

SULIT



First Semester Examination
2022/2023 Academic Session

February 2023

EEM424 – Design of Experiments
(Rekabentuk Ujikaji)

Duration : 2 hours
(Masa : 2 jam)

Please check that this examination paper consists of **TWELVE (12)** pages of printed material including the appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions : This paper consists of **THREE (3)** questions. Answer **ALL** the **THREE (3)** questions.

[Arahan : Kertas ini mengandungi **TIGA (3)** soalan. Jawab **KESEMUA TIGA (3)** soalan.]

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

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

...2/-

SULIT

-2-

1. A circuit supplies signals that control the rotational speed of a drone's propeller blade. The signals have two different values of duty cycles, 40% dan 60%. Your assistant engineer conducted a series of experiments to test whether the two different duty cycles would result in the same rotational speed.

Satu litar menyalurkan isyarat-isyarat yang mengawal kelajuan putar sebilah kipas pendorong dron. Isyarat-isyarat tersebut mempunyai dua nilai kitaran kerja yang berbeza iaitu 40% dan 60%. Pembantu jurutera anda telah menjalankan satu siri ujikaji untuk menguji samaada dua nilai kitaran kerja tersebut akan menghasilkan kelajuan putaran yang sama.

- a) Describe the procedural steps that your assistant engineer must plan in order to ensure that the experiments are according to the modern experimental planning approach.

Huraikan langkah-langkah prosedur yang pembantu jurutera anda mesti rancang untuk memastikan ujikaji tersebut adalah menurut kaedah perancangan ujikaji moden.

(40 marks/markah)

- b) You also suspected that signals with two different frequencies result in different mean times for the blade to complete 50 rotations. Your assistant helped to experiment with two different frequencies, f_1 and f_2 , and recorded the data in Table 1(a) below.

Anda juga syak bahawa isyarat-isyarat yang berbeza frekuensi menghasilkan purata masa yang berbeza bagi melengkapkan 50 putaran. Pembantu jurutera anda telah bantu menguji dua frekuensi, f_1 dan f_2 dan telah merekodkan data dalam Jadual 1(a) di bawah.

...3/-

Table 1(a): Times (in seconds) to complete 50 rotations
 Jadual 1(a): Masa (dalam saat) untuk melengkapkan 50 putaran

Run, j	f1,s	f2,s
1	16.85	16.62
2	16.40	16.75
3	17.21	17.37
4	16.35	17.12
5	16.52	16.98
6	17.04	16.87
7	16.96	17.34
8	17.15	17.02
9	16.59	17.08
10	16.57	17.27

After conducting a t-test using formulae in Table 1(b) below, your assistant concluded that the performances of two frequencies does not differ significantly because his calculation had resulted in a value that is greater than -2.101 of the $-t_{0.025,18}$.

Selepas melakukan satu ujian-t menggunakan formula di Jadual 1(b), pembantu anda menyimpulkan bahawa prestasi dua frekuensi itu tidak berbeza secara signifikan kerana kiraan beliau menghasilkan satu nilai yang lebih besar daripada -2.101 bagi $-t_{0.025,18}$.

- (i) Decide whether you would agree to his conclusion by showing your own calculations.

Putuskan samaada kamu setuju dengan rumusan beliau dengan menunjukkan pengiraan anda sendiri.

(30 marks/markah)

...4/-

Table 1(b): Formula used by your assistant

Jadual 1(b): Formula yang digunakan oleh pembantu anda

$t_0 = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	<p>where t_0 is the t-test statistic, \bar{y}_1 and \bar{y}_2 are the sample means, S_p is the estimate of the common variance, n_1 and n_2 are the sample sizes</p>
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	
$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$	

- (ii) When the number of frequencies that needs to be tested increases from two to four, your assistant stil intends to use the t-test also. Explain the disadvantages of the t-test in testing more than two frequencies in order to influence him not to reuse the t-test for testing the four frequencies.

Apabila bilangan frekuensi yang perlu diuji meningkat daripada dua kepada empat, pembantu anda masih berhasrat untuk menggunakan ujian-t juga. Terangkan kekurangan ujian-t dalam pengujian lebih daripada dua frekuensi bagi mempengaruhi beliau untuk tidak mengguna semula ujian-t bagi menguji empat frekuensi.

