

## Identifikasi Pemborosan Aktivitas di Lantai Produksi PSR Menggunakan *Process Activity Mapping* dan *Waste Assessment Model*

Yulinda Uswatun Kasanah<sup>1\*</sup>, Pratya Poeri Suryadhini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa Industri dan Desain, ITTelkom Purwokerto

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Email: yulinda@ittelkom-pwt.ac.id; pratya@telkomuniversity.ac.id

Artikel masuk : 23-09-2021

Artikel direvisi : 09-10-2021

Artikel diterima : 24-10-2021

\*Penulis Korespondensi

**Abstrak** -- Salah satu produsen ban terbesar di Indonesia dalam proses produksinya memiliki beberapa family produk seperti Passenger Tires, Commercial Tires, dan Industrial Tires. Passenger Tires atau PSR merupakan family produk dengan penjualan terbesar, akan tetapi dalam perkembangannya terdeteksi adanya penurunan performa produksi yang mempengaruhi optimalisasi penjualan perusahaan. Berdasarkan studi pendahuluan teridentifikasi adanya beberapa aktivitas pemborosan di lini produksi ban PSR. Mapping aktivitas bertujuan untuk menemukan jenis waste yang tepat pada setiap departemen produksi maupun workstation. Mapping dilakukan dengan menggunakan diagram Swimlane dan Process Activity Mapping (PAM). Hasil mapping mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dengan persentase aktivitas sebesar 48%. Waste assessment model (WAM) dipakai untuk menentukan peringkat seven waste. Dari hasil analisis dengan menggunakan metode WAM diperoleh tiga waste kritis utama yaitu waiting, motion, dan overproduction dengan proporsi masing-masing waste sebesar 22%, 18%, dan 16%. Setelah diketahui waste kritis maka dilakukan analisis akar masalah penyebab waste dengan menggunakan fishbone chart diagram dan root cause analysis.

**Kata kunci:** Pemborosan; Process Activity Mapping; Seven Waste; Waste Assessment Model

**Abstract** -- One of the largest tire manufacturers in Indonesia in its production process has several product families such as Passenger Tires, Commercial Tires, and Industrial Tires. Passenger Tires or PSR is a family of products with the largest sales. Still, in its development, it was detected that there was a decrease in production performance that affected the optimization of the company's sales. Based on the preliminary study, several wasteful activities were identified in the PSR tire production line. Activity mapping aims to find the right type of waste in each production department and workstation. Mapping is done using Swimlane diagrams and Process Activity Mapping (PAM). The mapping results identify activities that do not provide added value with a percentage of activities of 48%. The waste assessment model (WAM) is used to determine the ranking of the seven wastes. From the analysis results using the WAM method, three main critical wastes are obtained, namely waiting, motion, and overproduction, with the proportions of each waste being 22%, 18%, and 16%. After knowing the critical waste, the root cause analysis of the waste is carried out using a fishbone chart diagram and root cause analysis.

**Keywords:** Waste; Process Activity Mapping; Seven Waste; Waste Assessment Model

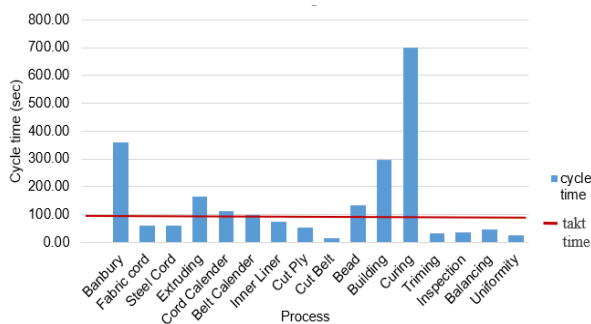
### PENDAHULUAN

Pertumbuhan pasar otomotif di Indonesia seiring berjalannya waktu semakin menunjukkan adanya perkembangan yang signifikan. Industri ban mobil merupakan salah satu komoditi

agroindustri otomotif yang berorientasi ekspor yang memberikan kontribusi cukup besar terhadap devisa negara. Salah satu produsen ban terbesar di Indonesia dalam proses produksinya memiliki beberapa family produk seperti

*Passenger Tires, Commercial Tires, dan Industrial Tires*. Dari *family* produk tersebut dapat diketahui bahwa perusahaan memiliki banyak target pasar, mulai konsumen pengguna mobil penumpang, konsumen pengguna angkutan umum, konsumen pengguna kendaraan untuk industri, hingga konsumen pengguna kendaraan pertanian.

