

# Analisis Pengukuran Produk HKZL PT.Gradien Manufaktur Indonesia Menggunakan Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) Melalui Analisis Faktor

Selvi Marcelina<sup>1, a)</sup>, Asep Solih Awalluddin<sup>2, b)</sup>, Arief Fatchul Huda<sup>3, c)</sup>, Rismawati Ramdani<sup>4, d)</sup>, Esih Sukaesih<sup>5, e)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Indonesia

a) [selvi.marcelina14@gmail.com](mailto:selvi.marcelina14@gmail.com)

b) [aasolih@uinsgd.ac.id](mailto:aasolih@uinsgd.ac.id)

c) [afhuda@uinsgd.ac.id](mailto:afhuda@uinsgd.ac.id)

d) [rismawatiramdani@uinsgd.ac.id](mailto:rismawatiramdani@uinsgd.ac.id)

e) [esih\\_s@uinsgd.ac.id](mailto:esih_s@uinsgd.ac.id)

## Abstrak

Data pengukuran sering digunakan dalam menentukan kualitas sebuah produk. Beberapa hasil dalam pengukuran hadir sifat multivariat, artinya terdapat banyak karakteristik kualitas. Banyak variabel yang diukur untuk dijadikan sebagai acuan dalam meningkatkan kualitas produk pada standar ukur perusahaan yang telah ditentukan. Namun pada kenyataannya, terdapat variasi ukuran atau ukuran produk yang tidak sesuai standar ukur yang digunakan oleh perusahaan tersebut. Dalam hal ini, struktur korelasi antara karakteristik kualitas yang sering diabaikan. Variabel yang berkorelasi dalam suatu kelompok, tetapi dengan korelasi yang relatif kecil antara kelompok lain adalah tugas yang lebih cocok untuk analisis faktor. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan ini digunakanlah Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GR&R) melalui Analisis Faktor. Adapun tujuan dari multivariat GRR melalui analisis faktor yaitu untuk mengidentifikasi struktur kovarian antara beberapa karakteristik kualitas dalam meningkatkan kualitas produk menggunakan multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) melalui analisis faktor, dan mengetahui apakah sistem pengukuran produk HKZL di PT. Gradien Manufaktur Indonesia diterima atau tidak menggunakan metode multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) melalui analisis faktor. Dalam praktiknya, langkah analisis sudah disusun dan diterapkan pada pengukuran produk HKZL di PT.Gradien Manufaktur Indonesia. Hasilnya diperoleh bahwa sistem pengukuran pada produk HKZL di PT.Gradien Manufaktur Indonesia tidak diterima, artinya produk yang dihasilkan yaitu HKZL memiliki kualitas diluar standar perusahaan (standar mutu), sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk HKZL ini dalam kondisi yang tidak baik untuk digunakan.

**Kata kunci:** Multivariat, *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR), Analisis Faktor

### Abstract

Measurement data is often used in determining the quality of a product. Some of the results in measurement present multivariate properties, meaning that there are many characteristics of quality. Many variables are measured to be used as a reference in improving product quality on the company's predetermined standards. But in reality, there are variations in the size or size of products that do not meet the standard of measurement used by the company. In this case, the correlation structure between quality characteristics is often overlooked. Variables that correlate in a group, but with relatively small correlations between other groups are more suitable tasks for factor analysis. Therefore, to solve The purpose of multivariate GRR through factor analysis is to identify the covariance structure between several quality characteristics in improving product quality using multivariate Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR) through factor analysis, and find out if the HKZL product measurement system is in PT. Indonesia's Manufacturing Gradient is accepted or does not use the multivariate Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR) method through factor analysis. In practice, the analysis step has been prepared and applied to the measurement of HKZL products in PT. Indonesian Manufacturing Gradient. The results were obtained from the measurement system on HKZL products in PT. The Indonesian Manufacturing Gradient is not accepted, meaning that the resulting product is HKZL has quality beyond the company's standards (quality standards), so it can be concluded that the HKZL product making machine is in poor condition to use.

**Keywords:** *Multivariate, Gage, Repeatability, and Reproducibility (GRR), Factor Analysis*

### Pendahuluan

Data pengukuran cukup berperan penting dalam peningkatan kualitas sebuah produk. Sebagai contoh, pada saat pengambilan keputusan untuk memperbaiki atau tidak proses manufaktur umumnya berdasarkan data pengukuran. Ketepatan hasil ukur selama proses pengukuran sangatlah dibutuhkan agar data yang didapatkan valid dan dapat digunakan sebagai acuan dalam peningkatan kualitas sebuah produk.

