
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2012/2013 Academic Session

June 2013

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

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages, **TWO (2)** pages appendix and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak, **DUA (2)** mukasurat lampiran dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

Appendix/Lampiran :

Appendix A

1. Appendix A : Values of d_2 [1 page/mukasurat]
2. Appendix B [1 page/mukasurat]

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

*[**ARAHAN** : Jawab **SEMUA** soalan. 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 diguna pakai.]

- Q1. [a] Differentiate the systematic error and random error in measurement. Give ONE cause for each error and suggest ONE solution to reduce or eliminate that particular error.**

Bezakan ralat sistematik dan ralat rawak dalam pengukuran. Berikan SATU punca untuk setiap ralat dan cadangkan SATU penyelesaian untuk mengurangkan atau menyisihkan ralat-ralat tersebut.

(20 marks/markah)

- [b] Explain Abbe principle of alignment in metrology and state the significance of the measuring devices conforming to Abbe principle. With appropriate sketch of alignments, give ONE example of the measuring device which obey Abbe principle and ONE example of measuring device which does not obey Abbe principle.**

Terangkan prinsip penjajaran Abbe dalam metrologi dan nyatakan kepentingannya bagi alat pengukur supaya mematuhi prinsip Abbe. Dengan lakaran penjajaran yang sesuai, berikan SATU contoh alat pengukur yang mematuhi prinsip Abbe dan SATU contoh alat pengukur yang tidak mematuhi prinsip Abbe.

(20 marks/markah)

- [c] A sine bar of length $L = 300$ mm (distance between rollers) is used to measure angle θ on a specimen block as shown in Figure Q1[c]. The reading of the dial indicator at point A is 0 mm and the reading at point B is -0.009 mm. The distance between the points A and B, $d = 50$ mm. The block gages have a stacked height of 56.780 mm.**

Satu bar sinus dengan panjangnya $L = 300$ mm (jarak antara penggelek) digunakan untuk mengukur sudut θ pada blok spesimen dengan susunan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S1 [c]. Bacaan penunjuk dail pada titik A ialah 0 mm dan bacaan pada titik B ialah -0,009 mm. Jarak di antara titik A dan B, $d = 50$ mm. Susunan tolok blok mempunyai ketinggian 56.780 mm.

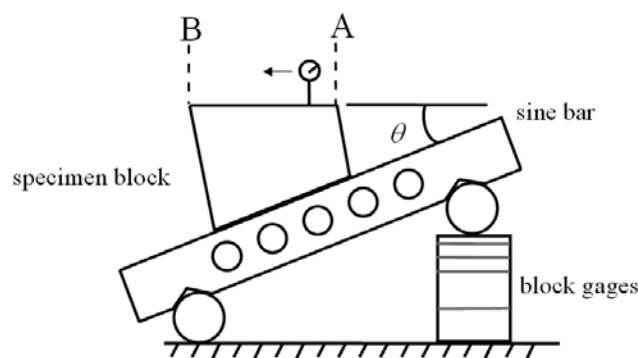


Figure Q1[c]
Rajah S1[c]

- (i) **Prove that the correction to gage block height,**
 $\Delta h = \Delta h_{AB} \times (L \times \cos \theta) / d$ **where Δh_{AB} is the difference in dial reading.**
- (ii) **Determine angle θ to the nearest seconds.**

- (i) *Buktikan bahawa pembetulan ketinggian blok tolak,*
 $\Delta h = \Delta h_{AB} \times (L \times \cos \theta) / d$ *di mana Δh_{AB} adalah perbezaan bacaan dail.*
- (ii) *Tentukan sudut θ kepada saat terdekat.*

(40marks/markah)

- [d] **Alignment tests carried out on machine tools can be categorized into several groups. State any TWO groups of the alignment tests. With appropriate sketches, explain in detail the procedures for each test. You need to specify the measuring equipment(s) used and the specification of the allowed error.**

Ujian-ujian penjajaran yang dijalankan pada alat mesin boleh dikategorikan kepada beberapa kumpulan. Nyatakan DUA kumpulan ujian penjajaran. Dengan lakaran yang sesuai, terangkan secara terperinci prosedur untuk setiap ujian. Anda perlu menentukan alat pengukur yang digunakan dan spesifikasi ralat yang boleh diterima.

