
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

June 2015

EPM 212 – Metrology and Quality Control
[Metrologi dan Kawalan Kualiti]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this paper contains **ELEVEN** printed pages, **ONE** page appendix and **SIX** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS** mukasurat bercetak, **SATU** mukasurat lampiran dan **ENAM** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

Appendix/Lampiran:

1. Factors for constructing Variables Control Chart [1 page/mukasurat]

INSTRUCTIONS : Answer **FIVE (5)** questions.

ARAHAN : Jawab **LIMA (5)** soalan.]

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*[Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.]*

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

Q1. [a] What is the difference between ‘uncertainty’ and ‘tolerance’?

Apakah perbezaan antara ‘ketakpastian’ dengan ‘had terima’?

(5 marks/markah)

[b] The error δL in the measured length L caused by a temperature change is given by the following expression:

$$\delta L = L(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2)$$

where t_1 = temperature of the part being measured
 t_2 = temperature of the instrument
 α_1 = thermal expansion coefficient of the part material
 α_2 = the thermal expansion coefficient of the instrument material
 $\Delta t_1 = t_1 - 20^\circ\text{C}$
 $\Delta t_2 = t_2 - 20^\circ\text{C}$

The length of a stainless steel rod is measured at a temperature of 32°C using a digital caliper. If the reading shown by the caliper is 92.525 mm, the expansion coefficient of stainless steel is $17.3 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$ and expansion coefficient of caliper material is $23 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$, determine the error caused by the temperature change compared to the instrument calibration temperature of 20°C . Explain how the error can be eliminated in practice.

Ralat δL dalam panjang L yang diukur disebabkan oleh perubahan suhu diberikan oleh ungkapan berikut:

$$\delta L = L(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2)$$

*di mana t_1 = suhu komponen yang diukur.
 t_2 = suhu alatan
 α_1 = pekali pengembangan terma bahan komponen
 α_2 = pekali pengembangan terma bahan alatan
 $\Delta t_1 = t_1 - 20^\circ\text{C}$
 $\Delta t_2 = t_2 - 20^\circ\text{C}$*

Panjang rod keluli tahan karat diukur pada suhu 32°C dengan menggunakan angkup digital. Jika bacaan angkup ialah 92.525 mm, pekali pengembangan keluli tahan karat ialah $17.3 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$ dan pekali pengembangan terma bahan angkup ialah $23 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$, tentukan ralat yang disebabkan oleh perubahan suhu dibandingkan dengan suhu kalibrasi alatan 20°C . Terangkan bagaimana ralat tersebut boleh dihapuskan dalam praktis.

(35 marks/markah)

[c] The mechanical comparator shown in Figure Q1[c] was used to measure the length of a metal block to 0.001 mm precision. The length of the block is estimated to be 62.32 mm.

- (i) Select the appropriate gage blocks from the block set given to build the estimated length of the metal block.
- (ii) If the reading shown by the comparator is -0.028 mm, determine the length of the metal block. Assume that the zero setting on the comparator reading was done with the stylus in contact with the gage block set.
- (iii) What would be the length of the metal block if the comparator has a systematic error of +0.004 mm?

Pembanding mekanik yang ditunjukkan dalam Rajah S1[c] digunakan untuk mengukur panjang bongkah logam sehingga kepersisan 0.001 mm. Panjang bongkah tersebut dianggarkan sebagai 62.32 mm.

- (i) *Pilih tolok-tolak bongkah yang sesuai daripada set bongkah yang diberikan untuk membina panjang anggaran bongkah logam tersebut.*
- (ii) *Jika bacaan yang ditunjukkan oleh pembanding ialah -0.028 mm, tentukan panjang bongkah logam tersebut. Andaikan bahawa pelarasan sifar pada pembanding dilakukan dengan kuar pembanding bersentuhan dengan set tolok bongkah.*
- (iii) *Apakah panjang bongkah logam jika pembanding mempunyai ralat sistematik sebanyak +0.004 mm?*

1mm Base Block Sets



Blocks per set	Blocks included in set (mm)
122	1.0005 (1 pc.)
	Step of 0.001: 1.001 - 1.009 (9 pcs.)
	Step of 0.01: 1.01 - 1.49 (49 pcs.)
	Step of 0.1: 1.6 - 1.9 (4 pcs.)
	Step of 0.5: 0.5 - 24.5 (49 pcs.)
	Step of 10: 30 - 100 (8 pcs.)
	25, 75 (2 pcs.)

