

**ANALISIS KONFIGURASI PROSES PRODUKSI COKELAT *STICK COVERTURE*
MENGUNAKAN METODE *DESIGN OF EXPERIMENTS (DOE)*
DI PT. GANDUM MAS KENCANA**

Teguh Sulistyو Budi ¹⁾, Edi Supriyadi²⁾, Marjuki Zulziar²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Industri Universitas Pamulang

²⁾ Dosen Teknik Industri Universitas Pamulang

²⁾dosen00904@unpam.ac.id

²⁾dosen01775@unpamac.id

ABSTRAK

PT. Gandum Mas Kencana merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak pada bidang industri makanan berbahan dasar cokelat dengan merk Colatta. Penelitian ini penulis menganalisa pada bagian proses produksi pembuatan cokelat Stick Coverture menggunakan metode Design Of Experiments (DOE) untuk menentukan kondisi ideal sebuah proses produksi dengan tingkat kerusakan minimal. Metode DOE merupakan sebuah teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal. Dengan penerapan metode DOE, didapatkan hasil setting level optimal dari 3 faktor yang ada, yaitu Komposisi Material Hardener 1,5 Kg, Suhu Cokelat 29°C, dan Speed Conveyor Belt 12Hz. Hasil dari perhitungan Anova dengan nilai F-Ratio (4,587), (3,999), (3,966) ≥ F-Tabel (3,37), dengan diikuti penurunan jumlah persentase cacat kumulatif yang sebelumnya sebesar 23,27% menjadi 15,16%.

Kata Kunci: *Proses Produksi, Cacat Produk, DOE, ANOVA*

I. PENDAHULUAN

Di dalam suatu perusahaan industri, masalah produksi merupakan masalah yang paling penting dimana setiap perusahaan berusaha mencapai hasil produksi semaksimal mungkin dengan segala fasilitas yang tersedia pada perusahaan.

Tujuan utama dari suatu perusahaan pada dasarnya adalah untuk memperoleh laba yang optimal sesuai dengan pertumbuhan perusahaan dalam jangka panjang.

Perancangan proses produksi dilakukan untuk mempelajari prinsip-prinsip dan teknik-teknik mendapatkan rancangan sistem dan tata kerja yang paling efektif dan efisien.

Design Of Experiments (DOE) adalah salah satu perkakas yang digunakan dalam

percobaan berupa pendekatan sistematis untuk menentukan kondisi ideal sebuah proses produksi dengan tingkat *reject* seminimal mungkin.

II. DASAR TEORI

Mengetengahkan dasar teori yang dipakai dalam penelitian ini. Teori yang sifatnya umum tidak perlu ditulis, cukup diacu saja. Teori yang pernah dipublikasikan tidak perlu diturunkan, cukup ditulis hasil akhirnya saja dengan menyertakan acuannya.

Proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja,

mesin, bahan baku dan biaya agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia.

Pengendalian kualitas adalah aktifitas untuk menjaga, mengarahkan, mempertahankan, dan memuaskan tuntutan konsumen secara maksimal.

Design Of Experiments (DOE) adalah teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang statis yang dapat diandalkan. DOE adalah teknik yang sistematis dan dapat diikuti untuk mencari solusi pada masalah proses industri dengan objektivitas yang lebih besar dengan menggunakan teknik eksperimental dan statistik.

Analysis Of Variance (ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi.

Dalam *Analysis Of Variance* hanya satu hipotesis yang digunakan yaitu hipotesis dua arah (*two tail*). Artinya hipotesis ini apakah ada perbedaan rata-rata. Biasanya hipotesis ini dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$1. H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

Artinya tidak ada perbedaan yang nyata antar rata-rata hitung dari n kelompok.

$$2. H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Artinya ada perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok.

Jenis-jenis dari *Analysis Of Variance* (ANOVA) tergantung dari rancangan percobaan (*experiment design*) yang dipilih diantaranya:

1. Anova Satu Arah (*One Way Anova*)
2. Anova Dua Arah Tanpa Interaksi (*Anova Two Way Without Interaction*)
3. Anova Dua Arah Dengan Interaksi (*Anova Two Way With Interaction*)

Berikut adalah langkah-langkah melakukan uji hipotesis dengan ANOVA antara lain:

1. Kumpulkan sampel dan kelompokkan berdasarkan kategori tertentu.
2. Menentukan tipe ANOVA.
3. Menghitung variabilitas dari seluruh sampel.

