

Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) Pada Kasus Pengendalian Kualitas Keramik Studi Kasus PT. American Standard

Sri Mulyani, Sekar Krismaya Weni, Dewi Lutfia Pratiwi, dan Santi Wulan Purnami
Departemen Statistika, Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: dewilp21@gmail.com, santi_wp@statistika.its.ac.id

Abstrak— PT American Standard Indonesia merupakan salah satu produsen keramik, peralatan dapur dan perabotan kamar mandi yang ada di Indonesia. Guna mengembangkan produk yang inovatif, PT American Standard Indonesia selalu menjaga/mengontrol kualitas produk sehingga selalu mendapatkan kepercayaan dari konsumen. Salah satu cara untuk mengontrol kualitas yang dihasilkan PT American Standard Indonesia yaitu melakukan eksperimen untuk menghasilkan kualitas produk yang terbaik. Metode yang tepat untuk mengetahui faktor yang berpengaruh pada produk yaitu menggunakan *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*. Pada penelitian ini ingin diketahui apakah faktor *temperature* dan lama pengendapan mempengaruhi waktu pengeringan tahap *Base Filter Composition* dan waktu pengeringan tahap *Thin Top Coat*. Sebelum melakukan pengujian MANOVA, dilakukan pengujian independensi, normalitas data dan homogenitas data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara waktu pengeringan tahap *Base Filter Composition* dan waktu pengeringan tahap *Thin Top Coat* tidak ada korelasi, data respon berdistribusi normal secara multivariat dan data respon yang diperoleh tidak homogen. Dalam pengujian MANOVA *One Way* diperoleh hasil bahwa faktor *temperature* memiliki pengaruh yang besar terhadap waktu pengeringan tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat*, dan berdasarkan pengujian MANOVA *Two Way* dihasilkan bahwa faktor *temperature* dan lama pengendapan berpengaruh terhadap waktu pengeringan tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat*.

Kata Kunci—MANOVA *One Way*, MANOVA *Two Way*, Uji Barlett, Uji Homogenitas, Uji Normal Multivariat.

I. PENDAHULUAN

PERSEROAN Terbatas (PT) American Standard Indonesia adalah salah satu bagian dari INAX Corporation, anggota JS Group yang bermarkas di kota Tokoname, Jepang. INAX adalah produsen keramik dan perlengkapan dapur serta kamar mandi [1]. Semua produk yang dihasilkan oleh PT American Standard Indonesia terbuat dari keramik, misalnya pada perabotan dapur terdapat produk kran dan wastafel, dan pada perabotan kamar mandi terdapat produk toilet, kran, bak mandi dan pancuran. Selama lebih dari 140 tahun American Standard telah memimpin dalam pengembangan produk kamar mandi dan dapur yang inovatif yang telah menetapkan dan menetapkan kembali standar hidup sehat, bertanggung jawab dan indah [2].

Guna mengembangkan produk yang inovatif, PT American

Standard Indonesia selalu menjaga/mengontrol kualitas produk sehingga selalu mendapatkan kepercayaan dari konsumen. Salah satu cara untuk mengontrol kualitas yang dihasilkan PT American Standard Indonesia yaitu melakukan eksperimen untuk menghasilkan kualitas produk yang terbaik. Dalam kasus ini eksperimen yang dilakukan adalah untuk mencari waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat* yang optimal.

Salah satu metode dalam statistik yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*. MANOVA merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menguji tentang perbedaan beberapa vektor rata-rata populasi [3]. Pada penelitian ini faktor yang digunakan ada dua yaitu lama pengendapan dan temperatur yang masing-masing terdiri dari 3 level serta terdapat dua respon yaitu waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan waktu pengeringan pada tahap *Thin Top Coat*. Berdasarkan faktor dan respon tersebut akan dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah faktor lama pengendapan dan *temperature* mempengaruhi kecepatan waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat*. MANOVA yang akan digunakan yaitu MANOVA *one way* dan MANOVA *two way* dengan memperhatikan asumsi independen pada respon, normalitas data secara multivariate serta homogenitas data. Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yaitu data diasumsikan independen, normal multivariat dan homogen apabila dalam pengujian tidak memenuhi ketiga hal tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Uji Bartlett

