

---

**UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS**

Peperiksaan Akhir Semester Pertama  
Sidang Akademik 2025/2026

Januari - Februari 2026

**EMJ44403 – Electrical Energy System**  
**[Sistem Tenaga Elektrik]**

Masa: 3 jam

---

Please make sure that this question paper has **ELEVEN (11)** printed pages including this front page and appendices before you start the examination.

*[Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat yang bercetak termasuk muka hadapan dan lampiran-lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This question paper has **FOUR (4)** questions. Answer **ALL** questions. Each question contributes 25 marks.

*[Kertas soalan ini mengandungi **EMPAT (4)** soalan. Jawab **SEMUA** soalan. Markah bagi tiap-tiap soalan adalah 25 markah.]*

**Question 1****[Soalan 1]**

- (a) You have been assigned by the company to evaluate and determine the most suitable solar module for installation in a high-temperature environment, where the ambient temperature is 35°C and the solar cell temperature is calculated to be 66°C. Based on the provided data in **Table 1(a)**, compare the solar modules' efficiency, temperature coefficient, and annual degradation rate. Provide a detailed justification for your selection, including calculations to support your evaluation.

*[Anda telah diberi tugas oleh syarikat untuk menilai dan menentukan modul solar yang paling sesuai untuk pemasangan di persekitaran bersuhu tinggi, di mana suhu ambien ialah 35°C dan suhu sel solar dikira pada 66°C. Berdasarkan data yang diberikan dalam Jadual 1(a), bandingkan kecekapan modul solar, pekali suhu, dan kadar penurunan tahunan. Berikan justifikasi terperinci untuk pilihan anda, termasuk pengiraan untuk menyokong penilaian anda.]*

(10 Marks/ Markah)

**Table 1(a)****[Jadual 1(a)]**

<b>Module</b> <i>[Modul]</i>	<b>Efficiency</b> <i>[Kecekapan]</i>	<b>Temperature coefficient (%/°C)</b> <i>[Pekali suhu]</i>	<b>Annual degradation</b> <i>[Penurunan tahunan]</i>
REC Alpha Pure R450	21.3%	-0.26	0.25
First Solar Series	19%	-0.26	0.3
LONGi Hi-MO 5	20.7%	-0.35	0.55

- (b) Based on **Question 1(a)**, you have decided to choose REC Alpha Pure R450 solar module for the 3 x 10 array solar PV system. Referring to the datasheet and system specifications shown in **Table 1(b)**, you are required to analyse the system under the following conditions: an operating cell temperature of 68°C, irradiance of 850 W/m<sup>2</sup>, and a dirt factor of 1.5%, with no shading effect on its performance. Your analysis should include the following calculations:

*[Berdasarkan soalan 1(a) di atas, anda memutuskan untuk memilih modul solar REC Alpha Pure R450 untuk sistem solar PV dengan susunan 3 x 10. Merujuk kepada helaian data dan spesifikasi sistem seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1(b), anda dikehendaki menganalisis sistem di bawah keadaan berikut: suhu operasi sel solar ialah 68°C, kadar sinaran cahaya (irradiance) ialah 850 W/m<sup>2</sup>, dan faktor kekotoran ialah 1.5%, tanpa sebarang naungan yang menjejaskan prestasinya. Penilaian anda perlu merangkumi pengiraan berikut.]*

- i) String short circuit current.  
[Arus litar pintas rentetan]  
(2 Marks/ Markah)
- ii) Array current at maximum power.  
[Arus tatasusunan pada kuasa maksimum.]  
(2 Marks/ Markah)
- iii) String open circuit voltage.  
[Voltan litar terbuka rentetan.]  
(2 Marks/ Markah)
- iv) Array voltage at maximum power.  
[Voltan tatasusunan pada kuasa maksimum.]  
(2 Marks/ Markah)
- v) Array maximum power in the first year.  
[Kuasa maksimum tatasusunan pada tahun pertama.]  
(3 Marks/ Markah)
- vi) Array maximum power at the end of 20<sup>th</sup> year with a dirt factor of 2%.  
[Kuasa maksimum tatasusunan pada akhir tahun ke-20 dengan faktor kekotoran 2%.]  
(4 Marks / Markah)

