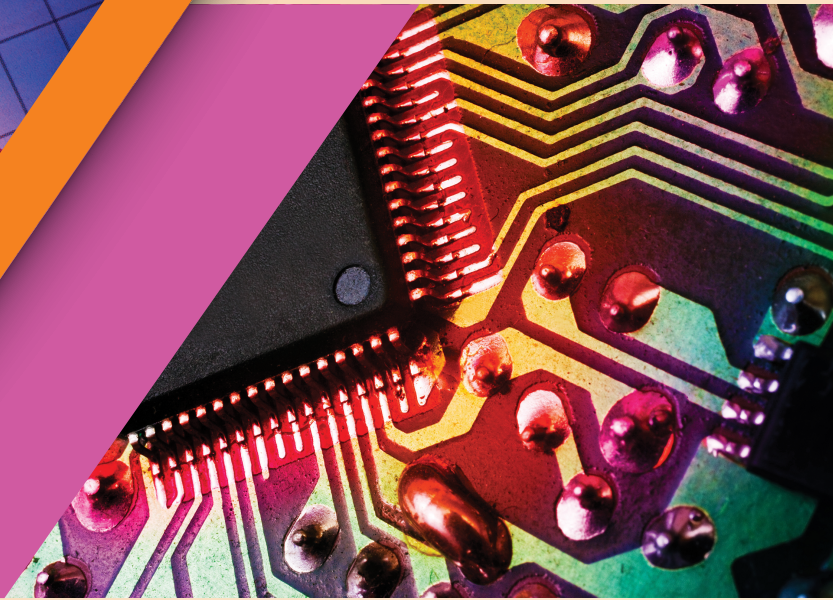




KEMENTERIAN PENDIDIKAN MALAYSIA

# **PENGAJIAN KEJURUTERAAN ELEKTRIK & ELEKTRONIK**

TINGKATAN  
**5**





# **RUKUN NEGARA**

**Bahawasanya Negara Kita Malaysia**  
mendukung cita-cita hendak:

Mencapai perpaduan yang lebih erat dalam kalangan  
seluruh masyarakatnya;

Memelihara satu cara hidup demokrasi;

Mencipta satu masyarakat yang adil di mana kemakmuran negara  
akan dapat dinikmati bersama secara adil dan saksama;

Menjamin satu cara yang liberal terhadap  
tradisi-tradisi kebudayaannya yang kaya dan pelbagai corak;

Membina satu masyarakat progresif yang akan menggunakan  
sains dan teknologi moden;

MAKA KAMI, rakyat Malaysia,  
berikrar akan menumpukan  
seluruh tenaga dan usaha kami untuk mencapai cita-cita tersebut  
berdasarkan prinsip-prinsip yang berikut:

**KEPERCAYAAN KEPADA TUHAN  
KESETIAAN KEPADA RAJA DAN NEGARA  
KELUHURAN PERLEMBAGAAN  
KEDAULATAN UNDANG-UNDANG  
KESOPANAN DAN KESUSILAAN**



MATA PELAJARAN ELEKTIF TEKNIKAL

**PENGAJIAN**  
**KEJURUTERAAN**  
**ELEKTRIK &**  
**ELEKTRONIK**

TINGKATAN  
**5**

**Penulis**

Amarul bin Talip  
Mohd Sazli bin Saad

**Editor**

Goh Kin Huat  
Nur Ismalina binti Haris

**Pereka Bentuk**

Engku Ismail bin Engku Ibrahim

**Illustrator**

Mohammad Haniff bin Khalid

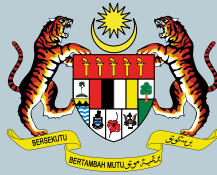


**SASBADI SDN. BHD.**

198501006847 (139288-X)

(Anak syarikat milik penuh Sasbadi Holdings Berhad 201201038178 (1022660-T))

2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN MALAYSIA

# PENGHARGAAN

KPM 0118  
ISBN 978-983-77-2084-8

Cetakan pertama 2020  
© Kementerian Pendidikan Malaysia

Semua hak cipta terpelihara. Mana-mana bahan dalam buku ini, tidak dibenarkan diterbitkan semula, disimpan dalam cara yang boleh digunakan lagi, ataupun dipindahkan dalam sebarang bentuk atau cara, baik dengan elektronik, mekanik, penggambaran semula mahupun dengan cara perakaman tanpa kebenaran terlebih dahulu daripada Ketua Pengarah Pelajaran Malaysia, Kementerian Pendidikan Malaysia. Perundingan tertakluk pada perkiraan royalti dan honorarium.

Diterbitkan untuk Kementerian Pendidikan Malaysia

Penerbit:  
Sasbadi Sdn. Bhd. 198501006847 (139288-X)  
(Anak syarikat milik penuh Sasbadi Holdings Berhad 201201038178 (1022660-T))  
Lot 12, Jalan Teknologi 3/4,  
Taman Sains Selangor 1, Kota Damansara,  
47810 Petaling Jaya,  
Selangor Darul Ehsan, Malaysia.  
Tel: +603-6145 1188 Fax: +603-6145 1199  
Laman web: [www.sasbadisb.com](http://www.sasbadisb.com)  
E-mel: [enquiry@sasbadi.com](mailto:enquiry@sasbadi.com)

Reka Letak dan Atur Huruf: Sasbadi Sdn. Bhd.  
198501006847 (139288-X)

Muka Taip Teks: Minion Pro  
Saiz Muka Taip Teks: 11 poin

Dicetak oleh:  
Vinlin Press Sdn. Bhd. (25680-X)  
No. 2, Jalan Meranti Permai 1  
Meranti Permai Industrial Park  
Batu 15, Jalan Puchong  
47100 Puchong, Selangor Darul Ehsan

Pihak penerbit dan para penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada pihak yang berikut atas bantuan yang telah diberikan dalam menerbitkan buku ini.

- Ahli-ahli jawatankuasa kawalan kualiti, Bahagian Sumber dan Teknologi Pendidikan, Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Individu, kumpulan, dan agensi yang berkaitan atas sumbangan mereka dari segi idea dan bahan-bahan secara langsung atau tidak langsung.

Selain itu, pelbagai usaha telah diambil untuk mengenal pasti pemegang hak cipta bahan yang terdapat dalam buku ini. Namun, adakala kami gagal menghubungi mereka. Sehubungan itu, kami memohon ribuan maaf dan mengalu-alukan sumber informasi yang berkaitan dengan mereka agar keizinan serta penghargaan yang sewajarnya dapat diusahakan dalam penerbitan yang seterusnya.

Sebahagian laman sesawang yang dinyatakan dalam buku ini memuatkan bahan yang dapat digunakan oleh umum. Informasinya mungkin dikemaskinikan dari semasa ke semasa. Pihak penerbit dan para penulis tidak terlibat, tertakluk, atau bertanggungjawab terhadap kandungan dalam laman sesawang tersebut.

# KANDUNGAN

PENDAHULUAN

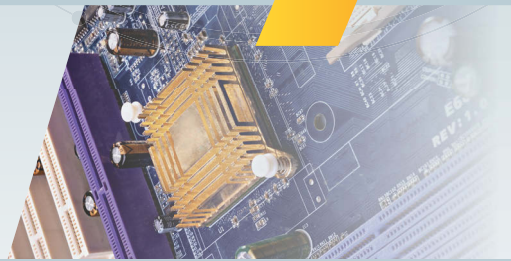
iv

Pengenalan IKON

v

## MODUL 1.0 SISTEM ELEKTRONIK ANALOG

1.1 Transistor Dwikutub	4
1.2 Transistor Kesan Medan	38
1.3 Elektronik Optik	47
1.4 Projek Mini Litar Analog	52



## MODUL 2.0 SISTEM ELEKTRONIK DIGIT DAN PENGAWAL LOGIK BOLEH ATUR CARA (PLC)

2.1 Elektronik Digit	70
2.2 Pengawal Logik Boleh Atur Cara (PLC)	107
2.3 Projek Mini Litar Digit	142



## MODUL 3.0 PROJEK AKHIR

3.1 Proses Reka Bentuk Kejuruteraan	164
3.2 Pengurusan Projek	165
3.3 Hasil Projek	201
3.4 Laporan Projek	208
3.5 Pembentangan Projek	215



LAMPIRAN 221

GLOSARI 233

RUJUKAN 233

INDEKS 234

# PENDAHULUAN

Buku teks untuk **Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik Tingkatan 5** ini dirancang selaras dengan keperluan dan ketetapan dalam Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM) dan Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) yang disediakan oleh Kementerian Pendidikan Malaysia. **Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik Tingkatan 5** ini merupakan mata pelajaran elektif dalam kelompok Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) seperti yang diperincikan dalam tiga modul berikut:

## MODUL 1

### **SISTEM ELEKTRONIK ANALOG**

Murid akan diberi pendedahan berkenaan pengetahuan dan aspek kemahiran tentang Transistor Dwikutub, Transistor Kesan Medan, dan Elektronik Optik. Hasil daripada pengetahuan dan kemahiran ini, murid boleh mengaplikasikannya sewaktu menghasilkan projek mini Litar Analog.

## MODUL 2

### **SISTEM ELEKTRONIK DIGIT DAN PENGAWAL LOGIK BOLEH ATUR CARA (PLC)**

Modul ini memperkenalkan pengetahuan dan kemahiran berkenaan Elektronik Digit dan PLC. Pada akhir pembelajaran, murid boleh menghasilkan projek mini Litar Digit berdasarkan pengetahuan dan kemahiran tersebut.

## MODUL 3

### **PROJEK AKHIR**

Murid didedahkan tentang proses reka bentuk kejuruteraan dan kaedah pengurusan projek sebagai seorang jurutera. Murid menjalankan pengurusan projek secara berkumpulan dengan berdikari. Mereka menyelesaikan masalah berkaitan senario atau isu sebenar dengan menggunakan proses reka bentuk kejuruteraan. Perancangan berdasarkan kaedah pengurusan projek ini akan membolehkan murid menghasilkan prototaip, penulisan laporan, serta pembentangan yang menggunakan pelbagai media.

Justeru, olahan dan pendekatan yang digunakan bertujuan melahirkan murid yang dapat berfikir dan bertindak seperti jurutera dalam meningkatkan kualiti kehidupan seharian yang turut menerapkan kepentingan lestari alam sekitar.



# PENGENALAN IKON

## INFO EKSTRA

Murid dirangsang agar menggunakan maklumat tambahan untuk meneroka pembelajaran secara mendalam (*deep-learning*).

## SUDUT BRAINSTORMING

Murid diberi input yang sesuai dan cetusan idea untuk dibincangkan secara lebih mendalam. Hal ini membantu guru melakukan pelbagai aktiviti bilik darjah abad ke-21. Secara sedar, murid mendapat peluang untuk mencetuskan idea serta pemikiran yang berasaskan kemahiran berfikir aras tinggi (KBAT).

## PEKA RINGGIT

Elemen keusahawanan dan pemikiran berjimat-cermat dipupuk melalui idea-idea yang bersesuaian. Pelbagai cadangan diketengahkan supaya murid terimbuhi dengan pemikiran sentiasa peka terhadap kos, lebih-lebih lagi sewaktu menjalankan projek mini.

## IMBAS MAYA

Penggunaan meluas kod QR dan AR dilakukan apabila membincangkan isi kandungan modul yang bersesuaian. Penggunaan aplikasi ini memudahkan pemahaman murid di samping mampu menarik dan mengekalkan minat mereka dalam pelajaran yang berkaitan dengan sains dan teknologi.

## DETIK SEJARAH

Elemen rentas kurikulum diterapkan dengan merujuk kepada peristiwa silam, tokoh-tokoh perintis, dan peristiwa lampau yang mencetuskan kejayaan pada hari ini.

## INFO KESELAMATAN

Faktor penjagaan keselamatan amat penting dalam suasana pengajaran dan pembelajaran yang melibatkan peralatan mesin. Aspek tanggungjawab dan nilai kerja berkumpulan juga diterapkan dalam segmen ini.



## UJI MINDA

Latihan formatif disediakan pada setiap penghujung subtopik sebagai bahan penguji kefahaman murid. Soalan dalam pelbagai bentuk dan melibatkan elemen KBAT diberikan.

## GENERASI IR4.0

Bahan yang berkaitan dengan Revolusi Industri 4.0 yang bersesuaian dengan modul diberikan sebagai persediaan kepada murid.



## Dwiistilah

Murid didedahkan dengan perkataan dan istilah dalam Bahasa Inggeris untuk semakan merujuk kepada pelbagai bahan di Internet dan buku.



## Merentas Kurikulum

Bertujuan melahirkan murid yang dapat melihat ilmu kejuruteraan secara global dan menyeluruh.



## EE Profesional

Rangsangan kepada murid untuk menerima pendedahan dalam pelbagai aspek kerjaya dan amalan jurutera elektrik dan elektronik.



## Nilai Murni

Ilmu tanpa amalan nilai-nilai murni menghasilkan seorang yang kosong aspek kerohaniannya. Catatan di sini bertujuan memberi input nilai murni dan moral.



## Nilai Timur

Memberi input nilai dan budaya Timur di samping keperluan menguasai sains dan teknologi.



Soalan KBAT – mengaplikasi, menganalisis, menilai, mencipta



# **PENGAJIAN KEJURUTERAAN ELEKTRIK DAN ELEKTRONIK**



# SISTEM ELEKTRONIK ANALOG

## Standard Kandungan

- 1.1 Transistor Dwikutub
- 1.2 Transistor Kesan Medan
- 1.3 Elektronik Optik
- 1.4 Projek Mini Litar Analog



Sistem elektronik analog membincangkan aspek-aspek pengetahuan dan kemahiran tentang transistor dwikutub, transistor kesan medan, dan elektronik optik. Pada penghujung modul, berdasarkan penguasaan serta pemahaman mengenai sistem elektronik analog, murid akan dapat menghasilkan projek mini litar analog.





## ■ KATA KUNCI

Beri perhatian pada kata kunci yang berikut:

- Arus
- Cahaya
- Fotoperintang
- Fototransistor
- Get
- Litar pincang
- Rintangan
- Salir
- Saluran N
- Saluran P
- Sumber
- Tatarajah Litar
- Transistor Dwikutub
- Transistor Kesan Medan (JFET)
- Transistor Kesan Medan Separuh Pengalir Oksida Logam (MOSFET)
- Voltan

### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

4.1.1 Mengenal pasti simbol dan struktur binaan transistor dwikutub.

(a) NPN

(b) PNP

4.1.2 Menyatakan jenis tatarajah litar transistor dwikutub.

(a) Tapak sepunya

(b) Pemungut sepunya

(c) Pemancar sepunya

4.1.3 Menerangkan keperluan pincangan bagi mengoperasikan transistor dwikutub untuk pemancar sepunya.

4.1.4 Membezakan litar pincang arus tetap dan pincang pembahagi voltan.

4.1.5 Menghitung nilai parameter di bawah bagi litar penguat pemancar sepunya.

(a) arus tapak,  $I_B$

(b) arus pemungut,  $I_C$

(c) arus pengeluar,  $I_E$

(d) voltan tapak-pemancar,  $V_{BE}$

(e) voltan pemungut-pemancar,  $V_{CE}$

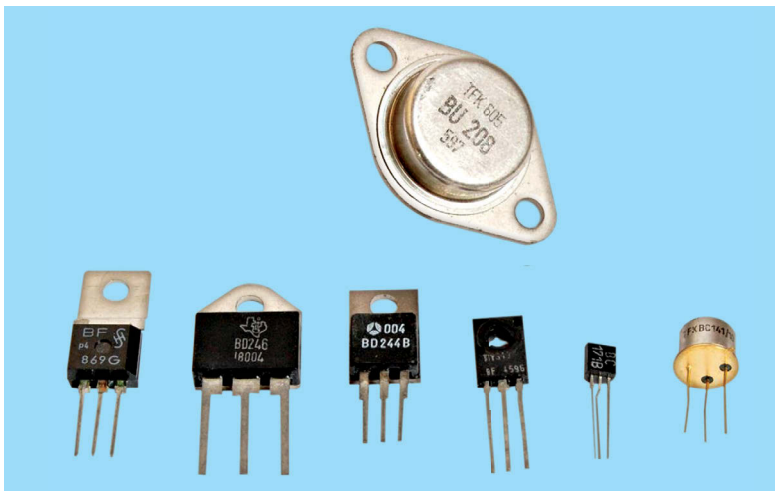
(f) gandaan arus,  $\beta$

4.1.6 Membina litar suis berasaskan transistor dwikutub

Transistor dwikutub (*bipolar junction transistor*, BJT) merupakan sejenis peranti semikonduktor yang paling banyak digunakan dalam alatan elektronik. Gambar foto 1.1.1 menunjukkan bentuk fizikal transistor dwikutub. Transistor diperbuat daripada bahan jenis silikon atau germanium. Transistor berfungsi sebagai penguat dan suis elektronik. Terdapat dua jenis transistor dwikutub iaitu:

(a) NPN.

(b) PNP.



Gambar foto 1.1.1 Bentuk fizikal transistor dwikutub

### INFO EKSTRA

Terdapat 3 jenis gandaan transistor  
 (i) Gandaan Arus  
 (ii) Gandaan Voltan  
 (iii) Gandaan Kuasa

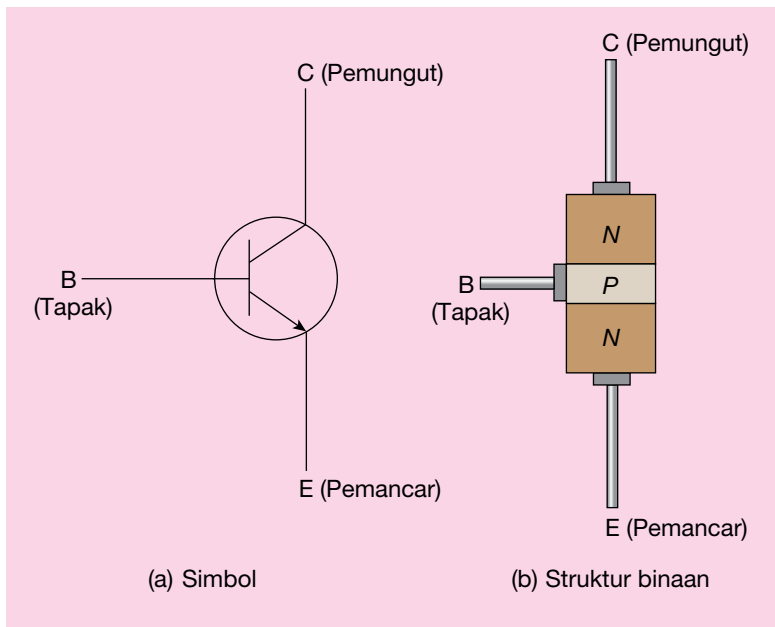
### 1.1.1 Simbol dan Struktur Binaan Transistor Dwikutub

Transistor dwikutub mempunyai tiga tamatan iaitu:

- (a) Pemungut, C
- (b) Tapak, B
- (c) Pemancar, E

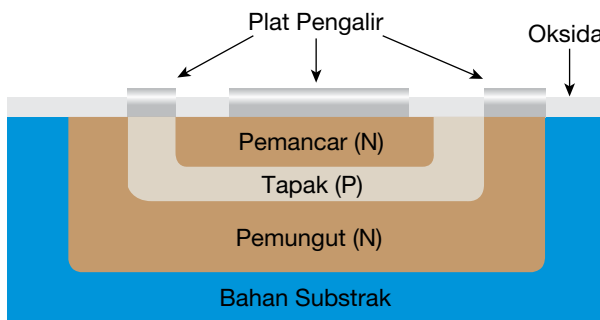
#### Transistor Dwikutub Jenis NPN

Rajah 1.1.1(a) menunjukkan simbol dan struktur binaan bagi jenis transistor dwikutub jenis NPN.



Rajah 1.1.1(a) Simbol dan struktur binaan transistor dwikutub jenis NPN

Struktur binaan transistor dwikutub jenis NPN terhasil apabila bahan P diapit di antara dua lapisan bahan N. NPN mempunyai tiga lapisan bahan yang setiap satunya mempunyai tamatan pemungut, tapak, dan pemancar seperti Rajah 1.1.1(b) di bawah.



Rajah 1.1.1(b) Lapisan bahan bagi transistor NPN



#### INFO EKSTRA

Gandaan arus, ( $A_i$ ) ialah nisbah arus keluaran kepada arus masukan  
Gandaan voltan, ( $A_v$ ) ialah nisbah voltan keluaran kepada voltan masukan  
Gandaan kuasa, ( $A_p$ ) ialah hasil darab gandaan voltan dengan gandaan arus atau nisbah kuasa keluaran kepada kuasa masukan



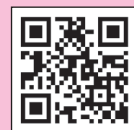
#### Dwiistilah

- Pemungut - Collector
- Tapak - Base
- Pemancar - Emmitter



#### IMBAS MAYA

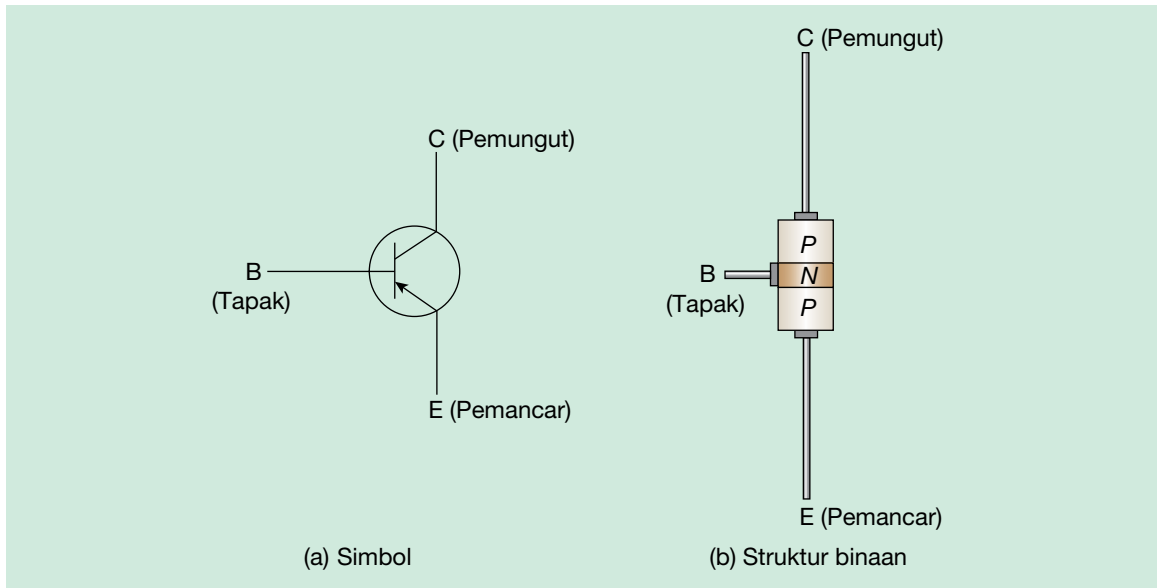
Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video tentang proses pengedopan (*doping*).



