

SULIT



First Semester Examination
2024/2025 Academic Session

February 2025

EBB 300 – Engineering Statistics
[Statistik Kejuruteraan]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please check that this examination paper consists of EIGHTEEN (18) pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN BELAS (18) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini].

Instructions : Answer **FOUR (4)** questions. Answer **TWO (2)** questions from PART A and **TWO (2)** questions from PART B. All questions carry the same marks.

[Arahan : Jawab **EMPAT (4)** soalan. Jawab **DUA (2)** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA (2)** soalan dari BAHAGIAN B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

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

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

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

1. (a). Figure 1.1 presents a graphical plot of the liquid volume in plastic bottles filled by a machine over time. What conclusions can be drawn from this plot?

Rajah 1.1 menunjukkan sebuah plot grafik bagi isipadu cecair yang diisikan ke dalam botol plastik dengan mesin bagi suatu jangka masa tertentu. Apakah kesimpulan yang boleh dibuat daripada plot ini?

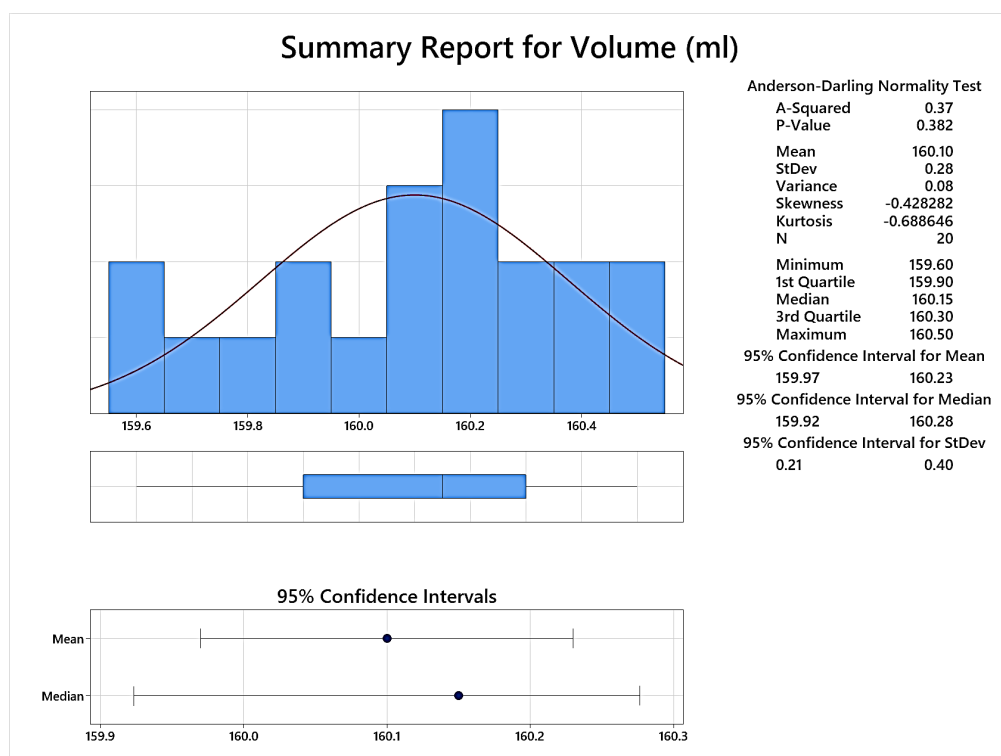


Figure 1.1 Liquid volume in plastic bottles

Rajah 1.1 Isipadu cecair dalam botol plastik

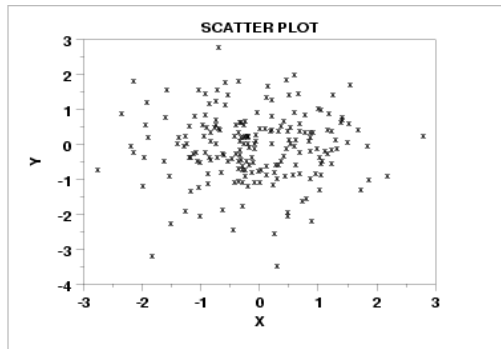
(12 marks/markah)

...3/-

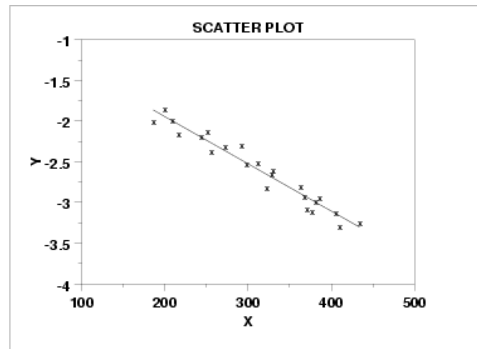
(b). State the relationship of the following scatter plots.

