

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Profil Perusahaan

PT SAS Nakayama (Sumber Adidaya Sejahtera Nakayama) merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan suku cadang otomotif dan pengecoran logam. Perusahaan tersebut dirintis pada tahun 1973 bernama Sumber Adidaya Sejahtera (SAS) sebagai toko retail *spare parts* yang beralamat Jl. Slamet Riyadi, Solo. Pada tahun 1993 SAS mencoba memperkenalkan produk impor *spare parts* menggunakan merek sendiri, dan berkembanglah dari toko retail mendirikan sebuah perusahaan PT Sumber Adidaya Sejahtera (SAS) pada tahun 1995. Pada tahun 2004 SAS memperluas pasar produksi *spare parts* material plastik dengan membangun gedung plastik *injection line* dan *stamping parts line*. Pada tahun 2014 berkembang lagi dengan membangun *aluminium gravity casting*, *machining OEM parts*, dan *pad shoe line*. Pada tahun 2017 menambahkan fasilitas baru seperti *spring pin*, *hub bolt*, *gear sprocket*. Terakhir pada tahun 2019 menambahkan fasilitas baru *iron casting*.



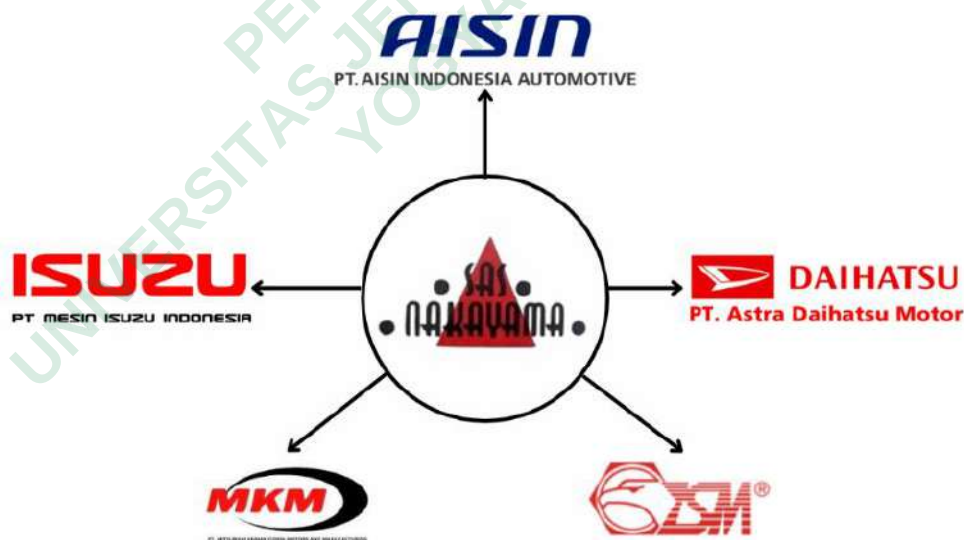
Gambar 4.1 Logo Perusahaan

Sumber: PT SAS Nakayama (2025)

Berikut profil perusahaan PT SAS Nakayama (Sumber Adidaya Sejahtera Nakayama).

- a. Nama perusahaan : PT SAS Nakayama (Sumber Adidaya Sejahtera Nakayama)
- b. Lokasi : Ngalasan RT.02/RW.01, Brujul, Jaten, Karanganyar, Jawa Tengah 57771 – Indonesia
- c. Didirikan : April 1995
- d. Bisnis utama : *Automotive & Manufacturing*
- e. Status investasi : Perusahaan investasi domestik
- f. Email : sasmarketing@hotmail.com
- g. Website : <https://www.sass-indo.com>

PT SAS Nakayama memiliki berbagai pesanan dari perusahaan otomotif besar seperti PT AISIN Indonesia, PT Mesin Isuzu Indonesia, PT Garuda Metal Utama, PT Astra Daihatsu Motor, dan PT Mitsubishi Krama Yudha *Motors dan Manufacturing* (Gambar 4.2). Salah satunya produk PP – 64020 pada penelitian ini berasal dari permintaan PT AISIN Indonesia.



Gambar 4.2 Customer PT SAS Nakayama

Sumber: PT SAS Nakayama (2025)

4.1.2 Karakteristik *Appraiser*

Appraiser merupakan istilah bagi yang melakukan pengukuran dalam MSA. Data pengukuran diambil dengan cara melakukan tes kepada QG (*quality gate*) dan

QC (*quality control*) sesuai karakteristik yang telah ditentukan. Karakteristik ditentukan berdasarkan kriteria pemilihan subjek pada Tabel 3.2. Berikut karakteristik *appraiser* yang melakukan tes pengukuran (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Karakteristik *Appraiser*

No.	Karakteristik <i>Appraiser</i>		Jumlah
1.	Jenis kelamin	Laki – laki	6
		Perempuan	-
2.	Umur	< 30 tahun	1
		31 – 40 tahun	5
		> 41 tahun	-
3.	Jabatan	QG	3
		QC	3
3.	Lama bekerja	>5 tahun	100%
		<5 tahun	0%
4.	Memahami penggunaan <i>height gauge</i>	Sudah	100%
		Belum	0%
5.	Latar belakang pendidikan pengukuran	Ya	66,67%
		Tidak	33,33%

Berdasarkan tabel 4.1 seluruh *appraiser* berjenis kelamin laki – laki sebanyak 6 orang. Sebagian besar *appraiser* berumur 31 – 40 tahun. Jabatan *appraiser* terdiri dari 3 QG (*quality gate*) dan 3 QC (*quality control*). Seluruh *appraiser* memiliki pengalaman kerja lebih dari 1 tahun (>1 tahun). Sehingga, seluruh *appraiser* memahami penggunaan *height gauge*. Namun, hanya 66,67% yang memiliki latar belakang pendidikan tentang pengukuran sisanya 33,33% tidak memiliki latar belakang pendidikan tentang pengukuran.

4.1.3 Pengumpulan Data Pengukuran

Pengumpulan data pengukuran dilakukan dengan cara melakukan tes atau pengujian kepada operator. Bagian yang diukur adalah poin ketinggian (*mountain height*) produk PP – 64020 (Gambar 4.3). Poin ketinggian memiliki dimensi 19,10 mm $\pm$ 0,05 sesuai pada gambar kerja yang terlampir di lampiran 4.



Gambar 4.3 Poin Ketinggian PP - 64020

Alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data menggunakan spesifikasi seperti berikut.

Nama : *Height gauge*

Tipe : Digital (*Double Beam 623 series*)

Range : 0 – 600 mm

Ketelitian : $\pm 0,07$ mm

Nomor kode : 623-24-0

Merek : Asimeto



Gambar 4.4 Alat Pengumpulan Data Pengukuran

Pada *height gauge* tersebut diperlukan 2 komponen pendukung yaitu, *dial indicator*, dan *holder dial indikator*. *Dial indikator* digunakan sebagai *output* angka pengukuran dari *height gauge*. Berikut spesifikasi yang digunakan.

Nama : *Dial Indikator*
 Tipe : *Full Jeweled (2109S – 10)*
 Ketelitian : 0,001 mm
 No. Registrasi : STR377
 Merek : Mitutoyo



Gambar 4.5 Holder Dial Indikator



Gambar 4.6 Dial Indikator

Sebagai permukaan untuk mendukung pengukuran yang sesuai standar digunakan meja ukur berbahan batu granit. Berikut spesifikasi meja ukur yang digunakan dalam pengumpulan data.

Nama : Meja ukur
 Tipe : *Black Granite Surface Plate Series 517*
 Merek : Mitutoyo



Gambar 4.7 Meja Ukur

Pengumpulan data pengukuran dilakukan sesuai dengan ketentuan MSA jumlah *appraiser*, sampel *part*, dan pengulangan sesuai pada variabel penelitian tabel 3.1. Pada proses pengukuran untuk menghindari terjadinya kesalahan atau perbedaan *appraiser* diminta untuk mengikuti tahapan berikut.

1. Memastikan kebersihan meja ukur dan permukaan bawah sampel *part* dari *scrap* atau kotoran kecil yang menempel.
2. Melakukan kalibrasi alat ukur setiap *appraiser* sebelum memulai pengukuran. Berikut tahapan dalam melakukan kalibrasi.
 - a. Memasang *holder dial* dan *dial indicator* pada *height gauge*.
 - b. Nyalakan panel digital *height gauge*.
 - c. Putar *wheels* berlawanan arah jarum jam untuk menurunkan dial sampai rata posisi pada permukaan meja. Pada penentuan titik nol pastikan jarum pendek pada dial terletak pada angka 2 dan jarum pendek diangka 0 dikarenakan ketelitian yang digunakan $\pm 0,05$ mm.
 - d. Setelah jarum panjang dan pendek sesuai ketentuan, tekan *zero/ABS*.
 - e. Setelah itu, putar *wheels* searah jarum jam untuk menaikkan jarum dial. Pastikan pada panel digital tepat pada angka 19,10 mm dikarenakan ketentuan ukuran gambar kerja ketinggian produk sebesar 19,10 mm.
 - f. Kunci *wheels* agar tetap pada posisi.
3. Menyiapkan lembar data pengukuran dan alat tulis (Gambar 4.8).

DATA PENGUKURAN												
Nama Part : PP - 64020			Tanggal :									
No.	MANPOWER	TRIALS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	NAMA : JABATAN : UMUR : JAMA Bekerja :	1										
2												
3												

Gambar 4.8 Lembar Data Pengukuran

4. *Appraiser* melakukan pengukuran menggunakan SOP yang telah tentukan. Berikut SOP yang ditetapkan dalam MSA PT SAS Nakayama.
 - a. Pastikan melakukan pengukuran sesuai nomor urutan *part*.
 - b. Mengukur pada poin yang telah ditentukan.

- c. Cara mengukur dengan mendorong produk ke depan sampai puncak ketinggian menyentuh jarum dial.
- d. Angka yang dibaca pada jarum dial dihitung sebagai selisih $\pm$ dari ukuran gambar kerja.
- e. Pastikan melakukan pengukuran urut mulai dari *part* nomor 1 sampai 10, setelah itu diulang kembali sebanyak 3 kali.
- f. Tulis hasil pengukuran pada lembar data pengukuran gambar 4.8.

Berdasarkan pengukuran ketinggian produk PP – 64020 pada 10 *part*, 6 *appraiser*, dan 3 kali pengulangan diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 4.2).

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD
YOGYAKARTA

Tabel 4.2 Data Pengukuran

No.	Appraiser	Trials	Sampel Part									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Inisial : A1 Jabatan: Operator QC Umur: 24 tahun Lama Bekerja: 5 tahun 8 bulan	1	-0,028	0,002	-0,035	0,017	-0,003	0,032	-0,029	-0,095	0,015	-0,005
		2	-0,028	0,002	-0,035	0,018	-0,005	0,032	-0,030	-0,093	0,015	-0,005
		3	-0,029	0,003	-0,035	0,018	-0,004	0,032	-0,030	-0,093	0,015	-0,004
		Average	-0,028	0,002	-0,035	0,018	-0,004	0,032	-0,030	-0,094	0,015	-0,005
		R	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001
2	Nama: A2 Jabatan: Operator QC Umur: 35 tahun Lama Bekerja: 8 tahun	1	-0,090	0,040	-0,300	0,220	-0,030	0,310	-0,280	0,910	0,120	-0,080
		2	-0,240	0,020	-0,310	0,240	-0,010	0,310	-0,270	0,900	0,140	-0,070
		3	-0,230	0,020	-0,310	0,240	-0,010	0,290	-0,280	0,920	0,140	-0,080
		Average	-0,187	0,027	-0,307	0,233	-0,017	0,303	-0,277	0,910	0,133	-0,077
		R	0,150	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,020	0,020	0,010
3	Nama: A3 Jabatan: Operator QC Umur: 36 tahun Lama Bekerja: 7 tahun	1	-0,026	0,003	-0,300	0,025	0,003	0,039	-0,023	-0,086	0,022	-0,012
		2	-0,025	0,003	-0,300	0,025	0,003	0,039	-0,024	-0,086	0,022	-0,012
		3	-0,026	0,003	-0,300	0,025	0,003	0,039	-0,023	-0,086	0,022	-0,012
		Average	-0,026	0,003	-0,300	0,025	0,003	0,039	-0,023	-0,086	0,022	-0,012
		R	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
4	Nama: B1 Jabatan: Kepala Regu Operator Umur: 33 tahun Lama Bekerja: 13 tahun	1	-0,120	-0,025	-0,130	-0,070	-0,095	-0,060	-0,120	-0,180	-0,080	0,100
		2	-0,110	-0,095	-0,130	-0,070	-0,096	-0,060	-0,115	-0,180	-0,080	0,080
		3	-0,120	-0,095	-0,130	-0,070	-0,097	-0,060	-0,115	-0,180	-0,080	0,080

No.	Appraiser	Trials	Sampel Part									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Average	-0,117	-0,072	-0,130	-0,070	-0,096	-0,060	-0,117	-0,180	-0,080	0,087
		R	0,010	0,070	0,000	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,000	0,020
5	Nama: B2 Jabatan: Operator Umur: 40 tahun Lama Bekerja: 20 tahun	1	-0,038	-0,120	-0,044	0,019	-0,011	0,122	-0,039	0,097	0,105	-0,030
		2	-0,039	-0,120	-0,045	0,019	-0,011	0,122	-0,039	0,097	0,105	-0,030
		3	-0,039	-0,120	-0,045	0,018	-0,011	0,122	-0,039	0,097	0,105	-0,030
		Average	-0,039	-0,120	-0,045	0,019	-0,011	0,122	-0,039	0,097	0,105	-0,030
		R	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	Nama: B3 Jabatan: Kepala regu operator Umur: 31 tahun Lama Bekerja: 12 tahun	1	-0,044	-0,012	-0,045	0,005	-0,012	0,024	-0,038	0,097	0,006	-0,030
		2	-0,044	-0,013	-0,045	0,006	-0,012	0,024	-0,038	0,098	0,007	-0,031
		3	-0,043	-0,013	-0,045	0,008	-0,012	0,023	-0,039	0,098	0,007	-0,030
		Average	-0,044	-0,013	-0,045	0,006	-0,012	0,024	-0,039	0,098	0,007	-0,030
		R	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

4.1.4 Perhitungan *Gage R&R* X bar dan R

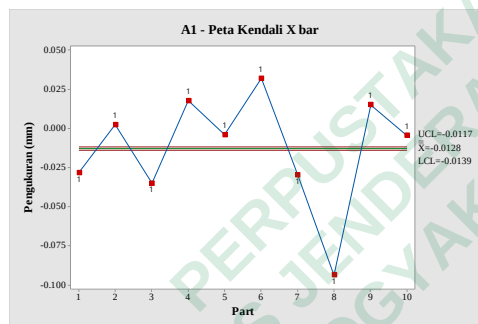
Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.2 kemudian diolah menggunakan MSA metode *gage R&R* X bar dan R.

1. MSA QC (*quality control*)

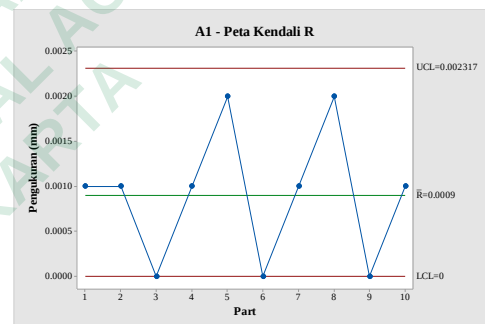
Sebelum melakukan perhitungan *gage R&R* X bar dan R data perhitungan divisualisasikan dalam bentuk diagram peta kendali X dan R. Peta kendali X menggambarkan kondisi pengukuran rata – rata *part* setiap *appraiser*, sedangkan peta kendali R menggambarkan pengulangan pengukuran setiap *part* (Ayub, 2015).

a. Diagram peta kendali Xbar dan R

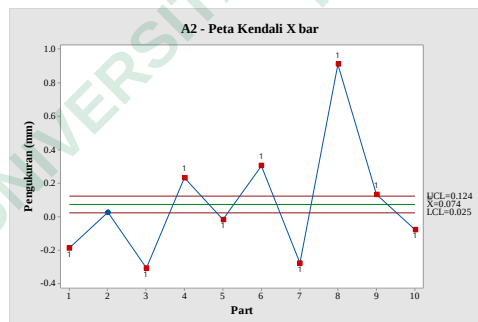
Berikut hasil peta kendali Xbar dan R setiap *appraiser* yang melakukan pengukuran menggunakan *software minitab* (Gambar 4.9).