Departemen *Passanger Radial* (PSR) merupakan departemen yang memproduksi ban mobil untuk kendaraan pribadi atau mobil penumpang. Seperti Ecopia, Turanza, dan Techno. Dalam memproduksi produk-produk tersebut, terdapat beberapa kendala yang berdampak perusahaan tidak dapat menyelesaikan *order* tepat waktu. Salah satu cara dalam melihat performansi perusahaan dalam memenuhi order pelanggan adalah dengan membandingkan parameter *output* produksi dengan *demand* konsumen (Frandsen & Tommelein, 2014).



**Gambar 1.** Perbandingan *Takt Time* dengan *Cycle Time*

Gambar 1 menunjukkan perbandingan *takt time* dan *cycle time* pada lini produksi ban PSR. Dimana *takt time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk berdasarkan *demand* konsumen (Linck & Cochran, 1999). Lini produksi ban PSR dimulai dari tahap *material preparation* yang terdiri dari pembuatan *fabric cord* dan *steel cord* pada departemen *Bunbury*, kemudian *component processing* yang terdiri dari proses *extruding*, *calendering*, dan *cutting* yang menghasilkan material *ply*, dan terdapat juga proses *machining* yang di dalamnya terdapat dua proses utama yaitu *building* dan *curing* yang menghasilkan *green tire*, dan tahap terakhir merupakan tahap *inspection*.

Perhitungan *takt time* diperoleh dengan membandingkan *demand* konsumen dengan *available time* perusahaan dalam satu *shift*. Dimana *demand* konsumen sebesar 220 unit per *shift* dan *available time* sebesar 18000 detik per *shift* maka dapat diperoleh *takt time* sebesar 120 detik/unit. Perbandingan *cycle time* dan *takt time*

terbesar yaitu terjadi pada bagian *curing* karena *cycle time* pada bagian *curing* melebihi waktu *takt time*. Setelah dilakukan studi pendahuluan untuk mengetahui dugaan awal faktor-faktor penyebab keterlambatan dengan cara melakukan observasi dan wawancara kepada pihak yang bersangkutan seperti operator dan manajer produksi maka diperoleh faktor penyebab terjadinya keterlambatan produksi adalah adanya beberapa aktivitas pemborosan yang terjadi pada rantai produksi PSR.

Proses observasi menggunakan metode *Process activity mapping* (PAM) dan *Waste Assessment Model* (WAM) pada rantai produksi PSR untuk mengetahui persentase *waste* terbesar atau *waste* dominan. Metode WAM sendiri dapat digunakan untuk mengidentifikasi peringkat *waste* dalam suatu proses produksi (Pomalia et al., 2020) dengan melakukan *assessment* menggunakan *tools* seperti *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) (Ali et al., 2015). Ketika *waste* dominan sudah teridentifikasi maka diharapkan akan mempermudah perusahaan untuk menentukan langkah-langkah lanjutan dalam meminimalisir *waste* sehingga dapat meningkatkan performansi lini produksi PSR.

Penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan metode PAM dan WAM untuk mengidentifikasi *waste* pada lini produksi perusahaan manufaktur otomotif telah sukses diterapkan seperti pada penelitian Jasti & Sharma (2014), Martha & Arvianto (2018), dan Isnain (2017). Akan tetapi ketiga penelitian tersebut hanya berfokus pada satu departemen produksi saja, sedangkan dalam penelitian ini berfokus pada keseluruhan lini produksi ban PSR yang terdiri dari beberapa departemen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi *waste dominan* pada rantai produksi ban PSR sehingga dapat diketahui akar masalah penyebab terjadinya penurunan performansi perusahaan dalam memenuhi order pelanggan.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gabungan antara dua metode, yaitu metode untuk *mapping tools* dan metode *waste assessment*. Kedua *tools* ini digunakan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi dan mendefinisikannya ke dalam 7 *waste*. Pencarian jenis-jenis *waste* pada proses produksi dilakukan setelah pengamatan langsung. Pencarian jenis *waste* disesuaikan dengan studi literatur dan studi menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM). Sedangkan *mapping tools* yang digunakan adalah *Process activity mapping* (PAM).

Tahap pertama yang dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* awal adalah dengan melakukan studi literatur dan juga melakukan observasi langsung. Pengamatan secara langsung dilakukan dengan mengamati dan mencatat setiap aktivitas produksi pada masing-masing *workstation* pada rantai produksi ban PSR.

