

SULIT



First Semester Examination
2018/2019 Academic Session

December 2018 / January 2019

**EEK470 – ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION SYSTEM
(SISTEM PENGAGIHAN ELEKTRIK KUASA)**

*Duration 3 hours
(Masa : 3 jam)*

Please check that this examination paper consists of **SEVENTEEN (17)** pages of printed material and **ONE (1)** page of appendices before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH BELAS (17)** muka surat bercetak dan **SATU (1)** muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*

Instructions: This question paper consists of **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions : **FOUR (4)** from Section A and **ONE (1)** from Section B. All questions carry the same marks.

[Arahan: Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan : **EMPAT (4)** daripada Bahagian A dan **SATU (1)** daripada Bahagian B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

Answer to any question must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat 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]

...2/-
SULIT

PART A

BAHAGIAN A

1. (a) A distribution system supplies power to four factories as shown in Figure 1.1. The maximum demand and the demand during system's peak for each factory are given in Table 1.1. Given that the Maximum Coincident Demand recorded on the system is 820 kW, calculate the following:

Satu sistem pengedaran membekalkan kuasa kepada empat kilang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Permintaan maksimum dan permintaan semasa sistem puncak untuk setiap kilang diberikan dalam Jadual 1.1. Diberikan bahawa Permintaan Bersama Maksimum yang dicatatkan pada system ini ialah 820 kW, kirakan yang berikut:

- (i) The diversity factor.
Faktor kepelbagaian. (10 marks/markah)
- (ii) The coincidence factor.
Faktor kebetulan. (10 marks/markah)
- (iii) The load diversity.
Kepelbagaian beban. (10 marks/markah)
- (iv) The contribution factor for each load.
Faktor sumbangan untuk setiap beban. (10 marks/markah)

Table 1.1
 Jadual 1.1

	Maximum demand	Demand during system peak
Factory A	250 kW	150 kW
Factory B	450 kW	350 kW
Factory C	60 kW	40 kW
Factory D	300 kW	280 kW

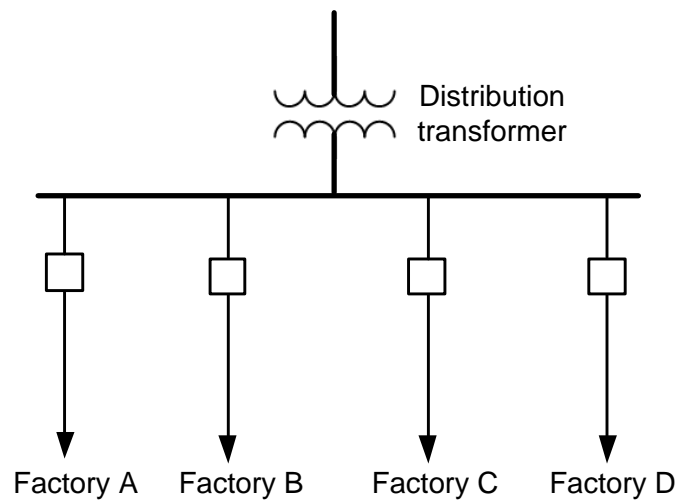


Figure 1.1
 Rajah 1.1

- (b) Give the definition of load factor and loss factor. How is the loss factor related to the load factor?

Berikan definisi untuk faktor beban dan faktor kerugian. Bagaimana faktor kerugian dikaitkan dengan faktor beban?

(20 marks/markah)

- (c) Assume that the annual peak-load of a primary feeder is 3000 kW and the total copper loss at the time of peak load is 50 kW. Given that the total annual energy supplied to the feeder is 6.5×10^6 kWh, determine the following:

Andaikan bahawa beban puncak tahunan bagi satu penyuar primer adalah 3000 kW dan jumlah kehilangan tembaga pada masa beban puncak ialah 50 kW. Diberikan bahawa jumlah tenaga tahunan yang dibekalkan kepada litar penyuar tersebut adalah 6.5×10^6 kWh, tentukan yang berikut:

- (i) The annual load factor.

Faktor beban tahunan.

(10 marks/markah)

- (ii) The annual loss factor.

Faktor kehilangan tahunan.

(10 marks/markah)

- (iii) The total annual energy loss (due to I^2R loss) in the feeder circuits.

Jumlah kehilangan tenaga tahunan (akibat kehilangan I^2R) dalam litar penyuar.