Menghitung F-tabel, berdasarkan tabel (F-tabel) nilai derajat kebebasan menggunakan tabel distribusi-F. Dan untuk mencantumkan

posisi F-hitung dan F-tabel dalam grafik distribusi-F. Untuk membandingkan F-hitung dengan F-tabel didapat dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$: maka tolak H_0
2. Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$: maka terima H_0

Untuk menentukan kesimpulan ditetapkan hasil perlakuan (*treatment*) memiliki efek yang signifikan pada sampel data atau tidak, yaitu:

1. Jika hasil tidak signifikan, berarti seluruh rata-rata sampel adalah sama.
2. Jika perlakuan menghasilkan efek yang signifikan, setidaknya satu dari rata-rata sampel berbeda dari rata-rata sampel yang lain.

III. METODE DAN TEKNIK PENGUKURAN

A. Penentuan Metode Pemecahan Masalah

Perusahaan saat ini memiliki pengendalian kualitas yang hanya menitik beratkan pada tahap proses perbaikan sehingga diperlukan adanya suatu metode untuk perbaikan dalam tahap proses produksi dan pengendalian kualitas yang jelas dan lebih terarah guna menekan jumlah cacat pada tingkat paling rendah.

Oleh karena itu untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas mutu produknya, maka metode yang akan digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah metode *Design Of Experiments* (DOE) yang merupakan metode-metode eksperimental dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan proses manufaktur, untuk menggantikan sebuah proses dengan proses lainnya, untuk mengembangkan produk yang berbeda, dan memahami pengaruh berbagai faktor pada kualitas akhir dari produk yang diberikan. Teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang statis yang dapat diandalkan.

B. Metode Pengumpulan data

Metode Pengumpulan data adalah salah satu cara pengadaan data primer maupun sekunder untuk keperluan penelitian. Secara

umum pengumpulan data, baik primer maupun data sekunder dapat dibagi atas beberapa cara.

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan dan penelitian langsung di lapangan. Pengumpulan data primer ini dilakukan dengan cara mengamati secara langsung bagian produksi dan meminta keterangan serta mewawancarai karyawan yang terlibat langsung secara operasional. Wawancara merupakan teknik pengumpulan data dalam metode survey yang menggunakan pertanyaan secara lisan kepada subyek penelitian. Data yang diperoleh antara lain adalah data mengenai uraian proses produksi, dan cara kerja mesin.
2. Data sekunder merupakan data yang tidak langsung diamati oleh peneliti. Data ini merupakan dokumentasi perusahaan, metode dokumentasi adalah suatu cara untuk mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, buku-buku, jurnal-jurnal, surat kabar, dan sebagainya.
3. Data yang telah terkumpul akan digunakan dalam pengolahan data, data yang dikumpulkan antara lain:
 - a. Data Produksi Perusahaan
 - b. *Loading Time*
 - c. *Operation Time*
 - d. *Process Time*
 - e. *Defect Amount*
 - f. *Planned Down Time*

C. Metode Analisa Data

Sebelum melakukan suatu eksperimen perlu dilakukan perancangan eksperimen itu sendiri. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Eksperimen

Pada tahap ini mula-mula dilakukan perumusan masalah, pemilihan variabel bebas atau variabel tak bebas, penentuan faktor yang akan divariasikan dan pemilihan level dari tiap-tiap faktor tersebut.
2. Desain

Tahap ini merupakan tahap utama yang berupa penentuan jumlah pengamatan yang akan dilakukan, penentuan urutan eksperimen, pemilihan metode yang

digunakan, penyusunan model matematis, dan penentuan hipotesis yang akan diuji.

3. Analisis

Pada tahap ini berisi pengumpulan dan pengolahan data, perhitungan uji statistik dan hasil dari eksperimen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi cokelat *Stick Coverture* antara lain Lemak Cokelat, Pasta Cokelat (*Cocoa Liquor*), Susu Bubuk, Gula Pasir dan Formula *Hardener* atau Pengeras Cokelat.

1. Pasta Cokelat (*Cocoa Liquor*)



(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Gambar 1. Pasta Cokelat (*Cocoa Liquor*)

Jenis *Cocoa Liquor* 500 A memiliki warna pasta cokelat yang lebih muda dibandingkan dengan *cocoa liquor* 1000 A, sehingga warna cokelat *Stick Coverture* yang dihasilkan akan terlihat berbeda tergantung dari pasta cokelat yang digunakan dalam proses produksinya.

2. Lemak Cokelat (*Cocoa Butter*)



(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Gambar 2. Lemak Cokelat (*Cocoa Butter*)

Lemak cokelat merupakan lemak nabati alami. Lemak cokelat mempunyai warna putih kekuningan dan mempunyai bau khas cokelat. Lemak cokelat ini mempunyai sifat rapuh (*brittle*) pada suhu 25°C mencair pada temperatur 29°C sampai 35°C dan tidak larut dalam air.