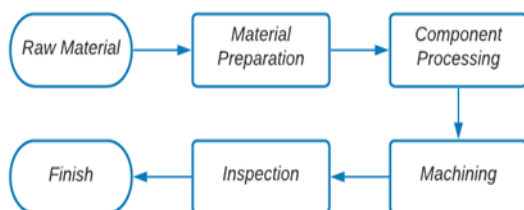
Tahap kedua setelah diperoleh data aktivitas rantai produksi ban PSR, berupa waktu siklus dan aliran material, maka dilakukan mapping awal dengan menggunakan diagram *swimlane* untuk melihat aliran material yang lebih detail (Jeyaraj et al., 2014). Setelah itu, dilakukan observasi lanjutan untuk mengamati aktivitas produksi secara keseluruhan, sehingga dapat dibuat *mapping* aktivitas proses produksi dengan menggunakan PAM.

Untuk mendapatkan *waste* yang lebih detail (sesuai dengan *seven waste*) maka dilakukan kalkulasi *waste* pada setiap *workstation* dengan menggunakan *Waste assessment model* (WAM). Dengan adanya WAM peringkat untuk masing-masing *waste* dapat diidentifikasi (Robecca et al., 2020). Setelah pemborosan terdefinisi maka langkah selanjutnya adalah menentukan akar masalah dengan menggunakan *fishbone chart*. Jika *fishbone chart* belum menjawab akar masalah dari pemborosan terpilih maka dilakukan identifikasi *5 whys*. Tahap terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Deskripsi Kerja dan Rantai Produksi**

Secara umum proses produksi ban PSR melalui 4 tahapan proses utama yaitu *material preparation, component processing, machining, dan inspection* (Gambar 2). Material utama yang digunakan untuk pembuatan ban PSR adalah *rubber bales* yaitu berupa *natural rubber, synthetic rubber, carbon, aromatic oil, chemical, dusting, dan sheet rubber*. Proses *preparation* terdapat proses pencampuran pada *departemen bunbury*, dan proses pembuatan *fabric cord* dan *steel cord*.



**Gambar 2.** Aliran Proses Produksi Ban PSR

Komponen *processing* mempunyai proses *extruding* yang membuat hasil adonan karet dari *bunbury* menjadi *tread* dan *sidewall*. Terdapat

juga proses *calendering* (pembuatan material *ply, steel belt, JLB, cap ply, dan Inner liner*), *cutting* (proses lanjutan dari mesin *callender* untuk membuat *Ply*), dan *Bead* (pembuatan *bead wire*). Proses *machining* merupakan proses inti dalam pembuatan ban PSR dimana terdapat dua tahap proses utama yaitu proses *building* dan proses *curing*, dari kedua proses tersebut dihasilkan ban setengah jadi atau *Green Tire*.

**Process activity mapping**

*Process activity mapping* (PAM) digunakan untuk memetakan proses produksi yang terjadi dan menganalisis pemborosan (*waste*). Selain itu alat ini merupakan kunci dalam melakukan *detailed mapping* untuk proses pemesanan. Proses ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi *lead time*, aliran fisik dan aliran material di dalam pabrik maupun diluar pabrik pada rantai logistik (Taylor & Hines, 2000). PAM dibuat berdasarkan proses dan waktu yang dialami oleh sebuah produk dimulai dari *raw material* hingga proses penyimpanan produk jadi pada bagian *warehouse*. Proses produksi pembuatan ban PSR *radial* digambarkan pada Tabel 1 yang memiliki proses operasi, transportasi, inspeksi, *storage*, dan *delay*.

**Tabel 1.** *Process Activity Mapping* Produksi Ban PSR

Deskripsi Aktivitas	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (m)	Waktu (s)	O	T	I	S	D	NVA/ VA/ NNVA
menempatkan <i>compound</i> kedalam pendingin	Pendingin	1	11						NNVA
pendingin menunggu pendinginan <i>compound</i>			83						NVA
menggulung <i>compound</i>	BB dusting	9							VA
menempatkan <i>compound</i> pada rak	Rak WIP	2	11						NNVA
meletakkan <i>compound</i> pada inventory F/G Bunbury	Forklift	3	35						NNVA
mengambil <i>cement</i>		1	23						NNVA
meletakkan <i>compound</i> dan <i>cement</i>			13						VA
proses tread ekstruder	Single Tuber 8"		164						VA
meletakkan tread <i>radial</i> ke dalam kereta <i>cutting</i>	conveyor	0,5	12						NNVA
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
meletakkan <i>tire</i> pada rak	Forclift								NNVA
mengirim <i>tire</i> pada <i>warehouse</i> produk jadi	Forclift								NNVA
<b>Total</b>		<b>109,5</b>	<b>4659</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	

