

GAMBARAJAH PENDAWAIAN SKEMATIK LITAR AKHIR & PEMBUMIAN

Penceramah : Ir. Siti Nor Binti Hassan

JEPK UPRBA2

CKE IBU PEJABAT

GAMBARAJAH PENDAWAIAAN SKEMATIK LITAR AKHIR

Pengenalan

- Rekabentuk pemasangan elektrik voltan rendah mestilah mematuhi:-
 - MS IEC 60364
 - MS IEC 60439-3
 - Guidelines For Electrical Wiring in Residential Buildings by ST
 - Pekeliling ST Bil 3/2012
 - MS 62350 – Guidelines for the Correct Use of Residual Current Operated Protective Devices (RCDs) For Household And Similar Use
 - Panduan Teknik Rekabentuk Elektrik Edisi 4 Tahun 2011

Lukisan Susunatur Pelan Lantai

- Susunatur elektrik untuk Kuarters Kelas F
- Susunatur lampu Bangunan Pejabat
- Susunatur S/S/O dan mekanikal Bangunan Pejabat
- Susunatur elektrik dan S/S/O BIM Hospital Parit Buntar

Gambarajah Pendawaian Skematik

- Tiga (3) jenis gambarajah pendawaian skematik dalam rekabentuk pemasangan elektrik voltan rendah:-

Gambarajah
Pendawaian
Skematik MSB

Gambarajah
Pendawaian
Skematik SSB

Gambarajah
Pendawaian
Skematik DB/CU

Nota:

MSB = Main Switchboard

SSB = Sub Switch Board

DB = Distribution Board

CU = Consumer Unit

} Litar akhir
(*final circuit*)

Gambarajah Pendawaian Skematik

- Lukisan gambarajah pendawaian skematik litar akhir (*final circuit*):-
 - a. Beban lengkapan elektrik (lampu, kipas, S/S/O etc), Jumlah Beban Tersambung (TCL) dan Kehendak Maksima (MD) dalam unit kW dan Ampere.
 - b. Kadaran peranti pemutus litar (*Circuit Breaker*)
 - i) MCCB Moulded Case Circuit Breaker
 - ii) MCB Miniature Circuit Breaker
 - c. Kadaran peranti arus baki (*Residual Current Device*)
 - i) RCCB Residual Current Circuit Breaker without Overcurrent Protection
 - ii) RCBO Residual Current Circuit Breaker with Overcurrent Protection
 - d. Kadaran peranti pelindungan arus pusuan (*Surge Protective Device*)

Gambarajah Pendawaian Skematik

Cont.

e. Bahan papan agihan

f. Pendawaian

g. Pembumian

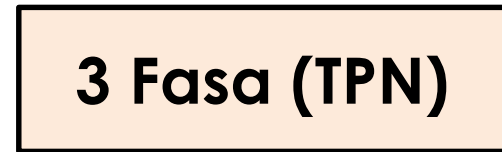
- [Lukisan piawai – Gambarajah Piawai Papan Agihan](#)
- [Lukisan piawai – Gambarajah Pendawaian Skematik DB Piawai untuk Lampu, Soket & Keperluan Mekanikal menggunakan G.S Conduit](#)

Papan Agihan

- Disediakan berdasarkan pelan susunatur elektrik dan beban mekanikal.
- Essential dan Non-Essential Supply
- Terbahagi kepada dua (2):



- Beban $\leq 60A$ termasuk spare
- Combine lighting dan power
- Contoh : GP Skematik DB Pondok Pengawal



- Separate lighting and power
- Contoh : GP Skematik DB Lighting : GP Skematik DB Power

- Beban mekanikal DB berasingan(1 Fasa/3 Fasa).

DB 1 Fasa



DB 3 Fasa



Consumer Unit



DB Mekanikal

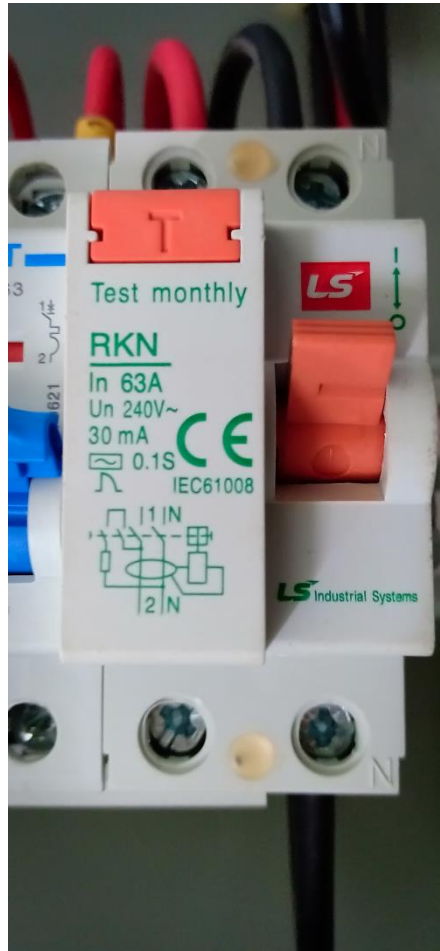


Komponen litar akhir



Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

Komponen litar akhir



Residual Current
Circuit Breaker (RCCB)

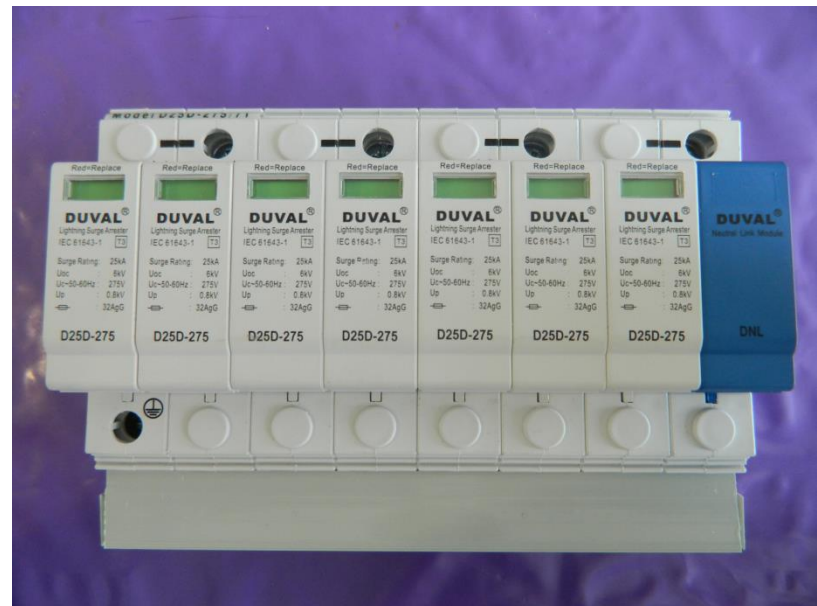


Miniature Circuit
Breaker (MCB)

Komponen litar akhir

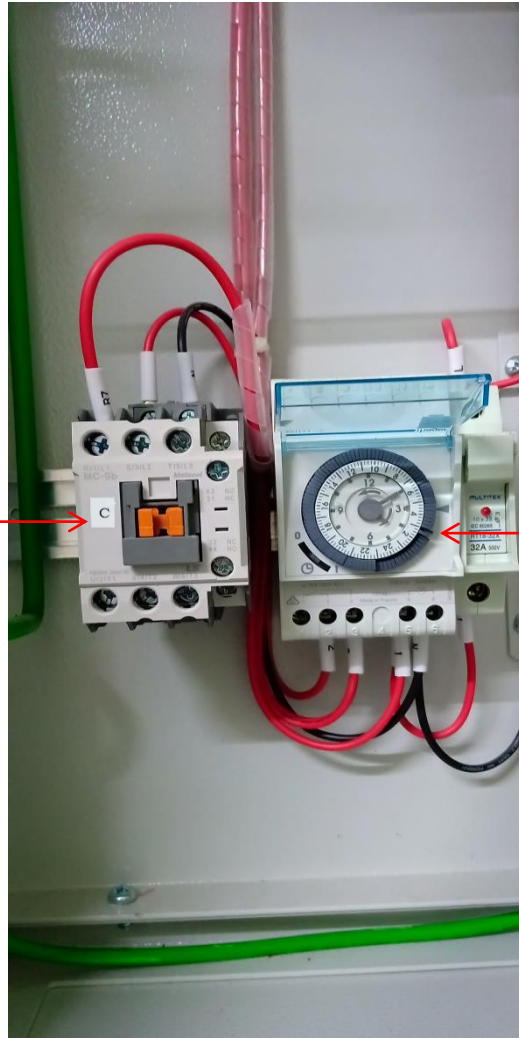


Surge Protective Device (SPD)