Uji Bartlett bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel dalam kasus multivariat. Jika variabel X_1, X_2, \dots, X_p *independent* (bersifat saling bebas), maka matriks korelasi antar variabel sama dengan matriks identitas [4]. Sehingga untuk menguji kebebasan antar variabel ini, uji Bartlett menyatakan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis pengujian :

$$H_0 : \rho = 1$$

$$H_1 : \rho \neq 1$$

Statistik Uji :

$$\bar{r}_k = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p r_{ik}, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

$$\bar{r} = \frac{2}{p(p-1)} \sum_{i < k} r_{ik} \quad (2)$$

$$\hat{\gamma} = \frac{(p-1)^2 [1 - (1 - \bar{r})^2]}{p - (p-2)(1 - \bar{r})^2} \quad (3)$$

Dengan :

r_k = rata-rata elemen diagonal pada kolom atau baris ke k dari matrik R (matrik korelasi)

\bar{r} = rata-rata keseluruhan dari elemen diagonal

Daerah penolakan :

tolak H_0 jika

$$T = \frac{(n-1)}{(1-\bar{r})^2} \left[\sum_{i < k} (r_{ik} - \bar{r})^2 - \hat{\gamma} \sum_{k=1}^p (\bar{r}_k - \bar{r})^2 \right] > \chi^2_{(p+1)(p-2)/2; \alpha} \quad (4)$$

Maka variabel-variabel saling berkorelasi hal ini berarti terdapat hubungan antar variabel. Jika H_0 ditolak maka analisis multivariat layak untuk digunakan terutama metode (Saudi, 2018) analisis komponen utama dan analisis faktor.

B. Uji Normalitas

Pengujian normal multivariat merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal secara multivariat atau tidak. Prosedur pengujiannya sebagai berikut

Hipotesis :

H_0 : Data mengikuti sebaran distribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak mengikuti sebaran distribusi normal multivariat

Statistik uji:

$$\mathbf{d}_j^2 = (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}}) \quad (5)$$

Data dapat dikatakan berdistribusi normal apabila nilai $d_j^2 \leq \chi^2_{(p,0.5)}$ dengan proporsi sekitar 50% [3].

C. Pengujian Signifikasi Koefisien Korelasi Plot Chi-Square

Pengujian koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui apakah data memenuhi asumsi normal multivariat atau tidak. Pengujian ini dapat dilakukan setelah diperoleh hasil q_c dan d_j^2 . Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini yaitu

H_0 : data mengikuti sebaran distribusi normal multivariat dan

H_1 : data tidak mengikuti sebaran distribusi normal multivariat.

Statistik uji yang digunakan

$$r_q = \frac{\sum_{j=1}^n (d_j^2 - \bar{d}_j^2)(q_{(j)} - \bar{q})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (d_j^2 - \bar{d}_j^2)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^n (q_{(j)} - \bar{q})^2}} \quad (6)$$

Daerah penolakan yaitu tolak H_0 apabila $r_q < \text{critical points}$.

D. Uji Homogenitas

Uji ini digunakan untuk memperlihatkan bahwa dua data atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama.

Hipotesis :

H_0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g \approx \Sigma$

H_1 : minimal ada satu kelompok yang berbeda,

$$\Sigma_i \neq \Sigma_j; i, j, \dots, g$$

Statistik uji:

Box's M

$$M = [\Sigma_1 (n_1 - 1)] \ln |\mathbf{S}_{\text{pooled}}| - \Sigma_1 (n_1 - 1) \ln |\mathbf{S}| \quad (7)$$

$$C = (1 - \mu) M \quad (8)$$

dimana :

g : banyak kelompok

$|\mathbf{S}_{\text{pooled}}|$: matrik kovarian gabungan dalam kelompok

\mathbf{S}_1 : matrik kovarian kelompok ke-1

Daerah penolakan :

Tolak H_0 jika $C \geq \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2}(\alpha)$, artinya matrik varian kovarian antar kelompok tidak homogen.

E. Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

MANOVA digunakan apabila percobaan terdapat beberapa variabel independen yang nilainya akan diubah. MANOVA memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan Anova, salah satunya adalah mengurangi kemungkinan terjadinya galat tipe 1 yang mungkin terjadi saat dilakukan perhitungan beberapa Anova secara independen. Asumsi yang berlaku pada MANOVA antara lain [5] :

1. Variabel dependen terdistribusi normal.
2. Setiap pasang variabel dependen, kovariat, dan semua pasangan variabel dependen-kovariat adalah linear.
3. Variabel dependen memiliki tingkat variansi yang sama sepanjang daerah variabel prediktor.
4. Variabel dependen maupun independen dapat dikorelasikan satu sama lain.

Batasan-batasan dalam MANOVA [5] :

1. *Outliers* – *Outliers* dapat menghasilkan galat Tipe I atau Tipe II dan tidak ada tanda yang menandakan galat tipe mana yang terjadi dalam analisis.
2. *Multikolinearitas* dan *Singularitas* – Saat terdapat korelasi yang tinggi antara variabel dependen, salah satu variabel dependen akan menjadi kombinasi linear dari variabel dependen lainnya.

a. MANOVA One-Way

One-way MANOVA dapat digunakan untuk menguji apakah ke- g populasi (dari satu faktor yang sama) menghasilkan vektor rata-rata yang sama untuk p variabel respon atau variabel dependen yang diamati dalam penelitian [6].

Model *One-Way* Anova adalah sebagai berikut.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

Dimana $i=1, 2, \dots, g, j=1, 2, \dots, n_i$

Y_{ij} : nilai pengamatan dari perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ : nilai rata-rata

τ_i : pengaruh dari perlakuan ke- i terhadap respon

ε_{ij} : pengaruh *error*

Dalam *One-Way* MANOVA, hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$

H_1 : minimal terdapat satu $\tau_i \neq 0, i=1,2,\dots,g$

b. MANOVA *Two-Way*

Analisis MANOVA dua arah merupakan pengembangan dari ANOVA dua arah. Model dari MANOVA dua arah adalah sebagai berikut. [4]

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (10)$$

Dimana $i=1,2,\dots,t$ dan $j=1,2,\dots,r$

Y_{ij} : nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ : nilai rata-rata

τ_i : pengaruh dari faktor 1 pada level ke-i terhadap respon

β_j : pengaruh dari faktor 2 pada level ke-j terhadap respon

$(\tau\beta)_{ij}$: pengaruh faktor interaksi antara faktor 1 pada level ke-i dan faktor 2 pada level ke-j terhadap respon

ε_{ij} : pengaruh error yang berdistribusi $Np(0, \Sigma)$ untuk data multivariate.

Hipotesis yang digunakan pada pengujian pengaruh faktor 1 adalah sebagai berikut [6].

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$

H_1 : minimal terdapat satu $\tau_i \neq 0, i=1,2,\dots,t$

Hipotesis yang digunakan pada pengujian pengaruh faktor 2 terhadap respon adalah sebagai berikut.[4]

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_g = 0$

H_1 : minimal terdapat satu $\beta_j \neq 0, j=1,2,\dots,r$

Hipotesis yang digunakan pada pengujian pengaruh faktor 1 dan faktor 2 terhadap respon adalah sebagai berikut [6].

$H_0 : (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \dots = (\tau\beta)_{ij} = 0$

H_1 : minimal terdapat satu $(\tau\beta)_{ij} \neq 0, i=1,2,\dots,r$

F. Keramik

Keramik adalah material anorganik dan non-metal. Umumnya keramik adalah senyawa antara logam dan non logam. Untuk mendapatkan sifat-sifat keramik biasanya diperoleh dengan pemanasan pada suhu tinggi. Keramik dibagi menjadi dua yaitu [7] :

1. Keramik tradisional: biasanya dibuat dari tanah liat. Contoh: porselen, bata ubin, gelas dll.

2. Keramik modern: mempunyai ruang lingkup lebih luas dari keramik tradisional dan mempunyai efek dramatis pada kehidupan manusia seperti pemakaian pada bidang elektronik, komputer, komunikasi, *aerospace* dll. Ikatan atom pada keramik umumnya ikatan ion, walaupun ada sebagian mempunyai kovalen

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari *paper* yang berjudul Pengendalian Kualitas Keramik dengan Pendekatan *Design of Experiment* Epoksi untuk Jenis Cacat *Pinhole* (studi kasus pada PT. American