**Tabel 2.** Ringkasan PAM

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)
Operation	20	2400
Transport	26	923
Inspection	2	44
Storage	4	232
Delay	10	1060
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>4659</b>
Klasifikasi	Jumlah	Waktu (detik)
VA	20	2400
NVA	10	1060
NNVA	32	1199
Total	62	4659
<b>Value Ratio</b>		<b>0,52</b>

**Tabel 3.** Ringkasan Analisis PAM

Jenis Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Total Waktu Aktivitas (detik)	Analisis
<b>Operation</b>	20 (32,2%)	2400 (51,5%)	Aktivitas operasi merupakan aktivitas yang <i>value added</i> , sehingga yang perlu dijaga adalah konsistensi proses.
<b>Transport</b>	26 (41,9%)	923 (19,8%)	Jumlah aktivitas transportasi cukup banyak (41,9 %). Hal ini diperlukan adanya beberapa kali proses <i>handling</i> namun dengan jarak yang relatif pendek dan adanya pengambilan material pada WIP proses sebelumnya.
<b>Inspection</b>	2 (3,3%)	44 (0,94%)	Terdapat 2 proses inspeksi dengan total waktu yang dibutuhkan 44 detik
<b>Storage</b>	4 (6,4%)	232 (4,98%)	Penyimpanan (storage) merupakan aktivitas dengan durasi terkecil. Sehingga perubahannya tidak berdampak signifikan terhadap keseluruhan sistem produksi.
<b>Delay</b>	10 (16,1%)	1060 (22,7%)	Delay disebabkan karena adanya perbedaan <i>cycle time</i> antar proses baik berupa komponen maupun manpower yang menunggu proses atau melakukan proses seperti <i>setup time</i> yang terlalu lama seperti pada <i>workstation curing</i> dengan delay sebesar 610 detik .

Berdasarkan PAM yang telah dibuat pada Tabel 1 maka dapat dibuatkan tabulasi ringkasan perhitungan dan persentase PAM (Tabel 2). Nilai *value ratio* untuk proses produksi pembuatan ban PSR adalah sebesar 0,52 atau 52%. *Value ratio*

merupakan nilai perbandingan antara aktivitas yang memberikan nilai tambah dengan keseluruhan aktivitas (Jasti & Sharma, 2014).

Berdasarkan hasil evaluasi aktivitas produksi ban PSR dengan menggunakan PAM maka diperoleh ringkasan analisis hasil evaluasi PAM Ban PSR seperti pada Tabel 3. Hasil analisis PAM menunjukkan *waste* dengan waktu terbesar yaitu *waste delay*, dengan waktu *delay* sebesar 1060 detik dan waktu *delay* terbesar adalah pada aktivitas *green tire* yang menunggu untuk di *curing*.

### Waste Assessment Model

*Waste assessment model* merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dan permasalahan *waste* dan mengidentifikasi eliminasi *waste*. Model ini menggambarkan hubungan antar *seven waste* (O: *Overproduction*, P: *Processing*, I: *Inventory*, T: *Transportation*, D: *Defects*, W: *Waiting*, dan M: *Motion*) (Rawabdeh, 2005).

### 1. Waste Relationship Matrix

Pengumpulan data dilakukan dengan cara diskusi dan menyebarkan kuesioner pembobotan kepada satu orang manager produksi, satu orang supervisor produksi, dan dua orang operator mesin *bunbury* dan mesin *curing*. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar *waste*. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan bobot dari *waste*. Kemudian data diolah dengan menggunakan metode *Waste Relationship Matrix* (WRM) dimana WRM merupakan matrix yang digunakan untuk menganalisa kriteria pengukuran (Amrina & Lubis, 2017). Baris pada matrix menunjukkan efek suatu *waste* tertentu terhadap enam *waste* lainnya. Sedangkan kolom pada matriks menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya.