Komponen litar akhir

Contactor



Timer

Pendawaian

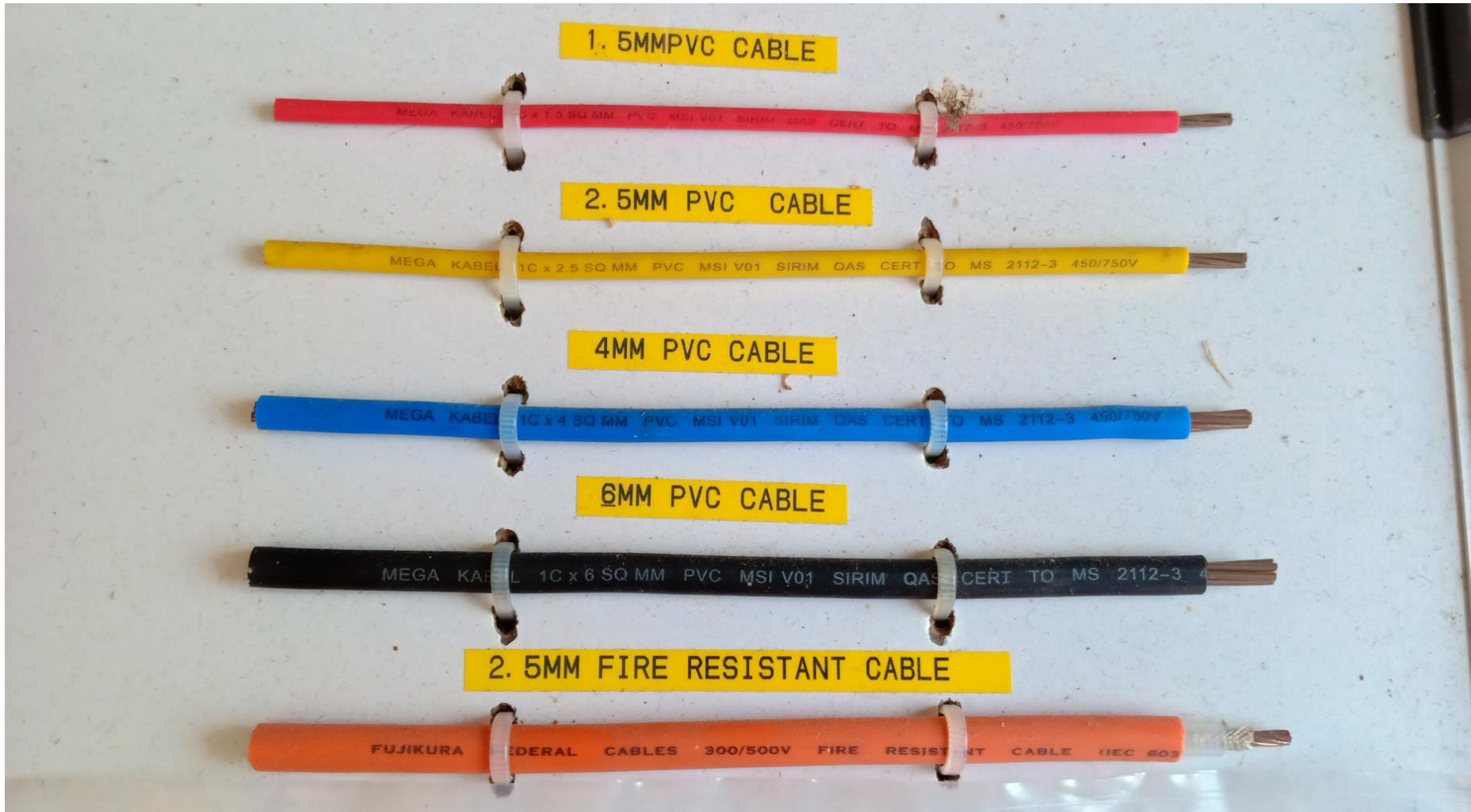
-Jenis kabel (*non-armoured*)

- Jenis kabel yang digunakan bagi pendawaian litar akhir adalah kabel jenis PVC *insulated*.
- Saiz kabel yang digunakan adalah 1.5mm², 2.5mm², 4mm², 6mm², 10mm² dan 16mm².

Jenis kabel	Standard	Technical
PVC Insulated Cable (PVC)	MS 2112-3 and MS 2112-4	450/750V
	MS 274	600/1000V
	MS 69 MS 280	Conductors shall be of stranded plain annealed copper
	MS 138	The insulation shall be suitable for continuous operation at a maximum cable temperature of 70°C

Pendawaian

-Jenis kabel (non-armoured, single core)



Pendawaian

-Jenis kabel (non-armoured, single core)



Pendawaian -Kaedah Pemasangan

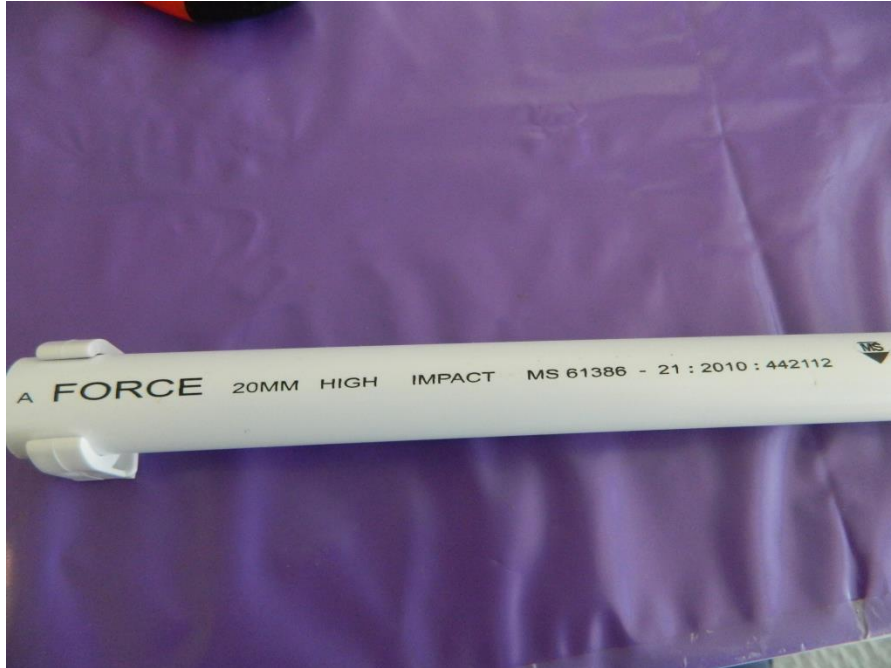
Jadual 52-1 MS IEC 60364

Table 52-1 (52F) – Selection of wiring systems

Conductors and cables		Method of installation							
		Without fixings	Clipped direct	Conduit	Cable trunking (including skirting trunking, flush floor trunking)	Cable ducting	Cable ladder Cable tray Cable brackets	On in-sulators	Support wire
Bare conductors		–	–	–	–	–	–	+	–
Insulated conductors		–	–	+	+	+	–	+	–
Sheathed cables (including armoured and mineral insulated)	Multi-core	+	+	+	+	+	+	0	+
	Single-core	0	+	+	+	+	+	0	+
+ Permitted. – Not permitted. 0 Not applicable, or not normally used in practice.									