(30 marks/markah)

2. A type of robotic arm is designed for shooting games. Different lengths of the arm are tested to compare their scores. The scores for every test sequence are recorded in Table 2(a) below.

Sejenis lengan robotik sedang direkabentuk untuk permainan menembak. Kapanjangan yang berbeza untuk lengan itu diuji untuk membandingkan kutipan markah. Kutipan markah untuk setiap turutan ujian dicatatkan dalam Jadual 2(a) di bawah.

Table 2(a): Test data

Jadual 2(a): Data ujikaji

Test Sequence,j	Length of the robotic arm, in mm	Scores, in points
1	200	600
2	220	725
3	220	700
4	160	575
5	160	542
6	180	565
7	200	651
8	160	530
9	180	593
10	200	610
11	220	715
12	220	685
13	160	539
14	160	570
15	220	710
16	180	590
17	180	579
18	180	610
19	200	637
20	200	629

- a) Copy the Table 2(b) below and complete it by filling in the empty parameter values.

Salin Jadual 2(b) di bawah ini dan lengkapkan ia dengan mengisi nilai-nilai parameter yang kosong.

Table 2(b): Parameter values
 Jadual 2(b): Nilai-nilai parameter

Parameters	Values
Number of factor levels	
Number of replications	
Treatment averages	
Grand average	
Total Sum of Squares	72,209.75
Sum of Squares due to treatment	66,870.55
Sum of Squares due to error	
F_0	
Degree of freedom, v_1	
Degree of freedom, v_2	

(40 marks/markah)

- b) If the $F_{0.05, v_1, v_2} = 3.24$, what can you conclude from the above experiment? Justify your answer.

Jika $F_{0.05, v_1, v_2} = 3.24$, apakah yang boleh kamu simpulkan dari ujikaji di atas? Berikan justifikasi untuk jawapan anda.

(25 marks/markah)

- c) The experimenter would like to configure the arm to score 655. Using Regression Analysis, he has produced five different modelling equations in Table 2(c) below. But, he was unsure which model to use.

Penguji itu hendak mengkonfigurasikan lengan itu untuk mengutip 655 markah. Dengan menggunakan analisa regresi, beliau telah hasilkan lima persamaan model berbeza dalam Jadual 2(c) di bawah. Tetapi, beliau tidak pasti model mana hendak digunakan.

Table 2(c): Modelling equations

Jadual 2(c): Persamaan pemodelan

Models	Equations	R-squared values
1	$Y=2.527x + 137.62$	0.9549
2	$Y=0.0284x^2 - 8.2555x + 1147.8$	0.9935
3	$Y=285.09e^{0.004x}$	0.9688
4	$Y=470.96\ln(x) - 1850.1$	0.9351
5	$Y=11.729x^{0.7557}$	0.9520

Nevertheless, the experimenter predicts that a score of 655 could be achieved if the length is configured at 205 mm. State your decision on whether you would agree to his prediction. Justify your decision.

Namun, penguji itu meramalkan bahawa kutipan 655 mata boleh diperolehi jika panjang lengan dikonfigurasikan pada 205 mm. Nyatakan keputusan anda samaada anda setuju atau tidak dengan ramalan beliau. Berikan justifikasi kepada keputusan anda.

(35 marks/markah)

3. A drone-based delivery company suspected that four different flying distances had significantly affected the percentage of successful delivery of their parcels. The company hired your assistant engineer to investigate their hypothesis. He designed and conducted a completely randomised experiment with six replications for each of the flying distances. However, only the values of Sum of Squares and P-Value were recorded in Table 3(a) below.

Sebuah syarikat penghantaran berasaskan dron mengesyaki bahawa empat jarak penerbangan berbeza telah memberi kesan yang signifikan kepada peratusan kejayaan penghantaran bungkusan mereka. Syarikat itu telah mengupah pembantu jurutera anda untuk menyiasat hipotesis mereka. Beliau telah merekabentuk dan menjalankan satu ujikaji terawak penuh dengan enam replikasi bagi setiap jarak penerbangan tersebut. Walaubagaimanapun, hanya nilai-nilai Jumlah Kuasa Dua dan nilai-P direkodkan dalam Jadual 3(a) di bawah.

