

**PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* UNTUK MEREDUKSI WASTE PADA
PRODUKSI FILTER ROKOK DENGAN WAM DAN METODE TAGUCHI
(Studi Kasus Pada PT Essentra, Sidoarjo)**

**APPLICATION OF *LEAN MANUFACTURING* TO REDUCE WASTE IN
PRODUCTION OF CIGARETTES FILTER USING WAM AND TAGUCHI
METHOD**

(a Case Study of PT Essentra, Sidoarjo)

Epiphanie Aprianti Sigalingging¹⁾, Ishardita Pambudi Tama²⁾, Lely Riawati³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : epiphanieas@gmail.com¹⁾, kangdith@gmail.com²⁾, lely_riawati@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PT Essentra merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi filter rokok yang berlokasi di Sidoarjo. Salah satu produk yang dihasilkan perusahaan adalah filter rokok ACM502205. Pada proses produksi filter ACM502205 tersebut, masih ditemukan beberapa waste. Untuk itu dilakukan identifikasi waste dengan menggunakan salah satu tools dalam pendekatan lean manufacturing, yaitu waste assessment model (WAM) yang bertujuan untuk mengidentifikasi waste yang paling dominan dan membutuhkan perbaikan dengan segera pada produksi filter ACM502205. Dari hasil identifikasi waste menggunakan waste assessment model, diketahui waste yang paling dominan dan membutuhkan perbaikan dengan segera adalah defect waste. Selanjutnya dilakukan diskusi dengan karyawan perusahaan untuk mengetahui akar penyebab timbulnya defect waste, dari hasil diskusi tersebut diketahui bahwa akar penyebab terjadinya defect adalah hardness filter yang rendah.. Usulan rekomendasi perbaikan yang diberikan terkait adanya defect waste pada proses pembuatan filter ACM502205 di PT Essentra adalah menerapkan setting level optimal yang didapatkan dengan perhitungan menggunakan metode Taguchi, yaitu: faktor A level 2 (filter di oven selama 4 menit dengan suhu 110°C), faktor B level 2 (set circum 16,85mm), faktor C level 2 (set roundness 95%), faktor D level 2 (set PZ 9%), faktor E level 2 (Set PD 445mmWg), faktor F level 1 (set weight 0,416 gr), dan faktor G level 1 (set menthol 119,8mg). Setting level optimal ini didapat dari perhitungan dengan menggunakan metode Taguchi dan telah terbukti dapat meningkatkan hardness dan mengurangi defect filter.

Kata kunci : *lean manufacturing, waste assessment model, taguchi, defect.*

1. Pendahuluan

Lean Manufacturing merupakan suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan waste atau *non value-added activities* melalui perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2006). Metode ini ideal untuk mengoptimalkan performansi dari sistem dan proses produksi karena mampu mengidentifikasi, mengukur, menganalisa, dan mencari solusi perbaikan atau peningkatan performansi secara komprehensif (Hartini et al, 2009). Konsep dasar pendekatan *lean* adalah eliminasi atau pengurangan waste (pemborosan). Shigeo Shingo mengidentifikasi keberadaan tujuh waste (Hines & Taylor, 2000). Tujuh waste yang dimaksud adalah: *Lean*

Manufacturing sendiri mempunyai berbagai macam tools, dan dalam penelitian ini akan digunakan salah satu tools dalam *Lean Manufacturing* yaitu *Waste Assessment Model* (WAM).

PT Essentra merupakan perusahaan yang memproduksi filter rokok yang terletak di Jalan Berbek Rungkut Industri I, Sidoarjo. Perusahaan ini memproduksi kurang-lebih 800 jenis filter rokok yang disesuaikan dengan permintaan konsumen. Proses produksi di perusahaan berjalan secara *continuous* selama 24 jam dengan 3 kali pergantian *shift* setiap harinya. Perusahaan ini memproduksi produk yang dipesan oleh perusahaan-perusahaan pembuat rokok dalam dan juga luar negeri.

Permintaan filter rokok dari konsumen dalam dan luar negeri cukup besar mendorong perusahaan untuk meningkatkan performansi sistem produksinya. Salah satu filter rokok yang

diproduksi oleh PT Essentra adalah filter ACM502205. Filter ACM502205 merupakan filter baru yang mulai diproduksi pada bulan Oktober 2013, sehingga pihak perusahaan masih belum dapat mengoptimalkan proses produksi filter tersebut. Mesin yang memproduksi filter ACM502205 adalah mesin KM52. Berdasarkan pengamatan dan *brainstorming* dengan supervisor di PT Essentra diketahui bahwa masih terdapat banyak *waste* pada proses produksi filter ACM502205. Beberapa *waste* yang terjadi pada proses produksi filter ACM502205, yaitu *defect*, *waiting*, dan *overproduction* dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Tetapi selain *defect*, *waiting*, dan *overproduction* masih terdapat beberapa *waste* yang belum teridentifikasi. Untuk itu dibutuhkan suatu metode untuk dapat mengidentifikasi *waste* lain yang terdapat pada proses produksi filter ACM502205. Identifikasi *waste* perlu dilakukan agar *waste* apa saja yang terdapat pada proses produksi filter ACM502205 dapat diidentifikasi, sehingga dapat dilakukan perbaikan terhadap *waste* tersebut.