Nyatakan hubungan bagi plot-plot serakan ini.

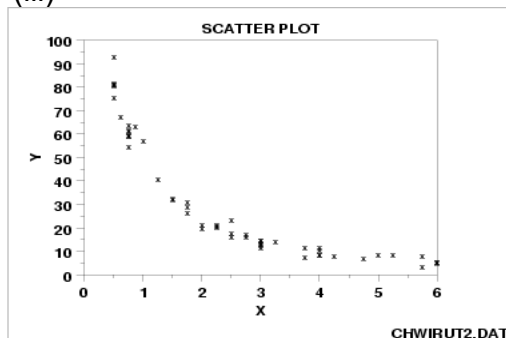
(i)



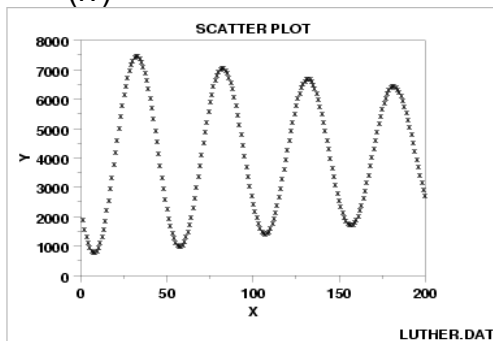
(ii)



(iii)



(iv)



(4 marks/markah)

(c). State the probability of a Normal Distribution in

- (i). 1 standard deviation range
- (ii). 2 standard deviation range, and
- (iii). 3 standard deviation range.

Nyatakan kebarangkalian bagi Taburan Normal dalam

- (i). 1 julat sisihan piawai
- (ii). 2 julat sisihan piawai, dan
- (iii). 3 julat sisihan piawai.

(3 marks/markah)

- (d). The diameter of a shaft in an optical storage drive is normally distributed with a mean of 0.2508 cm and standard deviation of 0.0005 cm. The specifications on the shaft are 0.2500 ± 0.0015 cm. What is the proportion of shafts that conforms to specifications?

Diameter sebuah aci dalam pemacu simpanan optik adalah bertaburan normal dengan purata 0.2508 cm dan sisihan piawai 0.0005 cm. Spesifikasi bagi aci adalah 0.2500 ± 0.0015 cm. Apakah perkadaran aci yang mematuhi spesifikasi tersebut?

(6 marks/markah)

- (2). (a). (i). The yield of a chemical process is being studied. From previous experience, yield is known to be normally distributed and $\sigma = 3.00\%$. The past five days of plant operation have resulted in the following percent yields: 91.60 %, 87.34%, 90.8%, 89.65%, and 91.30%. Find a 95% two-sided confident interval on the true mean yield.

Hasil bagi suatu proses kimia telah dikaji. Daripada pengalaman dahulu, hasil tersebut adalah bertaburan normal dan dengan $\sigma = 3.00\%$. Dalam operasi plant lima hari yang lepas telah mencapai hasil berikut: 91.60 %, 87.34%, 90.8%, 89.65%, dan 91.30%. Cari selang keyakinan 95% bagi hasil purata yang sebenar.

(5 marks/markah)

- (ii). A rivet is to be inserted into a hole. A random sample of $n = 10$ parts is selected, and the hole diameter is measured. The sample standard deviation of the hole diameter measurements is $s = 0.008$ mm. Construct a 95% two-sided confident for σ^2 .

...5/-

Rivet perlu dimasukkan ke dalam sebuah lubang. Satu sampel rawak dengan $n = 10$ bahagian telah dipilih dan diameter lubang telah diukur. Sisihan piawai sampel bagi lubang diameter adalah $s = 0.008$ mm. Binakan selang keyakinan 95% bagi σ^2 .

(8 marks/markah)

- (b). Two catalysts are analyzed to determine how they affect the mean yield of a chemical process. Catalyst A is currently used, but catalyst B is cheaper. Thus, it shall be adopted if it does not deteriorate the process yield. A test is run and the results is shown in Table 2.1. Is there any difference in the mean yields? State the hypothesis statement. Use $\alpha = 0.05$ and assume equal variance.

Dua jenis pemangkin telah dianalisis untuk menentukan samada ia akan mempengaruhi hasil purata bagi suatu proses kimia. Pemangkin A adalah sedang digunakan, tetapi pemangkin B adalah lebih murah. Justeru itu, pemangkin B akan digunakan sekiranya ia tidak mengurangkan hasil proses tersebut. Suatu ujian telah dilakukan dan keputusannya telah ditunjukkan di Rajah 2.1. Adakah perbezaan di dalam hasil purata? Nyatakan kenyataan hipotesis. Gunakan $\alpha = 0.05$ dan anggapkan varian sama.