<http://buku-teks.com/kee5005>

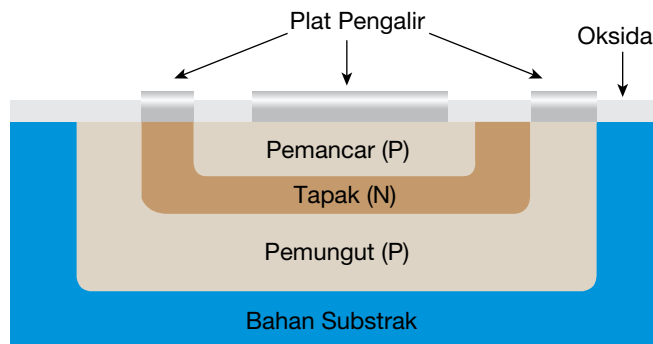
## Transistor Dwikutub Jenis PNP

Rajah 1.1.2(a) menunjukkan simbol dan binaan bagi jenis transistor PNP.



*Rajah 1.1.2(a) Simbol dan struktur binaan transistor dwikutub jenis PNP*

Struktur binaan bagi transistor PNP menunjukkan bahan N diapit di antara dua lapisan bahan P. Sama seperti transistor NPN, PNP juga mempunyai tiga lapisan bahan yang setiap hujungnya mempunyai tamatan pemungut, tapak, dan pemancar seperti dalam Rajah 1.1.2(b).



*Rajah 1.1.2(b) Lapisan bahan bagi transistor PNP*

### DETIK SEJARAH



John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley telah menemukan transistor pada tahun 1947 di *Bell Telephone Laboratories*.

### INFO EKSTRA



Substrak merupakan satu potongan nipis bahan semikonduktor, seperti kristal silikon, yang digunakan dalam pemasangan litar bersepadu dan peranti-peranti mikro lain.



## 1.1.2 Tatarajah Litar Transistor Dwikutub

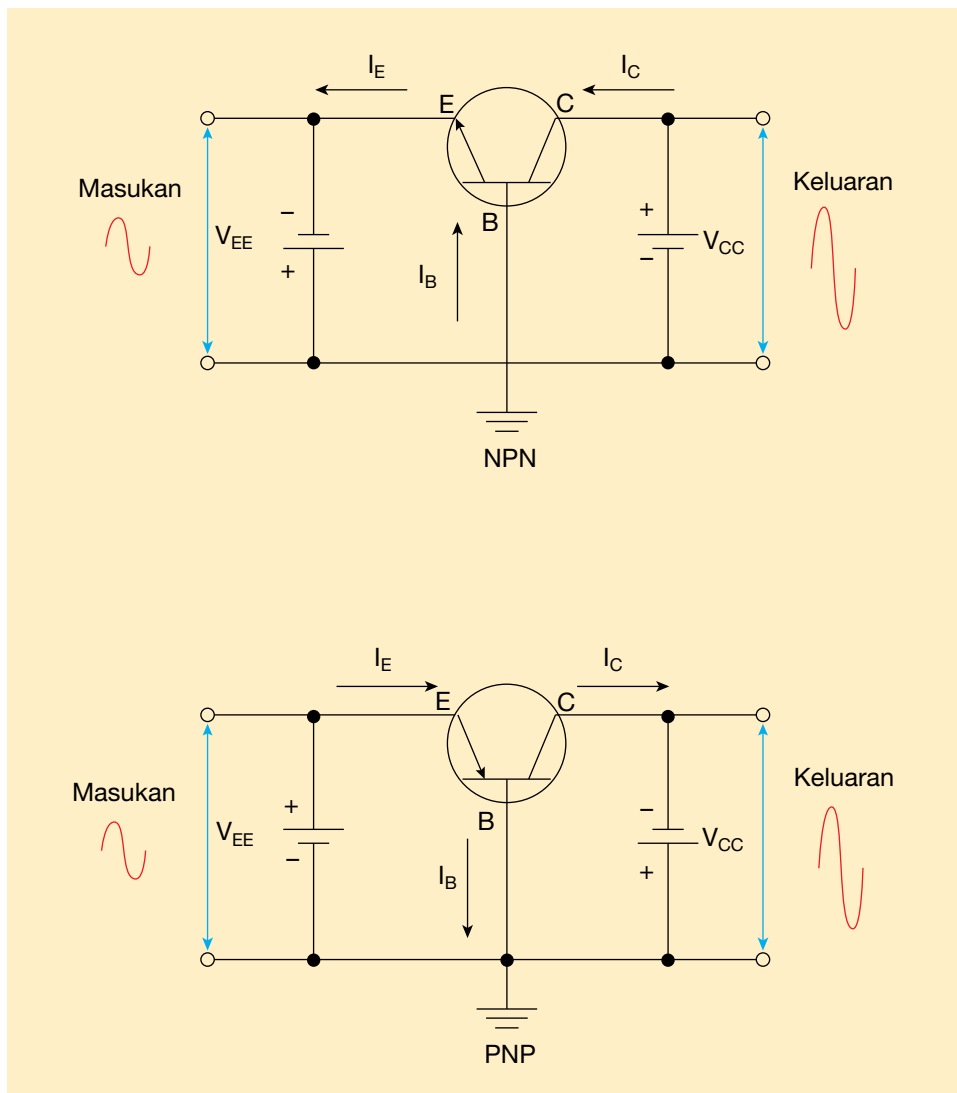
### Tapak Sepunya

Tapak sepunya berlaku apabila tamatan tapak menjadi sepunya untuk bahagian pemancar dan pemungut. Rajah 1.1.3 menunjukkan litar transistor dwikutub yang disambung secara tapak sepunya. Kendalian tapak sepunya terjadi apabila tamatan pemancar – tapak (EB) dipincang hadapan manakala tamatan pemungut – tapak (CB) dipincang balikan. Isyarat masukan diberi antara tamatan pemancar – tapak (EB). Manakala isyarat keluaran diambil antara tamatan pemungut – tapak (CB). Ciri-ciri gelombang isyarat masukan dan keluaran bagi tapak sepunya ini adalah sefasa. Litar jenis ini biasanya digunakan sebagai penguat pengayun.



### Dwiistilah

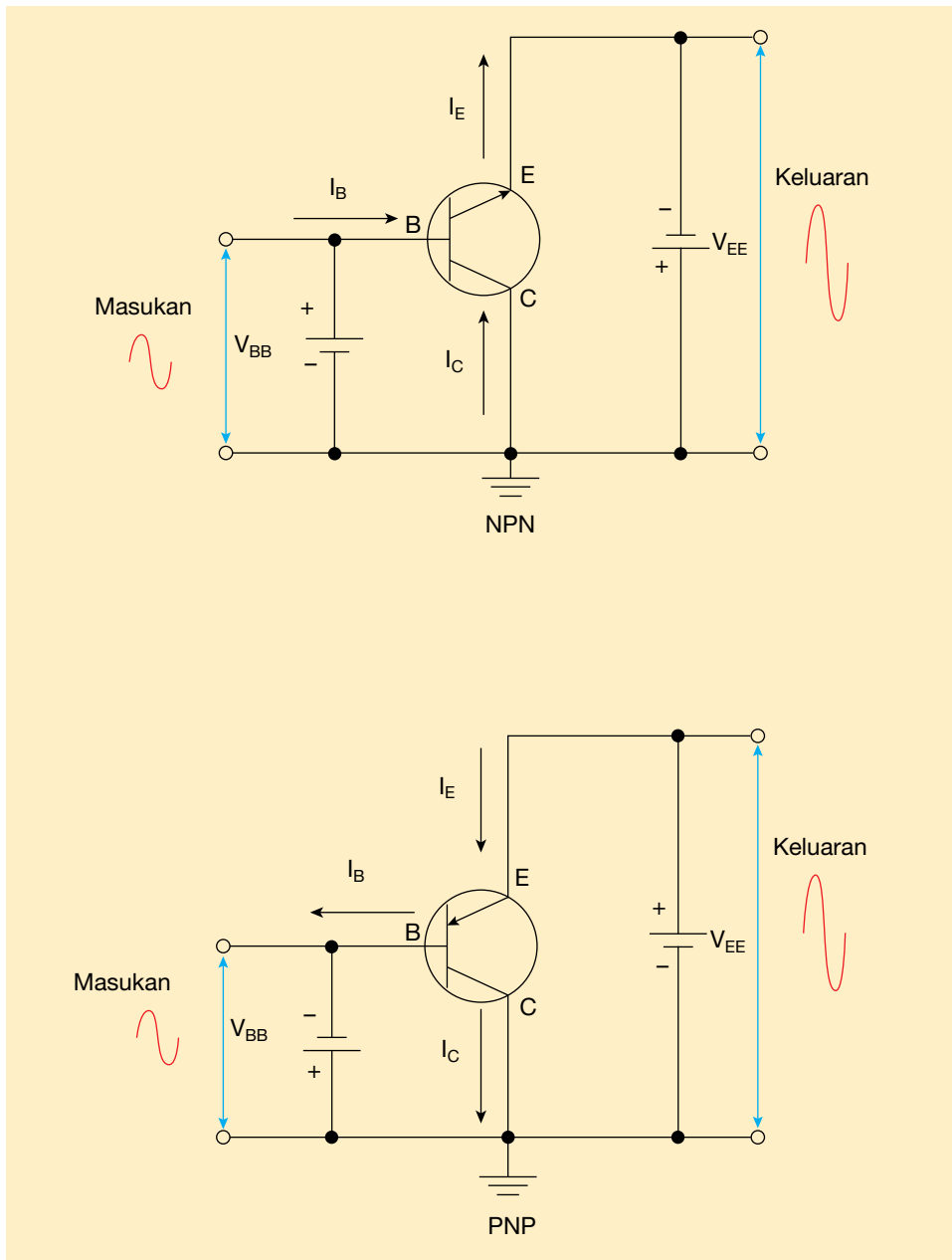
- Pincang hadapan - *Forward-biased*
- Pincang balikan - *Reverse-biased*



Rajah 1.1.3 Tatarajah tapak sepunya

## Pemungut Sepunya

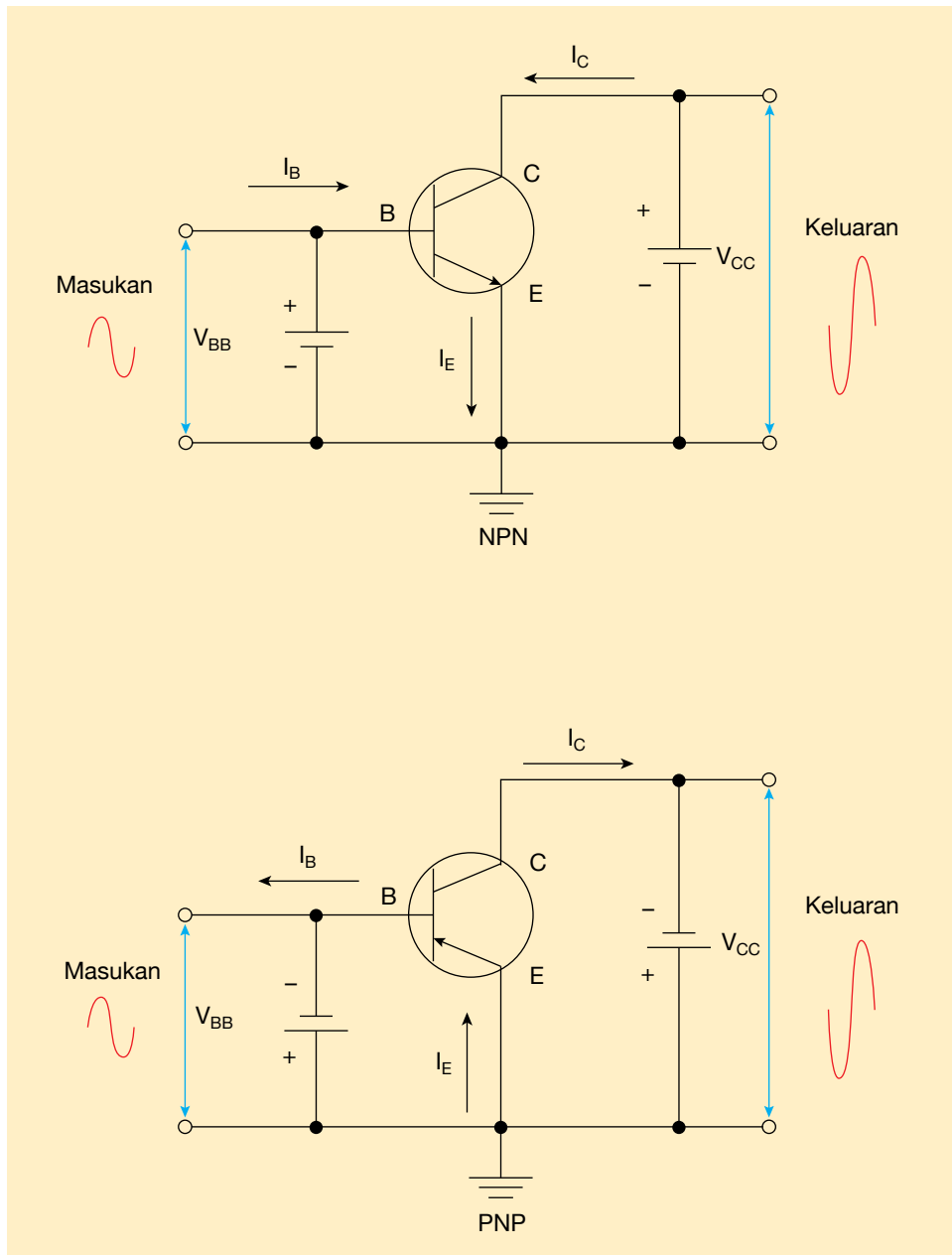
Pemungut sepunya berlaku apabila tamatan pemungut menjadi sepunya untuk bahagian tapak dan pemancar. Rajah 1.1.4 menunjukkan litar transistor dwikutub yang disambung secara pemungut sepunya. Kendalian pemungut sepunya terjadi apabila tamatan tapak – pemungut (BC) dipincang hadapan manakala tamatan pemancar – pemungut (EC) dipincang balikan. Isyarat masukan diberi antara tamatan tapak – pemungut (BC). Manakala isyarat keluaran diambil antara tamatan pemancar – pemungut (EC). Ciri-ciri gelombang isyarat masukan dan keluaran bagi pemungut sepunya ini adalah sefasa. Litar jenis ini biasanya digunakan sebagai litar penguat.



Rajah 1.1.4 Tatarajah pemungut sepunya

## Pemancar Sepunya

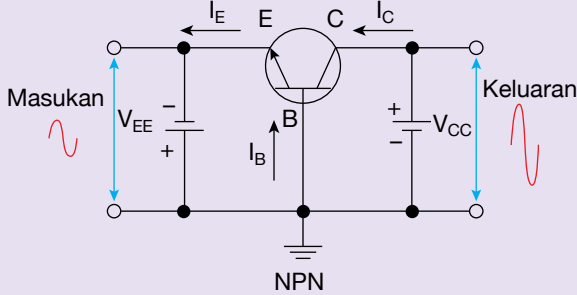
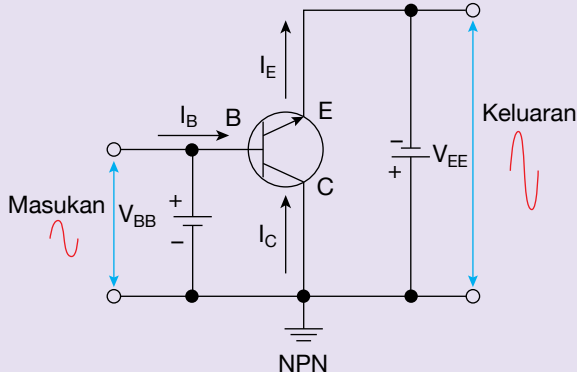
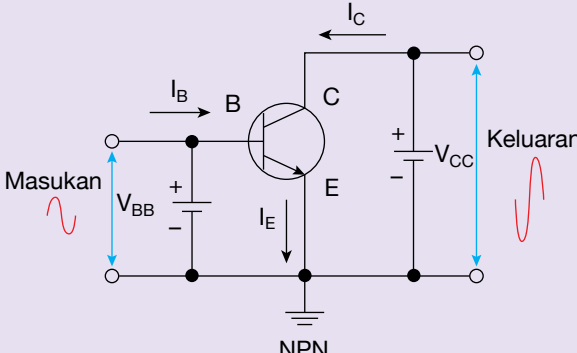
Pemancar sepunya berlaku apabila tamatan pemancar menjadi sepunya untuk bahagian tapak dan pemungut. Rajah 1.1.5 menunjukkan litar transistor dwikutub yang disambung secara pemancar sepunya. Kendalian pemancar sepunya terjadi apabila tamatan tapak – pemancar (BE) dipincang hadapan manakala tamatan pemungut – pemancar (CE) dipincang balikan. Isyarat masukan diberi antara tamatan tapak – pemancar (BE). Manakala isyarat keluaran diambil antara tamatan pemungut – pemancar (CE). Ciri-ciri gelombang isyarat masukan dan keluaran bagi pemancar sepunya ini adalah balikan fasa  $180^\circ$ .



Rajah 1.1.5 Tatarajah pemancar sepunya

Jadual 1.1.1 menunjukkan ciri-ciri gandaan arus dan hubungan fasa antara isyarat masukan dan keluaran bagi penguat tapak sepunya, pemungut sepunya dan pemancar sepunya.

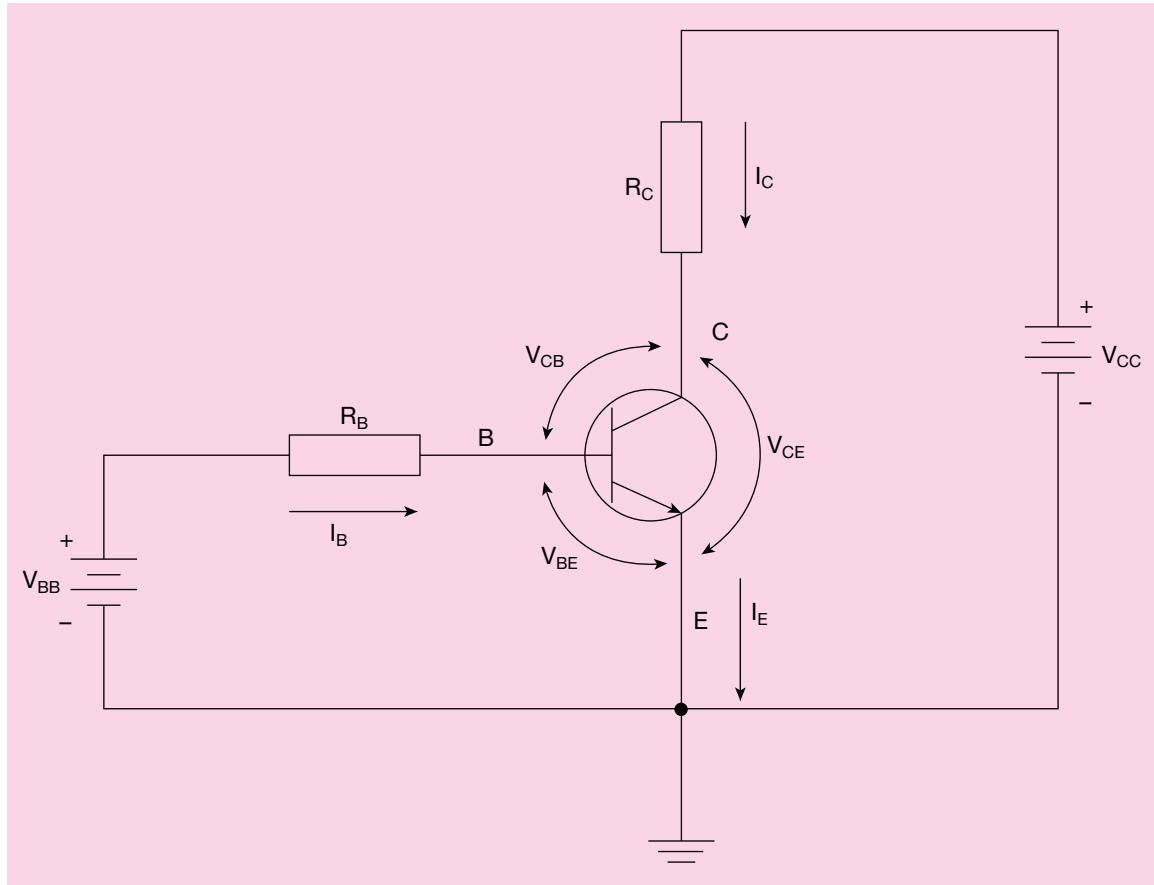
Jadual 1.1.1 Ciri-ciri penguat

Litar Skematik	Gandaan Arus, ( $A_i$ )	Hubungan fasa antara isyarat masukan dan keluaran
<p>Penguat tapak sepunya</p> 	<p>Rendah, kurang dari 1</p> $A_i = \frac{I_C}{I_E}$	<p>Tiada perubahan fasa</p>
<p>Penguat pemungut sepunya</p> 	<p>Tinggi</p> $A_i = \frac{I_E}{I_B}$	<p>Tiada perubahan fasa</p>
<p>Penguat pemancar sepunya</p> 	<p>Tinggi</p> $A_i = \frac{I_C}{I_B}$	<p>Perbezaan fasa 180°</p>



### 1.1.3 Keperluan Pincangan bagi Mengoperasikan Transistor Dwikutub untuk Pemancar Sepunya

Rajah 1.1.6 menunjukkan litar penguat transistor dwikutub jenis NPN. Transistor dwikutub ini berfungsi sebagai penguat pemancar sepunya, apabila tamatan tapak-pemancar (BE) dipincang hadapan oleh voltan bekalan  $V_{BB}$  dan tamatan tapak-pemungut (BC) dipincang balikan oleh bekalan  $V_{CC}$ . Perintang  $R_B$  digunakan untuk menghadkan nilai arus yang melalui tamatan tapak-pengeluar, manakala perintang  $R_C$  sebagai perintang beban, untuk menyusutkan voltan yang merentasinya.



Rajah 1.1.6 Pincang transistor dwikutub pemancar sepunya

Yang berikut ialah parameter arus dan voltan bagi pincangan transistor dwikutub sepunya.