Figure Q1[c]
Rajah S1[c]

(60 marks/markah)

- Q2. [a] State TWO (2) factors that determine the spacing of the fringes formed when a surface is viewed through an optical flat placed on the surface.**

Nyatakan DUA (2) faktor yang menentukan jarak antara pinggir-pinggir yang terbentuk apabila suatu permukaan dipandang melalui keping optik yang diletakkan di atas permukaan tersebut.

(5 marks/markah)

- [b] Figure Q2[b] shows a fringe pattern formed on a test surface. Point *P* is the contact point between the optical flat and the surface. The arrangement was observed under sodium light having a wavelength of 585 nm.**

- (i) **Sketch the cross sections along A-A and B-B to show the profile of the test surface.**
- (ii) **Determine the difference in height between the highest point and the lowest point along each of the sections A-A and B-B.**

*Rajah S2[b] menunjukkan corak pinggir yang terbentuk pada suatu permukaan yang diuji. Titik *P* ialah titik sentuhan antara keping optik dan permukaan. Susunan tersebut diperhatikan di bawah cahaya natrium yang mempunyai jarak gelombang 585 nm.*

- (i) *Lakarkan keratan rentas sepanjang A-A dan B-B untuk menunjukkan profil permukaan uji tersebut.*
- (ii) *Tentukan perbezaan ketinggian antara titik yang paling tinggi dan titik yang paling rendah sepanjang setiap keratan A-A dan B-B.*

(30 marks/markah)

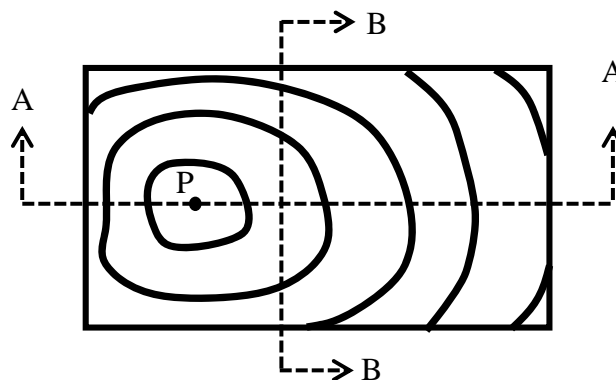


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

- [c] The taper angle θ on a metal block was measured using a 200 mm sine bar as shown in Figure Q2[c]. The total height h of the block gages is 61.8 mm. The reading on the dial indicator was set to zero at point A. When the dial indicator was moved to point B the reading shown is -0.25 mm. The distance traversed by the dial indicator is 50 mm. Determine the taper angle θ on a metal block to the nearest second.

Sudut tirus θ pada blok logam diukur dengan menggunakan bar sinus 200 mm seperti ditunjukkan dalam Rajah S2[c]. Jumlah tinggi h tolak-tolak bongkah ialah 61.8 mm. Bacaan pada petunjuk dial dilaraskan kepada sifar pada titik A. Apabila petunjuk dial digerakkan ke titik B bacaan yang ditunjukkan ialah -0.25 mm. Jarak yang dilintasi oleh petunjuk dial ialah 50 mm. Tentukan sudut tirus θ kepada saat yang terdekat.