**Table 1(b)**  
[Jadual 1(b)]

Parameters [Parameter]	Rating [Kadaran]	Parameters [Parameter]	Rating [Kadaran]
Power output [Kuasa pengeluaran]	450 Watt	Temperature coefficient of $P_{MAX}$ [Pekali suhu Kuasa maksima]	-0.24 %/°C
Open circuit voltage [Voltan litar terbuka]	65.6 V	Temperature coefficient of $V_{OC}$ [Pekali suhu voltan litar terbuka]	-0.24 %/°C
Short circuit current [Arus litar pintas]	8.81 A	Temperature coefficient of $I_{SC}$ [Pekali suhu arus litar pintas]	0.04 %/°C
Voltage max. power [Voltan kuasa maksima]	54.3 V	Degradation 1 <sup>st</sup> year [Penurunan tahun pertama]	2/%
Current max. power [Arus kuasa maksima]	8.29 Watt	Annual degradation [Penurunan tahunan]	0.25%

**Question 2***[Soalan 2]*

A rural community located in the interior of Sabah is planning to develop a hybrid renewable energy system that integrates biogas and small hydropower to supply continuous electricity for a community centre. You are appointed as the project engineer to design and evaluate the system performance and economic viability. The technical data for the site and energy demands are given in **Table 2(a)** and **Table 2(b)**. The biogas will be generated from livestock manure, while the hydropower system utilizes a nearby stream.

*[Sebuah komuniti luar bandar yang terletak di pedalaman Sabah merancang untuk membangunkan sistem tenaga boleh diperbaharui hibrid yang mengintegrasikan biogas dan kuasa hidro kecil bagi membekalkan tenaga elektrik berterusan kepada sebuah pusat komuniti. Anda telah dilantik sebagai jurutera projek untuk mereka bentuk dan menilai prestasi serta daya maju ekonomi sistem tersebut. Data teknikal tapak dan keperluan tenaga diberikan dalam Jadual 2(a) dan Jadual 2(b). Biogas akan dijana daripada najis ternakan, manakala sistem kuasa hidro kecil menggunakan aliran sungai berdekatan.]*

- (a) Evaluate the total daily energy demand (in kWh/day) and the energy contribution from both the biogas and small hydropower systems.

*[Nilaiakan jumlah permintaan tenaga harian (dalam kWh/hari) dan sumbangan tenaga daripada sistem biogas serta sistem kuasa hidro kecil.]*

(13 Marks / Markah)

- (b) Determine the biogas digester volume required if the retention time is 60 days and the slurry ratio is 1:1.

*[Tentukan isipadu digester biogas yang diperlukan jika masa penahanan adalah 60 hari dan nisbah buburan ialah 1:1.]*

(4 Marks / Markah)

- (c) Calculate the monthly cost savings from energy generation and the return on investment (ROI) for the hybrid system, assuming constant tariff and system performance.

*[Kirakan penjimatan kos bulanan daripada penjanaan tenaga dan pulangan pelaburan (ROI) bagi sistem hibrid tersebut, dengan andaian tarif dan prestasi sistem adalah tetap.]*

(4 Marks / Markah)

- (d) Critically evaluate two (2) engineering strategies that can improve the efficiency and reliability of this hybrid system.