**Tabel 4.** Waste Relationship Matrix

	O	I	D	M	T	P	W
O	A	A	0	U	0	X	E
I	U	A	0	0	A	X	X
D	0	U	A	E	U	X	I
M	U	U	A	A	X	I	E
T	0	0	X	X	A	X	I
P	I	0	X	0	X	A	0
W	E	0	0	E	E	X	A

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa jenis konversi keterkaitan antar *waste* yang paling sering muncul adalah nilai O dimana nilai O menunjukkan bahwa keterkaitan antar *waste* bersifat *ordinary closeness* atau keterkaitan antar *waste*nya bersifat sedang. Sedangkan untuk nilai A mengartikan bahwa keterkaitan antar *waste*

bersifat *absolutely necessary* atau sangat terikat, untuk nilai E berarti keterkaitan antar waste bersifat *especially important*, untuk nilai I keterkaitan antar waste bersifat Important, untuk bersifat *unimportant*, dan untuk nilai X berarti tidak ada keterkaitan antara waste yang satu dengan waste yang lain.

### 2. Waste Relationship Value

Untuk penyederhanaan matrix kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase (Tabel 5). *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0 (Rawabdeh, 2005).

Tabel 5. Waste Relationship Value

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	%
O	10	10	4	2	4	0	8	38	16%
I	2	10	4	4	10	0	0	30	13%
D	4	2	10	8	2	0	6	32	14%
M	2	2	10	10	0	6	8	38	16%
T	4	4	0	0	10	0	6	24	10%
P	6	4	0	4	0	10	4	28	12%
W	8	4	4	8	8	0	10	42	18%
Skor	36	36	32	36	34	16	42	232	100%
%	16%	16%	14%	16%	15%	7%	18%		

Pembobotan dari tiap baris dan kolom dari WRM ditotal untuk melihat skor yang menggambarkan efek atau pengaruh dari satu waste terhadap waste yang lain. Berdasarkan *matrix relationship* nilai *from* terbesar terdapat pada *Waiting, Operation, Inventory, dan Motion*. Hasil pembobotan dengan *matrix relationship* akan menjadi inputan untuk menjadi nilai awal dalam perhitungan *Waste Assessment Questionnaire*. Dengan menggunakan WAQ maka akan dilakukan pengukuran peringkat waste.

### 3. Waste Assessment Questionnaire

Langkah pertama dalam melakukan WAQ adalah dengan mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan (Ni) dalam kuesioner sesuai dengan jenis pertanyaan. Dalam hal ini terdapat 39 pertanyaan yang diajukan kepada narasumber. Narasumber di sini merupakan seorang manajer produksi dan tiga *supervisor* masing-masing dari bagian *Bunbury, Curing, dan Inspection*.

Langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah skor (Sj) dan frekuensi (Fj) dari tiap jenis waste (Tabel 6). Perhitungan awal dilakukan dengan membagi nilai awal tiap baris dengan jumlah pertanyaan yang telah dikelompokkan untuk menghilangkan efek variasi pada setiap pertanyaan. Setelah ditemukan nilai Sj dan Fj pada masing-masing baris, maka dihitung total skor (sj) dan frekuensi (fj) untuk setiap waste (Tabel 7). Hasil kuesioner WAQ tersebut

menjadi bobot yang kemudian dikalikan dengan nilai awal setiap baris.

Tabel 6. Hasil Perkalian Pembobotan dengan Jumlah Pertanyaan

No	Ni	O	I	D	M	T	P	W
1	4	2.5	2.5	1	0.5	1	0	2
2	3	0.67	3.33	1.33	1.33	3.33	0.00	0.00
3	3	1.33	0.67	3.33	2.67	0.67	0.00	2.00
4	3	1.33	1.33	0.00	0.00	3.33	0.00	2.00
5	5	1.60	0.80	0.80	1.60	1.60	0.00	2.00
6	4	2.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.50	2.00
7	4	2.50	2.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00
8	2	2.00	2.00	5.00	5.00	0.00	0.00	2.00
9	3	0.67	1.33	2.67	3.33	0.00	1.33	2.67
10	4	2.00	0.00	1.50	2.00	1.50	1.00	2.50
11	2	3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	5.00	2.00
:	:	:	:	:	:	:	:	:
39	2	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	5.00	0.00
	Sj	20.10	16.97	17.13	22.43	13.43	14.83	20.17
	Fj	32	32	23	22	25	23	35