(10 marks/markah)

- (iv) If the growth rate of the town's power demand is 8%, estimate the annual energy demand after 5 years (use compound interest equation).

Jika kadar pertumbuhan permintaan kuasa untuk bandar ini ialah 8%, anggarkan permintaan tenaga tahunan bandar ini selepas 5 tahun (gunakan persamaan faedah kompaun).

(10 marks/markah)

2. (a) Explain the functions of a distribution substation.

Terangkan fungsi pencawang pengagihan.

(16 marks/markah)

- (b) What are the criteria to be considered in the selection of suitable location for a substation?

Apakah kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi yang sesuai bagi pencawang?

(16 marks/markah)

- (c) Consider a triangular shaped service area as shown in Figure 2.1. The area has a uniform load density of 1600 kVA/km² and 0.9 lagging power factor. A substation supplies 3-phase power with nominal voltage 11.00 kV (V_{LL}) 50 Hz to this area. The primary distribution system consists of an ACSR 37/2.59 main feeder and ten ACSR 7/4.09 laterals. Both the main and laterals are constructed such that the geometric mean distance (GMD) for the three-phase wire is 0.8m. Assume that the operating temperature of the main and laterals is 40°C and the laterals are uniformly loaded.

Pertimbangkan satu kawasan perkhidmatan berbentuk segitiga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Kawasan ini mempunyai ketumpatan beban seragam 1600 kVA/km² and factor beban mengekor 0.9. Satu pencawang membekalkan kuasa 3-fasa dengan voltan nominal 11.00 kV (V_{LL}) 50 Hz ke kawasan tersebut. Sistem pengagihan primer terdiri daripada satu penyuap utama 37/2.59 ACSR dan sepuluh sisi 7/4.09 ACSR. Penyuar utama dan sisi-sisi dibina supaya jarak purata geometri (GMD) untuk wayar tiga fasa adalah 0.8m. Andaikan suhu operasi penyuar utama dan sisi adalah 40°C dan beban pada sisi-sisi adalah teragih secara seragam.

- (i) Calculate the K-constant for the primary main feeder.

Kirakan pemalar-K bagi penyuar utama.

(16 marks/markah)

- (ii) Calculate the K-constant for the laterals.

Kirakan pemalar-K bagi sisi.

(16 marks/markah)

- (iii) Calculate the percent voltage drop at point 'a' and point 'b' (given that the area served by lateral 'x' is 0.147 km^2).

Kirakan peratus kejatuhan voltan pada titik 'a' and titik 'b' (diberikan bahawa kawasan yang dibekalkan oleh sisi 'x' adalah 0.147 km^2).

(18 marks/markah)

- (iv) Calculate the maximum percent voltage drop for the service area.
Kirakan peratus kejatuhan voltan maksimum bagi kawasan perkhidmatan ini.

(18 marks/markah)

