



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019 / January 2020

EME 451 – Computational Fluid Dynamics
[Pengkomputaran Dinamik Bendalir]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please check that this paper contains **SIX [6]** printed pages including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM [6]** mukasurat bercetak beserta lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FOUR [4]** questions.
*[**ARAHAN** : Jawab **SEMUA EMPAT [4]** soalan.]*

Answer Questions In **English OR Bahasa Malaysia**.
*[Jawab soalan dalam **Bahasa Inggeris** ATAU **Bahasa Malaysia**.]*

Answer to each question must begin from a new page.
[Jawapan bagi 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.]

1. The 1D heat transfer problem can be modeled with the following equation.

Persamaan berikut merupakan model pemindahan haba dalam 1D.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

where T is the local temperature and κ is the constant heat transfer coefficient .

di mana T merupakan suhu tempatan dan κ pemalar tetap pemindahan haba.

- [a] The discretized model for Eq. (1) is given as follows. Determine order-of-accuracy in time using Taylor series.

Model diskret untuk Persamaan (1) adalah seperti berikut. Tentukan tahap ketepatan masa menggunakan siri Taylor.

$$T_j^{n+1} = T_j^n + \frac{\kappa \Delta t}{\Delta x^2} (T_{j+1}^{n+1} - 2T_j^{n+1} + T_{j-1}^{n+1}) \quad (2)$$

(20 marks/markah)

- [b] Using von Neumann analysis, evaluate the numerical stability of the scheme in [a].

Dengan menggunakan analisis von Neumann, tentukan kestabilan kaedah berangka tersebut seperti dalam [a].

(30 marks/markah)

- [c] Discuss the implication of using this approach when solving Eq.(1).

Bincangkan implikasi menggunakan kaedah ini untuk menyelesaikan persamaan (1).

(20 marks/markah)

- [d] The temperature of 1D plate computed using Eq. (2) with 30 points of uniform grids is 725K. Assume a fixed boundary conditions at left and right ends of the domain. The computed temperature becomes 743K when using 15 uniform grid points. Assume that the method is second order-accurate and convergent, determine the best temperature prediction.

Suhu plat 1D yg dikira menggunakan persamaan (2) dengan 30 titik yang seragam adalah 725K. Andaikan keadaan sempadan yang tetap di sebelah kiri dan kanan domain. Suhu yang dikira adalah 743K apabila menggunakan 15 titik grid yang seragam. Andaikan kaedah ini tahap ketepatan kedua dan konvergen, tentukan ramalan suhu yang terbaik.

(30 marks/markah)

2. The following scalar equation models a fluid transport in 1D.

Persamaan berikut merupakan model pergerakan bendalir dalam 1D.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (3)$$

where u is the velocity vector and ν is the constant viscosity coefficient .

di mana u merupakan vektor halaju dan ν pemalar tetap kelikatan.

- [a] Assume that u behaves like a turbulent fluid, derive the Reynolds-Averaged equation for Eq. (3).

Andaikan u adalah bendalir gelora, terbitkan persamaan "Reynolds-Averaged" berdasarkan persamaan (3).

(50 marks/markah)

- [b] Discuss the fundamental issues when solving turbulent flow using the Reynolds-Averaged approach.

Bincangkan isu-isu asas apabila menyelesaikan aliran gelora menggunakan pendekatan "Reynolds-Averaged".

(30 marks/markah)

- [c] Determine a suitable turbulent model for the equation derived in [a].

Tentukan model gelora yang sesuai untuk persamaan yang diterbitkan untuk [a].

(20 marks/markah)

3. [a] Describe all the practical steps when performing a CFD study of a well described flow problem

Nyatakan kesemua langkah-langkah praktikal untuk melaksanakan pembelajaran CFD masalah aliran terbaik.

(30 marks/markah)

- [b] Give ONE difference between Computational and Numerical approach.

Berikan SATU perbezaan antara pendekatan pengkomputeran dan numerikal.

(20 marks/markah)

- [c] Explain and differentiate the **THREE** main categories for predicting turbulent.

