

# USULAN KOMBINASI TERBAIK FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP CACAT PRODUK BOTOL PLASTIK 600 ML MENGGUNAKAN METODE *FULL FACTORIAL* $2^k$ Di PT. X\*

**JAMES SAPRIAN LADOU, HARI ADIANTO, SUSY SUSANTY**

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: [ladoujames@gmail.com](mailto:ladoujames@gmail.com)

## **ABSTRAK**

*Persaingan yang ketat di dunia industri membuat konsumen lebih teliti dalam memilih produk dengan kualitas terbaik dan harga yang lebih murah. Perusahaan yang mampu memenuhi target pasar tentunya dapat bertahan menghadapi ketatnya persaingan di industri sejenis. Penelitian ini dilakukan di PT. "X" yang memproduksi produk kemasan plastik. Perbaikan kualitas yang diharapkan dalam pembuatan produk kemasan botol plastik yaitu mengurangi jumlah cacat produk. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan eksperimen full factorial  $2^k$  menggunakan Metode Yates. Tahapan dalam metode ini adalah menentukan faktor terkendali, menentukan level faktor terkendali, pelaksanaan eksperimen, uji ANOVA, dan Uji Student Newman Keuls. Hasil yang didapatkan adalah kombinasi level faktor terbaik yang mengurangi cacat produk botol plastik.*

**Kata kunci:** Perancangan Eksperimen, Full Factorial, Metode Yates

## **ABSTRACT**

*The tight competition in industrial makes the consumer be more accurately in choosing the best product and cheaper price. The company which is able to fulfill the market point is certainly could be able to preserve in handling the tight competition in similar industry. This research to was done in PT. X, which produces the plastic packed. The quality improvement in making the plastic packed is to reduce the invalid products. The method which is used in this research is called experiments full factorial  $2^k$  with Yates method. The steps method is to decide the level of control factor, experiment accomplishment, Anova test, and Student Newman Keuls test. The result of this research is the combination of factor level which reduce the invalid plastic bottle.*

**Keywords:** Design Experiment, Full Factorial, Yates Method

---

\*Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Pengantar**

Persaingan yang ketat di dunia industri membuat konsumen lebih teliti dalam memilih produk dengan kualitas terbaik dan harga yang lebih murah. Demi menjaga kepuasan dan menambah jumlah konsumennya, perusahaan perlu mempertimbangkan aspek-aspek yang sesuai dengan strategi yang telah dikembangkan untuk mencapai target pasar. Produk cacat tentunya tidak dapat dipasarkan ke konsumen karena tidak memenuhi standar kualitas. Adanya cacat terhadap hasil produksi dapat membuat keuntungan perusahaan berkurang dan biaya yang dikeluarkan semakin besar. Selain itu konsumen menjadi tidak puas dan dapat berpindah ke perusahaan lain.

Perbaikan kualitas yang diharapkan dalam pembuatan produk kemasan botol plastik yaitu mengurangi jumlah cacat produk. Proses perbaikan ini tentunya dengan memperhatikan aliran proses produksi pembuatan produk seperti bahan baku, mesin-mesin yang digunakan, pengawasan proses produksi, dan tenaga kerja langsung yang mungkin mempengaruhi hasil akhir produk. Aliran proses produksi menjadi langkah awal untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap hasil akhir produk.

### **1.2 Identifikasi Masalah**

Peningkatan kualitas produk botol plastik 600 ml dalam hal mengurangi terjadinya cacat produksi dapat dilakukan dengan mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap hasil akhir produk. Faktor-faktor yang telah diketahui kemudian ditentukan pengaturan level terbaik setiap faktor atau interaksi faktor.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil produk kemasan botol plastik 600 ml di PT. Agronesia Bandung Divisi Industri Plastik (Agroplas) dan bagaimana menentukan level terbaik setiap faktor atau interaksi faktor dalam pembuatan produk sehingga dapat mengurangi cacat produk botol plastik 600 ml.