(40 marks/markah)

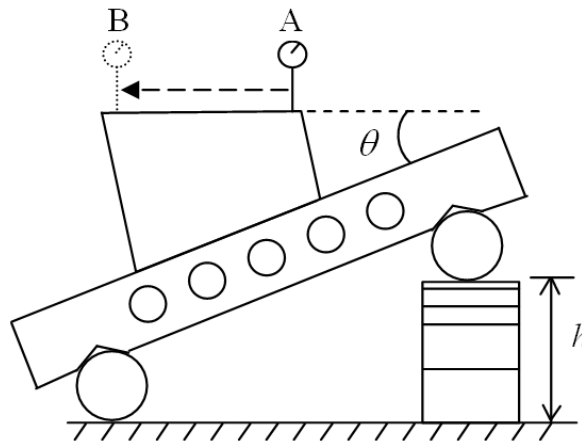


Figure Q2[c]
Rajah S2[c]

- [d] In a perpendicularity test on a drilling machine the leg of the dial gage was placed at 200 mm from the spindle axis as shown in Figure Q4[d]. The spindle was rotated slowly through 360° and the readings at 0° (point A), 90° (point B), 180° (point C) and 270° (point D) were recorded as shown in Table 2[d]. Determine the perpendicularity error along the x - z plane and y - z plane.

Dalam ujian keserenjangan pada mesin gerudi kaki pada tolak dial diletak 200 mm daripada paksi pengumpar seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[d]. Pengumpar diputar melalui 360° secara perlahan dan bacaan pada 0° (titik A), 90° (titik B), 180° (titik C) and 270° (titik D) dirakam seperti dalam Jadual S2[d]. Tentukan ralat keserenjangan sepanjang satah x - z dan satah y - z .

Table 2[d]
Jadual 2[d]

Point Titik	Dial gage reading (mm) Bacaan tolok dail (mm)
A	0.005
B	-0.020
C	-0.065
D	0.010

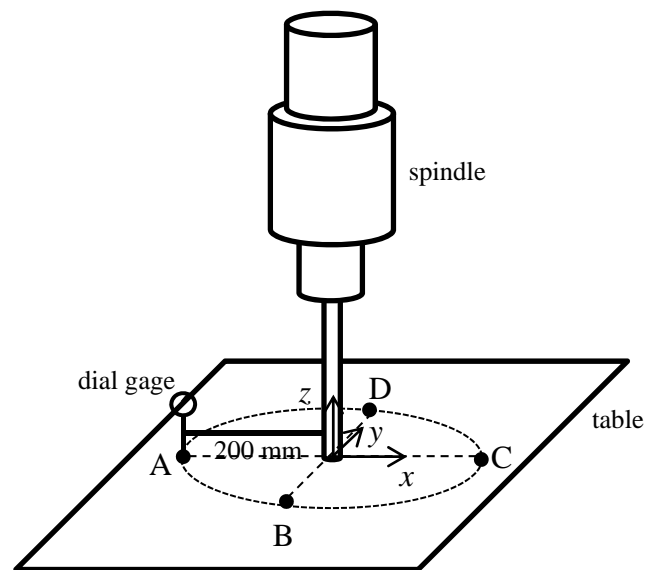


Figure Q2[d]
Rajah S2[d]

(25 marks/markah)

- Q3. [a] Define any TWO (2) amplitude roughness parameters. Illustrate with diagrams.**

Takrifkan mana-mana DUA (2) parameter kekasaran amplitud. Ilustrasi dengan gambarajah.

(20 marks/markah)

- [b] Figure Q3[b] shows a trace. The sampling length is 1.8 mm. Determine the roughness parameters defined in part [a] for the trace given.**

Rajah S3[b] menunjukkan suatu surihan. Jarak pensampelan ialah 1.8 mm. Tentukan parameter-parameter kekasaran yang ditakrif dalam [a] untuk surihan yang diberikan.