Pendawaian

-Penyokong Kabel (Konduit)



uPVC High
Impact Conduit



Galvanised Steel
(G.S) Conduit

Rekabentuk Litar Akhir

- DB Lampu dan Kipas

- *Total connected load* (TCL) bagi setiap litar **tidak melebihi 1000W** atau **10 point** mana terdahulu.
- Setiap litar bagi lampu dan kipas menggunakan **MCB** kadaran **6A**.

~ Cara pengiraan:

$$I = \frac{P}{V \cos \theta} = \frac{1000}{230 \times 0.85} = 5.11 \text{ A}$$

- *Rating* MCB yang yang dipilih adalah 6A dengan breaking capacity 6kA.

Rekabentuk Litar Akhir

- Lampu Low/Highbay Jenis HPSV/MH

No. of Lamp per circuit	MCB / fuse current rating (A)				
	70 W	150 W	250 W	400 W	1000 W
1	6	6			
2	6	6	10	16	20
3	6	6	16	20	25
4	6	6	16	20	40
5	6	6	20	25	40
6	6	6	20	25	60
7	6	6	20	25	60
8	6	6	20	60	-
9	10	6	20	60	-
10	10	6	25	60	-
11	10	10	25	-	-
12	10	10	25	-	-
13	10	10	30	-	-
14	10	10	30	-	-
15	16	10	32	-	-

Rekabentuk Litar Akhir

- DB Lampu dan Kipas

- Cara menentukan DB way:
 - Tambah 20% *spare* kepada bilangan litar:-

Circuit + 20%

$$(L) = 8 + 20\% = 9.6 \text{ way}$$

- Bilangan way biasanya nombor genap. Jadi bilangan way yang dipilih adalah 10 (10 WAY SPN/TPN).
- Bagi elak terlalu banyak saiz DB, bilangan way untuk DB:
 - 1 Fasa = 6/10/14 way**
 - 3 Fasa = 6/8 way**

Rekabentuk Litar Akhir - DB Lampu dan Kipas

- 3 (tiga) cara menentukan saiz *incoming switchgear* (MCCB) berdasarkan bangunan:
 - i) Sekolah :MD + 20% spare
 - ii) Pejabat :TCL
 - iii) Klinik Kesihatan/Hospital :TCL + 30% spare

Contoh Pejabat: TCL = 15.49 kW

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cos \theta} = \frac{15490}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85} = 25.35 \text{ A}$$

Kadaran MCCB 40A SPN/TPN dengan *breaking capacity* 10kA.

- Saiz MCCB yang dipilih mestilah > 25.35A. Kadaran terdekat adalah 30A. Kadaran 40A dipilih kerana perlu ada diskriminasi antara *incoming* dan *outgoing breaker*. Kadaran MCB tertinggi yang digunakan dalam litar akhir adalah 32A.

$$\begin{aligned}\text{Max Demand} &= \text{DF} \times \text{TCL} \\ &= 0.8 \times 15.49 \text{ kW} \\ &= 12.39 \text{ kW (20.28 A)}\end{aligned}$$

~ MD digunakan untuk pengiraan saiz *incoming switchgear* SSB.

Rekabentuk Litar Akhir

- DB Lampu dan Kipas

- *Standard rating* MCCB dan MCB

MCB	MCCB
<u>6A</u>	10A
<u>10A</u>	16A
<u>16A</u>	20A
<u>20A</u>	<u>30A</u>
<u>32A</u>	<u>40A</u>
40A	<u>60A</u>
60A	

Rekabentuk Litar Akhir - DB Lampu dan Kipas

- *Rated current* RCCB bagi litar akhir:
 - i) 25A
 - ii) 40A
 - iii) 63A
- Kepekaan (*sensitivity*) RCCB mestilah mematuhi Peraturan-Peraturan Elektrik 1994, Perenggan 36:

100mA sensitivity

- Cara menentukan saiz kabel dari MCB ke *point*:
 - ~ Bagi lampu dan kipas:

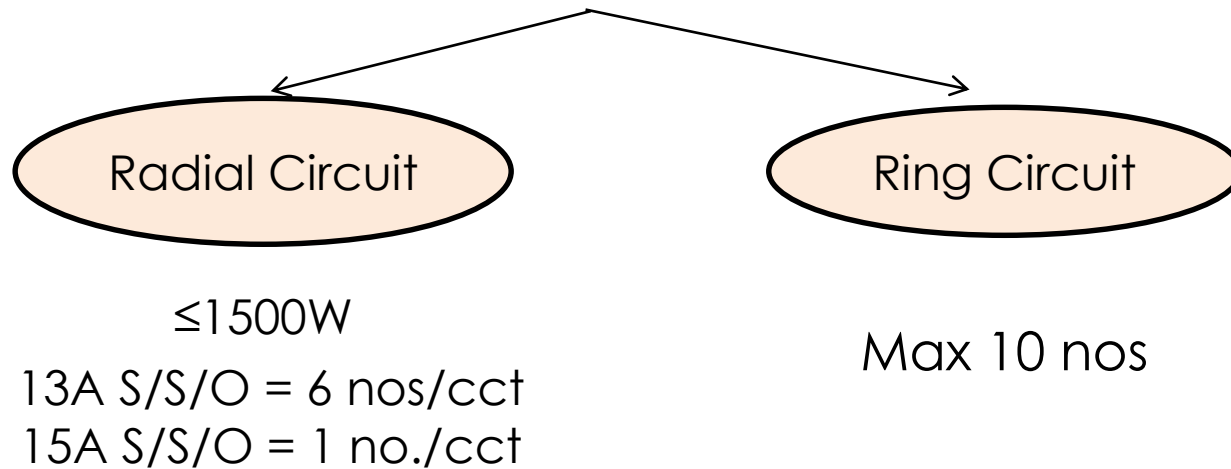
1.5 mm² PVC, jarak kabel $\leq$ 80 meter

- ~ Bagi lampu *lowbay* dan *highbay*:

2.5 mm² PVC, jarak kabel $\leq$ 80 meter

Rekabentuk Litar Akhir - DB S/S/O

- Dua (2) jenis litar untuk S/S/O:



Bilangan S/S/O per room shall meet room function:

- For general usage, 1 no./10 m²
- Corridor : 1 no./5 meter spacing
- Office area (staff) : 3 per desk
- Office area (pegawai) : 4 per desk

Rekabentuk Litar Akhir

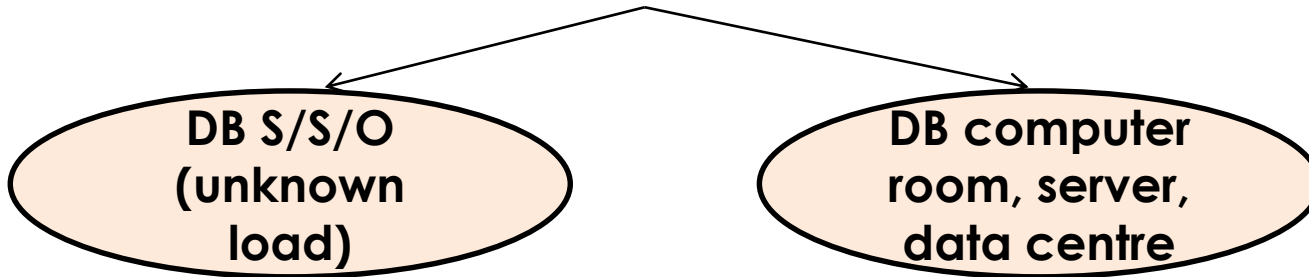
- DB S/S/O

- Cara menentukan saiz MCB, bilangan S/S/O dan saiz kabel bagi litar akhir S/S/O:

Litar	Saiz MCB	Bil. S/S/O	Saiz Kabel
Radial Circuit	32 A	≤ 6 nos	4 mm ² PVC
	20 A	≤ 2 nos	2.5 mm ² PVC
Ring Circuit	32 A	≤ 10 nos	2.5 mm ² PVC

Rekabentuk Litar Akhir - DB S/S/O

- Kadaran arus RCCB bagi DB S/S/O:
 - i. 40 A
 - ii. 63 A
- *Sensitivity* RCCB pula berdasarkan kepada jenis DB:



Sensitivity = 30mA

Peraturan-peraturan Elektrik
1994 - Reg 36 (4)

Sensitivity = 100mA

berdasarkan *residual current*
komputer dan operasi RCCB
Nota: Cara pengiraan dimuka surat
seterusnya

Rekabentuk Litar Akhir

- DB S/S/O

- Cara pengiraan sensitivity bagi RCCB DB S/S/O *computer room* berdasarkan MS 62350, Table 4.

