

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Profil Perusahaan

#### 4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Essentra adalah salah satu perusahaan yang berkembang pada bidang produksi filter rokok dan *tear tape* yang berada di kawasan SIER, Sidoarjo. PT. Essentra didirikan di Indonesia pada tanggal 28 Juli 1976 berdasarkan Surat Persetujuan Presiden No. B-38/Pres/4/73 tertanggal 28 April 1973, merupakan salah satu pabrik filter milik Essentra Internasional yang mulai memproduksi secara komersial pada bulan April 1987. Pada awalnya PT. Essentra didirikan sebagai *joint venture* antara Cigarette Components, New York (cabang dari Bunzl plc) dan perusahaan dagang lokal. *Joint venture* ini dioperasikan oleh 15 tenaga yang berlokasi disebuah area gudang di Medan, Sumatera Utara.

Pada tahun 1987, operasi pabrik dipindahkan di kota Sidoarjo, tepatnya berlokasi di kawasan SIER, Rungkut Industri, Sidoarjo, Jawa Timur. Sidoarjo dipilih dengan pertimbangan dukungan infrastruktur di bidang industri, letaknya dekat dengan *customer* setempat dan statusnya sebagai pelabuhan internasional. Luas lahan PT. Essentra sebesar 17.256 m<sup>2</sup>.

PT. Essentra berkomitmen untuk menerapkan kebijakan tanggung jawab sosial, memberikan semua pelanggan produk yang berkualitas dengan biaya yang kompetitif dan tepat waktu serta ikut melestarikan lingkungan melalui pengendalian dampak dari produk-produk, aktivitas-aktivitas dan pelayanan-pelayanan terhadap lingkungan hidup. Keselamatan, kesehatan dan lingkungan kerja merupakan aspek utama yang selalu diperhatikan dan secara berkesinambungan dilakukan perbaikan dalam setiap pelaksanaan kegiatan usaha PT. Essentra. Terwujudnya sistem keselamatan, kesehatan dan lingkungan kerja menjadi tanggung jawab seluruh karyawan pada semua tingkatan manajemen dan setiap orang yang terlibat dalam kegiatan usaha PT. Essentra melalui penerapan sistem manajemen keselamatan, kesehatan dan lingkungan kerja yang menjadi sarana pengendalian resiko, perlindungan lingkungan dan pengelolaan kegiatan.

Melalui pemberdayaan keterampilan karyawan Indonesia yang dipadukan dengan Sumber Daya Alam (SDA) Indonesia yang sangat potensial serta tenaga ahli, Essentra Internasional menjadikan PT. Essentra sebagai perusahaan yang berpotensi prima,

sehingga menjadi salah satu perusahaan terkemuka di Indonesia dan sebagai anggota penting dalam keluarga besar Essentra Internasional.

#### 4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Dengan berpedoman pada nilai-nilai perusahaan, PT. Essentra merumuskan visi dan misi bersama yang akan menjadi arah dalam pengembangan perusahaan.

Visi:

1. Berusaha keras memuaskan pelanggan dan meningkatkan kepercayaan pemasok.
2. Selalu bekerja sama mengembangkan usaha untuk kepentingan bersama.

Misi:

1. Essentra fokus pada pengembangan produk-produk inovatif dan bernilai tambah.
2. Essentra memberikan kualitas dan pelayanan kelas dunia.
3. Essentra terus-menerus membina hubungan yang kuat dengan seluruh pelanggan, rekanan dan pemasok.
4. Essentra terus-menerus melakukan penghematan terhadap biaya produksi.
5. Essentra terus-menerus membina lingkungan kerja yang kooperatif, dimana komitmen, keterlibatan dan kontribusi karyawan dihargai.
6. Dan berkembang secara menguntungkan.

Untuk menunjang dari keberhasilan visi dan misi yang dijalankan, sangat dibutuhkan peran dari seluruh bagian yang ada pada PT. Essentra.

#### 4.1.3 Produk Perusahaan

PT.Essentra merupakan perusahaan yang memproduksi filter rokok. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis filter rokok. Masing-masing jenis produk terbagi menjadi berbagai macam sub jenis berdasarkan spesifikasi yang diinginkan oleh pelanggan. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan, jenis produk yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4.1, sedangkan contoh produk ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Produk PT.Essentra

No.	Jenis Produk	No.	Jenis Produk	No.	Jenis Produk
1	Dual Reg	10	Dual SS	19	Mono SS
2	Triple Shape	11	Cavitec Reg	20	CPS/CPS SS
3	Dual Shape	12	Cavitec SS	21	<i>Menthol</i> SS
4	Dual Paper	13	Recess	22	RYO Loose
5	Dual POP	14	Mono Reg	23	RYO
6	Dual Finecut	15	CPA/CPS Reg	24	ROA
7	Dual TRS	16	<i>Menthol</i> Reg	25	SMC
8	Dual TSP	17	Mono Slim		
9	Dual Slim	18	<i>Menthol</i> Slim		

Sumber: PT.Essentra



Gambar 4.1 Produk filter yang di produksi PT.Essentra

#### 4.1.4 Proses Produksi Filter ACM502205

Tahapan produksi yang dilakukan dalam proses pembuatan filter AMC502205, yaitu:

##### 1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini operator akan memasukkan bahan baku pendukung langsung pada mesin dan melakukan *setting* mesin untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan spesifikasi *order*. Setelah mesin mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi maka mesin siap untuk dijalankan oleh operator.

##### 2. Tahap Proses

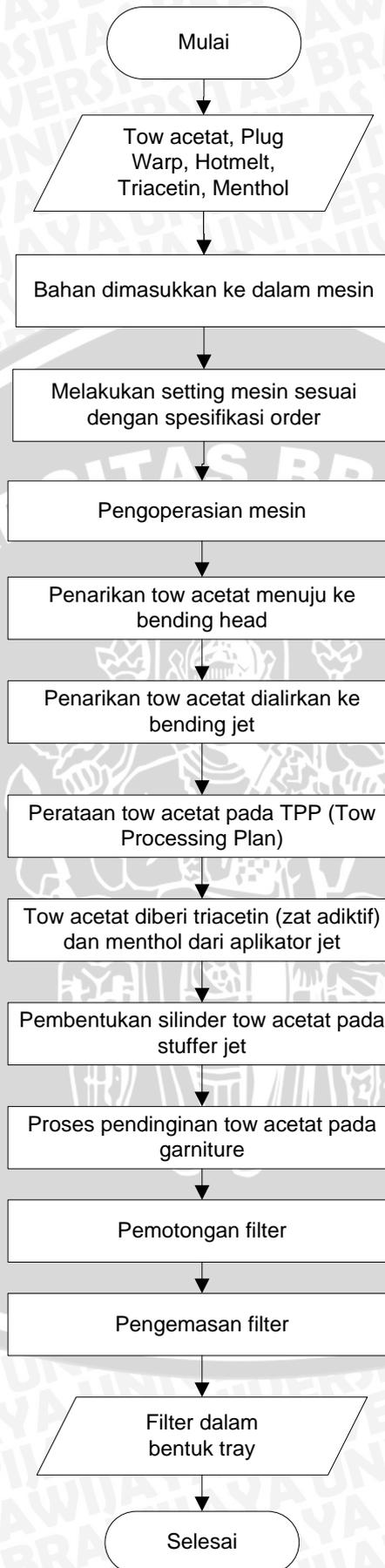
Setelah bahan baku telah dipasang dengan mesin maka operator akan siap menjalankan mesin. Proses awal yang dilakukan adalah menarik *tow acetat* yang terdapat didalam box untuk dialirkan menuju ke *bending head*, pada *bending head* ini filamen-filamen penyusun *tow* akan dipisahkan terlebih dulu. Setelah itu *tow*

acetat akan dialirkan ke *bending jet*, disini filter akan ditarik ke samping dengan menggunakan rol untuk mendapatkan hasil yang optimal pada saat proses pengabutan. Setelah diproses pada *bending jet*, *tow acetat* akan diratakan lagi pada TPP (*Tow Processing Plan*) yang kemudian akan ditarik ke samping dengan *bending jet* lagi dan kemudian akan masuk ke dalam aplikator jet. Disini *tow acetat* yang sudah diproses akan ditaburkan zat aditif (triacetin). Zat ini yang nantinya akan membuat *tow acetat* menjadi keras. Setelah masuk ke dalam *applicator jet* di alirkan menuju *stuffer jet* melalui *delivery roll*. *Stuffer jet* sebagai tempat menyatukan *tow acetat* (yang tadinya berbentuk lembaran berubah menjadi silinder). *Tow acetat* akan dialirkan menuju ke *garniture*, disini *tow acetat* akan mengalami proses pendinginan. Proses pendinginan ini dilakukan untuk mengeringkan lem. Kemudian filter akan dipotong-potong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.

Setelah dipotong-potong filter akan dibawa menuju ke tempat pengepakan dengan conveyor. Filter dikemas dalam bentuk *tray*, yang mana dalam satu *tray* berisi kurang lebih 5.000 batang filter rokok. Filter yang dikemas dalam *tray* akan diletakkan operator pada pallet, dimana dalam satu palet terdapat 40 *tray* dan kemudian akan dikirim ke *storage*.