Pada kenyataan dilapangan, data pengukuran hadir sebagai data multivariat. Banyak variabel yang diukur untuk dijadikan sebagai acuan dalam meningkatkan kualitas produk pada standar ukur perusahaan yang telah ditentukan. Selain itu, banyak variasi ukuran atau ukuran produk yang tidak sesuai standar ukur yang digunakan oleh perusahaan tersebut. Oleh karena itu, diperlukanlah metode Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR)* untuk menyelesaikan permasalahan ini. Tujuan utama dalam penerapan analisis multivariat pada hasil pengukuran mengancam ketergantungan atau korelasi linier antara variabel, selain mengurangi redundansi antar variabel mereka.

Majeske [1] mengusulkan studi multivariate *Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR)* berdasarkan MANOVA. Wang dan Yang [2] dan wang dan Chien [3] menggunakan metode PCA yang menunjukkan efektivitas pendekatan multivariat ketika karakteristik kualitas yang berkorelasi dinilai e-ISSN : 2686-0341 p-ISSN: 2338-0896

dalam studi *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR). Metode yang diusulkan diatas sudah memadai untuk memodelkan struktur varian kovarian antara beberapa kualitas karakteristik. Namun, sistem yang kompleks biasanya, menuntut beberapa alat ukur untuk pengendalian proses. Dalam kondisi seperti ini, hubungan kovarian mungkin lebih penting daripada varian untuk analisis sistem pengukuran.

Saat menangani variabel berkorelasi dalam suatu kelompok, tetapi dengan korelasi yang relatif kecil antara kelompok lain adalah tugas yang lebih cocok untuk analisis faktor. Maka dari itu digunakanlah “Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) melalui Analisis Faktor”. Penerapan Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) melalui Analisis Faktor ini dilakukan pada pengukuran produk HKZL di PT. Gradien Manufaktur Indonesia untuk mengetahui apakah sistem pengukuran diterima atau tidak. Sistem pengukuran diterima diartikan sebagai produk yang dihasilkan yaitu HKZL memiliki kualitas sesuai standar perusahaan (standar mutu), sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk HKZL ini dalam kondisi yang prima. Sedangkan untuk sistem pengukuran tidak diterima diartikan sebagai produk yang dihasilkan yaitu HKZL memiliki kualitas diluar standar perusahaan (standar mutu), sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk HKZL ini dalam kondisi yang tidak baik untuk digunakan.

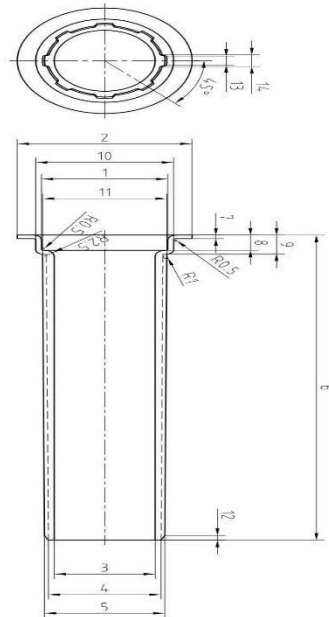
### Variabel Penelitian

Data yang digunakan yaitu data pengukuran produk HKZL dengan 14 variabel yang diukur sebagai berikut:

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Var 1	Diameter dalam bagian atas.
Var 2	Diameter luar bagian atas.
Var 3	Diameter dalam bagian bawah.
Var 4	Diameter luar bagian bawah.
Var 5	Diameter paling luar bagian bawah
Var 6	Total panjang
Var 7	Ketebalan
Var 8	Dimensi lekukan
Var 9	Dimensi lekukan yang kedua
Var 10	Diameter luar bagian atas
Var 11	Diameter luar bagian atas
Var 12	Dimensi lekukan bagian bawah
Var 13	Dimensi lekukan bagian atas (bagian dudukan bulat bergerigi)
Var 14	Dimensi lekukan bagian atas (bagian dudukan bulat bergerigi)

Adapun sketsa produk HKZL adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Sketsa Produk HKZL

### ***Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR)***

Metode GRR adalah suatu metode yang digunakan untuk memperoleh hasil pengukuran dari satu unit dengan alat ukur yang sama dengan melakukan pengulangan dan mengukur unit dengan beberapa alat ukur.