Tabel 1. Data *Defect* Filter ACM502205

Bulan	Total Output (rod)	Total Defects (rod)	(%)
Oktober 2013	528.000	76.800	14,55
Nopember 2013	1.478.400	172.800	11,69
Desember 2013	2.668.800	28.800	1,08
Januari 2014	758.400	-	0,00
Februari 2014	2.764.800	422.400	15,28

Tabel 2. Data *Waiting* Filter ACM502205

Bulan	<i>Waiting</i> (Menit)
Januari 2014	6.283
Februari 2014	2.889
Maret 2014	1.910
April 2014	2.883

Tabel 3. Data *Overproduction* Filter ACM502205

Bulan (2014)	Jumlah Order (Million Rods)	Total Produksi (Million Rods)	Overproduction (Million Rods)
Januari	0,25	0,76	0,51
Februari	2,11	2,76	0,65
Maret	3,38	3,43	0,05
April	5,91	6,26	0,35

Untuk mengetahui *waste* yang paling dominan dan membutuhkan perbaikan dengan segera perlu dilakukan identifikasi *waste*. Pada tahap identifikasi ini dibutuhkan suatu model untuk memudahkan dan menyederhanakan proses pencarian permasalahan *waste*. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waste Assessment Model* (WAM) yang terdiri dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Model ini memiliki kelebihan berupa matriks yang sederhana dan kuesioner yang mencakup banyak hal dan mampu memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi hubungan antar *waste* yang ada dan juga penyebab terjadinya *waste* (Rawabdeh, 2005).

Dari hasil identifikasi menggunakan *Waste Assessment Model* akan diketahui *waste* yang dominan. *Waste* tersebut kemudian akan dianalisis lebih lanjut. Dari hasil analisis *waste* tersebut peneliti akan memilih metode untuk melakukan perbaikan yang akan digunakan untuk meminimasi *waste* pada proses produksi filter ACM502205. Banyak metode yang dapat digunakan untuk meminimasi *waste*, diantaranya adalah metode SLP (*Systematic Layout Planning*) untuk memperbaiki *layout* untuk mengoptimalkan transportasi dan *waiting time*, Metode Taguchi untuk memperbaiki *defect waste* dan *inappropriate processing*, dan MPS untuk memperbaiki *waste Overproduction* dan *Unnecessary Inventory*.

Diharapkan hasil analisis dapat membantu peneliti untuk menentukan metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang teridentifikasi dari hasil perhitungan *waste assessment model*. Metode yang tepat tersebut diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang sesuai dengan keinginan pihak perusahaan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang menerapkan *lean manufacturing* untuk mereduksi *waste* menggunakan *waste assessment model* dan Metode Taguchi pada perusahaan yang memproduksi filter rokok. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif yang dilakukan dengan meneliti analisa pekerjaan dan aktifitas pada suatu obyek. Pada penelitian deskriptif ini, pengumpulan datanya didapatkan dari penelitian kepustakaan dan penelitian lapangan yang berupa wawancara ataupun pengamatan

langsung terhadap keadaan yang sebenarnya dalam perusahaan.

2.1 Langkah – langkah Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Survei Pendahuluan
Survei pendahuluan dilakukan dengan cara melakukan observasi secara langsung ke PT Essentra. Survei pendahuluan peneliti untuk mengetahui kondisi nyata yang terjadi dalam perusahaan. Dengan melakukan survei pendahuluan, peneliti akan menemukan permasalahan yang dapat diteliti lebih lanjut.
2. Studi Literatur
Studi literatur digunakan untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti serta referensi (literatur) seperti konsep *lean manufacturing*, WAM, Metode Taguchi, dan sebagainya yang akan digunakan dalam pengolahan data nantinya.
3. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Mengidentifikasi pokok permasalahan yang muncul dari hasil survei pada objek penelitian. Setelah mengidentifikasi masalah, maka merumuskan masalah apa yang akan dijadikan fokus pembahasan dalam penelitian ini.
4. Mengumpulkan Data
Dalam penelitian ini, digunakan 2 metode pengumpulan data
 - a. Metode Penelitian Kepustakaan, yaitu suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan bertanya secara langsung pada saat perusahaan mengadakan kegiatan sehari-hari terhadap masalah yang dianggap penting.
 - b. Metode Penelitian Lapangan, yaitu metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data, dimana peneliti secara langsung terjun pada proyek penelitian.
5. Mengidentifikasi dan Mengukur Waste
Pada tahap ini penulis akan mengidentifikasi dan mengukur waste dengan menggunakan kuesioner sesuai dengan metode *Waste Assessment Model* (WAM) yang dilakukan dengan dua metode, yaitu: *Waste Relationship Matrix* dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ).

Identifikasi dan pengukuran waste dilakukan dengan cara mencari hubungan antar waste dengan kuesioner. Kemudian melakukan pembobotan pada hasil kuesioner yang dilanjutkan dengan mencari jenis waste dan membuat WRM. Setelah itu mencari jenis waste dengan WAQ, kemudian melakukan pembobotan dengan menggunakan algoritma WAQ.