How many PCs for 1 no of RCCB (100mA)?

Measured residual current: 0.67 – 0.82mA per PC

For calculation : 1mA per PC

$$\begin{aligned}\text{No. of PC} &= \frac{25 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} \\ &= 25 \text{ PC}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{No. of S/S/O} &= 25 \times 2 \\ &= 50 \text{ nos}\end{aligned}$$

- DB S/S/O *computer room* perlu memasang SPD berdasarkan spesifikasi L-S1.
 $U_{oc} \geq 6\text{kV}$
 $U_p \leq 1.2 \text{ kV}$

SPD dalam compartment berasingan dengan DB

Rekabentuk Litar Akhir

- DB *other loads*

- *Separate* DB bagi beban mekanikal i.e. air cond,
- Cara pengiraan kadaran MCB:

Air Cond

≤2.5 hp	i) 32A DP , 4 mm ² , 15A S/S/O (1 ac point/cct) ii) 20A DP RCCB (10 mA), 4 mm ²
>2.5 hp	Isolator dengan kadaran yang disyorkan oleh HODT Mekanikal (20 A – 80 A). Lebih 100A guna MCCB

Other loads : Kadaran MCB > Starting current beban

Rekabentuk Litar Akhir

- DB *other loads*

- Cara menentukan *sensitivity* peranti arus baki:
 - ~ DB beban mekanikal seperti compressor, motor etc menggunakan:

Earth Leakage Relay (ELR)

Rekabentuk Litar Akhir

- Material DB

- Jenis *material* untuk *enclosure* DB ditentukan berdasarkan kepada lokasi tapak projek.
- Kebiasaannya jenis material yang digunakan adalah:

Metalclad
(Galvanised
Sheet Steel)

Electrogalvanised
Sheet Steel

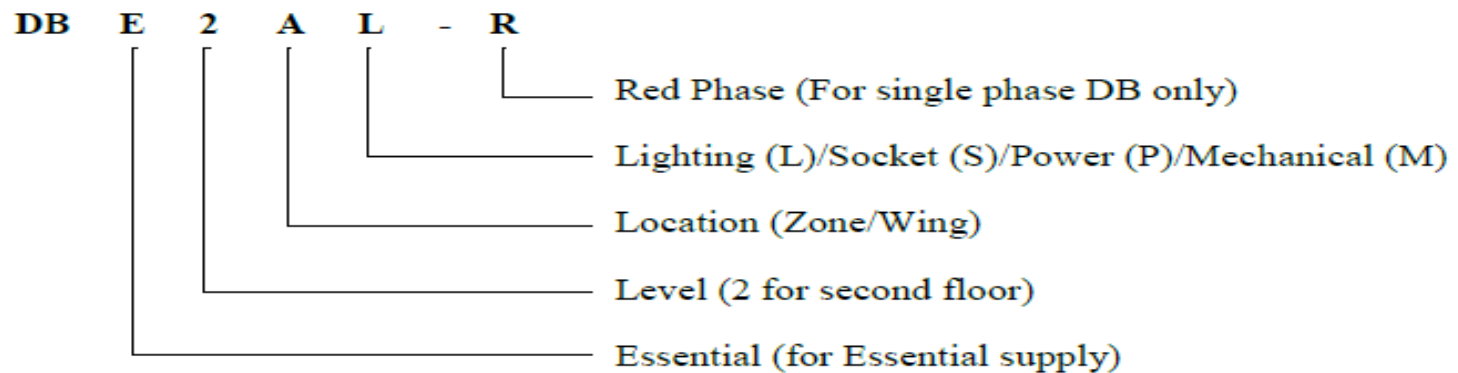
Stainless Steel
- Gred SS316

- Pemasangan berdekatan laut
- Rujuk spesifikasi L-S1 Section 17

Rekabentuk Litar Akhir

- Label DB

- Label DB adalah berdasarkan lokasi DB akan dipasang.
- Cara melabel DB adalah seperti berikut:-



Example:

a) DB Essential (Power)

- i) Single phase DB at level 1 zone A yellow phase - DB E1AP – Y
- ii) Three phase DB at level 2 - DB E2P

b) DB Normal, without Essential supply (Lighting)

- i) Single phase DB at level 1 - DB 1L – R
- ii) Three phase DB at level 2 zone B - DB 2BL

Rekabentuk Litar Akhir

- All Insulated Consumer Unit

- Cara menentukan perkara dibawah adalah **sama** seperti DB *lighting* dan *power*.
 - a. *Outgoing MCB rating*
 - b. *DB way*
 - c. *RCCB rating dan sensitivity (kecuali water heater)*
 - d. *Saiz kabel*
- Bagi *incoming breaker*, adalah dari jenis:

2P MCB 10 kA

- Bagi *water heater*

RCCB/RCBO Sensitivity 10 mA

Rekabentuk Litar Akhir

-Senarai Semak Rekabentuk

Bil	Keperluan	Sebab
1	Litar lampu dan soket di bilik servis (bilik riser, M&E, bilik SDF) dari: • <i>Essential supply</i> jika ada genset.	
2	Litar bagi KELUAR sign dan EL: • Diasingkan dari litar lampu biasa • Disambung dari bekalan terdekat • <i>Non-Essential</i> atau <i>Essential</i>	
3	Lokasi S/S/O untuk <i>fan coil unit</i> (mekanikal) diletakkan dalam ruang siling jenis metalclad	
4	Exhaust fan point (tandas) perlu disambng ke litar lampu jika diminta.	
5	Exhaust fan point di bilik servis elektrik perlu menggunakan thermostat control.	

Rekabentuk Litar Akhir

-Senarai Semak Rekabentuk

Bil	Keperluan	Sebab
6	Lampu jenis <i>explosion proof</i> , suis serta S/S/O jenis <i>sparkless</i> hendaklah dipasang dalam bilik yang berisiko mudah terbakar seperti <i>flammable store, explosive area</i> .	
7	Pengagihan ke setiap tingkat (4 tingkat ke atas) penggunaan <i>busduct</i> > 300A digalakkan.	

Rujuk Senarai Semak Rekabentuk (Design Review Checklist)

PEMBUMIHAN

Pengenalan

- Pembumian
 - Faktor penting untuk memastikan perlindungan keselamatan dalam sistem pendawaian.
- Arus bocor ke bumi terjadi apabila pengalir fasa bersentuh dengan bahagian logam yang bersambung ke sistem pembumian – Perlu putuskan bekalan.

Cara 1

- Benarkan laluan arus kerosakan berbahaya ke bumi dengan selamat – dapatkan kerintangan yang rendah untuk laluan arus kerosakan ke bumi. Arus beraliran tinggi sebabkan *breaker trip* atau *fuse blow* lalu memutuskan litar.