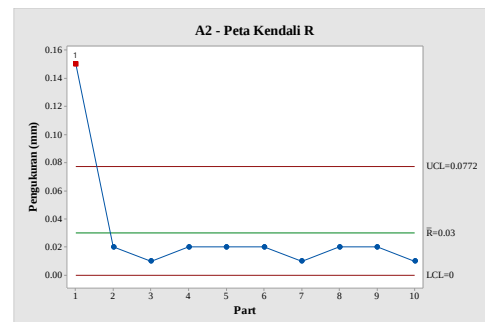
(A1)



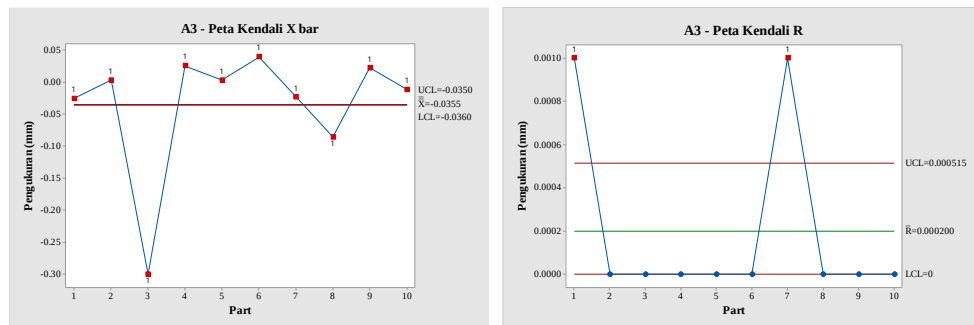
(A1)



(A2)



(A2)



(A3)

(A3)

Gambar 4.9 Peta Kendali X bar dan R QC

Berdasarkan gambar 4.9 diketahui peta kendali X bar dan R menunjukkan perbedaan setiap *appraiser*. Terutama pada peta kendali X bar A1, A2, dan A3 memiliki hasil pengukuran diluar batas atas dan bawah. Sehingga, muncul indikasi ada permasalahan dalam proses pengukuran di setiap *part*.

b. Nilai *Average* (X)

Berikut perhitungan nilai *average* (X) dalam 3 kali pengukuran setiap *part* pada masing - masing *appraiser*.

1) *Appraiser A*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n_{part\ 1}} \quad (4.1)$$

$$X_1 = \frac{((-0,028) + (-0,028) + (-0,029))}{3} \quad (4.2)$$

$$X_1 = \frac{-0,085}{3} \quad (4.3)$$

$$X_1 = -0,028 \quad (4.4)$$

2) *Appraiser B*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n_{part\ 1}} \quad (4.5)$$

$$X_1 = \frac{((-0,090) + (-0,240) + (-0,230))}{3} \quad (4.6)$$

$$X_1 = \frac{-0,56}{3} \quad (4.7)$$

$$X_1 = -0,187 \quad (4.8)$$

3) *Appraiser C*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n_{part\ 1}} \quad (4.9)$$

$$X_1 = \frac{(-0,026) + (-0,025) + (-0,026)}{3} \quad (4.10)$$

$$X_1 = \frac{-0,077}{3} \quad (4.11)$$

$$X_1 = -0,026 \quad (4.12)$$

4) *Part Average Appraiser A,B,C*

$$X_1 = \frac{(-0,028) + (-0,187) + (-0,026)}{3} \quad (4.13)$$

$$X_1 = \frac{-0,241}{3} \quad (4.14)$$

$$X_1 = -0,080 \quad (4.15)$$

Berdasarkan perhitungan nilai *average* ($X_{1,2,3,...}$) menggunakan persamaan diatas diperoleh rekapitulasi keseluruhan sebagai berikut (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Average Quality Control

X/Part	Appraiser A	Appraiser B	Appraiser C	Part Average
1	-0,028	-0,187	-0,026	-0,080
2	0,002	0,027	0,003	0,011
3	-0,035	-0,307	-0,300	-0,214
4	0,018	0,233	0,025	0,092
5	-0,004	-0,017	0,003	-0,006
6	0,032	0,303	0,039	0,125
7	-0,030	-0,277	-0,023	-0,110
8	-0,094	0,910	-0,086	0,243
9	0,015	0,133	0,022	0,057
10	-0,005	-0,077	-0,012	-0,031

Sehingga, berdasarkan rekapitulasi nilai *average* ($X_{1,2,3,...}$) 3 kali pengukuran diperoleh *average* keseluruhan pada setiap *appraiser* sebagai berikut (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai Average Keseluruhan Quality Control

X_A	X_B	X_C
-0,012	0,074	-0,036

c. Nilai *Range* (R)

Berikut perhitungan nilai *range* pengukuran setiap *part* pada masing - masing *appraiser*.

1) *Appraiser A*

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.16)$$

$$R_1 = (-0,028) - (-0,029) \quad (4.17)$$

$$R_1 = 0,001 \quad (4.18)$$

2) *Appraiser B*

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.19)$$

$$R_1 = (-0,090) - (-0,240) \quad (4.20)$$

$$R_1 = 0,150 \quad (4.21)$$

3) Appraiser C

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.22)$$

$$R_1 = (-0,025) - (-0,026) \quad (4.23)$$

$$R_1 = 0,001 \quad (4.24)$$

Berdasarkan perhitungan nilai *range* (R) menggunakan persamaan diatas diperoleh rekapitulasi keseluruhan sebagai berikut (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Range Quality Control

R	Appraiser A	Appraiser B	Appraiser C
1	0,001	0,150	0,001
2	0,001	0,020	0,000
3	0,000	0,010	0,000
4	0,001	0,020	0,000
5	0,002	0,020	0,000
6	0,000	0,020	0,000
7	0,001	0,010	0,001
8	0,002	0,020	0,000
9	0,000	0,020	0,000
10	0,001	0,010	0,000

Sehingga, berdasarkan rekapitulasi nilai *range* ($R_{1,2,3,\dots}$) 3 kali pengukuran diperoleh *range* keseluruhan setiap *appraiser* sebagai berikut (Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai Range Keseluruhan Quality Control

R _A	R _B	R _C
0,001	0,03	0,0002

d. Nilai X_{DIFF}

Berikut nilai X_{DIFF} untuk mengetahui *range* dari nilai *average* keseluruhan pada tabel 4.5.

$$X_{DIFF} = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.25)$$

$$X_{DIFF} = (0,074) - (-0,036) \quad (4.26)$$

$$X_{DIFF} = 0,121 \quad (4.27)$$

Setelah menghitung nilai *average*, *range*, dan X_{DIFF} hasil perhitungannya akan digunakan sebagai pendukung dalam menentukan nilai GRR sebagai berikut.

e. Nilai EV

Berikut perhitungan nilai EV (*equipment variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$EV = R \times K_1 \quad (4.28)$$

Sebelum mencari nilai EV, harus diketahui dahulu nilai K_1 dari persamaan berikut.

$$K_1 = \frac{1}{d_2} \quad (4.29)$$

$$K_1 = \frac{1}{m; g} \quad (4.30)$$

$$K_1 = \frac{1}{3; 30} \quad (4.31)$$

$$K_1 = \frac{1}{1,69257} \quad (4.32)$$

$$K_1 = 0,5908 \quad (4.33)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai EV menggunakan nilai $K_1 = 0,5908$.

$$EV = R \times K_1 \quad (4.34)$$

$$EV = \frac{R_A + R_B + R_C}{\text{Jumlah Appraiser}} \times K_1 \quad (4.35)$$

$$EV = \frac{0,001 + 0,03 + 0,0002}{3} \times 0,5908 \quad (4.36)$$

$$EV = 0,0104 \times 0,5908 \quad (4.37)$$

$$EV = 0,006 \quad (4.38)$$

f. Nilai AV

Berikut perhitungan nilai AV (*appraiser variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} \quad (4.39)$$

Sebelum mencari nilai AV, harus diketahui dahulu nilai K_2 dari persamaan berikut.

$$K_2 = \frac{1}{d_2} \quad (4.40)$$

$$K_2 = \frac{1}{m; g} \quad (4.41)$$

$$K_2 = \frac{1}{1; 3} \quad (4.42)$$

$$K_2 = \frac{1}{1,91155} \quad (4.43)$$

$$K_2 = 0,5231 \quad (4.44)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai AV menggunakan nilai $K_2 = 0,5231$.

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} \quad (4.45)$$

$$AV = \sqrt{(0,11 \times 0,5231)^2 - \frac{(0,006)^2}{10,3}} \quad (4.46)$$

$$AV = \sqrt{(0,003310966681) - \frac{0,000036}{30}} \quad (4.47)$$

$$AV = \sqrt{0,0033076333476} \quad (4.48)$$

$$AV = 0,057 \quad (4.49)$$

g. Nilai GRR

Berikut perhitungan nilai GRR pada kategori QC (*quality control*).

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (4.50)$$

$$GRR = \sqrt{(0,006)^2 + (0,057)^2} \quad (4.51)$$

$$GRR = \sqrt{0,003285} \quad (4.52)$$

$$GRR = 0,058 \quad (4.53)$$

h. Nilai PV

Berikut perhitungan nilai PV (*part variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$PV = R_p \times K_3 \quad (4.54)$$

Sebelum mencari nilai PV, harus diketahui dahulu nilai K_3 dari persamaan berikut.

$$K_3 = \frac{1}{d_2} \quad (4.55)$$

$$K_3 = \frac{1}{m; g} \quad (4.56)$$

$$K_3 = \frac{1}{1; 10} \quad (4.57)$$

$$K_3 = \frac{1}{3,17905} \quad (4.58)$$

$$K_3 = 0,3146 \quad (4.59)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai PV menggunakan nilai $K_3 = 0,3146$.

$$PV = R_p \times K_3 \quad (4.60)$$

$$PV = (Max_{average} - Min_{average}) \times K_3 \quad (4.61)$$

$$PV = (0,243 - (-0,214)) \times 0,3146 \quad (4.62)$$

$$PV = 0,457 \times 0,3146 \quad (4.63)$$

$$PV = 0,144 \quad (4.64)$$

i. Nilai TV

Berikut perhitungan nilai TV (*total variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (4.65)$$

$$TV = \sqrt{0,58^2 + 0,144^2} \quad (4.66)$$

$$TV = \sqrt{0,003364 + 0,020763} \quad (4.67)$$

$$TV = \sqrt{0,024127} \quad (4.68)$$

$$TV = 0,155 \quad (4.69)$$

j. Nilai NDC

Berikut perhitungan nilai NDC (*number of distinct categories*) pada kategori QC (*quality control*).

$$NDC = 1,41 \left(\frac{PV}{GRR} \right) \quad (4.70)$$

$$NDC = 1,41 \left(\frac{0,1437722}{0,058} \right) \quad (4.71)$$

$$NDC = 1,41 (2,478831) \quad (4.72)$$

$$NDC = 3 \quad (4.73)$$

k. Persentase EV, AV, dan GRR

Berikut perhitungan nilai persentase EV (*equipment variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \times 100 \quad (4.74)$$

$$\%EV = \frac{0,006}{0,155} \times 100 \quad (4.75)$$

$$\%EV = 3,95\% \quad (4.76)$$

Berikut perhitungan nilai persentase AV (*appraiser variation*) pada kategori QC (*quality control*).

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \times 100 \quad (4.77)$$

$$\%AV = \frac{0,057}{0,155} \times 100 \quad (4.78)$$

$$\%AV = 37,05\% \quad (4.79)$$

Berikut perhitungan nilai persentase GRR (*gage R&R*) pada kategori QC (*quality control*).

$$\%GRR = \frac{GRR}{TV} \times 100 \quad (4.80)$$

$$\%GRR = \frac{0,058}{0,155} \times 100 \quad (4.81)$$

$$\%GRR = 37,26\% \quad (4.82)$$

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
YOGYAKARTA

Berdasarkan perhitungan *gage R&R quality control* diatas dimasukkan kedalam *checksheet* MSA sebagai berikut (Gambar 4.10).

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY DATA SHEET VARIABLE DATA RESULTS												GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY DATA SHEET VARIABLE DATA RESULTS											
Part Number: 321121			Gage Name: Height Gauge			Appraiser A: Muh. Yahya			Part Number: 321121			Gage Name: Height Gauge			Appraiser A: Muh. Yahya								
Part Name: Pressure Plate Clutch 64020			Gage Number: 02-HG			Appraiser B: Rosi Tri Sutrisno			Part Name: Pressure Plate Clutch 64020			Gage Number: 02-HG			Appraiser B: Rosi Tri Sutrisno								
Characteristic: Mount Height			Gage Type: Dial 1 Mikrometer			Appraiser C: Muhamad Tauhid Alim			Characteristic: Mount Height			Gage Type: Dial 1 Mikrometer			Appraiser C: Muhamad Tauhid Alim								
Characteristic Classification: 19.10 ± 0.05			Trials: 3		Parts: 10		Appraisers: 3		Date Performed: 04 Feb - 13 Maret 2025		Characteristic Classification: 19.10 ± 0.05			Trials: 3		Parts: 10		Appraisers: 3		Date Performed: 04 Feb - 13 Maret 2025			
APPRaiser/ TRIAL #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVERAGE	Measurement Unit Analysis				% Total Variation (TV)							
												Repeatability - Equipment Variation (EV)											
												EV = $R \times K_1$				Trials: 2, K1: 0.8862				% EV = 100 (EV/TV)			
												= 0.010 x 0.5908				= 0.006				= 100(0.006/0.155)			
												= 0.008				= 3.95							
												Reproducibility - Appraiser Variation (AV)											
												AV = $\{(X_{OFF} \times K_2) - (EV^2/nr)\}^{1/2}$								% AV = 100 (AV/TV)			
												= $\{(0.11 \times 0.5231)^2 - (0.01^2/(10 \times 3))\}^{1/2}$								= 100(0.057/0.155)			
												= 0.057								= 37.05			
												n = parts, r = trials				Appraisers: 2, 3							
												K2: 0.7071, 0.5231											
												Repeatability & Reproducibility (GRR)								% GRR = 100 (GRR/TV)			
												GRR = $\{(EV^2 + AV^2)\}^{1/2}$				Parts: 2, K3: 0.7071				= 100(0.058/0.155)			
												= $\{(0.008^2 + 0.057^2)\}^{1/2}$				3: 0.5231				= 37.26			
												= 0.058								Gage system needs improvement			
												Part Variation (PV)								% PV = 100 (PV/TV)			
												PV = $R_p \times K_3$				4: 0.4467				= 100(0.144/0.155)			
												= 0.457 x 0.3146				5: 0.4030				= 92.80			
												= 0.144				6: 0.3742							
																7: 0.3534							
																8: 0.3375							
												Total Variation (TV)								ndc = 1.41(PV/GRR)			
												TV = $\{(GRR^2 + PV^2)\}^{1/2}$				9: 0.3249				= 1.41(0.144/0.058)			
												= $\{(0.058^2 + 0.144^2)\}^{1/2}$				10: 0.3146				= 3			
												= 0.155								Gage discrimination low			
												For information on the theory and constants used in the form see MSA Reference Manual, Third edition.											
												Approved:				Checked:				Reported:			

* D_1 = 0.27 for 2 trials and 2.58 for 3 trials. UCL_{19} represents the limit of individual R's. Circle those that are beyond this limit. Identify the cause and correct. Repeat these readings using the same appraiser and unit as originally used or discard values and re-evaluate and recompute R and the limiting value from the remaining observations.

Notes: _____

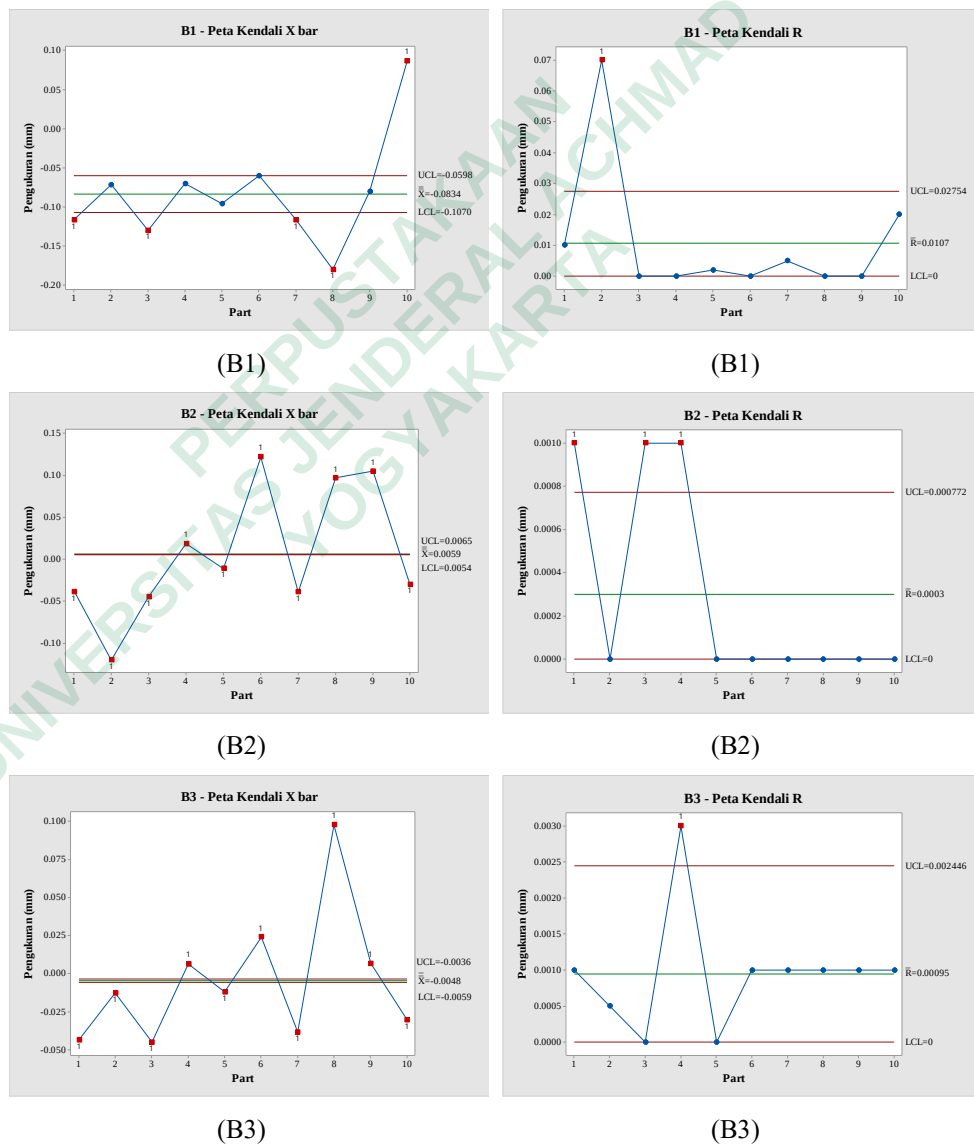
Gambar 4.10 Checksheet MSA Quality Control

2. MSA QG (*quality gate*)

Sebelum melakukan perhitungan *gage* R&R X bar dan R data perhitungan divisualisasikan dalam bentuk diagram peta kendali X dan R. Peta kendali X menggambarkan kondisi pengukuran rata – rata *part* setiap *appraiser*, sedangkan peta kendali R menggambarkan pengulangan pengukuran setiap *part* (Ayub, 2015).

a. Diagram peta kendali Xbar dan R

Berikut hasil peta kendali Xbar dan R setiap *appraiser* yang melakukan pengukuran menggunakan *software minitab* (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Peta Kendali X bar dan R QG

Berdasarkan gambar 4.11 diketahui peta kendali X dan R menunjukkan perbedaan setiap *appraiser*. Terutama pada peta kendali X bar B2 dan B3 memiliki hasil pengukuran diluar batas atas dan bawah. Sehingga, muncul indikasi ada permasalahan dalam proses pengukuran di setiap *part*.

b. Nilai *Average* (X)

Berikut perhitungan nilai *average* (X) dalam 3 kali pengukuran setiap *part* pada masing - masing *appraiser*.