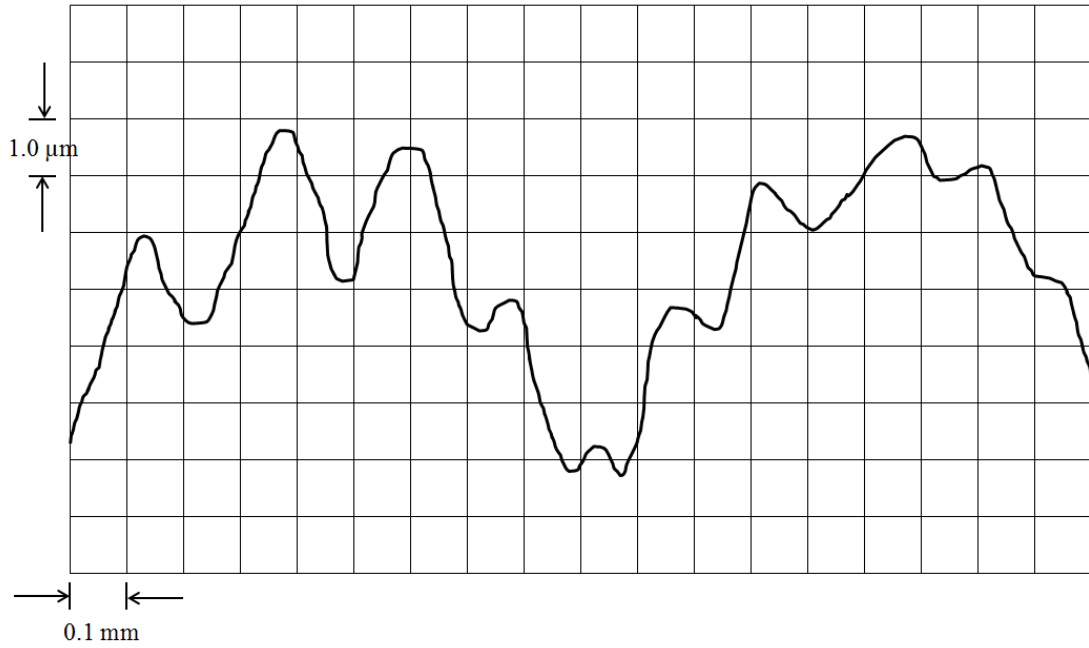


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(40 marks/markah)

[c] Describe the type of tolerance control shown in Figure Q3[c](i) to (iv).

Huraikan jenis kawalan toleransi yang ditunjukkan dalam Rajah S3[c](i) hingga (iv).