Table 2.1 Process yield of catalyst A and catalyst B
Jadual 2.1 Hasil proses bagi pemangkin A dan pemangkin B

Observation/ Pemerhatian	Catalyst A (%) Pemangkin A (%)	Catalyst B (%) Pemangkin B (%)
1	91.50	89.19
2	94.18	90.95
3	92.18	90.46
4	93.39	93.21
5	91.79	97.19
6	89.70	97.04
7	94.72	91.07
8	89.21	92.75

(12 marks/markah)

- (3). The response time (ms) was determined for three different types of circuits in an electronic calculator. The results are recorded as shown in Table 3.1.

Masa tindakbalas (ms) bagi tiga jenis litar dalam penghitung elektronik telah ditentukan. Keputusannya telah dicatat dalam Jadual 3.1.

Table 3.1: Response time of three different circuit
Jadual 3.1: Masa tindakbalas bagi tiga jenis kitar yang berbeza

Circuit type/ Jenis kitar	Response time (ms)/ Masa tindakbalas				
1	19	22	20	18	25
2	20	21	33	27	40
3	16	15	18	26	17

- (a). How many levels were used in this experiment?

Berapa paras yang digunakan dalam eksperimen ini?

(1 mark/markah)

- (b). How many replicates did the experiment used?

Berapakah ulangan yang digunakan dalam eksperimen ini?

(1 mark/markah)

- (c). Establish the hypothesis statement

Nyatakan kenyataan hipotesis.

(2 marks/markah)

- (d). Are the ANOVA assumptions satisfied based on the Probability Plot in Figure 3.1 and Equal Varian plot in Figure 3.2?

Adakah anggapan ANOVA dipenuhi berdasarkan Plot Kebarangkalian di Rajah 3.1 dan Plot Sama Varian di Rajah 3.2?

(5 marks/markah)

