi Leaf spring adalah 901.65 menit atau 15.03 jam. Dengan total delay atau *waiting* 326.64 menit atau 5.44 jam. Identifikasi *waste* dilakukan dengan menggunakan konsep *waste assessment model*.

Metode *seven waste relationship* dan *waste relationship matrix* untuk mengetahui keterkaitan antara pemborosan. Metode *waste assessment questionnaire* untuk penilaian jenis pemborosan yang terjadi dan bersifat dominan. Pengumpulan data dilakukan dengan diskusi atau wawancara dan menyebarkan kuesioner. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar *waste*, kuesioner dilakukan untuk mendapatkan bobot *waste* (Akmaludin dkk, 2017), O- *Overproduction*, I- *Inventory*, D- *Defect*, M- *Motion*, T- *Transportation* dan W- *Waiting*, dilihat di tabel 2.

Tabel 2. Tabulasi perhitungan keterkaitan antar *waste*

QR	Total Score						
O-I	12	D-O	10	T-O	1	W-M	7
O-D	8	D-I	8	T-I	2	W-O	7
O-M	2	D-M	8	T-D	6	W-I	14
O-T	4	D-T	7	T-M	5	W-D	8
O-W	2	D-W	10	T-W	8	-	-
I-O	1	M-I	4	P-O	8	-	-
I-D	3	M-D	8	P-I	2	-	-
I-M	8	M-W	6	P-D	4	-	-
I-T	10	M-P	8	P-M	7	-	-

QSR :Question Relation-ship

Dari hasil total skor di atas, selanjutnya dikonversikan untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar *waste*, tabel konversi ini menggunakan kategori jenis hubungan, dengan range yang disesuaikan dengan jumlah pertanyaan yang digunakan (Purwoharsojo dkk, 2020), seperti tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Konversi rentang skor keterkaitan antar *waste*

Range	Jenis Hubungan	Simbol	Range	Jenis Hubungan	Simbol
12-14	Absolutely <i>necessary</i>	A	3-5	Ordinary Close-ness	O
9-11	Especially Important	E	1-2	Unimportant	U
6-8	Important	I	0	No relation	X

Tabel 4. Tingkat keterkaitan (KT) antar *waste*

QSR	Total Score	KT	QSR	Total Score	KT	QSR	Total Score	KT
O-I	12	A	D-M	8	I	T-W	8	I
O-D	8	I	D-T	7	I	P-O	8	I
O-M	2	U	D-W	10	E	P-I	2	U
O-T	4	O	M-I	4	O	P-D	4	O
O-W	2	U	M-D	8	I	P-M	7	I
I-O	1	U	M-W	6	I	W-M	7	I
I-D	3	O	M-P	8	I	W-O	7	I
I-M	8	I	T-O	1	U	W-I	14	A
I-T	10	E	T-I	2	U	W-D	8	I
D-O	10	E	T-D	6	I	-	-	-
D-I	8	I	T-M	5	O	-	-	-

QSR :Question Relation-ship

Berdasarkan hasil keterkaitan antar *waste* pada tabel 4, maka dapat dibuat *waste* relationship matrix dari relasi antar *waste*. Berikut ini merupakan *waste* relationship matrix proses produksi *leaf spring*, tabel 5 dan tabel 6.

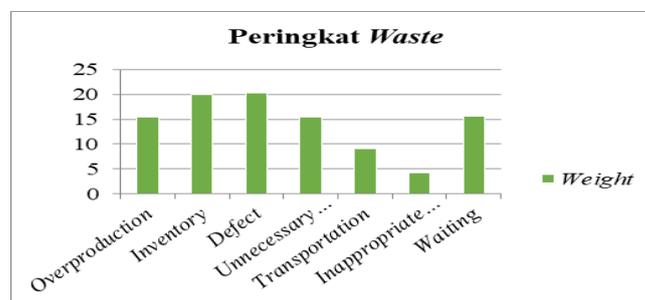
Tabel 5. Waste relationship matrix

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Jenis Hubungan	Simbol
O	A	A	I	U	O	X	U	Absolutely necessary	A
I	U	A	O	I	E	X	X	Especially Important	E
D	E	I	A	I	I	X	E	Important	I
M	X	O	I	A	X	I	E	Ordinary Closeness	O
T	U	U	I	O	A	X	I	Unimportant	U
P	I	U	O	I	X	A	X	No relation	X
W	I	A	I	I	X	X	A		

Tabel 6. Waste matrix value

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	bobot
O	10	10	6	2	4	0	2	34	0.14
I	2	10	4	6	8	0	0	30	0.13
D	8	6	10	6	6	0	8	44	0.18
M	0	4	6	10	0	6	8	34	0.14
T	2	2	6	4	10	0	6	30	0.13
P	6	2	4	6	0	10	0	28	0.12
W	6	10	6	6	0	0	10	38	0.16
Score	34	44	42	40	28	16	34	238	1
bobot	0.143	0.185	0.176	0.168	0.118	0.067	0.143	1	