Terangkan dan bezakan TIGA kategori utama untuk meramalkan gelora.

(30 marks/markah)

- [d] Explain wall functions and low-Reynolds number modelling. Provide sketching to support your answer

Terangkan fungsi dinding and pemodelan nombor "low-Reynolds".

Berikan lakaran untuk menyokong jawapan anda.

(20 marks/markah)

4. [a] A three dimensional CFD simulation of cyclonic vacuum cleaner was performed to predict the movement of hair strands from air flowing through a main body as shown in Figure 4 [c]. The cyclone impeller is mounted to the strong shaft and rotates at 125 000 rpm. The DC motor is operating at 525 W and the air flow speed through the inlet is 100 m/s.

Satu simulasi CFD tiga dimensi bagi pembersih vakum siklon telah dijalankan bagi meramal pergerakan helaian rambut yang dijanakan daripada aliran udara melalui badan utama seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4 [c]. Impeler siklon tersebut dipasang pada aci yang kuat dan berputar pada 125 000 rpm. Motor DC beroperasi pada 525 W dan kelajuan aliran udara melalui masukan adalah 100 m/s.

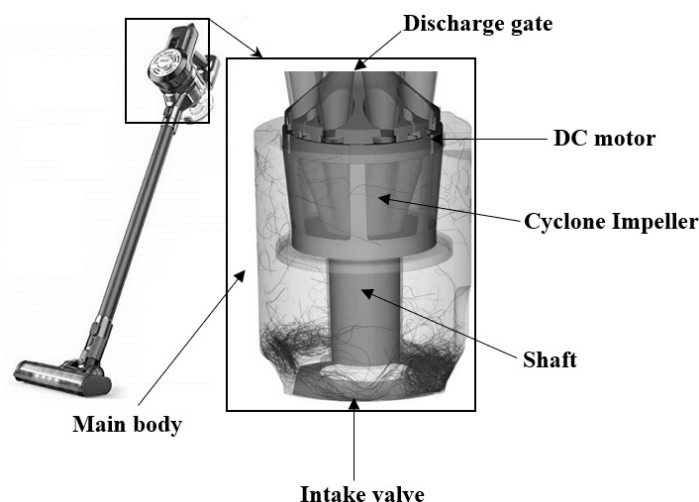


Figure 4 [c]
Rajah 4 [c]

- (i) By considering the impeller rotation, suggest suitable grid type for modeling the mechanism. Give **TWO** reasons to support your answer.

Dengan mengambil kira putaran impeler, cadangkan jenis grid yang sesuai untuk pemodelan mekanisma. Berikan DUA sebab untuk menyokong jawapan anda.

(20 marks/markah)

(ii) Define the boundary condition of each part in Figure 4 [c].

Tentukan keadaan sempadan bagi setiap bahagian dalam Rajah 4 [c].

(30 marks/markah)

(iii) What are the criteria to believe that the simulation results are accurate and reliable?

Apakah kriteria-kriteria untuk memastikan keputusan simulasi tepat dan boleh dipercayai?

(20 marks/markah)

(iv) Show the flow output prediction at the end of the simulation.

Tunjukkan ramalan aliran output pada akhir simulasi.

(10 marks/markah)

[b] Explain using flowchart the steps of performing two way Fluid-Structure Interaction (FSI).

Terangkan menggunakan carta aliran langkah-langkah untuk melaksanakan Interaksi Bendalir-Struktur (FSI) dua arah.

(20 marks/markah)

-oooOooo

Appendix 1
LAMPIRAN 1

Useful Formulas:

$$f(x \pm \Delta x) = f(x) \pm \Delta x \left(\frac{df(x)}{dx} \right) + \frac{\Delta x^2}{2} \left(\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \right) \pm \frac{\Delta x^3}{3!} \left(\frac{d^3 f(x)}{dx^3} \right) + O(\Delta x^4)$$

$$u_j^n = G^n e^{ij\theta}$$

$$e^{\pm i\theta} = \cos\theta \pm i\sin\theta$$