Pengenalan

Cara 2

- Memasang peranti *Residual Current Device* (RCD) bagi mengesan arus terbaki ke bumi. Peranti ini secara berterusan membandingkan aliran arus di fasa dengan aliran arus di neutral. Jika terdapat perbezaan, arus *residual* akan mengalir ke bumi – RCD akan terpelantik (*trip*) lalu memutuskan litar.
- Sistem pembumian di Malaysia menggunakan TT system (dari TNB)
- IT Earthing System

Pengenalan

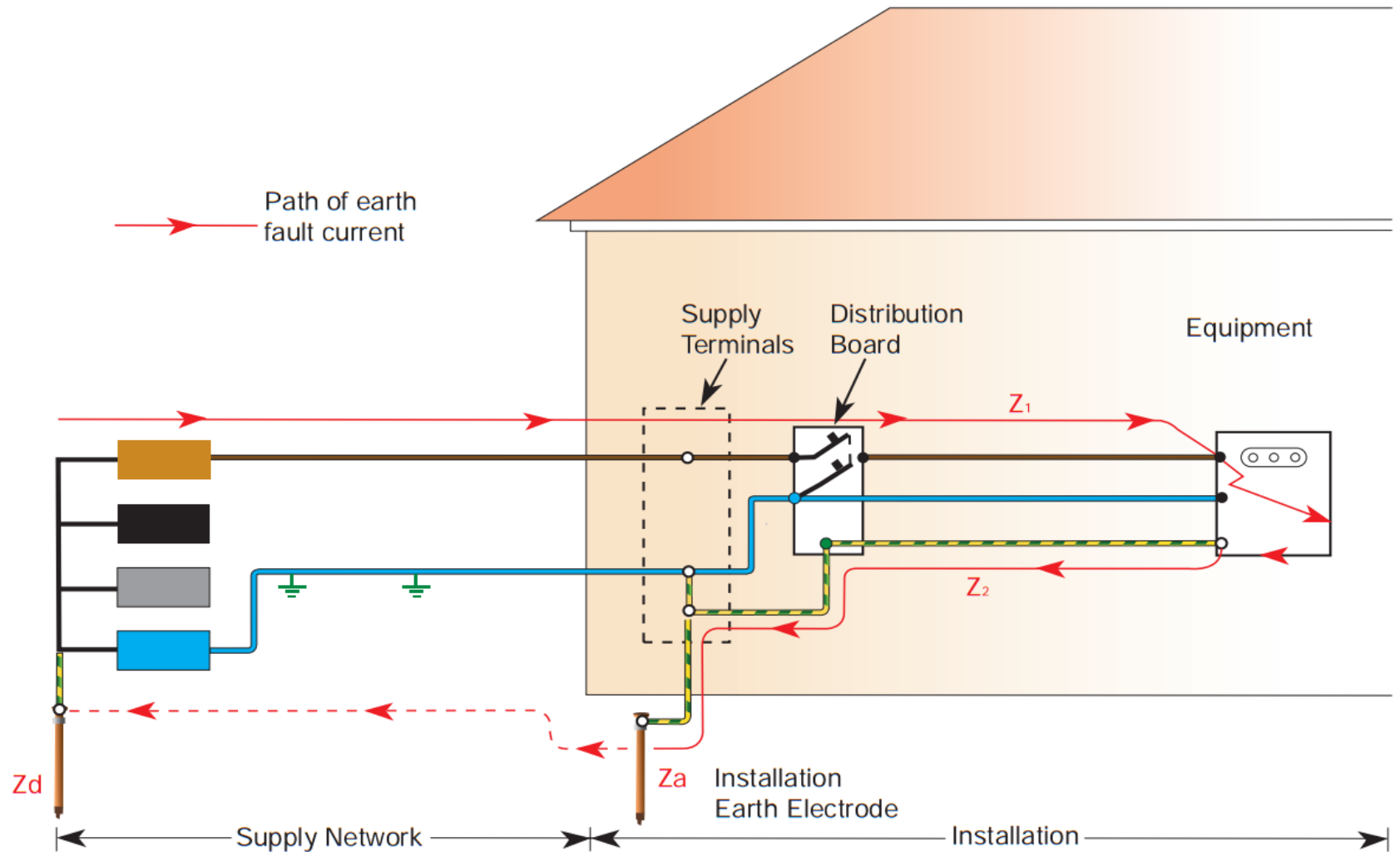


Figure C 4.10 Path of earth fault loop impedance TT system.

Konsep Asas

- Kesemua sistem pembumian dan kelengkapan pembumian yang digunakan perlu mematuhi kehendak:
 - Peraturan Peraturan Elektrik 1994
 - MS IEC 60364 5-54
 - Spesifikasi JKR
- Semua pengalir pelindung (*protective conductor*) mestilah daripada jenis pengalir kuprum beraliran tinggi.
- Keseluruhan panjang pengalir pelindungan litar mestilah berterusan tanpa sebarang sambungan.

Konsep Asas

- Luas keratan rentas *protective conductor* mestilah mematuhi Table 54.3 of MS IEC 60364-5-54 dalam spesifikasi JKR.
- Laluan pembumian mesti lengkap penyambungannya hingga ke elektrod bumi serta boleh disenggara dengan berkesan.

Klausa

Peraturan-peraturan Elektrik 1994

Peraturan 34(1):

- ❑ Mana-mana penyalut, gagang, peti suis, rangka yang berlogam, kelengkapan elektrik dll. hendaklah dibumikan dengan berkesan

Peraturan 35:

- ❑ Dalam mana-mana pemasangan sistem pembumian konduktor yang lengkap yang dibuat daripada bahan yang boleh diterima dan mempunyai luas keratan rentas yang mencukupi dengan satu atau lebih rod hendaklah diadakan. Sistem pembumian itu hendaklah disambungkan ke bumi dan disenggarakan dengan berkesan

Peraturan 36:

- ❑ Perlindungan terhadap arus kebocoran bumi.

Standard

Standards

MS IEC 60364-5-54:

Earthing arrangements, protective conductors & protective bonding conductors

BS EN 13601:

Protective conductor, copper tape and earth electrode

BS EN 50262:

Cable glands for electrical installations

IEC 62444:

Cable glands for electrical installations

Spesifikasi L-S1

Section 14.3 Protective Conductors

- PCs shall be of high conductivity copper conductor either stranded or solid, continuous throughout the whole lengths and without joints.
- Where joints cannot be avoided, then the joints shall be of **exothermic welding type**. Mechanical clamps may only be used upon approval of the S.O.