3. Susu Bubuk



(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Gambar 3. Susu Bubuk

Salah satu produk yang dihasilkan dari olahan susu segar adalah susu bubuk. Seperti namanya, susu ini berbentuk bubuk atau serbuk, semacam tepung yang merupakan susu kering atau susu yang kadar airnya sangat minim, yakni hanya sekitar 9%.

4. Gula Pasir



(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Gambar 4. Gula Pasir

Gula yang digunakan dalam pembuatan cokelat *stick couverture* adalah gula pasir yang sangat halus atau gula rafinasi, karena ukuran butirannya sangat kecil sehingga dapat ditaburkan dari wadah berlubang-lubang kecil. Karena tingkat kehalusannya, gula ini lebih cepat larut dibandingkan gula putih pada umumnya.

5. Formula *Hardener*



(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Gambar 4.8 Formula *Hardener*

Formula ini mempunyai warna yang putih kekuningan dan bentuk fisik yang sangat keras. Sebelum dicampur ke semua bahan baku, formula ini harus di *melting* terlebih dahulu pada suhu 50°C dan akan mengeras kembali pada suhu dibawah 30°C. Formula ini berguna untuk membuat fisik produk cokelat menjadi lebih cepat keras dan tidak mudah meleleh pada suhu ruangan.

B. Tahapan Proses Produksi

Proses produksi pembuatan cokelat *Stick Coverture* dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Pencampuran Bahan Baku (*Mixing*)
2. Penghalusan (*Refining*)
3. Pematangan dan Homogenisasi (*Conching*)
4. *Transfer 1*
5. Penampungan dan Persiapan
6. *Transfer 2*
7. *Tempering* dan Proses Cetak
8. Pendinginan
9. Pengemasan
10. Penyimpanan Produk Jadi Di Ruangan Penyimpanan Sementara
11. Penyimpanan Produk Jadi Di Gudang

C. Pembahasan

1. Data Produksi

Berikut data produksi perusahaan pada bulan Agustus 2016 sampai bulan Juli 2017 untuk produk cokelat *Stick Coverture*.

Tabel 1. Data Produksi

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jumlah Cacat (Kg)	Cacat Kumulatif (%)
Agustus 2016	24.400	5.750	23,57
September 2016	24.420	5.550	22,73
Oktober 2016	24.480	5.800	23,69
November 2016	24.380	5.600	22,97
Desember 2016	24.500	5.850	23,88
Januari 2017	24.540	5.550	22,62
Februari 2017	24.580	5.850	23,80
Maret 2017	24.500	5.800	23,67
April 2017	24.480	5.500	22,47
Mei 2017	24.440	5.650	23,12
Juni 2017	24.400	5.600	22,95
Juli 2017	24.420	5.800	23,75
Jumlah	293.540	68.300	279
Rata-Rata	-	-	23,27

(Sumber: PT. Gandum Mas Kencana)

2. Data Jenis-Jenis Produk Cacat

Terdapat beberapa jenis produk cacat yang ada pada produk cokelat *Stick Coverture* selama berjalannya proses produksi antara lain:

1. Produk Lembek
Produk lembek adalah jenis cacat yang timbul pada produk *Stick Coverture* selama proses produksi berjalan. Dengan ciri-ciri kondisi fisik produk yang lembek, tidak keras, dan meleleh saat di pegang.
2. Produk Gembur

Produk Gembur adalah jenis cacat yang timbul pada produk *Stick Coverture* selama proses produksi berjalan. Dengan ciri-ciri kondisi fisik produk yang tidak lembek, namun mudah patah atau rapuh.

3. Produk Lebar
Produk Lebar merupakan jenis cacat yang timbul pada produk *Stick Coverture* selama proses produksi berlangsung. Dengan ciri-ciri kondisi fisik produk yang tidak lembek, tidak mudah patah, namun dimensi produk tidak sesuai *standar*.

Adapun data dari jenis-jenis produk cacat yang terjadi selama periode bulan Agustus 2016 sampai dengan bulan Juli 2017.