## **2. STUDI LITERATUR**

### **2.1 Kualitas**

Kata kualitas mengandung banyak definisi dan makna. Orang akan sulit mendefinisikan kualitas dengan tepat dan tidak ada definisi kualitas yang diterima secara universal. Dari definisi-definisi yang ada terdapat beberapa kesamaan. Elemen-elemennya antara lain:

1. Kualitas mencakup jasa, proses, produk, lingkungan, dan manusia.
2. Kualitas meliputi usaha untuk memenuhi atau melebihi harapan dari pelanggan.
3. Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah (misalnya saat ini dianggap mempunyai kualitas yang baik, mungkin pada masa mendatang dianggap kurang berkualitas).

Arti kualitas menurut Taguchi adalah untuk menghasilkan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk atau jasa.

### **2.2 Perancangan Eksperimen**

Desain eksperimen yaitu suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata-kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar supaya data yang semestinya diperlukan dapat

diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas (Sudjana, 1991).

### 2.3 Desain Faktorial $2^k$

Desain faktorial  $2^k$  menyangkut k buah faktor dengan tiap faktor hanya terdiri atas dua buah taraf. Banyak taraf ialah 2 ditulis menjadi bilangan pokok, sedangkan banyak faktor ialah k, menjadi pangkat. Misalnya desain eksperimen dengan dua faktor A dan B yang masing-masing terdiri atas dua buah taraf akan ditulis sebagai desain eksperimen  $2^2$ . Apabila ada tiga faktor A, B, dan C yang masing-masing terdiri atas dua taraf, maka diperoleh desain eksperimen  $2^3$ , dan begitu pula untuk eksperimen  $2^4$ ,  $2^5$ ,  $2^6$  dan seterusnya.

### 2.4 Metoda Yates Desain Faktorial $2^k$

Desain faktorial  $2^k$  acak sempurna dilakukan dengan mengadakan replikasi sebanyak r kali dalam tiap sel. Dengan jalan mengambil jumlah respon hasil replikasi dalam tiap sel, maka masing-masing harga untuk tiap kombinasi perlakuan dapat ditentukan. Jumlah dalam tiap sel ini digunakan untuk menentukan jumlah kuadrat-kuadrat tiap kontras. Perhitungan kontras tersebut dikenal dengan nama metoda Yates. Contoh skema perhitungan kontras metoda Yates untuk desain faktorial  $2^2$  dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Skema Perhitungan Kontras Metoda Yates Untuk Desain Faktorial  $2^2$  ( r Observasi Tiap Sel )**

Kombinasi Perlakuan	Respons	Kolom (1)	Kolom (2) = Kontras
(1)	(1)	(1) + a	Total = +(1) + a + b + ab
a	a	b + ab	r.2A = - (1) + a - b + ab
b	b	a - (1)	r.2B = - (1) - a + b + ab
ab	ab	ab - b	r.2AB = + (1) - a - b + ab

Sumber : Sudjana (1991)

Metoda Yates juga digunakan untuk menghitung JK (Jumlah Kuadrat) tiap kombinasi perlakuan dalam eksperimen faktorial  $2^k$ .

### 2.5 Uji Rentang Newman-Keuls

Uji rentang Newman Keuls ini digunakan untuk menguji perbedaan rerata antara dua perlakuan (kelompok) yang saling dipasang-pasangkan (uji joli). Dalam hal ini, perbandingan diantara rerata perlakuan berjumlah k/2 (k-1).

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Susunlah k buah rata-rata kelompok (perlakuan) menurut urutan nilainya dari rerata yang paling kecil sampai rerata yang terbesar.
2. Berdasarkan perhitungan ANOVA di muka ambil harga RJK dalam /error beserta dk-nya.
3. Hitunglah simpangan baku rata-rata untuk tiap perlakuan (kelompok) dengan rumus sebagai berikut:

$$s_{\bar{x}_j} = \sqrt{\frac{RJK_{dalam}}{n_j}}$$

(1)