Standard Indonesia) ditulis oleh Arleen Wirjawan dari Universitas Krida. Data diakses pada Kamis, 2 Maret 2018.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Level	Satuan
X1	Temperature	Level 1 : 26° Level 2 : 30° Level 3 : 35°	Celsius
X2	Lama Pengendapan	Level 1 : 0 jam Level 2 : 1 jam Level 3 : 2 jam	Jam
Y1	Waktu Pengeringan Tahap <i>Base Filter Composition</i>	-	Jam
Y2	Waktu Pengeringan Tahap <i>Thin Top Coat</i>	-	Jam

C. Struktur Data

Struktur data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Struktur Data MANOVA *One Way*

Temperature	Y1	Y2	n
26° C	Y ₁₁	Y ₂₁	n ₁ = 18
	Y ₁₂	Y ₂₂	
	.	.	
	.	.	
30° C	Y ₁₁₈	Y ₂₁₈	n ₂ = 18
	Y ₁₁	Y ₂₁	
	Y ₁₂	Y ₂₂	
	.	.	
35° C	Y ₁₁₈	Y ₂₁₈	n ₁ = 18
	Y ₁₁	Y ₂₁	
	Y ₁₂	Y ₂₂	
	.	.	
	Y ₁₁₈	Y ₂₁₈	

Tabel 3. Struktur Data MANOVA *Two Way*

Temperature	Lama Pengendapan					
	0 Jam		1 Jam		2 Jam	
	Y1	Y2	Y1	Y2	Y1	Y2
26° C	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁
	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂

30° C	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆
	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁
	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂

35° C	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆
	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₁₁	Y ₂₁
	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₁₂	Y ₂₂

	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆	Y ₁₆	Y ₂₆

D. Langkah Analisis

Langkah analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan topik penelitian

2. Merumuskan masalah dan tujuan penelitian
3. Mengumpulkan data penelitian
4. Melakukan uji Barlet pada respon
5. Melakukan uji normalitas data secara multivariat
6. Melakukan uji homogenitas data
7. Melakukan pengujian MANOVA *One Way*
8. Melakukan Pengujian MANOVA *Two Way*
9. Menarik Kesimpulan

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

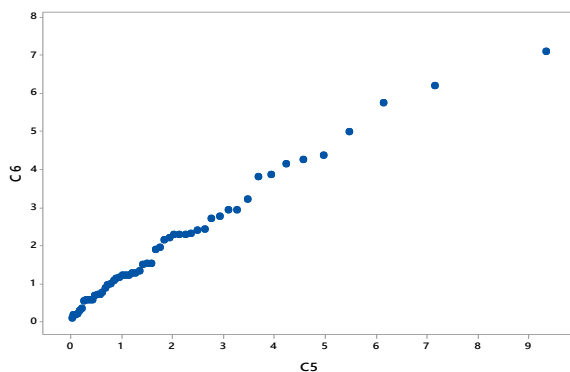
A. Uji Barlet

Uji *Barlet* adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah antar variabel respon memiliki korelasi atau tidak. Berdasarkan *output* SPSS diketahui bahwa nilai *p-value* sebesar 0,536. Mengacu pada tinjauan pustaka, dengan α sebesar 0,05 maka dapat diputuskan gagal tolak H_0 yang berarti bahwa matriks korelasi adalah matriks identitas sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat korelasi antara waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat*.

Berdasarkan pengujian diperoleh hasil bahwa antar respon tidak ada korelasi. Pada penelitian ini diasumsikan terdapat korelasi antara waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat* agar dapat berlanjut ke pengujian MANOVA.

B. Deteksi dan Pengujian Normal Multivariat

Deteksi normal multivariat digunakan untuk mengetahui apakah suatu data mengikuti distribusi normal multivariat. Deteksi normal multivariat secara visual menggunakan *Quantile-Quantile Plot (QQ-Plot)*. Berikut merupakan *output QQ-Plot* pada Minitab



Gambar 1. Q-Q Plot untuk Deteksi Normal Multivariat

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa plot sebaran data yang dibentuk membentuk garis lurus. Jika plot sebaran data membentuk garis lurus maka data mengikuti distribusi normal. Sehingga dapat disimpulkan secara visual dari Gambar 3 bahwa data berdistribusi normal multivariat. Selanjutnya akan dilakukan pengujian koefisien korelasi menggunakan *software* Minitab, dimana variabel yang akan dikorelasikan yaitu variabel q_c dan d_j^2 . Pengujian ini digunakan untuk

melihat apakah data memenuhi asumsi distribusi normal multivariat atau tidak. Berikut merupakan hasil korelasi menggunakan *Pearson Spearman*