### 3. Tahap *Packaging*:

Pada tahap ini proses pengepakan dengan menggunakan mesin KM52 dilakukan secara otomatis. Operator hanya mengangkat *tray* yang telah terisi filter ACM502205 pada meja untuk diberi penutup *tray* dan ditempel sticker (sebagai tanda jenis produk dan nomor *order*) kemudian *tray* akan diletakkan pada palet. Diagram alir proses produksi filter ACM502205 disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram alir proses pembuatan filter ACM502205

## 4.2 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.

### 4.2.1 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 menghitung kekuatan dari *waste relationship* dikembangkan suatu pengukuran dengan kuesioner yang memiliki 31 hubungan jenis *waste i* mempengaruhi jenis *waste j* ( $i_j$ ). Untuk masing-masing hubungan, kemudian ditanyakan enam pertanyaan dengan panduan skoring yang dapat dilihat pada Tabel 2.2. Penjelasan keterkaitan antar *waste*, dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pembobotan (*score*) dihitung dalam tabulasi dengan contoh pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Contoh Tabulasi Perhitungan Keterkaitan antar *Waste*

Question Relationship	Jawaban Pertanyaan						Score	Score (Pembulatan)
	1	2	3	4	5	6		
O_I	4	2	4	0	2,3	3,33	15,67	16
O_D	2	0,67	2	0,67	1,67	3,33	10,33	10

Rekap hasil kuesioner dan *score* dapat dilihat pada Lampiran 2. *Score* pada Lampiran 2 kemudian dikonversi ke dalam simbol dengan mengacu pada Tabel 2.3. Sehingga didapat hasil konversi seperti pada Tabel 4.3 yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan *Waste relationship matrix*.

Tabel 4.3 Tabulasi Keterkaitan Antar *Waste* Filter ACM502205

No	Question relationship	SKOR	Keterkaitan
1	O_I	16	E
2	O_D	10	I
3	O_M	11	I
4	O_T	14	E
5	O_W	11	I
6	I_O	14	E

Tabel 4.3 Tabulasi Keterkaitan Antar *Waste Filter ACM502205* (Lanjutan)

No	Question relationship	SKOR	Keterkaitan
7	I_D	11	I
8	I_M	14	E
9	I_T	14	E
10	D_O	11	I
11	D_I	10	I
12	D_M	12	I
13	D_T	13	E
14	D_W	14	E
15	M_I	8	O
16	M_D	7	O
17	M_W	7	O
18	M_P	11	I
19	T_O	8	O
20	T_I	8	O
21	T_D	7	O
22	T_M	12	I
23	T_W	8	O
24	P_O	8	O
25	P_I	5	O
26	P_D	14	E
27	P_M	11	I
28	P_W	11	I
29	W_O	5	O
30	W_I	8	O
31	W_D	10	I

#### 4.2.2 *Waste Relationship Matrix (WRM)*

Berdasarkan perhitungan hasil keterkaitan *waste* pada Tabel 4.3, maka dapat dibuat *waste relationship matrix* proses produksi filter ACM502205 seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *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 akan dikonversikan ke dalam bentuk persentase. *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. *Waste matrix value* filter ACM502205 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Waste Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	SKOR	%
O	10	8	6	6	8	0	6	44	17,60%
I	8	10	6	8	8	0	0	40	16,00%
D	6	6	10	6	8	0	8	44	17,60%
M	0	4	4	10	0	6	4	28	11,20%
T	4	4	4	6	10	0	4	32	12,80%
P	4	4	8	6	0	10	6	38	15,20%
W	4	4	6	0	0	0	10	24	9,60%
SKOR	36	40	44	42	34	16	38	250	100%
%	14,40%	16,00%	17,60%	16,80%	13,60%	6,40%	15,20%	100%	

#### 4.2.3 *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)*

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”.
- 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 beberapa 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 4.6 merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan. Daftar pertanyaan kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.6 Pengelompokan 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*. Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Sebagai contoh: Untuk jenis pertanyaan *To Motion* dapat diisi dengan nilai pada kolom M yang *vertical* di Tabel 4.5. Sedangkan untuk jenis pertanyaan *From Motion*, dapat diisi dengan nilai kolom M yang *horizontal* pada Tabel 4.5.

Tabel 4.7 Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1	Man	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
8	Material	To Waiting	6	0	8	4	4	6	10
9		From Waiting	4	4	6	0	0	0	10
10		From Transportation	4	4	4	6	10	0	4
11		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0
12		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0
13		From Defects	6	6	10	6	8	0	8
14		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0
15		From Waiting	4	4	6	0	0	0	10
16		To Defects	6	6	10	4	4	8	6

Tabel 4.7 Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM (Lanjutan)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste							
			O	I	D	M	T	P	W	
17		From Defects	6	6	10	6	8	0	8	
18		From Transportation	4	4	4	6	10	0	4	
19		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
20	Material	From Waiting	4	4	6	0	0	0	10	
21		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
22		From Transportation	4	4	4	6	10	0	4	
23		From Defects	6	6	10	6	8	0	8	
24		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
25		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0	
26		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0	
27		To Waiting	6	0	8	4	4	6	10	
28		From Defects	6	6	10	6	8	0	8	
29		From Waiting	4	4	6	0	0	0	10	
30		From Overproduction	10	8	6	6	8	0	6	
31		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
32		Machine	From Process	4	4	8	6	0	10	6
33			To Waiting	6	0	8	4	4	6	10
34			From Process	4	4	8	6	0	10	6
35	From Transportation		4	4	4	6	10	0	4	
36	To Motion		6	8	6	10	6	6	0	
37	From Overproduction		10	8	6	6	8	0	6	
38	From Waiting		4	4	6	0	0	0	10	
39	From Waiting		4	4	6	0	0	0	10	
40	To Defects		6	6	10	4	4	8	6	
41	From Waiting		4	4	6	0	0	0	10	
42	To Motion		6	8	6	10	6	6	0	
43	From Process		4	4	8	6	0	10	6	
44	Method		To Transportation	8	8	8	0	10	0	0
45			From Motion	0	4	4	10	0	6	4
46			From Waiting	4	4	6	0	0	0	10
47		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
48		To Waiting	6	0	8	4	4	6	10	
49		To Defects	6	6	10	4	4	8	6	
50		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
51		From Defects	6	6	10	6	8	0	8	
52		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
53		To Waiting	6	0	8	4	4	6	10	
54		From Process	4	4	8	6	0	10	6	
55		From Process	4	4	8	6	0	10	6	
56		To Defects	6	6	10	4	4	8	6	
57		From Inventory	8	10	6	8	8	0	0	
58		To Transportation	8	8	8	0	10	0	0	
59		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
60		To Transportation	8	8	8	0	10	0	0	
61		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
62		To Motion	6	8	6	10	6	6	0	
63		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
64		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
65		From Motion	0	4	4	10	0	6	4	
66		From Overproduction	10	8	6	6	8	0	6	
67		From Process	4	4	8	6	0	10	6	
68		From Defects	6	6	10	6	8	0	8	
<b>Total Skor</b>			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 4.7 dengan jenis pertanyaan *To Motion*.

Dari Tabel 4.6 diketahui Ni *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.

Hasil bobot pertanyaan setelah dibagi Ni beserta hasil jumlah skor dan frekuensi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste						
				O	I	D	M	T	P	W
1	Man	To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00
2		From Motion	11	0,00	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	0,00	0,89
4		From Motion	11	0,00	0,36	0,44	1,11	0,00	0,67	0,44
5		From Motion	11	0,00	0,36	0,44	1,11	0,00	0,67	0,44
6		From Defects	8	0,75	0,75	1,11	0,67	0,89	0,00	0,89
7		From Process	7	0,57	0,57	0,89	0,67	0,00	1,11	0,67
8	Material	To Waiting	5	1,20	0,00	0,89	0,44	0,44	0,67	1,11
9		From Waiting	8	0,50	0,50	0,67	0,00	0,00	0,00	1,11
10		From Transportation	4	1,00	1,00	0,44	0,67	1,11	0,00	0,44
11		From Inventory	6	1,33	1,67	0,67	0,89	0,89	0,00	0,00
12		From Inventory	6	1,33	1,67	0,67	0,89	0,89	0,00	0,00
13		From Defects	8	0,75	0,75	1,11	0,67	0,89	0,00	0,89
14		From Inventory	6	1,33	1,67	0,67	0,89	0,89	0,00	0,00
15		From Waiting	8	0,50	0,50	0,67	0,00	0,00	0,00	1,11
16		To Defects	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	2,00	1,50
17		From Defects	8	0,75	0,75	1,25	0,75	1,00	0,00	1,00
18		From Transportation	4	1,00	1,00	1,00	1,50	2,50	0,00	1,00
19		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00
20		From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25
21		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
22		From Transportation	4	1,00	1,00	1,00	1,50	2,50	0,00	1,00
23		From Defects	8	0,75	0,75	1,25	0,75	1,00	0,00	1,00
24		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
25		From Inventory	6	1,33	1,67	1,00	1,33	1,33	0,00	0,00
26		From Inventory	6	1,33	1,67	1,00	1,33	1,33	0,00	0,00
27		To Waiting	5	1,20	0,00	1,60	0,80	0,80	1,20	2,00
28		From Defects	8	0,75	0,75	1,25	0,75	1,00	0,00	1,00
29		From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25
30		From Overproduction	3	3,33	2,67	2,00	2,00	2,67	0,00	2,00
31		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00
32	Machine	From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86
33		To Waiting	5	1,20	0,00	1,60	0,80	0,80	1,20	2,00
34		From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86
35		From Transportation	4	1,00	1,00	1,00	1,50	2,50	0,00	1,00
36		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00
37		From Overproduction	3	3,33	2,67	2,00	2,00	2,67	0,00	2,00
38		From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25