*[Nilaiakan secara kritikal dua (2) strategi kejuruteraan yang dapat meningkatkan kecekapan dan kebolehpercayaan sistem hibrid ini.]*

(4 Marks / Markah)

**Table 2(a)**  
[Jadual 2(a)]

<b>Parameter</b> [Parameter]	<b>Value</b> [Nilai]	<b>Parameter</b> [Parameter]	<b>Value</b> [Nilai]
Number of livestock [Bilangan ternakan]	150	System efficiency (small hydro) [Kecekapan sistem (hidro kecil)]	75 %
Manure production per ternakan [Penghasilan najis per lembu]	2.5 kg/day	Net head [Ketinggian bersih]	12 m
Biogas yield [Biogas terhasil]	0.45 m <sup>3</sup> /kg	Water flow rate [Kadar aliran air]	0.5 m <sup>3</sup> /s
Calorific value of biogas [Nilai kalori biogas]	21 MJ/m <sup>3</sup>	Electricity tariff [Tarif elektrik]	RM0.40/kWh
Generator efficiency (biogas system) [Kecekapan penjana (sistem biogas)]	60 %	Total system development cost [Kos keseluruhan pembangunan sistem]	RM450,000

**Table 2(b)**  
[Jadual 2(b)]

<b>Load type</b> [Parameter]	<b>Quantity</b> [Kuantiti]	<b>Rated power (W)</b> [Kuasa kadaran (W)]	<b>Usage (hours/day)</b> [Penggunaan (jam/hari)]
Lighting [Lampu]	50	40	8
Fans [Kipas]	20	60	6
Refrigerator [Peti sejuk]	2	250	24
Water pump [Pam air]	2	1,000	3
Office equipment [Peralatan pejabat]	20	150	10

....6/-

**Question 3***[Soalan 3]*

**Figure 3(a)** shows a geothermal power plant (GPP) with its steam source is obtained from the dry rock granite in a depth of 10 km. The dry rock granite has a minimum useful temperature of 140 K above the surface temperature, a temperature gradient of 35 K/km, density of 2700 kg/m<sup>3</sup> and specific heat capacity of 820 J/kg.K.

*[Rajah 3(a) menunjukkan sebuah loji janakuasa haba bumi (LJHB) dengan sumber stimnya diperolehi daripada batuan granit kering pada kedalaman 10 km. Granit batuan kering mempunyai suhu kegunaan minimum 140 K di atas suhu permukaan, kecerunan suhu 35 K/km, ketumpatan 2700 kg/m<sup>3</sup> dan kapasiti haba tentu 820 J/kg.K.]*

- (a) Calculate the useful heat content of dry rock granite in J, if its covered area is 2 km<sup>2</sup>.  
*[Kirakan kandungan haba berguna bagi granit batu kering dalam J, jika kawasan tertutupnya ialah 2 km<sup>2</sup>.]*
- (5 Marks / Markah)
- (b) Decide the steam turbine specification (turbine efficiency,  $\eta_t$ ; heat output,  $Q_{tout}$  in kJ/s; entropy input,  $\Delta S_{tin}$  in J/s.K; entropy output,  $\Delta S_{tout}$  in J/s.K and turbine work,  $W_t$  in watt), if it withdraws the heat input,  $Q_{tin}$  of 3,897.22 kJ/s at 850 °C and release the heat output,  $Q_{tout}$  at 35 °C in the condenser.  
*[Tentukan spesifikasi turbin stim (kecekapan turbin,  $\eta_t$ ; haba keluaran,  $Q_{tout}$  dalam kJ/s; entropi masukan,  $\Delta S_{tin}$  dalam J/s.K; entropi keluaran,  $\Delta S_{tout}$  dalam J/s.K dan kerja turbin,  $W_t$  dalam watt), jika ianya menarik haba masukan,  $Q_{tin}$  3,897.22 kJ/s pada 850 °C dan melepaskan haba keluaran,  $Q_{tout}$  pada 35 °C dalam pemeluwap.]*
- (7 Marks / Markah)
- (c) Decide the specification of generator electric power,  $P_e$  if it operates with efficiency,  $\eta_g$  of 90%. Additionally, calculate the number of years that the thermal energy can be converted into electricity, based on the same sizing of 100 electrical power plants.  
*[Tentukan spesifikasi kuasa elektrik penjana,  $P_e$  jika ianya beroperasi dengan kecekapan,  $\eta_g$  sebanyak 90%. Selain itu, hitung bilangan tahun tenaga haba boleh ditukar kepada elektrik, berdasarkan saiz yang sama bagi 100 loji kuasa elektrik.]*
- (5 Marks / Markah)
- (d) If the GPP is connected to the distribution system shown in **Figure 3(b)**, calculate the line current  $I_{23}$ , the capacitor value  $C$  in VAR required to remain the voltage at bus 3 at 11 kV, and the load current  $I_{31}$  and  $I_{32}$ .  
*[Jika LJHB tersebut disambungkan kepada sistem pengagihan yang ditunjukkan dalam **Rajah 3(b)**, hitung arus talian  $I_{23}$ , nilai kapasitor  $C$  dalam VAR yang diperlukan untuk mengekalkan voltan pada bus 3 pada 11 kV, dan arus beban  $I_{31}$  dan  $I_{32}$ .]*
- (5 Marks / Markah)