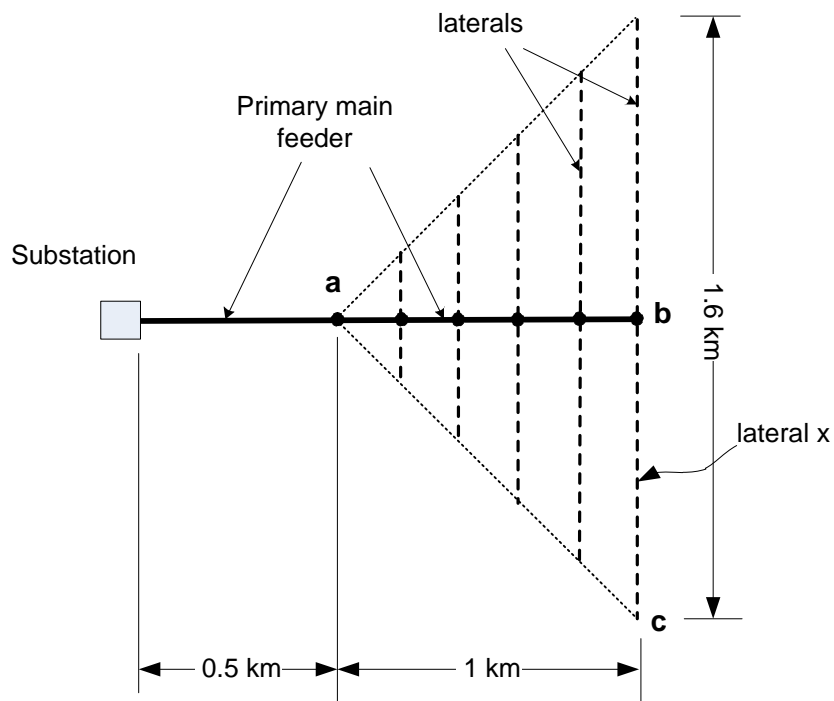


Figure 2.1

Rajah 2.1

3. Figure 3.1 shows the regulator station of size 110 kVA is located at the distance $s_1 = 1.75 \text{ m}$ and the regulating point is at $s = l = 10 \text{ m}$. The feeder is made of 266.8 kcmil AAC with k constant value of $3.88 \times 10^{-6} \text{ pu VD}/(\text{kVA} \cdot \text{m})$ at 0.85 lagging power factor. It has resistance and reactance of $0.386 \Omega/\text{m}$ and $0.4809 \Omega/\text{m}$ respectively, it also has the inductive-reactance spacing factor for the 53 inch geometric mean spacing of $0.1802 \Omega/\text{m}$. The annual peak load is 4000 kVA. In addition, you are also given the followings:

Rajah 3.1 di atas menunjukkan stesen pengawal selia saiz 110 kVA terletak di $s_1 = 1.75$ meter dan titik mengawal selia adalah pada $s = l = 10$ meter . Memandangkan penyuaip itu dibuat daripada 266.8 kcmil AAC dengan nilai $k = 3.88 \times 10^{-6} \text{ pu VD}/(\text{kVA} \cdot \text{meter})$ pada 0.85 ketinggian faktor kuasa. Ia mempunyai rintangan dan regangan $0.386 \Omega/\text{meter}$ dan $0.4809 \Omega/\text{batu}$ masing-masing, ia juga mempunyai induktif- regangan jarak faktor bagi 53 inci geometri yang bernilai $0.1802 \Omega/\text{meter}$. Menganggap bahawa beban puncak tahunan 4000 kVA. Selain itu, anda juga diberikan yang berikut:

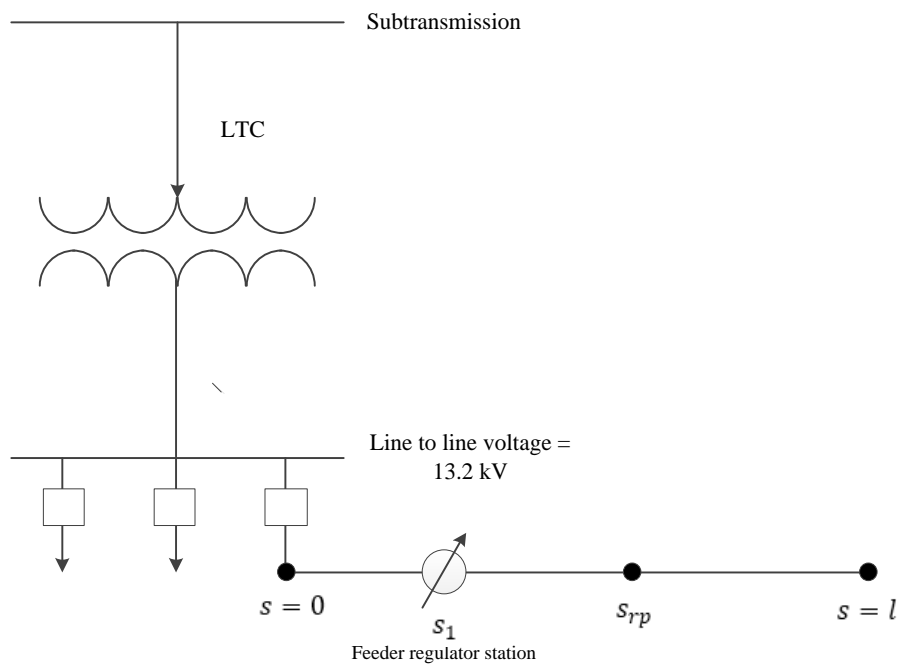


Figure 3.1

Rajah 3.1

Table 3.1

Jadual 3.1

Some typical single-phase regulator sizes
Sesetengah saiz pengatur biasa bagi satu fasa

kVA	Volts	CT _p *	PT _N **
38.1	7620	50	63.5
57.2	7620	75	63.5
76.2	7620	100	63.5
114.3	7620	150	63.5
167	7620	250	63.5
250	7620	400	63.5