...7/-

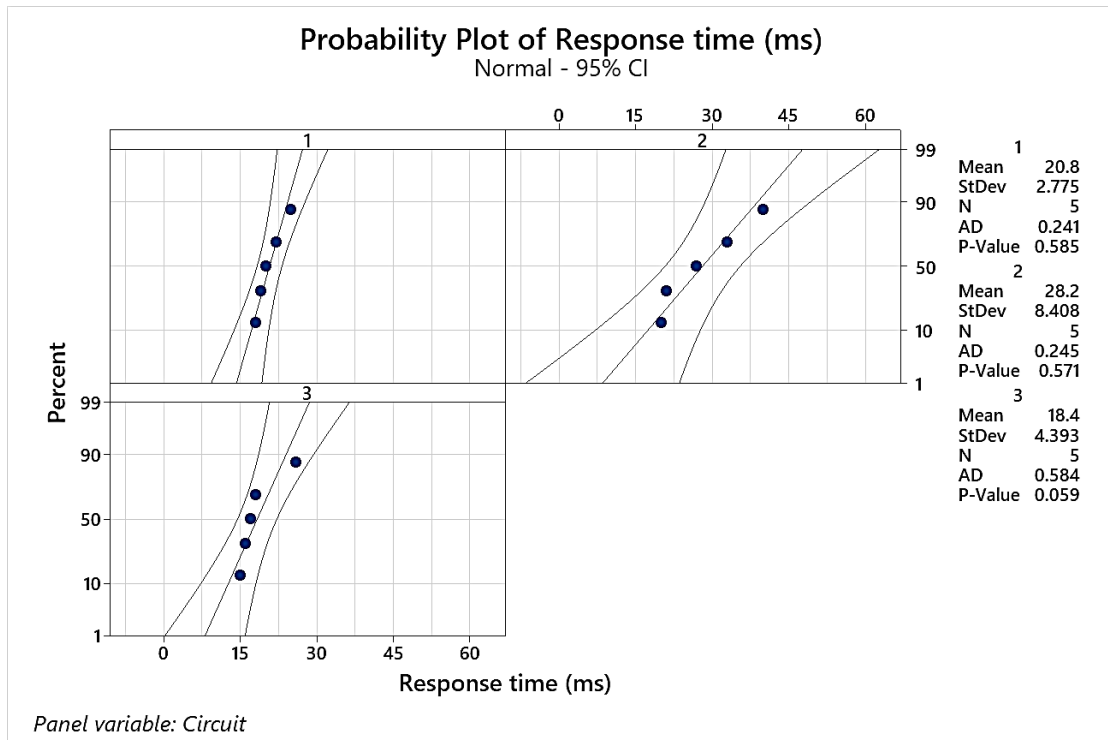


Figure 3.1 Probability Plot
Rajah 3.1 Plot Kebarangkalian

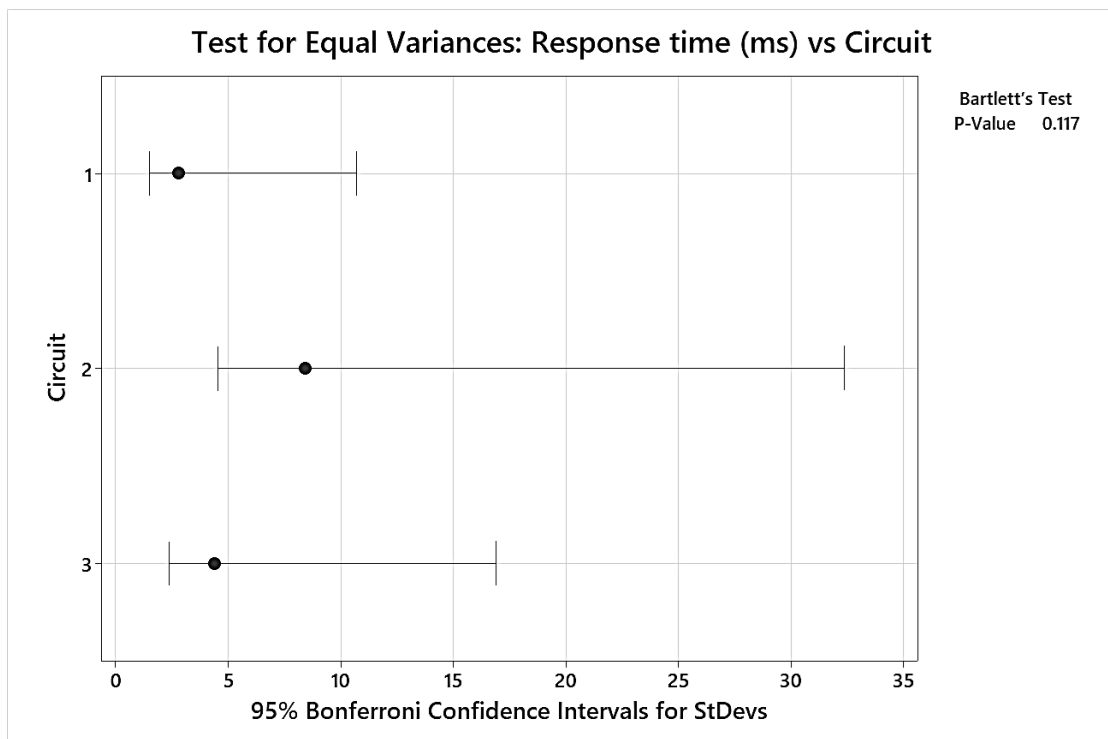


Figure 3.2 Equal Varian plot
Rajah 3.2 Plot Sama Varian

- (e). Construct an ANOVA table.

Binakan jadual ANOVA.

(9 marks/markah)

- (f). Comment on the residual analysis in Figure 3.3.

Berikan komen analisis sisa di Rajah 3.3.

(5 marks/markah)

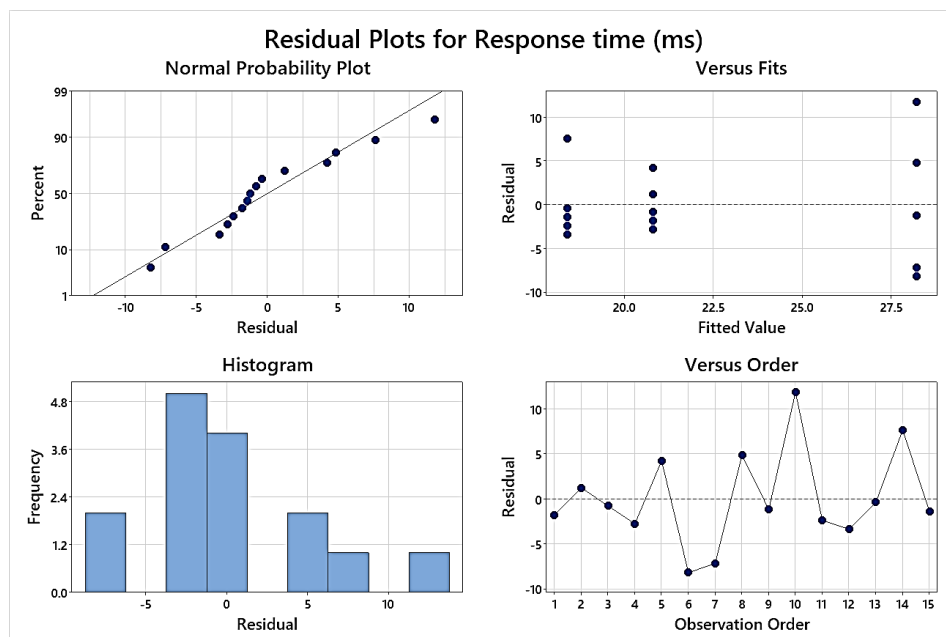


Figure 3.3 Residuals plots

Rajah 3.3 Plot-plot sisa

- (g). Using $\alpha = 0.05$, what conclusion can you draw on the response time of different circuits?