Tabel 4.8 Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) &amp; Frekuensi (Fj) (Lanjutan)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Ni	Bobot Awal untuk Tiap Jenis Waste							
				O	I	D	M	T	P	W	
39	Machine	From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25	
40		To Defects	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	2,00	1,50	
41		From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25	
42		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00	
43		From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86	
44	Method	To Transportation	3	2,67	2,67	2,67	0,00	3,33	0,00	0,00	
45		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
46		From Waiting	8	0,50	0,50	0,75	0,00	0,00	0,00	1,25	
47		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00	
48		To Waiting	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
49		To Defects	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	2,00	1,50	
50		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
51		From Defects	8	0,75	0,75	1,25	0,75	1,00	0,00	1,00	
52		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
53		To Waiting	5	1,20	0,00	1,60	0,80	0,80	1,20	2,00	
54		From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86	
55		From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86	
56		To Defects	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	2,00	1,50	
57		From Inventory	6	1,33	1,67	1,00	1,33	1,33	0,00	0,00	
58		To Transportation	3	2,67	2,67	2,67	0,00	3,33	0,00	0,00	
59		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00	
60		To Transportation	3	2,67	2,67	2,67	0,00	3,33	0,00	0,00	
61		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00	
62		To Motion	9	0,67	0,89	0,67	1,11	0,67	0,67	0,00	
63		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
64		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
65		From Motion	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
66		From Overproduction	3	3,33	2,67	2,00	2,00	2,67	0,00	2,00	
67		From Process	7	0,57	0,57	1,14	0,86	0,00	1,43	0,86	
68		From Defects	8	0,75	0,75	1,25	0,75	1,00	0,00	1,00	
Skor (Sj)				60,80	62,00	71,54	56,84	53,79	34,31	50,00	
Frekuensi (Fj)				56	63	67	56	41	35	49	

- Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (1; 0,5; atau 0) sesuai dengan 2 kategori yang telah dijelaskan sebelumnya ke dalam setiap bobot nilai di tabel, kemudian menghitung nilai rata-rata dan memasukkannya ke dalam kolom rata-rata jawaban, dapat dilihat pada Tabel 4.9.
- Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (fj) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0.

$$s_j = \sum_{k=1}^K X_k \frac{W_{j,k}}{N_i}; \text{ untuk tiap jenis waste } j$$

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*



Tabel 4.9 Perkalian Antara Bobot dengan Hasil Penilaian Kuesioner (Lanjutan)

No	Aspek Pertanyaan	Jenis Pertanyaan (i)	Rata-Rata Jawaban	Bobot untuk Tiap Jenis Waste							
				O	I	D	M	T	P	W	
32	Machine	From Process	0,625	0,36	0,36	0,71	0,54	0,00	0,89	0,54	
33		To Waiting	0,375	0,45	0,00	0,60	0,30	0,30	0,45	0,75	
34		From Process	0,25	0,14	0,14	0,29	0,21	0,00	0,36	0,21	
35		From Transportation	0,125	0,13	0,13	0,13	0,19	0,31	0,00	0,13	
36		To Motion	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
37		From Overproduction	0,75	2,50	2,00	1,50	1,50	2,00	0,00	1,50	
38		From Waiting	0,375	0,19	0,19	0,28	0,00	0,00	0,00	0,47	
39		From Waiting	0,25	0,13	0,13	0,19	0,00	0,00	0,00	0,31	
40		To Defects	0,25	0,38	0,38	0,63	0,25	0,25	0,50	0,38	
41		From Waiting	0,625	0,31	0,31	0,47	0,00	0,00	0,00	0,78	
42		To Motion	0,375	0,25	0,33	0,25	0,42	0,25	0,25	0,00	
43		From Process	0,125	0,07	0,07	0,14	0,11	0,00	0,18	0,11	
44		Method	To Transportation	0,125	0,33	0,33	0,33	0,00	0,42	0,00	0,00
45			From Motion	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	From Waiting		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
47	To Motion		0,625	0,42	0,56	0,42	0,69	0,42	0,42	0,00	
48	To Waiting		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
49	To Defects		0,125	0,19	0,19	0,31	0,13	0,13	0,25	0,19	
50	From Motion		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
51	From Defects		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
52	From Motion		0,25	0,00	0,09	0,09	0,23	0,00	0,14	0,09	
53	To Waiting		0,375	0,45	0,00	0,60	0,30	0,30	0,45	0,75	
54	From Process		0,375	0,21	0,21	0,43	0,32	0,00	0,54	0,32	
55	From Process		0,625	0,36	0,36	0,71	0,54	0,00	0,89	0,54	
56	To Defects		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
57	From Inventory		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
58	To Transportation		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
59	To Motion		0,25	0,17	0,22	0,17	0,28	0,17	0,17	0,00	
60	To Transportation		0,125	0,33	0,33	0,33	0,00	0,42	0,00	0,00	
61	To Motion		0,25	0,17	0,22	0,17	0,28	0,17	0,17	0,00	
62	To Motion		0,25	0,17	0,22	0,17	0,28	0,17	0,17	0,00	
63	From Motion		0,125	0,00	0,05	0,05	0,11	0,00	0,07	0,05	
64	From Motion		0,125	0,00	0,05	0,05	0,11	0,00	0,07	0,05	
65	From Motion		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
66	From Overproduction		0,5	1,67	1,33	1,00	1,00	1,33	0,00	1,00	
67	From Process		0,375	0,21	0,21	0,43	0,32	0,00	0,54	0,32	
68	From Defects		0,125	0,09	0,09	0,16	0,09	0,13	0,00	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 (Yj).

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

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 mempresentasikan bentuk *final waste factor* yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat *level* dari masing-masing *waste*.

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

Untuk *waste* O:

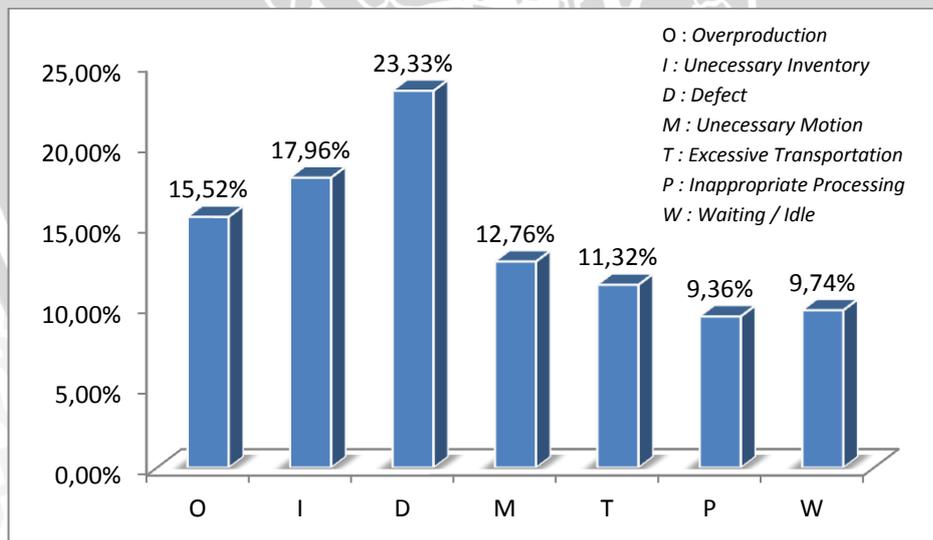
$$Y_{O\text{final}} = Y_O \times P_O = \frac{S_O}{S_O} \times \frac{f_O}{F_O} \times P_O = \frac{60,80}{20,32} \times \frac{56}{48} \times 253,44 = 884,83$$

Untuk *waste* lainnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti di atas. Hasil perhitungan akhir *waste assessment* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

	O	I	D	M	T	P	W
<b>Skor (Yj)</b>	3,49	4,00	4,29	3,87	3,71	5,49	3,81
<b>Pj Faktor</b>	253,44	256,00	309,76	188,16	174,08	97,28	145,92
<b>Hasil Akhir (Yj Final)</b>	884,83	1023,65	1330,03	727,25	645,02	533,65	555,32
<b>Hasil Akhir (%)</b>	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 4.10, maka pada Gambar 4.9 dapat dilihat peringkat *waste* dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Peringkat Hasil Perhitungan *Waste*

Dari Gambar 4.3 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.

### 4.3 Analisa 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. Diagram sebab-akibat hasil diskusi dengan pihak perusahaan dapat dilihat pada Lampiran 5. 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.

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).

### 4.4 Tahap Perencanaan Eksperimen

#### 4.4.1 Pengujian *Hardness* Filter ACM502205 Kondisi Awal

Data *hardness* filter ACM502205 kondisi aktual didapat dari hasil pengujian persentase *hardness* sesuai dengan *setting* level perusahaan, yaitu: Circum (16,8mm), PD (440mm), Roundness (94%), PZ (8%), *Filter* (0,429), dan *Menthol* (21mg).