Tabel 2. Data Jenis-Jenis Produk Cacat

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jenis Cacat (Kg)			Jumlah Cacat (Kg)
		Lembek	Gembur	Lebar	
Agustus 2016	24.400	2.000	1.950	1.800	5.750
September 2016	24.420	1.900	1.800	1.850	5.550
Oktober 2016	24.480	1.950	1.950	1.900	5.800
November 2016	24.380	1.850	1.900	1.850	5.600
Desember 2016	24.500	2.000	1.950	1.900	5.850
Januari 2017	24.540	1.900	1.800	1.850	5.550
Februari 2017	24.580	1.950	2.000	1.900	5.850
Maret 2017	24.500	2.050	1.900	1.850	5.800
April 2017	24.480	2.000	1.800	1.700	5.500
Mei 2017	24.440	2.000	1.850	1.800	5.650
Juni 2017	24.400	1.950	1.850	1.800	5.600
Juli 2017	24.420	2.000	2.000	1.800	5.800
Jumlah	293.540	23.550	22.750	22.000	68.300
Rata-Rata	24.462	1.963	1.896	1.833	5.692

(Sumber: PT. Gandum Mas Kencana)

3. Prioritas Data Jenis Produk Cacat

Untuk mengetahui jenis cacat yang akan diprioritaskan didalam melakukan analisa permasalahan perlu adanya pengolahan data.

Tabel 3. Prioritas Data Jenis Produk Cacat

No.	Jenis Cacat	Total Produksi Per Tahun (Kg)	Jumlah Cacat Per Tahun (Kg)	Cacat (%)	Masalah (%)	Cacat Kumulatif (%)
1	Lembek	293.540	23.550	0,080	34,480	34,480
2	Gembur	293.540	22.750	0,078	33,309	67,789
3	Lebar	293.540	22.000	0,075	32,211	100
Total			68.300	0,233	100	

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Dari tabel diatas diketahui ada 3 jenis cacat yaitu Lembek, Gembur, dan Lebar. Untuk menentukan frekuensi cacat dilihat mulai dari jumlah cacat yang tertinggi yaitu cacat lembek sebanyak 23.550 Kg, cacat gembur sebanyak 22.750 Kg, dan cacat lebar sebanyak 22.000 Kg.

4. Langkah-Langkah Dalam Melakukan Eksperimen

Ada beberapa tahapan proses yang harus dilakukan dalam melakukan percobaan ini. Adapun proses-proses tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pematangan dan Homogenisasi (*Conching*)
2. Proses *Tempering*
3. Proses Cetak

5. Penentuan Jumlah Level Dan Faktor Kontrol

Langkah pertama dalam tahapan analisis ini adalah mengumpulkan data-data yang digunakan sebagai rancangan percobaan, yaitu penentuan faktor kontrol dan faktor *level* untuk eksperimen dilakukan dengan mempertimbangkan hasil perencanaan eksperimen.

Tabel 4. Faktor Kontrol dan Faktor *Level*

Kode	Faktor Kontrol	Faktor Level		
		Low (L)	Standar (S)	High (H)
A	<i>Speed Conveyor Belt</i>	10 Hz	12 Hz	14 Hz
B	Suhu Cokelat	28 °C	29 °C	30 °C
C	Material <i>Hardener</i>	0,5 Kg	1 Kg	1,5 Kg

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Berdasarkan **Tabel 4.** hasil pengamatan yang dilakukan pada Eksperimen ini memiliki 3 faktor kontrol yaitu dengan kode A, B, dan C. Dimana A adalah *Speed Conveyor Belt*, B adalah Suhu Cokelat, dan C adalah Material *Hardener*. Masing-masing faktor kontrol mempunyai 3 faktor *level* yaitu, *Low* (Rendah) dilambangkan dengan (L), *Standar* (Sedang) dilambangkan dengan (S), dan *High* (Tinggi) dilambangkan dengan (H).

6. Penetapan Orthogonal Array

Untuk mendapatkan rancangan tabel *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen.

Tabel 5. Perhitungan *Degree Of Freedom*

Faktor		<i>Degree Of Freedom</i>
Kode	Penjelasan	
A	<i>Speed Conveyor Belt</i>	(3-1) = 2
B	Suhu Cokelat	(3-1) = 2
C	Material <i>Hardener</i>	(3-1) = 2
Total		6

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

7. Pelaksanaan Eksperimen

Langkah selanjutnya yaitu melaksanakan pemeriksaan terhadap produk cokelat yang dihasilkan. Kemudian dilakukan pencatatan terhadap jumlah produk cacat berdasarkan jenis cacat yaitu, Cacat Lembek, Cacat Gembur, Cacat Lebar.