....7/-

- (e) Discuss three effective efforts to ensure a stable supply of thermal energy so that the geothermal power plant can operate continuously.

[Bincangkan tiga usaha berkesan untuk memastikan bekalan tenaga haba yang stabil supaya loji janakuasa geoterma boleh beroperasi secara berterusan.]

(3 Marks / Markah)

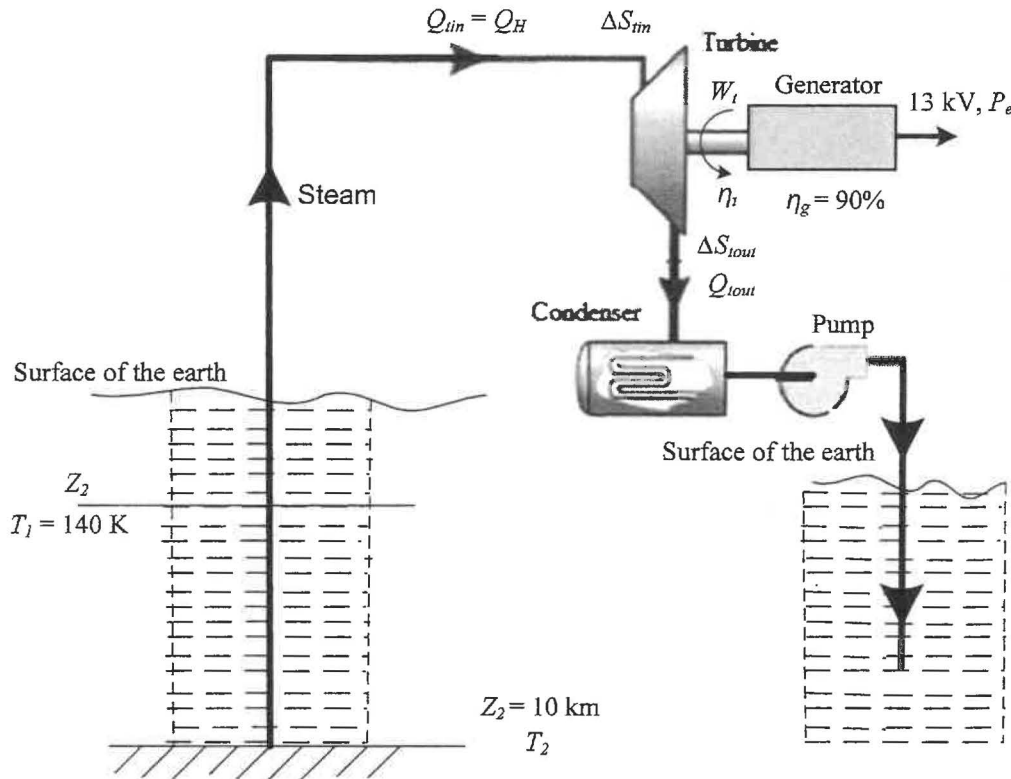


Figure 3(a)  
[Rajah 3(a)]