Berdasarkan tabel 6, nilai dari from *defect* dan from *waiting* memiliki prosentase yang paling besar, yakni berturut-turut 18% dan 16%, yang berarti bahwa *defect waste* dan *waiting waste* memiliki pengaruh yang besar untuk menyebabkan *waste*. Selain itu, nilai to *inventory* dan to *defect* memiliki prosentase yang paling besar yakni berturut-turut 18.5% dan 17.6%. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa *inventory waste* dan *defect waste* merupakan *waste* yang paling banyak diakibatkan oleh *waste* yang lain (Rifqi dkk, 2021), dapat dilihat di gambar 4.



Gambar 4. Grafik peringkat waste

Berdasarkan gambar 4, maka dapat diketahui bahwa *defect* merupakan *waste* terbesar dengan, urutan kedua adalah *inventory waste* dan urutan ketiga adalah *waiting waste*. Berdasarkan peringkat di atas, maka tool yang digunakan adalah *activity mapping process*. Ini digunakan untuk mengetahui proporsi dari kegiatan yang termasuk *value added (VA)*, *non value added (NVA)* dan *necessary but non value added (NNVA)*. Pda saat yang sama dilakukan klasifikasi aktivitas kedalam kategori *operation (O)*, *transport (T)*, *Inspection*

(I), storage (S) dan Delay (D). Berikut ini merupakan hasil pengklasifikasian aktivitas pada masing-masing proses produksi.

Tabel 7. Jumlah dan proporsi waktu setiap aktivitas

Aktivitas	Jumlah	Waktu	Prosentase	VA	NNVA	NVA
Operation	62	1297.76	48.8%	36	24	2
Transportation	25	119	4.4%	-	25	-
Inspection	3	122	4.6%	-	3	-
Storage	1	-	0%	-	1	-
Delay	11	1117.71	42.2%	-	1	10
TOTAL	102	2656.47	1.00	36	54	12

Hasil akhirnya terdapat terdapat 102 aktivitas dalam memproduksi *leaf spring*, yang terbagi atas 36 aktivitas *value added*, 12 aktivitas *non value added* dan 54 aktivitas *necessary but non value added*. Terdapat 3 besar aktivitas yaitu, 62 aktivitas tipe operation, 25 tipe aktivitas transportasi, dan 11 aktivitas delay. Dengan prosentase terbesar pada aktivitas operation 48.8% dan delay 42.2%. Dalam hal ini, proses delay yang sebagian besar merupakan aktivitas *non value added* memiliki prosentase terbesar kedua.

Selanjutnya dirancang root cause dari masing-masing waste kritis, yakni *defect*, *waiting*, dan *inventory* menggunakan 5 why's. *Defect waste* merupakan waste paling kritis pada proses produksi *Leaf spring* dan menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikan. Ini dapat dimengerti karena *defect waste* menyebabkan proses produksi *Leaf spring* menjadi terganggu, menyebabkan keterlambatan pengiriman dan menimbulkan kerugian perusahaan. Beberapa sub waste yang menyebabkan *defect waste* antara lain adalah banyak ditemukan cacat yang berasal dari *outgoing inspection* (OGI), material berkarat sebelum digunakan, dan kualitas material *flat bar* yang fluktuatif, seperti pada tabel 8.

Tabel 8. RCA dari *defect waste*

Waste	Sub Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
	ditemukan cacat pada departemen outgoing inspection (OGI)	<i>Leaf spring</i> tidak sesuai spesifikasi	Dimensi hasil proses pada departemen <i>shearing</i> tidak sesuai	Jarak <i>clip &amp; silincer hole</i> bervariasi Material tergelincir ke dalam stopper <i>taper</i>	Material mudah bergeser, lubang bervariasi Stopper lentur dan mudah bengkok	
			Eye <i>leaf</i> tidak sempurna	Proses <i>eye forming</i> tidak sempurna	Material lepas dari <i>gripper</i>	<i>Gripper</i> terdeformasi
<i>Defect</i>	Material berkarat sebelum digunakan	Terlalu lama di gudang	keluar masuk tidak tercacat gudang raw material tidak dapat menampung			
	Kualitas ( <i>Flat Bar</i> ) tidak baik	Performansi supplier kurang baik	Tidak terdapat program kinerja supplier			