$I_B$  = arus tapak

$I_E$  = arus pemancar

$I_C$  = arus pemungut

$V_{BE}$  = voltan merentasi simpang tapak – pemancar

$V_{CB}$  = voltan merentasi simpang voltan pemungut – tapak

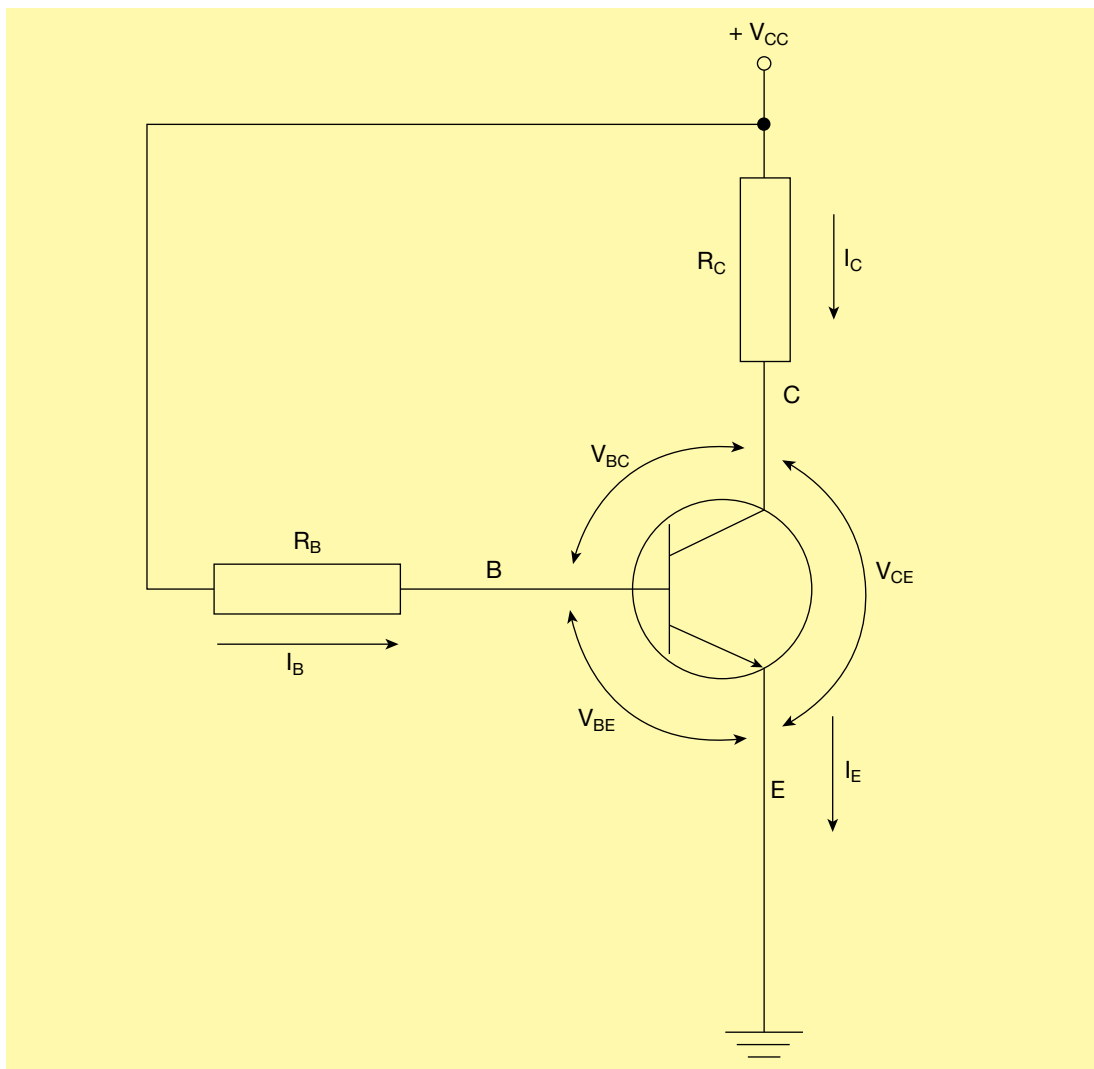
$V_{CE}$  = voltan dari pemungut-pemancar

## 1.1.4 Litar Pincang Arus Tetap dan Pincang Pembahagi Voltan

### Litar Pincang Arus Tetap

Rajah 1.1.7 menunjukkan litar pincang arus tetap. Pincang arus tetap ialah satu kaedah yang mudah untuk memastikan transistor berkendali. Apabila bekalan dikenakan, tamatan tapak pemancar (BE) transistor akan dipincang hadapan. Transistor akan mengalirkan arus dari tapak (B) ke pemancar (E). Bagi tamatan pemungut dan pemancar (CE), arus pemungut ( $I_C$ ) yang mengalir ditentukan oleh arus tapak ( $I_B$ ) dan nilai tetap gandaan arus beta ( $\beta$ ). Ianya digunakan untuk litar suis elektronik dan jarang-jarang diguna sebagai penguat.

Antara kelebihan litar pincang arus tetap, termasuklah litar ini banyak digunakan dalam litar suis yang memberikan nilai arus dalam keadaan linear yang sesuai untuk litar suis. Antara kekurangan litar pincang arus tetap termasuklah litar ini bergantung pada gandaan arus beta ( $\beta$ ). Sekiranya gandaan arus beta ( $\beta$ ) berubah, arus pemungut ( $I_C$ ) dan voltan pemungut-pemancar ( $V_{CE}$ ) juga berubah.

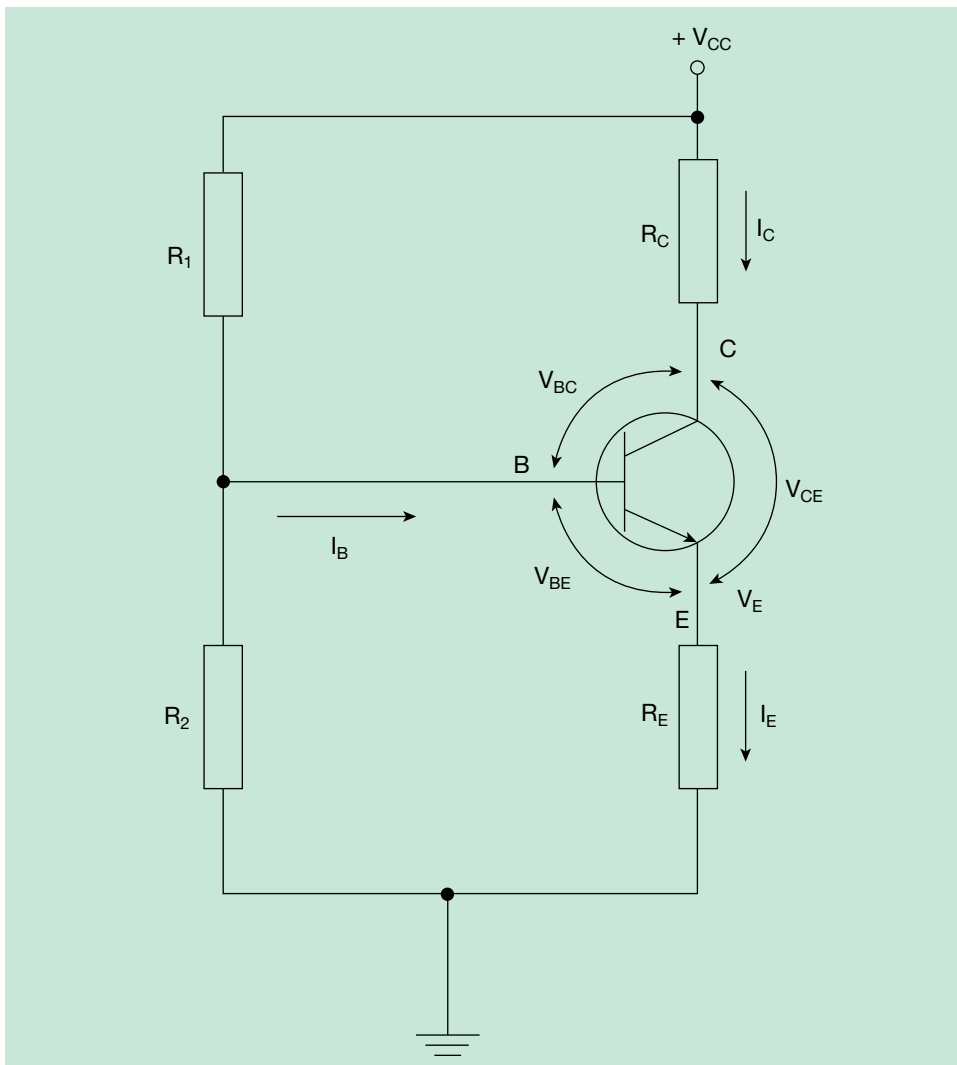


Rajah 1.1.7 Litar pincang arus tetap

## Litar Pincang Pembahagi Voltan

Rajah 1.1.8 menunjukkan litar pincang pembahagi voltan. Bekalan  $V_{CC}$  digunakan untuk pincangan bagi tamatan tapak – pemancar (BE) dan tamatan pemungut – pemancar (CE). Tamatan tapak dan pemancar dipincang hadapan dengan voltan tapak ( $V_B$ ). Nilai voltan pincang ditentukan melalui teknik pembahagian voltan dengan menggunakan dua perintang yang disambung secara siri. Arus tapak ( $I_B$ ) yang dihasilkan adalah rendah. Hal ini memberikan kesan kepada pembahagian voltan yang boleh diabaikan. Bagi menentukan voltan pemungut – pemancar ( $V_{CE}$ ), nilai voltan pemungut ( $V_C$ ) dan voltan pemancar ( $V_E$ ) diperlukan. Litar pincang voltan digunakan pada litar pengayun.

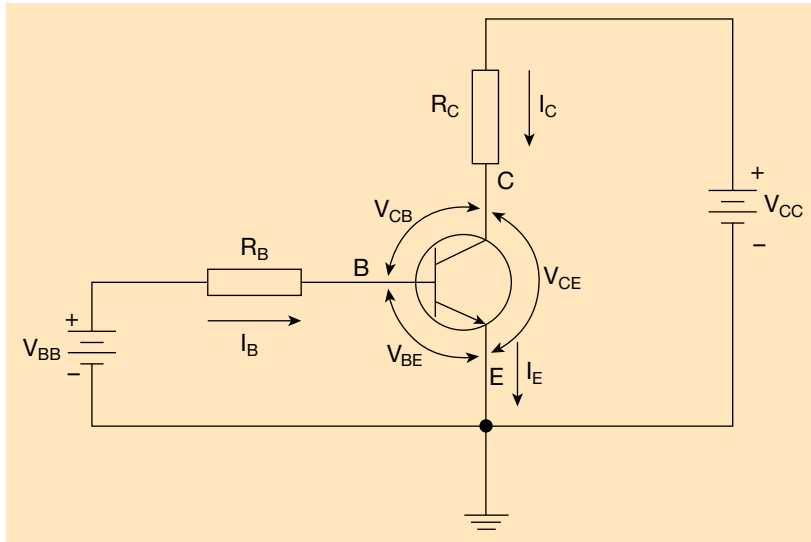
Kelebihan litar pincang pembahagi voltan termasuklah faktor kestabilan litarnya yang sangat rendah, keadaan pincangan hadapan yang lebih baik yang ditentukan oleh perintang  $R_2$  pada pembahagi voltan dan lebih stabil daripada pincang tetap dan kaedah pincang pemungut – tapak (CB), ianya ditentukan oleh Perintang  $R_E$ . Manakala kekurangan litar ini termasuklah pembinaan litar yang lebih kompleks dan kos yang tinggi disebabkan penggunaan komponen yang banyak.



Rajah 1.1.8 Litar pincang pembahagi voltan

### 1.1.5 Litar Penguat Pemancar Sepunya

Rajah 1.1.9 menunjukkan litar penguat pemancar sepunya.



Rajah 1.1.9 Arus dan voltan untuk dipertimbangkan dalam transistor

Ciri-ciri gandaan arus dalam penguat pengeluar sepunya dilihat pada dua keadaan, iaitu Alpha ( $\alpha$ ) dan Beta ( $\beta$ ).

Alpha ( $\alpha$ ) merupakan nisbah antara arus pemungut ( $I_C$ ) dengan arus pemancar ( $I_E$ )

$$\text{alpha, } \alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{nilai } \alpha \text{ sentiasa kurang daripada 1}$$

Beta, ( $\beta$ ) ialah hubungan nisbah antara nilai arus pemungut ( $I_C$ ) yang mengalir mengikut keadaan nilai arus tapak, ( $I_B$ ) pada keadaan nilai voltan pemungut, ( $V_C$ ) yang tetap.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Terdapat tiga arus yang berbeza melalui transistor dwikutub iaitu arus tapak ( $I_B$ ), arus pemungut ( $I_C$ ) dan arus pemancar ( $I_E$ ). Tamatan pemancar (E) merupakan sumber elektron, tamatan ini mempunyai arus yang paling tinggi. Pengaliran arus  $I_C$  lebih rendah sedikit berbanding  $I_E$  manakala  $I_B$  yang paling rendah.

$$I_E = I_B + I_C$$

$V_{BE} = 0.7V$  bahan jenis silikon atau  $V_{BE} = 0.3V$  bahan jenis germanium sentiasa digunakan dalam kebanyakan contoh analisis.

Dengan merujuk kepada Rajah 1.1.10, litar asas pincangan transistor,  $V_{BB}$  disambung merentasi simpang tapak-pemancar dan  $R_B$  dalam litar di atas. Manakala dalam litar pemungut (*collector*) pula  $V_{CC}$  dibahagikan mengikut kadar merentasi  $R_C$  dan transistor  $V_{CE}$ .

Untuk analisis litar ini, kawasan linear ini banyak bergantung pada nilai  $\beta$ . Kaedah hukum voltan Kirchoff digunakan dalam analisis litar ini.



IMBAS  
MAYA

Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video tentang titik aktif, kawasan tepu, dan titik potong transistor dwikutub.



<http://buku-teks.com/kee5014>

Dari Hukum voltan Kirchoff untuk menentukan arus tapak ( $I_B$ )

$$V_{CC} - V_{RB} - V_{BE} = 0$$

Masukkan nilai  $I_B R_B$  dalam  $V_{RB}$

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

Dapatkan nilai  $I_B$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

Dari Hukum voltan Kirchoff untuk menentukan arus pemungut ( $I_C$ )

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} = 0$$

Dapatkan nilai  $V_{CE}$

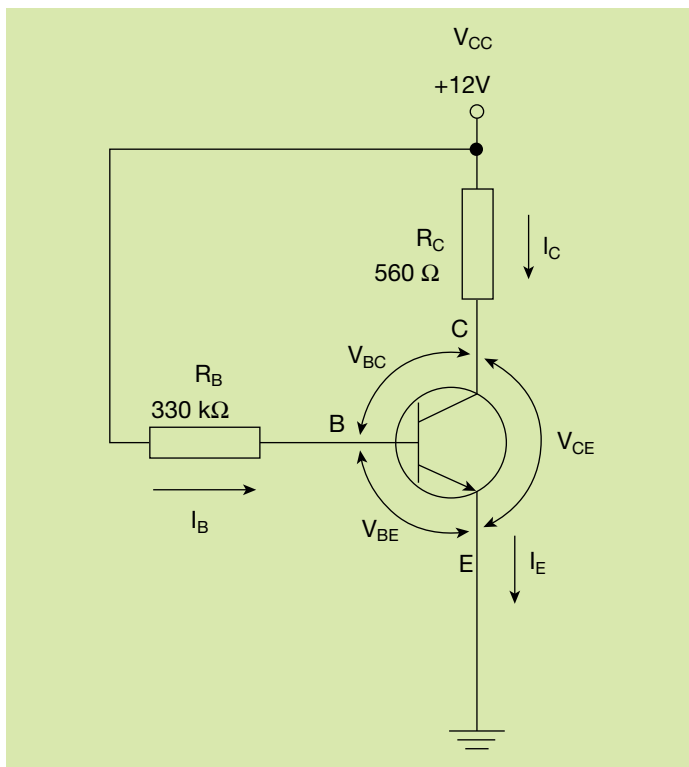
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Masukkan persamaan  $I_B$  dalam formula  $I_C = \beta I_B$

$$I_C = \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

## Contoh 1

Hitungkan nilai  $I_C$  dan  $V_{CE}$  apabila  $\beta$  berubah dari 100 ke 200.



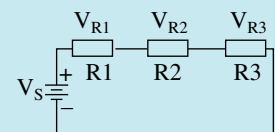
Rajah 1.1.10 Litar pincang arus tetap

## INFO EKSTRA

Hukum Voltan Kirchoff menyatakan bahawa pada suatu gelung dalam litar lengkap, jumlah voltan punca bersamaan dengan jumlah voltan yang susut pada beban.

Jumlah voltan punca = jumlah voltan susut

$$V_S = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$





## Pembahagi Voltan

### Cara penyelesaian:

Untuk  $\beta = 100$

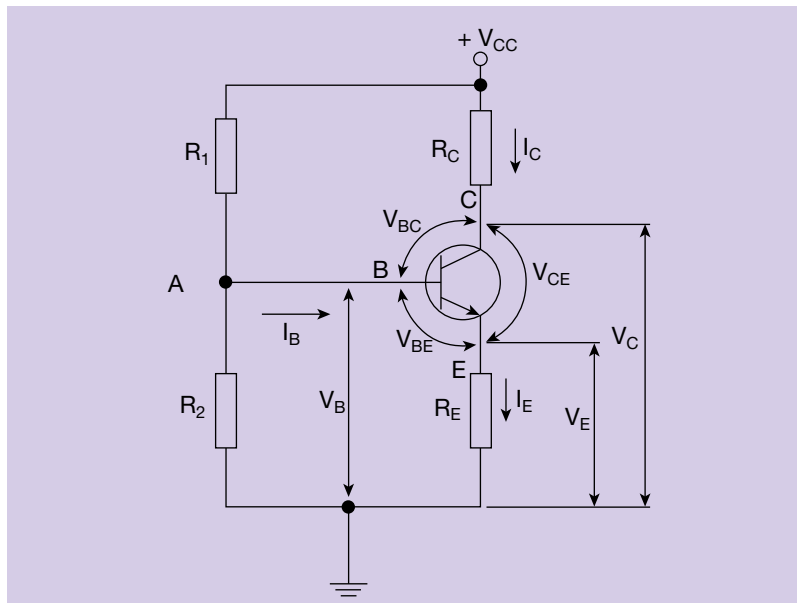
$$\begin{aligned} I_C &= \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right) \\ &= 100 \left( \frac{12 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{330 \text{ k}\Omega} \right) \\ &= 3.42 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 12 \text{ V} - (3.42 \text{ mA})(560 \Omega) \\ &= 10.1 \text{ V} \end{aligned}$$

Untuk  $\beta = 200$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right) \\ &= 200 \left( \frac{12 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{330 \text{ k}\Omega} \right) \\ &= 6.84 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 12 \text{ V} - (6.84 \text{ mA})(560 \Omega) \\ &= 8.17 \text{ V} \end{aligned}$$



Rajah 1.1.11 Litar pincang pembahagi voltan

Untuk analisis litar pada Rajah 1.1.11, nilai voltan pada titik A akan dicari dan dilabel sebagai  $V_B$ .

$$V_B = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC}$$

Setelah nilai voltan  $V_B$  diperoleh, nilai voltan dan arus dalam litar boleh diperoleh dengan cara kerja yang berikut:

$$\begin{aligned} V_E &= V_B - V_{BE} \\ I_C \cong I_E &= \frac{V_E}{R_E} \end{aligned}$$

Kemudian

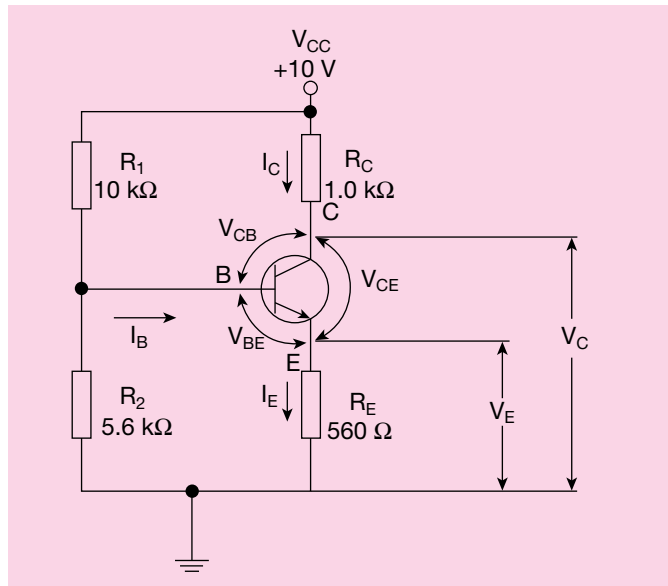
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

Apabila nilai  $V_C$  dan  $V_E$  diperoleh nilai  $V_{CE}$  boleh dicari dengan rumus yang berikut:

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_C - V_E \\ &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

## Contoh 2

Hitung nilai nilai  $V_{CE}$  dan  $V_C$  untuk litar pincang pembahagi voltan yang ditunjukkan pada Rajah 1.1.12. Nilai  $\beta = 100$ .



Rajah 1.1.12 Litar pincang pembahagi voltan

### Cara penyelesaian:

Hitung voltan tapak,  $V_B$

$$V_B \cong \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC}$$

$$\begin{aligned} V_B &= \left( \frac{5.6 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 5.6 \text{ k}\Omega} \right) 10\text{V} \\ &= 3.59 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_E &= V_B - V_{BE} \\ &= 3.59 \text{ V} - 0.7 \text{ V} \\ &= 2.89 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_E}{R_E} \\ &= \frac{2.89 \text{ V}}{560 \text{ k}\Omega} \\ &= 5.16 \text{ mA} \end{aligned}$$

Oleh sebab  $I_B$  terlalu kecil maka,

$$I_C \cong I_E$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 10\text{V} - (5.16 \text{ mA})(1.0 \text{ k}\Omega) \\ &= 4.84 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_C - V_E \\ &= 4.84 \text{ V} - 2.89 \text{ V} \\ &= 1.95 \text{ V} \end{aligned}$$



<b>Tarikh:</b>		
<b>Nama Murid:</b>		
<b>Nama Guru:</b>		
<b>Komen Penilai:</b>		Markah:
<b>No. Dokumen:</b>	2020_EE_T5_2	
<b>No. Semakan:</b>	0	
<b>Bil. Muka Surat:</b>	14	
<b>Objektif:</b>	1.	Menentukan tamatan tapak, pemungut dan pemancar transistor dwikutub.
	2.	Membuat pengiraan (a) Arus $I_B$ , $I_C$ dan $I_E$ (b) Voltan $V_{CE}$ (c) Gandaan arus $\beta$
	3.	Menyambung litar penguat tapak sepunya.
	4.	Mengukur pengujian tamatan transistor, nilai arus dan voltan dengan menggunakan meter pelbagai digital.
	5.	Membuat kesimpulan hasil dapatan pengujian tamatan transistor dwikutub dan litar penguat pemancar sepunya.
	6.	Menyediakan laporan amali yang dijalankan.
<b>Senarai Bahan:</b>	1.	Transistor (2N3904) 1 unit
	2.	Transistor (2N3906) 1 unit
	3.	Perintang $1k\Omega$ 1 unit
	4.	Perintang $100\Omega$ 1 unit
	5.	Suis 2 unit
	6.	LED 1 unit
<b>Senarai Peralatan:</b>	1.	Papan reka ( <i>Breadboard</i> ) 1 unit
	2.	Kabel 4 unit
	3.	Meter pelbagai digital 1 unit
	4.	Bekalan kuasa boleh laras (0 – 30V) 2 unit

**A. Melaksanakan objektif 1 hingga 5 dengan menggunakan perkakasan (hardware)**

**Objektif 1:  
(Perkakasan)**

Pada akhir amali, murid akan dapat menentukan tamatan tapak, pemungut dan pemancar transistor dwikutub.