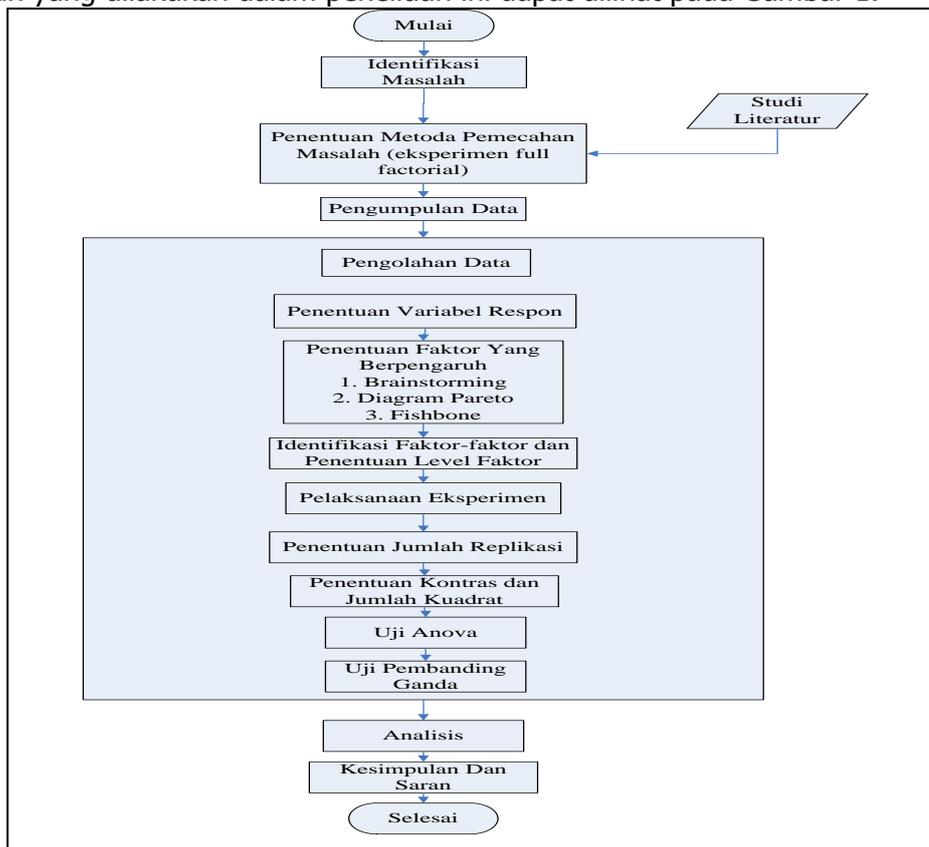
4. Gunakan daftar rentang *student* untuk  $\alpha$  tertentu. Harga untuk Uji Newman Keuls diambil untuk  $u = dk$  dalam kelompok (*error*) dan untuk  $p = 2, 3, \dots, k$ . harga-harga yang diperoleh untuk setiap pasangan  $u$  dan  $p$  tertentu adalah sebanyak  $(k - 1)$  buah.

5. Kalikan harga-harga yang diperoleh dari Daftar Rentang *Student* (Daftar E) untuk setiap pasangan  $u$  dan  $p$  tersebut dengan  $s\bar{x}_j$ -nya masing-masing sehingga diperoleh apa yang disebut Rentang Signifikansi Terkecil (RST).
6. Kemudian bandingkan (konsultasikan) harga-harga berikut dengan RST:
  - a. Selisih rerata terbesar – rerata terkecil dengan RST untuk  $p = k - 1$ .
  - b. Selisih rerata terbesar – rerata terkecil kedua dengan RST untuk  $p = k - 1$ .
  - c. Selisih rerata terbesar kedua – rerata terkecil dengan RST untuk  $p = k - 1$ .
  - d. Selisih rerata terbesar kedua – rerata terkecil kedua dengan RST untuk  $p = k - 2$  dan seterusnya sehingga diperoleh sebanyak  $1/2k(k - 1)$  buah pasangan rerata yang dibandingkan.