Statistik uji gauge RR dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Gauge\ RR = \left[ \frac{\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (IV)^2}}{USL - LSL} \right] \times 100\% \quad (1)$$

dengan,

- Gauge RR : uji statistic untuk menghitung kondisi *measurement system*  
 EV (*Equipment Variation*) : nilai variasi yang berasal dari operator yang sama (*Repeatability*)  
 AV (*Appraiser Variation*) : nilai variasi yang berasal dari operator yang berbeda (*Reproducibility*)  
 IV (*Interaction Varians*) : rata-rata nilai yang berasal dari jumlah sampel & operator yang berbeda  
 USL (*Upper Specification Limit*) : batas spesifikasi atas  
 ISL (*Lower Specification Limit*) : batas spesifikasi bawah

Berikut ini adalah syarat yang digunakan untuk mengambil kesimpulan menurut AIAG [4] dengan menggunakan nilai persentase *study varians*.

1. Apabila persentase *study varians* total gauge RR  $\leq 10\%$  maka *measurement system acceptable*.
2. Apabila  $10\% <$  persentase *study varians* total gauge RR  $\leq 30\%$  maka *measurement system acceptable* dengan syarat tertentu.
3. Apabila persentase *study varians* total gauge RR  $> 30\%$  maka *measurement system unacceptable* sehingga diperlukan perbaikan.

Selanjutnya dengan menggunakan *number distinct categories* untuk mengetahui *acceptable* atau tidaknya *measurement system* pada (2).

$$ndc = \left[ \frac{\hat{\sigma}_{part}}{\hat{\sigma}_{R\&R}} \right] x 1,41 \quad (2)$$

dengan,

*ndc (number distinct categories)* : uji statistic untuk menghitung kondisi *measurement system* berdasarkan varians

$\hat{\sigma}_{part}$  : varians dari komponen

$\hat{\sigma}_{R\&R}$  : varians seluruh analisis GRR

*Measurement system* dikatakan *acceptable* apabila *number of distinct categories* lebih besar dari 5. Selanjutnya dengan menggunakan *discriminant ratio* untuk mengetahui *acceptable* atau tidaknya *measurement system* pada (3).

$$DR = \sqrt{\frac{2\hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_{R\&R}^2} + 1} \quad (3)$$

dengan,

*DR (Discriminant Ratio)* : uji statistic untuk menghitung kondisi *measurement system* berdasarkan kuadrat varians

$\hat{\sigma}_P^2$  : kuadrat dari varians komponen

$\hat{\sigma}_{R\&R}^2$  : kuadrat varians seluruh analisis GRR

Jika  $DR \geq 4$  maka sistem pengukuran diterima, apabila  $DR < 2$  sistem pengukuran tidak diterima dan apabila  $2 < DR \leq 4$  sistem pengukuran marjinal.

### **Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR) Silang / Crossed Method**

GRR silang adalah desain faktorial yang dimaksudkan untuk mempelajari sumber variabilitas yang mempengaruhi sistem pengukuran. Pada metode GRR Silang ini bagian yang sama diukur beberapa kali oleh masing-masing operator. Adapun model GRR Silang adalah sebagai berikut:

$$X = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \{i = 1, 2, \dots, p, j = 1, 2, \dots, o, k = 1, 2, \dots, r\} \quad (4)$$

dengan,

$X$  : variabel yang diteliti

$\mu$  : rata-rata umum

$\alpha_i$  : pengaruh part ke-i

$\beta_j$  : pengaruh operator ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$  : interaksi part ke-i dan operator ke-j

$\varepsilon_{ijk}$  : galat part ke-i, operator ke-j dan ulangan ke-k (dengan catatan operator yang sama)

Adapun struktur data dari GRR silang adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Struktur Data GRR Silang

Part	Operato r	Pengulangan			
		1	2	...	r
1	1	$X_{111}$	$X_{112}$	...	$X_{11r}$
2	2	$X_{221}$	$X_{222}$	...	$X_{22r}$
⋮	⋮			...	
p	0	$X_{p01}$	$X_{p02}$	...	$X_{por}$

**Korelasi Pearson**

Analisis korelasi adalah suatu teknik statistika yang digunakan untuk mengetahui tingkat hubungan linear antara variabel satu dengan variabel lainnya [5]. Adapun rumus korelasi pearson adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X)}\sqrt{Var(Y)}} \quad (5)$$

dengan,

$Cov(X, Y) = E(X - \mu_x)E(Y - \mu_y)$  adalah koragami antar variabel X dan Y.