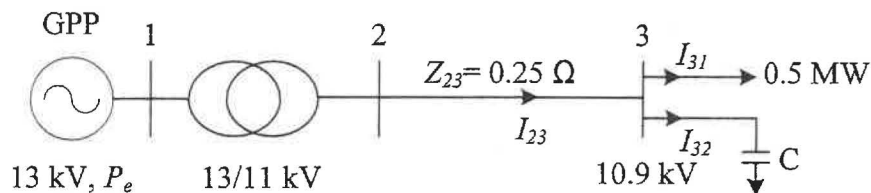


Figure 3(b)  
[Rajah 3(b)]

....8/-

**Question 4****[Soalan 4]**

**Figure 4(a)** shows a block diagram of the proposed design of a hydrogen-based fuel cell system for operating the single-phase inverter connected to 240 V, 10 kW AC load. The electrical parameter of fuel cell stack is shown in **Table 4**.

*[Rajah 4(a) menunjukkan satu gambarajah blok dari rekabentuk yang dicadangkan untuk satu sistem sel bahan api untuk mengoperasikan penyongsang fasa-tunggal yang tersambung ke beban AU 240 V, 10 kW. Parameter elektrik tinda sel bahan api ditunjukkan pada Jadual 4.]*

- (a) Decide the specification of inverter including its input and output voltage to generate the power of 10 kW, if its amplitude modulation index is 0.9.

*[Tentukan spesifikasi penyongsang yang mengandungi voltan masukan dan keluarannya untuk menjaga kuasa 10 kW, jika indeks pemodulatan amplitudnya ialah 0.9.]*

(3 Marks / Markah)

- (b) Determine the specifications of a DC-DC boost converter, including the number of converters required, their input and output voltages, and power rating, given that the duty ratio, D is 0.25 and each converter has a rated power of 6 kW.

*[Tentukan spesifikasi penukar penggalak AT-AT, termasuk bilangan penukar yang diperlukan, voltan masukan dan keluarannya, dan kadaran kuasanya, diberikan nisbah dutinya, D ialah 0.25 dan masing-masing penukar mempunyai kuasa kadaran 6 kW.]*

(3 Marks / Markah)

- (c) Decide the specification of fuel cell including the number of fuel cell stack in one string, string voltage, string per array, number of arrays.

*[Tentukan spesifikasi sel bahan api yang mengandungi bilangan tinda sel bahan api dalam satu rentetan, voltan rentetan, rentetan per tatasusunan dan bilangan tatasusunan.]*

(8 Marks / Markah)

- (d) If two single phase inverters are connected to AC load as shown in **Figure 4 (b)**, where the output voltage of inverter 1 and inverter 2 are  $E_1 = 240\angle 15^\circ$  V and  $E_2 = 240\angle 20^\circ$  V, the impedance of line 1 and line 2 are  $Z_1 = 0.5 + j2 \Omega$  and  $Z_2 = 0.6 + j2.5 \Omega$ , the load voltage is  $V_L = 230\angle 0^\circ$  V. Calculate the following;

*[Jika dua penyongsang fasa tunggal disambungkan kepada beban AU seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4 (b), di mana voltan keluaran penyongsang 1 dan penyongsang 2 ialah  $E_1 = 240\angle 15^\circ$  V dan  $E_2 = 240\angle 20^\circ$  V, galangan bagi talian 1 dan talian 2 ialah  $Z_1 = 0.5 + j2 \Omega$  dan  $Z_2 = 0.6 + j2.5 \Omega$ , voltan beban ialah  $V_L = 230\angle 0^\circ$  V. Kira berikut;]*

- i) the current flows through the line 1 and line 2.  
*[arus mengalir melalui talian 1 dan talian 2.]*

(4 Marks / Markah)

....9/-

- ii) active and reactive power delivered to the load by the inverter 1 and inverter 2.  
 [kuasa aktif dan reaktif yang dihantar ke beban oleh penyongsang 1 dan penyongsang 2.]