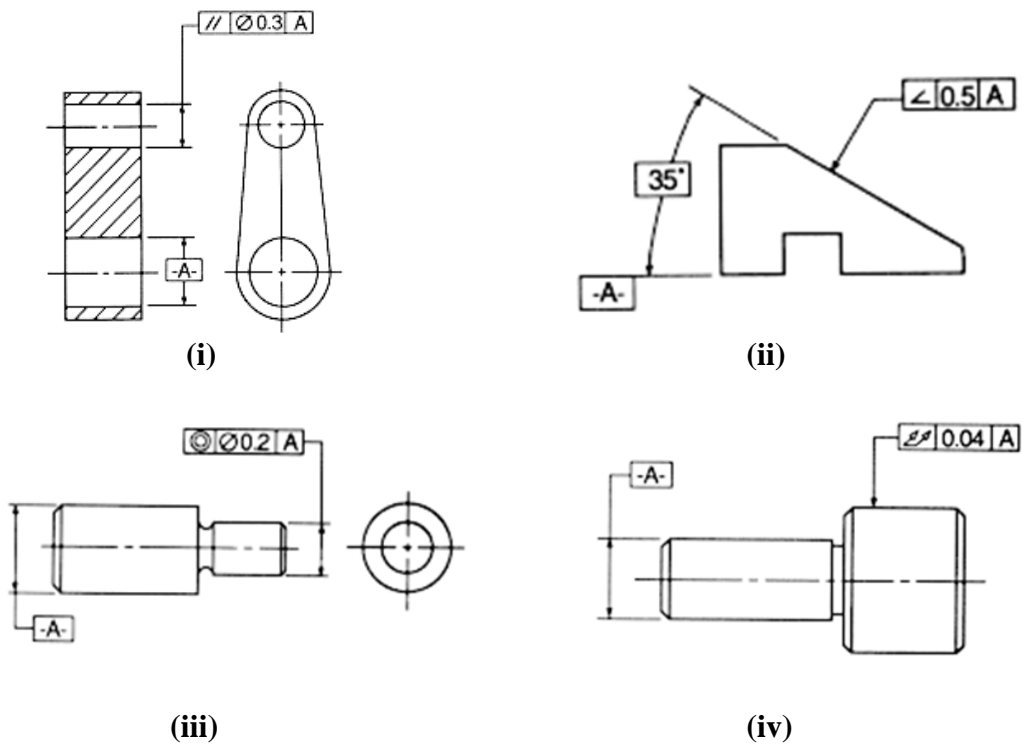


Figure Q3[c]
Rajah S3[c]

(40 marks/markah)

Q4. [a] List only ONE (1) main contribution for each of the following quality gurus: Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa and Taguchi.

Senaraikan hanya SATU (1) sumbangan utama bagi setiap guru kualiti berikut: Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa dan Taguchi.

(30 marks/markah)

[b] Classify the basic SEVEN (7) Quality Control (QC) tools into data analysis tool and cause analysis tool.

Kelaskan TUJUH (7) alat asas kawalan mutu yang menjadi alat analisis data dan alat analisa sebab.

(20 marks/markah)

[c] The data in Table Q4[c] are the deviations from nominal diameter for holes drilled in a Kevlar composite material used in Automotive manufacturing. The values reported are deviations from nominal in -thousandths of an cm

- (i) Set up \bar{x} and R charts on the process. Is the process in statistically controlled?**
- (ii) Estimate the process standard deviation using the range method.**
- (iii) If the specifications are at nominal ± 100 , calculate the PCR C_p and comment on the capability of the process.**

Data di Jadual S4[c] adalah sisihan daripada diameter nominal bagi lubang yang digerudi dalam serat Kevlar komposit yang digunakan dalam pembuatan Automotif. Nilai yang dilaporkan adalah sisihan dari nominal adalah satu per seribu dari satu cm.

- (i) Sediakan carta-carta \bar{x} dan R untuk proses tersebut. Adakah proses tersebut statistik terkawal?*
- (ii) Anggarkan sisihan piawaian proses yang menggunakan kaedah julat.*
- (iii) Jika spesifikasi di nominal ± 100 , kirakan PCR C_p dan ulas mengenai keupayaan proses.*

Table Q4[c]
Jadual S4[c]

Sample no.	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	-30	50	-20	10	30
2	0	50	-60	-20	30
3	-50	10	20	30	20
4	-10	-10	30	-20	50
5	20	-40	50	20	10
6	0	0	40	-40	20
7	0	0	20	-20	-10
8	70	-30	30	-10	0
9	0	0	20	-20	10
10	10	20	30	10	50
11	40	0	20	0	20
12	30	20	30	10	40
13	30	-30	0	10	10
14	30	-10	50	-10	-30
15	10	-10	50	40	0
16	0	0	30	-10	0
17	20	20	30	30	-20
18	10	-20	50	30	10
19	50	-10	40	20	0
20	50	0	0	30	10

(50 marks/markah)

Q5. [a] Make a comparison between terminologies stated below:

- (i) **Process Capability Ratio C_p and an Actual Capability Ratio C_{pk} .**
- (ii) **Down sampling and acceptance sampling.**
- (iii) **Acceptable tolerance and process capabilities.**

Buat perbandingan statistik di antara terminologi-terminologi yang tersebut di bawah ini:

- (i) *Nisbah Keupayaan Proses C_p dan Nisbah Keupayaan Sebenar C_{pk} .*
- (ii) *Penyampelan menurun dan penyampelan bolehterima.*
- (iii) *Toleransi bolehterima dan keupayaan proses.*

(40 marks /markah)