Tabel 7. Hasil Perkalian Bobot dengan Hasil WAQ

No.	Rata-Rata Jawaban	O	I	D	M	T	P	W
1	0.50	1.25	1.25	0.5	0.25	0.5	0	1
2	0.33	0.33	1.67	0.67	0.67	1.67	0.00	0.00
3	0.67	0.67	0.33	1.67	1.33	0.33	0.00	1.00
4	0.17	0.67	0.67	0.00	0.00	1.67	0.00	1.00
5	0.83	0.80	0.40	0.40	0.80	0.80	0.00	1.00
6	0.33	1.25	0.25	0.50	0.25	0.50	0.75	1.00
7	0.33	1.25	1.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50
8	0.17	1.00	1.00	2.50	2.50	0.00	0.00	1.00
9	0.33	0.33	0.67	1.33	1.67	0.00	0.67	1.33
10	0.67	1.00	0.00	0.75	1.00	0.75	0.50	1.25
11	0.17	1.50	1.00	0.00	1.00	0.00	2.50	1.00
:	:	:	:	:	:	:	:	:
39	0.17	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	2.50	0.00
	sj	10.05	8.48	8.57	11.22	6.72	7.42	10.08
	fj	27	30	20	21	24	22	31

Tabel 8 menunjukkan peringkat waste dalam proses produksi ban PSR. Tiga Waste kritis yang terdeteksi dari hasil Waste Assessment Model adalah *waste Waiting, Motion, dan Over-production*. Hasil perhitungan dengan menggunakan WAQ selaras dengan hasil identifikasi waste dengan metode PAM, yaitu proporsi waste terbesar teridentifikasi berasal dari *waste delay*. Hal ini berbeda dengan penelitian (Chrisna & Ahmad, 2018), yang memperoleh hasil *assessment waste* untuk perusahaan otomotif dengan persentase terbesar terdapat pada *waste defect, motion, dan waiting*. Sedangkan (Isnain, 2017) menggunakan *Bourda Count Method* untuk mengidentifikasi waste kritis di industri otomotif mobil sedan menyatakan bahwa waste kritis

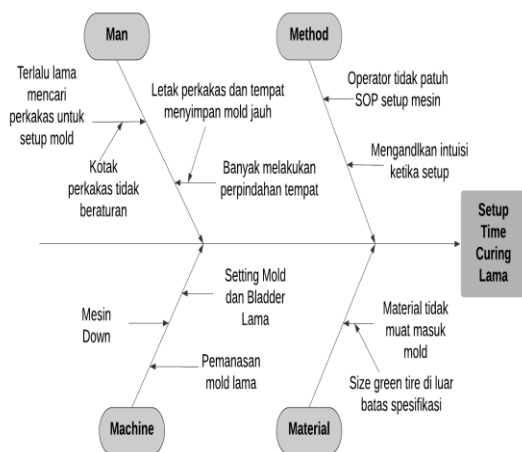
teridentifikasi dengan proporsi terbesar adalah *waste waiting* dan *waste defects*. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata identifikasi waste dalam dunia industri otomotif terjadi pada *waste waiting* dan *defects*.

**Tabel 8.** Hasil akhir *Waste Assessment Questionnaire*

	O	I	D	M	T	P	W
<b>Skor (Yj)</b>	0.42	0.47	0.43	0.48	0.48	0.48	0.44
<b>Pj Factor</b>	1368	1080	1024	1368	816	448	1764
<b>Final Result (Yj Final)</b>	577.1	506.2	445.2	652.9	391.6	214.2	781.2
<b>Persentase</b>	0.16	0.14	0.12	0.18	0.11	0.06	0.22
<b>Rank</b>	3	4	5	2	6	7	1

**Identifikasi Penyebab Waste**

Berdasarkan hasil dari identifikasi *waste* yang dilakukan menggunakan PAM dapat dilihat bahwa *waste* paling banyak terjadi pada rantai produksi pembuatan ban PSR adalah *waste delay*. Waktu *waste* terbesar adalah pada *workstation curing* dengan penyebab utama yaitu adanya *setup* yang lama pada mesin *curing*. Salah satu *tools* yang dapat digunakan untuk menganalisis akar masalah adalah dengan menggunakan *Fishbone* chart. *Fishbone* chart dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab lamanya waktu *setup* pada *workstation curing* berdasarkan *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *environment* (Carmona & Sieh, 2004). Pembuatan *fishbone* didapatkan dengan melakukan observasi langsung pada *workstation curing* pembuatan ban PSR.