Table 3(a): Analytical Results of the Complete Randomised Experiment

Jadual 3(a): Keputusan Analisa bagi Ujikaji Terawak Penuh

Source of Variations	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F ₀	P-Value
Flying Distances	178.17	a	d	f	0.0235
Error	302.14	b	e		
Total	480.31	c	-		

- a) Calculate the values of **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, and **f** in Table 3(a) above.

Kira nilai-nilai bagi a, b, c, d, e, dan f dalam Jadual 3(a) di atas.

(20 marks/markah)

- b) Based on the P-Value in Table 3(a), your assistant engineer had intended to conclude that the four different flying distances significantly affect the percentage of successful delivery. However, you knew that the drones used by the company are supplied by six (6) different drone suppliers: A, B, C, D, E, and F. Thus, you would like your assistant to also test for the possible effects of supplier-to-supplier variation.

Berdasarkan nilai-P dalam Jadual 3(a), pembantu jurutera anda telah berhasrat untuk memutuskan bahawa empat jarak penerbangan tersebut memberi kesan yang signifikan terhadap peratus kejayaan penghantaran. Walaubagaimanapun, anda tahu bahawa dron-dron yang digunakan oleh syarikat itu telah dibekalkan oleh enam (6) pembekal berbeza: A, B, C, D, E, dan F. Maka, anda mahu pembantu anda menguji juga kemungkinan kesan variasi dari pembekal ke pembekal.

Propose and describe an alternative design of experiment with similar numbers of flying ranges and replications, which are four (4) and six (6) respectively, that enables you to also investigate the effect of between-supplier variation on the analytical results.

Cadangkan dan huraikan satu rekabentuk ujikaji alternatif dengan bilangan jarak penerbangan dan replikasi yang sama, iaitu masing-masing empat dan enam bagi membolehkan anda menyiasat kesan variasi antara pembekal terhadap analisa keputusan.

(40 marks/markah)

- c) Analysis of a randomised complete block design (RCBD) experiment that treats the drones supplied by six different suppliers as blocks produced the values of Sum of Squares and the P-Value as recorded in Table 3(b) below.

Analisis satu ujikaji rekabentuk blok terawak penuh (RCBD) yang memperlakukan dron-dron yang dibekalkan oleh enam pembekal berbeza sebagai blok-blok telah menghasilkan nilai-nilai Jumlah Kuasa Dua dan nilai-P seperti yang direkodkan dalam Jadual 3(b) di bawah.

Table 3(b): Analytical results of the randomised complete block design (RCBD) experiment

Jadual 3(b): Keputusan analisa ujikaji rekabentuk blok terawak penuh

Source of Variations	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0	P-Value
Flying Range	178.17	a_1	d_1	f_1	0.0019
Manufacturers	192.25	a_2	d_2		
Error	109.89	b_1	e_1		
Total	480.31	c_1	-		

- (i) Calculate the values of a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , d_1 , d_2 , e_1 , and f_1 in Table 3(b).

Kira nilai-nilai bagi a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , d_1 , d_2 , e_1 , dan f_1 dalam Jadual 3(b).

(15 marks/markah)

- (ii) By calculating and analysing the differences between the values of mean square errors, F_0 dan P-values of Table 3(b) (e_1 , f_1 and 0.0019) relative to those of Table 3(a) (e , f and 0.0235), give three comments on the importance of the differences.

Dengan mengira dan menganalisa perbezaan-perbezaan antara nilai-nilai purata kuasa dua ralat, F_0 dan nilai-P pada Jadual 3(b) (e_1 , f_1 dan 0.0019) relatif kepada nilai-nilai di Jadual 3(a) (e , f dan 0.0235), berikan tiga komen tentang kepentingan perbezaan-perbezaan tersebut.

(15 marks/markah)

- (iii) Based on the results in Table 3(b), state your conclusion, and compare it with the conclusion that your assistant had originally intended in question 3(b).

Berdasarkan keputusan dalam Jadual 3(b), nyatakan rumusan anda, dan bandingkan ia dengan rumusan asal yang dihasratkan oleh pembantu anda di soalan 3(b).

(10 marks/markah)

APPENDIX

LAMPIRAN

Question	Course Outcome (CO)	Programme Outcome (PO)
1	1	PO2
2	2	PO3
3	3	PO4