6. Melakukan Desain Rancangan Eksperimen
Desain rancangan eksperimen dilakukan untuk menyelesaikan waste dominan yang telah diidentifikasi dengan menggunakan *waste assessment* model. Langkah ini dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi.
7. Memberikan Rekomendasi Perbaikan
Pada langkah ini, penulis memberikan rekomendasi perbaikan terhadap masalah yang ada di perusahaan. Pemberian rekomendasi perbaikan akan didasarkan dari *setting level* optimal yang didapatkan dari hasil perhitungan metode Taguchi.
8. Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan dan saran adalah bagian terakhir dari tahap penyelesaian penelitian ini. Tahap ini berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisa data yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan. Sedangkan saran merupakan masukan untuk objek yang diteliti guna perbaikan permasalahan yang ada di perusahaan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Waste

Proses identifikasi waste dilakukan dengan menggunakan konsep *waste assessment model*. Pengumpulan data dilakukan dengan cara diskusi dan menyebarkan kuesioner pembobotan. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap waste dan keterkaitan antar waste. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan bobot dari waste. Proses diskusi dan pengisian kuesioner melibatkan 4 orang karyawan setara *supervisor* yang berkompeten dan benar-benar memahami produksi filter ACM502205, yaitu 1 orang dari bagian *quality control* dan 3 orang dari bagian produksi.

3.1.1 Seven Waste Relationship

Perhitungan keterkaitan antar *waste* dilakukan secara diskusi dengan pihak perusahaan dan penyebaran kuesioner dengan menggunakan kriteria pembobotan yang dikembangkan oleh Rawabdeh (2005). Untuk masing-masing hubungan, ditanyakan enam pertanyaan dengan panduan skoring yang dapat dilihat pada Tabel 4. Penjelasan keterkaitan antar *waste*, dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4. Daftar Pertanyaan untuk Analisa WAM

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah <i>i</i> menghasilkan <i>j</i>	a. Selalu b. Kadang-kadang c. Jarang	=4 =2 =0
2	Bagaimanakah jenis hubungan antara <i>i</i> dan <i>j</i>	a. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> naik b. Jika <i>i</i> naik, maka <i>j</i> tetap c. Tidak tentu tergantung keadaan	=2 =1 =0
3	Dampak terhadap <i>j</i> karena <i>i</i>	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk muncul c. Tidak sering muncul	=4 =2 =0
4	Menghilangkan dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> dapat dicapai dengan cara	a. Metode <i>engineering</i> b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional	=2 =1 =0
5	Dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> terutama mempengaruhi	a. Kualitas produk b. Produktifitas sumber daya c. <i>Lead time</i> d. Kualitas dan produktifitas e. Kualitas dan <i>lead time</i> f. Produktifitas dan <i>lead time</i> g. Kualitas, produktifitas, dan <i>lead time</i>	=1 =1 =1 =2 =2 =2 =4
6	Sebesar apa dampak <i>i</i> terhadap <i>j</i> akan meningkatkan <i>lead time</i>	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah	=4 =2 =0

Ke-6 pertanyaan di atas diajukan untuk masing-masing hubungan *waste*. Skor yang diperoleh dari enam pertanyaan tersebut kemudian ditotal untuk didapatkan nilai total tiap hubungan. Nilai total tersebut kemudian dikonversi menjadi simbol (A, I, U, E, O, dan X) dengan acuan pada Tabel 5.

Tabel 5. Konversi Skor Keterkaitan antar *Waste*

Range	Type of Relationship	Symbol
17 – 20	Absolutely Necessary	A
13 – 16	Especially Important	E
9 – 12	Important	I
5 – 8	Ordinary Closeness	O
1 – 4	Unimportant	U
0	No relation	X

Sumber: Rawabdeh (2005)

3.1.2 Waste Relationship Matrix

Berdasarkan perhitungan hasil keterkaitan *waste*, maka dapat dibuat *waste relationship matrix* proses produksi filter ACM502205 seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	E	I	I	E	X	I
I	E	A	I	E	E	X	X
D	I	I	A	I	E	X	E
M	X	O	O	A	X	I	O
T	O	O	O	I	A	X	O
P	O	O	E	I	X	A	I
W	O	O	I	X	X	X	A

Untuk penyederhanaan matrix kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase, dapat dilihat pada Tabel 7. *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0.

Tabel 7. *Waste Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor (%)
O	10	8	6	6	8	0	6	17,6
I	8	10	6	8	8	0	0	16,0
D	6	6	10	6	8	0	8	17,6
M	0	4	4	10	0	6	4	11,2
T	4	4	4	6	10	0	4	12,8
P	4	4	8	6	0	10	6	15,2
W	4	4	6	0	0	0	10	9,6
Skor (%)	14,4	16	17,6	16,8	13,6	6,4	15,2	100

3.1.3 Waste Assessment Questionnaire

Nilai *waste* yang didapat dari WRM selanjutnya digunakan untuk penilaian awal WAQ berdasarkan jenis pertanyaan. Kuesioner *assessment* ini terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda. Beberapa pertanyaan ditandai dengan tulisan “*From*”, maksudnya adalah pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* yang ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM. Pertanyaan lainnya ditandai dengan tulisan “*TO*”, yang artinya pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini bisa terjadi karena dipengaruhi jenis *waste* lainnya. Tiap pertanyaan memiliki 3 pilihan jawaban dan masing-masing jawaban diberi bobot 1, 0.5, atau 0. Ada 3 jenis pilihan jawaban untuk tiap pertanyaan kuesioner, yaitu “Ya”, “Sedang”, dan “Tidak”. Sedangkan skor untuk ketiga jenis pilihan jawaban kuesioner dibagi menjadi 2 kategori, yaitu:

- Kategori pertama, atau kategori A adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan adanya pemborosan. Skor jawaban untuk

kategori A adalah: 1 jika “Ya”, 0,5 jika “Sedang”, dan 0 jika “Tidak”.