$Var(X) = E(X - \mu_x)^2$  adalah ragami X.

$\mu_x$  adalah *mean* variabel acak X.

$\mu_y$  adalah *mean* variabel acak Y.

**Uji Bartlett**

Uji Bartlett digunakan untuk melihat apakah matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas. Tujuan dari melihat apakah matriks korelasi merupakan matriks identitas atau bukan adalah agar penyusutan dimensi peubah menjadi lebih sederhana dan bermanfaat tanpa banyak kehilangan informasi sebelumnya. Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji Bartlett adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Matriks korelasi merupakan matriks identitas

$H_1$  : Matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas

Statistik Uji:

$$X_{obs}^2 = -[(N - 1) - \frac{(2p + 5)}{6}] \ln|R| \quad (6)$$

Keterangan:

N = jumlah observasi

P = jumlah peubah

|R| = determinasi dari matriks korelasi

Pengambilan Keputusan:

Tolak  $H_0$  apabila nilai  $X_{obs}^2 > X_{(\alpha, \frac{p(p-1)}{2})}^2$ .

**Uji KMO**

KMO digunakan untuk mengukur kecukupan sampling. Adapun hipotesis KMO adalah sebagai berikut:

$H_0$ : Jumlah data cukup untuk difaktorkan

$H_1$ : Jumlah data tidak cukup untuk difaktorkan

e-ISSN : 2686-0341 p-ISSN: 2338-0896

Rumus KMO adalah sebagai berikut:

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_i \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_i \sum_{i \neq j} \alpha_{ij}^2}; i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

Keterangan:

$r_{ij}$  = koefisien korelasi sederhana antara peubah i dan j

$\alpha_{ij}$  = koefisien korelasi parsial antara peubah i dan j

Pengambilan Keputusan:

Tolak  $H_0$  apabila nilai  $KMO < 0.5$

### Analisis Faktor

Analisis faktor dipergunakan untuk mereduksi data atau meringkas, dari variabel lama yang banyak diubah menjadi sedikit variabel baru yang disebut faktor, dan masih memuat sebagian informasi yang terkandung dalam variabel asli [6].

$$X_{px1} - \mu = L_{pxm} F_{mx1} + \varepsilon_p \quad (8)$$

Keterangan:

X = vektor variabel asal

$\mu$  = vektor rata-rata variabel asal

L = matriks *loading* faktor

F = vektor faktor bersama

$\varepsilon$  = vektor faktor spesifik

### Multivariat Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR) melalui Analisis Faktor

Multivariat GRR melalui analisis faktor dilakukan apabila data mempunyai karakteristik multivariat, dimana variabelnya berkorelasi tinggi dalam kelompok dan antar kelompok berkorelasi relatif kecil. Adapun model dari Multivariat GRR melalui Analisis Faktor adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu_Y + P_i + O_j + (PO)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \forall i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, o; k = 1, 2, \dots, r \quad (9)$$

dengan,

$Y_{ijk}$  : Variabel yang diteliti

$\mu_Y$  : Rata-rata variabel asal

$P_i$  : Pengaruh part ke-i

$O_j$  : Pengaruh operator ke-j

$(PO)_{ij}$  : Interaksi part dan operator

$\varepsilon_{ijk}$  : Galat part ke-i, operator ke-j dan ulangan ke-k

ANOVA untuk model (9) ditampilkan oleh tabel berikut [7]:

**Tabel 3.** ANOVA Model Acak Silang Dua Faktor

Sumber	DF	Kuadrat rata-rata	$F_0$
Part (P)	$p - 1$	$\sigma_P^2 = \frac{or \sum_i (\underline{y}_{i\cdot} - \underline{y}_{\cdot\cdot})^2}{p - 1}$	$F_{O(P)} = \frac{\sigma_P^2}{\sigma_{PO}^2}$
Operator (O)	$o - 1$	$\sigma_O^2 = \frac{pr \sum_j (\underline{y}_{\cdot j} - \underline{y}_{\cdot\cdot})^2}{o - 1}$	$F_{O(O)} = \frac{\sigma_O^2}{\sigma_{PO}^2}$