Spesifikasi L-S1

Section 14.4

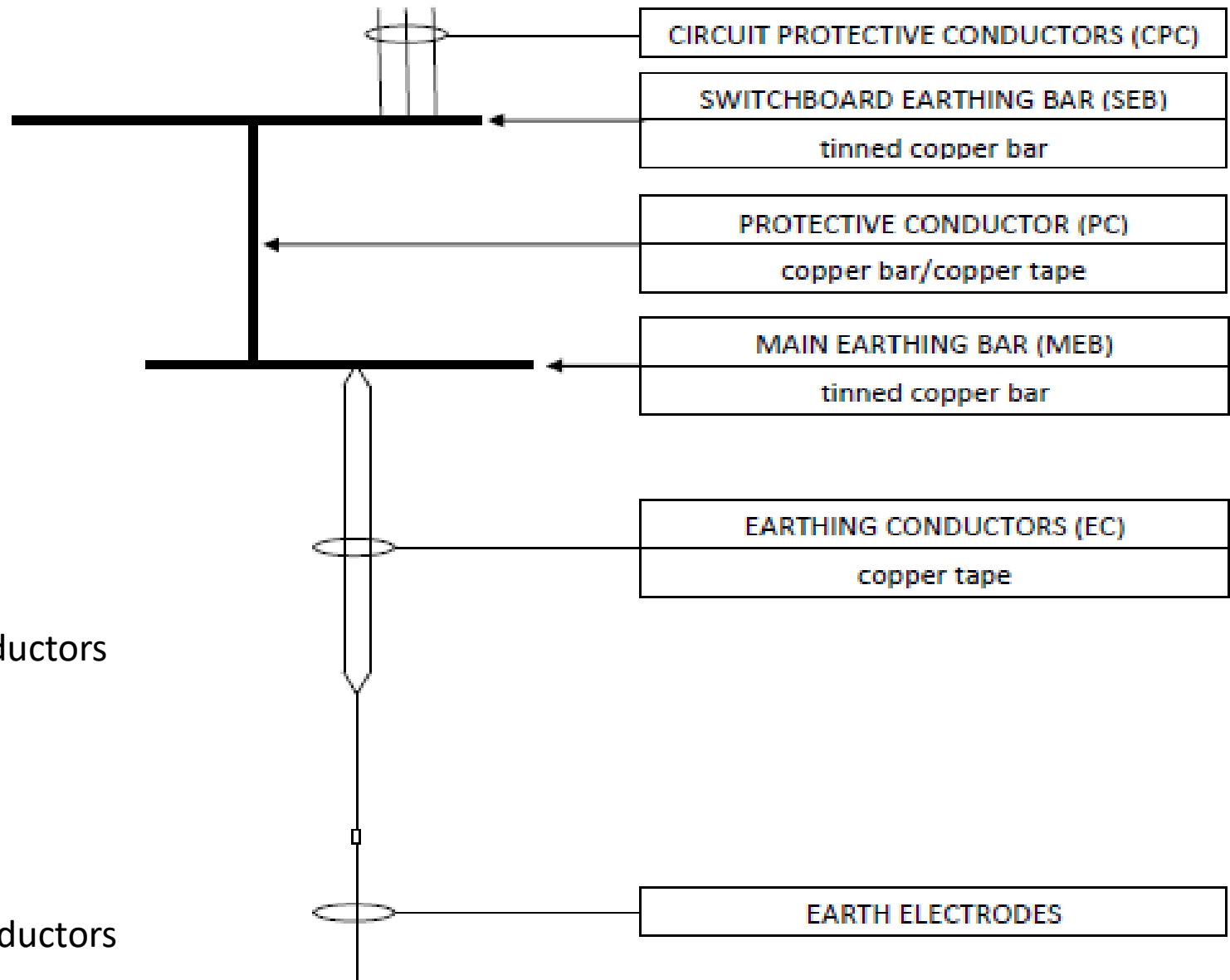
- Every circuit of a switchboard, DB, control board and tap-off units, all lighting points, lighting switches, fan points, fan switches, three pin switched or unswitched socket-outlets, power point etc. shall be provided with CPCs

Terminologi

Protective conductor (Pengalir Pelindung):

CPC	Circuit Protective Conductor	Green yellow strip cable
SEB	Switchboard Earthing Bar	Tinned copper bar
PC	Protective Conductor	Copper bar/ copper tape
MEB	Main Earthing Bar	Tinned copper bar
EC	Earthing Conductor	Copper tape Copper cable
	Earth Electrode	Copper rod
	Bonding Conductor	Main Equipotential Bonding

Gambarajah Sistem Pembumian



Protective conductors
include:

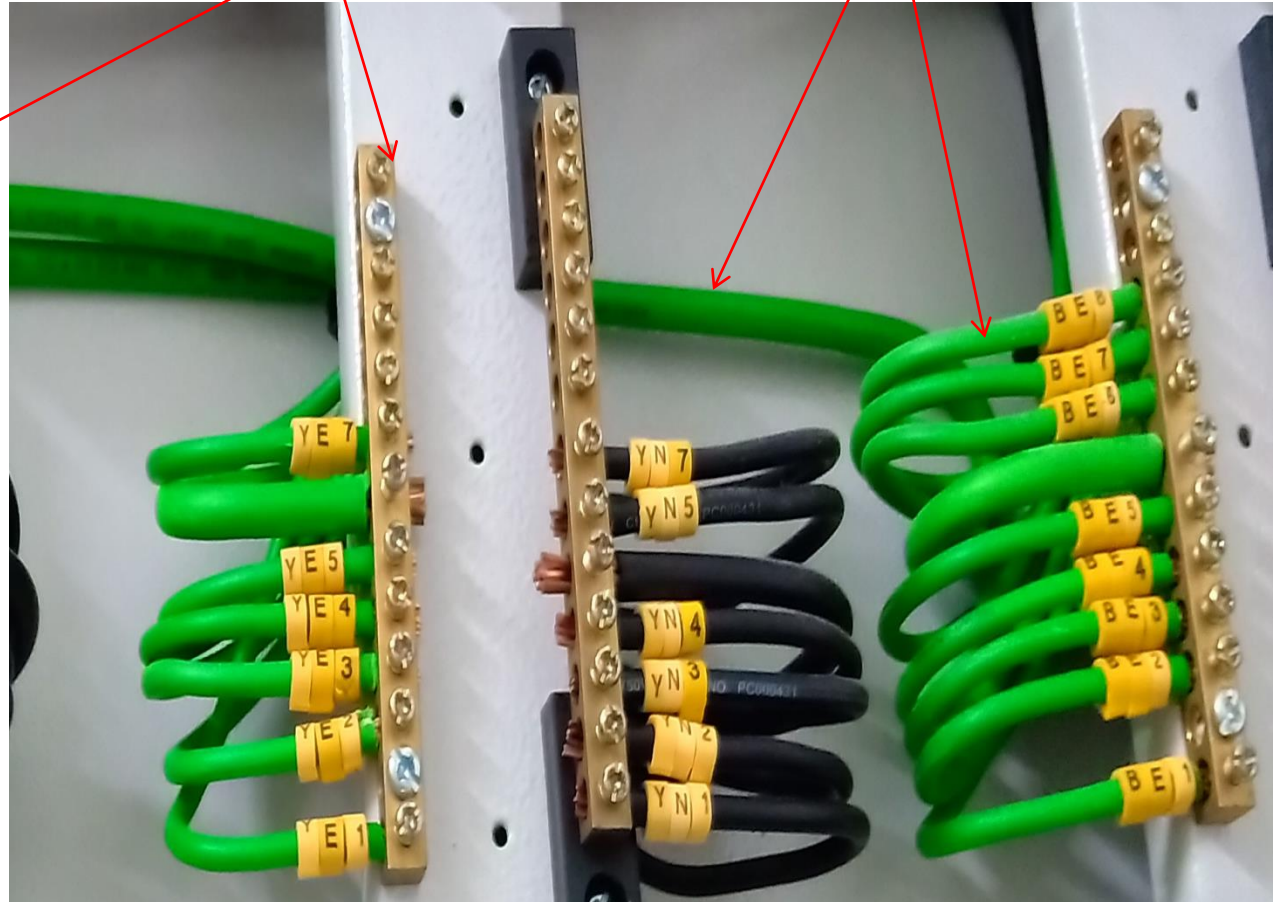
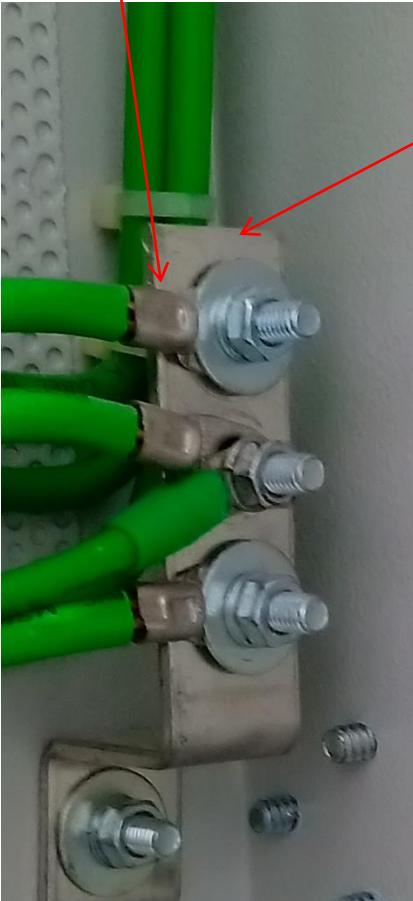
- ✓ CPC
- ✓ SEB
- ✓ MEB
- ✓ EC
- ✓ Bonding conductors