Data ini berguna untuk mengetahui karakteristik kualitas dari *hardness* hasil produksi perusahaan pada kondisi yang sebenarnya saat ini. Data hasil pengujian merupakan data historis yang didapatkan dari perusahaan.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian *Hardness* Filter Acm502205 kondisi Awal

No	% <i>Hardness</i>	No	% <i>Hardness</i>
1	81,2	11	82,5
2	78,1	12	80,1
3	81,7	13	81,2
4	79,9	14	76,0
5	80,8	15	80,2
6	79,7	16	80,1
7	79,1	17	78,9
8	81,1	18	80,2
9	79,1	19	81,1
10	79,2	20	81,6

Data kondisi aktual saat ini akan dibandingkan dengan hasil eksperimen konfirmasi. Berikut adalah perhitungan rata-rata dan variansi kondisi aktual. Rumus perhitungan nilai rata-rata:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Dengan,

$\mu$ =nilai rata-rata

$y_i$ =nilai sampel ke-i

$n$ =jumlah sampel

Perhitungan nilai rata-rata sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{20} (81,2 + 78,1 + 81,7 + \dots + 81,6) = \frac{1601,8}{20} = 80,09$$

Rumus perhitungan variansi (untuk data sampel):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Dengan,

$\sigma^2$ = variansi

$\mu$ = nilai rata-rata

$y_i$ = nilai sampel ke-i

$n$ = jumlah sampel

Karena jumlah sampel kurang dari 30, maka rumus perhitungan nilai variansi menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{20 - 1} (81,2 - 80,09)^2 + (78,1 - 80,09)^2 + \dots + (81,6 - 80,09)^2 = \frac{40,758}{19} \\ &= 2,145\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian *hardness* filter ACM502205 pada kondisi aktual diperoleh nilai rata-rata *hardness* sebesar 80,09%. Hal ini memperkuat permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, dimana filter ACM502205 belum mampu mencapai *hardness* yang sesuai dengan standard yang diharapkan perusahaan.

#### 4.4.2 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.

#### 4.4.3 Identifikasi dan Penetapan 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. Berdasarkan hasil wawancara dan studi lapangan yang dilakukan, didapatkan bahwa penyebab persentase *hardness* belum mampu mencapai nilai optimal yang diharapkan adalah *setting* mesin, tidak adanya penerapan *curing time* pada filter, dan perhitungan komposisi bahan yang kurang tepat. Sehingga dapat ditetapkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Oven
2. Set *Circumference*
3. Set *Roundness*
4. Set PZ
5. Set PD
6. Set *Weight*

## 7. Set Menthol

### 4.4.4 Penetapan Level Faktor Berpengaruh

Ekperimen yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dua *setting level* faktor. *Setting level* untuk faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Oven

Penentuan lamanya waktu oven dan besarnya temperatur mengacu pada standard yang sudah ada di perusahaan. Sehingga waktu oven yang dapat digunakan adalah 4 menit dengan suhu 110°C. Waktu oven tersebut identik dengan *curing time* selama 24 jam. Penelitian ini akan dilakukan dengan dua perlakuan, yang pertama tanpa oven dan yang kedua dengan oven selama 4 menit dengan suhu 110°C. *Setting* waktu oven 4 menit pada penelitian ini diperkirakan cukup untuk menjelaskan faktor *curing time* terhadap pengerasan filter ACM502205.

#### 2. Set Circumference

*Circumference* atau keliling filter yang pada umumnya digunakan oleh perusahaan adalah 16,73-16,87mm. Sedangkan dalam penelitian ini *circumference* yang akan digunakan adalah 16,8 dan 16,85. Pemilihan *circumference* 16,85 disesuaikan dengan hasil wawancara dengan pihak perusahaan yang mengatakan bahwa *circumference* yang lebih besar kemungkinan dapat meningkatkan *hardness*.

#### 3. Set Roundness

Set *roundness* filter yang pada umumnya digunakan oleh perusahaan berkisar antara 94%-100%. Sedangkan dalam penelitian ini *roundness* yang akan digunakan adalah 94% dan 95%. Dasar pemilihan *setting level* ini didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

#### 4. Set PZ

PZ (*plasticize/triacetine*) digunakan agar *tow/filter* bisa menjadi lebih keras. Set PZ yang pada umumnya digunakan oleh perusahaan adalah 6%-10%. Sedangkan dalam penelitian ini PZ yang akan digunakan sebesar 8% dan 9%. PZ 8% merupakan *setting level* pada kondisi aktual. Dasar pemilihan *setting level* ini didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

#### 5. Set PD

Filter yang memiliki PD tinggi akan menghasilkan reduksi tar dan nikotin yang tinggi, sehingga tembakau pada rokok akan terasa hambar. Sedangkan PD yang

terlalu rendah akan mengakibatkan rokok terasa pekat karena rendahnya reduksi tar dan nikotin yang dapat dilakukan oleh filter. Set PD yang pada umumnya digunakan berkisar antara 427 – 453 mmWG (*milimeter water gauge*). *Setting* PD yang digunakan oleh perusahaan adalah 440mmwg. Pada penelitian ini *setting* PD yang akan digunakan adalah 440 dan 445mmwg. Dasar pemilihan *setting level* ini didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

#### 6. Set Filter

*Filter* atau berat filter jadi pada umumnya berkisar antara 0,416-0,442gr. *Setting* normal yang biasa digunakan oleh perusahaan adalah 0,416gr. Sedangkan dalam penelitian ini *setting* berat filter yang akan digunakan adalah 0,416 gr dan 0,429 gr. Dasar pemilihan *setting level* ini didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

#### 7. Set Menthol

Filter ACM502205 merupakan filter dengan *flavor menthol*. *Menthol* yang diberikan pada filter ini didapatkan langsung dari customer. Yang membedakan filter ini dari filter lainnya adalah kandungan *menthol* yang ada di dalamnya. *Menthol* yang terkandung di dalam filter cenderung membuat *hardness* filter menjadi rendah. Sehingga perlu dicari komposisi *menthol* yang optimal untuk mendapatkan *hardness* yang sesuai standard. Dalam penelitian ini *setting menthol* yang akan digunakan adalah 119,8mm dan 120mm. Dasar pemilihan *setting level* ini didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan.

Penugasan level faktor untuk eksperimen Taguchi dalam penelitian ini dijelaskan pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Penugasan Level Faktor Berpengaruh

No	Faktor Kontrol	Level	
		1	2
1	Oven	Tanpa Oven	Oven (4 menit dengan suhu 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 <i>Filter</i>	0,416 gr	0,429 gr
7	Set <i>Menthol</i>	119,8mm	120mm

#### 4.4.5 Penetapan *Orthogonal Array* dan Jumlah Spesimen

Dalam eksperimen 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.

Tabel 4.13 *Orthogonal Array*  $L_8(2^7)$

Trial	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Jumlah eksperimen yang harus dijalankan sesuai *orthogonal array*  $L_8(2^7)$  adalah 8 kali eksperimen. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam eksperimen 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.

### 4.5 Tahap Pelaksanaan Ekperimen

#### 4.5.1 Pembuatan Spesimen Uji *Hardness* Filter ACM502205

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

Berikut adalah langkah-langkah dalam membuat filter ACM502205.

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini operator akan memasangkan bahan baku pada mesin dan melakukan *setting* mesin sesuai dengan *setting level* eksperimen Taguchi dan *orthogonal array* yang telah ditetapkan.

2. Tahap proses

- a. Pertama *tow* ditarik melalui *banding head* yang didalamnya ada *air pressure* yang berfungsi untuk menyebarkan/mengurai *filament tow*.
- b. *Tow* melalui *first banding jet*.
- c. *Tow* di *press* di *pre tension roll* yang terdiri dari *steel roll* pada bagian atas dan *rubber roll* pada bagian bawah.
- d. *Tow* kemudian di *press* lagi pada 2 buah *roll*, yaitu *feed roll* dan *ratio roll*.
- e. *Tow* melewati *second banding jet* yang berfungsi untuk membantu penyebaran *filament tow* pada saat relaksasi.
- f. *Tow* masuk ke area PZ (*plasticizer/triacetine*) dalam *PZ applicator*.
- g. *Tow* menuju *delivery roll* yang berfungsi untuk mengarahkan *tow* menuju *stuffer jet/transport jet* dan menstabilkan jalannya *tow* menuju *stuffer jet*.
- h. *Tow* masuk ke dalam *transport jet*.
- i. *Tow* masuk ke *compression shoe garniture unit* dan dipertemukan dengan kertas pembungkus filter (*plugwarp/PW*) yang telah diberi lem.
- j. Setelah melewati proses pengeleman PW dibawa menuju *compression shoe*.
- k. Di *compression shoe* dilakukan proses pembungkusan *tow* oleh PW.
- l. *Tow* yang telah terbungkus kemudian menuju *cheek plate* untuk proses pembentukan filter rod.
- m. Filter kemudian dibawa oleh *garniture belt* melewati *pre heater* untuk proses pengeringan PVA lap.
- n. Filter melewati permukaan *cooler bar* untuk proses pengeringan *hotmelt*.
- o. Filter dibawa menuju *cutting unit* untuk proses pemotongan filter sesuai panjang filter yang telah ditentukan.
- p. Filter yang telah terpotong kemudian melewati *V-way* untuk menyangga filter menuju *accelerator* yang berfungsi untuk mentransfer filter ke *delivery drum*.

3. Tahap *curing time*

Tahap ini dilakukan untuk filter dengan level faktor yang menggunakan oven. Oven disetting dengan temperatur 110°C dengan lama pemanasan selama 4 menit. Selanjutnya filter ACM502205 siap digunakan untuk pengujian *hardness* dengan menggunakan mesin QTM yang ada di departemen *quality control* di PT. Essentra.