1) *Appraiser A*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n_{part\ 1}} \quad (4.83)$$

$$X_1 = \frac{((-0,120) + (-0,110) + (-0,120))}{3} \quad (4.84)$$

$$X_1 = \frac{-0,35}{3} \quad (4.85)$$

$$X_1 = -0,117 \quad (4.86)$$

2) *Appraiser B*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n_{part\ 1}} \quad (4.87)$$

$$X_1 = \frac{(-0,038) + (-0,039) + (-0,039)}{3} \quad (4.88)$$

$$X_1 = \frac{-0,116}{3} \quad (4.89)$$

$$X_1 = -0,039 \quad (4.90)$$

3) *Appraiser C*

$$X_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n_{part\ 1}} \quad (4.91)$$

$$X_1 = \frac{(-0,044) + (-0,044) + (-0,043)}{3} \quad (4.92)$$

$$X_1 = \frac{-0,131}{3} \quad (4.93)$$

$$X_1 = -0,044 \quad (4.94)$$

4) *Part Average Appraiser A,B,C*

$$X_1 = \frac{(-0,117) + (-0,039) + (-0,044)}{3} \quad (4.95)$$

$$X_1 = \frac{-0,199}{3} \quad (4.96)$$

$$X_1 = -0,07 \quad (4.97)$$

Berdasarkan perhitungan nilai *average* ($X_{1,2,3,...}$) menggunakan persamaan diatas diperoleh rekapitulasi keseluruhan sebagai berikut (Tabel 4.7).

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *Average Quality Gate*

X/Part	Appraiser A	Appraiser B	Appraiser C	Part Average
1	-0,117	-0,039	-0,044	-0,07
2	-0,072	-0,120	-0,013	-0,07
3	-0,130	-0,045	-0,045	-0,07
4	-0,070	0,019	0,006	-0,02
5	-0,096	-0,011	-0,012	-0,04
6	-0,060	0,122	0,024	0,03
7	-0,117	-0,039	-0,039	-0,06
8	-0,180	0,097	0,098	0,00
9	-0,080	0,105	0,007	0,01
10	0,087	-0,030	-0,030	0,01

Sehingga, berdasarkan rekapitulasi nilai *average* ($X_{1,2,3,...}$) 3 kali pengukuran diperoleh *average* keseluruhan pada setiap *appraiser* sebagai berikut (Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Rekapitulasi Nilai *Average Keseluruhan Quality Gate*

X_A	X_B	X_C
-0,083	0,006	-0,005

c. Nilai *Range* (R)

Berikut perhitungan nilai *range* pengukuran setiap *part* pada masing - masing *appraiser*.

1) *Appraiser A*

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.98)$$

$$R_1 = (-0,110) - (-0,120) \quad (4.99)$$

$$R_1 = 0,010 \quad (4.100)$$

2) *Appraiser B*

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.101)$$

$$R_1 = (-0,038) - (-0,039) \quad (4.102)$$

$$R_1 = 0,001 \quad (4.103)$$

3) *Appraiser C*

$$R_1 = \text{Max } X_i - \text{Min } X_i \quad (4.104)$$

$$R_1 = (-0,043) - (-0,044) \quad (4.105)$$

$$R_1 = 0,001 \quad (4.106)$$

Berdasarkan perhitungan nilai *range* (R) menggunakan persamaan diatas diperoleh rekapitulasi keseluruhan sebagai berikut (Tabel 4.9).

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan Nilai *Range Quality Gate*

R	Appraiser A	Appraiser B	Appraiser C
1	0,010	0,001	0,001
2	0,070	0,000	0,001
3	0,000	0,001	0,000
4	0,000	0,001	0,003
5	0,002	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,001
7	0,005	0,000	0,001
8	0,000	0,000	0,001
9	0,000	0,000	0,001
10	0,020	0,000	0,001

Sehingga, berdasarkan rekapitulasi nilai *range* ($R_{1,2,3,\dots}$) 3 kali pengukuran diperoleh *range* keseluruhan setiap *appraiser* sebagai berikut (Tabel 4.10).

Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai *Range Keseluruhan Quality Gate*

R_A	R_B	R_C
0,011	0,001	0,001

d. Nilai X_{DIFF}

Berikut nilai X_{DIFF} untuk mengetahui *range* dari nilai *average* keseluruhan pada tabel 4.10.

$$X_{DIFF} = \max X_i - \min X_i \quad (4.107)$$

$$X_{DIFF} = (-0,005) - (-0,083) \quad (4.108)$$

$$X_{DIFF} = 0,089 \quad (4.109)$$

Setelah menghitung nilai *average*, *range*, dan X_{DIFF} hasil perhitungannya akan digunakan sebagai pendukung dalam menentukan nilai GRR sebagai berikut.

e. Nilai EV

Berikut perhitungan nilai EV (*equipment variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$EV = R \times K_1 \quad (4.110)$$

Sebelum mencari nilai EV, harus diketahui dahulu nilai K_1 dari persamaan berikut.

$$K_1 = \frac{1}{d_2} \quad (4.111)$$

$$K_1 = \frac{1}{m; g} \quad (4.112)$$

$$K_1 = \frac{1}{3; 30} \quad (4.113)$$

$$K_1 = \frac{1}{1,69257} \quad (4.114)$$

$$K_1 = 0,5908 \quad (4.115)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai EV menggunakan nilai $K_1 = 0,5908$.

$$EV = R \times K_1 \quad (4.116)$$

$$EV = \frac{R_A + R_B + R_C}{Jumlah Appraiser} \times K_1 \quad (4.117)$$

$$EV = \frac{0,011 + 0,001 + 0,001}{3} \times 0,5908 \quad (4.118)$$

$$EV = 0,00433 \times 0,5908 \quad (4.119)$$

$$EV = 0,002 \quad (4.120)$$

f. Nilai AV

Berikut perhitungan nilai AV (*appraiser variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} \quad (4.121)$$

Sebelum mencari nilai AV, harus diketahui dahulu nilai K_2 dari persamaan berikut.

$$K_2 = \frac{1}{d_2} \quad (4.122)$$

$$K_2 = \frac{1}{m; g} \quad (4.123)$$

$$K_2 = \frac{1}{1; 3} \quad (4.124)$$

$$K_2 = \frac{1}{1,91155} \quad (4.125)$$

$$K_2 = 0,5231 \quad (4.126)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai AV menggunakan nilai $K_2 = 0,5231$.

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n \cdot r}} \quad (4.127)$$

$$AV = \sqrt{(0,089 \times 0,5231)^2 - \frac{(0,002)^2}{10.3}} \quad (4.128)$$

$$AV = \sqrt{(0,00216745182481) - \frac{0,000036}{30}} \quad (4.129)$$

$$AV = \sqrt{0,00216625182481} \quad (4.130)$$

$$AV = 0,047 \quad (4.131)$$

g. Nilai GRR

Berikut perhitungan nilai GRR pada kategori QG (*quality gate*).

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (4.132)$$

$$GRR = \sqrt{(0,002)^2 + (0,047)^2} \quad (4.133)$$

$$GRR = \sqrt{0,002213} \quad (4.134)$$

$$GRR = 0,047 \quad (4.135)$$

h. Nilai PV

Berikut perhitungan nilai PV (*part variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$PV = R_p \times K_3 \quad (4.136)$$

Sebelum mencari nilai PV, harus diketahui dahulu nilai K_3 dari persamaan berikut.

$$K_3 = \frac{1}{d_2} \quad (4.137)$$

$$K_3 = \frac{1}{m; g} \quad (4.138)$$

$$K_3 = \frac{1}{1; 10} \quad (4.139)$$

$$K_3 = \frac{1}{3,17905} \quad (4.140)$$

$$K_3 = 0,3146 \quad (4.141)$$

Sehingga, berikut perhitungan nilai PV menggunakan nilai $K_3 = 0,3146$.

$$PV = R_p \times K_3 \quad (4.142)$$

$$PV = (Max_{average} - Min_{average}) \times K_3 \quad (4.143)$$

$$PV = (0,03 - (-0,07)) \times 0,3146 \quad (4.144)$$

$$PV = 0,1 \times 0,3146 \quad (4.145)$$

$$PV = 0,032 \quad (4.146)$$

i. Nilai TV

Berikut perhitungan nilai TV (*total variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (4.147)$$

$$TV = \sqrt{0,047^2 + 0,032^2} \quad (4.148)$$

$$TV = \sqrt{0,002209 + 0,001024} \quad (4.149)$$

$$TV = \sqrt{0,003233} \quad (4.150)$$

$$TV = 0,057 \quad (4.151)$$

j. Nilai NDC

Berikut perhitungan nilai NDC (*number of distinct categories*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$NDC = 1,41 \left(\frac{PV}{GRR} \right) \quad (4.152)$$

$$NDC = 1,41 \left(\frac{0,03146}{0,057} \right) \quad (4.153)$$

$$NDC = 1,41(0.55192982456 \dots) \quad (4.154)$$

$$NDC = 0 \quad (4.155)$$

k. Persentase EV, AV, dan GRR

Berikut perhitungan nilai persentase EV (*equipment variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \times 100 \quad (4.156)$$

$$\%EV = \frac{0,002}{0,057} \times 100 \quad (4.157)$$

$$\%EV = 4,15\% \quad (4.158)$$

Berikut perhitungan nilai persentase AV (*appraiser variation*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \times 100 \quad (4.159)$$

$$\%AV = \frac{0,047}{0,057} \times 100 \quad (4.160)$$

$$\%AV = 82,40\% \quad (4.161)$$

Berikut perhitungan nilai persentase GRR (*gage R&R*) pada kategori QG (*quality gate*).

$$\%GRR = \frac{GRR}{TV} \times 100 \quad (4.162)$$

$$\%GRR = \frac{0,047}{0,057} \times 100 \quad (4.163)$$

$$\%GRR = 82,51\% \quad (4.164)$$

Berdasarkan perhitungan *gage R&R quality gate* diatas dimasukkan kedalam *checksheet* MSA sebagai berikut (Gambar 4.12).

GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY DATA SHEET VARIABLE DATA RESULTS											GAGE REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY DATA SHEET VARIABLE DATA RESULTS												
Part Number 321121			Gage Name Height Gauge			Appraiser A Sutrisno					Part Number 321121			Gage Name Height Gauge			Appraiser A Sutrisno						
Part Name Pressure Plate Clutch 64020			Gage Number 02-HG			Appraiser B Ari Mulyono					Part Name Pressure Plate Clutch 64020			Gage Number 02-HG			Appraiser B Ari Mulyono						
Characteristic Mount Height			Gage Type Dial 1 Mikrometer			Appraiser C Anwar Suyudi					Characteristic Mount Height			Gage Type Dial 1 Mikrometer			Appraiser C Anwar Suyudi						
Characteristic Classification 19.10 ± 0.05			Trials 3		Parts 10		Appraisers 3		Date Performed 10 Maret - 17 Maret 2025		Characteristic Classification 19.10 ± 0.05			Trials 3		Parts 10		Appraisers 3		Date Performed 10 Maret - 17 Maret 2025			
APPRaiser/ TRIAL #		PART										AVERAGE		Measurement Unit Analysis					% Total Variation (TV)				
1. A		1	-0.120	-0.025	-0.130	-0.070	-0.095	-0.060	-0.120	-0.180	-0.080	0.100	Repeatability - Equipment Variation (EV)		Trials		K1		% EV				
2.		2	-0.110	-0.095	-0.130	-0.070	-0.096	-0.060	-0.115	-0.180	-0.080	0.080	EV = $R \times K_1$		2		0.8862		= 100 (EV/TV)				
3.		3	-0.120	-0.095	-0.130	-0.070	-0.097	-0.060	-0.115	-0.180	-0.080	0.080	= 0.004×0.5908		3		0.5908		= 100(0.002/0.057)				
4. AVE			-0.117	-0.072	-0.130	-0.070	-0.096	-0.060	-0.117	-0.180	-0.080	0.087	= 0.002						= 4.15				
5. R			0.010	0.070	0.000	0.000	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.020	Reproducibility - Appraiser Variation (AV)						% AV				
6. B		1	-0.038	-0.120	-0.044	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	AV = $\{[(X_{(1)} - X_{(n)})^2 + (X_{(2)} - X_{(n-1)})^2 + \dots + (X_{(n-1)} - X_{(2)})^2] / (n-1)\}^{1/2}$						= 100 (AV/TV)				
7.		2	-0.039	-0.120	-0.045	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	= $\{[(0.09 \times 0.5231)^2 \times 2 - (0.00 \times 2 / (10 \times 3))]^{1/2}\}$						= 100(0.047/0.057)				
8.		3	-0.039	-0.120	-0.045	0.018	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	= 0.047						= 82.40				
9. AVE			-0.039	-0.120	-0.045	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	n = parts r = trials		Appraisers		2 3						
10. R			0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Repeatability & Reproducibility (GRR)		K2		0.7071 0.5231		% GRR				
11. C		1	-0.044	-0.012	-0.045	0.005	-0.012	0.024	-0.038	0.097	0.006	-0.030	GRR = $\{(EV^2 + AV^2)\}^{1/2}$		Parts		K3		= 100 (GRR/TV)				
12.		2	-0.044	-0.013	-0.045	0.006	-0.012	0.024	-0.038	0.098	0.007	-0.031	= $\{(0.002^2 \times 2 + 0.047^2 \times 2)\}^{1/2}$		2		0.7071		= 100(0.047/0.057)				
13.		3	-0.043	-0.013	-0.045	0.006	-0.012	0.023	-0.039	0.098	0.007	-0.030	= 0.047		3		0.5231		= 82.5062216				
14. AVE			-0.044	-0.013	-0.045	0.006	-0.012	0.024	-0.039	0.098	0.007	-0.030	Part Variation (PV)		4		0.4467		Gage system needs improvement				
15. R			0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	PV = $R_p \times K_3$		5		0.4030		% PV				
16. PART AVERAGE			-0.07	-0.07	-0.07	-0.02	-0.04	0.03	-0.06	0.00	0.01	0.01	= 0.102×0.3146		6		0.3742		= 100(PV/TV)				
17. $(r_a + r_b + r_c) / (\# \text{ OF APPRAISERS}) =$		0.03 -0.07										R=		0.004		7		0.3534		= 100(0.032/0.057)			
18. $X_{DIFF} = (\text{Max } x - \text{Min } x) =$												$X_{DIFF} =$		0.089		8		0.3375		= 56.50			
19. $UCL_R = R \times D_4 =$		APPRaiser A OUT OF CONTROL										$UCL_R =$		0.010		9		0.3249		ndc = 1.41(PV/GRR)			
Notes:																10		0.3146		= 1.41(0.032/0.047)			
																				= 0			
																				Gage discrimination low			
																				For information on the theory and constants used in the form see MSA Reference Manual, Third edition.			
																				Approved  Checked  Reported 			

Gambar 4.12 Checksheet MSA Quality Gate

4.1.5 Wawancara

Wawancara dilakukan setelah melakukan pengambilan data pengukuran. Wawancara dilakukan kepada subjek yang dengan karakteristik seperti pada tabel 4.1. Wawancara bertujuan untuk menganalisis lebih dalam tentang sistem pengukuran, kemampuan pengukuran, faktor keakuratan, dan tekanan dalam pengukuran. Berdasarkan pertanyaan wawancara pada lampiran 3, berikut hasil wawancara yang diperoleh (Tabel 4.11).