Komponen Pembumian

Cable Lug

Earth Terminal

CPC



Komponen Pembumian



Copper Rod

Komponen Pembumian



Earth Chamber

Rekabentuk Pembumian

Method of calculation the cross sectional area (luas keratan rentas) of the CPC, SEB, PC, MEB and EC

Conductor	Formula/Table
CPC	$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$ or Table 54.3
SEB	$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$
PC	$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$
MEB	Table 14A Section 14 L-S1
EC for 'RCCB Earth'	$(S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$ or Table 54.3) and Table 54.2
EC for solid earthing	$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$
Bonding conductors	Clause 544

Rekabentuk Sistem Pembumian -Saiz CPC

~ Cara menentukan saiz CPC:-

Cara 1

Table 54.3 (MS IEC 60364-5-54)

Cross-sectional area of line conductor S (mm ²)	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor (mm ²)	
	If the protective conductor is of the same material as the line conductor	If the protective conductor is not of the same material as the line conductor
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

Rekabentuk Sistem Pembeduan -Saiz CPC

Table 54.2 (MS IEC 60364-5-54)

	Mechanically protected	Mechanically unprotected
Protected against corrosion	2.5 mm ² Cu 10 mm ² Fe	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Not protected against corrosion	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe	

Table 54.2 of MS IEC 60364-5-54 (BS 7671 Table 54A) – Minimum cross-sectional areas of earthing conductors buried in the soil

Rekabentuk Pembumian -Saiz CPC

Cara 2

Sub-clause 543.1.2 of MS IEC 60364-5-54

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Where

- S* the cross-sectional area (mm²)
- I* the value (rms) in Ampere of prospective fault current
- t* the operating time of the protective device for automatic disconnection in second
- k* the factor dependent on the material of the protective conductor
(value of *k* for bare copper conductor = 159)
(value of *k* for 70 °C PVC copper cable = 143)
(value of *k* for XLPE copper cable = 176)

Rekabentuk Pembumian -Saiz Earth Electrode

- *Stand Alone DB*
- As per Spesifikasi L-S 1

Earth electrodes shall be of copper-jacketed steel core rods with 16mm nominal diameter and supplied in 1500mm length and shall have provision for screw coupling with another standard length.

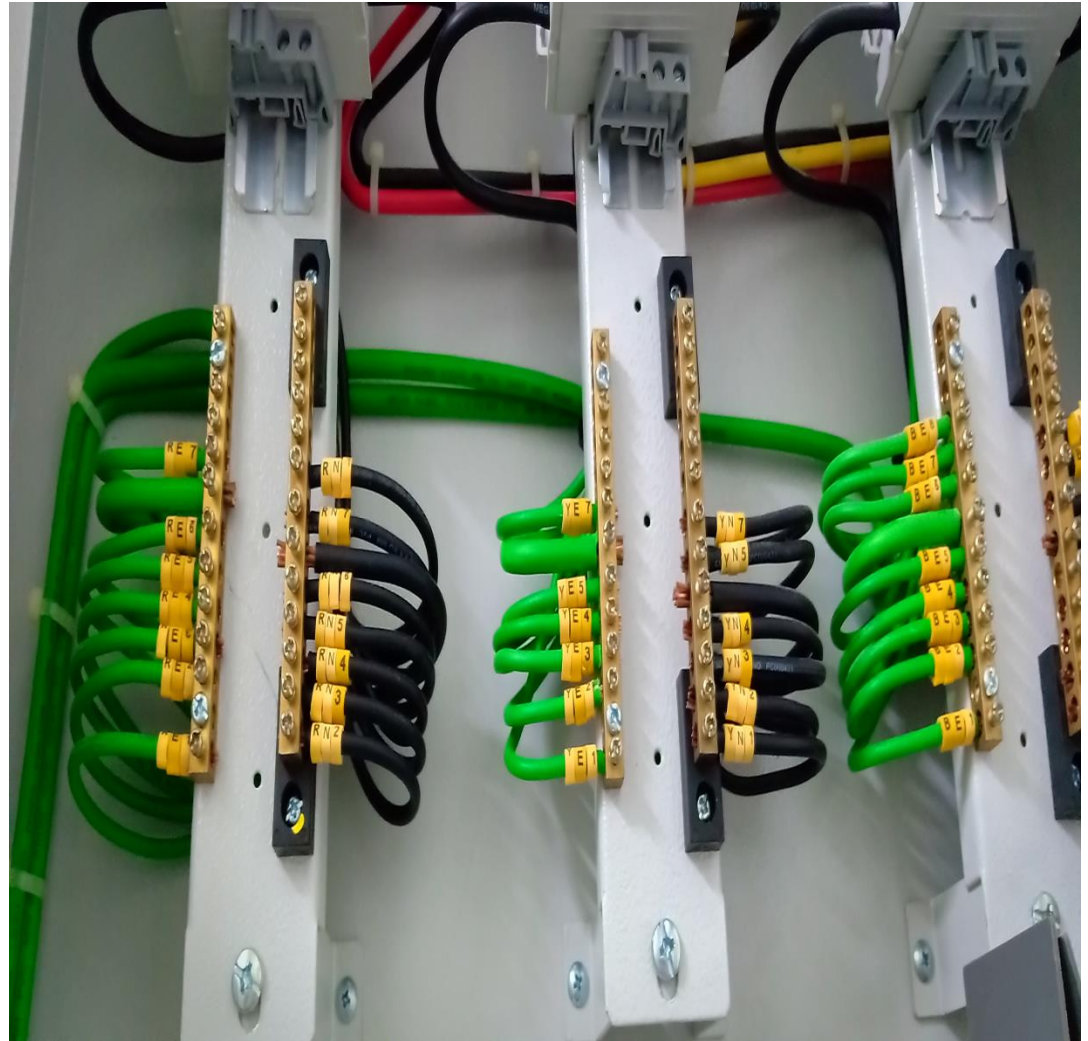
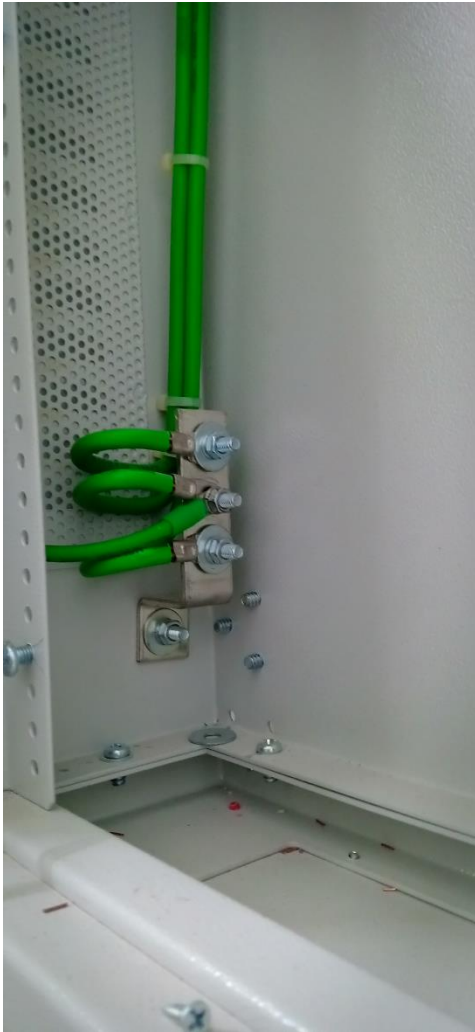
Each earth electrodes shall be provided with heavy duty type inspection chamber with removable concrete cover.