* Ratio of the current transformer combined within the regulator (the value is the high voltage side ampere rating because the low voltage rating is 1 A)

**Ratio of the potential transformer contained within the regulator (all potential transformer secondary are 120 V)

For any given point s between the substation and the regulator station, the voltage drop value can be calculated using:

Bagi sebarang titik s antara pencawang dan stesen pengawal selia, nilai kejatuhan voltan boleh dikira dengan menggunakan:

$$VD_s = k \left(S_{3\phi} - \frac{S_{3\phi} \times s}{l} \right) s + k \left(\frac{S_{3\phi} \times s}{l} \right) \frac{s}{2} \text{ p.u.}$$

For any point s between the regulator station and the end of the feeder, the voltage drop value can be calculated using:

Bagi sebarang titik s antara stesen pengawal selia dan akhir feeder, nilai kejatuhan voltan boleh dikira dengan menggunakan:

$$VD_s = k \left(S'_{3\phi} - \frac{S'_{3\phi} \times s}{l - s} \right) s + k \left(\frac{S'_{3\phi} \times s}{l - s} \right) \frac{s}{2} \text{ p.u.}$$

The output of voltage of the regulator for the annual peak load can be found from:

Hasil voltan pengawal selia untuk beban puncak tahunan boleh didapati dari:

$$V_{reg} = V_{rp} + \frac{(S_{1\phi}/V_{LN})(R_{set} \times \cos \theta + X_{set} \times \sin \theta)}{CT_p \times V_B} \text{ p.u.}$$

Hence,

Oleh itu,

- (a) Determine good settings for the values of R and X of the line drop compensator (LDC) in the feeder regulator station.

Tentukan nilai yang sesuai untuk R dan X pemampas jatuh talian (LDC) di stesen penyuaap pengatur.

(40 marks/markah)

- (b) Sketch voltage profiles and label the values of significant voltages, in p.u. Assume that the regulating point voltage is 1.0138 p.u. and substation voltage is at 1.035 p.u. Use 120 V as base voltage.

Lakarkan profil voltan dan labelkan nilai voltan dalam p.u. Andaikan voltan titik mengawal selia adalah 1.0138 p.u. dan voltan pencawang adalah pada 1.035 p.u. Gunakan 120 V voltan asas

(50 marks/markah)

- (c) If the system operator decides to move the regulator to $s_1 = 2$ m instead of $s_1 = 1.75$ m, which location is more advantageous for compensating future load growth. Explain your choice.

Jika sistem operator ingin mengubah posisi pengatur dari to $s_1 = 1.75$ m ke $s_1 = 2$ m, lokasi mana yang lebih sesuai untuk menampung pertumbuhan beban masa hadapan. Jelaskan pilihan anda.

(10 marks/markah)

4. The diagram above shows a typical connection of relays and protection equipment. As a protection system engineer, you are required to perform the settings of the relays to ensure proper coordination among the relays and subsequently the discrimination of fault. Assume that the operating time of relay F1 is 0.02s with TMS of 0.1s and of relay F2 is 0.05s with TMS of 0.25s. The fuse pre-arcing time is 0.01s. Required relay-to-relay grading margin is 0.3s. The utility requires that relay 5 be graded using a standard inverse characteristic. Useful equations:

Gambar rajah diatas menunjukkan sambungan geganti dan peralatan perlindungan yang biasa ditempuhi. Selaku jurutera perlindungan elektrik, anda diminta untuk menetapkan operasi geganti yang ditunjukkan untuk koordinasi yang betul dan seterusnya diskriminasi kesalahan. Andaikan masa operasi geganti F1 ialah 0.1s dengan TMS 0.1s dan relay F2 ialah 0.05s dengan TMS 0.25s. Masa sejurus sebelum pembakaran fius ialah 0.01s. Jurang masa operasi di antara dua geganti yang diperlukan ialah 0.3s. Utiliti memerlukan geganti 5 digredkan dengan menggunakan ciri-ciri piawai songsang. Persamaan yang berguna:

$$\text{Extreme inverse (EI) characteristic} = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$$

$$\text{Standard inverse (SI) characteristic} = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$$

As a protection system engineer, you are also aware that fault current at each bus is needed before coordination can be performed. Hence:

Sebagai jurutera system perlindungan anda juga menyedari bahawa kesalahan arus elektrik pada setiap bas diperlukan sebelum perlaksanaan koordinasi boleh dilaksanakan. Oleh sebab itu:

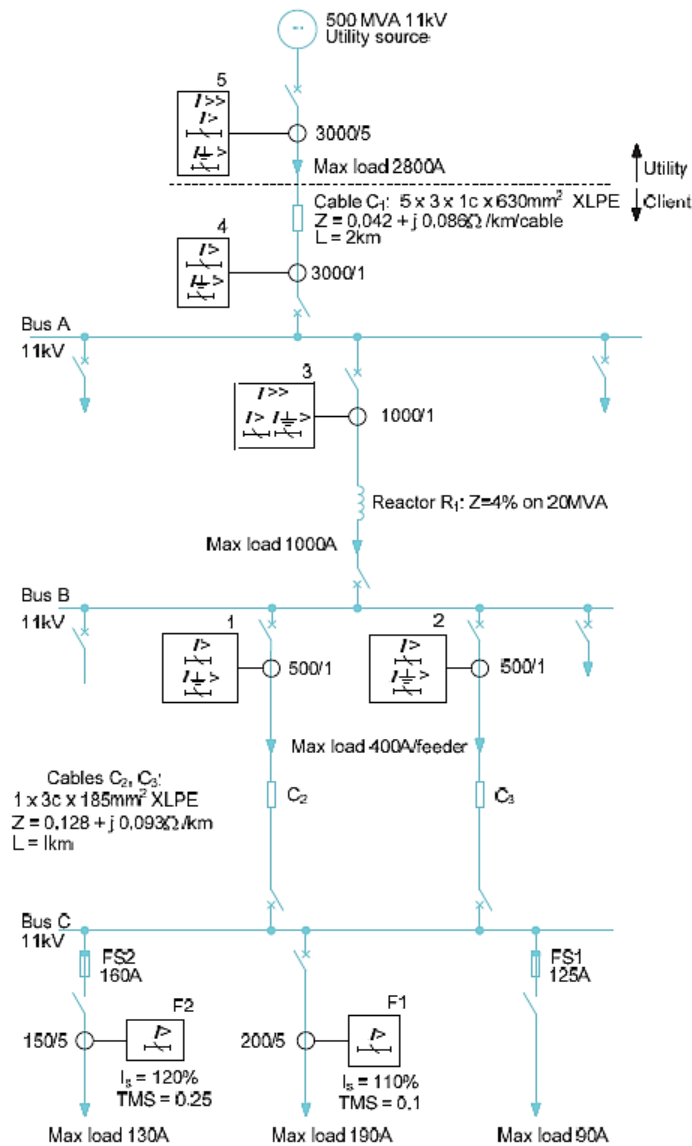


Figure 4
Rajah 4

- (a) Determine the maximum fault current at buses C, B and A that will be seen by the relays. Use base power of 500MVA. *Hint: Use Thevenin theorem.*
Tentukan kesalahan maksimum arus elektrik pada bus C, B dan A yang akan dikesan ditemui oleh geganti.. Tips: Gunakan teorem Thevenin.

(40 marks/markah)

- (b) Determine the setting, i.e. TMS and current setting of the relays 1 to 4. Assume that the TMS of relay 1 and 2 is limited to 1. In order to ensure grading with downstream fuses, EI characteristic is used for these two relays. Also, relay 3 does not operate for the maximum through-fault current seen by it and a setting of 130% of this value is satisfactory.

Menentukan operasi, i.e. TMS, untuk relay-relay 1 hingga 4. Andaikan TMS untuk relay 1 dan 2 adalah terhadap kepada 1. Demi memastikan penggedran dengan fus di peringkat bawah, ciri-ciri EI digunakan untuk kedua-dua relay ini. Tambahan pula, relay 3 tidak beroperasi untuk kesalahan arus maksimum dan ketetapan sebanyak 130% daripada arus ini adalah mencukupi.

(60 marks/markah)

PART B**BAHAGIAN B**

5. (a) A distribution system is to be designed to supply power to two factories as shown in Figure 5.1. The feeders are supplied by a substation with $V_{LL}=4.16$ kV. Factory A has a maximum load of 600 kVA while factory B's maximum load is 900 kVA.

Satu sistem pengagihan hendak direkabentuk untuk membekalkan kuasa kepada dua kilang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.1. Penyuar ini dibekalkan oleh satu pencawang dengan $V_{LL}=4.16$ kV. Beban maksimum kilang A ialah 600 kVA manakala beban maksimum kilang B ialah 900 kVA.