- b. Kategori kedua, atau kategori B adalah jika jawaban “Ya” berarti diindikasikan tidak ada pemborosan yang terjadi. Skor jawaban untuk kategori B adalah: 0 jika “Ya”, 0,5 jika “Sedang”, dan 1 jika “Tidak”.

Ranking akhir *waste* tergantung pada kombinasi jawaban, karena dari hasil kuesioner nanti akan diproses dengan suatu algoritma yang terdiri dari 8 langkah yang telah dikembangkan untuk menilai dan meranking *waste* yang ada. Pengukuran peringkat *waste* mengikuti 8 langkah sebagai berikut.

- 1) Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan jenis pertanyaan. Tabel 8 merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan.

Tabel 8. Pengelompokkan Jenis Pertanyaan

No	Jenis Pertanyaan (i)	Total (Ni)
1	From Overproduction	3
2	From Inventory	6
3	From Defects	8
4	From Motion	11
5	From Transportation	4
6	From Process	7
7	From Waiting	8
8	To Defects	4
9	To Motion	9
10	To Transportation	3
11	To Waiting	5
Jumlah Pertanyaan		68

- 2) Memberikan bobot untuk tiap pertanyaan kuesioner berdasarkan *waste relationship matrix*.

Tabel 9. Bobot Awal Berdasarkan WRM

No	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste						
		O	I	D	M	T	P	W
1	To Motion	6	8	6	10	6	6	0
2	From Motion	0	4	4	10	0	6	4
3	From Defects	6	6	10	6	8	0	8
4	From Motion	0	4	4	10	0	6	4
5	From Motion	0	4	4	10	0	6	4
6	From Defects	6	6	10	6	8	0	8
7	From Process	4	4	8	6	0	10	6
...
68	From Defects	6	6	10	6	8	0	8
Total Skor		328	372	448	412	292	246	328

- 3) Membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan (Ni).

Sebagai contoh: Baris No.1 pada Tabel 9 dengan jenis pertanyaan *To Motion*.

Dari Tabel 8 diketahui $N_i \text{ To Motion} = 9$, sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: $O = 6 : 9 = 0,67$, $I = 8 : 9 = 0,89$, $D = 6 : 9 = 0,67$, dan seterusnya.

- 4) Menghitung jumlah skor tiap kolom jenis *waste*, dan frekuensi (Fj) dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0.

Tabel 10. Bobot Pertanyaan dibagi Ni

No	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0
2	From Motion	11	0	0,36	0,44	1,11	0,00	0,67	0,44
3	From Defects	8	0,75	0,75	1,11	0,67	0,89	0	0,89
4	From Motion	11	0,00	0,36	0,44	1,11	0	0,67	0,44
...
68	From Defects	8	0,75	0,75	1,11	0,67	0,89	0	0,89
Skor (Sj)			60,8	62	71,54	56,84	53,79	34,31	50
Frekuensi (Fj)			56	63	67	56	41	35	49

- 5) Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (1; 0,5; atau 0) ke dalam setiap bobot nilai di tabel, kemudian menghitung nilai rata-rata dan memasukkannya ke dalam kolom rata-rata jawaban, dapat dilihat pada Tabel 11.

- 6) Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (fj) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0.

$$S_j = \sum_{K=1}^K X_K \frac{W_{j,k}}{N_i};$$

(pers.1)

Dimana s_j adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan X_k adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1; 0,5; atau 0).

Sebagai contoh: jenis *waste overproduction*

$$s_j = \left(0,125 \frac{6}{9}\right) + \left(0,125 \frac{4}{11}\right) + (\dots) + \left(0,125 \frac{6}{8}\right)$$

$$s_j = 0,08 + 0,00 + \dots + 0,09 = 20,32$$

Untuk jenis *waste* yang lain dapat dihitung dengan persamaan di atas.

Tabel 11. Hasil Kali Bobot dengan Penilaian Kuesioner

No	Jenis Pertanyaan (i)	Rata-Rata Jawaban	Bobot untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	To Motion	0,125	0,08	0,11	0,08	0,11	0,08	0,08	0
2	From Motion	0,125	0,00	0,05	0,06	0,11	0	0,08	0,06
3	From Defects	0,375	0,28	0,28	0,42	0,25	0,33	0	0,33
...
68	From Defects	0,125	0,09	0,09	0,16	0,09	0,13	0	0,13
Skor (sj)			20,32	19,54	20,67	18,30	17,51	8,42	16,09
Frekuensi (fj)			48	50	54	45	34	26	40

- 7) Menghitung indikator awal untuk tiap *waste* (Y_j).

$$Y_j = \frac{s_j}{s_j} \times \frac{f_j}{F_j}$$

(pers.2)

Untuk *waste* O:

$$Y_o = \frac{s_o}{S_o} \times \frac{f_o}{F_o} = \frac{60,80}{20,32} \times \frac{56}{48} = 3,49$$

Untuk *waste* lainnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti di atas.