(20 marks/markah)

- Q2. [a] **Dimensional measurement is based on two standard methods: Interchange method and displacement method.**

Pengukuran dimensi berdasarkan dua jenis kaedah standard: kaedah bertukaran dan kaedah anjakan.

- (i) **Explain how can these two methods to be performed using a Toolmaker's microscope.**
- (ii) **Identify the components and mechanisms involved for these two methods using a Toolmaker's microscope.**

- (i) *Terangkan bagaimana kedua-dua kaedah ini boleh untuk dilaksanakan dengan menggunakan mikroskop pembuat alatan.*
- (ii) *Kenalpasti komponen-komponen dan mekanisme yang terlibat bagi kedua-dua kaedah ini dalam penggunaan mikroskop pembuat alatan.*

(20 marks/markah)

- [b] Figure Q2[b] shows a squareness test conducted on a workpiece using an autocollimator and two optical prisms. The deviations of the straightness were taken at two positions of the reflector, i.e. at A and B with the readings of 0.029 mm and -0.058 mm respectively. Determine the angular deviation from this squareness test to nearest second.

Rajah S2[b] menunjukkan ujian ketepatan sudut dijalankan pada bahan kerja dengan menggunakan auto-kolimator dan dua prisma optik. Sisihan kelurusan dicatat pada dua kedudukan reflektor, iaitu pada A dan B dengan bacaan 0.029 mm dan -0.058 mm masing-masing. Tentukan sisihan sudut daripada ujian ketepatan sudut ini kepada saat terdekat.

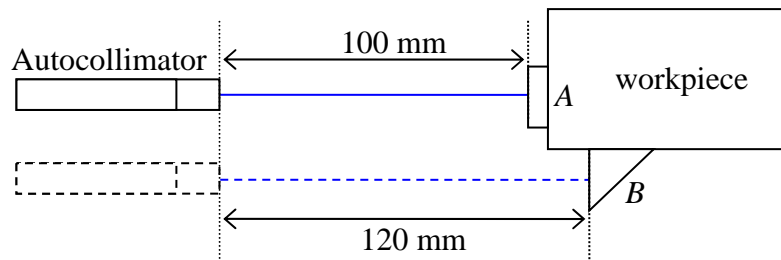


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

(20 marks/markah)

- [c] With appropriate sketches, differentiate the terms *roughness* and *waviness* in surface metrology. State at least ONE cause for each term.

Dengan lakaran yang sesuai, bezakan istilah-istilah kekasaran dan kegelombangan dalam metrologi permukaan. Nyatakan sekurang-kurangnya SATU punca untuk setiap istilah.

(20 marks/markah)

- [d] Estimate the roundness error for the trace shown in the Figure Q2[d] below using (i) Least Squares Circle (LSC) method (ii) Minimum circumscribing circle (MCC) method (iii) Maximum inscribing circle (MIC) method (iv) Minimum zone reference circle (MZC) method. Choose any point within the trace as the initial datum.

Anggarkan ralat kebulatan bagi surihan yang ditunjukkan dalam Rajah S2[d] di bawah dengan menggunakan (i) kaedah Least Squares Circle (LSC) (ii) kaedah Minimum Circumscribing Circle (MCC) (iii) kaedah Maksimum Inscribing Circle (MIC) (iv) kaedah Minimum Zone reference Circle (MZC). Pilih mana-mana titik dalam surihan ini sebagai datum awalan.