Tabel 4.11 Hasil Wawancara

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
Man	A1	1	Bekerja sebagai <i>quality control</i> sejak tahun 2019
	A2		Bekerja sebagai <i>quality control</i> sejak tahun 2017
	A3		Bekerja sebagai <i>quality control</i> sejak tahun 2018
	B1		Bekerja sebagai operator sejak tahun 2012
	B2		Bekerja sebagai operator sejak tahun 2006
	B3		Bekerja sebagai operator sejak tahun 2013
	A1	2	Ya, memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	A2		Ya, memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	A3		Tidak memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	B1		Ya, memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	B2		Ya, memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	B3		Tidak memiliki latar belakang pendidikan pengukuran
	A1	3	3 kali untuk sampling di awal, tengah dan akhir shif
	A2		4 kali
	A3		3 kali
	B1		5 kali
	B2		50 kali
	B3		85 kali
	A1	4	Ya, kami merasa nyaman saat melakukan pengukuran menggunakan <i>height gauge</i>
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	5	Ya, kami merasa percaya diri saat menggunakan <i>height gauge</i>
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
	A1	6	Tidak pernah mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	A2		Tidak pernah mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	A3		Ya mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	B1		Tidak pernah mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	B2		Ya mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	B3		Ya mengalami tekanan kerja saat menggunakan <i>height gauge</i>
	A1	7	Ya, antara <i>quality control</i> dan operator memiliki koordinasi dalam memastikan pengukuran yang akurat.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	8	Tidak pernah terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan oleh <i>quality control</i> .
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		Ya sering terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan oleh <i>quality control</i> .
	A1	9	Ya, permasalahan perbedaan hasil operator dan <i>quality control</i> mudah diselesaikan.
	A2		Tidak, permasalahan perbedaan hasil operator dan <i>quality control</i> sulit diselesaikan.
	A3		Ya, permasalahan perbedaan hasil operator dan <i>quality control</i> mudah diselesaikan.
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	10	Ya, <i>quality control</i> memberikan pelatihan atau umpan balik secara rutin kepada operator terkait pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	11	Ya, kami selalu memastikan bahwa hasil pengukuran dapat diterima tanpa revisi ulang.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
Machine	A1	12	Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> kalau <i>line</i> tersebut jalan sebagai operator QC <i>line</i> biasanya minimal 3 kali melakukan sampling.
	A2		Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> sebanyak 4 kali.
	A3		Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> sebanyak 3 kali sampling.
	B1		Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> sebanyak 5 kali.
	B2		Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> sebanyak 50 kali tergantung banyak produk yang di mesin.
	B3		Dalam sehari penggunaan <i>height gauge</i> sebanyak 50 kali tergantung banyak produk yang di mesin.
	A1	13	Ya, <i>height gauge</i> yang digunakan saat ini mudah dibaca dan dioperasikan.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	14	Ya, kami memastikan bahwa <i>height gauge</i> dalam kondisi baik sebelum digunakan.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	15	Ya, kami pernah mengalami kesulitan atau ketidaksesuaian hasil pengukuran saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	16	Ya, pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	A2		Ya, pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	A3		Tidak pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	B1		Ya, pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	B2		Tidak pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	B3		Ya, pernah mengalami kerusakan <i>height gauge</i> yang berdampak pada hasil pengukuran.
	A1	17	Pada <i>line</i> produksi <i>height gauge</i> dikalibrasi sehari sekali.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
	B3		Pada <i>line</i> produksi <i>height gauge</i> dikalibrasi sehari dua kali.
	A1	18	Ya, pernah mengalami masalah akibat <i>height gauge</i> yang belum dikalibrasi dengan baik.
	A2		Ya, pernah mengalami masalah akibat <i>height gauge</i> yang belum dikalibrasi dengan baik.
	A3		Tidak, pernah mengalami masalah akibat <i>height gauge</i> yang belum dikalibrasi dengan baik.
	B1		
	B2		
	B3		Ya, pernah mengalami masalah akibat <i>height gauge</i> yang belum dikalibrasi dengan baik.
	A1	19	Ya, kami memastikan bahwa alat ukur telah dikalibrasi sebelum digunakan.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	20	Ya, kami mengetahui prosedur kalibrasi alat ukur <i>height gauge</i> .
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		Tidak mengetahui prosedur kalibrasi alat ukur <i>height gauge</i> .
	A1	21	Ya, menurut kami pengaruh kalibrasi berdampak terhadap keakuratan pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
Method	A1	22	Ya, terdapat teknik atau prosedur khusus yang digunakan untuk memastikan keakuratan pengukuran sama seperti saat tes MSA.
	A2		Tidak terdapat teknik atau prosedur khusus yang digunakan untuk memastikan keakuratan pengukuran sama seperti saat tes MSA.
	A3		
	B1		Ya, terdapat teknik atau prosedur khusus yang digunakan untuk memastikan keakuratan pengukuran sama seperti saat tes MSA.
	B2		
	B3		
	A1	23	Ya, ada standar operasional prosedur (SOP) yang harus diikuti saat melakukan pengukuran dan mudah dipahami.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
	A1	24	Ya, kami menjaga konsentrasi dan fokus selama proses pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	25	Ya, kami pernah harus mengulang pengukuran karena hasil awal tidak sesuai.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	26	Ya, kami memastikan bahwa setiap pengukuran dilakukan dengan metode yang sama.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
Environment	A1	27	Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya tidak baik.
	A2		Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya sudah baik.
	A3		Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya sudah baik.
	B1		Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya tidak baik.
	B2		Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya sudah baik.
	B3		Kondisi tempat melakukan pengukuran lingkungannya tidak baik.
	A1	28	Terdapat faktor lingkungan di area kerja yang dapat mengganggu akurasi pengukuran seperti pencahayaan dan kebersihan.
	A2		Tidak ada
	A3		Tidak ada
	B1		Terdapat faktor lingkungan di area kerja yang dapat mengganggu akurasi pengukuran seperti pencahayaan.
	B2		Terdapat faktor lingkungan di area kerja yang dapat mengganggu akurasi pengukuran seperti pencahayaan.
	B3		Terdapat faktor lingkungan di area kerja yang dapat mengganggu akurasi pengukuran seperti suhu.
	A1	29	Ya, saya selalu bekerja dalam posisi yang nyaman saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
	B3		Saya tidak bekerja dalam posisi yang nyaman saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	A1	30	Saya tidak bekerja dalam posisi yang ergonomis saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	A2		Ya, saya selalu bekerja dalam posisi yang ergonomis saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	31	Ya, saya menjaga fokus dan konsentrasi di tengah kondisi lingkungan yang mungkin tidak ideal.
	A2		Saya tidak menjaga fokus dan konsentrasi di tengah kondisi lingkungan yang mungkin tidak ideal.
	A3		
	B1		Ya, saya menjaga fokus dan konsentrasi di tengah kondisi lingkungan yang mungkin tidak ideal.
	B2		Ya, saya menjaga fokus dan konsentrasi di tengah kondisi lingkungan yang mungkin tidak ideal.
	B3		
	A1	32	Ya, kondisi lingkungan seperti getaran, debu, dan pencahayaan memengaruhi hasil pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	33	Ya, suhu benda kerja berpengaruh terhadap hasil pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
Eksternal	A1	34	Ya, memiliki target jumlah pengukuran/produksi dalam sehari yang mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	A2		Ya, memiliki target jumlah pengukuran/produksi dalam sehari yang tidak mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	35	Saya tidak merasa terburu - buru ketika harus mengejar target produksi/pengukuran dalam waktu yang terbatas.
	A2		Ya, saya merasa terburu - buru ketika harus mengejar target produksi/pengukuran dalam waktu yang terbatas.
	A3		
	B1		Saya tidak merasa terburu - buru ketika harus mengejar target produksi/pengukuran dalam waktu yang terbatas.
	B2		
	B3		
	A1	36	Ya, saya merasa tekanan untuk meningkatkan keakuratan pengukuran berdampak pada ketelitian dan keakuratan hasil.

Faktor	Subjek	No.	Jawaban
	A2		Saya tidak merasa sebuah tekanan untuk meningkatkan keakuratan pengukuran berdampak pada ketelitian dan keakuratan hasil.
	A3		Ya, saya merasa tekanan untuk meningkatkan keakuratan pengukuran berdampak pada ketelitian dan keakuratan hasil.
	B1		
	B2		Saya tidak merasa sebuah tekanan untuk meningkatkan keakuratan pengukuran berdampak pada ketelitian dan keakuratan hasil.
	B3		
	A1	37	Tidak ada faktor kebijakan perusahaan yang berpengaruh pada hasil pengukuran.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		Ada faktor kebijakan perusahaan yang berpengaruh pada hasil pengukuran.
	B3		
	A1	38	Tidak pernah mengalami perubahan hasil pengukuran akibat pergantian shif atau operator yang berbeda.
	A2		
	A3		Ya, pernah mengalami perubahan hasil pengukuran akibat pergantian shif atau operator yang berbeda.
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	39	Alat ukur height gauge tidak pernah dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		
	A1	40	Ya, perpindahan tempat alat ukur mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	A2		Perpindahan tempat alat ukur tidak mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	A3		
	B1		Ya, perpindahan tempat alat ukur mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	B2		Perpindahan tempat alat ukur tidak mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	B3		Ya, perpindahan tempat alat ukur mempengaruhi keakuratan pengukuran.
	A1	41	Durasi dan kualitas istirahat antar shif tidak mempengaruhi kemampuan dalam melakukan pengukuran dengan tepat.
	A2		
	A3		
	B1		
	B2		
	B3		

Berdasarkan jawaban wawancara dari 6 subjek diperoleh hasil yang beragam sesuai dengan apa yang dirasakan dan dialami oleh masing – masing subjek. Sehingga,

berikut interpretasi hasil wawancara pada setiap pertanyaan yang dijawab oleh 6 subjek (Tabel 4.12).

Tabel 4.12 Interpretasi Wawancara

Faktor	No.	Interpretasi
Man	1	Para operator telah bekerja sejak tahun 2006 hingga 2019. Ini menunjukkan bahwa mereka memiliki latar belakang pengalaman yang cukup panjang dan beragam dalam bidang pengukuran produk.
	2	Dari enam subjek, empat orang memiliki latar belakang pendidikan pengukuran, sementara dua lainnya (termasuk satu QC dan satu operator) tidak memilikinya. Kondisi ini menunjukkan adanya ketimpangan kompetensi dasar yang dapat memengaruhi konsistensi dan akurasi hasil pengukuran.
	3	Terdapat perbedaan frekuensi pengukuran antara QC dan operator.
	4	Operator dan QC merasa nyaman tidak ada kendala saat menggunakan <i>height gauge</i> .
	5	Operator dan QC merasa percaya diri menggunakan <i>height gauge</i> .
	6	Tekanan kerja lebih sering dirasakan oleh operator dibanding QC, kemungkinan disebabkan oleh beban produksi dan tuntutan waktu saat proses pengukuran berlangsung.
	7	Operator dan <i>quality control</i> selalu melakukan koordinasi.
	8	Satu operator mengaku sering mengalami ketidaksesuaian, yang mengindikasikan kemungkinan adanya faktor teknis atau keterampilan individu yang memengaruhi hasil pengukuran pada level operator.
	9	Hanya satu QC yang menyatakan bahwa perbedaan hasil sulit diselesaikan, yang menunjukkan bahwa meskipun umumnya tidak menjadi kendala besar, tetap ada potensi masalah yang perlu diperhatikan terkait penyamaan metode atau pemahaman saat pengukuran.
	10	<i>Quality control</i> selalu memberikan umpan balik ke operator.
	11	<i>Quality control</i> dan operator selalu mengecek ulang ukuran.
Machine	12	Menunjukkan bahwa operator lebih intens terlibat dalam pengukuran langsung selama proses produksi.
	13	<i>Height gauge</i> mudah dibaca dan dioperasikan.
	14	Kondisi <i>height gauge</i> selalu dipastikan sebelum digunakan.
	15	Pernah mengalami ketidaksesuaian ukuran dalam menggunakan <i>height gauge</i> .
	16	Kerusakan alat ukur masih menjadi masalah yang cukup sering terjadi, dan dapat memengaruhi keakuratan hasil pengukuran, baik di tingkat QC maupun operator.
	17	Penerapan prosedur kalibrasi cukup konsisten, penting untuk menjaga akurasi dan keandalan hasil pengukuran.
	18	Meskipun kalibrasi rutin dilakukan, kemungkinan terjadinya penyimpangan tetap ada, yang dapat berdampak pada ketelitian pengukuran dan keakuratan hasil inspeksi.
	19	Alat ukur selalu dipastikan sudah terkalibrasi.
	20	Mengindikasikan masih adanya kesenjangan pengetahuan teknis di level operator. Hal ini penting untuk diperhatikan, karena pemahaman prosedur kalibrasi sangat krusial dalam menjaga akurasi alat ukur dan konsistensi hasil pengukuran.
	21	Kalibrasi berdampak pada hasil pengukuran.
Method	22	Para operator dan QC telah memiliki kesadaran dan kebiasaan kerja yang terstandar untuk menjaga konsistensi hasil pengukuran, meskipun masih

Faktor	No.	Interpretasi
		perlu dilakukan penyelarasan di antara seluruh personel agar prosedur lebih seragam.
	23	Terdapat SOP penggunaan alat ukur yang mudah dipahami.
	24	Konsentrasi selalu terjaga saat pengukuran.
	25	Selalu melakukan pengulangan apabila hasil tidak sesuai.
	26	Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama.
Environment	27	Lingkungan tidak nyaman dirasakan oleh sebagian operator dan satu QC.
	28	faktor lingkungan masih menjadi potensi sumber variabilitas dalam pengukuran yang perlu mendapat perhatian lebih, seperti pencahayaan, kebersihan, dan suhu.
	29	Secara umum aspek ergonomi sudah cukup baik, namun masih terdapat ruang perbaikan pada area kerja tertentu agar kenyamanan operator dapat merata.
	30	Semua operator dan <i>quality control</i> sudah merasa ergonomis dalam posisi pengukuran.
	31	Hanya satu operator yang mengaku tidak dapat menjaga fokus dalam kondisi tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa kedisiplinan dan profesionalisme umumnya sudah baik, namun perlu ada perhatian khusus terhadap dukungan lingkungan kerja agar semua operator dapat mempertahankan konsentrasi secara konsisten.
	32	Menunjukkan adanya kesadaran bersama terhadap pentingnya kestabilan lingkungan kerja untuk menjaga akurasi alat ukur, khususnya <i>height gauge</i> , yang sensitif terhadap gangguan eksternal.
	33	Adanya pemahaman yang baik terhadap prinsip dasar metrologi, di mana perubahan suhu dapat menyebabkan penyusutan atau pemuaian dimensi benda kerja, sehingga memengaruhi akurasi pengukuran jika tidak dikondisikan terlebih dahulu.
Eksternal	34	Tekanan target kerja lebih dirasakan oleh QC, sementara sebagian operator mungkin sudah terbiasa atau memiliki strategi kerja untuk menjaga akurasi meskipun dalam tekanan target.
	35	Secara umum, para operator dan QC dapat mengelola waktu dan beban kerja dengan baik, meskipun tekanan target tetap ada.
	36	Adanya perbedaan persepsi terhadap tekanan kerja, di mana sebagian merasa tekanan bisa memicu ketidaktepatan, sementara yang lain mampu mempertahankan performa meski di bawah tekanan.
	37	Operator lebih sensitif terhadap kebijakan operasional atau prosedur kerja yang mungkin berdampak pada akurasi pengukuran, seperti target produksi atau metode kerja yang ditetapkan.
	38	Variabilitas antar operator atau perbedaan kondisi antar shift bisa menjadi faktor penyebab inkonsistensi hasil pengukuran.
	39	Alat ukur tidak pernah dipindah pindah.
	40	Masih adanya kurang kesadaran tentang stabilitas lingkungan tempat pengukuran berperan penting, dan perpindahan alat ukur sebaiknya diminimalkan atau dikontrol untuk menjaga konsistensi hasil pengukuran.
	41	Durasi istirahat dan sistem shift tidak mempengaruhi ketelitian pengukuran.

Berdasarkan tabel 4.12 diperoleh interpretasi wawancara yang menyatakan terdapat kesesuaian dan ketidaksesuaian jawaban antara operator dan *quality control*. Ketidaksesuaian jawaban dalam wawancara tersebut nantinya akan dijadikan faktor masalah pada isi kuesioner FMEA.

4.1.6 Pilot Study

Pilot study digunakan untuk membuat kuesioner FMEA berdasarkan ketidaksesuaian jawaban wawancara pada tabel 4.14. Berdasarkan tahapan *pilot study* pada BAB 3 telah disebutkan objek dan aspek yang diukur, tahapan selanjutnya menyusun instrumen penelitian yang diuji yaitu kuesioner. Berikut hasil kuesioner yang disusun (Tabel 4.13).