Dengan menggunakan $\alpha = 0.05$, apakah kesimpulan yang anda boleh buat mengenai masa tindakbalas bagi litar yang berbeza?

(2 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (4). The problem statement of this research is to determine the effect of the type of resin and types of curing light on the bonding strengths (MPa). There are two input variables, which are the type of resin (A1, A2) and the type of curing light (Halogen, LED). Assume the significance level is 0.05. Answer the following questions based on Table 4.1 :

Penyata masalah kajian ini adalah untuk menentukan kesan jenis resin dan jenis cahaya pengawetan terhadap kekuatan lekatan (MPa). Terdapat dua pembolehubah input, iaitu jenis resin (A1, A2) dan jenis cahaya pengawetan (Halogen, LED). Anggapkan tahap signifikan adalah 0.05. Jawab soalan-soalan berikut berdasarkan Jadual 4.1:

Table 4.1: Bonding Strength (MPa) by Type of Resin and Type of Curing Light

Jadual 4.1: Kekuatan Lekatan (MPa) mengikut Jenis Resin dan Jenis Cahaya Pengawetan

Type of Resin (A) Jenis Resin(A)	Type of Curing Light (B) Jenis Cahaya Pengawetan (B)	
	Halogen (B1)	LED (B2)
A1	15.2	21.3
	17.4	22.2
	17.5	23.0
A2	17.0	22.4
	17.2	23.6
	18.4	25.3

- (i) Construct the model and hypothesis test for a one-way ANOVA to determine if there is a difference in bonding strength (MPa) between the two types of curing lights: Halogen (B1) and LED (B2).

Bina model dan ujian hipotesis untuk ANOVA sehalu bagi menentukan sama ada terdapat perbezaan dalam kekuatan lekatan (MPa) antara dua jenis cahaya pengawetan: Halogen (B1) dan LED (B2).

(2 marks/markah)

...10/-

- (ii) Construct the model and hypothesis test for a two-way ANOVA to examine the effects of both the type of resin (A) and the type of curing light (B) on bonding strength (MPa).

Bina model dan ujian hipotesis untuk ANOVA dua hala bagi mengkaji kesan kedua-dua jenis resin (A) dan jenis cahaya pengawetan (B) terhadap kekuatan lekatan (MPa).

(2 marks/markah)

- (iii) Based on the given data in Table 4.1 carrying out a one-way ANOVA to see if there is a difference between the type of curing light Halogen and LED by constructing as Table 4.2. Calculate all the values of the X* cells in Table 4.2.

Berdasarkan data yang diberikan di dalam Jadual 4.1, lakukan ANOVA sehala untuk melihat sama ada terdapat perbezaan antara jenis cahaya pengawetan Halogen dan LED dengan membina Jadual 4.2. Kira semua nilai bagi sel X dalam Jadual 4.2.*

Table 4.2: One-way ANOVA table Type of Curing Light (A)

Jadual 4.2: Jadual ANOVA Sehala Jenis Cahaya Pengawetan (A)

Source <i>Sumber</i>	Sum of Square <i>Jumlah Kuasa Dua (SS)</i>	Degree of Freedom <i>Darjah kebebasan (DF)</i>	Mean Square <i>Min Kuasa Dua (MS)</i>	F- Value <i>Nilai -F</i>	Critical value <i>Nilai kritikal</i> $F_{0.05}$ (DF, Ralat)
Type of Curing Light (A) <i>Jenis Cahaya Pengawetan (A)</i>	102.67	X1	X4	X6	X7
Error <i>Ralat</i>	15.10	X2	X5		
Total <i>Jumlah</i>	117.77	X3			

(6 marks/markah)

...11/-

- (iv) Provide a conclusion for the curing light (B) on bonding strength (MPa).

Berikan kesimpulan mengenai jenis cahaya pengawetan (B) terhadap kekuatan lekatan (MPa).

(5 marks/markah)

- (v). To improve the effect of the type of curing light (B) on bonding strength (MPa), the manufacturer decided to perform a two-way ANOVA by introducing the type of resin (A) to see if there is any influence and interaction between them, as shown in the newly constructed Table 4.3 below. Find all the values of the Y* cells in Table 4.3.