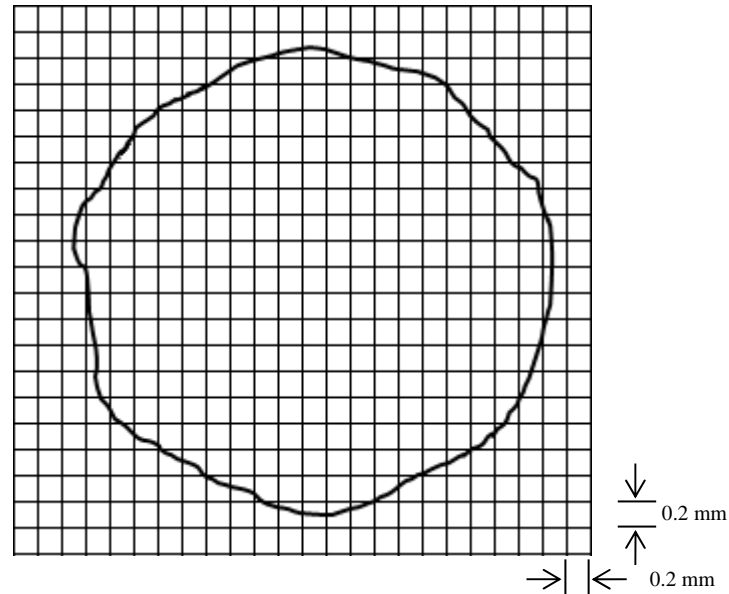


Figure Q2[d]
Rajah S2[d]

(40 marks/markah)

- Q3. [a] Differentiate the terms repeatability and reproducibility of a measurement system and explain the reason to perform gage repeatability and reproducibility (GR&R) study.**

Bezakan istilah-istilah keterulangan dan kebolehulangan bagi sesuatu sistem pengukuran dan terangkan sebabnya untuk melaksanakan kajian keterulangan dan kebolehulangan tolok (GR&R).

(15 marks/markah)

- [b] The diameters, in millimeters, of 10 screw heads have been measured by 3 operators, using the same measuring equipment. Each operator measured each screw head twice, and the data collected is given in Table Q3[b].**

Diameter, dalam milimeter, untuk 10 kepala skru telah diukur oleh 3 operator, dengan menggunakan alat pengukur yang sama. Setiap operator mengukur setiap kepala skru dua kali, dan data yang diperoleh diberikan dalam Jadual S3[b].

Table Q3[b]
Jadual S3[b]

Screw	Operator					
	A		B		C	
	Trial 1 (mm)	Trial 2 (mm)	Trial 1 (mm)	Trial 2 (mm)	Trial 1 (mm)	Trial 2 (mm)
1	10.117	10.266	10.201	10.028	10.296	10.090
2	10.186	10.037	10.132	10.194	10.139	10.278
3	10.340	10.243	10.150	10.065	10.072	10.003
4	10.009	10.247	10.106	10.247	10.054	10.150
5	10.350	10.312	10.158	10.181	10.262	10.304
6	10.099	10.291	10.197	10.061	10.206	10.279
7	10.285	10.137	10.220	10.149	10.070	10.280
8	10.165	10.193	10.075	10.023	10.130	10.102
9	10.008	10.312	10.059	10.097	10.068	10.243
10	10.186	10.220	10.149	10.071	10.223	10.175

Referring to Appendix A and by using Range and Average method, compute

Merujuk kepada Lampiran A dan dengan menggunakan kaedah julat dan purata, kirakan

- (i) Repeatability and reproducibility ($R&R$) of the measuring equipment**
- (ii) The total variability, (V_T) of the measuring equipment, and**
- (iii) Determine whether the measurement using this measuring equipment can be accepted or not. Justify your answer.**

- (i) Keterulangan dan kebolehulangan ($R & R$) bagi alat pengukuran ini*
- (ii) Jumlah keberubahan, (VT) alat pengukuran ini, dan*
- (iii) Tentukan sama ada pengukuran dengan alat pengukuran ini boleh diterima atau tidak. Justifikasikan jawapan anda.*

(40 marks/markah)

- [c] Explain the term tolerance and state the main function of the tolerance in a manufacturing process.**

Terangkan istilah toleransi dan nyatakan fungsi utama toleransi dalam proses pembuatan.

(10 marks/markah)

- [d] The language of geometric tolerancing is a set of symbols, divided into five types of dimensioning control. Name these five types of dimensioning control and state their function.**

Bahasa bertoleransi geometri adalah satu set simbol yang dibahagikan kepada lima jenis kawalan pendimensian. Namakan lima jenis pendimensian kawalan dan nyatakan fungsi-fungsi mereka.

(35 marks/markah)

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

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

(30 marks/markah)

- [b] Classify the basic seven Quality Control (QC) tools into data analysis tool and cause analysis tool.**

Kelaskan tujuh pekakas asas kawalan mutu yang menjadi alat analisis data dan alat untuk analisa sebab.