**Langkah Kerja:**

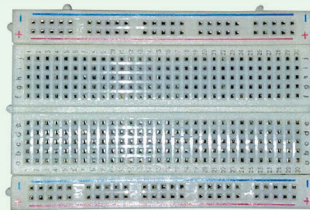
1. Murid perlu memasang komponen di atas papan reka untuk pengujian.
2. Komponen dan peralatan seperti di Gambar foto A1 disediakan untuk pengujian tamatan transistor.



Transistor 2N3904



Transistor 2N3906



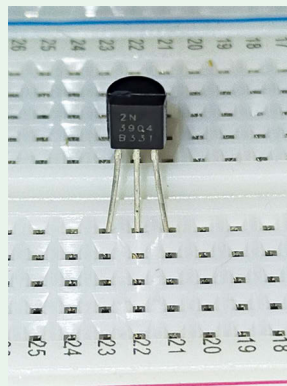
Papan Reka



Meter Pelbagai

*Gambar foto A1 Penyediaan komponen untuk reka bentuk fizikal litar*

3. Transistor 2N3904 dipasang pada papan reka, merujuk kepada Gambar foto A2.



*Gambar foto A2 Pemasangan transistor 2N3904 di atas papan reka*

4. Laraskan meter pelbagai pada tetapan bersimbol diod.

**Langkah Kerja:**

5. Mulakan pengujian tamatan:
  - (i) Pengujian tamatan bernombor 1 dan 2 transistor dwikutub. Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 1 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 2. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan dalam jadual keputusan.
  - (ii) Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 2 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 1. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan dalam jadual keputusan.
  - (iii) Pengujian tamatan bernombor 2 dan 3 transistor dwikutub. Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 2 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 3. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan dalam jadual keputusan.
  - (iv) Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 3 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 2. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan dalam jadual keputusan.
  - (v) Pengujian tamatan bernombor 1 dan 3 transistor dwikutub. Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 1 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 3. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan ke dalam jadual keputusan.
  - (vi) Sentuh hujung *probe* positif pada tamatan bernombor 3 transistor dan hujung *probe* negatif pada tamatan bernombor 1. Ambil bacaan pada paparan meter pelbagai dan catatkan dalam jadual keputusan.
6. Sambungkan transistor PNP 2N3906 pada papan litar.
7. Ulangi langkah 4 hingga 5. Catatkan keputusan dalam jadual.
8. Laraskan meter pelbagai ke simbol OFF.

*Jadual A1 Pengujian tamatan transistor 2N3904*

<b>Probe meter pelbagai</b>		<b>Bacaan meter pelbagai</b>
<b>Positif (+)</b>	<b>Negatif (-)</b>	
No. 1	No. 2	
No. 2	No. 1	
No. 2	No. 3	
No. 3	No. 2	
No. 1	No. 3	
No. 3	No. 1	



**Langkah Kerja:**

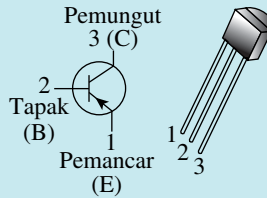
*Jadual A2 Pengujian tamatan transistor 2N3906*

Probe meter pelbagai		Bacaan meter pelbagai
Positif (+)	Negatif (-)	
No. 1	No. 2	
No. 2	No. 1	
No. 2	No. 3	
No. 3	No. 2	
No. 1	No. 3	
No. 3	No. 1	

**INFO EKSTRA**

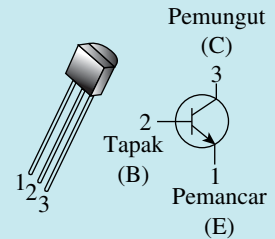
Bacaan pada paparan meter pelbagai ketika pengukuran pemilihan julat diod.  
 OL - Bacaan pincang balikan  
 0.7V - Bacaan pincang hadapan  
 Pengujian kerosakan Litar buka.  
 BC : Probe positif (tapak) probe negatif (pemungut) bacaan: OL  
 Probe positif (pemungut) probe negatif (tapak) bacaan: OL  
 Pengujian kerosakan Litar pintas  
 BC : Probe positif (tapak) probe negatif (pemungut) bacaan: 0V  
 Probe positif (pemungut) probe negatif (tapak) bacaan: 0V

**INFO EKSTRA**



*Transistor 2N3906*

**INFO EKSTRA**



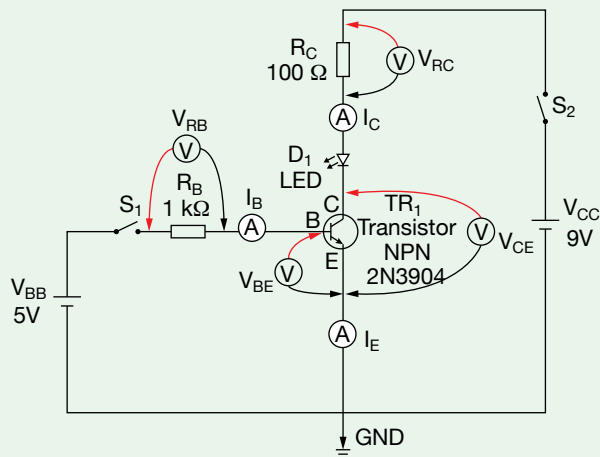
*Transistor 2N3904*

**Objektif 2: (Perkakasan)**

Pada akhir amali, murid akan dapat membuat pengiraan arus  $I_B$ ,  $I_C$  dan  $I_E$ , Voltan  $V_{CE}$  dan gandaan arus  $\beta$ .

**Langkah Kerja:**

1. Merujuk kepada litar Rajah A1 litar pemancar sepunya.



*Rajah A1 Litar pemancar sepunya*

**Langkah Kerja:**

2. Murid dikehendaki membuat pengiraan
  - (i) Arus  $I_B$ ,  $I_C$  dan  $I_E$ .
  - (ii) Voltan  $V_{CE}$ .
  - (iii) Gandaan arus  $\beta$ .
3. Catatkan jawapan ke dalam Jadual A3

*Jadual A3 Jawapan pengiraan arus dan voltan*

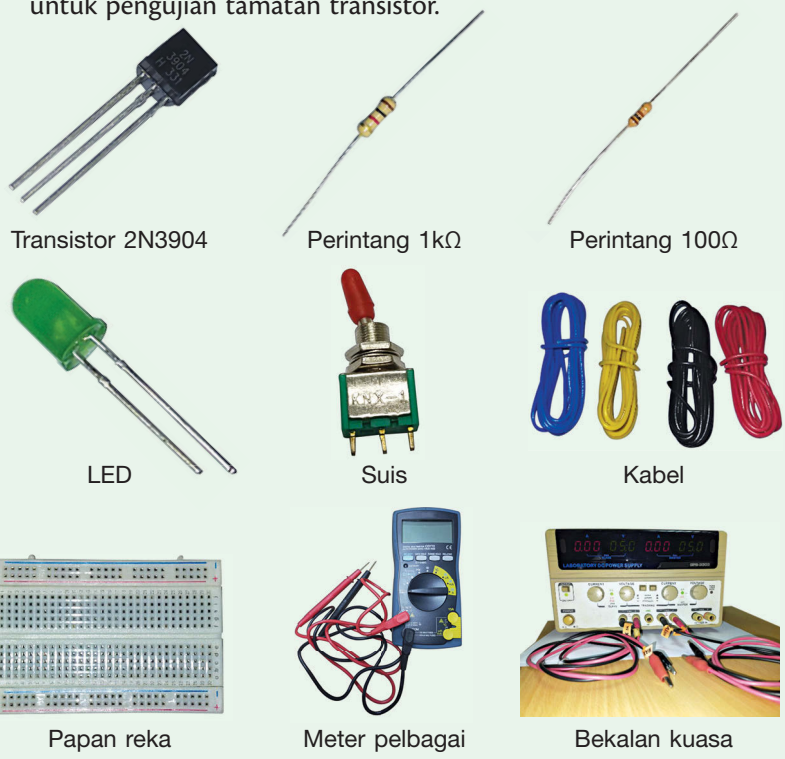
Arus $I_B$ (A)	
Arus $I_C$ (A)	
Arus $I_E$ (A)	
Voltan $V_{CE}$ (V)	
Gandaan arus, $\beta$	

**Objektif 3 Hingga 5:  
(Perkakasan)**

Pada akhir amali, murid akan dapat litar penguat tapak sepunya, mengukur pengujian tamatan transistor, nilai arus dan voltan dengan menggunakan meter pelbagai digital dan membuat kesimpulan hasil dapatan pengujian tamatan transistor dwikutub dan litar penguat pemancar sepunya.

**Langkah Kerja:**

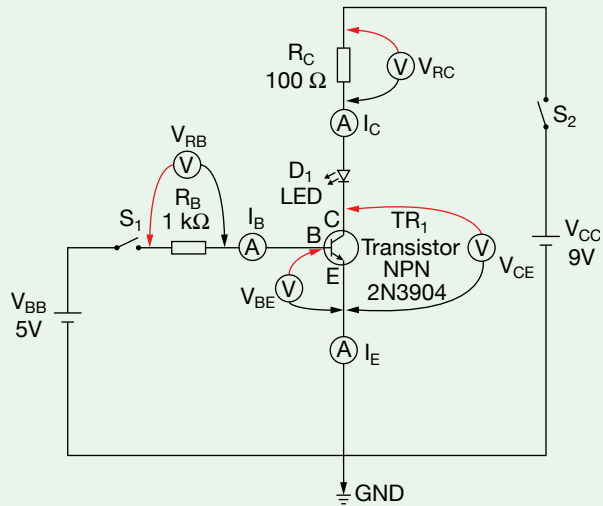
1. Murid perlu memasang komponen di atas papan reka untuk pengujian.
2. Komponen dan peralatan seperti di Gambar foto A3 disediakan untuk pengujian tamatan transistor.



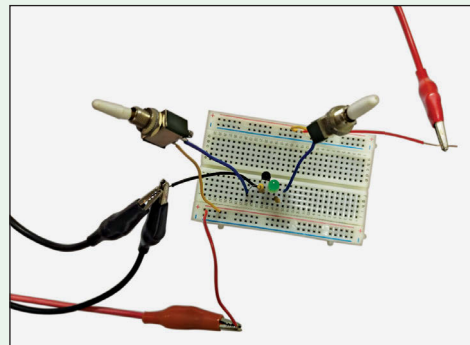
*Gambar foto A3 Penyediaan komponen untuk reka bentuk fizikal litar pemancar sepunya*

**Langkah Kerja:**

3. Pemasangan litar pemancar sepunya di atas papan litar adalah mengikut kreativiti dan kefahaman murid terhadap penyambungan litar.
4. Rajah A2 menunjukkan litar pemancar sepunya dan Gambar foto A4 menunjukkan contoh sambungan litar di atas papan reka.

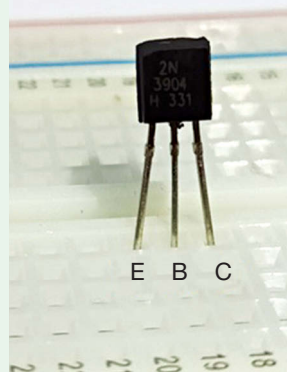


*Rajah A2 Litar pemancar sepunya*



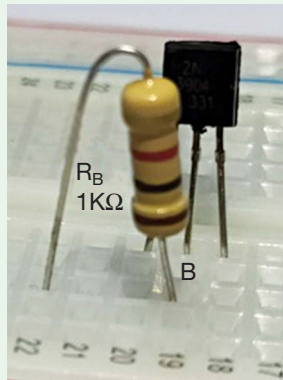
*Gambar foto A4 Pemasangan litar pemancar sepunya di atas papan reka*

5. Transistor 2N3904 dipasang di atas papan reka.

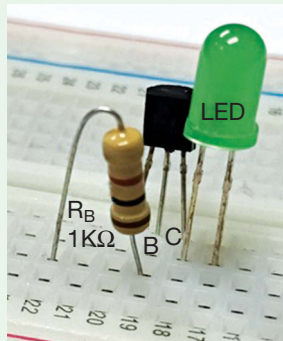


**Langkah Kerja:**

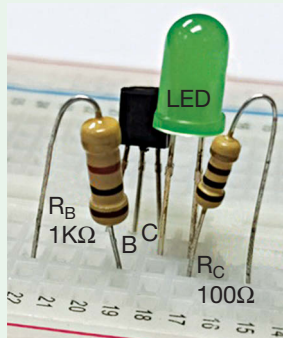
6. Seterusnya, perintang ( $R_B$ )  $1k\Omega$  dipasang pada lubang selari dengan tamatan tapak (B).



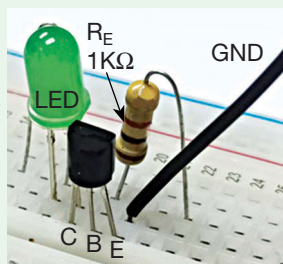
7. LED tamatan positif/negatif dipasang pada tamatan pemungut (C).



8. Perintang ( $R_C$ )  $100\Omega$  disambung pada kaki LED tamatan positif/negatif.

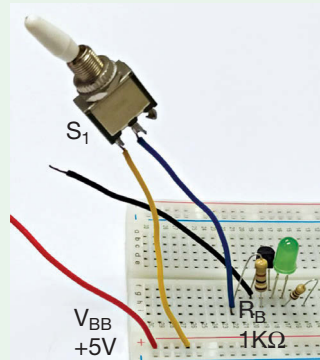


9. Wayar hitam (GND) disambung pada tamatan pemancar (E).

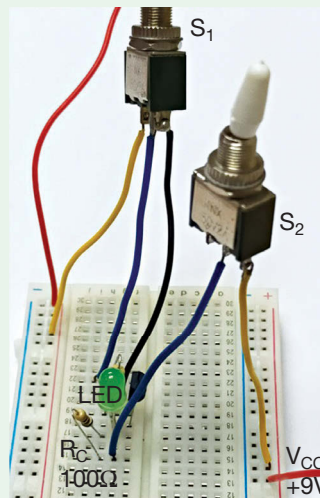


### Langkah Kerja:

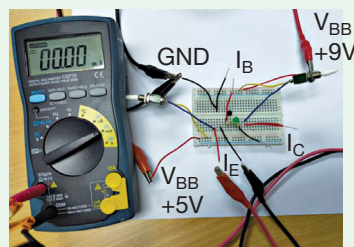
10. Suis  $S_1$  disambung antara kaki perintang  $R_B$  ke tamatan positif bekalan kuasa  $V_{BB}$  5V.



11. Suis  $S_2$  disambung antara kaki perintang  $R_C$  ke tamatan positif bekalan kuasa  $V_{CC}$  9V.



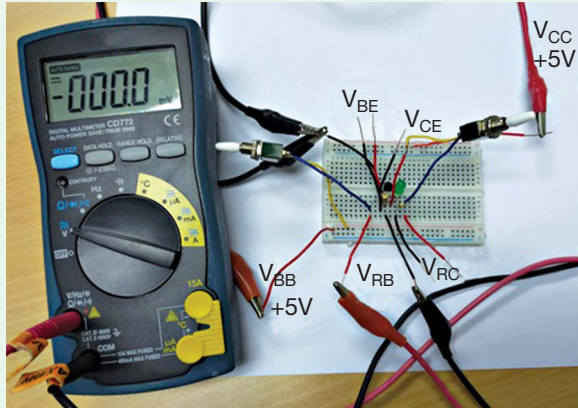
12. Laraskan meter pelbagai ke pengukuran arus (mA). Sambungkan meter pelbagai untuk pengukuran arus  $I_B$ ,  $I_C$  dan  $I_E$ . (Kedudukan meter *Probe* pelbagai hendaklah sesiri dalam litar. Sekiranya meter pelbagai digital menunjukkan bacaan negatif, hal ini menunjukkan bahawa kedudukan polariti meter *probe* pelbagai terbalik di antara positif dengan negatif.). Jika meter pelbagai tidak menunjukkan sebarang bacaan, laraskan suis meter pelbagai ke julat yang kecil ( $\mu A$ ). Catatkan keputusan yang diperolehi dalam jadual.





**Langkah Kerja:**

13. Laraskan meter pelbagai pengukuran voltan. Sambungkan meter pelbagai untuk pengukuran voltan susut  $V_{RB}$ ,  $V_{BE}$ ,  $V_{RC}$  dan  $V_{CE}$ . (Kedudukan meter *Probe* pelbagai hendaklah selari dengan beban/komponen yang hendak diukur. Sekiranya meter pelbagai digital menunjukkan bacaan negatif, hal ini menunjukkan bahawa kedudukan polariti meter *Probe* pelbagai terbalik di antara positif dengan negatif.) Catatkan keputusan yang diperoleh dalam jadual.



14. Laraskan meter pelbagai ke simbol OFF. Rekodkan hasil pengujian pengukuran arus dan voltan dalam Jadual A4.

*Jadual A4 Pengujian litar pemancar sepunya*

Keadaan Suis	Keadaan LED	Bacaan meter pelbagai						
		$I_B$ (A)	$V_{RB}$ (V)	$V_{BE}$ (V)	$I_C$ (A)	$I_E$ (A)	$V_{RC}$ (V)	$V_{CE}$ (V)
$S_1$ dihidupkan $S_2$ dimatikan								
$S_1$ dihidupkan $S_2$ dihidupkan								

15. Membuat kesimpulan hasil dapatan pengujian tamatan transistor dwikutub dan litar penguat pemancar sepunya Berdasarkan maklumat yang diperolehi dengan secara pengiraan teori dan uji kaji, terangkan secara ringkas:
- Hubungan antara voltan pincang dengan voltan keluaran.
  - Gandaan arus dan voltan.

## B. Melaksanakan objektif 6 – laporan amali

<b>Objektif 6:</b>	Pada akhir aktiviti amali perisian dan perkakasan, murid dapat menyediakan laporan amali yang dijalankan.
<b>Langkah Kerja:</b>	(i) PENDAHULUAN Ringkasan teori penguat pemancar sepunya (ii) ANALISIS Pengiraan: (a) Arus $I_B$ , $I_C$ dan $I_E$ . (b) Voltan $V_{CE}$ (c) Gandaan arus $\beta$ . (iii) KESIMPULAN (iv) LAMPIRAN Manual Amali Perkakasan Manual Amali Perisian (v) BIBLIOGRAFI 1. Laporan boleh disediakan seperti yang ditunjukkan dalam lampiran

Lampiran		
<b>Nama Murid:</b>		
<b>No. Kad Pengenalan:</b>		
<b>Nama Sekolah:</b>		
<b>Tingkatan:</b>		
<b>Tahun:</b>		
Bil.	Aktiviti kerja	Huraian
1.	Pendahuluan • Ringkasan Teori Penguat Pemancar Sepunya	
2.	Analisis Pengiraan: (d) Arus $I_B$ , $I_C$ dan $I_E$ (e) Voltan $V_{CE}$ (f) Gandaan arus $\beta$	
3.	Kesimpulan	
4.	Lampiran • Manual Amali Perkakasan • Manual Amali Perisian	
5.	Bibliografi	

## 1.1.6 Transistor Dwikutub sebagai Suis

Transistor dapat digunakan sebagai suis dengan cara pincangan. Ketika keadaan suis dibuka transistor berada pada takat potong di mana tamatan tapak – pemancar (BE) dan tapak – pemungut (BC) dalam pincang balikan. Pada ketika ini, arus tapak ( $I_B$ ) dan arus pemungut ( $I_C$ ) adalah sifar. Manakala voltan pemungut – pemancar ( $V_{CE}$ ) sama nilai dengan voltan bekalan  $V_{CC}$ . Rajah 1.1.13(a) menunjukkan transistor berada dalam keadaan takat potong.