Tabel 6. Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen	Faktor Kontrol			Hasil Cacat Lembek (Kg)			Jumlah Cacat (Kg)	Rata-Rata Cacat (Kg)
	A	B	C	Jam I	Jam II	Jam III		
1	L	L	L	8,5	8	10	26,5	8,83
2	L	S	S	7	9	8	24	8,00
3	L	H	H	8	9	9,5	26,5	8,83
4	S	L	S	7	9	9	25	8,33
5	S	S	H	7	6	5	18	6,00
6	S	H	L	8	8	8	24	8,00
7	H	L	H	7	8	8	23	7,67
8	H	S	L	9	8	9	26	8,67
9	H	H	S	10,5	9	9	28,5	9,50
Total				72	74	75,5	221,5	73,83

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Jadi dapat disimpulkan dari hasil percobaan bahwa *settingan* terbaik untuk proses cetak produk *Stick Coverture* ada pada eksperimen ke 5 dengan faktor kontrol (A) *Speed Conveyor Belt level Standar* atau Sedang (S), faktor kontrol (B) Suhu Cokelat *level Standar* atau Sedang (S), dan faktor kontrol (C) Material *Hardener level High* atau Tinggi (H), akan menghasilkan kualitas yang lebih baik dengan rata-rata cacat sebanyak 6,00 Kg.

8. Menghitung Rata-Rata Cacat Lembek Dengan Metode Anova

Untuk mengetahui hipotesis dari hasil eksperimen dan menghitung jumlah rata-rata cacat lembek yang terjadi pada produk *Stick Coverture*, maka digunakan rumus Anova yang bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tabel nilai respon dengan tingkat ketelitian ($\alpha=0,05$).

1. Pengolahan Data Hasil Eksperimen Dan Data Rata-Rata Cacat

Jumlah Cacat = (Jam I + Jam II + Jam III)

$$= 8,5 + 8 + 10 = 26,5 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata cacat} &= \frac{(\text{Jam I} + \text{Jam II} + \text{Jam III})}{3} \\ &= \frac{8,5+8+10}{3} = 8,83 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Pembuatan Tabel Respon

a. Faktor Kontrol A dengan Faktor Level 1 (Low)

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 1 (Low) Pada Faktor Kontrol A}}{3} \\ A_1 &= \frac{(8,83+8,00+8,83)}{3} = 8,556 \end{aligned}$$

b. Faktor Kontrol A dengan Faktor Level 2 (Standar)

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 2 (Standar) Pada Faktor Kontrol A}}{3} \\ A_2 &= \frac{(8,333+6,000+8,000)}{3} = 7,444 \end{aligned}$$

c. Faktor Kontrol A dengan Faktor Level 3 (High)

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 3 (High) Pada Faktor Kontrol A}}{3} \\ A_3 &= \frac{(7,667+8,667+9,500)}{3} = 8,611 \end{aligned}$$

d. Faktor Kontrol B dengan Faktor Level 1 (Low)

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 1 (Low) Pada Faktor Kontrol B}}{3} \\ B_1 &= \frac{(8,833+8,833+7,667)}{3} = 8,278 \end{aligned}$$

e. Faktor Kontrol B dengan Faktor Level 2 (Standar)

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 2 (Standar) Pada Faktor Kontrol B}}{3} \\ B_2 &= \frac{(8,000+6,000+8,667)}{3} = 7,556 \end{aligned}$$

f. Faktor Kontrol B dengan Faktor Level 3 (High)

$$\begin{aligned} B_3 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 3 (High) Pada Faktor Kontrol B}}{3} \\ B_3 &= \frac{(8,833+8,000+9,500)}{3} = 8,778 \end{aligned}$$

g. Faktor Kontrol C dengan Faktor Level 1 (Low)

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 1 (Low) Pada Faktor Kontrol C}}{3} \\ C_1 &= \frac{(8,833+8,000+8,667)}{3} = 8,500 \end{aligned}$$

h. Faktor Kontrol C dengan Faktor Level 2 (Standar)

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 2 (Standar) Pada Faktor Kontrol C}}{3} \\ C_2 &= \frac{(8,000+8,333+9,500)}{3} = 8,611 \end{aligned}$$

i. Faktor Kontrol C dengan Faktor Level 3 (High)

$$\begin{aligned} C_3 &= \frac{\text{Jumlah Rata-Rata Faktor Level 3 (High) Pada Faktor Kontrol C}}{3} \\ C_3 &= \frac{(8,833+6,000+7,667)}{3} = 7,500 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan faktor kontrol dibuat tabel Respon yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Respon

Faktor	A	B	C
Level 1	8,556	8,278	8,500
Level 2	7,444	7,556	8,611
Level 3	8,611	8,778	7,500
Selisih	1,167	1,222	1,111
Rangking	2	3	1

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

3. Pengolahan Data ANOVA

Berikut ini perhitungan Pengolahan Data ANOVA:

a. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (SST)

$$SST = \sum y^2 = (8,5^2 + 8^2 + 10^2 + 7^2 + 9^2 + \dots + 9^2) = 1.854$$

b. Menghitung Jumlah Rata-Rata Kuadrat (SSmean)