(20 marks/markah)

- [c] The data in Table Q4[c] are the deviations from nominal diameter for holes drilled in a carbon fibre composite material used in Automotive manufacturing. The values reported are deviations from nominal in ten-thousandths of an inch. Use Appendix B for reference.**

Data di Jadual S4[c] adalah sisihan daripada diameter nominal bagi lubang digerudi dalam bahan serat karbon komposit yang digunakan dalam pembuatan Automotif. Nilai yang dilaporkan adalah sisihan dari nominal adalah sepuluh ribuan dari satu inci. Gunakan Lampiran B sebagai rujukan.

- (i) Set up \bar{x} and R charts on the process. Is the process in statistical control?**

Sediakan \bar{x} dan R carta proses. Adakah proses dalam kawalan statistik?

(10 marks/markah)

- (ii) Estimate the process standard deviation using the range method.**

Anggarkan sisihan piawaian proses yang menggunakan kaedah julat.

(20 marks/markah)

- (iii) If the specifications are at nominal ± 100 , comment on the capability of the process. Determine the process capability ratio (PCR), C_p .

Jika spesifikasi di nominal ± 100 , ulas mengenai keupayaan proses. Tentukan PCR, C_p .

(20 marks/markah)

Table Q4[c]
Jadual S4[c]

<i>Sample no.</i>	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

- Q5. [a] Differentiate between control chart for attributes and control chart for variable.

Bezakan antara carta kawalan bagi atribut dengan carta kawalan bagi pembolehubah.

(20 marks/markah)

- [b] State TWO types and TWO purposes of control charts.

Nyatakan DUA jenis dan DUA tujuan carta kawalan.

(20 marks/markah)

[c] A company used single sampling plan as follows:

Sebuah syarikat menggunakan pelan pensampelan tunggal sebagai berikut:

$$n = 50 \text{ and } c = 1,$$

where n is a sample size and c is acceptance number.

di mana n ialah saiz sampel dan c adalah nombor penerimaan.

- (i) If acceptance quality limit (AQL) is 2% and lot tolerance percent defective (LTPD) is 5%, determine the value for supplier risk and consumer risk.**

Jika penerimaan had kualiti (AQL) adalah 2% dan lot toleran peratus rosak (LTPD) adalah 5%, carikan nilai bagi risiko pembekal dan risiko pengguna.

(10 marks/markah)

- (ii) Sketch operating characteristic (OC) curve for this sampling plan.**

Lukiskan lengkung pencirian operasi (OC) untuk pelan pensampelan ini.

(20 marks/markah)

- (iii) Determine the value of average outgoing quality limit (AOQL) for this sampling plan, given that $N=10,000$ and the incoming lots are of quality $p=0.01$ and $P_a = 0.9397$.**

Kirakan nilai purata had kualiti keluaran (AOQL) untuk pelan pensampelan ini diberi bahawa $N = 10,000$ dan kualiti lot masuk $p = 0.01$ dan $P_a = 0.9397$.

(10 marks/markah)

- (iv) If the supplier process is at 3% defective, will the value of AOQL change? If so, determine the new value, and also the average total inspection (ATI) at this level.**

Jika proses pembekal adalah pada 3% defektif, adakah perubahan pada nilai AOQL? Jika ya, kirakan nilai baru, dan juga purata jumlah pemeriksaan (ATI) di peringkat ini.

(20 marks/markah)

APPENDIX B/LAMPIRAN B

TABLE B Factors for Computing Central Lines and 3σ Control Limits for \bar{X} , s , and R Charts

OBSERVATIONS IN SAMPLE, n	CHART FOR AVERAGES			CHART FOR STANDARD DEVIATIONS				CHART FOR RANGES						
	FACTORS FOR CONTROL LIMITS			FACTOR FOR CENTRAL LINE	FACTORS FOR CONTROL LIMITS				FACTOR FOR CENTRAL LINE	FACTORS FOR CONTROL LIMITS				
	A	A_2	A_3	c_4	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	0	3.267	0	2.606	1.128	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585

Copyright ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428.