Kriteria: Jika selisih/perbedaan dua harga rerata yang dipasangkan tersebut lebih besar daripada harga RST-nya masing-masing, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang berarti antar kedua harga rerata perlakuan (kelompok) yang dibandingkan tersebut.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Pemecahan Masalah

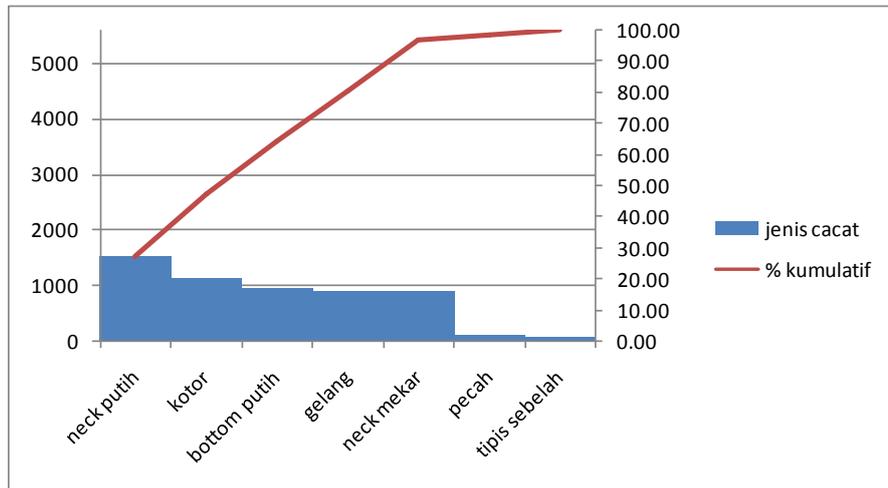
### 4. PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Brainstorming

*Brainstorming* dilakukan untuk mempermudah penelitian dalam hal mengetahui penyebab cacat pada hasil akhir produk. Kegiatan ini dilakukan bersama dengan pihak perusahaan baik secara tanya jawab atau wawancara langsung dengan operator di lapangan.

#### 4.2 Diagram Pareto

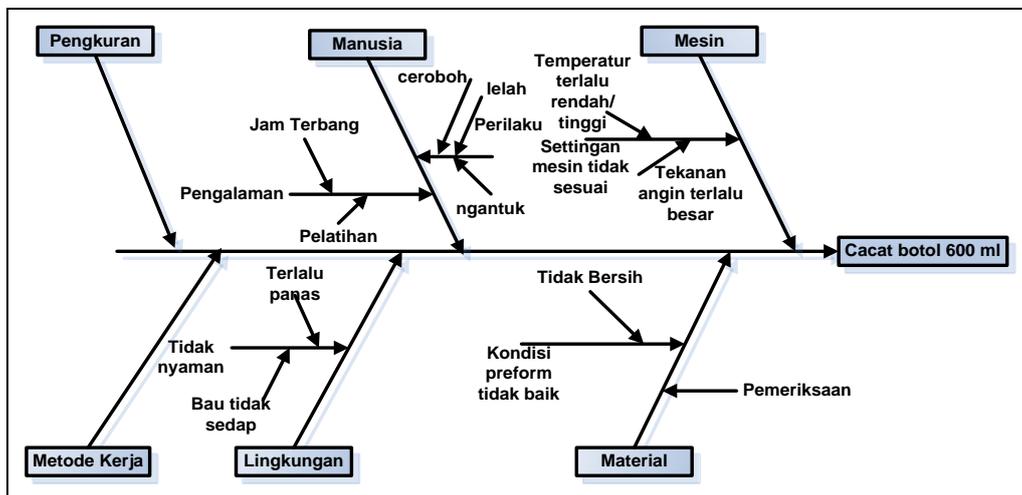
Diagram pareto dibuat untuk menemukan jumlah kecacatan paling besar dan masalah utama kecacatan tersebut. Diagram pareto akan mengklasifikasikan masalah mutu dari yang terbesar ke yang terkecil berdasarkan persentasenya. Diagram pareto cacat produk botol 600 ml dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto Cacat Produk Botol 600 ml

#### 4.3 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat dibuat untuk menganalisa kualitas yang bertujuan untuk mengetahui secara menyeluruh hubungan antara kecacatan dengan penyebabnya. Diagram sebab akibat cacat botol 600 ml dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Sebab Akibat Cacat Botol 600 ml

#### 4.4 Penentuan Level Faktor

Penentuan level untuk setiap faktor perlu dilakukan sebelum melakukan eksperimen. Hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan sesuai dengan harapan. Level untuk setiap faktor dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Level Masing-Masing Faktor**

Faktor	Level 1	Level 2
temperatur heater	260°C	280°C
final temperatur	160°C	180°C
bubble delay	1 detik	2 detik
bubble on	0.8 detik	1 detik