- Total Cacat Keseluruhan (\bar{Y}) = $8,5 + 8 + 10 + 7 + 9 + \dots + 9 = 221,5$
- Rata-Rata Cacat Keseluruhan (\bar{Y}) = $\frac{\text{Total Cacat}}{27} = \frac{221,5}{27} = 8,204$
- SSmean = $N \times (\bar{Y})^2 = 27 \times \left(\frac{221,5}{27}\right)^2 = 1817,120$
- SSt = $SST - SSmean = 1.854 - 1817,120 = 36,630$

c. Menghitung Jumlah Kuadrat Masing Masing Faktor (SSA, SSB, SSC)

- $SS_A = ((A_1^2 \times n_1) + (A_2^2 \times n_2) + (A_3^2 \times n_3)) - SSmean$
 $= ((8,556)^2 \times 9) + (7,444)^2 \times 9 + (8,611)^2 \times 9) - 1817,120 = 7,796$
- $SS_B = ((B_1^2 \times n_1) + (B_2^2 \times n_2) + (B_3^2 \times n_3)) - SSmean$
 $= ((8,278)^2 \times 9) + (7,556)^2 \times 9 + (8,778)^2 \times 9) - 1817,120 = 6,796$
- $SS_C = ((C_1^2 \times n_1) + (C_2^2 \times n_2) + (C_3^2 \times n_3)) - SSmean$
 $= ((8,500)^2 \times 9) + (8,611)^2 \times 9 + (7,500)^2 \times 9) - 1817,120 = 6,741$

d. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SS_{Error})

$$SS_{Error} = SST - SSmean - SS_A - SS_B - SS_C = 15,296$$

e. Menghitung Derajat Kebebasan Faktor A, B, C, dan Error

- Faktor Kontrol A = $V_A = (\text{Faktor Level} - 1) = 3 - 1 = 2$
- Faktor Kontrol B = $V_B = (\text{Faktor Level} - 1) = 3 - 1 = 2$
- Faktor Kontrol C = $V_C = (\text{Faktor Level} - 1) = 3 - 1 = 2$
- Derajat Kebebasan Error (DB_{Error}) = (Jumlah Data Percobaan - Jumlah Percobaan) = $(27 - 9) = 18$

f. Menghitung Derajat Kebebasan Total (V_T)

$$V_T = (\text{Jumlah Data Percobaan} - 1) = 27 - 1 = 26$$

g. Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat A, B, C, dan Error

- Rata-Rata Jumlah Kuadrat A = $MS_A = \left(\frac{SS_A}{V_A}\right) = \left(\frac{7,796}{2}\right) = 3,898$
- Rata-Rata Jumlah Kuadrat B = $MS_B = \left(\frac{SS_B}{V_B}\right) = 3,398$
- Rata-Rata Jumlah Kuadrat C = $MS_C = \left(\frac{SS_C}{V_C}\right) = 3,370$
- Rata-Rata Jumlah Kuadrat Error = $MS_{Error} = \left(\frac{SS_{Error}}{DB_{Error}}\right) = \left(\frac{15,296}{18}\right) = 0,850$

h. Menghitung Ratio F (F Ratio) A, B, C, dan Error

- 1) F Ratio A = $\left(\frac{MSA}{MSE_{error}}\right) = \left(\frac{3,898}{0,850}\right) = 4,587$
- 2) F Ratio B = $\left(\frac{MSB}{MSE_{error}}\right) = 3,999$
- 3) F Ratio C = $\left(\frac{MSC}{MSE_{error}}\right) = 3,966$
- 4) F Ratio Error = $\left(\frac{MSE_{error}}{MSE_{error}}\right) = 1$

i. Menghitung (SS') Pada Masing-Masing Faktor

- 1) SS' Faktor A = $SS_A - (V_A \times MSE_{error}) = 7,796 - (2 \times 0,850) = 6,097$
- 2) SS' Faktor B = $SS_B - (V_B \times MSE_{error}) = 6,796 - (2 \times 0,850) = 5,097$
- 3) SS' Faktor C = $SS_C - (V_C \times MSE_{error}) = 6,741 - (2 \times 0,850) = 5,041$
- 4) SS' Faktor Error = $SS_t - (SS'A + SS'B + SS'C) = 24,078$

j. Menghitung RHO% (Persentase Rasio Akhir) Faktor A, B, C, dan Error

- 1) RHO% A = $\left(\frac{SS'A}{SS_t}\right) = \left(\frac{6,097}{36,630}\right) = 16,644\%$
- 2) RHO% B = $\left(\frac{SS'B}{SS_t}\right) = 13,914\%$
- 3) RHO% C = $\left(\frac{SS'C}{SS_t}\right) = 13,762\%$
- 4) RHO% Error = $\left(\frac{SS'E}{SS_t}\right) = 65,733\%$