Untuk meningkatkan kesan jenis cahaya pengawetan (B) terhadap kekuatan lekatan (MPa), pengeluar memutuskan untuk melakukan ANOVA dua hala dengan memperkenalkan jenis resin (A) untuk melihat jika terdapat sebarang pengaruh dan interaksi di antara mereka, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4.3. Cari semua nilai sel Y dalam Jadual 4.3.*

Table 4.3: Two-way ANOVA table for Bonding Strength (MPa)

Jadual 4.3: Jadual ANOVA dua hala untuk Kekuatan Lekatan (MPa)

Source Sumber	Sum of Square Jumlah Kuasa Dua (SS)	Degree of Freedom Darjah kebebasan (DF)	Mean Square Min Kuasa Dua (MS)	F- Value Nilai -F	Critical value Nilai kritikal $F_{0.05}$ (DF, Ralat)
Between Resin(A) Diantara resin(A)	4.441	Y1	Y5	Y9	Y12
Between Curing Light (B) Diantara cahaya pengawetan (B)	102.668	Y2	Y6	Y10	Y13
Interaction between (A) and (B)	Y0	Y3	Y7	Y11	Y14
Error Ralat	10.220	Y4	Y8		
Total Jumlah	117.769	11			

(5 marks/markah)

- (vi). Do you think the type of resin (A) successfully influences the effect of the type of curing light (B) on bonding strength (MPa) in the two-way ANOVA analysis? Justify the success of the two-way ANOVA analysis.

Adakah anda fikir jenis resin (A) berjaya mempengaruhi kesan jenis cahaya pengawetan (B) terhadap kekuatan lekatan (MPa) dalam analisis ANOVA dua hala? Jelaskan kejayaan analisis ANOVA dua hala tersebut.

(5 marks/markah)

- (5). The difference in diameter between balls from the same batch or lot is referred to as spread. An engineer identified the number of grooves, the RPM speed of the ring plate, and the pressure between the two plates as crucial factors that can affect the spread. The largest and smallest balls were measured using the ball diameter dial indicator after it had flashed. The Engineer strive to keep precision high while minimising spread. His goal is to identify the best course of action, or in other words, the combination of different factors, to minimise spread. Assume the significance level is 0.05. Answer the following questions based on Table 5.1 and Table 5.2:

Perbezaan diameter antara bebola dari kumpulan atau lot yang sama dirujuk sebagai penyebaran. Jurutera mengenal pasti bilangan alur, kelajuan RPM plat cincin, dan tekanan antara dua plat sebagai faktor penting yang boleh mempengaruhi penyebaran. Bebola terbesar dan terkecil diukur menggunakan penunjuk dial diameter bebola selepas proses kilat. Jurutera berusaha untuk mengekalkan ketepatan yang tinggi sambil meminimumkan penyebaran. Matlamat jurutera adalah untuk mengenal pasti tindakan terbaik, atau dengan kata lain, gabungan faktor-faktor yang berbeza, untuk meminimumkan penyebaran. Anggapkan tahap signifikan adalah 0.05. Jawab soalan-soalan berikut berdasarkan Jadual 5.1 dan Jadual 5.2

Table 5.1: Combination of different factors, to minimise spread

Jadual 5.1: Gabungan faktor-faktor berbeza untuk meminimumkan penyebaran

RPM (A)	Number of grooves (B) / <i>Bilangan Alur (B)</i>			
	15		18	
	Pressure (C) / <i>Tekanan (C)</i>		Pressure (C) / <i>Tekanan (C)</i>	
	25 kg/cm ²	30 kg/cm ²	25 kg/cm ²	30 kg/cm ²
90	5	8	8	10
	6	9	7	9
110	8	9	9	11
	7	10	10	9

Table 5.2: ANOVA Table for RPM (A), Grooves (B) and Pressure (C) factors to minimise Spread

Jadual 5.2: Jadual ANOVA untuk faktor RPM (A), Alur (B) dan Tekanan (C) untuk meminimumkan penyebaran

Source <i>Sumber</i>	Degree of Freedom <i>Darjah kebebasan</i> (DF)	Sum of Square <i>Jumlah Kuasa Dua</i> (SS)	Mean Square <i>Min Kuasa Dua</i> (MS)	F- Value <i>Nilai -F</i>	Critical value <i>Nilai kritikal</i> F (df factor, df error, 0.05)	Conclusion / <i>Kesimpulan</i>
A	1	7.5625	7.5625	11	X1	Y1
B	1	7.5625	7.5625	11	X2	Y2
C	1	14.0625	14.0625	20.45	X3	Y3
AB	1	0.0625	0.0625	0.09	X4	Y4
AC	1	1.5625	1.5625	2.27	X5	Y5
BC	1	1.5625	1.5625	2.27	X6	Y6
ABC	1	0.0625	0.0625	0.09	X7	Y7
Error <i>Ralat</i>	8	5.5	0.6875			
Total <i>Jumlah</i>	15	37.9375				

- (i). Conclude on all factors and interactions of the Y^* cells by finding the critical values of X^* in Table 5.2.