- (i) Calculate the maximum current in lateral A, lateral B and the main feeders.
Kirakan arus maksimum pada sisi A, sisi B dan penyuar utama.

(20 marks/markah)

- (ii) For a thermally limited feeder design, determine the suitable ACSR conductor sizes for the primary main, lateral A and lateral B (refer to appendix A for conductor specification).

Bagi rekabentuk penyuaip secara berhaba terhad, tentukan saiz pengalir ACSR yang sesuai bagi penyuaip utama, sisi A dan sisi B (rujuk lampiran A untuk speksifikasi pengalir).

(20 marks/markah)

- (iii) What are the effects of using wrong conductor size in the design?

Apakah kesan penggunaan saiz pengalir yang salah dalam rekabentuk tersebut?

(10 marks/markah)

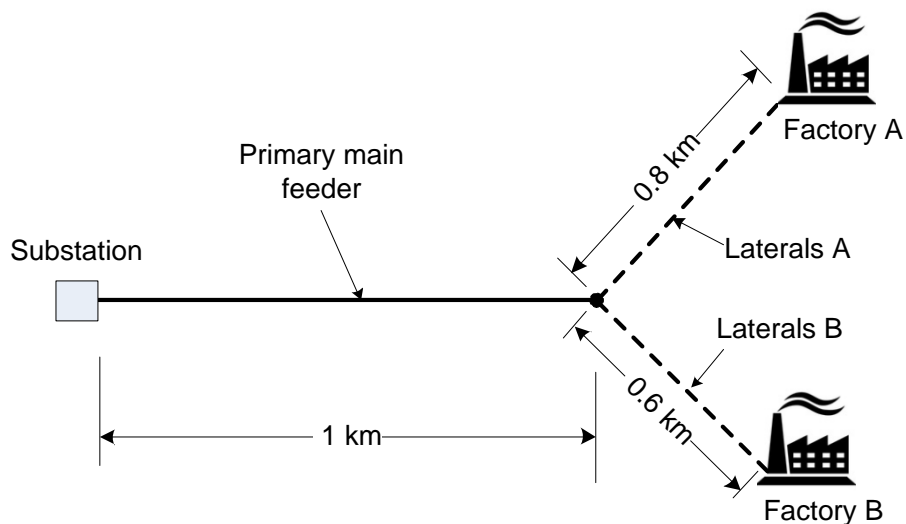


Figure 5.1

Rajah 5.1

- (b) Draw the one-line diagram of a Secondary Banking System. Explain the advantages and disadvantages of using the Secondary Banking in a distribution system.

Lukiskan gambarajah segaris Sistem Perbankan Sekunder. Terangkan kelebihan dan kekurangan menggunakan Sistem Perbankan Sekunder dalam satu sistem pengagihan.

(25 marks/markah)

- (c) Figure 5.2 shows a pattern of secondary distribution system. Explain the costs to be considered in the calculation of total annual cost (TAC) for owning and operating such system.

Rajah 5.2 menunjukkan satu corak sistem pengagihan Sekunder. Jelaskan kos yang perlu dipertimbangkan dalam pengiraan jumlah kos tahunan (TAC) untuk memiliki dan mengendalikan sistem tersebut.

(25 marks/markah)