Tabel 4.13 Hasil Kuesioner *Pilot Study*

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
1A	Man	Dari enam subjek, empat orang memiliki latar belakang pendidikan pengukuran, sementara dua lainnya (termasuk satu QC dan satu operator) tidak memilikinya. Kondisi ini menunjukkan adanya ketimpangan kompetensi dasar yang dapat memengaruhi konsistensi dan akurasi hasil pengukuran.	Perbedaan kompetensi dasar antar <i>appraiser</i> .	Hasil pengukuran bervariasi, hasil <i>gage</i> R&R menunjukkan faktor operator, dan kesulitan dalam penggunaan alat ukur.	Ketimpangan latar belakang pendidikan terkait pengukuran atau metrologi.	Pelatihan bagi karyawan baru.
1B		Terdapat perbedaan frekuensi pengukuran antara QC dan operator.	Perbedaan frekuensi pengukuran antara operator dan QC.	Kemampuan pengukuran akibat terbiasa menjadi berbeda, hasil pengukuran kurang representatif.	Perbedaan tanggung jawab antara operator dan QC.	Belum ada deteksi.
1C		Tekanan kerja lebih sering dirasakan oleh operator dibanding QC, kemungkinan disebabkan oleh beban produksi dan tuntutan waktu saat proses pengukuran berlangsung.	Tekanan kerja berlebih pada operator saat proses pengukuran	Pengukuran dilakukan secara terburu - buru, potensi pengukuran tidak akurat, dan risiko salah baca hasil pengukuran.	Harus memenuhi target produksi sambil melakukan pengukuran.	Sistem pergantian shif dalam seminggu dan <i>rolling jobdesk</i> .

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
1D		Satu operator mengaku sering mengalami ketidaksesuaian, yang mengindikasikan kemungkinan adanya faktor teknis atau keterampilan individu yang memengaruhi hasil pengukuran pada level operator.	Terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan QC.	Data pengukuran menjadi tidak konsisten	Perbedaan pemahaman standar pengukuran antara operator dan QC, Perbedaan keterampilan dasar pengukuran.	<i>Sampling</i> harian untuk memvalidasi pengukuran.
1E		Hanya satu QC yang menyatakan bahwa perbedaan hasil sulit diselesaikan, yang menunjukkan bahwa meskipun umumnya tidak menjadi kendala besar, tetap ada potensi masalah yang perlu diperhatikan terkait penyamaan metode atau pemahaman saat pengukuran.	Perbedaan metode atau pemahaman dalam proses pengukuran antar individu.	Terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran antar personel, Kesulitan menyelesaikan perbedaan hasil ukur secara objektif.	Perbedaan pengalaman dan persepsi antar <i>appraiser</i> , Minimnya pelatihan bersama dan <i>cross-check</i> antarpersonil.	penyelesaian dilakukan secara diskusi informal jika terjadi selisih.
2A	Machine	Menunjukkan bahwa operator lebih intens terlibat dalam pengukuran langsung selama proses produksi.	Tingginya intensitas keterlibatan operator dalam pengukuran langsung saat proses produksi.	Potensi kesalahan pengukuran akibat <i>multitasking</i> , Penurunan fokus terhadap akurasi ukur.	Jumlah SDM terbatas, Asumsi bahwa operator cukup kompeten menangani kedua peran.	QC melakukan verifikasi hasil di tahap akhir jika ditemukan deviasi.
2B		Pernah mengalami ketidaksesuaian ukuran dalam menggunakan <i>height gauge</i> .	Ketidaksesuaian hasil pengukuran saat menggunakan <i>height gauge</i> .	Hasil pengukuran tidak akurat, Data ukur tidak valid untuk analisis kualitas.	Kesalahan dalam teknik penggunaan alat (misalnya posisi benda atau titik nol tidak tepat), Kurangnya pelatihan atau pengalaman menggunakan <i>height gauge</i> , Alat tidak	QC melakukan pengukuran ulang jika nilai dianggap tidak masuk akal.

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
					dikalibrasi secara berkala.	
2C		Kerusakan alat ukur masih menjadi masalah yang cukup sering terjadi, dan dapat memengaruhi keakuratan hasil pengukuran, baik di tingkat QC maupun operator.	Alat ukur mengalami kerusakan atau ketidaksesuaian.	Hasil pengukuran menjadi tidak akurat atau tidak konsisten.	Alat ukur tidak mendapatkan perawatan atau kalibrasi rutin, Tidak ada sistem pemeriksaan awal sebelum penggunaan.	Dilakukan perawatan alat ukur 6 bulan sekali.
2D		Mengindikasikan masih adanya kesenjangan pengetahuan teknis di level operator. Hal ini penting untuk diperhatikan, karena pemahaman prosedur kalibrasi sangat krusial dalam menjaga akurasi alat ukur dan konsistensi hasil pengukuran.	Operator tidak memahami atau tidak melaksanakan prosedur kalibrasi alat ukur dengan benar.	Akurasi alat ukur menurun, Data pengukuran menjadi tidak konsisten.	Kurangnya pelatihan teknis bagi operator, Minimnya supervisi saat pengukuran berlangsung.	Belum ada deteksi.
3A	Method	Para operator dan QC telah memiliki kesadaran dan kebiasaan kerja yang terstandar untuk menjaga konsistensi hasil pengukuran, meskipun masih perlu dilakukan penyesuaian di antara seluruh personel agar prosedur lebih seragam.	Tidak seragamnya teknik pengukuran di antara personel.	Perbedaan hasil pengukuran.	Tidak adanya pelatihan <i>refresh</i> atau audit metode secara berkala.	Belum ada deteksi.

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
4A	Environment	Ketidaknyamanan lingkungan dirasakan oleh sebagian operator dan satu QC. faktor lingkungan masih menjadi potensi sumber variabilitas dalam pengukuran yang perlu mendapat perhatian lebih, seperti pencahayaan, kebersihan, dan suhu.	Ketidaknyamanan lingkungan kerja saat proses pengukuran berlangsung.	Menurunnya fokus dan konsentrasi saat pengukuran, Potensi kesalahan pembacaan alat ukur, Mengganggu konsistensi dan akurasi hasil pengukuran.	Suhu ruangan tidak stabil atau tidak sesuai standar pengukuran, Kebisingan lingkungan produksi, Kurangnya pencahayaan atau fasilitas ergonomis.	Belum ada standar kenyamanan lingkungan untuk aktivitas pengukuran.
4B			Sistem pencahayaan yang buruk.	Kesulitan dalam membaca skala alat ukur secara presisi, Potensi kesalahan pencatatan hasil ukur.	Area pengukuran tidak memiliki pencahayaan standar, Tidak adanya kontrol terhadap intensitas cahaya di area ukur.	Evaluasi dilakukan pasca keluhan.
4C			Hasil pengukuran tidak akurat atau tidak konsisten akibat lingkungan yang kotor.	Permukaan benda ukur atau alat terkontaminasi, Terjadinya kesalahan pengukuran akibat penghalang fisik, Alat ukur cepat rusak atau aus.	Lokasi pengukuran terlalu dekat dengan area kerja berat/produksi, Tidak ada petugas kebersihan khusus.	Pembersihan dilakukan manual oleh operator setiap datang dan pulang, tanpa jadwal tetap.
4D			Suhu lingkungan panas mengganggu fokus operator dan QC saat melakukan pengukuran.	Menurunnya konsentrasi saat membaca hasil ukur, Potensi kesalahan manusia (<i>human error</i>).	Area pengukuran terlalu dekat dengan mesin produksi panas, Tidak ada monitor suhu lingkungan.	Deteksi suhu hanya dilakukan subjektif (keluhan operator).

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
4E		Secara umum aspek ergonomi sudah cukup baik, namun masih terdapat ruang perbaikan pada area kerja tertentu agar kenyamanan operator dapat merata.	Ketidakteraturan kondisi ergonomi di area kerja.	Menurunnya kenyamanan kerja bagi sebagian operator, Berkurangnya fokus dan konsentrasi saat pengukuran, Potensi kesalahan akibat postur kerja tidak ideal.	Tidak semua area dilengkapi meja, kursi dan alat bantu ergonomis, Belum ada evaluasi rutin aspek ergonomi.	Belum ada sistem monitor khusus untuk kenyamanan kerja.
5A	Eksternal	Tekanan target kerja lebih dirasakan oleh QC, sementara sebagian operator mungkin sudah terbiasa atau memiliki strategi kerja untuk menjaga akurasi meskipun dalam tekanan target.	Penurunan ketelitian hasil pengukuran QC akibat tekanan target kerja.	Risiko kesalahan dalam interpretasi hasil ukur, Pengambilan keputusan QC yang tergesa-gesa.	Tekanan target produksi atau <i>deadline</i> inspeksi ketat, kurangnya manajemen stres kerja.	Belum ada sistem pengelolaan tekanan kerja secara formal.
5B		Adanya perbedaan persepsi terhadap tekanan kerja, di mana sebagian merasa tekanan bisa memicu ketidaktelitian, sementara yang lain mampu mempertahankan performa meski di bawah tekanan.	Ketidaktelitian hasil pengukuran akibat respons individu terhadap tekanan kerja yang berbeda-beda.	Akurasi antar personel tidak konsisten, Hasil ukur yang tidak stabil.	Perbedaan kemampuan manajemen stres, Tidak adanya pelatihan menghadapi tekanan kerja.	Monitor <i>performance</i> kerja bulanan.
5C		Operator lebih sensitif terhadap kebijakan operasional atau prosedur kerja yang mungkin berdampak pada akurasi pengukuran, seperti target produksi atau metode kerja yang ditetapkan.	Penurunan akurasi pengukuran akibat tekanan atau kebijakan kerja yang tidak sesuai bagi operator.	Penurunan kualitas data pengukuran.	Kurangnya sosialisasi kebijakan dan prosedur baru.	Mengandalkan sistem umpan balik dari operator sebelum menerapkan kebijakan.

No.	Faktor	Interpretasi	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Potential Cause of Failure	Current Control Detection
5D		Variabilitas antar operator atau perbedaan kondisi antar shif bisa menjadi faktor penyebab inkonsistensi hasil pengukuran.	Perbedaan hasil pengukuran antar operator atau antar shif.	Kesulitan dalam validasi mutu produk.	Perbedaan pengalaman dan teknik antar operator, Perbedaan kondisi lingkungan kerja tiap shif (pencahayaan, suhu, tekanan kerja).	Sistem kalibrasi sekali setiap shif.

Berdasarkan hasil kuesioner *pilot study* perlu dilakukan uji kelayakan untuk mengetahui seberapa layak kuesioner tersebut disebar dan diisi oleh 6 *appraiser*. Instrumen yang digunakan dalam uji kelayakan yaitu kuesioner CVI (*content validity indeks*). Berdasarkan kuesioner CVI pada lampiran diisi oleh 2 orang ahli atau *expert judgement* pada bidang kualitas dan pengukuran. Berikut karakteristik ahli yang mengisi kuesioner CVI (Tabel 4.14).

Tabel 4.14 Karakteristik Ahli

Karakteristik Ahli		Jumlah
Jabatan	Kepala Departemen	1
	Kepala Bagian	1
Usia	38 Tahun	1
	45 Tahun	1
Lama bekerja dibidang kualitas dan pengukuran	15 Tahun	1
	14 Tahun	1
Pendidikan terakhir	S-2 Teknik Metalurgi	1
	D-3 Teknik Mesin	1

Kedua ahli tersebut memberikan penilaian terhadap kuesioner yang dibuat dengan ketentuan nilai kelayakan. Menurut Davis (1992) dalam jurnal Yusoff (2019), apabila melibatkan dua orang ahli atau *expert judgement* untuk menguji sebuah konten, maka

setidaknya harus diperoleh nilai $> 0,80$ untuk dikatakan layak. Berikut hasil rekap nilai uji CVI yang dilakukan oleh dua orang ahli (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 Hasil Rekap Nilai Uji CVI

No.	Identitas Ahli		Item																		
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
E1	Inisial	E1	3	1	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
	Jabatan	Kepala Departemen QC																			
	Umur	38 Tahun																			
	Lama Bekerja	15 Tahun																			
	Pendidikan	S-2 Teknik Metalurgi																			
E2	Inisial	E2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2
	Jabatan	Kepala Bagian QC																			
	Umur	45 Tahun																			
	Lama Bekerja	14 Tahun																			
	Pendidikan	D-3 Teknik Mesin																			

Tahap selanjutnya adalah mengklasifikasikan item yang relevan dan tidak relevan. Item layak dengan perhitungan skala nilai 3 – 4 dianggap relevan dengan perhitungan nilai 1, sedangkan skala nilai 1 – 2 dianggap tidak relevan dengan perhitungan nilai 0 (Yusoff, 2019). Berikut rekap klasifikasi item relevan dan tidak relevan (Tabel 4.16).

Tabel 4.16 Rekap Klasifikasi Item

No.	Item																		
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
E1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Setelah diketahui item relevan dan tidak relevan, tahap selanjutnya menghitung nilai *expert in agreement* atau jumlah ahli yang setuju. *Expert in agreement* dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$\text{expert in agreement (Q1)} = E1 + E2 \quad (4.165)$$

$$\text{expert in agreement (Q1)} = 1 + 1 \quad (4.166)$$

$$\text{expert in agreement (Q1)} = 2 \quad (4.167)$$

Berikut rekapitulasi *expert in agreement* pada seluruh item (Tabel 4.17).

Tabel 4.17 Rekapitulasi *Expert in Agreement*

Expert in Agreement																		
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1

Hasil *expert in agreement* selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai I - CVI. I - CVI merupakan nilai indeks validitas pada setiap item. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai I - CVI.

$$I - CVI = \frac{\text{Expert in Agreement}}{\text{Jumlah Ahli}} \quad (4.168)$$

$$I - CVI = \frac{2}{2} \quad (4.169)$$

$$I - CVI = 1 \quad (4.170)$$

Berikut rekapitulasi perhitungan nilai I - CVI pada seluruh item (Tabel 4.18).

Tabel 4.18 Rekapitulasi Nilai I - CVI

I - CVI																		
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
1	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5

Berdasarkan hasil rekapitulasi nilai I - CVI tersebut dapat dilihat terdapat 3 item yang memiliki nilai dibawah 0,80, sehingga perlu adanya peninjauan. Tahap selanjutnya mengidentifikasi nilai UA (*universal agreement*) dengan cara memberikan nilai 1 pada item yang memiliki nilai relevan oleh kedua ahli, dan memberikan nilai 0 untuk item yang memiliki nilai tidak relevan oleh salah satu atau kedua ahli. Berikut hasil identifikasi nilai UA (Tabel 4.19).

Tabel 4.19 Rekapitulasi Nilai UA

UA																		
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Selanjutnya menghitung nilai proporsi yang relevan (*proportion tolerance*) setiap ahli. Berikut perhitungan *proportion tolerance* pada ahli pertama (E1).

$$\text{Proportion tolerance (E1)} = \frac{\text{Total skor item per ahli}}{\text{Jumlah item}} \quad (4.171)$$

$$\text{Proportion tolerance (E1)} = \frac{18}{19} \quad (4.172)$$

$$\text{Proportion tolerance (E1)} = 0,947 \quad (4.173)$$

Berikut perhitungan *proportion tolerance* pada ahli kedua (E2).

$$\text{Proportion tolerance (E2)} = \frac{\text{Total skor item per ahli}}{\text{Jumlah item}} \quad (4.174)$$

$$\text{Proportion tolerance (E2)} = \frac{16}{19} \quad (4.175)$$

$$\text{Proportion tolerance (E2)} = 0,894 \quad (4.176)$$

Setelah diketahui nilai *proportion tolerance* pada setiap ahli, selanjutnya menghitung nilai *average proportion tolerance* atau nilai rata – rata proporsi relevan pada kedua ahli. Berikut persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai *average proportion tolerance*.

$$\text{Average proportion tolerance} = \frac{\text{Total proportion tolerance}}{\text{Jumlah ahli}} \quad (4.177)$$

$$\text{Average proportion tolerance} = \frac{1.789473684}{2} \quad (4.178)$$

$$\text{Average proportion tolerance} = 0,921 \quad (4.179)$$

Tahap terakhir menghitung nilai S – CVI/Ave untuk mengetahui rata – rata indeks validitas konten secara keseluruhan menggunakan persamaan berikut.

$$S - cvi/Ave = \frac{\text{Total I - CVI}}{\text{Jumlah item}} \quad (4.180)$$

$$S - cvi/Ave = \frac{17}{19} \quad (4.181)$$

$$S - cvi/Ave = 0,921 \quad (4.182)$$

Sedangkan, untuk melihat indeks validitas konten secara universal dalam skala yang mencapai kesesuaian skala 3 atau 4 menggunakan S – CVI/UA.

$$S - cvi/UA = \frac{Total\ UA}{Jumlah\ item} \quad (4.183)$$

$$S - cvi/UA = \frac{15}{19} \quad (4.184)$$

$$S - cvi/UA = 0,842 \quad (4.185)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas uji CVI memiliki skor $S - CVI/Ave = 0,921$ dan $S - CVI/UA = 0,842$, sehingga kesimpulannya secara skala penilaian kuesioner FMEA tersebut layak untuk diisi oleh 6 *appraiser*. Sesuai dengan pendapat oleh Davis (1992), skor dapat dikatakan layak apabila bernilai $\geq 0,80$. Hasil kuesioner FMEA dapat dilihat pada lampiran 7.