- 8) Menghitung nilai *final waste factor* ($Y_{j\text{final}}$) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis *waste* (P_j) berdasarkan total “from” dan “To” pada WRM. Kemudian mempresentase-kan bentuk *final waste factor* yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat *level* dari masing-masing *waste*.

$$Y_{j\text{final}} = Y_j \times P_j = \frac{s_j}{s_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j$$

(pers.3)

Untuk *waste* O:

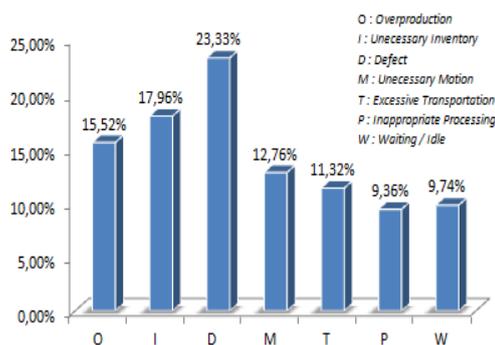
$$\begin{aligned} Y_{o\text{final}} &= Y_o \times P_o = \frac{s_o}{S_o} \times \frac{f_o}{F_o} \times P_o \\ &= \frac{60,80}{20,32} \times \frac{56}{48} \times 253,44 \\ &= 884,83 \end{aligned}$$

Untuk *waste* lainnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti di atas. Hasil perhitungan akhir *waste assessment* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

	O	I	D	M	T	P	W
Skor (Y_j)	3,49	4,00	4,29	3,87	3,71	5,49	3,81
P_j Faktor	253,44	256	309,76	188,16	174,08	97,28	145,92
Y_j Final	884,83	1023,65	1330,03	727,25	645,02	533,65	552,2
Hasil Akhir (%)	15,52	17,96	23,33	12,76	11,32	9,36	9,74
	3	2	1	4	5	7	6

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 12, maka pada Gambar 1 dapat dilihat peringkat *waste* dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Hasil Perhitungan *Waste*

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa *waste defect* merupakan *waste* yang paling banyak terjadi pada produksi filter rokok ACM502205, yaitu sebesar 23,33%, diikuti oleh *waste unnecessary inventory* sebesar 17,96%, dan *waste* yang paling kecil adalah *inappropriate processing* dengan persentase sebesar 9,36%. Berdasarkan hasil tersebut dipilih *waste* terbesar, yaitu *defect* untuk diperbaiki.

3.2 Analisis Penyebab *Defect*

Dari hasil perhitungan *waste assessment model* diketahui bahwa *waste* yang memiliki bobot paling besar adalah *defect*, sehingga peneliti akan memfokuskan penelitian pada minimasi *defect* tersebut. Dari hasil diskusi tersebut, diketahui bahwa penyebab *defect* filter ACM502205 adalah *hardness* yang rendah dan tidak sesuai dengan standard yang telah ditentukan.

Filter ACM502205 merupakan filter dengan rasa *menthol*. *Menthol* yang digunakan dalam pembuatan filter ini berasal dari *customer* yang memesan filter ini. Penambahan *menthol* tersebut menyebabkan *hardness* filter ACM502205 menjadi rendah, karena filter *mono* dengan spesifikasi yang sama tetapi tidak mengandung *menthol* memiliki *hardness* dengan persentase yang lebih tinggi. Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa sedikit perubahan komposisi bahan akan berpengaruh pada mutu filter. Sehingga sangatlah penting untuk melakukan pengontrolan dan penentuan komposisi bahan dan *setting* mesin yang baik agar dapat meningkatkan mutu filter ACM502205.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu metode perancangan yang berprinsip pada peningkatan mutu dengan meminimalkan pengaruh dari faktor *noise* tanpa menghilangkan faktor *noise* itu sendiri. Suatu metode untuk menentukan faktor-faktor berpengaruh terhadap perubahan mutu dan suatu metode untuk melakukan perancangan yang dapat memperbaiki mutu. Dalam penelitian ini digunakan metode Taguchi.

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi eksperimen dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dan dalam waktu yang bersamaan menekan biaya seminimal mungkin. Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah merancang

kualitas ke dalam produk yang dimulai sejak tahap desain produk sehingga dengan rancangan produk yang *robust* akan menghasilkan produk yang memiliki performansi yang *robust* pula. Kualitas yang rendah tidak dapat diperbaiki dengan proses inspeksi atau pemeriksaan dan penyortiran (Belavendram, 1995).

3.3 Desain Rancangan Eksperimen

3.3.1 Penetapan Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas filter ACM502205 yang dituju adalah nominal the best dan karakteristik kualitas yang diamati adalah *hardness* filter ACM502205. Dimana *hardness* optimal yang sesuai dengan standard yang telah dibuat oleh perusahaan adalah sebesar 87%. Dengan diadakannya penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh untuk dapat memperbaiki kualitas filter ACM502205.