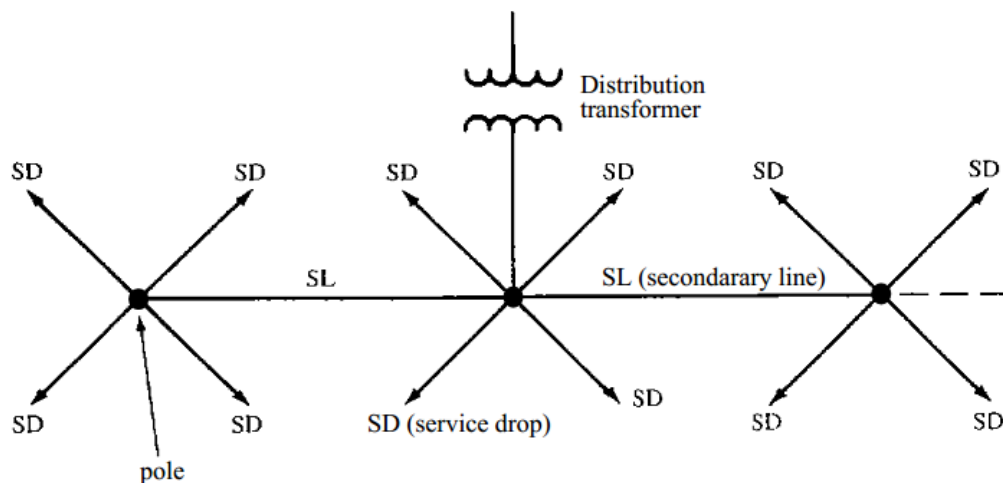


Figure 5.2

Rajah 5.2

6. The XSTAR Municipal Electric Utility Company has a small distribution system for which the information is given in the following two tables 6.1 and 6.2.

Syarikat Utiliti Elektrik Perbandaran XSTAR mempunyai sistem pengagihan kecil yang mana maklumat tersebut diberikan dalam dua jadual 6.1 dan 6.2.

Table 6.1

Jadual 6.1

Distribution system data of XSTAR Municipal Electric Utility Company
Data sistem pengedaran XSTAR Municipal Electric Utility Company

Load point	Number of customers	Average connected load (kW)
1	250	2300
2	300	3700
3	200	2500
4	250	1600

Table 6.2

Jadual 6.2

Annual interruption effects for 700 interrupted customers
Kesan gangguan tahunan untuk 700 pelanggan yang terganggu

Load point	Number of interruptions	Load interrupted (kW)	Interruption duration (h)	Energy not supplied (kWh)
1	250	2300	500	4600
2	300	3700	600	7500
3	200	2500	250	1600
4	250	1600	250	1600

As a electrical engineer, you are supposed to analyze the reliability of the company electrical distribution network. Determine the followings with proper units:

Sebagai jurutera elektrik, anda sepatutnya menganalisis kebolehpercayaan rangkaian pengagihan elektrik syarikat. Tentukan perkara berikut dengan unit yang betul:

- (a) Number of interruptions in every customer served.
Bilangan gangguan dalam setiap perkhidmatan pelanggan yang disampaikan.
(10 marks/markah)
- (b) Number of interruptions in every customer affected
Bilangan gangguan yang terjejas bagi setiap pelanggan
(10 marks/markah)
- (c) Durations of customer interruption in every customer served
Tempoh gangguan pelanggan dalam setiap perkhidmatan pelanggan yang berkhidmat
(10 marks/markah)
- (d) Durations of customer interruption in every number of interruptions
Tempoh gangguan pelanggan dalam setiap bilangan gangguan
(10 marks/markah)
- (e) Ratio of customer outage hours to the total customer hours service demand
Nisbah jam pemecahan pelanggan kepada permintaan perkhidmatan keseluruhan pelanggan
(10 marks/markah)
- (f) Ratio of energy not supplied to the total connected energy.
Nisbah tenaga yang tidak dibekalkan kepada tenaga yang bersambung.
(10 marks/markah)
- (g) Energy not supplied
Tenaga tidak dibekalkan
(10 marks/markah)
- (h) Energy not supplied in every customer served
Tenaga tidak dibekalkan dalam setiap pelanggan.
(10 marks/markah)

- (i) Energy not supplied in every customer affected
Tenaga tidak dibekalkan terjejas dalam setiap perkhidmatan pelanggan yang terjejas
(10 marks/markah)
- (j) Which of the above indices should be reduced?
Antara indeks di atas yang manakah harus dikurangkan?
(10 marks/markah)

oooOooo

Appendix A: Characteristics of ACSR conductor**Lampiran A: Ciri-ciri konduktor ACSR**

<i>TYPE</i>	<i>CONDUCTOR AREA (mm²)</i>	<i>APPROXIMATE DIAMETER (mm)</i>	<i>RESISTANCE AT 20°C (Ω/km)</i>	<i>MAX LOAD (BREAKING) (kN)</i>	<i>CURRENT CARRYING CAPACITY (A)</i>
ACSR 7/2.11	20	6.33	1.40	7.61	105
ACSR 7/3.55	50	10.05	0.55	18.25	193
ACSR 7/4.09	80	12.27	0.371	27.00	250
ACSR 7/4.72	100	14.15	0.280	34.40	300
ACSR 37/2.59	150	18.13	0.180	67.30	400

Calculate resistance at other temperatures using the following equation:

$$R_T = R_{20} [1 + 0.00403(T - 20)]$$