4.1.7 Failure Mode and Effect Analysis

Hasil kuesioner *failure mode and effect analysis* (FMEA) pada lampiran 7 dilakukan pengisian kepada 6 *appraiser* yang melakukan pengukuran. FMEA digunakan untuk menilai tingkat kerusakan (*severity*), tingkat kemungkinan kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), dan menentukan *risk priority numbers* (RPN). Pengisian nilai FMEA berdasarkan nilai skala yang telah ditentukan sesuai pada tabel 2.3 nilai *severity*, tabel 2.4 nilai *occurrence*, tabel 2.5 nilai *detection*, dan tabel 2.6 nilai RPN. Berikut rekapitulasi hasil penilaian FMEA dari 6 *appraiser*.

1. Nilai *severity*

Berikut hasil nilai *severity* dari 6 *appraiser* yang mengisi kuesioner FMEA (Tabel 4.20).

Tabel 4.20 Hasil *Severity*

Kode	Faktor	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Appraiser						Rata - rata
				1	2	3	4	5	6	
1A	Man	Perbedaan kompetensi dasar antar <i>appraiser</i> .	Hasil pengukuran bervariasi, hasil <i>gage</i> R&R menunjukkan faktor operator, dan kesulitan dalam penggunaan alat ukur.	4	4	7	4	4	4	5
1B		Perbedaan frekuensi pengukuran antara operator dan QC.	Kemampuan pengukuran akibat terbiasa menjadi berbeda, hasil pengukuran kurang representatif.	4	4	7	3	6	4	5

Kode	Faktor	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Appraiser						Rata - rata
				1	2	3	4	5	6	
1C		Tekanan kerja berlebih pada operator saat proses pengukuran	Pengukuran dilakukan secara terburu - buru, potensi pengukuran tidak akurat, dan risiko salah baca hasil pengukuran.	7	4	7	5	2	6	6
1D		Terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan QC.	Data pengukuran menjadi tidak konsisten	4	3	5	5	4	5	5
1E		Perbedaan metode atau pemahaman dalam proses pengukuran antar individu.	Terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran antar personel, Kesulitan menyelesaikan perbedaan hasil ukur secara objektif.	4	3	5	3	2	5	4
2A	Machine	Tingginya intensitas keterlibatan operator dalam pengukuran langsung saat proses produksi.	Potensi kesalahan pengukuran akibat <i>multitasking</i> , Penurunan fokus terhadap akurasi ukur.	7	3	7	4	4	4	5
2B		Ketidaksesuaian hasil pengukuran saat menggunakan <i>height gauge</i> .	Hasil pengukuran tidak akurat, Data ukur tidak valid untuk analisis kualitas.	4	2	6	5	3	2	4
2C		Alat ukur mengalami kerusakan atau ketidaksesuaian.	Hasil pengukuran menjadi tidak akurat atau tidak konsisten.	7	2	7	6	2	2	5
2D		Operator tidak memahami atau tidak melaksanakan prosedur kalibrasi alat ukur dengan benar.	Akurasi alat ukur menurun, Data pengukuran menjadi tidak konsisten.	7	2	6	6	5	4	5
3A	Method	Teknik pengukuran tidak seragam di antara <i>appraiser</i> .	Perbedaan hasil pengukuran.	7	2	4	3	2	2	4
4A	Environment	Lingkungan kerja tidak nyaman saat proses pengukuran berlangsung.	Menurunnya fokus dan konsentrasi saat pengukuran, Potensi kesalahan pembacaan alat ukur, Mengganggu	7	3	4	5	7	2	5

Kode	Faktor	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Appraiser						Rata - rata
				1	2	3	4	5	6	
			konsistensi dan akurasi hasil pengukuran.							
4B		Sistem pencahayaan yang buruk.	Kesulitan dalam membaca skala alat ukur secara presisi, Potensi kesalahan pencatatan hasil ukur.	7	4	4	8	7	7	7
4C		Hasil pengukuran tidak akurat atau tidak konsisten akibat lingkungan yang kotor.	Permukaan benda ukur atau alat terkontaminasi, Terjadinya kesalahan pengukuran akibat penghalang fisik, Alat ukur cepat rusak atau aus.	7	4	4	7	8	4	6
4D		Suhu lingkungan panas mengganggu fokus operator dan QC saat melakukan pengukuran.	Menurunnya konsentrasi saat membaca hasil ukur, Potensi kesalahan manusia (<i>human error</i>).	6	4	4	8	7	3	6
4E		Ketidakmerataan kondisi ergonomi di area kerja.	Menurunnya kenyamanan kerja bagi sebagian operator, Berkurangnya fokus dan konsentrasi saat pengukuran, Potensi kesalahan akibat postur kerja tidak ideal.	6	3	4	5	5	3	5
5A	Eksternal	Penurunan ketelitian hasil pengukuran QC akibat tekanan target kerja.	Risiko kesalahan dalam interpretasi hasil ukur, Pengambilan keputusan QC yang tergesa-gesa.	6	3	7	8	4	5	6
5B		Ketelitian hasil pengukuran rendah akibat respons individu terhadap tekanan kerja yang berbeda-beda.	Akurasi antar personel tidak konsisten, Hasil ukur yang tidak stabil.	4	3	3	7	3	4	4

Kode	Faktor	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Appraiser						Rata - rata
				1	2	3	4	5	6	
5C		Penurunan akurasi pengukuran akibat tekanan atau kebijakan kerja yang tidak sesuai bagi operator.	Penurunan kualitas data pengukuran.	7	2	4	5	4	4	5
5D		Perbedaan hasil pengukuran antar operator atau antar shif.	Kesulitan dalam validasi mutu produk.	3	4	7	4	3	2	4

2. Nilai occurrence

Berikut nilai *occurrence* dari 6 *appraiser* yang mengisi kuesioner FMEA (Tabel 2.21).

Tabel 4.21 Hasil Occurance

Kode	Faktor	Potential Cause of Failure	Appraiser						Rata - rata
			1	2	3	4	5	6	
1A	Man	Ketimpangan latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja terkait pengukuran atau metrologi.	6	4	2	3	7	4	5
1B		Perbedaan tanggung jawab antara operator dan QC.	4	3	3	3	4	3	4
1C		Harus memenuhi target produksi sambil melakukan pengukuran.	4	4	6	5	7	4	5
1D		Perbedaan pemahaman standar pengukuran antara operator dan QC, Perbedaan keterampilan dasar pengukuran.	3	3	4	5	3	4	4
1E		Perbedaan pengalaman dan persepsi antar <i>appraiser</i> , Minimnya pelatihan bersama dan <i>cross-check antarpersonel</i> .	4	3	3	4	4	5	4
2A	Machine	Jumlah SDM terbatas, Asumsi bahwa operator cukup kompeten menangani kedua peran.	4	3	4	4	4	4	4
2B		Kesalahan dalam teknik penggunaan alat (misalnya posisi benda atau titik nol tidak tepat), Kurangnya pelatihan atau pengalaman menggunakan <i>height gauge</i> , Alat tidak dikalibrasi secara berkala.	7	2	3	5	4	2	4
2C		Alat ukur tidak mendapatkan perawatan atau kalibrasi rutin, Tidak ada sistem pemeriksaan awal sebelum penggunaan.	7	2	4	6	3	2	4
2D		Kurangnya pelatihan teknis bagi operator, Minimnya supervisi saat pengukuran berlangsung.	7	2	2	5	4	3	4

Kode	Faktor	Potential Cause of Failure	Appraiser						Rata – rata
			1	2	3	4	5	6	
3A	Method	Tidak adanya pelatihan <i>refresh</i> atau audit metode secara berkala.	7	2	2	4	4	3	4
4A	Environment	Suhu ruangan tidak stabil atau tidak sesuai standar pengukuran, Kebisingan lingkungan produksi, Kurangnya pencahayaan atau fasilitas ergonomis.	7	3	4	7	4	5	5
4B		Area pengukuran tidak memiliki pencahayaan standar, Tidak adanya kontrol terhadap intensitas cahaya di area ukur.	7	3	4	8	7	5	6
4C		Lokasi pengukuran terlalu dekat dengan area kerja berat/produksi, Tidak ada petugas kebersihan khusus.	3	4	4	6	7	3	5
4D		Area pengukuran terlalu dekat dengan mesin produksi panas, Tidak ada <i>monitoring</i> suhu lingkungan.	3	4	2	5	6	5	5
4E		Tidak semua area dilengkapi meja, kursi dan alat bantu ergonomis, Belum ada evaluasi rutin aspek ergonomi.	4	3	3	4	5	3	4
5A	Eksternal	Tekanan target produksi atau <i>deadline</i> inspeksi ketat, kurangnya manajemen stres kerja.	4	3	3	7	3	3	4
5B		Perbedaan kemampuan manajemen stres, Tidak adanya pelatihan menghadapi tekanan kerja.	4	3	2	5	4	3	4
5C		Kurangnya sosialisasi kebijakan dan prosedur baru.	4	2	2	4	4	3	4
5D		Perbedaan pengalaman dan teknik antar operator, Perbedaan kondisi lingkungan kerja tiap shif (pencahayaan, suhu, tekanan kerja).	4	4	2	5	4	2	4

3. Nilai *detection*

Berikut nilai *detection* dari 6 *appraiser* yang mengisi kuesioner FMEA (Tabel 4.22).

Tabel 4.22 Hasil *Detection*

Kode	Faktor	Curent Control Detection	Appraiser						Rata – rata
			1	2	3	4	5	6	
1A	Man	Pelatihan bagi karyawan baru.	3	1	2	5	1	4	3
1B		<i>Training Built in Quality</i> secara bertahap.	3	1	2	2	1	4	3
1C		Sistem pergantian shif dalam seminggu dan <i>rolling jobdesk</i> .	3	2	3	3	2	3	3
1D		Sampling harian untuk memvalidasi pengukuran.	2	1	2	2	2	2	2

Kode	Faktor	Curent Control Detection	Appraiser						Rata – rata
			1	2	3	4	5	6	
1E		penyelesaian dilakukan secara diskusi informal jika terjadi selisih terutama pada bagian posisi titik ukur.	2	2	2	2	3	3	3
2A	Machine	QC melakukan verifikasi hasil di tahap akhir jika ditemukan deviasi.	2	1	2	2	2	2	2
2B		QC melakukan pengukuran ulang jika nilai dianggap tidak masuk akal.	2	1	4	2	4	1	3
2C		Dilakukan perawatan alat ukur 1 tahun sekali.	2	1	2	3	2	2	2
2D		Belum ada deteksi.	7	1	8	6	7	4	6
3A	Method	Belum ada deteksi.	7	1	8	6	6	3	6
4A	Environment	Belum ada standar kenyamanan lingkungan untuk aktivitas pengukuran.	7	1	2	4	2	2	3
4B		Evaluasi dilakukan pasca keluhan.	2	1	3	4	2	2	3
4C		Pembersihan dilakukan manual oleh operator setiap datang dan pulang, tanpa jadwal tetap.	2	1	1	3	3	1	2
4D		Deteksi suhu hanya dilakukan subjektif (keluhan operator).	2	1	2	3	3	5	3
4E		Belum ada sistem <i>monitoring</i> khusus untuk kenyamanan kerja.	2	1	2	3	2	4	3
5A	Eksternal	Belum ada sistem pengelolaan tekanan kerja secara formal.	3	1	4	6	2	5	4
5B		<i>Monitoring peforrma</i> kerja bulanan.	2	1	3	3	2	4	3
5C		Mengandalkan sistem umpan balik dari operator sebelum menerapkan kebijakan.	2	1	2	4	3	2	3
5D		Melakukan validasi ukuran menggunakan <i>block gauge</i> .	2	1	2	3	3	1	2

4. Hasil nilai RPN

Berdasarkan rata – rata *severity*, *occurance*, dan *detection* dari 6 *appraiser* kemudian dihitung nilai RPN setiap potensi kegagalannya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$RPN (1A) = S \times O \times D \quad (4.186)$$

$$RPN (1A) = 5 \times 5 \times 3 \quad (4.187)$$

$$RPN (1A) = 75 \quad (4.188)$$

Berikut rekapitulasi perhitungan nilai RPN secara keseluruhan (Tabel 4.23).

Tabel 4.23 Hasil Nilai RPN

Kode	Faktor	S	O	D	RPN	Kategori	Rank
1A	Man	5	5	3	75	Rendah	7
1B		5	4	3	60	Rendah	9

Kode	Faktor	S	O	D	RPN	Kategori	Rank
1C		6	5	3	90	Rendah	5
1D		5	4	2	40	Rendah	16
1E		4	4	3	48	Rendah	13
2A	Machine	5	4	2	40	Rendah	16
2B		4	4	3	48	Rendah	13
2C		5	4	2	40	Rendah	16
2D		5	4	6	120	Rendah	2
3A	Method	4	4	6	96	Rendah	3
4A	Environment	5	5	3	75	Rendah	7
4B		7	6	3	126	Rendah	1
4C		6	5	2	60	Rendah	9
4D		6	5	3	90	Rendah	5
4E		5	4	3	60	Rendah	9
5A	Eksternal	6	4	4	96	Rendah	3
5B		4	4	3	48	Rendah	13
5C		5	4	3	60	Rendah	9
5D		4	4	2	32	Rendah	19

Berdasarkan tabel 2.6 terdapat tiga kategori kekritisitas nilai RPN yaitu, nilai 1 – 250 memiliki kategori rendah dengan warna hijau, nilai 251 – 500 memiliki kategori nilai sedang dengan warna kuning, dan nilai 501 – 1000 memiliki kategori nilai tinggi dengan warna merah. Pada perhitungan nilai RPN tabel 4.23 diketahui bahwa seluruh faktor kegagalan memiliki kategori kekritisitas rendah dikarenakan memiliki nilai di bawah 250.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Measurement System Analysis

Measurement system analysis (MSA) digunakan untuk mengetahui kelayakan sistem pengukuran untuk menentukan penyebab terjadinya variasi dalam proses pengukuran, sehingga variasi dapat diminimalkan dan dikendalikan secara optimal (Setyabudhi *et al.*, 2021). MSA dilakukan pada 6 *appraiser* atau pengukur yang terdiri dari 3 *quality control* dan 3 *quality gate* (operator). Sehingga, terdapat 2 *output checksheet* MSA untuk mengetahui kelayakan sistem pengukuran. Komponen MSA lainnya yang telah ditetapkan seperti 3 kali pengulangan dan 10 *part* PP – 64020 yang diukur. Pengukuran dilakukan pada ketinggian produk PP –

64020 menggunakan alat ukur *height gauge* dengan *dial indikator* ketelitian 0,001 mm.

Pengujian pertama dilakukan pada *quality control*, pengambilan data pengukuran diambil secara bergantian menggunakan satu alat ukur dengan kalibrasi setiap pergantian *appraiser*. Hasil pengukuran dianalisis menggunakan peta kendali X dan R yang menunjukkan indikasi perbedaan keterampilan pengukuran pada setiap *appraiser*. Pada MSA terdapat perhitungan menggunakan metode *gage R&R* yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari sistem pengukuran dengan memperkirakan kombinasi dari *repeatability* dan *reproducibility*. Pada perhitungan *gage R&R* dimulai dengan perhitungan dasar nilai *average*, *range*, dan X_{DIFF} . Nilai *average* pada setiap *appraiser* adalah $x_a = -0,0128$, $x_b = 0,074$, dan $x_c = -0,036$. Selain itu, nilai rata – rata dari ketiga *appraiser* pada 10 *part* diperoleh sebesar $x_p = 0,009$. Nilai *range* setiap *appraiser* adalah $r_a = 0,001$, $r_b = 0,030$, dan $r_c = 0,002$. Selain itu, untuk nilai *range* dari rata – rata ketiga *appraiser* pada 10 *part* diperoleh sebesar $R_p = 0,457$. Pada nilai X_{DIFF} atau nilai *range* antara x_a , x_b , dan x_c adalah $X_{DIFF} = 0,110$. Secara detail dapat dilihat pada berikut (Gambar 4.13).