3.3.2 Penetapan Faktor dan Level Faktor Berpengaruh

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dan persentase *hardness* filter ACM502205 perlu dilakukan studi lapangan, studi kepustakaan, dan wawancara dengan pihak perusahaan. Faktor-faktor yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini hanya dibatasi pada faktor-faktor berpengaruh yang terkendali saja. Dari hasil diskusi dengan pihak perusahaan dapat ditetapkan faktor-faktor dan level faktor sebagai berikut:

Tabel 13. Level Faktor Berpengaruh

No	Faktor Kontrol	Level	
		1	2
1	Oven	Tanpa Oven	Oven (4 menit & 110°C)
2	Set Circumference	16,8mm	16,85mm
3	Set Roundness	94%	95%
4	Set PZ	8%	9%
5	Set PD	440mmWg	445mmWg
6	Set Weight	0,416 gr	0,429 gr
7	Set <i>Menthol</i>	119,8mm	120mm

3.3.3 Penetapan Orthogonal Array

Dalam Dalam memilih *othogonal array* yang cocok atau sesuai, diperlukan suatu persamaan dari *othogonal array* tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. (Soejanto, 2008). Bentuk umum dari model *othogonal array* adalah sebagai berikut:

$$L_a(b^c)$$

(pers.4)

Dimana,

a = banyak eksperimen

b = banyak level

c = banyak faktor/kolom

Dalam ekperimen ini terdapat 7 faktor terkendali dengan masing-masing 2 level dan tidak ada faktor interaksi. Dengan jumlah faktor dan level yang ada dilakukan perhitungan jumlah total derajat kebebasan (dof) untuk menentukan *orthogonal array* sebagai berikut.

$$\text{Jumlah total dof} = 7 \times (2 - 1) = 7$$

Sehingga *orthogonal array* yang sesuai adalah $L_8(2^7)$. Berikut adalah tabel *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian ini. Jumlah eksperimen yang harus dijalankan sesuai *orthogonal array* $L_8(2^7)$ adalah 8 kali eksperimen. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam ekperimen serta meningkatkan ketelitian data percobaan. Mengingat waktu dan biaya yang terbatas dalam penelitian ini akan digunakan replikasi sebanyak 2 kali dengan masing-masing replikasi merupakan hasil rata-rata dari perhitungan *hardness* pada 10 filter.

3.3.4 Pelaksanaan Eksperimen

Dalam tahap ini akan dibuat filter ACM502205 yang akan digunakan untuk pengujian *hardness*. Penugasan *setting level* ekperimen Taguchi dan tabel *orthogonal array* yang sudah ditentukan sebelumnya, digunakan sebagai acuan dalam menentukan *setting* mesin dan komposisi yang dibutuhkan dalam setiap ekperimennya. Pembuatan filter ACM502205 dilakukan di perusahaan. Peneliti memberikan *setting level* eksperimen yang kemudian digunakan oleh operator untuk membuat filter ACM502205.

Setelah itu dilakukan pengujian *hardness* di departemen *quality control* di PT Essentra pada tanggal 21 Mei 2014. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin QTM. Hasil pengujian *hardness* filter ACM502205 dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji *Hardness* Filter ACM502205

Eksp	Faktor Kontrol							R1 (%)	R2 (%)
	A	B	C	D	E	F	G		
1	1	1	1	1	1	1	1	81,7	81,3
2	1	1	1	2	2	2	2	82,9	82,4
3	1	2	2	1	1	2	2	83,3	82,8
4	1	2	2	2	2	1	1	85,8	86,2
5	2	1	2	1	2	1	2	86,4	86,2

6	2	1	2	2	1	2	1	87,7	87,9
7	2	2	1	1	2	2	1	88	87,8
8	2	2	1	2	1	1	2	88,3	88,1

3.3.5 Analisis Hasil Eksperimen

Data hasil eksperimen Taguchi diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu *analysis of variance* untuk data rata-rata eksperimen (*mean*) dan *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio* (SNR). *Analysis of variance mean* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata hasil eksperimen (respon). *Analysis of signal to noise ratio* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai variansi.

3.3.6 Penentuan Setting Level Optimal

Dari hasil pengolahan hasil eksperimen Taguchi dengan ANOVA untuk nilai rata-rata dan SNR, dapat ditentukan *setting level* optimal seperti pada Tabel 15.

Tabel 15. Penentuan *Setting Level* Optimal

Faktor	\bar{y} (rata-rata)	σ (variansi)	Pengaruh	Setting level yang digunakan
A	$\sqrt{1}$	$\sqrt{1}$	Signifikan terhadap rata-rata dan variansi	A2
B	$\sqrt{2}$	X	Signifikan terhadap rata-rata dan kurang signifikan terhadap variansi	B2
C	X	X	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan terhadap variansi	C2
D	$\sqrt{3}$	X	Signifikan terhadap rata-rata dan kurang signifikan terhadap variansi	D2
E	X	X	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan variansi	E2
F	X	$\sqrt{3}$	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan signifikan terhadap variansi	F1
G	X	$\sqrt{2}$	Kurang signifikan terhadap rata-rata dan signifikan terhadap variansi	G1

Keterangan:

- $\sqrt{\quad}$: menunjukkan faktor tersebut penting
- X : menunjukkan faktor tersebut kurang penting
- $\sqrt{1}$: menunjukkan *ranking* pada tabel respon