**Gambar 3.** *Fishbone* Chart Setup Time Curing

*Fishbone* chart yang memiliki empat faktor yaitu *man*, *method*, *machine*, dan *material* (Gambar 3). Keempat faktor ini berpengaruh terhadap lamanya *setup curing*. *Man* atau operator yang menjalankan *setup* mesin *curing* sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu

*setup*. Beberapa gerakan operator yang berpengaruh terhadap lamanya waktu *setup* adalah gerakan mencari perkakas untuk melepas baut dan gerakan perpindahan tempat untuk mengambil atau menyimpan *bladder* dan *mold*. Hal ini menyebabkan banyak waktu yang terbuang dan bukan proses *value added* bagi produk.

Faktor yang berpengaruh pada *method* adalah setiap operator memiliki caranya masing-masing di dalam proses *setup* mesin *curing*. Tidak ada standard kerja maupun checklist urutan proses *setup* yang ditetapkan. Sehingga banyak operator yang mengulangi gerakannya untuk mengambil sesuatu atau untuk menyimpan sesuatu. Selain itu operator banyak yang tidak mengerti tentang internal *setup* dan eksternal *setup*. Aktivitas *setup* hampir semuanya dilakukan ketika mesin mati (*internal setup*).

Faktor yang cukup berpengaruh dalam *setup* mesin adalah mesin *curing* itu sendiri. Ketika sedang berlangsung proses *setup* mesin terkadang tiba-tiba mesin down karena *domp pack* bocor atau *bladder* bocor. Selain itu, pemasangan *mold* dan *bladder* cukup lama karena *mold* sendiri memiliki berat 50 Kg sehingga ketika memasang atau melepasnya harus menggunakan *forklift*.

**Tabel 9.** Akar Permasalahan 5 *Whys*

Cause	Sub cause	Why	Why	Why
<b>Man</b>	Terlalu lama mencari perkakas untuk setup mold	Kotak perkakas berantakan	operator meletakkan perkakas sembarangan	tidak ada aturan penyimpanan perkakas
	operator banyak melakukan perpindahan tempat ketika setup	<i>mold</i> , <i>bladder</i> , kotak perkakas, dan <i>green tire</i> disimpan di area yang berbeda	Area penyimpanan (tool storage) memiliki tempat tersendiri	
<b>Method</b>	operator memiliki cara yang berbeda dalam setup	Tidak ada checklist urutan setup	standarisasi kerja dalam setup belum ditentukan	
<b>Machine</b>	Mesin down	<i>Domp pack</i> bocor	mesin terlalu panas atau terlalu lama digunakan	Produksi per batch melebihi kapasitas mesin per hari
	pemanasan <i>molding</i> lama	Mesin <i>curing</i> membutuhkan waktu 30 menit untuk pemanasan <i>mold</i>		
	setting <i>bladder</i> dan <i>mold</i> lama	pemasangan baut lama	dilakukan penyetelan <i>spanner</i> yang berbeda-beda	model baut berbeda-beda
<b>Material</b>	material tidak muat masuk mold	<i>green tire</i> oversize	luput dari inspeksi	

Material berupa *green tire* cacat yang telah sampai pada WIP *curing* terkadang lolos dari inspeksi. *Defect* pada *green tire* berupa lapisan dalam robek atau terdapat benjolan terkadang baru ditemukan ketika operator *curing* sedang menyemprotkan silikon (GOP dan GIP) pada *green tire*. Terkadang terdapat *green tire* yang *oversize* sehingga ketika akan dimasukkan kedalam *mold* maka ukuran *mold* tidak sesuai dengan *green tire*.

Akar permasalahan dapat diperoleh dengan menggunakan metode 5 whys yaitu alat bantu (*tool*) *root cause analysis* untuk *problem solving*. *Tools* ini membantu mengidentifikasi akar masalah atau penyebab dari ketidaksesuaian pada proses atau produk (Gangidi, 2019). Akar permasalahan akan didapatkan secara terus bertanya mengapa (biasanya 5 kali) dan dapat dimengerti dengan baik.

Pada Tabel 9 menjelaskan permasalahan yang terjadi pada pada *workstation curing* yang menjadi penyebab lamanya waktu *setup*. Akar masalah yang menjadi penyebab lamanya waktu *setup* adalah kelengahan operator dalam menata perkakas, dan tidak ada standarisasi kerja seperti urutan *checklist setup curing* dan standard penyimpanan perkakas. Setelah mengetahui akar permasalahan yang terjadi langkah selanjutnya adalah menentukan metode atau *tools* yang dapat digunakan untuk meminimasi waktu *setup curing*.