Tabel 4. Hasil Korelasi q_c dan D_j^2

<i>Pearson Correlation</i>	0.992
<i>P-Value</i>	0.000

Berdasarkan Tabel 4 diketahui nilai korelasi sebesar 0,992. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai r_{tabel} yaitu $r_{0,05;54}=0,9785$. Dengan menggunakan uji hipotesis yang telah diuraikan pada tinjauan pustaka serta taraf signikasi sebesar 0,05, maka diperoleh kesimpulan gagal tolak H_0 karena nilai korelasi lebih besar dari $r_{0,05;54}$. Hal ini berarti bahwa data respon berdistribusi normal multivariat dengan tingkat kepercayaan 95%.

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan mahalanobis. Data dapat dikatakan berdistribusi normal secara *multivariate* jika nilai $d_j^2 < \chi^2_{(p;0,5)}$ dengan proporsi sekitar $50\% \pm 4\%$. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai proporsi sebanyak 50%. Berdasarkan syarat yang diberikan, maka dapat disimpulkan bahwa data Waktu Pengeringan Tahap *Base Filter Composition* (Y_1) dan Waktu Pengeringan Tahap *Thin Top Coat* (Y_2) mengikuti sebaran distribusi normal secara multivariat.

C. Uji Homogenitas

1. Uji Homogenitas *One Way*

Pengujian homogenitas *one way* digunakan untuk mengetahui apakah data waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan data waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat* sudah homogen atau belum. Pengujian ini didasarkan oleh faktor *temperature*. Berikut merupakan *output* pengujian homogenitas menggunakan SPSS.

Tabel 5. Output Pengujian Homogenitas *One Way*

Box's M	F	df1	df2	Sig.
14.128	2.221	6	64824.923	.038

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa nilai *p-value* sebesar 0,038. Dengan α sebesar 0,05 maka dapat diputuskan tolak H_0 yang berarti bahwa data waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan *Thin Top Coat* tidak homogen. Pada penelitian ini akan diasumsikan homogen agar dapat berlanjut ke pengujian selanjutnya.

2. Uji Homogenitas *Two Way*

Pengujian homogenitas *one way* digunakan untuk mengetahui apakah data waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan data waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat* sudah homogen atau belum. Pengujian ini didasarkan oleh faktor *temperature* dan lama pengendapan. Berikut merupakan *output* pengujian homogenitas menggunakan SPSS.

Tabel 6. Output Pengujian Homogenitas *Two Way*

Box's M	F	df1	df2	Sig.
45.995	1.601	24	6189.623	.032

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa nilai *p-value* sebesar 0,032. Dengan α sebesar 0,05 maka dapat diputuskan tolak H_0 yang berarti bahwa data waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan *Thin Top Coat* tidak homogen. Pada

penelitian ini akan diasumsikan homogen agar dapat berlanjut ke pengujian selanjutnya.

D. Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

1. MANOVA One-Way

MANOVA One-Way digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel *independent Temperature* terhadap variabel respon (Y_1 dan Y_2). Pengujian dilakukan dengan menggunakan bantuan *software SPSS*, hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 7. Output Wilks' Lambda MANOVA One-Way

Effect	Value	F	error df	sig	Partial Eta Squared
Temperature	0.062	75.005	100	0,000	0.75

Berdasarkan Tabel 7, nilai signifikansi yang didapatkan adalah sebesar 0,000 dimana nilai ini kurang dari nilai alfa (0,05) sehingga tolak H_0 yang berarti variabel *Temperature* memiliki pengaruh terhadap variabel Y yaitu waktu pengeringan tahap *Base Filler Composition* (Y_1) dan waktu pengeringan tahap *Thin Top Coat* (Y_2). Besarnya pengaruh *temperature* sudah dikatakan tinggi karena nilai *Partial Eta Squared* yang cukup tinggi yaitu 0,75. Selanjutnya akan dibuat tabel MANOVA untuk *one way*