#### 4.5.2 Pengujian *Hardness* Filter ACM502205 Ekperimen Taguchi

Pengujian *hardness* dilakukan di departemen *quality control* di PT. Essentra pada tanggal 21 Mei 2014. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin QTM. Data hasil pengujian *hardness* filter ACM502205 dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Hasil Uji *Hardness* Filter ACM502205 Eksperimen Taguchi

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

#### 4.6 Tahap Analisis Hasil Ekperimen

##### 4.6.1 Pengolahan Data Hasil Ekperimen

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

##### 4.6.1.1 Perhitungan Rata-rata dan SNR Ekperimen Taguchi

Nilai rata-rata ekperimen Taguchi digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata, sedangkan SNR untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Berikut ini adalah perhitungan nilai rata-rata dan SNR hasil ekperimen Taguchi.

1. Perhitungan nilai rata-rata ekperimen Taguchi

Rumus perhitungan nilai rata-rata sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Dengan,

$\mu$  = nilai rata-rata eksperimen Taguchi

$y_i$  = nilai sampel ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

Misal perhitungan nilai rata-rata untuk eksperimen 1, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{2} (81,7 + 81,3) = 81,5$$

Untuk eksperimen 2 sampai dengan 8 dilakukan langkah perhitungan yang sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan rata-rata eksperimen Taguchi dapat dilihat pada Tabel 4.12.

## 2. Perhitungan nilai *signal to noise ratio* (SNR) eksperimen Taguchi

Karakteristik kualitas dalam penelitian ini adalah *hardness* (%) filter ACM502205, dimana semakin mendekati nilai *hardness* yang tepat semakin baik, sehingga jenis karakteristik kualitas yang digunakan adalah *nominal is the best*. Rumus SNR *nominal is the best* adalah sebagai berikut:

$$\eta = 10 \log_{10} \left( \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Dengan,

$\mu$  = nilai rata-rata

$y_i$  = nilai sampel ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

$\sigma^2$  = deviasi dari tiap *run*

Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen 1, sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} ((81,7 - 81,5) + (81,3 - 81,5)^2) = 0,04$$

$$\eta = 10 \log_{10} \left( \frac{81,5^2}{0,04} \right) = 52,203$$

Hasil eksperimen 2 sampai 8 dapat dihitung dengan menggunakan langkah perhitungan yang sama dengan langkah perhitungan di atas. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Perhitungan Nilai Rata-Rata dan SNR Eksperimen Taguchi

Eksp	Faktor Kontrol							R1 (%)	R2 (%)	Rata-rata	Std Dev	SNR
	A	B	C	D	E	F	G					
1	1	1	1	1	1	1	1	81,7	81,3	81,5	0,04	52,203
2	1	1	1	2	2	2	2	82,9	82,4	82,65	0,0625	50,386
3	1	2	2	1	1	2	2	83,3	82,8	83,05	0,0625	50,428
4	1	2	2	2	2	1	1	85,8	86,2	86	0,04	52,669
5	2	1	2	1	2	1	2	86,4	86,2	86,3	0,01	58,720
6	2	1	2	2	1	2	1	87,7	87,9	87,8	0,01	58,870
7	2	2	1	1	2	2	1	88	87,8	87,9	0,01	58,880
8	2	2	1	2	1	1	2	88,3	88,1	88,2	0,01	58,909

Nilai rata-rata dan SNR eksperimen Taguchi di atas kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (*mean*) dan *analysis of variance* nilai SNR (*signal to noise ratio*) eksperimen Taguchi, tujuannya adalah untuk pertimbangan dalam pemilihan *setting level* optimal, yaitu kondisi dengan nilai target yang tinggi dan variansi yang rendah.

#### 4.6.1.2 Perhitungan ANOVA Nilai Rata-rata Ekperimen Taguchi

*Analysis of variance* nilai rata-rata untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon, analisis ini digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi untuk nilai rata-rata sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata seluruh eksperimen

Nilai rata-rata seluruh eksperimen adalah rata-rata dari semua data eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

Contoh perhitungan nilai rata-rata eksperimen 1 sebagai berikut:

$$\bar{y} = \frac{(81,7 + 81,3)}{2} = 81,5$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor, dan membuat tabel respon.

Perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Dimana,

$\bar{y}_{jk}$  = nilai rata-rata eksperimen faktor j level k

$\bar{y}_{ijk}$  = nilai rata-rata eksperimen ke-i untuk faktor j level k

$n_{ijk}$  = jumlah eksperimen faktor j level k

Contoh perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1 sebagai berikut:

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

$$\bar{y}_{A1} = \frac{(81,5 + 82,65 + 83,05 + 86)}{4} = 83,300$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.13.

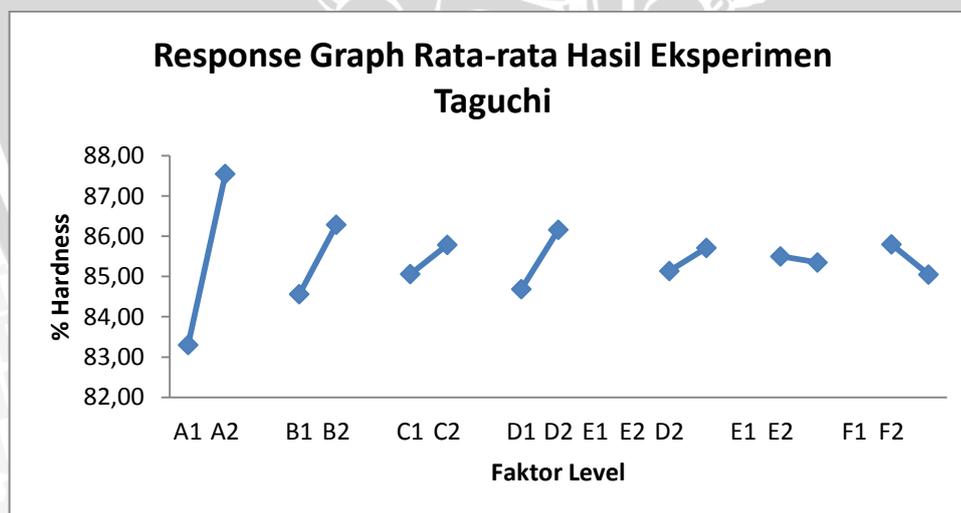
3. Membuat *response table* dan *reponse graph* untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.

*Response table* dibuat dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata repon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai terkecil. Tujuannya adalah untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon, yaitu *hardness* filter ACM502205. Berikut adalah tabel respon untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.

Tabel 4.16 Tabel Respon untuk Nilai Rata-rata Ekperimen Taguchi

	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	83,300	84,563	85,063	84,688	85,138	85,500	85,800
Level 2	87,550	86,288	85,788	86,163	85,713	85,350	85,050
Difference	4,25	1,725	0,725	1,475	0,575	0,150	0,75
Ranking	1	2	5	3	6	7	4

*Response graph* untuk nilai rata-rata digambarkan pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 *Response graph* rata-rata hasil eksperimen Taguchi

Berdasarkan grafik respon pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa faktor A level 2 jika dibandingkan dengan level 1 memiliki rata-rata *hardness* yang lebih mendekati nilai yang diinginkan (87%), faktor B level 2 jika dibandingkan dengan level 1 memiliki nilai rata-rata *hardness* yang lebih mendekati nilai 87%, untuk faktor C, D, dan E level 2 memiliki nilai rata-rata *hardness* yang lebih mendekati

nilai 87% dibandingkan dengan level 1. Sebaliknya, faktor F dan G level 1 memiliki nilai rata-rata *hardness* yang lebih mendekati nilai 87% dibanding level 2.

4. Menghitung nilai *total sum of square*

$$ST = \sum y^2$$

$$ST = (81,7^2 + 81,3^2 + 82,9^2 + \dots + 88,1^2) = 116.858$$

5. Menghitung *sum of squares due to mean*

$$Sm = n\bar{y}^2$$

$$Sm = 16 \times \left( \frac{81,7 + 81,3 + 82,9 + \dots + 88,1}{16} \right)^2$$

$$Sm = 116.758,890$$

6. Menghitung *sum of squares due to factors*

Misal untuk faktor A

$$SS_A = n_{A1} \times \bar{A1}^2 + n_{A2} \times \bar{A2}^2 - Sm$$

$$SS_A = 8 \times 83,30^2 + 8 \times 87,550^2 - 116.758,890 = 72,250$$

Perhitungan nilai *sum of squares due to factors* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

7. Menghitung *sum of squares due to error*

$$Se = ST - Sm - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F - SS_G$$

$$Se = 116.858 - 116.758,89 - 72,25 - 11,9 - 2,103 - 8,703 - 1,32 - 0,09 - 2,25$$

$$Se = 0,36$$

8. Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Misal faktor A:

$$DF_a = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_a = 2 - 1 = 1$$

9. Menghitung *mean sum of squares*

*Mean sum of squares* adalah pembagian antara *sum of squares* dengan derajat bebas. Misal untuk faktor A:

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$M_A = \frac{72,250}{1} = 72,250$$

Perhitungan nilai mean *sum of squares* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

10. Menghitung nilai *F-ratio*

Nilai *F ratio* merupakan pembagian antara *mean sum of squares* dengan *error sum of squares*. Misal untuk faktor A:

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{72,250}{0,061} = 1.179,592$$