## KESIMPULAN

*Process activity mapping* menunjukkan 52% dari lini produksi pembuatan ban PSR merupakan aktivitas yang *value added* (memberikan nilai tambah). Aktivitas *non value added* terbesar adalah *delay* (1060 detik) dan *transportation* (923 detik). Tiga *waste* kritis yang terdeteksi dari hasil *Waste Assessment Model* adalah *waste Waiting, Motion, dan Overproduction* dengan persentase masing-masing *waste* yaitu 22%, 18%, dan 16%. Hal ini selaras dengan hasil identifikasi *waste* dengan metode PAM, yaitu proporsi *waste* terbesar teridentifikasi berasal dari *waste delay*. Kontribusi terbesar atas adanya *waste delay* dan *waste waiting* dengan menggunakan *fishbone* adalah permasalahan *setting* mesin pada *workstation curing*. Penelitian ini belum dilakukan tahap usulan perbaikan terhadap *waste* yang teridentifikasi sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan perbaikan pada *waste waiting* yang berkontribusi *waste* terbesar yang terjadi pada *workstation curing*.

## DAFTAR PUSTAKA

Ali, B., Jaweed, S., & Fahad, M. (2015). Implementation of waste assessment matrix

and line balancing for productivity improvement in a high variety/high volume manufacturing plant. *Proceedings of ESMD, Karachi*, 65–75.  
<https://www.researchgate.net/publication/295806964>

Amrina, E., & Lubis, A. A. A. (2017). Minimizing waste using lean manufacturing: A case in cement production. *2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 71–75.  
<https://doi.org/10.1109/IEA.2017.7939181>

Carmona, M., & Sieh, L. (2004). *Measuring Quality in Planning: Managing the Performance Process*. Taylor & Francis.  
<https://books.google.co.id/books?id=8qKW RpG57isC>

Chrisna, C., & Ahmad, A. (2018). Pemetaan Pemborosan (Waste) Dalam Proses Produksi Pada Seksi Painting Plastic (Studi Kasus Perusahaan Otomotif). *Jurnal Teknik Industri*, 8(3), 201–212.  
<https://www.trijurnal.lemli.trisakti.ac.id/tekin/article/view/4734>

Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). Development of a Takt-time Plan: A Case Study. *Construction Research Congress 2014*, 1646–1655.  
<https://doi.org/doi:10.1061/9780784413517.168>

Gangidi, P. (2019). A systematic approach to root cause analysis using 3 × 5 why's technique. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 295–310.  
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114>

Isnain, S. K. (2017). Perancangan perbaikan proses produksi bodi mobil Daihatsu Xenia dengan lean manufacturing di PT. Inti Pantja Press Industri. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.  
<https://repository.its.ac.id/2609/>

Jasti, N. V. K., & Sharma, A. (2014). Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 89–116.  
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2012-0002>

Jeyaraj, A., Sauter, V. L., & St, M. (2014). Validation of business process models using swimlane diagrams. *Journal of Information Technology Management*, 25(4), 27–37.  
<https://jitm.ubalt.edu/XXV-4/article3.pdf>

Linck, J., & Cochran, D. S. (1999). The Importance of Takt Time in Manufacturing System Design. In *SAE Technical Paper* (pp. 1–8). SAE Technical Paper.  
<https://doi.org/10.4271/1999-01-1635>

Martha, K. E., & Arvianto, A. (2018). Analisis Identifikasi Penyebab Terjadi Rendahnya

- Functuality Achievement Dengan Menggunakan Toyota Business Practice (Studi Kasus: PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia). *Industrial Engineering Online Journal*, 7(3), 1–8. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/22446>
- Pomalia, F., Iftadi, I., & Astuti, R. D. (2020). Waste analysis of fuselage assembly in panelization group of the 117th NC212i aircraft . *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 4(1), 61–71. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2187>
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Robecca, J., Made Aryantha Anthara, I., Silaban, M., & Situmorang, M. R. (2020). Product Quality Improvement by Using the Waste Assessment Model and Kipling Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1), 12172. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/879/1/012172>
- Taylor, D., & Hines, P. (2000). *Going Lean: A Guide to Implementation*. Lean Enterprise Research Centre. <https://books.google.co.id/books?id=4BBkAAACAAJ>