Tabel 8. MANOVA One Way

Source		SS	df	MS	F	Sig.	PES
X1	Y1	87.884	2	43.942	372.320	.000	.936
	Y2	.127	2	.063	.819	.447	.031
Error	Y1	6.019	51	.118			
	Y2	3.950	51	.077			
Corrected	Y1	93.903	53				
Total	Y2	4.077	53				

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai *p-value* X_1 terhadap Y_1 dan Y_2 masing-masing 0,000 dan 0,447. Dengan taraf signifikansi 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa faktor *temperature* berpengaruh terhadap waktu pengeringan tahap *Base Filter Composition* namun tidak berpengaruh terhadap waktu pengeringan pada tahap *Thin Top Coat*. Berdasarkan Tabel 8 dapat dibuat matriks *Sum Squares Cross Product* (SSCP) sebagai berikut

Tabel 9. Matriks *Sum Squares Cross Product* (SSCP)

Source	Matriks SSCP	df
Temperature	$B = \begin{pmatrix} 87,884 & 1,852 \\ 1,852 & 0,127 \end{pmatrix}$	2
Error	$W = \begin{pmatrix} 6,019 & -0,168 \\ -0,168 & 3,950 \end{pmatrix}$	51
Total	$\begin{pmatrix} 93,903 & 1,684 \\ 1,684 & 4,077 \end{pmatrix}$	53

2. MANOVA Two-Way

Karena data sudah berdistribusi normal multivariat dan diasumsikan homogen, maka selanjutnya dilakukan pengujian MANOVA Two Way. Berikut merupakan *output Wilks' Lambda* MANOVA Two Way

Tabel 10. Output Wilks' Lambda MANOVA Two Way

Effect	Wilks' Lambda	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	.002	.000	.998
X1	.054	.000	.768
X2	.547	.000	.260
X1*X2	.903	.796	.050

Berdasarkan Tabel 10 diketahui *p-value* faktor X_1 (*temperature*) dan X_2 (lama pengendapan) masing-masing 0,000. Dengan menggunakan α sebesar 0,05 maka dapat

diputusan tolak H_0 yang berarti bahwa faktor *temperature* dan lama pengendapan berpengaruh terhadap waktu pengeringan keramik tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat*. Sedangkan *p-value* pada interaksi sebesar 0,796. Jadi dapat diputusan gagal tolak H_0 yang berarti bahwa faktor interaksi tidak berpengaruh terhadap respon.

Besarnya pengaruh faktor *temperature* terhadap respon dapat dikatakan tinggi karena memiliki nilai *Partial Eta Squared* yang mendekati 1 yaitu 0,768. Sedangkan pengaruh faktor lama pengendapan terhadap respon dapat dikatakan cukup rendah karena nilai *Partial Eta Squared* masih jauh dengan angka 1. Selanjutnya akan dibuat tabel MANOVA untuk *two way*

Tabel 11. MANOVA Two Way

Source		SS	df	MS	F	Sig.	PES
X1	Y2	.127	2	.063	1.249	.297	.053
	Y1	87.884	2	43.942	355.821	.000	.941
X2	Y2	1.551	2	.775	15.261	.000	.404
	Y1	.229	2	.114	.925	.404	.040
X1 * X2	Y2	.113	4	.028	.555	.696	.047
	Y1	.233	4	.058	.472	.756	.040
Error	Y2	2.287	45	.051			
	Y1	5.557	45	.123			
Corrected	Y2	4.077	53				
Total	Y1	93.903	53				

Dengan taraf signifikansi $\alpha=0,05$, berdasarkan Tabel 11 dapat diperoleh kesimpulan bahwa faktor *temperature* mempengaruhi waktu pengeringan *Base Filter Composition* dan tidak mempengaruhi waktu pengeringan *Thin Top Coat*. Faktor lama pengendapan mempengaruhi waktu pengeringan *Thin Top Coat* dan tidak mempengaruhi waktu pengeringan *Base Filter Composition*. Sedangkan faktor interaksi tidak mempengaruhi kedua respon. Berdasarkan Tabel 9 juga dapat dibuat matriks *Sum Squares Cross Product* (SSCP) sebagai berikut

Tabel 12. Matriks *Sum Squares Cross Product* (SSCP)