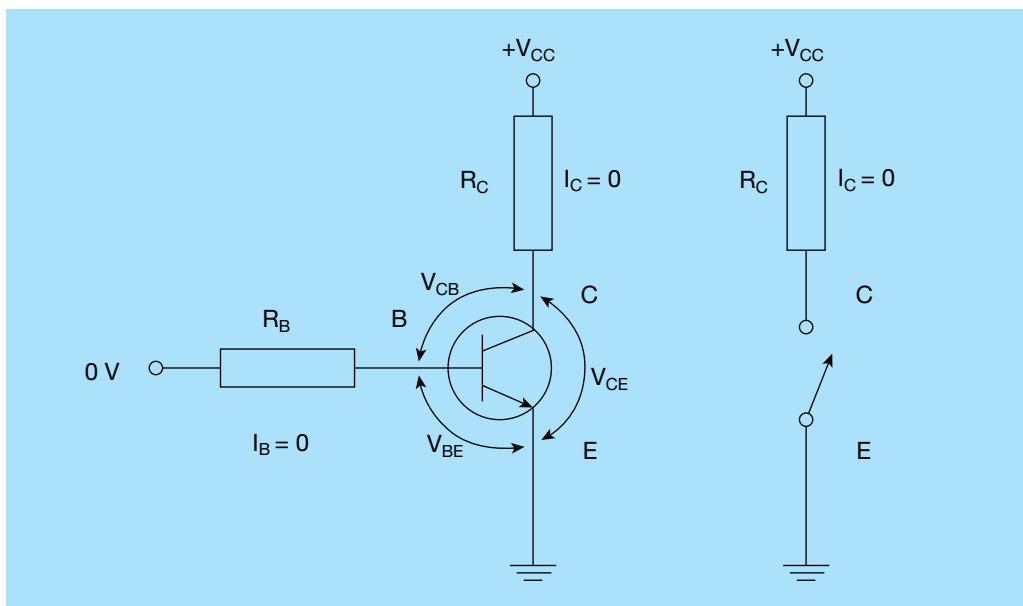


### Dwiistilah

- Takat potong - *Cut-off*
- Takat tepu - *Saturation*
- Kawasan potong - *Cut-off region*

Keadaan takat potong:

$$V_{CE} \text{ (takat potong)} = V_{CC}$$



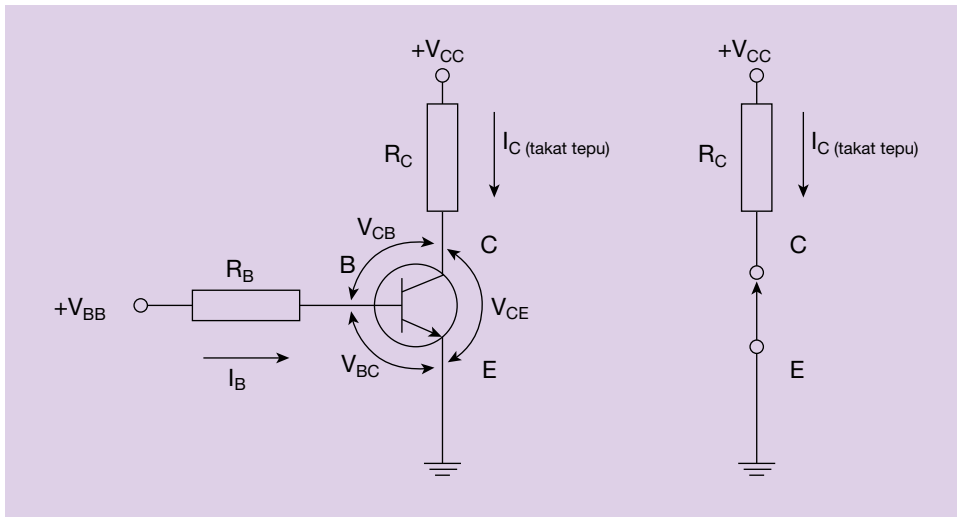
Rajah 1.1.13 Transistor sebagai suis (takat potong – litar dibuka)

Transistor berkendali sebagai suis tertutup seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1.14. Transistor ini berkeadaan takat tepu di mana tapak – pemancar (BE) dan tapak – pemungut dipincang (BC) hadapan. Transistor memberikan arus yang mencukupi kepada tapak ( $I_B$ ) untuk arus pemungut ( $I_C$ ) berada pada takat tepu. Untuk mendapatkan nilai  $I_B$  minimum, pengiraan adalah seperti yang berikut:

Keadaan takat tepu:

$$I_{C(\text{takat tepu})} = \frac{V_{CC} - V_{CE(\text{takat tepu})}}{R_C}$$

$$I_{\beta(\text{min})} = \frac{I_{C(\text{takat tepu})}}{\beta}$$



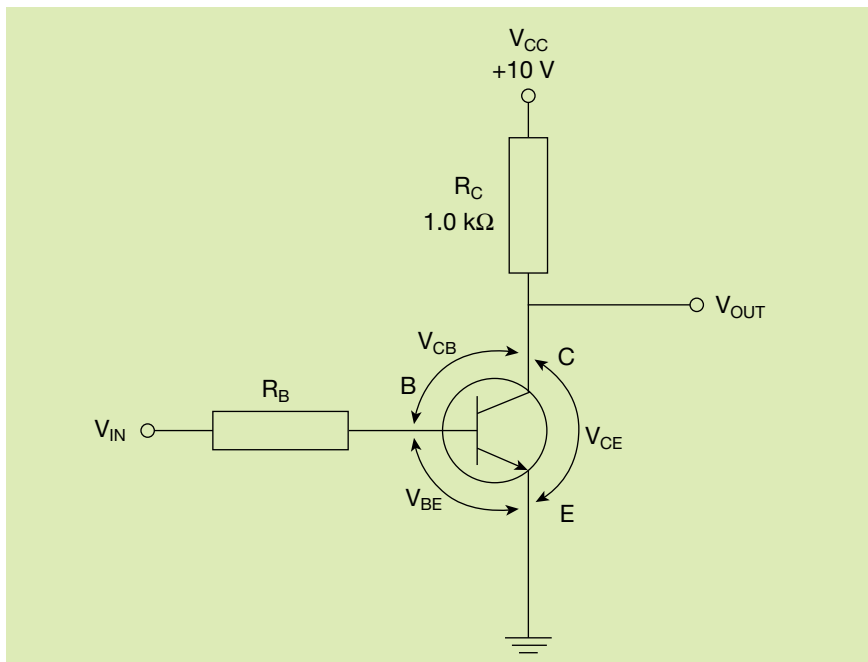
**Rajah 1.1.14** Transistor sebagai suis (takat tepu – litar ditutup)

Dalam menganalisis data aplikasi transistor sebagai suis, ada dua keadaan yang akan dilihat iaitu, ketika keadaan suis terbuka dan keadaan ketepuan (suis tertutup).

### Contoh 3

Transistor sebagai suis seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.1.15. Diberi  $\beta$  ialah 200. Hitung:

- Nilai  $V_{CE}$  apabila  $V_{IN} = 0$ .
- Nilai  $I_B$  minimum yang diperlukan untuk transistor berkendali sebagai suis tutup.
- Nilai  $R_B$  sekiranya  $V_{IN} = 5$  V.



**Rajah 1.1.15** Litar transistor sebagai suis

### Cara penyelesaian:

(a) Bila  $V_{IN} = 0$ , transistor dalam keadaan kawasan potong

$$V_{CE} = V_{CC} = 10 \text{ V}$$

(b) Andai  $V_{CE} \text{ (takat tepu)} = 0 \text{ V}$

$$I_{C(\text{takat tepu})} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$= \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega}$$
$$= 10 \text{ mA}$$

$$I_{B(\text{min})} = \frac{I_{C(\text{takat tepu})}}{\beta}$$

$$= \frac{10 \text{ mA}}{200}$$
$$= 50 \mu\text{A}$$

(c) Apabila transistor aktif,  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ . Voltan susut pada  $V_{RB}$

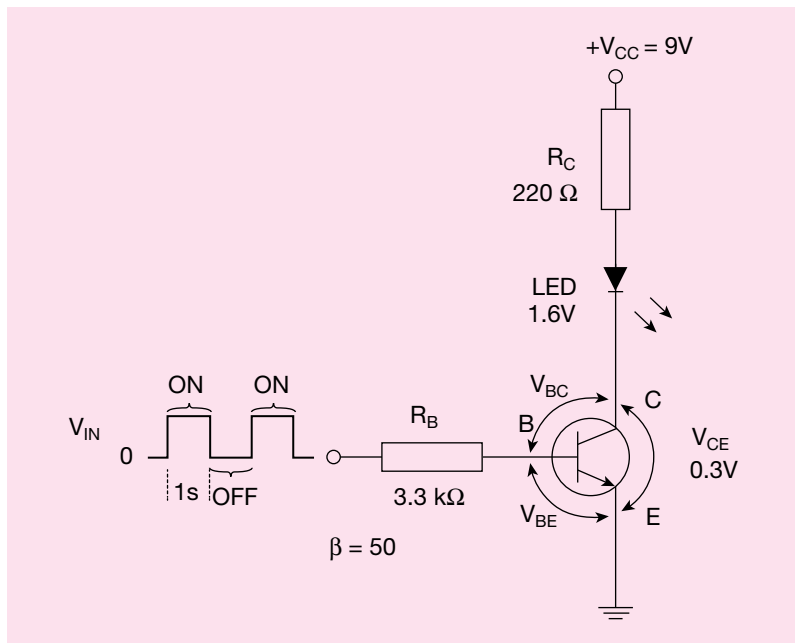
$$V_{RB} = V_{IN} - V_{BE}$$
$$\cong 5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}$$
$$= 4.3 \text{ V}$$

Hitung nilai  $R_B$  apabila arus minimum  $I_B = 50 \mu\text{A}$

$$R_{B(\text{max})} = \frac{V_{RB}}{I_{B(\text{min})}}$$
$$= \frac{4.3 \text{ V}}{50 \mu\text{A}}$$
$$= 86 \text{ k}\Omega$$

### Contoh 4

Satu LED yang disambung seperti litar dalam Rajah 1.1.16 memerlukan arus 30 mA untuk menyala dengan sempurna. Berdasarkan litar tersebut, tentukan nilai voltan masukan yang diperlukan untuk memastikan LED tersebut menyala dalam keadaan selamat dan berkesan.



Rajah 1.1.16 Litar transistor sebagai suis



**Cara penyelesaian:**

$$\begin{aligned} I_{C(\text{takat tepu})} &= \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{CE(\text{takat tepu})}}{R_C} \\ &= \frac{9 \text{ V} - 1.6 \text{ V} - 0.3 \text{ V}}{220 \ \Omega} \\ &= 32.3 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{B(\text{min})} &= \frac{I_{C(\text{takat tepu})}}{\beta} \\ &= \frac{32.3 \text{ mA}}{50} \\ &= 644 \ \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{B(\text{min})} &= \frac{V_{RB}}{R_B} \\ &= \frac{V_{IN} - V_{BE}}{R_B} \\ &= \frac{V_{IN} - 0.7 \text{ V}}{3.3 \text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

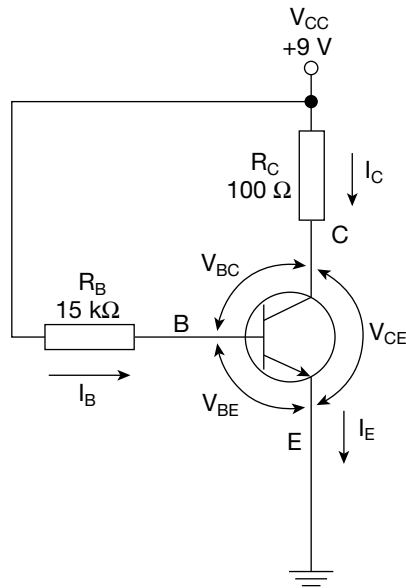
$$\begin{aligned} V_{IN} - 0.7 \text{ V} &= I_{B(\text{min})} R_B \\ &= (644 \ \mu\text{A})(3.3 \text{ k}\Omega) \\ V_{IN} &= (644 \ \mu\text{A})(3.3 \text{ k}\Omega) + 0.7 \text{ V} \\ &= 2.83 \text{ V} \end{aligned}$$



**UJI MINDA**

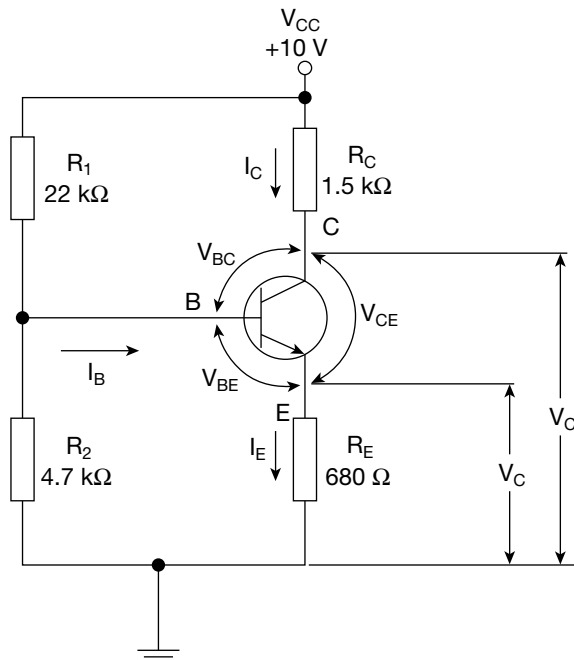
1. Namakan dua jenis transistor dwikutub.
2. Namakan tiga tamatan yang terdapat pada transistor dwikutub.
3. Senaraikan tiga jenis tatarajah sambungan asas transistor.
4. Nyatakan hubungan fasa bagi isyarat masukan dan isyarat keluaran bagi ketiga-tiga tatarajah.
5. Nyatakan 2 pincangan yang perlu untuk transistor berkendali.
6. Lukiskan litar pincang pembahagi voltan.
7. Terangkan kendalian transistor dwikutub litar pincang arus tetap.

8. Hitung nilai  $I_C$  dan  $V_{CE}$  dalam litar dengan merujuk kepada Rajah 1.1.17. Diberi nilai  $\beta$  berubah dari 50 ke 125.



Rajah 1.1.17 Litar pincang arus tetap

9. Hitung nilai  $V_{CE}$  dan  $V_C$  untuk litar pincang pembahagi voltan yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1.18. Nilai  $\beta = 150$ .

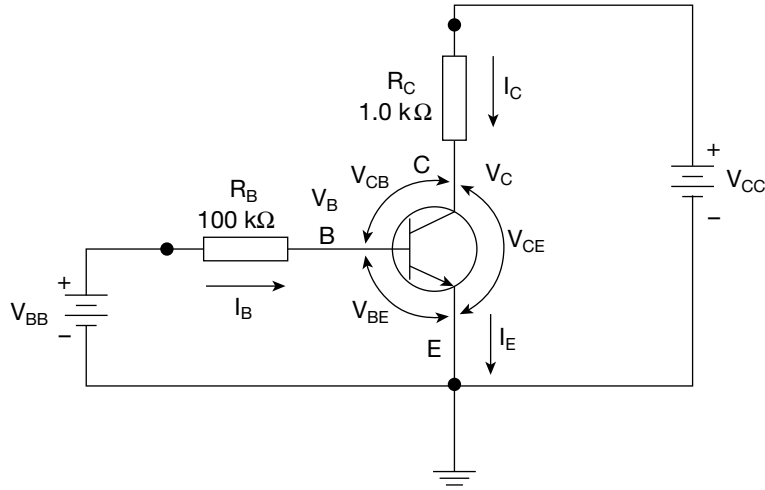


Rajah 1.1.18 Litar pincang pembahagi voltan

10. Senaraikan parameter arus yang terdapat dalam litar transistor dwikutub.

11. Senaraikan parameter voltan yang terdapat dalam litar transistor dwikutub.

12. Berdasarkan Rajah 1.1.19, diberi  $\beta = 200$ ,  $V_{CC} = 10V$  dan  $V_{BB} = 3V$ . Hitung nilai  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$  dan  $V_{CE}$ .

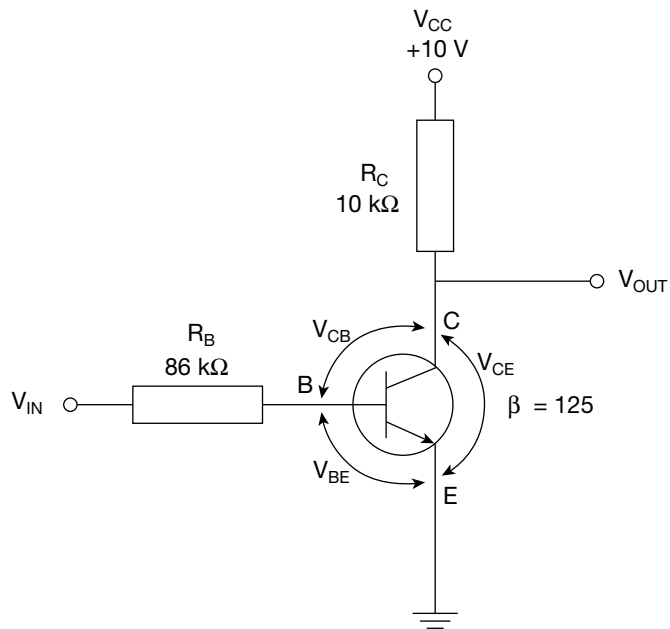


Rajah 1.1.19 Litar penguat pemancar sepunya

13. Lakarkan litar transistor yang digunakan sebagai suis.

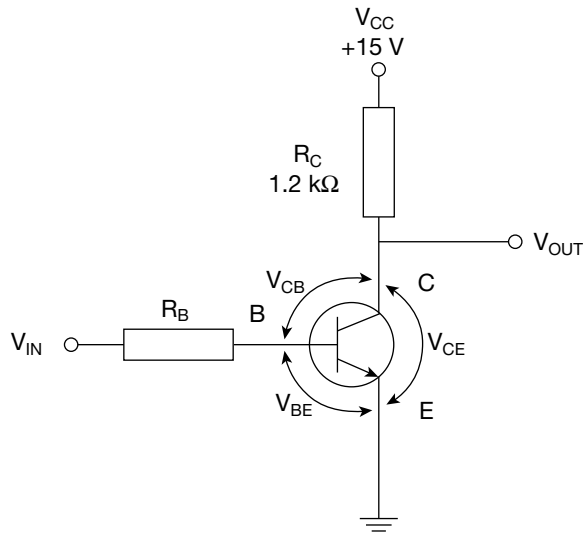
14. Apakah yang dimaksudkan dengan keadaan *cut-off* dan ketepuan?

15. Tentukan  $I_{C(sat)}$  untuk litar transistor pada Rajah 1.1.20. Apakah nilai  $I_B$  yang diperlukan untuk mencapai tahap ketepuan? Apakah nilai minimum voltan masukan,  $V_{IN}$  untuk memastikan litar transistor berada dalam keadaan ketepuan? Andaikan nilai  $V_{CE(sat)} = 0 V$ .



Rajah 1.1.20 Litar transistor sebagai suis

16. Litar transistor dalam Rajah 1.1.21 mempunyai  $\beta = 200$ . Tentukan nilai perintang,  $R_B$  apabila  $V_{IN} = 5 \text{ V}$ .



Rajah 1.1.21 Litar transistor sebagai suis



## Manual Amali Perisian Penguat Pemancar Sepunya

<b>Tarikh:</b>			
<b>Nama Murid:</b>			
<b>Nama Guru:</b>			
<b>Komen Penilai:</b>			
<b>Markah:</b>			
<b>No. Dokumen:</b>	2020_Ee_t5_1		
<b>No. Semakan:</b>	0		
<b>Bil. Muka Surat:</b>	5		
<b>Objektif</b>	1.	Menyambung litar penguat tapak sepunya	
	2.	Membuat justifikasi bacaan arus bagi $I_B$ , $I_C$ , $I_E$ dan voltan bagi $V_{RB}$ , $V_{BE}$ , $V_{RC}$ dan $V_{CE}$ penguat tapak sepunya	
<b>Senarai Bahan:</b>	1.	Perisian komputer yang berkaitan (dicadangkan perisian <i>easyEda</i> )	1 unit
<b>Senarai Peralatan:</b>	1.	Komputer atau komputer riba	1 set



**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk memuat turun Langkah-langkah Penggunaan *easyEda*

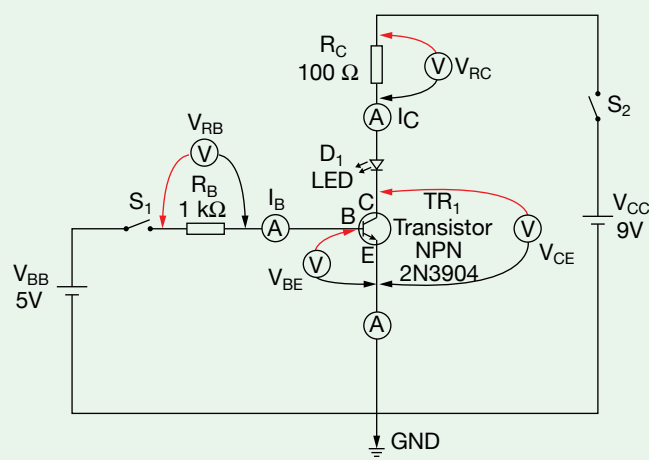


<http://buku-teks.com/kee5034>

### Penggunaan perisian *easyEda*

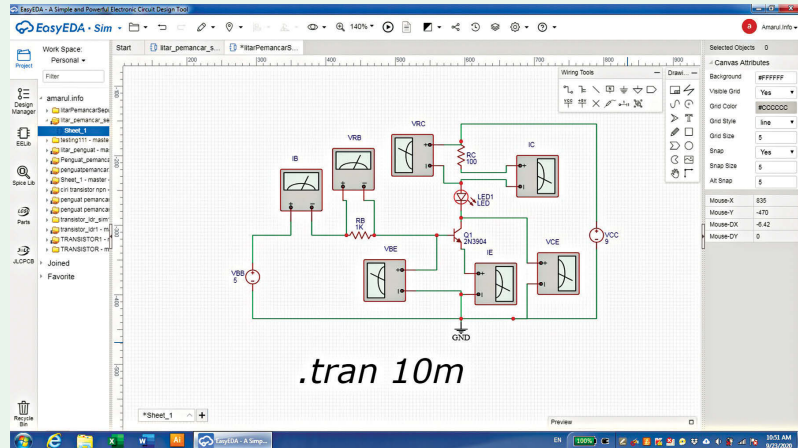
1. Penggunaan aplikasi perisian *easyEda* boleh dibuat melalui laman sesawang <https://easyEda.com/> atau dimuat turun ke dalam komputer untuk dipasang (*Install*).
2. Buka akaun Google untuk memastikan aplikasi perisian *easyEda* boleh dicapai dan digunakan.
3. Sila rujuk sudut maya perisian *easyEda* untuk mendapatkan maklumat yang lengkap tentang cara penggunaannya.

### A. Melaksanakan objektif 1 dan 2 dengan menggunakan simulasi perisian kejuruteraan

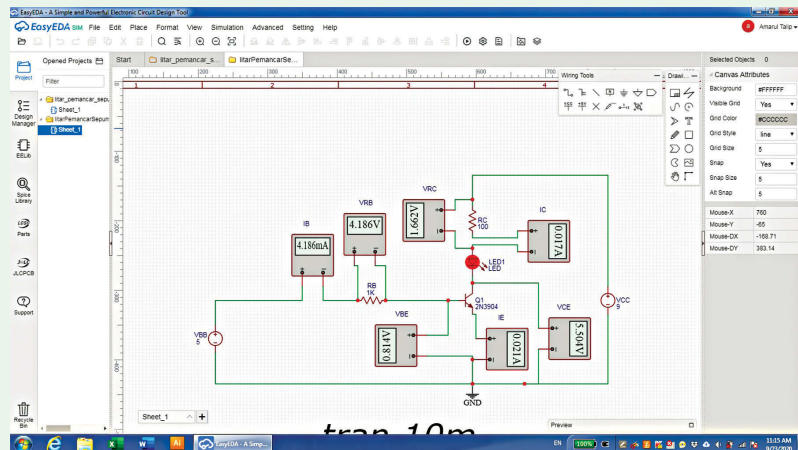
<b>Objektif 1: (Simulasi)</b>	Murid menghasilkan litar penguat tapak sepunya																
<b>Langkah Kerja:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Murid membuat binaan litar simulasi berdasarkan litar penguat tapak sepunya, berdasarkan Rajah B1.</li></ol>  <p style="text-align: center;"><i>Rajah B1</i> Litar pemancar sepunya</p> <ol style="list-style-type: none"><li>2. Murid membina litar penguat tapak sepunya mengikut spesifikasi bahan dan komponen. Yang berikut ialah contoh spesifikasi bahan dan komponen.</li></ol> <table border="1"><thead><tr><th>Spesifikasi bahan dan komponen</th><th>Bilangan</th></tr></thead><tbody><tr><td>Perintang 1KΩ</td><td>1 unit</td></tr><tr><td>Perintang 100Ω</td><td>1 unit</td></tr><tr><td>LED</td><td>1 unit</td></tr><tr><td>Transistor dwikutub 2N3904</td><td>1 unit</td></tr><tr><td>Suis</td><td>2 unit</td></tr><tr><td>Bekalan kuasa At</td><td>2 unit</td></tr><tr><td>Meter pelbagai</td><td>7 unit</td></tr></tbody></table>	Spesifikasi bahan dan komponen	Bilangan	Perintang 1KΩ	1 unit	Perintang 100Ω	1 unit	LED	1 unit	Transistor dwikutub 2N3904	1 unit	Suis	2 unit	Bekalan kuasa At	2 unit	Meter pelbagai	7 unit
Spesifikasi bahan dan komponen	Bilangan																
Perintang 1KΩ	1 unit																
Perintang 100Ω	1 unit																
LED	1 unit																
Transistor dwikutub 2N3904	1 unit																
Suis	2 unit																
Bekalan kuasa At	2 unit																
Meter pelbagai	7 unit																

## Langkah Kerja:

3. Contoh penghasilan dan simulasi litar dengan menggunakan perisian kejuruteraan seperti di Rajah B2 dan Rajah B3 yang berikut:



Rajah B2 Litar simulasi dengan menggunakan perisian kejuruteraan dalam keadaan suis buka



Rajah B3 Litar simulasi dengan menggunakan perisian kejuruteraan dalam keadaan suis tutup

## Objektif 2: (Simulasi)

Pada akhir amali, murid akan dapat membuat justifikasi bacaan arus bagi  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$  dan voltan bagi  $V_{RB}$ ,  $V_{BE}$ ,  $V_{RC}$  dan  $V_{CE}$  penguat tapak sepunya.