1. *Temperature heater*  
*Temperature heater* adalah suhu pemanas pada ruang pemanas (*barrel*). Ruang pemanas ini adalah untuk memanaskan kembali *preform* yang siap untuk dibuat produk jadi (botol) sebelum dimasukkan ke mesin *blowing*.
2. *Final temperature*  
*Final temperature* adalah suhu akhir material di mesin *blowing*. Apabila suhu melebihi batas standar dapat menyebabkan terjadinya cacat pada botol seperti tipis sebelah, *neck* mekar, dan *neck* putih.
3. *Bubble delay*  
*Bubble delay* adalah lamanya waktu dari saat proses pemanasan selesai sampai proses peniupan material (*preform*) akan dimulai pada mesin *blowing*.
4. *Bubble on*  
*Bubble on* adalah lamanya waktu peniupan material (*preform*) pada mesin *blowing*.

#### 4.5 Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen yaitu menggunakan Metoda Yates untuk menentukan kontras dan jumlah kuadrat, ANOVA, Uji Hipotesis, dan Uji Student Newman Keuls yang dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

**Tabel 3. Nilai Kontras Dan JK Menggunakan Metoda Yates**

Perlakuan	Respon	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kontras	JK
(1)	4143	8112	16196	32828	67612	57142281.8
a	3969	8084	16632	34784	810	8201.25
b	3705	7568	18444	-338	354	1566.45
ab	4379	9064	16340	1148	4564	260376.2
c	4604	9900	500	1468	-1668	34777.8
ac	2964	8544	-838	-1114	434	2354.45
bc	4131	8049	-312	3290	3122	121836.05
abc	4933	8291	1460	1274	2404	72240.2
d	5086	-174	-28	436	1956	47824.2
ad	4814	674	1496	-2104	1486	27602.45
bd	4292	-1640	-1356	-1338	-2582	83334.05
abd	4252	802	242	1772	-2016	50803.2
cd	3920	-272	848	1524	-2540	80645
acd	4129	-40	2442	1598	3110	120901.25
bcd	3520	209	232	1594	74	68.45
abcd	4771	1251	1042	810	-784	7683.2

Usulan Kombinasi Terbaik Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Cacat Produk Botol Plastik 600 ml Di PT.X

Tabel 4. Daftar ANOVA

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub> α=0.05
Rata-rata	1	57142281.8	-	-	
Perlakuan:					
A	1	8201.25	8201.25	93.26	3.991
B	1	1566.45	1566.45	17.81	
AB	1	260376.2	260376.2	2960.92	
C	1	34777.80	34777.80	395.48	
AC	1	2354.45	2354.45	26.77	
BC	1	121836.05	121836.05	1385.48	
ABC	1	72240.20	72240.20	821.49	
D	1	47824.20	47824.20	543.84	
AD	1	27602.45	27602.45	313.89	
BD	1	83334.05	83334.05	947.65	
ABD	1	50803.20	50803.20	577.72	
CD	1	80645	80645	917.07	
ACD	1	120901.25	120901.25	1374.85	
BCD	1	68.45	68.45	0.78	
ABCD	1	7683.2	7683.2	87.37	
Kekeliruan	64	5628	87.94	-	
Jumlah	80	58068124	-	-	

Tabel 5. Uji Hipotesis Hasil Anova

Faktor	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub> α=0.05	Kesimpulan
A	93.26	3.991	Tolak Ho
B	17.81		Tolak Ho
AB	2960.92		Tolak Ho
C	395.48		Tolak Ho
AC	26.77		Tolak Ho
BC	1385.48		Tolak Ho
ABC	821.49		Tolak Ho
D	543.84		Tolak Ho
AD	313.89		Tolak Ho
BD	947.65		Tolak Ho
ABD	577.72		Tolak Ho
CD	917.07		Tolak Ho
ACD	1374.85		Tolak Ho
BCD	0.78		Terima Ho
ABCD	87.37	Tolak Ho	