Rekabentuk Sistem Pembedaan -Kaedah Tamatan CPC

- As per Spesifikasi L-S1

Where connections are made at switchgear and such items of electrical equipment the protective conductors shall terminate in a **cable lug** or other approved means.

Tamatan CPC



Rekabentuk Pembumian

-Kaedah Tamatan Earthing Conductor dengan Earth Electrode

- *Stand Alone DB*
- As per Spesifikasi L-S 1

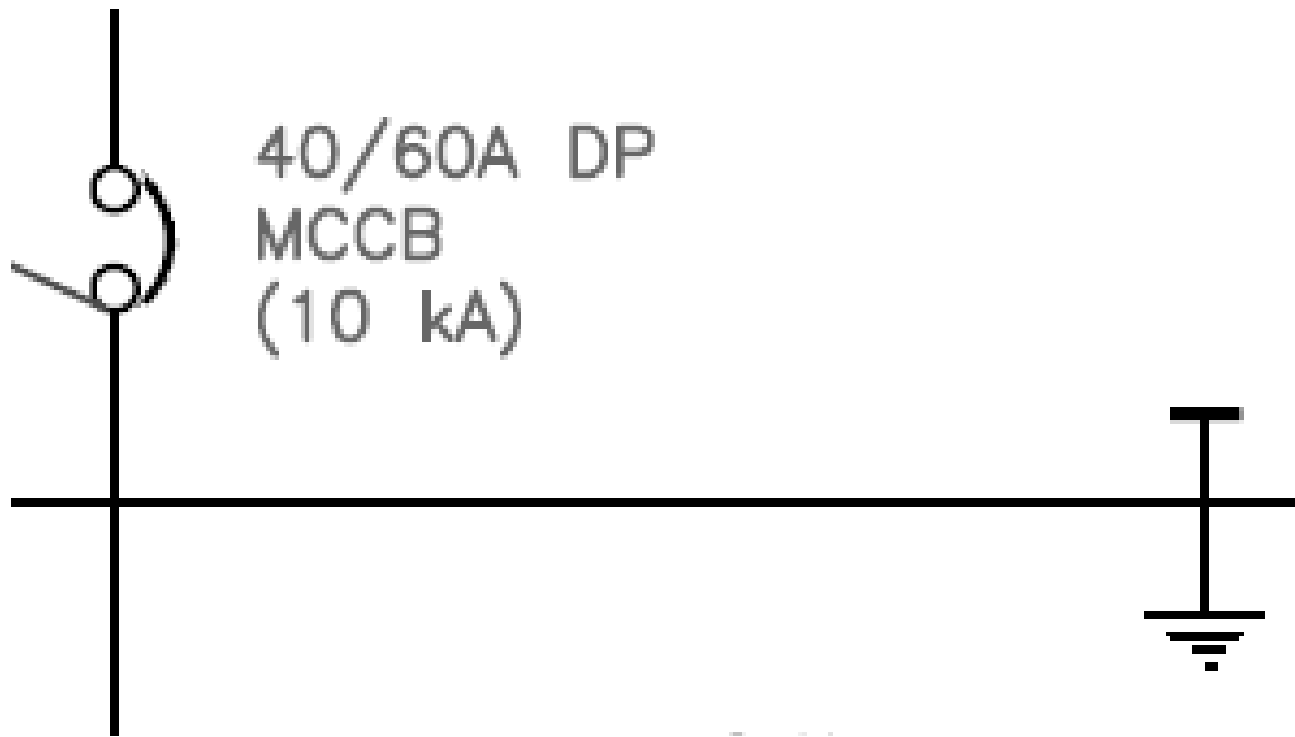
The connection of the earthing conductor and/or the earth electrode to the earth electrode shall be soundly made by the use of plumbed joints, either by brazing using zinc-free material with a melting point of at least 600oC or by **exothermic welding**

Exothermic Welded



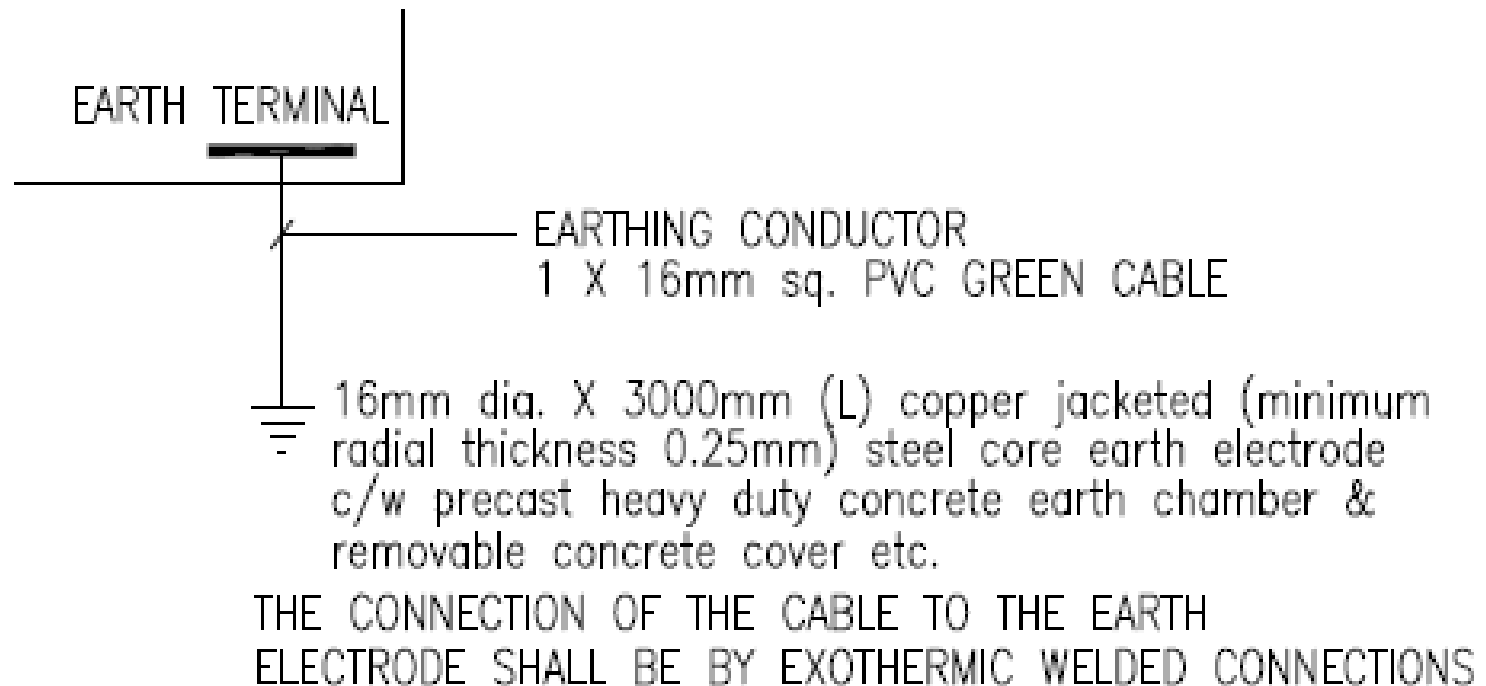
Rekabentuk Pembumian

-Skematik DB Dalam Bangunan Sama Dengan MSB dan CU Kuarters *Apartment*



Rekabentuk Pembumian

-Skematik DB *Stand Alone* dan CU Kuarters *Landed*



Rujukan

1. MS IEC 60364
2. Peraturan – peraturan Elektrik 1994
3. Spesifikasi L-S1 2018
4. Panduan Teknik Rekabentuk Elektrik
Edisi 4 2011
5. Senarai Semak Rekabentuk
6. Slide Earthing Spesifikasi LS-1 oleh Ir. Hamzah
Ismail
7. Pendawaian Elektrik di Bangunan
Kediaman Panduan Berpandukan MS
IEC 60364 (Perpustakaan JKR)