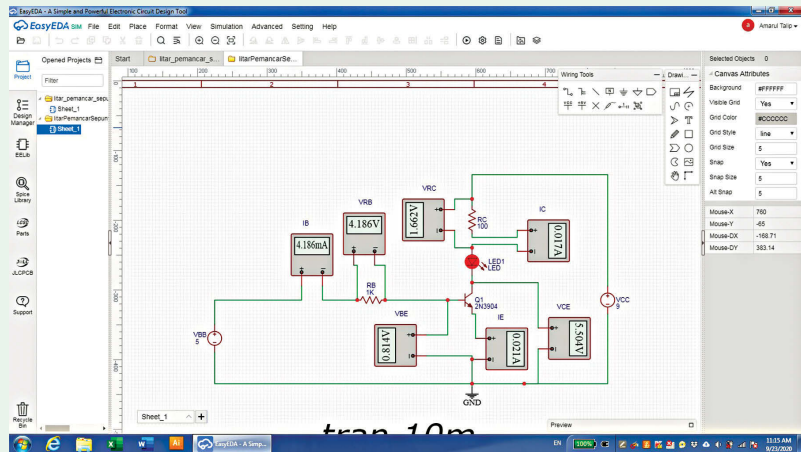
## Langkah Kerja:

1. Murid perlu menghasilkan litar penguat pemancar sepunya dengan menggunakan perisian.
2. Murid menentukan justifikasi bacaan arus bagi  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$  dan voltan bagi  $V_{RB}$ ,  $V_{BE}$ ,  $V_{RC}$  dan  $V_{CE}$  penguat tapak sepunya.
3. Rajah B4 menunjukkan kedudukan litar yang sedang diuji kendaliannya.



## Langkah Kerja:

- Murid perlu merekod hasil pengujian bacaan arus dan voltan yang ditunjukkan pada perisian kejuruteraan. Jawab di ruang yang disediakan.



*Rajah B4* Litar simulasi dengan menggunakan perisian kejuruteraan dalam keadaan suis tutup

Rekodkan hasil pengujian bacaan arus dan voltan di ruangan seperti yang ditunjukkan pada Jadual B1.

*Jadual B1* Keputusan Pangujian Arus dan Voltan dengan Menggunakan Perisian Kejuruteraan

Keadaan suis (on/off simulasi)	Keadaan LED	Bacaan meter pelbagai						
		$I_B$	$V_{RB}$	$V_{BE}$	$I_C$	$I_E$	$V_{RC}$	$V_{CE}$
OFF								
ON								

Catat justifikasi bacaan arus dan voltan bagi litar pemancar sepenuhnya.

# 1.2

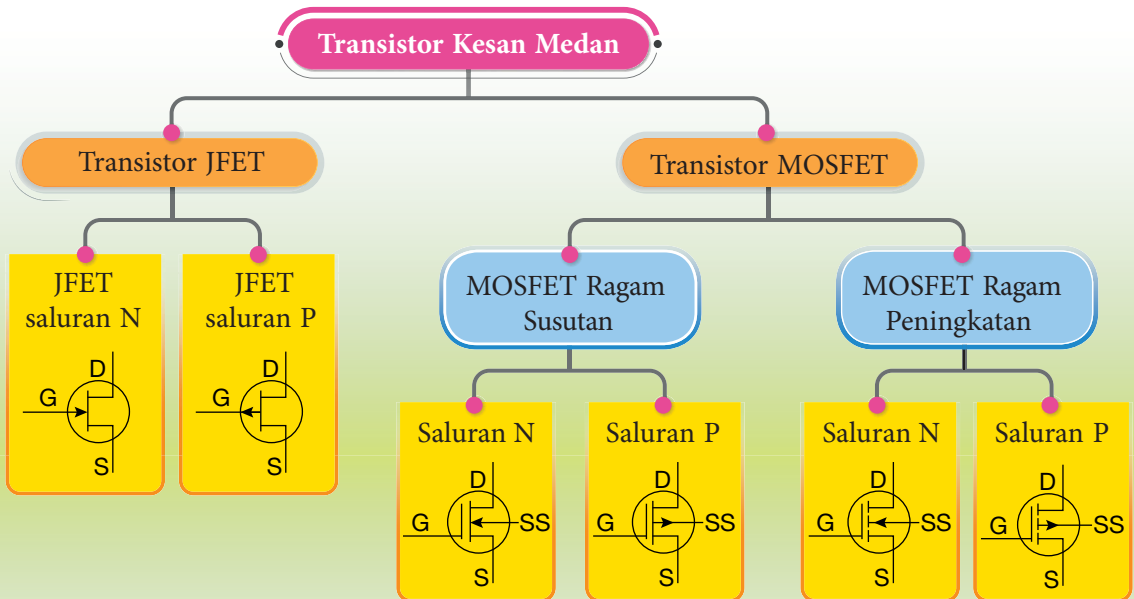
## TRANSISTOR KESAN MEDAN

### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

- 4.2.1 Mengenal pasti simbol dan struktur binaan transistor kesan medan.
  - (a) saluran N
  - (b) saluran P
- 4.2.2 Menyatakan jenis tatarajah litar transistor kesan medan.
  - (a) get sepunya
  - (b) sumber sepunya
  - (c) salir sepunya
- 4.2.3 Menerangkan kawasan pengendalian (*operating region*) transistor kesan medan.

Transistor kesan medan (FET) terbahagi kepada dua jenis iaitu transistor kesan medan simpang (JFET) dan transistor kesan medan separuh pengalir oksida logam (MOSFET). Rajah 1.2.1 menunjukkan carta transistor kesan medan. FET mempunyai tiga tamatan iaitu tamatan salir, tamatan sumber, dan tamatan get. FET dinamakan sebagai peranti terkawal voltan kerana voltan yang dikenakan pada get boleh mengawal hanya satu jenis pengaliran pembawa arus majoriti pada saluran. Sebagaimana transistor dwikutub yang mempunyai jenis PNP dan NPN, FET juga mempunyai FET saluran N dan FET saluran P. FET ini digunakan sebagai penguat kerana FET mempunyai kadar kebisingan dalaman yang rendah serta banyak digunakan dalam litar frekuensi radio. Gambar foto 1.2.1 menunjukkan bentuk fizikal beberapa FET.



Rajah 1.2.1 Transistor kesan medan

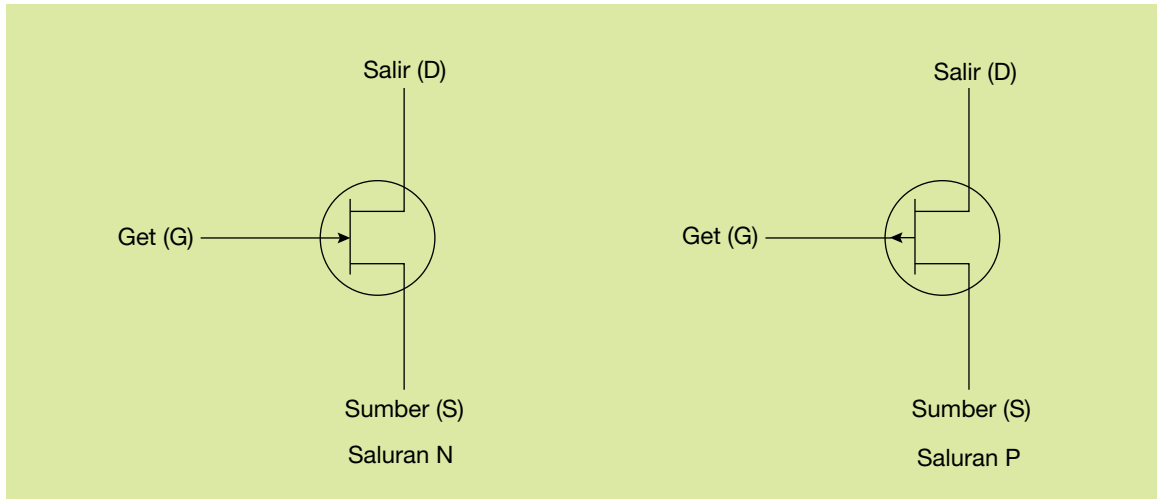


Gambar foto 1.2.1 Bentuk fizikal transistor kesan medan

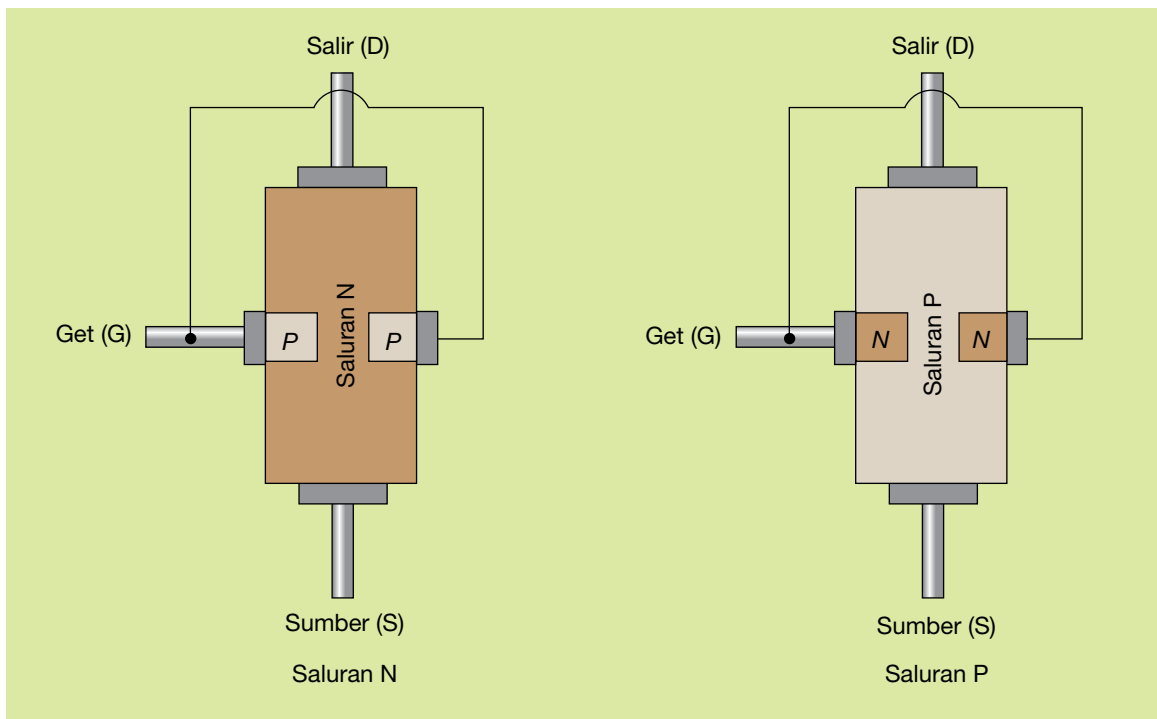
## 1.2.1 Simbol dan Struktur Binaan Transistor Kesan Medan

### Transistor Kesan Medan Sempang (JFET)

Transistor kesan medan sempang (JFET) dibina daripada dua jenis bahan iaitu bahan jenis N dan bahan jenis P. Rajah 1.2.2. menunjukkan simbol transistor kesan medan. Struktur binaan JFET terdiri daripada dua bahagian. Jenis bahan separuh pengalir diapit oleh dua lapisan bahan yang berlainan jenis seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2.3.



Rajah 1.2.2 Simbol transistor kesan medan (JFET)

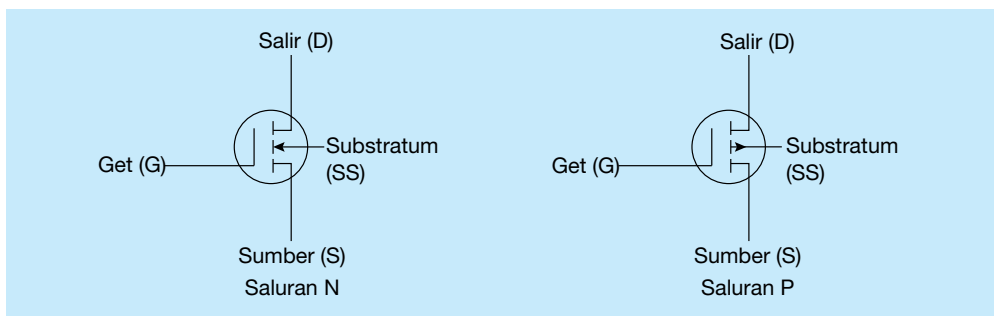


Rajah 1.2.3 Struktur binaan transistor kesan medan (JFET)

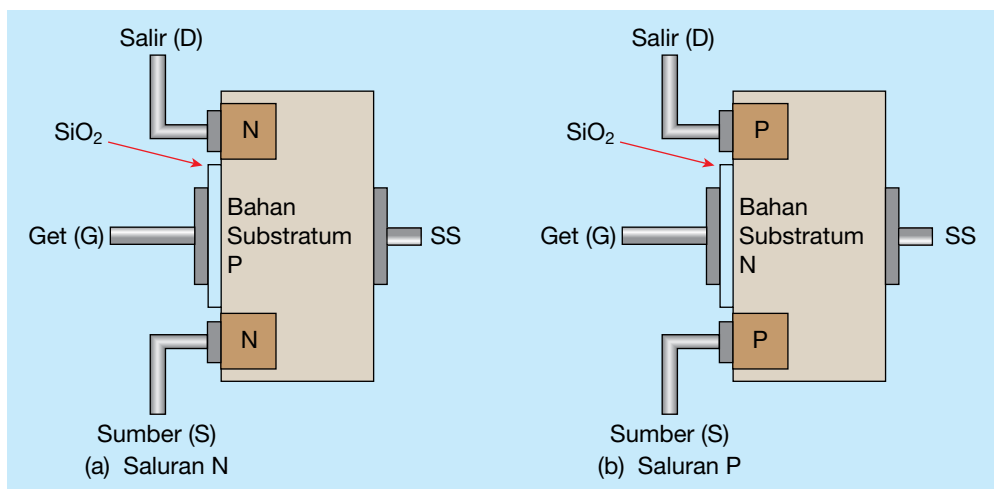
## Transistor Kesan Medan Separa Pengalir Oksida Logam (MOSFET)

Binaan get (G) merupakan perbezaan antara MOSFET dengan JFET. Get dibina berasingan daripada saluran. Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) pula merupakan bahan yang digunakan untuk menebatkan get dan saluran. MOSFET mempunyai tiga tamatan yang sama seperti JFET iaitu tamatan salir (D), sumber (S), dan get (G). MOSFET terbahagi kepada dua jenis iaitu MOSFET jenis ragam peningkatan dan MOSFET jenis ragam susutan. Bagi MOSFET jenis ragam peningkatan, saluran dibina di antara salir dengan sumber boleh dibesarkan atau diluaskan dengan mengenakan voltan pincang yang betul pada get dan sumber. Manakala bagi MOSFET jenis ragam penurunan pula, saluran yang sedia wujud di antara salir dengan sumber boleh diluaskan atau disempitkan bergantung pada kekutuban voltan yang dikenakan pada get dan sumber. Setiap jenis MOSFET ini mempunyai dua jenis saluran iaitu saluran N dan saluran P.

Rajah 1.2.4 menunjukkan MOSFET jenis ragam peningkatan. Rajah 1.2.5 pula menunjukkan binaan MOSFET, terdapat dua saluran untuk MOSFET jenis peningkatan. Binaan MOSFET jenis ragam peningkatan tidak mempunyai saluran di antara salir dengan sumber. Saluran hanya akan terjadi apabila ada voltan dikenakan pada salir dan sumber serta voltan positif pada get. Apabila voltan positif pada get bertambah maka saluran akan menjadi semakin luas. Arus yang mengalir dari salir ke sumber melalui saluran ini turut bertambah berbanding semasa get dikenakan voltan negatif. MOSFET boleh digunakan sebagai penguat bagi isyarat kecil arus terus dan arus ulang-alik sebagai litar pengayun.



Rajah 1.2.4 Simbol transistor kesan medan (MOSFET ragam peningkatan)



Rajah 1.2.5 Struktur binaan transistor kesan medan (MOSFET ragam peningkatan)

Rajah 1.2.6 menunjukkan MOSFET jenis ragam susutan dan Rajah 1.2.7 pula menunjukkan binaan MOSFET ragam susutan. Terdapat dua saluran untuk MOSFET jenis ragam susutan. Dalam binaan MOSFET jenis ragam susutan, saluran telah sedia ada di antara salir dengan sumber. Kesusutan saluran akan berubah apabila ada voltan dikenakan pada get ke sumber. Apabila voltan negatif dibekalkan pada get ke sumber, saluran akan disusutkan atau disempitkan dan hal ini membenarkan hanya sedikit arus mengalir dari sumber ke salir. Arus meningkat mengalir melalui saluran apabila voltan positif dikenakan pada get ke sumber.

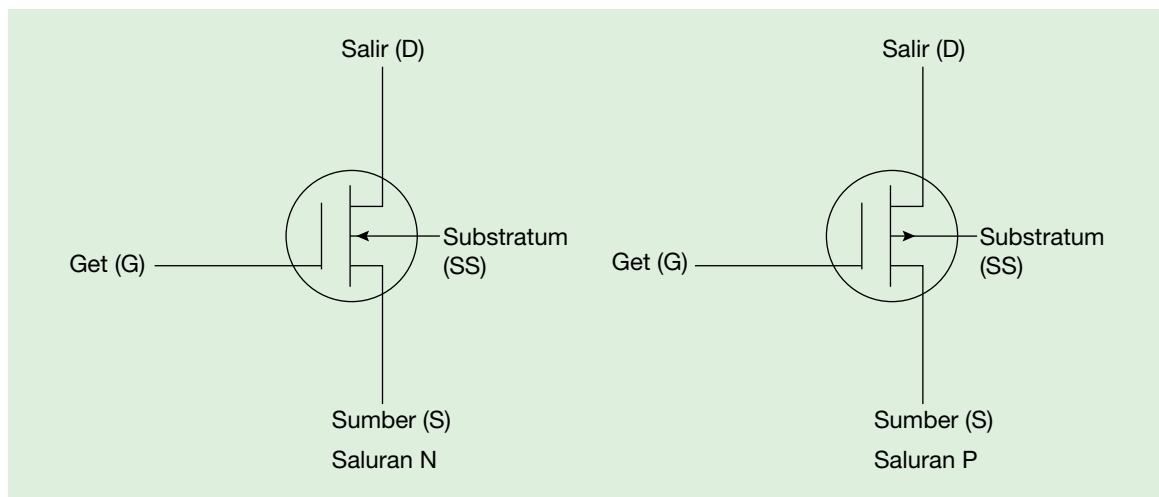


**IMBAS  
MAYA**

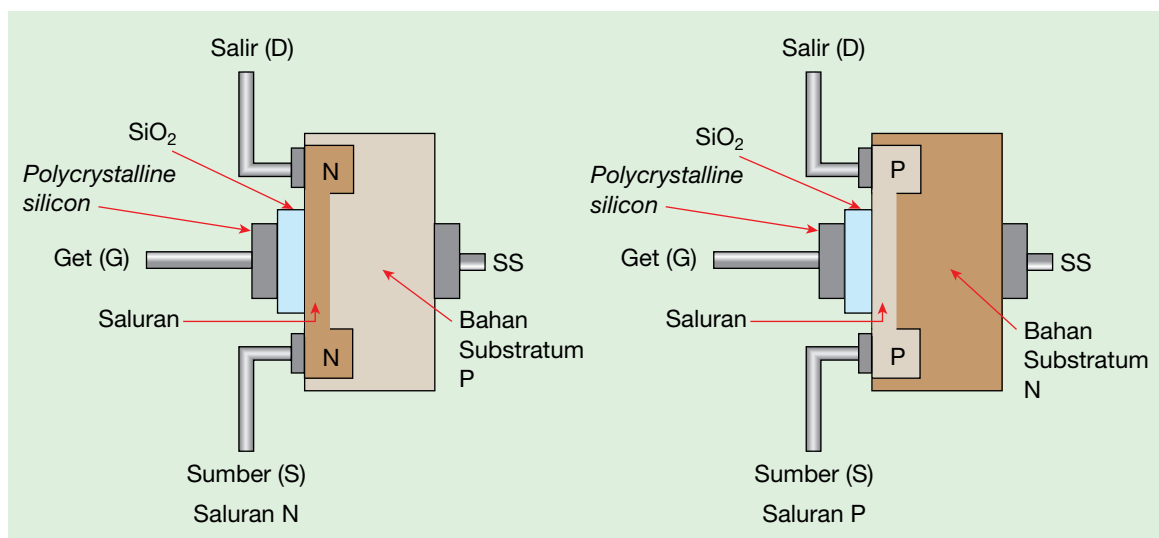
Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video tentang struktur transistor kesan medan.