(7 Marks / Markah)

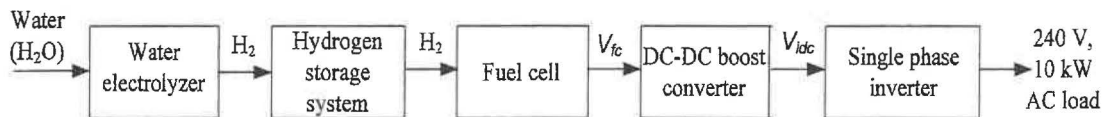


Figure 4(a)  
 [Rajah 4(a)]

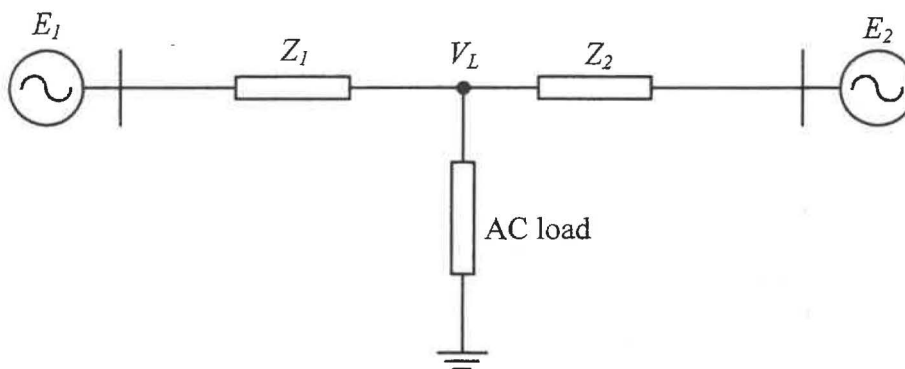


Figure 4(b)  
 [Rajah 4(b)]

Table 4  
 [Jadual 4]

Parameter [Parameter]	Fuel cell stack [Tindan sel bahan api]
Maximum power (W) [Kuasa maksimum (W)]	300
Output voltage at maximum power (V) [Voltan keluaran pada kuasa maksimum (V)]	36
Current at maximum power (A) [Arus pada kuasa maksimum (A)]	8.3

-0000000-

**APPENDIX 1**  
**[LAMPIRAN 1]**

**List of equation**

[Senarai persamaan]

**Current:**

[Arus]:

$$I_X = I_{X\ STC} \times f_{temp\ i} \times f_g \times f_{clean} \times f_{unshade}$$

$$f_{temp\_ISC} = 1 + \left[ \left( \frac{\alpha_{ISC}}{100\%} \right) \times (T_{mod} - T_{STC}) \right]$$

**Voltage:**

[Voltan]:

$$V_X = V_{X\ STC} \times f_{temp\ v}$$

$$f_{temp\_v} = 1 + \left[ \left( \frac{\beta_{VOC}}{100\%} \right) \times (T_{mod} - T_{STC}) \right]$$

**Power:**

[Kuasa]:

$$P_{max} = P_{max\ STC} \times f_{mm} \times f_{degrade} \times f_{temp\ p} \times f_g \times f_{clean} \times f_{unshade}$$

$$f_{temp\_p} = 1 + \left[ \left( \frac{\gamma_{pmax}}{100\%} \right) \times (T_{mod} - T_{STC}) \right]$$

**APPENDIX 2**  
**[LAMPIRAN 2]**

Formulations related to the heat content of hot dry rock:

$$E_o = \rho_r A C_r G \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{2}$$

$$\frac{E_o}{A} = \rho_r C_r (Z_2 - Z_1) \frac{(T_2 - T_1)}{2}$$

$$E = E_o e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Formulations related to the heat content of hot aquifer:

$$\frac{E_o}{A} = \rho_r C_r (Z_2 - Z_1) \theta$$

$$\rho_r C_r = p' \rho_w C_w + (1 + p') \rho_r C_r$$

$$E = E_o e^{-\frac{t}{\tau}}$$

-0000000-