APPRAISER/ TRIAL #	PART										AVERAGE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A	-0.028	0.002	-0.035	0.017	-0.003	0.032	-0.029	-0.095	0.015	-0.005	-0.0129
2.	-0.028	0.002	-0.035	0.018	-0.005	0.032	-0.030	-0.093	0.015	-0.005	-0.0129
3.	-0.029	0.003	-0.035	0.018	-0.004	0.032	-0.030	-0.093	0.015	-0.004	-0.0127
4. AVE	-0.028	0.002	-0.035	0.018	-0.004	0.032	-0.030	-0.094	0.015	-0.005	$x_a = -0.0128$
5. R	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	$r_a = 0.001$
6. B	-0.090	0.040	-0.300	0.220	-0.030	0.310	-0.280	0.910	0.120	-0.080	0.082
7.	-0.240	0.020	-0.310	0.240	-0.010	0.310	-0.270	0.900	0.140	-0.070	0.071
8.	-0.230	0.020	-0.310	0.240	-0.010	0.290	-0.280	0.920	0.140	-0.080	0.070
9. AVE	-0.187	0.027	-0.307	0.233	-0.017	0.303	-0.277	0.910	0.133	-0.077	$x_b = 0.074$
10. R	0.150	0.020	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010	0.020	0.020	0.010	$r_b = 0.030$
11. C	-0.026	0.003	-0.300	0.025	0.003	0.039	-0.023	-0.086	0.022	-0.012	-0.036
12.	-0.025	0.003	-0.300	0.025	0.003	0.039	-0.024	-0.086	0.022	-0.012	-0.036
13.	-0.026	0.003	-0.300	0.025	0.003	0.039	-0.023	-0.086	0.022	-0.012	-0.036
14. AVE	-0.026	0.003	-0.300	0.025	0.003	0.039	-0.023	-0.086	0.022	-0.012	$x_c = -0.036$
15. R	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	$r_c = 0.0002$
16. PART AVERAGE	-0.080	0.011	-0.214	0.092	-0.006	0.125	-0.110	0.243	0.057	-0.031	$\bar{x} = 0.009$ $R_p = 0.457$
17. $(r_a + r_b + r_c) / (\# \text{ OF APPRAISERS}) =$											$R = 0.0104$
18. $x_{DIFF} = (\text{Max } x - \text{Min } x) =$											$x_{DIFF} = 0.110$
19. * $UCL_R = \bar{R} \times D_4 =$	APPRaiser B OUT OF CONTROL										$UCL_R = 0.027$

Gambar 4.13 Perhitungan Dasar Gage R&R QC

Hasil perhitungan dasar tersebut digunakan untuk menghitung persamaan yang digunakan untuk menganalisis unit sistem pengukuran seperti, EV (*equipment variation*), AV (*appraiser variation*), GRR (*gage repeatability reproducibility*), PV (*part variation*), dan TV (*total variation*). Perhitungan nilai EV diperoleh sebesar

EV = 0,006 dengan menggunakan nilai $K_1 = 0,5908$ karena 3 pengulangan. Nilai AV diperoleh sebesar AV = 0,057 dengan menggunakan nilai $K_2 = 0,5231$ dikarenakan terdapat 3 *appraiser*. Nilai PV diperoleh sebesar PV = 0,144 dengan menggunakan nilai $K_3 = 0,3146$ dikarenakan memakai 10 *part* yang diukur. Sehingga, diperoleh nilai GRR penjumlahan dari EV dan AV sebesar GRR = 0,058 serta nilai TV penjumlahan dari GRR dan PV sebesar TV = 0,155. Secara detail dapat dilihat pada gambar *measurement unit analysis* berikut (Gambar 4.14).

Measurement Unit Analysis			
Repeatability - Equipment Variation (EV)			
EV	= $R \times K_1$	Trials	K1
	= 0.010×0.5908	2	0.8862
	= 0.006	3	0.5908
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)			
AV	= $\{(X_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2/nr)\}^{1/2}$		
	= $\{(0.11 \times 0.5231)^2 - (0.01^2/(10 \times 3))\}^{1/2}$		
	= 0.057		
n = parts	r = trials	Appraisers	2 3
		K₂	0.7071 0.5231
Repeatability & Reproducibility (GRR)			
GRR	= $\{(EV^2 + AV^2)\}^{1/2}$	Parts	K₃
	= $\{(0.006^2 + 0.057^2)\}^{1/2}$	2	0.7071
	= 0.058	3	0.5231
Part Variation (PV)			
PV	= $R_p \times K_3$	4	0.4467
	= 0.457×0.3146	5	0.4030
	= 0.144	6	0.3742
Total Variation (TV)			
TV	= $\{(GRR^2 + PV^2)\}^{1/2}$	7	0.3534
	= $\{(0.058^2 + 0.144^2)\}^{1/2}$	8	0.3375
	= 0.155	9	0.3249
		10	0.3146

Gambar 4.14 Measurement Unit Analysis QC

Setelah menghitung persamaan *measurement unit analysis* kemudian menghitung nilai persentase EV, AV, GRR, PV, dan TV. Nilai persentase tersebut yang akan dijadikan evaluasi sistem pengukuran dikatakan layak atau tidak dan faktor yang mempengaruhi disebabkan oleh *appraiser* atau alat ukur. Hasil persentase nilai EV diperoleh sebesar %EV = 3,95%, nilai persentase AV diperoleh sebesar %AV = 37,05%, nilai persentase GRR diperoleh sebesar %GRR = 37,26%, dan nilai persentase PV diperoleh sebesar %PV = 92,80%. Selain itu, untuk mengevaluasi sistem pengukuran dinyatakan dapat diterima (*acceptable*) atau tidak dapat diterima (*non acceptable*) dilihat berdasarkan nilai NDC (*number of distinct categories*) sebesar NDC = 3. Secara detail nilai persentase dan NDC dapat dilihat pada gambar berikut (4.15).

% Total Variation (TV)			
% EV	=	100 (EV/TV)	
	=	100(0.006/0.155)	
	=	3.95	
% AV	=	100 (AV/TV)	
	=	100(0.057/0.155)	
	=	37.05	
% GRR	=	100 (GRR/TV)	
	=	100(0.058/0.155)	
	=	37.25	
Gage system needs improvement			
% PV	=	100 (PV/TV)	
	=	100(0.144/0.155)	
	=	92.80	

ndc	=	1.41(PV/GRR)
	=	1.41(0.144/0.058)
	=	3
Gage discrimination low		

Gambar 4.15 Nilai Persentase dan NDC MSA QC

Pengujian kedua dilakukan pada *quality gate* (operator), tahapan yang dilakukan sama dengan pengujian *quality control*. Hasil pengukuran *appraiser* dianalisis menggunakan peta kendali X dan R mendapatkan hasil yang sama dengan *quality control*, yaitu menunjukkan indikasi perbedaan keterampilan pengukuran pada setiap *appraiser*. Selanjutnya, pada perhitungan dasar *gage* R&R diperoleh nilai *average*, *range*, dan X_{DIFF} . Nilai *average* pada setiap *appraiser* adalah $x_a = -0,083$, $x_b = 0,006$, dan $x_c = -0,005$. Selain itu, nilai rata – rata dari ketiga *appraiser* pada 10 *part* diperoleh sebesar $x_p = -0,027$. Nilai *range* setiap *appraiser* adalah $r_a = 0,0107$, $r_b = 0$, dan $r_c = 0,001$. Selain itu, untuk nilai *range* dari rata – rata ketiga *appraiser* pada 10 *part* diperoleh sebesar $R_p = 0,102$. Pada nilai X_{DIFF} atau nilai *range* antara x_a , x_b , dan x_c adalah $X_{DIFF} = 0,089$. Secara detail dapat dilihat pada berikut (Gambar 4.16).

APPRAISER/ TRIAL #	PART										AVERAGE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A 1	-0.120	-0.025	-0.130	-0.070	-0.095	-0.060	-0.120	-0.180	-0.080	0.100	-0.0780
2. 2	-0.110	-0.095	-0.130	-0.070	-0.096	-0.060	-0.115	-0.180	-0.080	0.080	-0.0856
3. 3	-0.120	-0.095	-0.130	-0.070	-0.097	-0.060	-0.115	-0.180	-0.080	0.080	-0.0867
4. AVE	-0.117	-0.072	-0.130	-0.070	-0.096	-0.060	-0.117	-0.180	-0.080	0.087	$\bar{X}_a = -0.083$
5. R	0.010	0.070	0.000	0.000	0.002	0.000	0.005	0.000	0.000	0.020	$r_a = 0.0107$
6. B 1	-0.036	-0.120	-0.044	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	0.006
7. 2	-0.039	-0.120	-0.045	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	0.006
8. 3	-0.039	-0.120	-0.045	0.018	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	0.006
9. AVE	-0.036	-0.120	-0.045	0.019	-0.011	0.122	-0.039	0.097	0.105	-0.030	$\bar{X}_b = 0.006$
10. R	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	$r_b = 0.000$
11. C 1	-0.044	-0.012	-0.045	0.005	-0.012	0.024	-0.038	0.097	0.006	-0.030	-0.005
12. 2	-0.044	-0.013	-0.045	0.006	-0.012	0.024	-0.038	0.098	0.007	-0.031	-0.005
13. 3	-0.043	-0.013	-0.045	0.008	-0.012	0.023	-0.039	0.098	0.007	-0.030	-0.005
14. AVE	-0.044	-0.013	-0.045	0.006	-0.012	0.024	-0.039	0.098	0.007	-0.030	$\bar{X}_c = -0.005$
15. R	0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	$r_c = 0.001$
16. PART AVERAGE	-0.07	-0.07	-0.07	-0.02	-0.04	0.03	-0.06	0.00	0.01	0.01	$\bar{X} = -0.027$ $R_p = 0.102$
17.	$(r_a + r_b + r_c) / (\# \text{ OF APPRAISERS}) =$										$R = 0.004$
18.	$X_{DIFF} = (\text{Max } X - \text{Min } X) =$										$X_{DIFF} = 0.089$
19.	$* UCL_R = R \times D_3 =$ APPRAISER A OUT OF CONTROL										$UCL_R = 0.010$

Gambar 4.16 Perhitungan Dasar Gage R&R QG

Setelah itu, hasil perhitungan dasar tersebut digunakan untuk menghitung persamaan yang digunakan untuk menganalisis unit sistem pengukuran seperti, EV (*equipment variation*), AV (*appraiser variation*), GRR (*gage repeatability reproducibility*), PV (*part variation*), dan TV (*total variation*). Perhitungan nilai EV diperoleh sebesar $EV = 0,002$ dengan menggunakan nilai $K_1 = 0,5908$ karena 3 pengulangan. Nilai AV diperoleh sebesar $AV = 0,047$ dengan menggunakan nilai $K_2 = 0,5231$ dikarenakan terdapat 3 *appraiser*. Nilai PV diperoleh sebesar $PV = 0,032$ dengan menggunakan nilai $K_3 = 0,3146$ dikarenakan memakai 10 *part* yang diukur. Sehingga, diperoleh nilai GRR penjumlahan dari EV dan AV sebesar $GRR = 0,047$ serta nilai TV penjumlahan dari GRR dan PV sebesar $TV = 0,057$. Secara detail dapat dilihat pada gambar *measurement unit analysis* berikut (Gambar 4.17).

Measurement Unit Analysis			
Repeatability - Equipment Variation (EV)			
EV	=	$R \times K_1$	Trials
	=	0.004×0.5908	2
	=	0.002	3
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)			
AV	=	$\{(X_{DIFF} \times K_2) - (EV^2/nr)\}^{1/2}$	
	=	$\{(0.09 \times 0.5231)^2 - (0.00^2/(10 \times 3))\}^{1/2}$	
	=	0.047	
n = parts	r = trials	Appraisers	2
		K ₂	0.7071
			0.5231
Repeatability & Reproducibility (GRR)			
GRR	=	$\{(EV^2 + AV^2)\}^{1/2}$	Parts
	=	$\{(0.002^2 + 0.047^2)\}^{1/2}$	2
	=	0.047	3
Part Variation (PV)			
PV	=	$R_p \times K_3$	4
	=	0.102×0.3146	5
	=	0.032	6
Total Variation (TV)			
TV	=	$\{(GRR^2 + PV^2)\}^{1/2}$	7
	=	$\{(0.047^2 + 0.032^2)\}^{1/2}$	8
	=	0.057	9
			10

Gambar 4.17 Measurement Unit Analysis QG

Setelah menghitung persamaan *measurement unit analysis* kemudian menghitung nilai persentase EV, AV, GRR, PV, dan TV. Nilai persentase tersebut yang akan dijadikan evaluasi sistem pengukuran dikatakan layak atau tidak dan faktor yang mempengaruhi disebabkan oleh *appraiser* atau alat ukur. Hasil persentase nilai EV diperoleh sebesar %EV = 4,15%, nilai persentase AV diperoleh sebesar %AV = 82,40%, nilai persentase GRR diperoleh sebesar %GRR = 82,50%, dan nilai persentase PV diperoleh sebesar %PV = 56,50%. Selain itu, untuk mengevaluasi sistem pengukuran dinyatakan dapat diterima (*acceptable*) atau tidak dapat diterima (*non acceptable*) dilihat berdasarkan nilai NDC (*number of distinct categories*) sebesar NDC = 0. Secara detail nilai persentase dan NDC dapat dilihat pada gambar berikut (4.18).

% Total Variation (TV)	
% EV	= 100 (EV/TV)
	= 100(0.002/0.057)
	= 4.15
% AV	= 100 (AV/TV)
	= 100(0.047/0.057)
	= 82.40
% GRR	= 100 (GRR/TV)
	= 100(0.047/0.057)
	= 82.5062216
Gage system needs improvement	
% PV	= 100 (PV/TV)
	= 100(0.032/0.057)
	= 56.50

ndc	=	1.41(PV/GRR)
	=	1.41(0.032/0.047)
	=	0
Gage discrimination low		

Gambar 4.18 Nilai Persentase dan NDC MSA QC

Sehingga, dapat dilihat pada MSA *quality control* diperoleh nilai %GRR = 37,26% yang artinya nilai tersebut melebihi standar ketentuan pada tabel 2.2. Nilai %GRR dinyatakan lebih dari 30% (%GRR>30%), sehingga dapat ditarik kesimpulan sistem pengukuran tidak layak diimplementasikan dan diperlukan usaha untuk memperbaiki sistem tersebut. Pada nilai NDC diperoleh 3 yang dapat diartikan tidak dapat diterima (*non acceptable*) atau tidak memadai untuk keperluan analisis proses atau pengambilan keputusan. Berdasarkan nilai %EV = 3,95% dan %AV = 37,05% dapat ditarik kesimpulan MSA *quality control* secara keseluruhan tidak layak, karena perbedaan metode pengukuran dan keterampilan antar *appraiser* terlalu besar. Sedangkan, pada MSA *quality gate* (operator) memiliki kesenjangan nilai yang lebih parah dari *quality control*. Nilai %GRR = 82,50% artinya sistem pengukuran sangat tidak layak dikarenakan melebihi batas standar yang sangat jauh $82,50\% > 30\%$. Sedangkan, pada nilai NDC diperoleh 0 yang artinya tidak bisa digunakan untuk metode analisis pengukuran. Berdasarkan nilai %EV = 4,15% dan %AV = 82,40% dapat ditarik kesimpulan MSA *quality control* secara keseluruhan tidak layak, karena perbedaan metode pengukuran dan keterampilan antar *appraiser* terlalu besar. Berdasarkan hasil analisis MSA tersebut perlu adanya sebuah perbaikan agar dapat mencegah kegagalan sistem pengukuran. Perbaikan pada sistem pengukuran untuk mencegah adanya produk cacat dimensi, perbedaan metode pengukuran, dan perbedaan keterampilan pengukuran. Secara garis besar permasalahan yang perlu diperbaiki bersangkutan dengan faktor *appraiser* dikarenakan nilai presentasi AV yang tinggi. Analisis lebih lanjut akan dilakukan wawancara terhadap *appraiser* untuk mengetahui potensi kegagalan yang mempengaruhi pengukuran.

4.2.2 Analisis Uji *Content Validity Index*

Uji *Content validity Index* (CVI) digunakan sebagai instrumen *pilot study*. Uji CVI berfungsi untuk memvalidasi kuesioner FMEA yang dibuat berdasarkan hasil wawancara keenam *appraiser*. Berdasarkan 41 pertanyaan wawancara yang ditanyakan kepada enam *appraiser* diperoleh 19 faktor kegagalan yang mempengaruhi pengukuran. Faktor kegagalan berjumlah 19 yang terdiri dari 5 faktor *man*, 4 faktor *machine*, 1 faktor *method*, 5 faktor *environment*, dan 4 faktor

eksternal. Pada 19 faktor kegagalan tersebut dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui *potential failure mode*, *potential effect of failure mode*, *potential cause of failure*, dan *current control detection* pada *worksheet* FMEA seperti pada tabel 4.13.

Hasil analisis tersebut kemudian dibuat dalam bentuk lembar formulir uji CVI seperti pada lampiran 15 dan 16. Formulir uji CVI ditinjau dan diisi oleh dua orang ahli atau *expert judgement*. Ahli yang dipilih sesuai dengan kriteria subjek penelitian pada tabel 3.2 dan memiliki karakteristik sesuai pada tabel 4.14. Berdasarkan pengolahan data CVI yang diisi oleh dua orang ahli mendapatkan beberapa kesimpulan. Sesuai tahapan uji CVI para ahli diminta untuk meninjau terlebih dahulu item yang akan dinilai. Terdapat 5 perubahan kata dan isi setelah dilakukan peninjauan oleh ahli sebagai berikut (Tabel 4.24).

Tabel 4.24 Hasil Tinjauan Item CVI

No.	Bagian	Sebelum	Sesudah
1.	<i>Potential cause of failure</i>	Ketimpangan latar belakang pendidikan terkait pengukuran atau metrologi.	Ketimpangan latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja terkait pengukuran atau metrologi.
2.	<i>Current control detection</i>	Belum ada deteksi.	<i>Training Built in Quality</i> secara bertahap.
5.	<i>Current control detection</i>	Penyelesaian dilakukan secara diskusi informal jika terjadi selisih.	Penyelesaian dilakukan secara diskusi informal jika terjadi selisih terutama pada bagian posisi titik ukur.
8.	<i>Current control detection</i>	Dilakukan perawatan alat ukur 6 bulan sekali.	Dilakukan perawatan alat ukur 1 tahun sekali.
19.	<i>Current control detection</i>	Sistem kalibrasi sekali setiap shif.	Melakukan validasi ukuran menggunakan <i>block gauge</i> .