<http://buku-teks.com/kee5041>



**Rajah 1.2.6** Simbol transistor kesan medan (MOSFET ragam susutan)



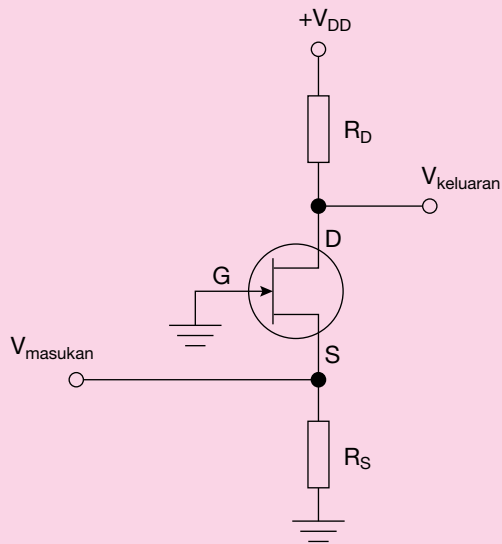
**Rajah 1.2.7** Struktur binaan transistor kesan medan (MOSFET ragam susutan)

## 4.2.2 Tatarajah Litar Transistor Kesan Medan

Terdapat tiga jenis tatarajah litar yang umum untuk JFET dan MOSFET iaitu get sepunya, sumber sepunya, dan salir sepunya. Setiap litar mempunyai kelebihan dan kekurangan.

### Get Sepunya

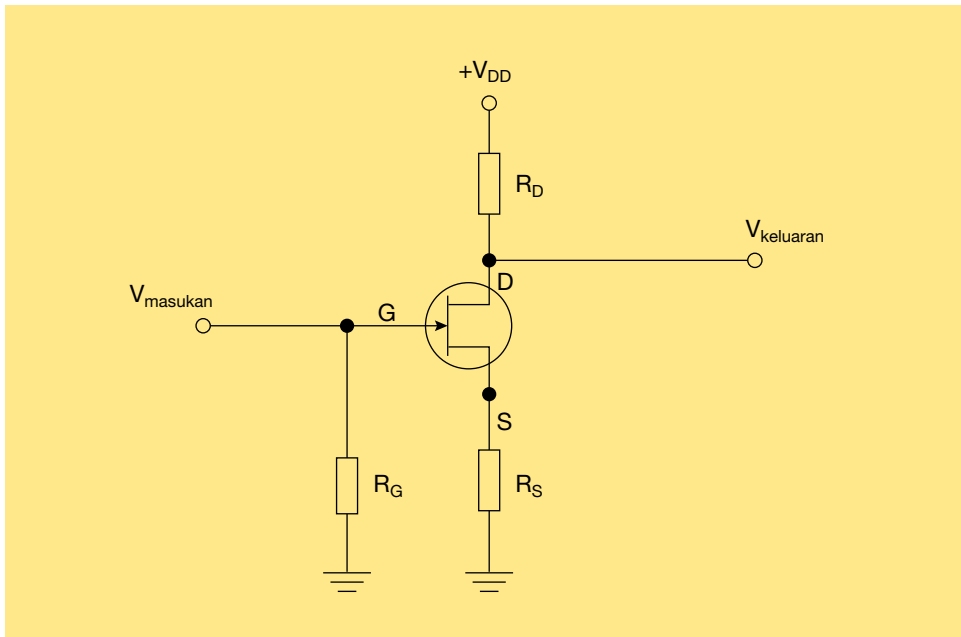
Tatarajah yang menunjukkan litar get punca menjadi terminal masukan manakala get salir menjadi terminal keluaran dapat dilihat pada Rajah 1.2.8.



Rajah 1.2.8 Litar get sepunya

### Sumber Sepunya

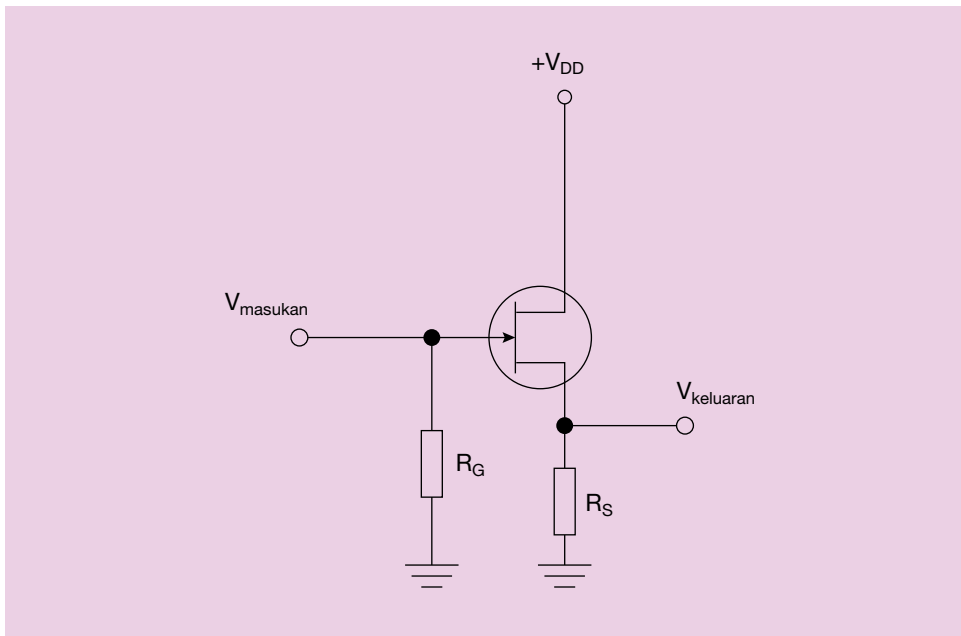
Sambungan JFET yang paling kerap digunakan di dalam litar elektronik ialah sumber sepunya. Sambungan ini terdiri daripada litar get punca menjadi terminal masukan manakala litar salir punca menjadi terminal keluaran. Litar ini ditunjukkan pada Rajah 1.2.9.



Rajah 1.2.9 Litar sumber sepunya

### Salir Sepunya

Dalam tatarajah litar salir sepunya, get salir menjadi terminal masukan dan litar salir punca menjadi terminal keluaran. Litar ini ditunjukkan pada Rajah 1.2.10.



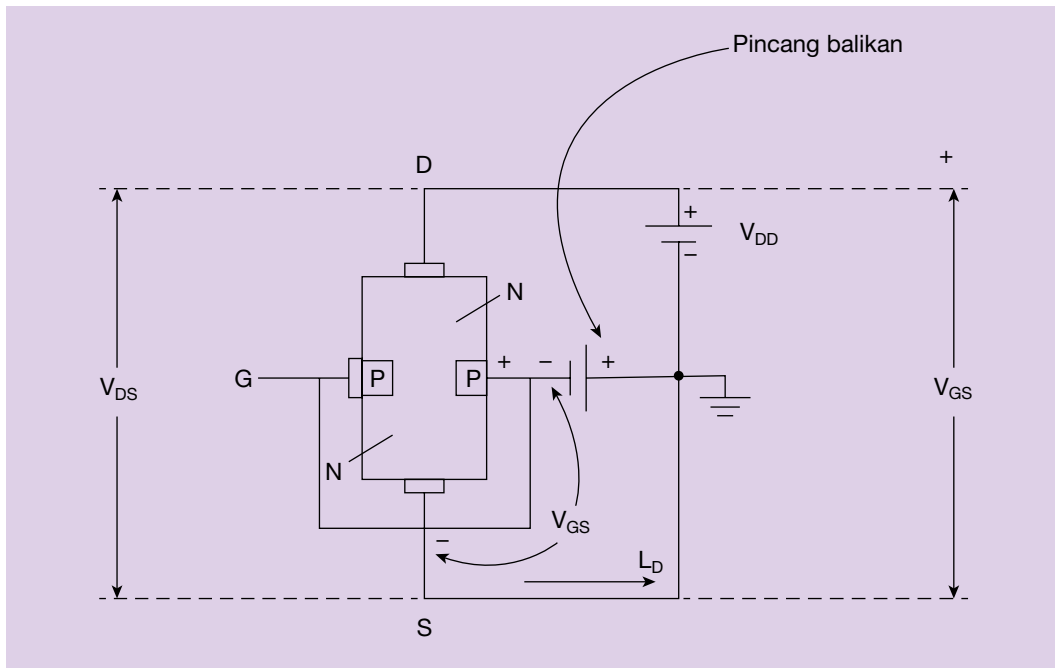
Rajah 1.2.10 Litar salir sepunya



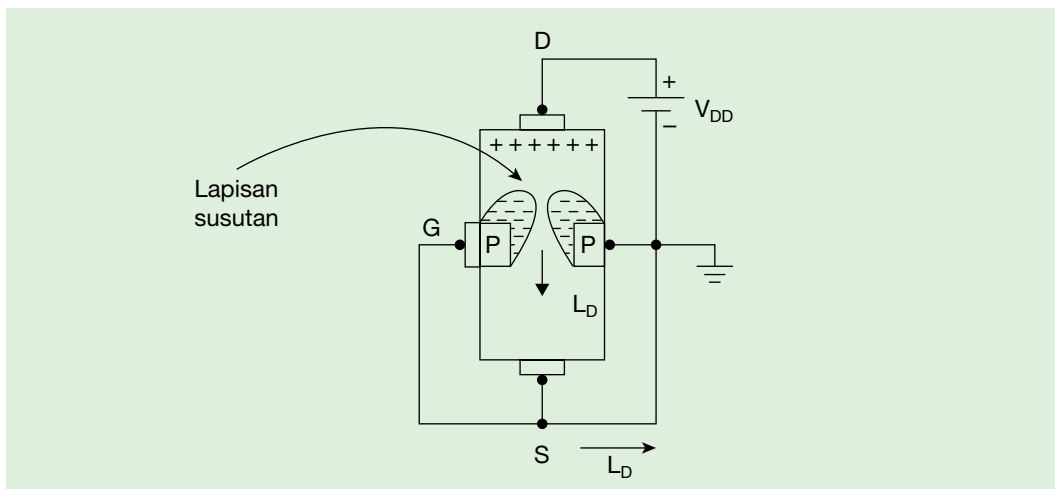
### 1.2.3 Kawasan Pengendalian (*Operating Region*) Transistor Kesan Medan

#### Asas Kendalian JFET

Rajah 1.2.11 menunjukkan cara kendalian pincangan JFET.  $V_{DD}$  memberikan voltan salir punca,  $V_{DS}$  yang menghasilkan arus salir.  $I_D$  mengalir dari salir ke punca. Oleh sebab simpang Get-Get bersifat berlawanan, arus adalah sifar. Semasa arus salir  $I_D$  sama dengan punca, wujud dalam saluran N jenis P pada Get. Voltan Get-ke-Punca,  $V_{GS}$  menyebabkan wujudnya lapisan susutan dalam saluran N yang menjadikan ia lebih sempit. Rintangan antara salir dengan punca menjadi tinggi dan jumlah arus menjadi rendah.



Rajah 1.2.11(a) Asas kendalian JFET



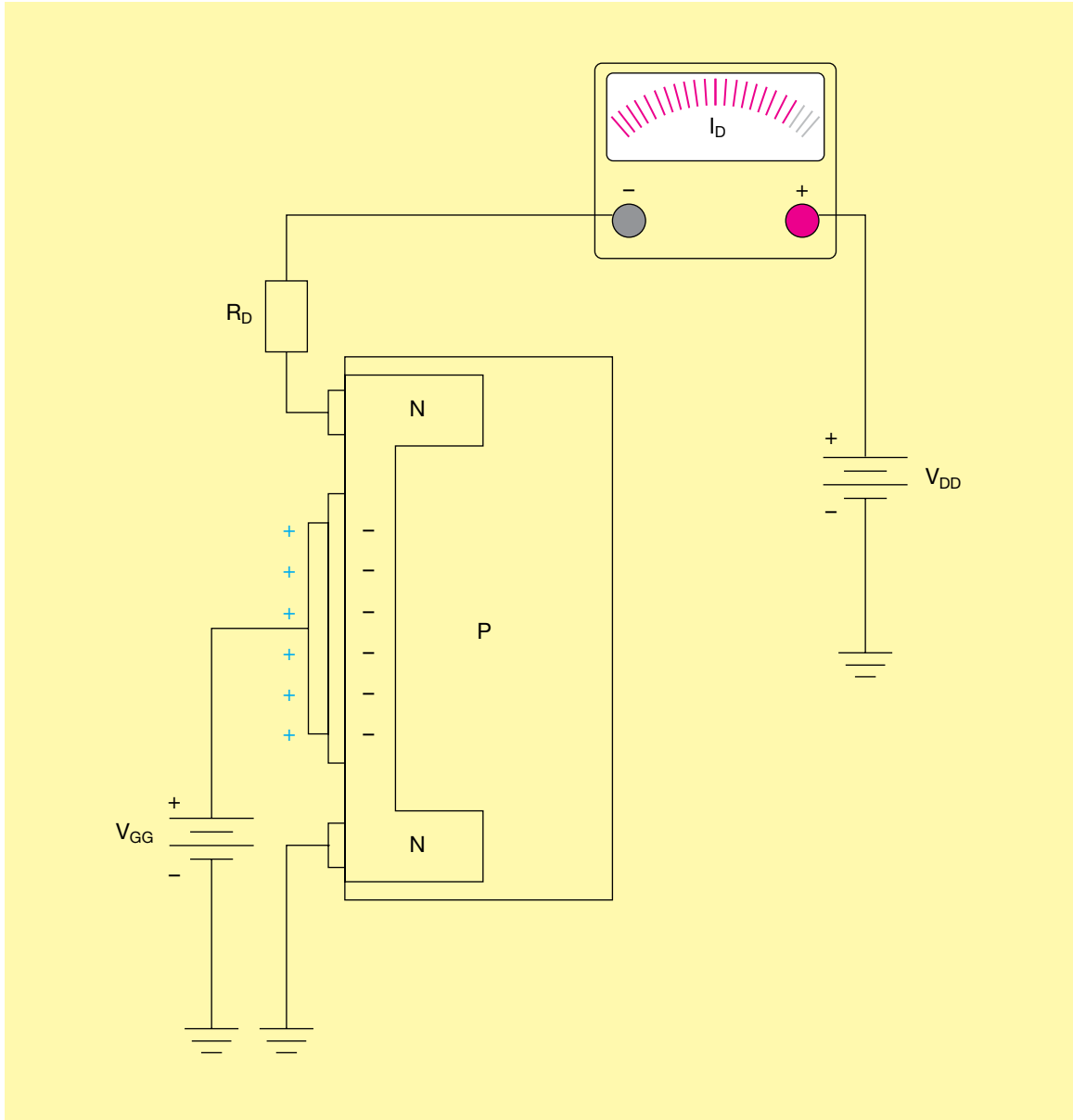
Rajah 1.2.11(b) Lapisan susutan

Terdapat dua jenis MOSFET:

- (i) MOSFET ragam peningkatan
- (ii) MOSFET ragam susutan

### (i) Asas Kendalian MOSFET Ragam Peningkatan

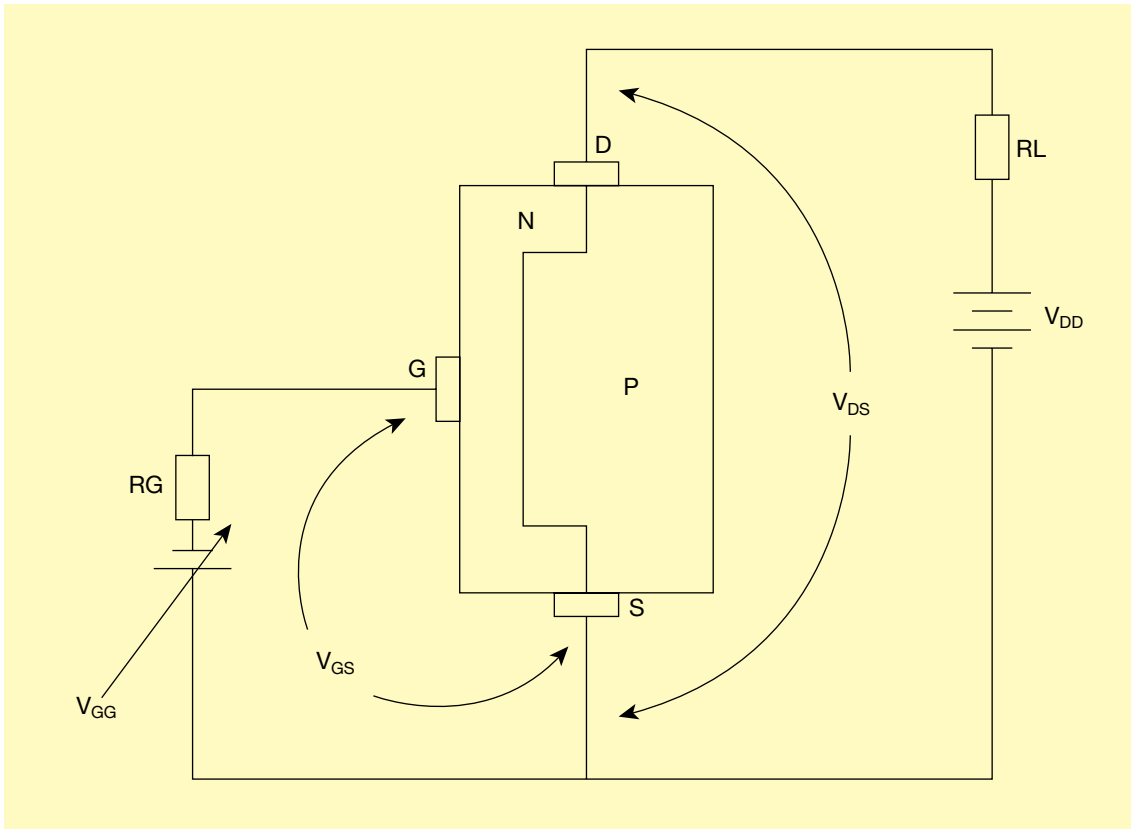
Rajah 1.2.12 menunjukkan litar asas kendalian MOSFET ragam peningkatan. MOSFET adalah kategori kedua bagi FET. MOSFET mempunyai terminal-terminal yang sama seperti JFET iaitu punca, salir dan get. Perbezaan MOSFET dengan JFET ialah terminal get diasingkan dengan saluran oleh satu lapisan silikon oksida. Arus GET semakin kecil dan MOSFET dinamakan IGFET.



*Rajah 1.2.12 Litar asas kendalian MOSFET ragam peningkatan*

## (ii) MOSFET Ragam Susutan

Rajah 1.2.13 menunjukkan litar asas kendalian MOSFET ragam susutan.



*Rajah 1.2.13 Litar asas kendalian MOSFET ragam susutan*

### INFO EKSTRA



Kendalian DE MOSFET adalah secara ragam susutan dan ragam peningkatan dengan hanya menukar polariti antara Get dengan Punca ( $V_{GS}$ ). Apabila  $V_{GS}$  adalah negatif, DE MOSFET berkendali secara ragam susutan. Apabila  $V_{GS}$  adalah positif, DE MOSFET beroperasi secara ragam peningkatan.

### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

- 4.3.1 Menyatakan penggunaan fotoperintang dan fototransistor.
- 4.3.2 Menerangkan ciri fotoperintang dan fototransistor.
- 4.3.3 Melakar simbol fotoperintang dan fototransistor.
- 4.3.4 Membezakan kendalian litar kawalan yang menggunakan fotoperintang dan fototransistor.
- 4.3.5 Membuat kesimpulan kendalian litar kawalan yang menggunakan fotoperintang dan fototransistor.

Elektronik optik merupakan satu bidang elektronik yang berkaitan dengan peranti kepekaan cahaya. Peranti ini berkendali dengan prinsip elektronik dan optik. Kebanyakan peranti optik berasaskan keamatan cahaya.

### 1.3.1 Penggunaan Fotoperintang dan Fototransistor

#### Fotoperintang

Fotoperintang (*Light Dependent Resistor*) LDR merupakan sel foto beraliran. Apabila cahaya dikenakan pada LDR, nilai rintangan fotoperintang ini akan berkurang dan arus akan mengalir melaluinya. Apabila tiada cahaya terkena pada LDR, nilai rintangan fotoperintang akan menjadi tinggi, tiada pengaliran arus. Gambar foto 1.3.1 menunjukkan salah satu aplikasi fotoperintang dalam lampu taman.

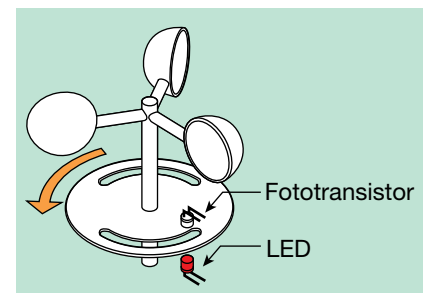


Gambar foto 1.3.1 Lampu taman yang menggunakan aplikasi fotoperintang

#### Fototransistor

Fototransistor juga merupakan peranti simpang PN dan mempunyai dua simpang. Binaannya adalah sama seperti transistor dwikutub. Fototransistor biasanya mempunyai tiga tamatan yang dinamakan tamatan pemungut, tamatan pengeluar, dan tamatan tapak. Walau bagaimanapun, dalam banyak penggunaan hanya dua tamatan sahaja yang digunakan iaitu tamatan pemungut dan tamatan pengeluar. Rajah 1.3.1 menunjukkan kawalan kelajuan angin yang menggunakan fototransistor sebagai bacaan kelajuan tiupan angin.

Fototransistor akan berfungsi apabila menerima pancaran cahaya, rintangan fototransistor menjadi rendah dan akan berlaku pincangan hadapan antara tapak-pengeluar fototransistor, yang akan menghasilkan pengaliran arus. Apabila tiada menerima pancaran cahaya, nilai rintangan fototransistor akan menjadi tinggi.



Rajah 1.3.1  
Kawalan kelajuan angin



#### Dwiistilah

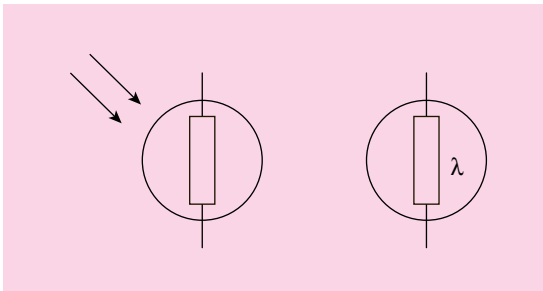
- Fotoperintang - *Light Dependent Resistor*

### 1.3.2 Ciri-ciri Fotoperintang dan Fototransistor

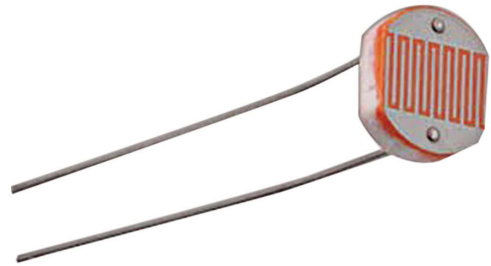
1. Ketika ada cahaya, nilai rintangan fotoperintang dan fototransistor menjadi rendah membolehkan pengaliran arus berlaku.
2. Ketika tiada cahaya, nilai rintangan fotoperintang dan fototransistor menjadi tinggi, menyebabkan tiada pengaliran arus berlaku.