Tabel 6. Uji Lanjut Student Newman Keuls

hasil											
Student-Newman-Keuls <sup>a</sup>											
perlakuan	N	Subset for alpha = .05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	5	592.80									
5	5		741.00								
4	5			784.00							
9	5			793.80							
12	5				825.80						
7	5				826.20						
1	5				828.60						
14	5					850.40					
6	5					858.40					
13	5						875.80				
3	5							920.80			
16	5								954.20		
10	5								962.80		
15	5									986.60	
2	5										1017.20
Sig.		1.000	1.000	.099	.882	.177	1.000	1.000	.147	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

## 5. ANALISIS

### 5.1 Analisis Objek Penelitian

Objek pengamatan dalam penelitian ini adalah cacat produk botol plastik 600ml di PT. Agronesia Bandung Divisi Industri Plastik (Agroplas). Selain produk botol plastik, PT. Agronesia Bandung Divisi Industri Plastik (Agroplas) juga menghasilkan produk botol kaca dan produk setengah jadi (*preform*).

Pemilihan objek penelitian ini dilakukan dengan melihat bahwa produk botol 600 ml adalah produk yang praktis untuk dibawa dan digunakan konsumen. Penelitian ditujukan untuk mengurangi jumlah cacat selama proses produksi. Hal ini dikarenakan cacat produksi yang terjadi akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan seperti biaya produksi dan juga kepuasan konsumen. Oleh karena itu dibutuhkan pengaturan atau *setting* mesin yang tepat sehingga dapat menghasilkan produk jadi yang sesuai dengan standar kualitas perusahaan.

### 5.2 Analisis Cacat Produk Botol 600 ml

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan diketahui jenis cacat produk botol 600ml ada tujuh jenis, yaitu *neck* putih, kotor, *bottom* putih, gelang, *neck* mekar, pecah, dan tipis sebelah. Jenis cacat ini diseleksi dengan membuat diagram pareto. Diagram pareto akan menunjukkan jumlah kumulatif jenis cacat terbesar saja untuk lebih memfokuskan penelitian.

80% kerugian perusahaan akibat cacat produk pada diagram pareto disebabkan oleh cacat *neck* putih, kotor, *bottom* putih, dan cacat gelang. Cacat *neck* putih diakibatkan oleh temperatur mesin yang terlalu panas, cacat kotor pada botol berasal dari bintik hitam di *preform* yang lolos dari bagian *quality control*. Hal ini dapat terjadi karena secara kasat mata bintik hitam tersebut tidak dapat terlihat. Oleh karena itu dibutuhkan kecermatan operator. Jenis cacat berikut yang hampir sama dengan jenis cacat *neck* putih adalah cacat *bottom* putih. Cacat *bottom* putih diakibatkan oleh temperatur mesin yang kurang tinggi dan tekanan angin yang kurang besar dalam proses peniupan *preform*. Jenis cacat terbesar yang terakhir adalah gelang. Produk dikatakan mengalami cacat gelang apabila terdapat garis melingkar yang tidak rata di pangkal leher botol. Temperatur mesin yang terlalu tinggi disertai dengan tekanan angin yang terlalu besar menjadi penyebab cacat ini.

Setelah mengetahui jenis cacat yang menyebabkan kerugian terbesar bagi perusahaan, selanjutnya akan dilakukan penentuan faktor-faktor penyebab terjadinya empat jenis cacat ini dengan menggunakan alat bantu diagram sebab-akibat (*fish-bone*).

### 5.3 Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Produk

Penentuan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas adalah hal utama untuk mencegah dan mengurangi terjadinya cacat produk. Faktor-faktor penentu kualitas produk dapat ditentukan dengan terlebih dulu membuat suatu diagram *fish-bone*. Diagram *fish-bone* dapat menunjukkan hubungan sebab-akibat terjadinya cacat produk dalam proses pembuatan botol. Namun tidak semua dari faktor-faktor tersebut mempengaruhi hasil produksi botol. Perlu dilakukan pemilihan terhadap faktor-faktor tersebut. Pemilihan dilakukan dengan melihat faktor-faktor yang memberikan pengaruh terbesar penyebab cacat produk botol.