Dari identifikasi RCA selanjutnya dicari priorita perbaikan dengan menggunakan failure mode and effect analysis (FMEA) pada *waste* kritis. FMEA ini digunakan untuk memberi bobot dari setiap akar penyebab paling kritis. 3 faktor pembentuk FMEA adalah severity (S), occurrence (O) dan detection (D). Dengan memberi penilaian pada ketiga faktor selanjutnya dihitung nilai dari risk priority number (RPN). Berikut ini merupakan kriteria ranking dari severity, occurrence dan detection, untuk mendapatkan nilai RPN, seperti yang ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. FMEA untuk *defect waste*

Potential failure	Potential Effect	Severity	Potential cause	Occurrence	Control	Detection	RPN
Jarak lubang <i>clip</i> & silincer bervariasi	Banyak internal defect	9	Tidak terdapatnya jig, sehingga bergeser	9	Belum ada improvement	8	648
Dimensi material melebihi spesifikasi	Banyak internal defect	9	Stopper yang digunakan lentur, mudah bengkok	9	Belum ada improvement untuk mengganti stopper	8	576
Proses <i>eye forming</i> tidak sempurna	Banyak internal defect	7	Material lepas dari gripper	8	Penggantian material gripper terdeformasi	7	392
perputaran material tidak terjadi,	Material berkarat	7	belum ada Sistem keluar masuk material	6	Material dibawah dipindahkan ke atas	6	252
Material banyak yang disimpan di luar gudang	Material berkarat karena disimpan di area yang terbuka	6	gudang tidak dapat menampung seluruh material	5	Material ditutup menggunakan terpal agar tidak terpapar matahari	6	180
Performansi supplier tidak selalu bagus	kualitas material <i>flat bar</i> tidak selalu bagus	7	Tidak terdapat program penilaian kinerja supplier	8	complain kepada supplier	7	392

Berdasarkan nilai RPN yang telah diperoleh dari hasil FMEA, dipilih akar penyebab yang memiliki nilai RPN tertinggi untuk melakukan perbaikan. Berikut ini merupakan akar penyebab yang memiliki nilai RPN tertinggi beserta rekomendasi perbaikan yang akan diberikan, seperti tabel 10.

Tabel 10. Rekomendasi Perbaikan Sesuai Akar Penyebab

Waste	Akar Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
Defect	Tidak adanya jig pada mesin power press	Pembuatan desain jig and fixture pada mesin power press
	Stopper yang lentur dan mudah bengkok	Pembuatan desain stopper
Inventory	Tidak memisahkan material	Pembuatan SOP penanganan material dan scrap
Waiting	Tidak diterapkan 5S pada tools	Pembuatan 5 S pada tools

Dengan melakukan improvement pada departemen yang dipilih maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan 100 *Leaf spring* adalah 901.64 menit atau 15.03 jam. Sedangkan, dengan menggunakan improvement, diperlukan waktu 824.97 menit atau 13.75 jam. Sehingga terdapat selisih 76.67 menit atau 1.28 jam. Dengan total delay atau *waiting* existing 651.68 menit atau 10.86 jam, sedangkan total delay

improvement adalah 416.66 menit, sehingga terdapat selisih sebesar 235.02 menit atau 3.917 jam, dapat dilihat di tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Perbedaan kondisi existing dan improvement

parameter	existing (menit)	improvement (menit)	selisih (menit)
Total waktu proses produksi	901.64	824.97	76.67
Total delay / waiting	651.68	416.66	235.02

*Clip* dan *silincer hole* merupakan proses pelubangan material *Leaf spring* pada area kanan dan kiri. Perbedaan antara *clip* dan *silincer* adalah dimana *clip* merupakan proses pelubangan sampai membentuk lubang 100%, sedangkan *silincer hole* merupakan proses pelubangan 75%. Pada *clip* dan *silincer hole* menggunakan mesin power *press*. Proses pembentukan lubang *clip* dan *silincer* menggunakan mesin dan langkah yang sama. Proses pelubangan diawali dengan set up mesin power *press*, selanjutnya meletakkan material *flat bar* ke meja mesin power *press*, dan operator memegang ujung material *flat bar*, dan menekan tombol on pada mesin power *press*. Perlu diketahui bahwa mesin power *press* tidak mempunyai alat bantu agar material *flat bar* tidak mudah bergeser. Bergesernya material menyebabkan jarak lubang *clip* dan *silincer* ke *center hole* menjadi bervariasi dan ini dapat menyebabkan *defect*. Untuk menghindari terjadinya pergeseran maka diperlukan jig and fixture untuk menepatkan lubang *center hole* agar material *flat bar* tidak mudah bergeser (Radhwan et al., 2019). Dengan menggunakan desain jig and fixture, maka pergeseran material *flat bar* dapat diminimalisis (Venkataraman, 2022).