Source	Matriks SSCP	df
Temperature	$SS_1 = \begin{pmatrix} 0,127 & 1,852 \\ 1,852 & 87884 \end{pmatrix}$	2
Lama Pengendapan	$SS_2 = \begin{pmatrix} 1,551 & 0,527 \\ 0,527 & 0,229 \end{pmatrix}$	2
Temperature* Lama Pengendapan	$SS_{int} = \begin{pmatrix} 0,113 & 0,076 \\ 0,076 & 0,233 \end{pmatrix}$	4
Error	$W = \begin{pmatrix} 2,287 & -0,771 \\ -0,771 & 5,557 \end{pmatrix}$	45
Total	$\begin{pmatrix} 4,077 & 1,684 \\ 1,684 & 93,903 \end{pmatrix}$	53

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antara waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat*, data waktu pengeringan pada tahap *Base Filter Composition* dan tahap *Thin Top Coat* berdistribusi normal multivariat dan tidak homogen, *analysis of variance one-way* yang dilakukan terhadap faktor *temperature* memiliki pengaruh terhadap waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter*

Composition dengan waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat*, *analysis of variance two-way* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa faktor *temperature* dan lama pengendapan memiliki pengaruh terhadap waktu pengeringan keramik pada tahap *Base Filter Composition* dengan waktu pengeringan keramik pada tahap *Thin Top Coat*. Sedangkan interaksi antara *temperature* dan lama pengendapan tidak berpengaruh terhadap variabel respon

B. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah data yang digunakan lebih diperhatikan lagi, lebih teliti dalam melakukan analisis data. Sebaiknya analisis dilakukan apabila data respon ada korelasi, berdistribusi normal multivariat dan data homogen.

5.5	1.67	5.34	2.17	5.34	1.92
5.5	1.75	5.42	1.92	5.75	1.92
5.17	1.58	5.5	2.17	4.92	2.17
4.92	1.67	6.08	1.67	6.25	2.08

Lampiran 2 Output SPSS Pengujian Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.500
Bartlett's Test of Approx. Chi-Square	.383
Sphericity df	1
Sig.	.536

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 2018, March 03) Retrieved from <http://americanstandardindonesia.web.indotrading.com/about>
- [2] 2018, March 03) Retrieved from <https://www.americanstandard.co.id/id/about/company-info/american-standard-company-history/>
- [3] Johnson & Winchern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth edition*. United States of America: Pearson Prentice Hall
- [4] Saudi, I. B. (2018, Maret Selasa). Retrieved from <https://54ud1.files.wordpress.com/2010/01/analisis-faktor-web-personal-dosen.doc>
- [5] Ramdhani, M. R. (n.d.). Analisis Variansi Multivariate. 1.
- [6] Indri, W. (2018, Maret Sabtu). *Kupdf*. Retrieved from Kupdf: https://kupdf.com/download/one-way-MANOVA-and-two-way-MANOVA_58ce6d6bdc0d60035ac346df_pdf
- [7] Aryus, A. D. (2018, Maret Minggu). *Struktur dan Sifat-sifat Keramik*. Retrieved from <http://ft.unsada.ac.id/wp-content/uploads/2012/06/bab10-mt.pdf>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian

Temperature	Lama Pengendapan					
	0 Jam		1 Jam		2 Jam	
	Y1	Y2	Y1	Y2	Y1	Y2
26°C	8.92	1.34	8.67	1.67	8.92	2.25
	7.67	2	8.75	2.42	8.34	2.17
	8.67	1.83	8.5	2	8.42	2.34
	9	1.42	8.34	1.92	8.25	2.34
	7.92	1.42	8.58	1.75	8.67	2
	7.58	1.67	8.34	2.42	8.17	1.75
30°C	6.17	1.83	6	2	6.67	2.17
	6.25	1.58	6.25	1.58	6.42	1.92
	6.25	1.58	6.17	2.08	6.42	2.34
	6.17	1.92	6.42	1.67	6.17	1.83
	6.34	1.42	6	1.92	6.42	2
	6.17	1.42	6.67	1.67	6.5	1.67
35°C	5.34	1.67	5.5	1.67	4.75	2.25
	5.5	1.92	5.17	1.83	4.92	1.92