Hal ini dilakukan agar penelitian bisa lebih fokus terhadap beberapa faktor yang dinilai memberikan kontribusi besar terhadap kualitas produk botol 600ml. Penentuan pemilihan faktor-faktor yang akan digunakan dapat dilakukan dengan observasi lapangan secara langsung dan wawancara. Observasi dan wawancara secara langsung dengan perusahaan

dipercaya dapat memberikan hasil yang akurat terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk. Dengan terjun langsung ke lapangan dan melakukan wawancara terhadap pihak perusahaan, dapat diketahui secara jelas penyebab terjadinya cacat. Penyebab cacat ini yang nantinya diuraikan dalam pemilihan faktor-faktor yang digunakan.

#### 5.4 Analisis Pelaksanaan Eksperimen

Proses pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan menguji secara langsung produk setengah jadi (*preform*) di lantai produksi. Eksperimen dilakukan dengan mengacu pada beberapa kombinasi perlakuan. Eksperimen akan menghasilkan jumlah produk cacat yang disesuaikan dengan standar kualitas perusahaan. Eksperimen dilakukan dengan repetisi sebanyak lima kali untuk setiap perlakuan.

Selama proses eksperimen, penelitian selalu didampingi oleh pihak perusahaan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Selain itu *set up* mesin juga dilakukan oleh operator dari perusahaan agar mesin tetap stabil sesuai dengan level faktor yang sudah ditentukan berdasarkan keputusan yang diambil dari pengalaman operator dan standar perusahaan.

#### 5.5 Analisis Perhitungan Anova

Hasil perhitungan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4 memperlihatkan faktor atau interaksi faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap kualitas hasil produk. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Interaksi faktor BCD (*temperatur heater* rendah, *final* temperatur tinggi, *bubble delay* tinggi, *bubble on* tinggi) adalah sebesar  $= 0,78$ . Nilai ini menunjukkan bahwa  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, berarti bahwa interaksi faktor temperatur *heater* rendah, *final* temperatur tinggi, *bubble delay* tinggi, *bubble on* tinggi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas botol 600 ml atau dapat diabaikan. Sedangkan faktor dan interaksi faktor lainnya menunjukkan bahwa berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas akhir produk. Oleh karena itu perlu dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji pembandingan ganda *Student Newman Keuls* (SNK).

#### 5.6 Analisis Uji Pembandingan Ganda

Uji pembandingan ganda yang dipilih adalah uji *Student Newman Keuls*. Pemilihan uji SNK ini didasarkan pada kesamaan jumlah level yang digunakan untuk setiap faktor. Dengan melakukan uji lanjut SNK maka dapat diketahui pada level mana dari faktor atau interaksi faktor yang mempengaruhi hasil cacat botol dan dapat menentukan level terbaik dari faktor atau interaksi faktor tersebut terhadap hasil cacat botol. Berdasarkan hasil uji SNK dengan menggunakan bantuan *software* SPSS diperoleh 10 kelompok perlakuan. Dari kesepuluh kelompok perlakuan ini, perlakuan yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kualitas hasil akhir produk botol 600 ml adalah perlakuan 2, 3, 5, 11, 13, dan 15. Beberapa perlakuan yang disimpulkan tidak berbeda secara signifikan digabungkan menjadi satu kelompok. Perlakuan tersebut adalah antara perlakuan 4 dan 9, perlakuan 12, 7 dan 1, perlakuan 14 dan 6, serta perlakuan 16 dan 10.

## 6. KESIMPULAN

### 1. Alternatif I : A2B1C2D1

Alternatif I adalah *setting* mesin dengan temperatur *heater* (Faktor A) level 2 (280°C), *final* temperatur (Faktor B) level 1 (160°C), *bubble delay* (Faktor C) level 2 (2 detik), *bubble on* (Faktor D) level 1 (0,8detik).

Ladou, dkk.

2. Alternatif II : A1B2C1D1

Alternatif II adalah *setting* mesin dengan temperatur *heater* (Faktor A) level 1 (260°C), *final* temperatur (Faktor B) level 2 (180°C), *bubble delay* (Faktor C) level 1 (1 detik), *bubble on* (Faktor D) level 1 (0,8detik).

### REFERENSI

Sudjana. 1991. *Desain dan Analisis Eksperimen*. edisi ke-4. Bandung : PT Tarsito.