Setelah dilakukan peninjauan ahli memberikan penilaian sesuai dengan skala yang telah ditetapkan pada tabel 2.37. Hasil penilaian tersebut diolah menggunakan beberapa persamaan yang memperoleh hasil akhir nilai $I - CVI$, UA (*universal agreement*), *proportion tolerance expert* 1 dan 2, rata – rata *proportion tolerance*, $S - CVI/ave$, dan $S - CVI/UA$. Pada pengujian ini dapat dikatakan layak apabila memperoleh nilai $\geq 0,80$ (Davis, 1992). Berdasarkan pengolahan data nilai $I - CVI$ yang memiliki nilai diatas 0,80 ($I - CVI \geq 0,80$) pada item Q1, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, dan Q18. Sehingga, 16 item tersebut dapat dikatakan memiliki validitas yang layak. Sedangkan, pada data nilai $I - CVI$ yang memiliki nilai dibawah 0,80 ($I - CVI < 0,80$) pada item Q2, Q9,

dan Q19. Sehingga, pada 3 item tersebut dapat dikatakan memiliki validitas yang tidak layak. Pada ahli pertama memiliki skor total item sebesar 18 dari 19 dengan nilai *proportion tolerance* 0,947368421. Sedangkan, pada ahli kedua memiliki skor total item sebesar 17 dari 19 dengan nilai *proportion tolerance* 0,894736842. Sehingga, dari kedua ahli tersebut diperoleh nilai rata – rata *proportion tolerance* sebesar 0,921052632.

Hasil validitas CVI bukan hanya dilihat berdasarkan setiap item saja namun juga dilihat secara universal menggunakan skala yang ditetapkan untuk penilaian. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan diperoleh nilai UA yang menyatakan kedua ahli sepakat bahwa item tersebut layak (UA=1) terdapat pada item Q1, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, dan Q18. Berdasarkan penilaian skala pada setiap item diperoleh nilai S – CVI/Ave sebesar 0,921052632, dapat disimpulkan bahwa secara skala 19 item tersebut dinyatakan memiliki validitas yang layak. Sesuai dengan dinyatakan bahwa $S\text{-CVI/Ave} \geq 0,80$ (Davis, 1992). Sedangkan, secara universal pendapat dua ahli apabila dilihat dari skala penilaian S – CVI/UA sebesar 0,842105263, dapat disimpulkan bahwa secara skala penilaian universal oleh kedua ahli memiliki validitas yang layak. Sesuai dengan pendapat yang dinyatakan bahwa nilai $S\text{ – CVI/UA} \geq 0,80$ (Davis, 1992).

Kesimpulannya kuesioner FMEA yang telah dilakukan uji CVI tersebut memiliki kriteria layak digunakan dikarenakan secara skala penilaian item dan universal memiliki nilai $\geq 0,80$. Sedangkan, pada item yang memiliki nilai dibawah atau $< 0,80$ diperbaiki sesuai saran oleh ahli pada tabel 4.22. Sehingga, kuesioner FMEA hasil *pilot study* tersebut layak untuk diisi oleh 6 *appraiser*.

4.2.3 Analisis Failure Mode and Effect Analysis

Failure mode and effect analysis (FMEA) digunakan untuk mengetahui faktor kegagalan sistem pengukuran yang memiliki hasil MSA tidak layak. Analisis FMEA menilai tingkat kerusakan (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*). Sehingga diperoleh nilai *risk priority number* (RPN) tertinggi untuk dilakukan perbaikan berkelanjutan. Penilaian FMEA dilakukan oleh 6 *appraiser* yang terdiri dari 3 *quality control* dan 3 *quality gate* (operator). Berdasarkan hasil kuesioner yang telah dinilai pada tabel 4.20 diketahui prioritas

perbaikan berkelanjutan dilakukan pada nilai RPN tertinggi. Berikut urutan prioritas perbaikan berkelanjutan dari urutan pertama hingga terakhir (Tabel 4.25).

Tabel 4.25 Urutan Prioritas Perbaikan

Rank	RPN	Potential Failure Mode
1	126	Sistem pencahayaan yang buruk.
2	120	Operator tidak memahami atau tidak melaksanakan prosedur kalibrasi alat ukur dengan benar.
3	96	Teknik pengukuran yang tidak seragam di antara <i>appraiser</i> .
3	96	Penurunan ketelitian hasil pengukuran QC akibat tekanan target kerja.
5	90	Tekanan kerja berlebih pada operator saat proses pengukuran
5	90	Suhu lingkungan panas mengganggu fokus operator dan QC saat melakukan pengukuran.
7	75	Perbedaan kompetensi dasar antar <i>appraiser</i> .
7	75	Lingkungan kerja tidak nyaman saat proses pengukuran berlangsung.
9	60	Perbedaan frekuensi pengukuran antara operator dan QC.
9	60	Hasil pengukuran tidak akurat atau tidak konsisten akibat lingkungan yang kotor.
9	60	Ketimpangan kondisi ergonomi di area kerja.
9	60	Penurunan akurasi pengukuran akibat tekanan atau kebijakan kerja yang tidak sesuai bagi operator.
13	48	Perbedaan metode atau pemahaman dalam proses pengukuran antar individu.
13	48	Ketidaksesuaian hasil pengukuran saat menggunakan <i>height gauge</i> .
13	48	Ketelitian hasil pengukuran rendah akibat respons individu terhadap tekanan kerja yang berbeda-beda.
16	40	Terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan QC.
16	40	Tingginya intensitas keterlibatan operator dalam pengukuran langsung saat proses produksi.
16	40	Alat ukur mengalami kerusakan atau ketidaksesuaian.
19	32	Perbedaan hasil pengukuran antar operator atau antar shif.

Berdasarkan tabel 4.25 dapat diketahui nilai RPN memiliki kategori kekritisan rendah dikarenakan memiliki nilai dibawah 250. Berdasarkan perhitungan *gage R&R* yang menyatakan pengaruh pengukuran tidak layak disebabkan oleh faktor *appraiser*. Sehingga, berikut hasil potensi kegagalan FMEA dari wawancara *appraiser*. *Ranking* pertama sebesar 126 dengan potensi kegagalan sistem pencahayaan yang buruk. Sistem pencahayaan yang buruk dibawah standar lux berpengaruh terhadap kinerja *manpower* dalam melihat objek serta keselamatan dan kenyamanan lingkungan kerja (Guntur & Putro, 2017). *Ranking* kedua memiliki nilai RPN 120 dengan potensi kegagalan operator tidak memahami atau tidak melaksanakan prosedur kalibrasi alat ukur dengan benar. Pemahaman prosedur kalibrasi pengukuran berpengaruh terhadap dalam meningkatkan produktivitas dan mengurangi variasi (Nurlaila, 2017). *Ranking* ketiga nilai 96

terdapat dua potensi kegagalan yaitu, teknik pengukuran yang tidak seragam di antara *appraiser* dan penurunan ketelitian hasil pengukuran QC akibat tekanan target kerja. Sehingga, nilai RPN urutan tiga terbesar tersebut perlu dilakukan penanganan atau solusi berkelanjutan untuk masalah tersebut.

4.2.4 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil FMEA diketahui prioritas perbaikan potensi kegagalan sistem pengukuran. Tahapan selanjutnya melakukan *brainstroming* dan studi literatur untuk memberikan usulan rekomendasi perbaikan berkelanjutan bagi perusahaan untuk mengatasi kegagalan sistem pengukuran.

1. Sistem pencahayaan yang buruk.

Usulan perbaikan berkelanjutan untuk mengatasi sistem pencahayaan yang buruk sebagai berikut (Tabel 4.26).

Tabel 4.26 Rekomendasi Perbaikan Sistem Pencahayaan

<i>Potential of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	Rekomendasi Perbaikan
Sistem pencahayaan yang buruk.	Area pengukuran tidak memiliki pencahayaan standar. Tidak adanya kontrol terhadap intensitas cahaya di area ukur.	Penambahan lampu pada area 2 sebanyak satu buah dan memanfaatkan pencahayaan alami dengan galvalum bening.

Penyebab permasalahan sistem pencahayaan yang buruk dikarenakan tidak memiliki standar pencahayaan dan tidak adanya kontrol intensitas cahaya. Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan dapat didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata - rata pada bidang kerja dalam satuan lux (Aloei *et al.*, 2020). Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang K3 Lingkungan Kerja, standar area produksi detail atau presisi sebesar 750 – 1000 lux. Berdasarkan hasil pengukuran langsung pada area pengukuran menggunakan *software Lux Light Meter* sebanyak tiga kali pada pagi, siang, serta sore diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 4.27).

Tabel 4.27 Kondisi Pencahayaan Area Pengukuran

Waktu	Area 1 (lux)	Area 2 (lux)
Pagi	725	326
Siang	720	325
Sore	692	205

Berdasarkan tabel 4.29 diketahui bahwa nilai pencahayaan masih dibawah standar peraturan kementerian ketenagakerjaan RI yaitu harus sebesar 750 – 1000 lux. Selain itu, terdapat selisih yang jauh antara area 1 dan area 2.

Sehingga, untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya penambahan lampu pada area pengukuran terutama area 2. Solusi lain, untuk menghemat energi bisa menambahkan *galvalum* bening untuk sumber cahaya alami pada siang hari. Penambahan sumber pencahayaan alami dan buatan dengan distribusi yang baik dapat memberikan kontribusi positif terhadap kenyamanan dan produktivitas pekerja (Aloei *et al.*, 2020). Menurut Guntur & Putro (2017), untuk menghitung kebutuhan lampu terdapat hal perlu diperhatikan seperti standar pencahayaan, dimensi area pencahayaan, pencahayaan aktual, jumlah lampu, faktor utilisasi, dan faktor rugi cahaya. Berdasarkan perhitungan *microsoft excel* pada lampiran 11 diketahui standar pencahayaan yang dibutuhkan sebesar 1000 lux, dimensi area pengukuran seluas 0,25 m², pencahayaan aktual berdasarkan tabel 4.27 diperoleh rata – rata area 1 sebesar 712,33 lux dan area 2 sebesar 285,33 lux, jumlah lampu pada masing – masing area 1 dan 2 sebanyak 1 buah, faktor utilisasi menurut Guntur & Putro (2017), memiliki nilai koefisien 0,8 untuk ruangan dengan pemeliharaan cukup baik, dan faktor rugi cahaya sebesar 0,7. Sehingga, diperoleh hasil kebutuhan lampu yang diperlukan pada area pengukuran (Tabel 4.28).

Tabel 4.28 Kebutuhan Lampu Area Pengukuran

Area Pengukuran	Jumlah Lampu	Standar Lampu (1000 lux)	Kekurangan
Area 1	1	1	0
Area 2	1	2	1

2. Pemahaman SOP kalibrasi.

Usulan perbaikan berkelanjutan untuk mengatasi pemahaman SOP kalibrasi sebagai berikut (Tabel 4.29).

Tabel 4.29 Rekomendasi Perbaikan Pemahaman SOP Kalibrasi

<i>Potential of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Rekomendasi Perbaikan</i>
Operator tidak memahami atau tidak melaksanakan prosedur kalibrasi alat ukur dengan benar.	Kurangnya pelatihan teknis bagi operator, Minimnya supervisi saat pengukuran berlangsung.	Mengadakan pelatihan <i>work intruction</i> dengan supervisi secara langsung.

Penyebab permasalahan tentang pemahaman kalibrasi dikarenakan kurangnya pelatihan dan supervisi atau pengawasan secara langsung. SOP berperan penting dalam mengurangi risiko kesalahan dalam operasional perusahaan dengan memberikan indikator yang jelas bagi karyawan (Rahmawati &

Nazhifah Suryana, 2024). Sehingga, perlu adanya pelatihan *work instruction* untuk mengatasi potensi kegagalan tersebut. Pelatihan *work instruction* adalah pelatihan yang dilakukan dengan memberikan instruksi kerja langsung, di mana para pekerja ditempatkan dalam situasi kerja nyata dan dibimbing serta diawasi oleh pegawai berpengalaman atau supervisor (Parulian & Andri, 2016). Menurut Gunasti *et al.*, (2024), Pelatihan *work instruction* kepada operator dilakukan langsung di lapangan oleh supervisor dengan memberi contoh praktik sesuai SOP. Operator segera menirukan contoh tersebut, dan bila terjadi kesalahan, dapat langsung dikoreksi. Jika masih ragu, operator bisa langsung bertanya kepada supervisor.

3. Perbedaan teknik pengukuran.

Usulan perbaikan berkelanjutan untuk mengatasi perbedaan teknik pengukuran sebagai berikut (Tabel 4.30).

Tabel 4.30 Rekomendasi Perbaikan Perbedaan Teknik Pengukuran

<i>Potential of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	Rekomendasi Perbaikan
Teknik pengukuran yang tidak seragam di antara <i>appraiser</i> .	Tidak adanya pelatihan ulang atau audit metode secara berkala.	Melakukan audit operasional menggunakan TSKK (tabel standar kerja kombinasi) dan melakukan pembaruan IK (instruksi kerja).

Penyebab perbedaan teknik pengukuran disebabkan tidak adanya pelatihan ulang atau audit metode secara berkala. Sehingga, perlu adanya perbaikan dengan menyelaraskan teknik pengukuran menggunakan audit operasional bagi operator. Tujuan audit operasional adalah untuk mengevaluasi kinerja, mengidentifikasi kesempatan untuk peningkatan, dan membuat rekomendasi untuk perbaikan atau tindakan lebih lanjut (Rosdiyati, 2016). Metode audit operasional dapat menggunakan TSKK (tabel standar kerja kombinasi). TSKK bertujuan untuk menyelaraskan antar elemen kerja manusia dengan elemen kerja mesin (Sumasto *et al.*, 2023). Secara detail format TSKK dapat dilihat pada lampiran 12. Pada TSSK tersebut hanya menjelaskan sederhana pengecekannya tanpa mempertimbangkan teknik dan kebersihan benda kerja serta lingkungan. Sehingga, perlu adanya perubahan TSKK pada lampiran 13 dan instruksi kerja penggunaan *height gauge* agar menyelaraskan teknik yang

digunakan operator. Instruksi kerja ditambahkan poin detail berupa hal yang perlu diperhatikan, alasan, dan ilustrasi yang lebih jelas. Secara detail instruksi kerja setelah direvisi pada lampiran 14 dan sebelum direvisi pada lampiran 15.

4. Penurunan ketelitian akibat tekanan kerja.

Usulan perbaikan berkelanjutan untuk mengatasi penurunan ketelitian akibat tekanan kerja sebagai berikut (Tabel 4.31).

Tabel 4.31 Rekomendasi Perbaikan Penurunan Ketelitian

<i>Potential of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	Rekomendasi Perbaikan
Penurunan ketelitian hasil pengukuran QC akibat tekanan target kerja.	Tekanan target produksi atau <i>deadline</i> inspeksi ketat, kurangnya manajemen stres kerja.	Memberikan arahan manajemen stres kerja dengan metode <i>coping</i> .

Penyebab penurunan ketelitian disebabkan oleh target produksi dan inspeksi yang ketat, serta kurangnya manajemen stres kerja. Sehingga, perlu adanya perbaikan untuk mengatasi permasalahan tekanan kerja tersebut. Langkah untuk memajemen stres kerja diperlukan sebuah metode bernama *coping*. *Coping* merupakan upaya individu dalam menanggapi dan mengelola tekanan dari dalam maupun luar diri guna membentuk ketahanan terhadap dampak stres yang meliputi aspek *fisiologis*, emosional, kognitif, hubungan *interpersonal*, serta lingkungan organisasi (Pasaribu *et al.*, 2024). Ada dua pendekatan untuk mengatasi stres kerja yaitu, secara individu dan organisasi. Pendekatan secara individu dapat dilakukan dengan cara manajemen waktu, meningkatkan latihan fisik, dan relaksasi (Pasaribu *et al.*, 2024). Berdasarkan pendapat tersebut berikut contoh kegiatan manajemen stres secara individu.

- a. Operator menerapkan manajemen waktu dengan menyusun jadwal kerja harian yang mencakup pembagian antara aktivitas inti dan waktu istirahat singkat. Setiap dua jam kerja, dilakukan jeda selama 5 hingga 10 menit sebagai upaya mereduksi kelelahan mental dan menjaga kestabilan konsentrasi.
- b. Sebelum memulai aktivitas kerja, operator melaksanakan peregangan ringan selama kurang lebih 10 menit sebagai bentuk latihan fisik untuk meredakan ketegangan otot dan meningkatkan sirkulasi darah, yang secara

tidak langsung berkontribusi terhadap peningkatan fokus dalam proses pengukuran.

- c. Pada waktu istirahat, operator mempraktikkan teknik relaksasi seperti pernapasan dalam atau mendengarkan musik dengan tujuan menurunkan tingkat stres psikologis dan memulihkan kejernihan kognitif.

Pendekatan pada tingkat organisasi dapat dilakukan melalui penerapan strategi seperti peningkatan kualitas proses seleksi dan penempatan karyawan, penyelenggaraan pelatihan yang relevan, penetapan tujuan kerja yang realistis, serta perancangan ulang pekerjaan guna memberikan tanggung jawab yang lebih besar, menciptakan makna dalam pekerjaan, mendorong kemandirian, dan memperkuat mekanisme umpan balik (Pasaribu *et al.*, 2024).

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YOGYAKARTA