<b>P x O</b>	$(p-1)(o-1)$	$\sigma_{PO}^2$	$F_{O(PO)} = \frac{\sigma_{PO}^2}{\sigma_{\varepsilon}^2}$
		$= \frac{r \sum_i \sum_j (y_{ij} - \underline{y}_i - \underline{y}_j)}{(p-1)(o-1)}$	
<b>Repeatability (<math>\varepsilon</math>)</b>	$po(r-1)$	$\sigma_{\varepsilon}^2$	
		$= \frac{or \sum_i \sum_j \sum_k (y_{ijk} -$	
		$\frac{p}{o(r-1)})}{po(r-1)}$	

Dari tabel 3 dapat dinotasikan ke dalam notasi GRR sebagai berikut:

$$\hat{\sigma}_{repeatability}^2 = \hat{\sigma}_E^2 = MSP_E \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{reproducibility}^2 = \hat{\sigma}_O^2 + \hat{\sigma}_{PO}^2 = [MSP_O + (p-1)MSP_{PO} - pMSP_E]/pr \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}_{gauge}^2 = [MSP_O + (p-1)MSP_{PO} + p(r-1)MSP_E]/pr \quad (12)$$

$$\hat{\sigma}_{total}^2 = [prMSP_P + MSP_O + (p-1)MSP_{PO} + p(r-1)MSP_E]/pr \quad (13)$$

### Langkah-langkah Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR)* melalui Analisis Faktor

Langkah-langkah Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility (GRR)* melalui Analisis Faktor dijelaskan pada poin-poin berikut:

1. Tentukan sistem pengukuran, prosedur pengukuran, desain GRR dan variabel yang akan diukur.
2. Lakukan pengukuran mengikuti desain GRR dan simpan hasilnya.
3. Hitung korelasi sampel Pearson antara variabel. Tentukan matriks korelasi dan uji signifikansinya dari setiap korelasi.
4. Evaluasi apakah ada korelasi yang signifikan. Jika korelasi tidak signifikan, GRR univariat dapat dilakukan ke setiap variabel secara terpisah. Jika ada korelasi yang signifikan, strategi multivariat harus dilakukan untuk menjamin redundansi menurun dan memperhitungkan korelasi antara variabel. Dalam kasus ini, lanjutkan ke langkah 5.
5. Uji asumsi analisis faktor. Pada langkah ini, file uji kebulatan dilakukan untuk menjamin kecukupan faktor analisis.
6. Evaluasi hasil uji asumsi. Jika asumsi tidak diperiksa, analisis faktor tidak akan menghasilkan hasil yang baik dan metode GRR multivariat lainnya mungkin saja dipekerjakan, seperti PCA atau MANOVA. Dalam kasus asumsi pemenuhan, aliran GRR-FA dapat dilanjutkan.
7. Tentukan jumlah faktor yang akan diekstraksi melalui analisis paralel.
8. Lakukan analisis faktor dengan sumbu utama metode ekstraksi dengan jumlah faktor yang ditentukan dalam langkah 7. Uji metode rotasi varimax dan quartimax dan bandingkan hasil dalam hal pembebanan dengan interpretasi paling sederhana dan proporsi varian tertinggi yang dijelaskan oleh faktor yang diekstraksi. Metode ekstraksi dan rotasi adalah dirinci dalam lampiran.
9. Perkirakan skor faktor melalui regresi, seperti yang dikemukakan oleh Thurstone.
10. Lakukan ANOVA GRR untuk setiap vektor skor faktor dan memperkirakan kemampuan sistem pengukuran dengan nilai persenan dari hasil GRR.



### Hasil dan Diskusi

Studi Kasus yang digunakan pada Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) Melalui Analisis Faktor yaitu menggunakan data pengukuran produk HKZL di PT.Gradien Manufaktur Indonesia. Data produk HKZL ini meliputi operator yang mengukur, banyak part yang diukur, banyak variabel yang diukur, banyaknya pengulangan untuk pengukuran. Jumlah data yang digunakan yaitu berjumlah 300 data hasil pengukuran pada produk HKZL. Data ini diambil dari bulan April sampai dengan Juni 2021. Adapun gambar produk HKZL adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Produk HKZL

Hipotesis yang dipakai yaitu:

$H_0$  : Sistem pengukuran diterima

Artinya produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang sudah sesuai standar perusahaan, sehingga dapat dinyatakan mesin pembuat produk tersebut dalam kondisi prima.

$H_1$  : Sistem pengukuran tidak diterima

Artinya produk yang dihasilkan memiliki kualitas diluar standar perusahaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk dalam kondisi yang tidak baik untuk digunakan.