Buat kesimpulan untuk semua faktor dan interaksi sel Y^ dengan mencari nilai kritikal X^* dalam Jadual 5.2.*

(5 marks/markah)

- (ii). Give main and interaction factors analysis in relation to the spread response.

Beri analisis faktor utama dan interaksi dengan mengaitkan dengan tindak balas penyebaran.

(7 marks/markah)

- (iii). Based on the RPM (A), Grooves (B), and Pressure (C) factors, construct a coded regression equation model without interactions for the spread using the general model equation as follow.

Berdasarkan faktor RPM (A), Alur (B), dan Tekanan (C), bina satu model persamaan regresi berkod tanpa interaksi untuk Penyebaran menggunakan persamaan model umum seperti berikut.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k$$

$i=1, 2$ A = RPM of Ring Plate / *RPM plat cincin*

$j=1, 2$ B = Number of grooves in plates / *Bilangan alur pada plat*

$k=1, 2$ C = Pressure between two plates/ *Tekanan antara dua plat*

$l=1, 2$ μ = overall mean/ *min keseluruhan*

(Hint: use $Effect = \frac{Contrast Factor}{(n)(L^{k-1})}$ and $SS_{factor} = \frac{(Contrast Factor)^2}{L^F \cdot n}$ where L is the number of levels, F is the number of factors, and n is the number of replicates

Petunjuk: gunakan $Effect = \frac{Contrast Factor}{(n)(L^{k-1})}$ dan $SS_{faktor} = \frac{(Contrast Factor)^2}{L^F \cdot n}$ di mana L adalah bilangan tahap, F adalah bilangan faktor, dan n adalah bilangan ulangan

(5 marks/markah)

...15/-

SULIT

- (v) Provide your recommendation to optimally minimize the results of Spread
Beri cadangan anda untuk meminimumkan hasil Penyebaran secara optimum.

(8 marks/markah)

- (6). Three-dimensional integrated circuits (3D ICs) that stack multiple dies vertically using Silicon Vias (TSVs) have gained wide interest in the semiconductor industry. However, one of the major challenges of the wafer-to-wafer stacking approach is the low compound yield. To study the reasons, a research paper, "Solving The Yield Optimization Problem For Wafer to Wafer 3D Integration Process" (2015, Vol 195, pp 1905-1914) proposes to test the impact of the number of wafers per lot and yield per wafer on the running time stack (ts) which is expressed in seconds (s). For a definite number of dies, the number of wafers and yield per wafer will be changed each time to determine their impact. The experiment was carried out with two different numbers of wafers per wafer lot and two yields per wafer. The data are tabulated in Table 6.1 and Figure 6.1 as follows.

Litar bersepadu tiga dimensi (3D IC) yang menyusun acuan berbilang secara menegak menggunakan Silicon Vias (TSV) telah mendapat perhatian yang meluas dalam industri semikonduktor. Walau bagaimanapun, salah satu cabaran utama dalam pendekatan penyusunan wafer-ke-wafer adalah hasil kompaun yang rendah. Untuk mengkaji sebab-sebabnya, satu kertas penyelidikan, "Solving. The Yield Optimization Problem For Wafer to Wafer 3D Integration Process" (2015, Vol 195, pp 1905-1914) mencadangkan untuk menguji kesan bilangan wafer setiap lot dan hasil per wafer terhadap masa pelaksanaan susunan (ts) yang dinyatakan dalam saat (s). Untuk bilangan acuan tertentu, bilangan wafer dan hasil per wafer akan diubah setiap kali untuk menentukan kesannya. Eksperimen dijalankan dengan dua bilangan wafer berbeza setiap lot wafer dan dua hasil per wafer. Data ditunjukkan dalam Jadual 6.1 dan Rajah 6.1 seperti berikut.

Table 6.1: Execution time from the impact of the number of wafers per wafer lot and yield per wafer

Jadual 6.1: Masa pelaksanaan dari kesan bilangan wafer setiap lot wafer dan hasil per wafer

Number of wafers (A) <i>Bilangan wafer (A)</i>	Yield per wafer (B) <i>Hasil per wafer ((B)</i>	
	70%	80%
W = 10	0.034	0.02
	0.077	0.07
W = 20	0.210	0.19
	0.315	0.331