4. Pembuatan Tabel Analysis Of Variance (ANOVA)

Berikut ini adalah hasil pengolahan data dalam bentuk tabel ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. ANOVA

Sumber	SS	DF	MS	F-Ratio	SS'	Ratio %
A	7,796	2	3,898	4,587	6,097	16,644
B	6,796	2	3,398	3,999	5,097	13,914
C	6,741	2	3,370	3,966	5,041	13,762
Error	15,296	18	0,850		24,078	65,733
SS _t	36,630	26	1,409		36,630	
Mean	1817,120	1				
Total	1854	27				

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Berdasarkan **Tabel 8.** diatas dapat diketahui bahwa hasil dari seluruh faktor yaitu *Speed Conveyor Belt*, Suhu Cokelat, dan Material *Hardener* memiliki nilai **F-Ratio (4,587) ; (3,999) ; (3,966) ≥ F-Tabel (3,37) : maka H₀ ditolak.**

Jadi hal ini dapat diartikan bahwa percobaan seluruh faktor kontrol memiliki pengaruh terhadap peningkatan proses

produksi serta penurunan produk cacat untuk produk cokelat *Stick Coverture*.

Berikut perhitungan untuk menentukan F-tabel.

$$F\text{-tabel} = (k-1) ; (b-1) = (3-1) ; (27-1) = (2) ; (26) = (3,37), \text{ jadi F-tabel } (3,37)$$

9. Hasil Perancangan Perbaikan

Berikut ini adalah hasil perancangan percobaan yang telah dilakukan selama 3 bulan pada bulan Agustus, September dan Oktober tahun 2017, setelah data produksi dari bulan Agustus 2016 sampai dengan bulan Juli 2017 yang dapat dilihat pada **Tabel 9.**

Tabel 9. Perancangan Perbaikan

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jenis Cacat (Kg)			Jumlah Cacat (Kg)	Cacat Kumulatif (%)
		Lembek	Gembur	Lebar		
Agustus 2016	24.400	2.000	1.950	1.800	5.750	23,57
September 2016	24.420	1.900	1.800	1.850	5.550	22,73
Oktober 2016	24.480	1.950	1.950	1.900	5.800	23,69
November 2016	24.380	1.850	1.900	1.850	5.600	22,97
Desember 2016	24.500	2.000	1.950	1.900	5.850	23,88
Januari 2017	24.540	1.900	1.800	1.850	5.550	22,62
Februari 2017	24.580	1.950	2.000	1.900	5.850	23,80
Maret 2017	24.500	2.050	1.900	1.850	5.800	23,67
April 2017	24.480	2.000	1.800	1.700	5.500	22,47
Mei 2017	24.440	2.000	1.850	1.800	5.650	23,12
Juni 2017	24.400	1.950	1.850	1.800	5.600	22,95
Juli 2017	24.420	2.000	2.000	1.800	5.800	23,75
Jumlah	293.540	23.550	22.750	22.000	68.300	279,21
Rata-Rata	24.462	1.963	1.896	1.833	5.692	23,27
Agustus 2017	24.400	1.404	1.248	1.092	3.744	15,34
September 2017	24.430	1.365	1.170	1.053	3.588	14,69
Oktober 2017	24.480	1.287	1.326	1.170	3.783	15,45
Jumlah	73.310	4.056	3.744	3.315	11.115	45
Rata-Rata	24.437	1.352	1.248	1.105	3.705	15,16

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Berdasarkan pada **Tabel 4.13** diatas dapat dilihat pada bulan Agustus 2016 sampai dengan bulan Juli 2017 ditemukan bahwa jumlah cacat kumulatif sebesar 23,27%. Namun setelah dilakukan percobaan perbaikan selama 3 bulan pada bulan Agustus, September, dan Oktober di tahun 2017 jumlah cacat kumulatif mengalami penurunan menjadi 15,16%. Berarti jumlah cacat pada 3 bulan percobaan perbaikan ikut mengalami