Berdasarkan perhitungan indeks pengukuran diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 4** Indeks Pengukuran

Index	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5
<b>Ndc</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>DR</b>	1.567314	1.186783	1.233475	1.117668	1.126927

Dilihat dari hasil pada tabel 4, didapat nilai ndc untuk PA1 sebesar 2, untuk PA2 sebesar 1, untuk PA3 sebesar 1, untuk PA4 sebesar 1 ini menunjukkan sistem pengukuran tidak diterima. Sistem pengukuran dikatakan diterima apabila nilai ndc lebih besar dari 5.

Nilai DR untuk PA1 sebesar 1.567314, nilai DR untuk PA2 sebesar 1.186783, nilai DR untuk PA3 sebesar 1.233475, nilai DR untuk PA4 sebesar 1.117668, dan nilai DR untuk PA5 sebesar 1.126927. Sistem pengukuran diterima apabila nilai DR lebih besar dari 4. Hal ini menunjukkan untuk pengukuran pada produk HKZL ini dapat diambil keputusan bahwa sistem pengukuran tidak diterima. Sistem pengukuran tidak diterima memiliki arti bahwa produk yang dihasilkan yaitu HKZL memiliki kualitas diluar standar perusahaan (standar mutu), sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk HKZL ini dalam kondisi yang tidak baik untuk digunakan.

## Kesimpulan

Perbedaan hasil pengukuran pada standar yang telah ditentukan, berpengaruh terhadap penentuan kualitas produk yang dihasilkan. Pada pelaksanaannya, untuk mengetahui bahwa sistem pengukuran pada suatu produk itu diterima atau tidaknya, maka metode *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) ini digunakan dalam menangani perbedaan pengukuran untuk menentukan kualitas sebuah produk. Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* (GRR) melalui Analisis Faktor dilakukan apabila data mempunyai karakteristik multivariat, dimana variabelnya berkorelasi tinggi dalam kelompok dan antar kelompok berkorelasi relatif kecil. Analisis faktor merupakan metode yang berfokus pada struktur kovarian data untuk memudahkan menghubungkan variabel ke faktor yang dibentuk. Ternyata, karakteristik kualitas hasil dari pengukuran berpengaruh pada kualitas produk yang dihasilkan. Langkah-langkah Multivariat *Gage, Repeatability and Reproducibility* melalui Analisis Faktor yaitu data disimpan dalam desain GRR, dilakukan Analisis Faktor, dilakukan Analisis GRR yaitu ANOVA GRR untuk masing-masing faktor yang terbentuk. Adapun index yang dipakai untuk mengambil keputusan yaitu *ndc* dan *DR*.

Berdasarkan hasil indeks pengukuran *DR* (*discriminant ratio*) dan *ndc* (*number distinct categories*) sistem pengukuran pada produk HKZL di PT. Gradien Manufaktur Indonesia tidak diterima. Hal ini menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan yaitu HKZL memiliki kualitas diluar standar perusahaan (standar mutu), sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin pembuat produk HKZL ini dalam kondisi yang tidak baik untuk digunakan.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis dapat mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, kepada kedua dosen pembimbing, Jurusan Matematika dan pihak-pihak lain yang ikut berperan serta dalam penelitian ini.

## Referensi

- [1] K. D. Majeske and K. D. Majeske, "Systems Approval Criteria for Multivariate Measurement Systems," vol. 4065, 2017, doi: 10.1080/00224065.2008.11917721.
- [2] P. Taylor, F. Wang, C. Yang, and F. Wang, "Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers APPLYING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO A GR & R STUDY APPLYING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO A GR & R STUDY," no. October 2014, pp. 37–41, 2010, doi: 10.1080/10170660709509032.
- [3] F. Wang and T. Chien, "Computers & Industrial Engineering Process-oriented basis representation for a multivariate gauge study," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 58, no. 1, pp. 143–150, 2010, doi: 10.1016/j.cie.2009.10.001.
- [4] AIAG, *Measurement system analysis: reference manual*, Fourth edi. USA: Detroit, MI, 2010.
- [5] J. Supranto, *Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*. Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2004.
- [6] D. Susanti, Dewi Sri, *Analisis Regresi dan Korelasi*. Malang: CV IRDH, 2019.
- [7] F. Wang and T. Chien, "Computers & Industrial Engineering Process-oriented basis representation for a multivariate gauge study," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 58, no. 1, pp. 143–150, 2010, doi: 10.1016/j.cie.2009.10.001.