## SIMPULAN

Terdapat 3 *waste* kritis yang terjadi pada proses produksi *Leaf spring* yaitu *defect*, *inventory* dan *waiting waste*. Akar permasalahan terjadinya *defect waste* diantaranya adalah material mudah bergeser, stopper yang digunakan lentur dan mudah bengkok, gripper mengalami deformasi, tidak terdapat program pemantauan kinerja supplier. Rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *waste* adalah pembuatan jig and fixture pada mesin power *press* proses. Terjadi pengurangan waktu proses dari kondisi existing 901.65 menit dengan total delay atau *waiting* 651.68 menit; setelah dilakukan improvement, waktu proses adalah 824.97 menit dengan total delay atau *waiting* 416.66 menit, sehingga terjadi penurunan lead *time* sebesar 76.67 menit (8.50%), dan penurunan delay sebesar 235.02 menit (36.06%).

## Saran

Perusahaan melakukan *lean assessment* terhadap proses produksi yang dijalankan. Perusahaan perlu memperhitungkan urutan proses produksi kembali. Perusahaan melakukan continuous improvement, melakukan 5 S secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

Aized, T., Ahmad, M., Jamal, M. H., Mahmood, A., Ubaid ur Rehman, S., & Srail, J. S. (2020). Automotive *Leaf spring* design and manufacturing process improvement using failure mode and effects analysis (FMEA). *International Journal of Engineering Business Management*, 12, 1–13. <https://doi.org/10.1177/1847979020942438>

Akmaludin dkk, A. (2017). *Weight Average Model ( WAM ) For Notebook Selections*. 4(1), 9–20.

- 
- Elektronika, D. J. I. L. M. A. T. dan. (2022). *Kontribusi Sektor Otomotif dalam Menurunkan Karbon Emisi*. Gaikindo. (2020). GAIKINDO Auto Insight. In *Edisi 8 I*. [https://www.gaikindo.or.id/wp-content/uploads/2021/01/GAIKINDO-AUTO-INSIGHT-EDISI-8-DESEMBER-2020\\_FA.pdf](https://www.gaikindo.or.id/wp-content/uploads/2021/01/GAIKINDO-AUTO-INSIGHT-EDISI-8-DESEMBER-2020_FA.pdf)
- Gowd, G. H., & Goud, E. V. (2012). Static analysis of *leaf spring*. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(8), 3794–3803.
- Goyal, G. S. S. (2018). Improvement in Productivity of *Leaf spring* Manufacturing Through *Value Stream Mapping*: A Case Study. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 7(5), 844–847. <https://doi.org/10.21275/ART20182559>
- Joshua Jacob, G., & Assistant professor, M. (2017). Design And Analysis Of *Leaf spring* In A Heavy Truck. *Ijitr International Journal of Innovative Technology and Research*, 5, 7041–7046. <http://www.ijitr.com>
- Lameijer, B. A., Boer, H., Antony, J., & Does, R. J. M. M. (2021). Continuous improvement implementation models: a reconciliation and holistic metamodel. *Production Planning and Control*, 0(0), 1–20. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1974114>
- Purwoharsojo, P., Syaharuddin, S., & Sampeliling, A. (2020). FMEA Approach of *Lean Six Sigma* Implementation: Estimating the *Value* of COPQ Syaharuddin Syaharuddin Universitas Mulawarman FMEA Approach of *Lean Six Sixma* Implementation: Estimating the *Value* of COPQ. *Article in International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(March), 2020. <https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I3/PR2021160>
- Radhwan, H., Effendi, M. S. M., Farizuan Rosli, M., Shayfull, Z., & Nadia, K. N. (2019). Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 551(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/551/1/012028>
- Rahmanasari, D., Sutopo, W., & Rohani, J. M. (2021). Implementation of *Lean Manufacturing* Process to Reduce *Waste*: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1096(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1096/1/012006>
- Rifqi, H., Zamma, A., Souda, S. B., & Hansali, M. (2021). *Lean manufacturing* implementation through DMAIC approach: A case study in the automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), 54–77. <https://doi.org/10.12776/qip.v25i2.1576>
- Sachin, S., & Dileplal, J. (2017). *Six Sigma Methodology for Improving Manufacturing Process in a Foundry Industry*. 6495(5).

- 
- Singh, R. K., & Rastogi, V. (2022). A Review on Design Optimization of *Leaf spring*. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 3(3), 93–107. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2900-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2900-6_9)
- unctad. (2021). *Review of Maritime Transport 2021 - Chapter 3: Freight rates, maritime transport costs and their impact on prices*.
- Vasconcellos de Magalhaes Castro, C. V., & De Camargo Junior, J. B. (2020). The benefits and challenges of a continuous improvement area in a manufacturing plant. *Quaestum*, 1, 1–6. <https://doi.org/10.22167/2675-441x-20200528>
- Venkataraman, K. (2022). Design of Jigs, Fixtures and Press Tools. *Design of Jigs, Fixtures and Press Tools*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76533-0>