3.3.7 Prediksi Kondisi Optimum

1. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.

$$\mu_{predicted} = 89,15$$

Selang kepercayaan untuk rata-rata proses yang optimal adalah:

$$\mu_{predicted} - CI_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean}$$

$$89,15 - 0,8326 \leq \mu_{predicted} \leq 89,15 + 0,8326$$

$$88,3173 \leq \mu_{predicted} \leq 89,9826$$

2. Prediksi respon dan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai *signal to noise ratio*.

$$\eta_{predicted} = 59,859$$

Selang kepercayaan untuk SNR yang optimal adalah:

$$\mu_{predicted} - CI_{SNR} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{SNR}$$

$$59,859 - 0,4022 \leq \mu_{predicted} \leq 59,859 + 0,4022$$

$$59,457 \leq \mu_{predicted} \leq 60,252$$

Perhitungan selang kepercayaan di atas merupakan selang kepercayaan prediksi, dimana setelah diketahui *setting level* terbaiknya, diharapkan pada eksperimen berikutnya (eksperimen konfirmasi), nilai rata-rata dan SNR berada diantara batas yang telah diprediksi.

3.3.8 Eksperimen Konfirmasi

Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk memeriksa hasil dari eksperimen Taguchi, apabila hasil eksperimen konfirmasi dan eksperimen Taguchi pada kombinasi level optimalnya cukup dekat satu sama lain, maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi syarat dalam eksperimen. Pengujian *hardness* eksperimen konfirmasi Taguchi dilakukan di departemen *quality control* di PT Essentra pada tanggal 11 Juni 2014. Hasil eksperimen konfirmasi dengan *setting level* optimal eksperimen Taguchi dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Konfirmasi

No	% Hardness	No	% Hardness
1	87,8	11	87,9
2	87,9	12	88
3	87,9	13	87,9
4	88	14	87,8
5	87,8	15	87,9
6	87,9	16	88
7	88	17	87,9
8	87,8	18	88,1
9	87,9	19	88
10	87,7	20	87,9

1. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi

$$\mu_{predicted} - CI_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean}$$

$$87,905 - 0,9119 \leq \mu_{predicted} \leq 87,905 + 0,9119$$

$$86,993 \leq \mu_{predicted} \leq 88,817$$

2. Selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi

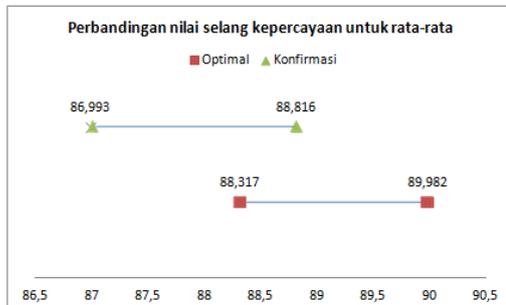
$$\mu_{predicted} - CI_{SNR} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{SNR}$$

$$59,376 - 0,4222 \leq \mu_{predicted} \leq 59,376 + 0,4222$$

$$58,954 \leq \mu_{predicted} \leq 59,798$$

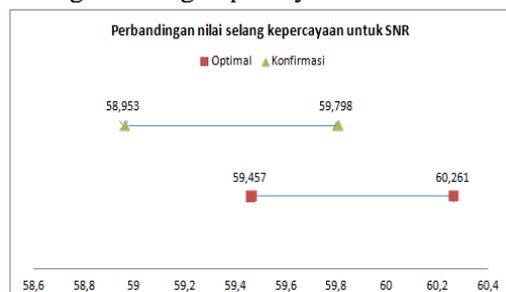
3.3.9 Analisis Selang Kepercayaan

Tujuan penggunaan selang kepercayaan adalah untuk membuat perkiraan dari level-level faktor dan prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal. Nilai-nilai selang kepercayaan kondisi optimal kemudian dibandingkan dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, dengan cara digambarkan dalam bentuk grafik. Perbandingan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan Selang Kepercayaan Rata-rata

Dari Gambar 2 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.



Gambar 3. Perbandingan Selang Kepercayaan SNR

Dari Gambar 3 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

3.4 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil perhitungan dari uji konfirmasi dan analisis selang kepercayaan dengan menggunakan metode Taguchi, dapat disimpulkan bahwa *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas dari persentase *hardness* filter ACM502205 dapat diterapkan pada proses pembuatan filter ACM502205 yang sebenarnya. Dengan penerapan *setting level* optimal ini

kualitas filter ACM502205 dapat meningkat sesuai yang diharapkan perusahaan.

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan dari hasil penelitian terhadap masalah *defect waste* yang terdapat di perusahaan adalah dengan menerapkan *setting level* optimal yang didapat dari perhitungan dengan menggunakan metode Taguchi, yaitu: faktor A level 2 (filter di *oven* selama 4 menit dengan suhu 110°), faktor B level 2 (set *circum* 16,85mm), faktor C level 2 (set *roundness* 95%), faktor D level 2 (set PZ 9%), faktor E level 2 (Set PD 445mmWg), faktor F level 1 (set *weight* 0,416 gr), dan faktor G level 1 (set *menthol* 119,8mg).