[b] 50 observations of daily emissions of sulphur dioxide (in kg) in a thermal power plant collected as shown in Table Q5[b]. Analyse the data and determine the cell interval, cell midpoint, cell boundaries and frequencies. From the analysed data construct:

- (i) A relative frequency histogram**
- (ii) A cumulative frequency histogram**
- (iii) A relative cumulative frequency histogram**
- (iv) Please justify the distribution of the data.**

50 pemerhatian harian pelepasan sulfur dioksida (dalam kg) bagi loji kuasa haba telah dikumpulkan seperti dalam Jadual S5[b]. Analisis data dan kirakan selang sel, titik tengah sel, sempadan sel dan kekerapan. Berpandukan analisa data, binakan:

- (i) Histogram kekerapan*
- (ii) Histogram kekerapan tokokan*
- (iii) Histogram kekerapan tokokan relatif*
- (iv) Wajarkah taburan data tersebut?*

Table Q5[b]: Sulphur Dioxide emission (kg)

Jadual S5[b]

1.5	1.2	3.1	1.3	0.7
0.1	2.9	1.0	1.3	2.6
0.3	0.7	2.4	1.5	0.7
3.5	1.1	0.7	0.5	1.6
1.7	3.2	3.0	1.7	2.8
1.8	2.3	3.3	3.1	3.3
2.2	1.2	1.3	1.4	1.5
3.1	2.1	3.5	1.4	2.3
1.5	1.9	2.0	3.0	0.9
1.9	1.7	1.5	3.0	2.6

(60 marks/markah)

Q6. [a] Define and differentiate:

- (i) Control charts for variables**
- (ii) Control charts for attributes.**

Definasikan dan bezakan:

- (i) Carta kawalan pemboleh ubah*
- (ii) Carta kawalan ciri.*

(20 marks/markah)

- [b] Make a comparison between single, chain and sequential sampling with operating curves (OC).**

Bandingkan di antara sampling sendirian, rantaian dan urutan menggunakan lengkung operasi (OC).

(30 marks /markah)

- [c] Three automotive tyres, each of three different brands, were tested for wear (in grams (g)) after driving for 2000 kilometers under the same control velocity and conditions. The data obtained are as shown in Table Q6[c].**

Tiga tayar automotif, setiap satu daripada tiga jenama yang berbeza, telah diuji untuk haus (dalam gram (g)) selepas memandu selama 2000 kilometer di bawah kawalan halaju dan keadaan yang sama. Data yang diperolehi adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual S6[c].

Table Q6[c]

Jadual S6[c]

<i>Sample nos.</i>	Brand A	Brand B	Brand C
1	28.5	28.5	28.4
2	29.5	29.4	29.4
3	29.5	33.0	31.5
4	31.5	21.5	31.5
5	32.5	32.5	32.4

- (i) **Establish R and \bar{x} charts for the measured data and determine the \bar{R} and $\bar{\bar{X}}$.**
- (ii) **From the value given in Appendix A, find the control limits UCL and LCL on R and \bar{x} charts.**
- (iii) **Suppose that these data is in control, reduce the sample size (n_x), into three samples and set up the revise control chart.**
- (iv) **Give TWO (2) conclusions based on its superiority performance of the chosen tyre brand.**

- (i) *Taksirkan nilai R dan \bar{x} dalam bentuk carta untuk ukuran data dan kirakan \bar{R} dan $\bar{\bar{X}}$.*
- (ii) *Dari nilai yang diberikan pada Lampiran A, cari kawalan limit atas (UCL) dan kawalan limit bawah (LCL) pada carta R dan \bar{x} .*
- (iii) *Andaikan bahawa data ini adalah dalam kawalan, kurangkan saiz sampel (n_x) menjadi tiga sampel dan buatlah semula carta kawalan baru.*
- (iv) *Berikan DUA (2) kesimpulan berdasarkan kepada keunggulan prestasi jenama tayar yang dipilih.*

(50 marks /markah)