Perhitungan nilai *F-ratio* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

11. Menghitung *pure sum of squares*

Misal untuk faktor A:

$$SS'_i = SS_i - (DF_A \times M_e)$$

$$SS'_A = 72,250 - (1 \times 0,061) = 72,189$$

Perhitungan nilai *pure sum of squares* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

12. Menghitung *percent contribution*

Misal untuk faktor A:

$$\rho A = \frac{SS'_A}{SS_t} \times 100\%$$

$$\rho A = \frac{72,189}{99,110} \times 100\%$$

$$\rho A = 72,837\%$$

Perhitungan nilai *percent contribution* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

Hasil perhitungan *analysis of variance* untuk nilai rata-rata (*mean*) eksperimen Taguchi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 ANOVA Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi

Source	SS	Df	M	F-ratio	SS'	$\rho$ %	F-tabel
A	72,250	1	72,250	1179,592	72,189	72,837	5,32
B	11,903	1	11,903	194,327	11,841	11,948	5,32
C	2,103	1	2,103	34,327	2,041	2,060	5,32
D	8,703	1	8,703	142,082	8,641	8,719	5,32
E	1,323	1	1,323	21,592	1,261	1,273	5,32
F	0,090	1	0,090	1,469	0,029	0,029	5,32
G	2,250	1	2,250	36,735	2,189	2,208	5,32
e	0,490	8	0,061	1,000	0,919	0,927	
St	99,110	15	6,607		99,110	100	
Mean	116758,890	1					
ST	116858,000	16					

Berdasarkan Tabel 4.17, diketahui bahwa faktor A, B, C, D, E dan G memiliki pengaruh secara signifikan terhadap *hardness* filter ACM502205. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan antara nilai F-ratio dengan nilai F-tabel ( $F_{0,05,1,8}$ )=5,32, jika nilai F-ratio lebih besar dari nilai F-tabel, maka faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon, yaitu *hardness*(%) filter ACM502205.

### 13. *Pooling up of insignificant factors*

Untuk menghindari estimasi yang berlebihan atau kesalahan, maka direkomendasikan untuk menggunakan hanya separuh dari jumlah derajat kebebasan dari *orthogonal array*. Pada eksperimen ini digunakan *orthogonal array*  $L_8(2^7)$ , maka hanya diambil tiga atau empat faktor berpengaruh utama untuk perkiraan. Karena faktor C, E, F dan G memiliki nilai F-ratio yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan faktor lainnya, maka faktor C, E, F dan G akan *pooling up*. Berikut perhitungan untuk *pooling up* faktor C, E, F, dan G.

$$\begin{aligned} S(\text{Pooled } e) &= SSe + SS_C + SS_E + SS_F + SS_G \\ &= 0,49 + 2,103 + 1,323 + 0,090 + 2,250 = 6,255 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DF(\text{Pooled } e) &= DF_e + DF_C + DF_E + DF_F \\ &= 8 + 1 + 1 + 1 + 1 = 12 \end{aligned}$$

$$M(\text{Pooled } e) = S(\text{Pooled } e) / DF(\text{Pooled } e) = 6,255 / 12 = 0,52125$$

Hasil perhitungan *analysis of variance* nilai rata-rata eksperimen setelah *Pooling up* selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 ANOVA Nilai Rata-rata Eksperimen Taguchi Setelah *Pooling Up*

Source	Pooling	SS	Df	M	F-ratio	SS'	$\rho$ %	F-tabel
A		72,250	1	72,250	138,609	71,729	72,373	5,32
B		11,903	1	11,903	22,835	11,381	11,483	5,32
C	Y	2,103		2,103				
D		8,703	1	8,703	16,695	8,181	8,255	5,32
E	Y	1,323		1,323				
F	Y	0,090		0,090				
G	Y	2,250		2,250				
Pooled e		6,255	12	0,521	1	7,819	7,889	
St		99,110	15	6,607		99,110	100	
Mean		116758,890	1					
ST		116858,000	16					

Berdasarkan hasil *analysis of variance* untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan dalam meminimalkan penyimpangan terhadap rata-rata hasil

eksperimen ( $f \text{ ratio} > f \text{ tabel}$ ), atau bisa dikatakan faktor-faktor yang mampu memberikan kontribusi paling besar dalam meningkatkan nilai rata-rata eksperimen yaitu *hardness* filter ACM502205 adalah faktor A, B, dan D.

Perhitungan besar persen kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi error adalah sebesar 7,889%, maksudnya bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi nilai rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen. Dalam eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya  $\leq 50\%$ , dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen telah dilibatkan. Dengan persen kontribusi  $\leq 50\%$ , hasil eksperimen Taguchi telah memenuhi kriteria sebagai model untuk memprediksi nilai rata-rata optimumnya.

#### 4.6.1.3 Perhitungan ANOVA Nilai SNR

*Analysis of signal to noise ratio* digunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas. Dalam penelitian ini, karakteristik kualitas yang diamati adalah *hardness* filter ACM502205, dimana semakin mendekati target nilainya akan semakin baik, sehingga SNR yang digunakan dalam penelitian ini adalah *nominal is the best*. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *analysis of variance* (SNR).

1. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{52,203 + 50,386 + \dots + 58,909}{8} = 55,133$$

2. Menghitung nilai rata-rata *signal to noise ratio* setiap level faktor

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \bar{n}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Dimana,

$\bar{\eta}$  = nilai rata-rata SNR setiap level faktor

$\eta_{ijk}$  = nilai rata-rata SNR setiap eksperimen ke-i untuk faktor j level k

$n_{ijk}$  = jumlah eksperimen faktor j level k

Misal perhitungan faktor A level 1:

$$\bar{\eta}_{A1} = \frac{52,203 + 50,386 + 50,428 + 52,669}{4} = 51,421$$

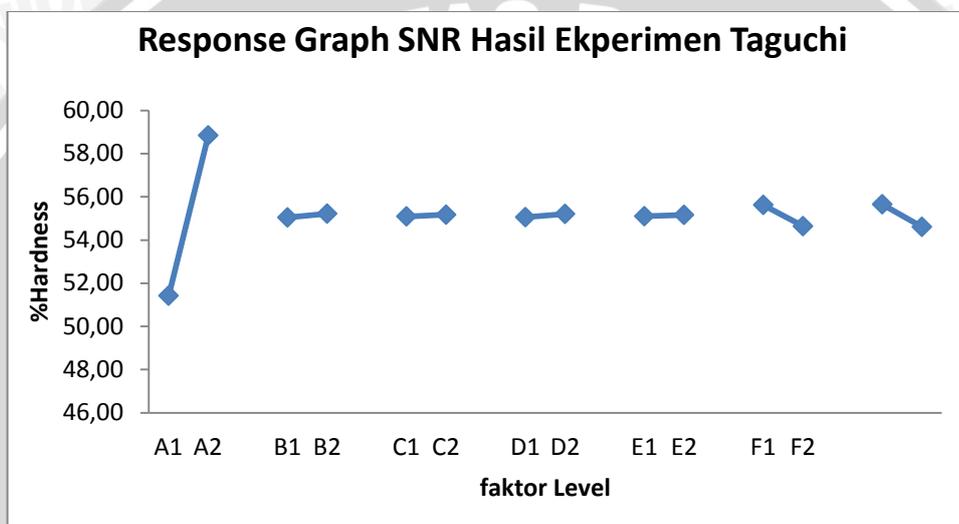
3. Membuat *response table* dan *response graph* untuk nilai rata-rata

Membuat *response table* dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata SNR respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari terbesar hingga terkecil.

Tabel 4.19 Tabel Respon untuk Nilai SNR Eksperimen Taguchi

	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	51,421	55,045	55,094	55,058	55,102	55,625	55,655
Level 2	58,845	55,222	55,172	55,209	55,164	54,641	54,611
Difference	7,423321	0,177	0,077	0,151	0,061	0,984	1,044
Ranking	1	4	6	5	7	3	2

*Response graph* untuk nilai SNR dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Response graph* SNR hasil eksperimen Taguchi

Pada Gambar 4.5 di atas dapat dilihat bahwa faktor A level 1 mempunyai nilai SNR lebih kecil dibandingkan dengan nilai SNR level 2, demikian selanjutnya pada faktor B level 1 memiliki nilai SNR lebih kecil dibanding nilai SNR level 2, faktor C level 2 lebih tinggi dibanding faktor C level 1, begitu seterusnya untuk faktor D, E, F, dan G. Nilai SNR tertinggi menunjukkan variansi lebih kecil.

- Menghitung nilai *total sum of square*

$$ST = \sum \eta^2$$

$$ST = (52,203^2 + 50,386^2 + \dots + 58,909^2) = 24.431,776$$

- Menghitung *sum of squares due to mean*

$$Sm = n\bar{y}^2$$

$$Sm = 8 \times \left( \frac{52,203 + 50,386 + \dots + 58,909}{8} \right)^2$$

$$Sm = 24.317,32$$

- Menghitung *sum of squares due to factors*

Misal untuk faktor A:

$$SS_A = n_{A1} \times \bar{A1}^2 + n_{A2} \times \bar{A2}^2 - Sm$$

$$SS_A = 4 \times 51,421^2 + 4 \times 58,845^2 - 24.317,32$$

$$SS_A = 110,211$$

7. Menentukan derajat kebebasan sumber-sumber variansi

Misal faktor A:

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 2 - 1 = 1$$

8. Menghitung *mean sum of squares*

Misal untuk faktor A sebagai berikut:

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$M_A = \frac{110,211}{1} = 110,211$$

Perhitungan nilai *mean sum of squares* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

9. Menghitung *pure sum of squares*

Misal untuk faktor A:

$$SS_A' = SS_A - (DF_A \times M_e)$$

$$SS_A' = 110,211 - (1 \times 0) = 110,211$$

Perhitungan nilai *pure sum of squares* B, C, D, E, F, dan G sama dengan perhitungan di atas.