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan *waste assessment model* pada proses produksi filter ACM502205 di PT Essentra didapatkan hasil pembobotan *waste* sebagai berikut: *Over Production* (15,52%), *Defect/reject* (23,33%), *Unnecessary Inventory* (17,96%), *Inappropriate Processing* (9,36%), *Excessive Transportation* (11,32%), *Waiting/idle* (9,74%), dan *Unnecessary Motion* (12,76%).
2. Dari hasil perhitungan *waste assessment model* pada proses produksi filter ACM502205 di PT Essentra dapat disimpulkan bahwa *waste* yang paling dominan terjadi pada proses produksi filter ACM502205 di PT Essentra adalah *defect* dengan persentase sebesar 23,33%.
3. Rekomendasi perbaikan dari permasalahan *waste (defect)* di PT Essentra adalah dengan menerapkan *setting level* optimal yang didapat dari perhitungan dengan menggunakan metode Taguchi, yaitu: faktor A level 2 (filter di *oven* selama 4 menit dengan suhu 110°), faktor B level 2 (set *circum* 16,85mm), faktor C level 2 (set *roundness* 95%), faktor D level 2 (set PZ 9%), faktor E level 2 (Set PD 445mmWg), faktor F level 1 (set *weight* 0,416 gr), dan faktor G level 1 (set *menthol* 119,8mg).

Daftar Pustaka

Belavendram, N. (1995). *Quality by Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall, London.

Gaspersz, Vincent. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Hartini, Sri., Saptadi, Singgih., Kadarina, Nurlaila., Rizkya, Indah. (2009). Analisis Pemborosan Perusahaan Mebel Dengan Pendekatan *Lean Manufacturing* (Studi Kasus Pt "X" Indonesia). Semarang: Universitas Diponegoro.

Hines, Peter., dan Taylor, David. (2000). *Going Lean. Cardiff Business School: Lean Enterprise Research Centre*.

Rawabdeh, I. (2005). *A Model for the Assesment of Waste in Job Shop Environments*. Jordan: *University of Jordan*.

Soejanto, Irwan. (2007). *Rekayasa Kualitas : Eksperimen dengan Teknik Taguchi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.

Lampiran 1. Penjelasan Keterkaitan antar *Waste*

Overproduction

- O_I Over-production consumes and needs large amounts of raw material causing stocking of raw material and producing more work-in-process that consume floor space, and are considered as a temporary form of inventory that has no customer (process) that may order it.
- O_D When operators are producing more, their concern about the quality of the parts produced will decrease, because of the sense that there exists enough material to substitute the defects.
- O_M Overproduction leads to non-ergonomic behavior, which leads to non-standardized working method with a considerable amount of motion losses.
- O_T Over-production leads to higher transportation effort to follow the overflow of materials.
- O_W When producing more, the resources will be reserved for longer times, thus other customer will be waiting and larger queues begin to form Inventory
- I_O The higher level of raw materials in stores can push workers to work more, so as to increase the profitability of the company.
- I_D Increasing inventory (RM, WIP, and FG) will increase the probability of become defected due to lack of concern and unsuitable storing conditions.
- I_M Increasing inventory will increase the time for searching, selecting, grasping, reaching, moving, and handling.
- I_T Increasing inventory sometimes block the available aisles, making a production activity more transportation time-consuming.

Defects

- D_O Over-production behavior appears in order to overcome the lack of parts due to defects.
- D_I Producing defective parts that need to be reworked means that increased levels of WIP exist in the form of inventory.
- D_M Producing defects increases the time of searching, selection, and inspection of parts, not to mention that reworks are created which need higher training skills.
- D_T Moving the defective parts to rework station will increase transportation intensity (back streams) i.e. wasteful transportation activities.
- D_W Reworks will reserve workstations so that new parts will be waiting to be processed

Motion

- M_I Non-standardized work methods lead to high amounts of work in process.
- M_D Lack of training and standardization means the percentage of defects will increase.
- M_P When jobs are non-standardized, process waste will increase due to the lack of understanding the available technology capacity.
- M_W When standards are not set, time will be consumed in searching, grasping, moving, assembling, which result in an increase in part waiting parts.

Transportation

- T_O Items are produced more than needed based on the capacity of the handling system so as to minimize transporting cost per unit.
- T_I Insufficient number of material handling equipment (MHE) leads to more inventory that can affect other processes.
- T_D MHE plays a considerable role in transportation waste. Non-suitable MHE can sometimes damage items that end being defects.
- T_M When items are transported anywhere this means a higher probability of motion waste presented by double handling and searching.
- T_W If MHE is insufficient, this means that items will remain idle, waiting to be transported

Process

- P_O In order to reduce the cost of an operation per machine time, machines are pushed to operate full time shift, which finally results in overproduction.
- P_I Combining operations in one cell will result directly to decrease WIP amounts because of eliminating buffers.
- P_D If the machines are not properly maintained defects will be produced.
- P_M New technologies of processes that lack training create the human motion waste.
- P_W When the technology used is unsuitable, setup times and repetitive downtimes will lead to higher waiting times.

Waiting

- W_O When a machine is waiting because its supplier is serving another customer, this machine may sometimes be forced to produce more, just to keep it running.
- W_I Waiting means more items than needed at a certain point, whether they are RM, WIP, or FG.
- W_D Waiting items may cause defects due to unsuitable conditions.

Sumber: Rawabdeh (2005)