penurunan sebanyak 8,11%. Penurunan persentase jumlah cacat kumulatif untuk 3 bulan percobaan sudah sesuai dengan persentase target cacat perusahaan yaitu sebesar 15%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengolahan data dengan menggunakan metode *Design Of Experiments* (DOE) dan pendekatan dengan metode *Analysis Of Variance* (ANOVA) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian cacat produk cokelat *Stick Coverture* dapat dibagi menjadi 3 jenis produk cacat yaitu, Cacat Lembek, Cacat Gembur, dan Cacat Lebar. Dengan prioritas cacat produk yang paling tinggi adalah Cacat Lembek dengan jumlah cacat pertahun sebanyak 23.550 Kg.
2. Melalui pengolahan data hasil produksi dengan menggunakan Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Diagram*) diketahui bahwa penyebab dominan terjadinya Cacat Lembek pada produk cokelat *Stick Coverture* adalah *Speed Conveyor Belt*, Suhu Cokelat, dan Formula *Hardener*.
3. Berdasarkan penerapan metode *Design Of Experiments* (DOE) didapatkan kesimpulan bahwa kondisi yang paling ideal untuk proses produksi cokelat *Stick Coverture* adalah pada faktor kontrol A dengan faktor *level 2* (*Speed Conveyor Belt*, *level Standar*, yaitu 12 Hz), faktor kontrol B dengan faktor *level 2* (Suhu Cokelat, *level Standar*, yaitu 29°C), dan faktor kontrol C dengan faktor *level 3* (Formula *Hardener*, *level High*, yaitu 1,5 Kg). Dapat dibuktikan pada perhitungan Tabel ANOVA dengan hasil dari seluruh faktor kontrol memiliki nilai **F-Ratio (4,587) ; (3,999) ; (3,966) ≥ F-Tabel (3,37)**. Hal ini dapat diartikan bahwa seluruh faktor kontrol memiliki pengaruh terhadap peningkatan proses produksi serta kualitas produk cokelat *Stick Coverture*. Dengan data yang dapat dilihat pada bulan Agustus 2016 sampai dengan bulan Juli 2017 ditemukan bahwa jumlah cacat kumulatif sebesar 23,27%. Namun setelah dilakukan percobaan perbaikan selama 3 bulan pada bulan

Agustus, September, dan Oktober di tahun 2017 jumlah cacat kumulatif mengalami penurunan menjadi 15,16%. Berarti jumlah cacat pada 3 bulan percobaan perbaikan ikut mengalami penurunan sebanyak 8,11%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, Iswanto, 2013. *Aplikasi Metode Taguchi Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Untuk Perbaikan Kualitas Produk Di PT. XYZ*, Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 2, No. 2, Juni 2013 pp.13-18.
- Albert, Rully, *Determinan Dalam Pemanfaatan Produk Cacat (Defect) Tinta Cetak Pada Produk Reguler (Base Produk) Tinta Cetak Dengan Menggunakan Metode Design Of Experiments (DOE)*, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan 2016, .
- Indarti, Erti, dan Budianto, Slamet, 2013, *Kajian Pembuatan Cokelat Batang Dengan Metode Tempering Dan Tanpa Tempering*, Institut Pertanian, Bogor.
- Ladou, James Saprian, dan Susanty, Susy, *Usulan Kombinasi Terbaik Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Cacat Produk Botol Plastik 600 ML Menggunakan Metode Full Factorial 2k Di PT. X*, Institut Teknologi Nasional, Bandung 2015. .
- Manual Book Mesin MP 4 dan Data Produksi* PT.Gandum Mas Kencana.
- Paulina, Yohana, , *Penerapan Metode Material Requirement Planning Pada Proses Produksi Cokelat Jogja Istimewa*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta 2015.
- Pranowo, Sidi, 2013, *Aplikasi Metode Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.2 Tahun 2013: pp. 101-108.
- Pritasari, Novatiara Fury, 2013, *Analisis Respon Mahasiswa Kelas Listening Menggunakan Metode Paired*

Comparisons Dan ANOVA, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Rahmawati, Fauziah, 2016, **Fortifikasi Tepung Daun Kelor (Moringa Oleifera) Dengan Susu Bubuk Dan Konsentrasi Kayu Manis (Cinnamomun Burmani) Terhadap Karakteristik Dark Chocolate**, Universitas Pasundan, Bandung.

Salomon, Lithrone Larischa, dan Kosasih, Wilson, , **Perancangan Eksperimen Untuk Meningkatkan Kualitas Ketangguhan Material Dengan Pendekatan Analysis General Factorial Design**, Universitas Tarumanagara, Jakarta 2015.

Setiawati, Fitria, , **Analisis Pengendalian Proses Produksi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Pada Perusahaan PT. Batik Dan Liris Sukoharjo**, Universitas Muhammadiyah, Surakarta 2014 .

Siska, Merry, dan Rudi, , **Desain Eksperimen Pengaruh Zeolit Terhadap Penurunan Limbah Kadmium**, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru 2012.

Siswandi, Muharom, **Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat**, Universitas Wijaya Putra 2015..

Suwandi, Arief,, **Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode Design Of Experiments (DOE)**, Universitas Esa Unggul, Jakarta 2012.

Utama, Dominico Bertho Dyan, **Desain Eksperimen Guna Mengurangi Cacat Produksi Pada Proses Embossing Label Kulit Sapi Di Celana Jeans**, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta 2014.