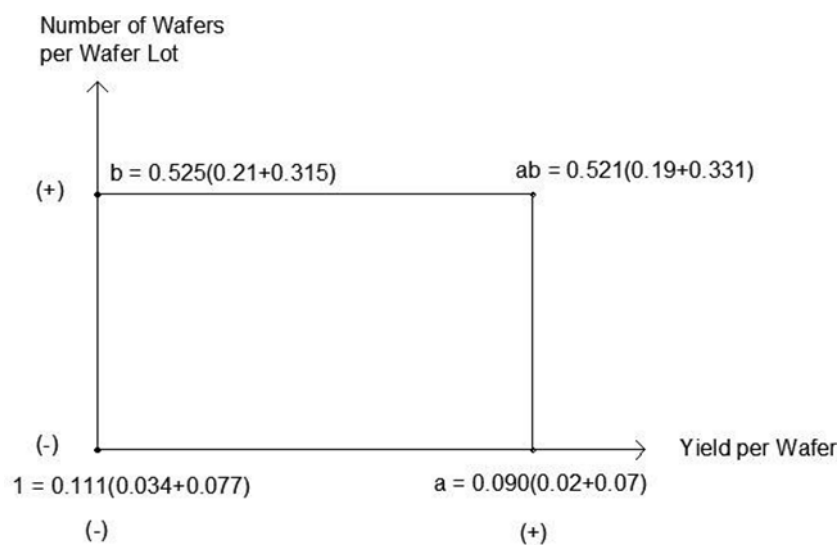


Figure 6.1 Rectangular Geometrical Design for Execution Time

Rajah 6.1: Reka Bentuk Geometri Segi Empat untuk Masa Pelaksanaan

- (i) Calculate the main effects and 2-factors interaction.

Kira kesan utama dan 2 faktor interaksi.

(6 marks/markah)

...17/-

- (ii) Provide an interpretation of all the significant factors you identify in part 1 solutions and their implications on the running or execution time stack.

Beri tafsiran bagi semua faktor signifikan yang anda kenal pasti dalam penyelesaian bahagian (i) dan implikasinya terhadap masa pelaksanaan susunan.

(7 marks/markah)

- (iii) Perform Surface Plot analysis for the Figure 6.2
Lakukan analisis Plot Permukaan untuk Rajah 6.2

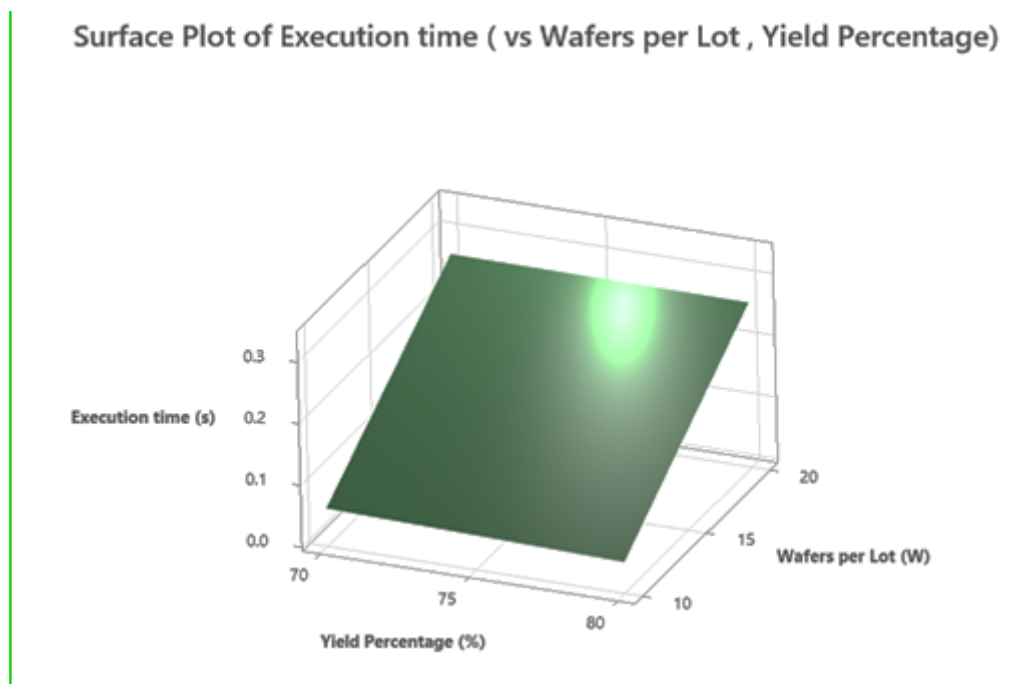


Figure 6.2 Surface Plot of Execution time (s) vs Wafers per Lot (W) vs Yield Percentage (%)

Rajah 6.2: Plot Permukaan Masa Pelaksanaan (s) berbanding Wafer setiap Lot (W) berbanding Peratusan Hasil (%)

(5 marks/markah)

...18/-

- (iv) As an engineer, how can we utilize this experiment to optimize the process of running or execution time stack? Justify your suggestion.

Sebagai seorang jurutera, bagaimana kita boleh memanfaatkan eksperimen ini untuk mengoptimumkan proses masa pelaksanaan susunan? Jelaskan cadangan anda..

(7 marks/markah)

-oooOooo-