10. Menghitung *percent contribution*

Misal untuk faktor A:

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_t} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{110,211}{114,459} \times 100\%$$

$$\rho_A = 96,289\%$$

Perhitungan *analysis of variance* nilai SNR selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20 *Analysis of Variance* Nilai *Signal to Noise Ratio*

Source	SS	Pooled	Df	M	F-ratio	SS'	$\rho$ %	F-tabel
A	110,211		1	110,211	3450,114	110,179	96,261	10,13
B	0,063	Y	1	0,063				
C	0,012	Y	1	0,012				
D	0,046	Y	1	0,046				
E	0,008	Y	1	0,008				
F	1,938		1	1,938	60,677	1,906	1,666	10,13
G	2,182		1	2,182	68,304	2,150	1,878	10,13
Pooled e	0,128		4	0,032	1	0,224	0,195	
St	114,459		7	16,351		114,459	100	
Mean	24317,317		1					
ST	24431,776		8					

Perhitungan *signal to noise ratio* (SNR) dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari level faktor yang digunakan dalam eksperimen. Taguchi menyarankan penggunaan SNR sebagai kriteria pemilihan level faktor yang dapat meminimumkan *error of variance*, yaitu variansi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak terkendali. Pemilihan level masing-masing faktor didasarkan pada nilai SNR yang lebih tinggi. Nilai SNR yang lebih tinggi dapat meminimumkan variansi, sehingga *noise* yang dihasilkan lebih kecil.

Perhitungan *analysis of variance* (SNR) di atas menunjukkan nilai persen kontribusi sebesar 0,195%, hal ini menunjukkan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan dalam eksperimen, atau bisa dikatakan *pooling* yang dilakukan sudah cukup optimal. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pada eksperimen Taguchi, persen kontribusi diharapkan  $\leq 50\%$  karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen sudah dilibatkan.

#### 4.6.2 Penentuan *Setting level* Optimal

Pada dasarnya, upaya dalam meningkatkan karakteristik kualitas menggunakan dua cara, yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen Taguchi terhadap karakteristik kualitas dan penentuan *setting level* faktor optimal dari *hardness* filter ACM502205 yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Penentuan *Setting Level* Faktor Optimal

Faktor	$\bar{y}$ (rata-rata)	$\sigma$ (variansi)	Pengaruh	<i>Setting level</i> 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* berdasarkan tabel respon

Berdasarkan Tabel 4.21 dihasilkan kombinasi *setting level* faktor yang optimal, yaitu 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 *filter* 0,416 gr), dan faktor G level 1 (set *menthol* 119,8mg).

#### 4.6.3 Prediksi Kondisi Optimum

Setelah *setting level* faktor yang optimal didapat, selanjutnya perlu diketahui nilai prediksi *hardness* filter ACM502205 berdasarkan nilai rata-rata dan SNR yang diharapkan pada kondisi optimum membandingkannya dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat. Sedangkan tujuan perhitungan selang kepercayaan, yaitu untuk

membuat perkiraan dari level-level faktor prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal sesuai level-level faktor optimal sesuai level-level faktor optimal yang didapat.

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

Nilai rata-rata seluruh data eksperimen adalah  $\bar{y} = 85,425$ , maka perhitungan respon (*hardness*) rata-rata prediksi adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\overline{A2} - \bar{y}) + (\overline{B2} - \bar{y}) + (\overline{D2} - \bar{y})$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 85,425 + (87,55 - 85,425) + (86,288 - 85,425) + (86,163 - 85,425)$$

$$\mu_{\text{predicted}} = 85,375 + 2,125 + 0,863 + 0,738 = 89,15$$

Selang kepercayaan dari rata-rata prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]}$$

Dengan  $n_{\text{eff}}$  adalah:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{2 \times 8}{DF_{\mu} + DF_A + DF_B + DF_D} = \frac{16}{1 + 1 + 1 + 1} = 4$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MSe \times \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;8} \times 0,521 \times \left[ \frac{1}{4} \right]}$$

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{5,32 \times 0,521 \times \left[ \frac{1}{4} \right]} = \pm 0,8326$$

Sehingga selang kepercayaan untuk rata-rata proses yang optimal adalah:

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

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

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

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

Nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen Taguchi adalah  $\bar{\eta} = 55,133$

Menghitung SNR pada kondisi optimal prediksi dengan rumus:

$$\eta_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\overline{A2} - \bar{y}) + (\overline{F1} - \bar{y}) + (\overline{G1} - \bar{y})$$

$$\eta_{\text{predicted}} = 55,133 + (58,845 - 55,133) + (55,625 - 55,133) + (55,655 - 55,133)$$

$$\eta_{\text{predicted}} = 55,133 + 3,712 + 0,492 + 0,522 = 59,859$$

Selang kepercayaan dari SNR prediksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$CI_{\text{mean}} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MSe \cdot \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]}$$

Dengan  $n_{\text{eff}}$  adalah:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degrees of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{8}{DF_{\mu} + DF_A + DF_C + DF_F} = \frac{8}{1 + 1 + 1 + 1} = 2$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;3} \times MSe \times \left[ \frac{1}{n_{\text{eff}}} \right]}$$

$$CI_{\text{SNR}} = \pm \sqrt{10,13 \times 0,032 \times \left[ \frac{1}{2} \right]} = \pm 0,4022$$

Sehingga selang kepercayaan untuk SNR yang optimal adalah:

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

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

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

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.

## 4.7 Tahap Verifikasi

### 4.7.1 Eksperimen Konfirmasi

#### 4.7.1.1 Pengujian *Hardness* Filter ACM502205 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-level faktor optimal yang terpilih berdasarkan hasil yang diperoleh dari eksperimen Taguchi. Tujuannya 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 4.22

Tabel 4.22 Hasil Uji *Hardness* Filter ACM502205 Eksperimen Konfirmasi

No	% <i>Hardness</i>	No	% <i>Hardness</i>
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

Selanjutnya data hasil pengujian % *hardness* eksperimen konfirmasi di atas dihitung nilai rata-rata dan variansinya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Dengan,

$\mu$  = nilai rata-rata eksperimen Taguchi

$y_i$  = nilai sampel ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

Perhitungan nilai rata-rata, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{20} (87,8 + 87,9 + \dots + 87,9) = 87,905$$

Rumus perhitungan variansi:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Dengan,

$\sigma^2$  = variansi

$\mu$  = nilai rata-rata

$y_i$  = nilai sampel ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

Karena jumlah sampel kurang dari 30, maka rumus perhitungan nilai variansi menjadi sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \frac{1}{20-1} (87,8 - 87,905)^2 + (87,9 - 87,905)^2 + \dots + (87,9 - 87,905)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{0,1695}{19} = 0,0089$$

Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut:

$$\eta = 10 \log_{10} \left( \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

$$\eta = 10 \log_{10} \left( \frac{87,905^2}{0,0089^2} \right) = 59,376$$

#### 4.7.1.2 Penentuan Selang Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi

1. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MSe \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{5,32 \times 0,521 \times \left[ \frac{1}{4} + \frac{1}{20} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm 0,9119$$

Sehingga selang kepercayaannya adalah sebagai berikut:

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

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

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

2. Selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MSe \times \left[ \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{10,13 \times 0,032 \times \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{20} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm 0,4222$$

Sehingga selang kepercayaannya adalah sebagai berikut:

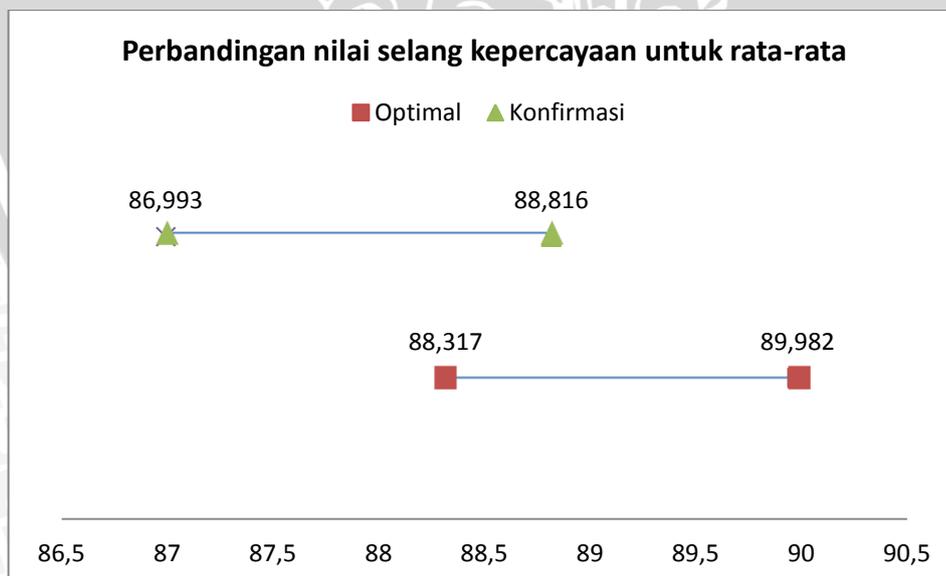
$$\mu_{predicted} - CI_{SNR} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{SNR}$$

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

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

#### 4.7.1.3 Analisis Selang Kepercayaan Kondisi Optimal dan Konfirmasi

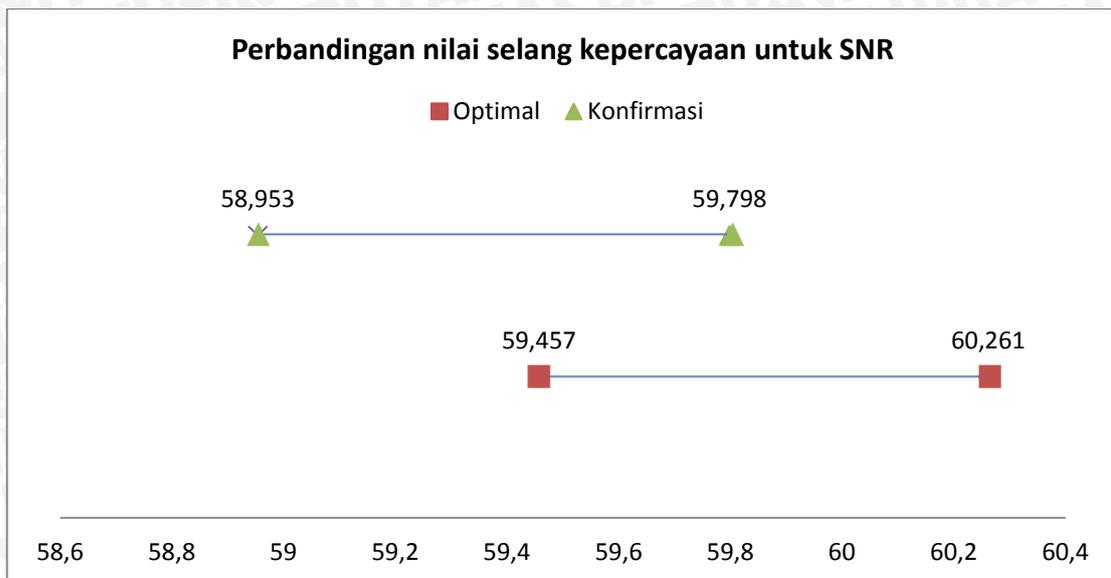
Tujuan penggunaan selang kepercayaan adalah untuk membuat perkiraan dari level-level faktor dan prediksi rata-rata proses pada kondisi optimal. Nilai-nilai selang kepercayaan kondisi optimal kemudian dibandingkan dengan selang kepercayaan eksperimen konfirmasi, dengan cara digambarkan dalam bentuk grafik. Perbandingan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk rata-rata

Dari Gambar 4.6 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

Sedangkan perbandingan selang kepercayaan untuk nilai SNR sebagai berikut:



Gambar 4.7 Perbandingan nilai selang kepercayaan untuk SNR

Dari Gambar 4.7 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR dapat diterima berdasarkan pertimbangan selang kepercayaan.

#### 4.7.2 Perbandingan Kondisi Aktual dan Konfirmasi

Selain dibandingkan dengan prediksi respon pada kondisi optimal, hasil eksperimen konfirmasi juga dibandingkan dengan kondisi aktual. Jika hasil eksperimen konfirmasi dengan menerapkan *setting level* optimal yang didapat lebih baik dari kondisi aktual, dapat disimpulkan bahwa rancangan telah memenuhi syarat dalam eksperimen, sehingga *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap persentase *hardness* filter ACM502205 layak untuk diterapkan pada proses yang sebenarnya untuk mendapatkan persentase *hardness* yang lebih baik dari sebelumnya. Perbandingan kondisi aktual dengan eksperimen konfirmasi dijelaskan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perbandingan Kondisi Aktual dengan Eksperimen Konfirmasi

	Aktual	Konfirmasi
Rata-rata	80,09	87,905
Variansi	2,145	0,0089

Selanjutnya untuk membandingkan hasil kondisi aktual dengan hasil eksperimen konfirmasi digunakan uji hipotesis beda dua rata-rata. Pengujian hipotesis beda dua rata-rata untuk sampel kecil ( $n \leq 30$ ), uji statistik menggunakan distribusi  $t$ .

Prosedur pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut:

1. Formulasi hipotesis (satu arah – kiri)

$H_0$  : Persentase *hardness* filter ACM502205 kondisi aktual sama dengan *setting level* optimal ( $\mu_1 = \mu_2$ )

$H_1$  : Persentase *hardness* filter ACM502205 kondisi aktual kurang dari *setting level* optimal ( $\mu_1 < \mu_2$ )

2. Nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai  $t$  tabel ( $t_\alpha$ )

$\alpha$  (taraf nyata) = 0,05

Derajat kebebasan =  $20 + 20 - 2 = 38$

$t$ -tabel =  $t_{\alpha(n_1+n_2-2)} = t_{0,05(38)} = 1,68595$

3. Kriteria pengujian

Untuk  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  dan  $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ , maka

$H_0$  diterima jika  $t_0 \geq t_\alpha$

$H_0$  ditolak jika  $t_0 < -t_\alpha$

4. Uji statistik ( $t_0$ )

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t_0 = \frac{80,09 - 87,905}{\sqrt{\frac{(20-1)2,145 + (20-1)0,0089}{20+20-2} \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right)}}$$

$$t_0 = \frac{-7,815}{\sqrt{\frac{40,755 + 0,1695}{38} \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right)}}$$

$$t_0 = \frac{-7,815}{\sqrt{0,1077}} = \frac{-7,815}{0,3282} = -23,814$$

5. Kesimpulan

Karena  $t$ -hitung (-23,814) lebih kecil dari  $t$ -tabel (-1,68595), maka  $H_0$  ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa persentase *hardness* filter ACM502205 kondisi aktual kurang dari *setting level* optimal.

Berdasarkan pengujian hipotesis di atas 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.

#### 4.8 Hasil dan Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan dari identifikasi *waste* menggunakan *waste assessment model*, dapat disimpulkan bahwa *waste* yang paling dominan terjadi pada proses produksi filter ACM502205 di PT. Essentra adalah *defect*. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik di Gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa *defect waste* merupakan *waste* yang paling banyak terjadi pada produksi filter rokok ACM502205, yaitu sebesar 23,33%, diikuti oleh *unnecessary inventory waste* sebesar 17,96%, dan *waste* yang paling kecil adalah *inappropriate processing* dengan persentase sebesar 9,36%.

Dari hasil perhitungan *waste assessment model*, peneliti memfokuskan penelitian pada minimasi *waste* yang paling dominan, yaitu *defect waste*. Untuk menentukan faktor yang mempengaruhi *defect* pada proses produksi filter ACM502205, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan. Dari hasil diskusi diketahui bahwa penyebab *defect* filter ACM502205 adalah *hardness* yang rendah dan tidak sesuai dengan standard yang telah ditentukan. Untuk itu diperlukan tahap perencanaan eksperimen untuk menentukan *setting level* optimal dari faktor-faktor berpengaruh. Dalam penelitian ini digunakan metode Taguchi, yang merupakan suatu metodologi eksperimen yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses.

Eksperimen Taguchi penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *nominal is the best*, dimana *hardness* optimal yang ingin dicapai adalah sebesar 87%. Dari hasil diskusi dengan pihak perusahaan ditetapkan faktor-faktor dan level-level berpengaruh yang dapat dilihat pada Tabel 4.12. Terdapat 7 faktor terkendali pada penelitian ini, sehingga *orthogonal array* yang digunakan pada penelitian ini adalah  $L_8(2^7)$ . Eksperimen dilakukan di PT. Essentra pada Tanggal 21 Mei 2014. Hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Dari hasil eksperimen dilakukan pengolahan data 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). Hasil *analysis of variance* untuk data rata-rata eksperimen (*mean*) menunjukkan bahwa faktor A, B, dan D berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.19. Hasil *analysis of variance* untuk data *signal to noise ratio* (SNR) menunjukkan bahwa faktor A, F, dan G berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.21 menunjukkan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen Taguchi terhadap karakteristik kualitas dan penentuan *setting level* faktor optimal dari *hardness* filter ACM502205. Berdasarkan Tabel 4.21 dihasilkan kombinasi *setting level*

faktor yang optimal, yaitu 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 *filter* 0,416 gr), dan faktor G level 1 (set *menthol* 119,8mg).

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memeriksa hasil dari eksperimen Taguchi, pada penelitian ini hasil eksperimen konfirmasi dan eksperimen Taguchi pada kombinasi level optimalnya cukup dekat satu sama lain, maka dapat disimpulkan rancangan telah memenuhi syarat dalam eksperimen. Perbandingan selang kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

Selain dibandingkan dengan prediksi respon pada kondisi optimal, hasil eksperimen konfirmasi juga dibandingkan dengan kondisi aktual dengan menggunakan uji hipotesis beda dua rata-rata. Dari hasil uji hipotesis dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi dengan menerapkan *setting level* optimal pada penelitian ini lebih baik daripada kondisi aktual, dengan kata lain rancangan telah memenuhi syarat eksperimen, sehingga *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap persentase *hardness* filter ACM502205 layak untuk diterapkan pada proses yang sebenarnya.