### 1.3.3 Simbol Fotoperintang dan Fototransistor

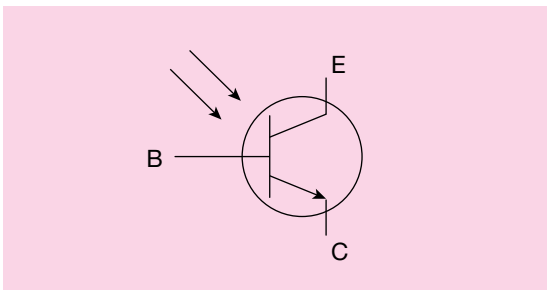
Rajah 1.3.2 menunjukkan simbol piawaian asas fotoperintang. Manakala Rajah 1.3.3 menunjukkan simbol fototransistor.



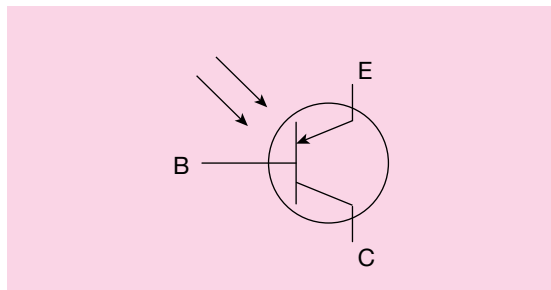
Rajah 1.3.2 Simbol fotoperintang



Gambar foto 1.3.2 Fotoperintang



Rajah 1.3.3(a) Simbol fototransistor jenis NPN



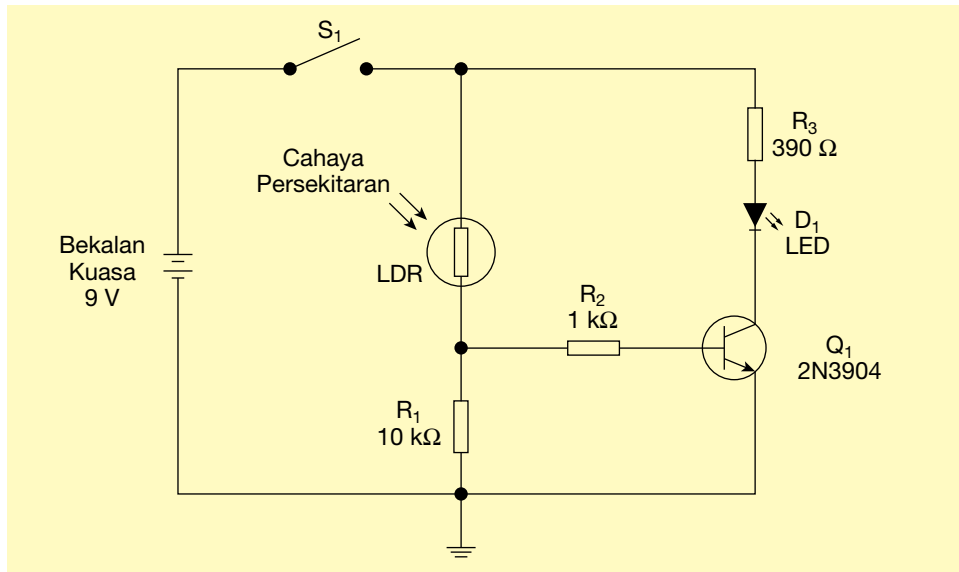
Rajah 1.3.3(b) Simbol fototransistor jenis PNP



Gambar foto 1.3.3 Fototransistor

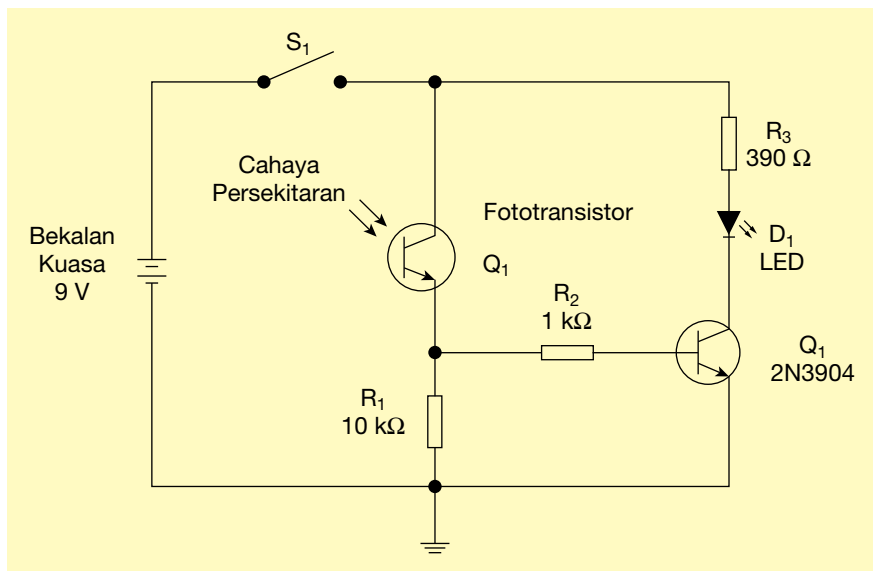
### 1.3.4 Perbezaan Kendalian Litar Kawalan yang Menggunakan Fotoperintang dan Fototransistor

Secara umumnya kendalian fotoperintang disambung sesiri dengan perintang dan bekalan kuasa arus terus seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3.4.



Rajah 1.3.4 Litar kendalian fotoperintang

Secara umumnya kendalian litar fototransistor adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3.5. Kepekaan fototransistor bergantung pada gandaan arus terus transistor. Secara keseluruhan kepekaan litar ini bergantung pada arus pemungut yang mengawal kerintangan dan arus kendalian antara pemancar dengan tapak.



Rajah 1.3.5 Litar kendalian fototransistor

### 1.3.5 Kendalian Litar Kawalan yang Menggunakan Fotoperintang dan Fototransistor

#### Kesimpulan:

Fotoperintang dan fototransistor mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam kendalian dan aplikasi. Kedua-duanya bergantung pada jenis kendalian dan kos projek. Untuk fotoperintang, tiada arah cahaya yang ditetapkan untuk fotoperintang ini berkendali. Hal ini berbeza daripada fototransistor yang hanya berkendali pada cahaya yang diarah kepadanya. Bagi kecekapan kendalian yang tinggi, fototransistor adalah lebih kerana kepekaan cahaya yang tinggi mengubah kerintangan dan pengaliran arus yang cepat berbanding dengan fotoperintang yang memerlukan keamatan cahaya yang tinggi untuk kendalian.



### Aktiviti Amali: Litar Pengesan Cahaya

#### Aktiviti berkumpulan.

Litar pengesan cahaya.

#### Objektif:

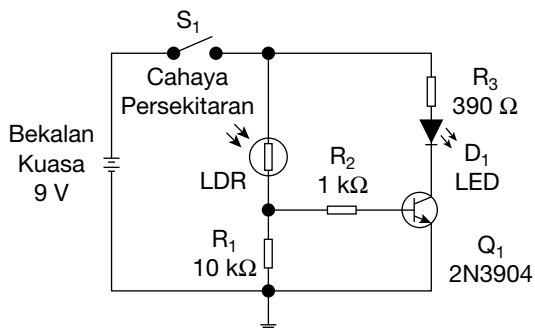
1. Membina litar pengesan cahaya.

#### Peralatan dan komponen:

2. Bekalan Kuasa Arus Terus (AT) (0 – 30V)	1 unit	5. Transistor (2N3904)	1 unit
3. Papan Projek	1 unit	6. LDR	1 unit
4. Perintang		7. Suis	1 unit
(a) 390 $\Omega$	1 unit	8. LED	1 unit
(b) 1 k $\Omega$	1 unit	9. Geganti (Relay) 9V	1 unit
(c) 10 k $\Omega$	1 unit	10. Diod (1N4001)	1 unit

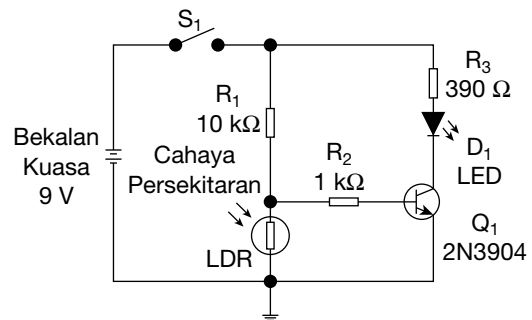
#### Langkah kerja:

1. Sambungkan litar pengesan cahaya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah C1.
2. Tutupkan permukaan LDR dengan kertas legap. Buat pemerhatian pada keadaan nyalaan LED.
3. Tutupkan permukaan LDR dengan kertas legap. Buat pemerhatian pada keadaan nyalaan LED.
4. Buat perubahan pada sambungan litar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah C2.



Rajah C1 Rajah pengesan cahaya

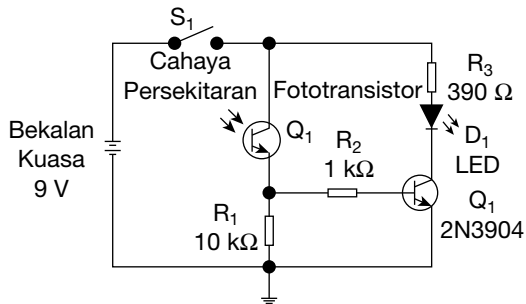
2. Tutupkan suis S1 dan buat pemerhatian pada keadaan nyalaan LED.



Rajah C2 Litar pengesan cahaya



5. Ulangi langkah 2 hingga 3.
6. Buat perubahan pada sambungan litar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah C3.



Rajah C3 Litar pengesan cahaya

7. Ulangi langkah 2 hingga 3.

**Perbincangan:**

1. Berdasarkan litar yang diberikan, bincangkan keadaan nyalaan LED apabila LDR terkena cahaya.

Jadual C1 Keputusan uji kaji litar pengesan cahaya

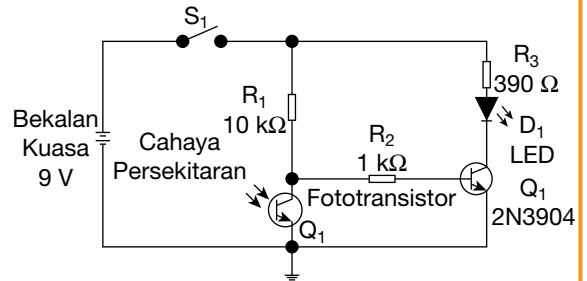
Rajah litar skematik	LDR	LED	
		Menyala	Tidak menyala
Rajah 1.3.6 (a)	Terkena cahaya		
	Tiada cahaya		
Rajah 1.3.6 (b)	Terkena cahaya		
	Tiada cahaya		
Rajah 1.3.6 (c)	Terkena cahaya		
	Tiada cahaya		
Rajah 1.3.6 (d)	Terkena cahaya		
	Tiada cahaya		

**Kesimpulan:**

Berdasarkan maklumat yang diperolehi dalam uji kaji, terangkan secara ringkas:

1. Rintangan LDR dalam keadaan terkena cahaya dan tidak terkena cahaya.
2. Fungsi transistor dwikutub. Adakah transistor ini bertindak sebagai penguat atau suis dalam litar tersebut?

8. Buat perubahan pada sambungan litar seperti yang ditunjukkan dalam Rajah C4.



Rajah C4 Litar pengesan cahaya

9. Ulangi langkah 2 hingga 3.
10. Huraikan pemerhatian anda.



## 1.4 PROJEK MINI LITAR ANALOG



### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

- 4.1.1 Menghasilkan litar analog mengikut kesesuaian fungsi.
- 4.4.2 Memasang litar analog yang dicadangkan pada papan reka.
- 4.4.3 Menguji kefungsiian litar analog yang dibangunkan.
- 4.4.4 Membuat kesimpulan keberfungsiian litar antara simulasi (perisian) dan uji kaji litar (perkakasan).
- 4.4.5 Menyediakan laporan projek yang dihasilkan.

Bagi menghasilkan projek mini ini pelbagai cara boleh dilakukan. Antaranya termasuklah melibatkan penggunaan bahan dan alatan yang murah dan mudah diperolehi atau memerlukan peralatan dan kemahiran yang khusus.

Komponen-komponen sesuatu projek boleh dipasang secara kekal atau sementara. Untuk pemasangan kekal, proses ini memerlukan penelitian dalam mereka bentuk dan memastikan litar yang dibina ialah litar yang berfungsi dengan betul dan selamat. Pengujian kefungsiian komponen perlu dilakukan terlebih dahulu. Manakala pemasangan sementara banyak dilakukan untuk melihat fungsi litar dan komponen dan komponen-komponen ini boleh diubah kedudukan pemasangannya.

Projek mini ini mengaplikasikan komponen-komponen seperti transistor, JFET, MOSFET, fotoperintang, dan fototransistor kepada satu projek bagi memahami teori yang dipelajari sebelum ini. Yang berikut adalah beberapa projek yang disenaraikan:

*Jadual 1.4.1 Senarai projek mini litar analog*

Projek	Kegunaan
Penguat transistor	Projek yang digunakan untuk mendapatkan isyarat yang lebih besar daripada isyarat masukan.
Penunjuk aras air	Projek bertujuan untuk memberikan isyarat tahap aras air.



### Merentas Kurikulum

Jurutera dalam bidang elektronik memainkan peranan penting dalam mereka bentuk litar bagi sesuatu peralatan elektronik.

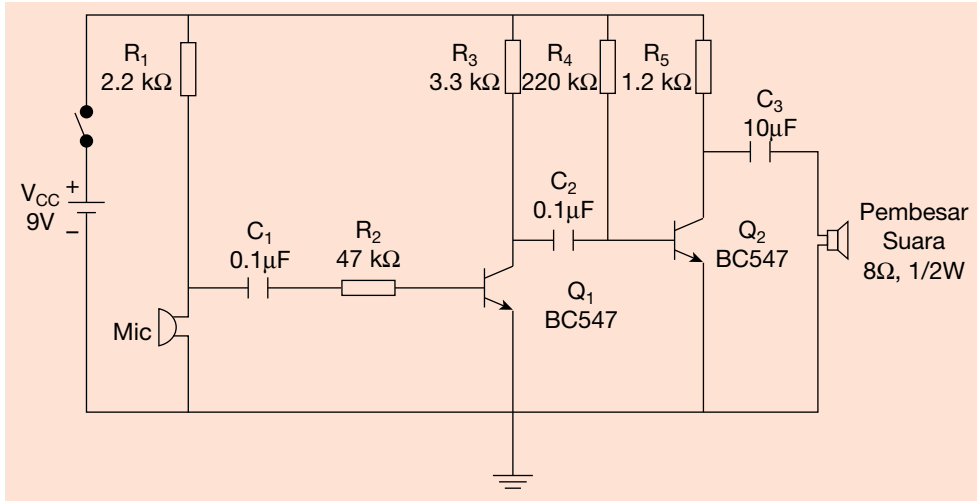


### Nilai Murni

Tahukah anda bahawa Jabatan Alam Sekitar telah menyediakan pusat pengumpulan pembuangan peranti alatan elektronik yang dikenali sebagai "E-WASTE"?

## Penguat Audio transistor

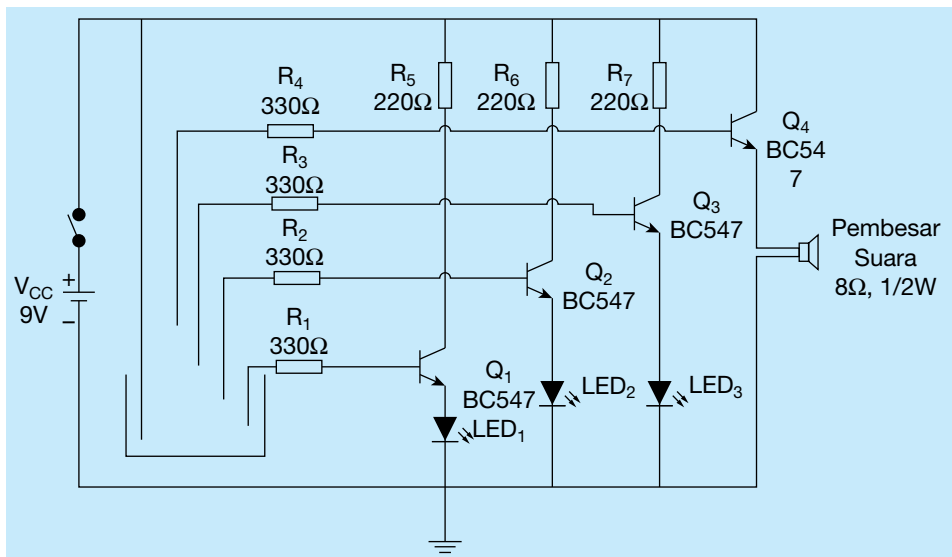
Projek ini adalah untuk mereka bentuk satu penguat audio yang digunakan untuk membesarkan isyarat. Bagi menghasilkan projek ini, peranti komponen utama yang digunakan ialah transistor dwikutub. Komponen-komponen lain yang digunakan ialah perintang dan kapasitor. Bagi komponen untuk keluaran isyarat hal ini boleh dilihat daripada jenis aplikasi yang hendak digunakan. Sekiranya isyarat bunyi yang hendak diperolehi, maka speaker atau buzzer boleh digunakan. Rujuk kepada Rajah 1.4.1 litar penguat audio transistor.



Rajah 1.4.1 Litar penguat audio transistor

## Penunjuk aras air

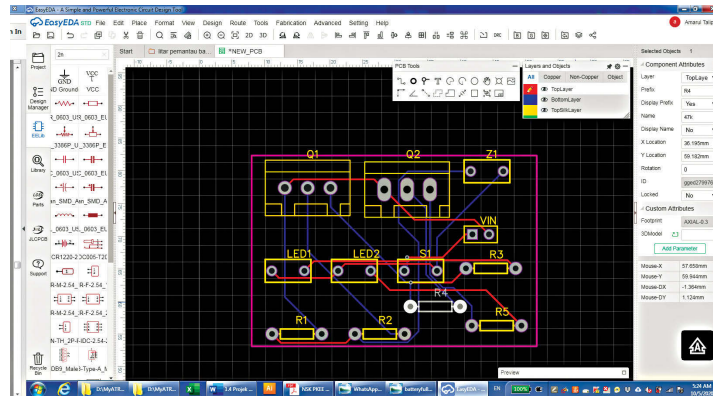
Projek ini adalah untuk memantau tahap aras air sesuatu bekas. Penggunaan komponen transistor atau transistor kesan medan boleh dilihat melalui proses mereka bentuk litar ini. Perkara yang perlu diketahui ialah jenis isyarat masukan yang dikehendaki, proses yang diperlukan dan keluaran yang bersesuaian. Rujuk kepada Rajah 1.4.2 litar penunjuk aras air.



Rajah 1.4.2 Litar penunjuk aras air

## Rajah Litar Bercetak

Rajah litar bercetak dibuat untuk penyambungan tetap. Rajah ini akan menggunakan papan litar bercetak bagi menggantikan penggunaan wayar. Rajah 1.4.3 menunjukkan perisian untuk mereka bentuk litar bercetak.



Rajah 1.4.3 Perisian untuk mereka bentuk litar bercetak



### Aktiviti 1: Projek Mini Litar Analog

Tajuk projek mini litar analog: Litar pemantauan bateri

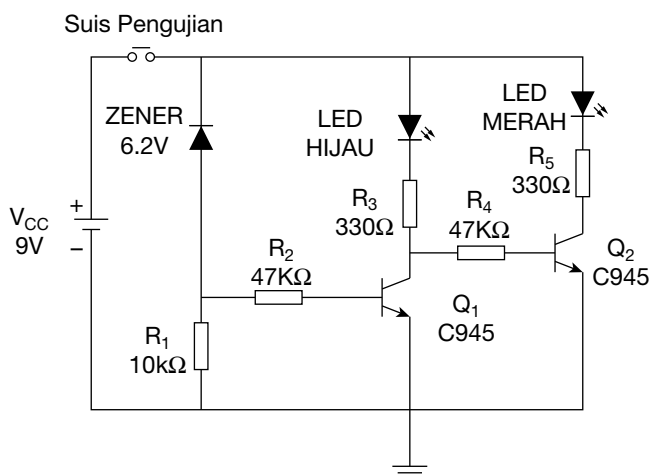
Objektif projek:

1. Membina litar (seperti dalam Rajah D1) yang dapat menyalakan lampu LED mengikut tahap keupayaan bateri dengan menggunakan transistor sebagai suis.
2. Lampu LED untuk menentukan tahap ketahanan bateri.
3. Menganalisis litar penunjuk keadaan bateri (tinggi (9V) dan rendah (bawah 6.2V)).
4. Membuat perbandingan hasil keluaran antara simulasi dengan uji kaji litar (perkakasan).



### INFO KESELAMATAN

Pastikan penyambungan litar peranti input masukan dan keluaran diuji terlebih dahulu sebelum pengoperasian litar dilakukan.



Rajah D1 Litar pemantau bateri

### INFO EKSTRA

Jika projek tidak berfungsi, uji penyambungan litar dengan menggunakan meter pelbagai analog ataupun digital.

Hasil akhir projek ini adalah untuk membina litar yang dapat menyalakan lampu LED mengikut keupayaan susut nilai voltan pada bateri.

### Format Lembaran Kerja Amali

Muka hadapan lembaran kerja projek mini adalah mengikut format seperti dalam Rajah D2.

<b>Objektif</b>	1.	Menghasilkan litar pemantau bateri dengan menggunakan perisian komputer	
	2.	Menghasilkan litar pemantau bateri dengan menggunakan perkakasan	
	3.	Menyambung litar pemantau bateri menggunakan perisian komputer dan perkakasan	
	4.	Menguji kefungsiian litar pemantau bateri secara perisian komputer dan perkakasan	
	5.	Membuat kesimpulan hasil dapatan pengujian litar pemantau bateri antara simulasi perisian komputer dengan uji kali litar perkakasan	
	6.	Menyediakan laporan projek mengikut format yang ditetapkan	
<b>Senarai bahan:</b>	1.	Perisian komputer yang berkaitan (dicadangkan perisian <i>EasyEDA</i> )	1 unit
	2.	Transistor (C945)	2 unit
	3.	Diod Zener (6.2V)	1 unit
	4.	Perintang 10k $\Omega$	1 unit
	5.	Perintang 330 $\Omega$	2 unit
	6.	Perintang 47k $\Omega$	2 unit
	7.	LED	2 unit
	8.	Suis	1 unit
	9.	Wayar	4 unit
<b>Senarai peralatan:</b>	1.	Komputer	1 set
	2.	Papan reka ( <i>Breadboard</i> )	1 unit
	3.	Meter pelbagai digital	4 unit
	4.	Bateri (9V) atau bekalan kuasa (9V)	1 unit

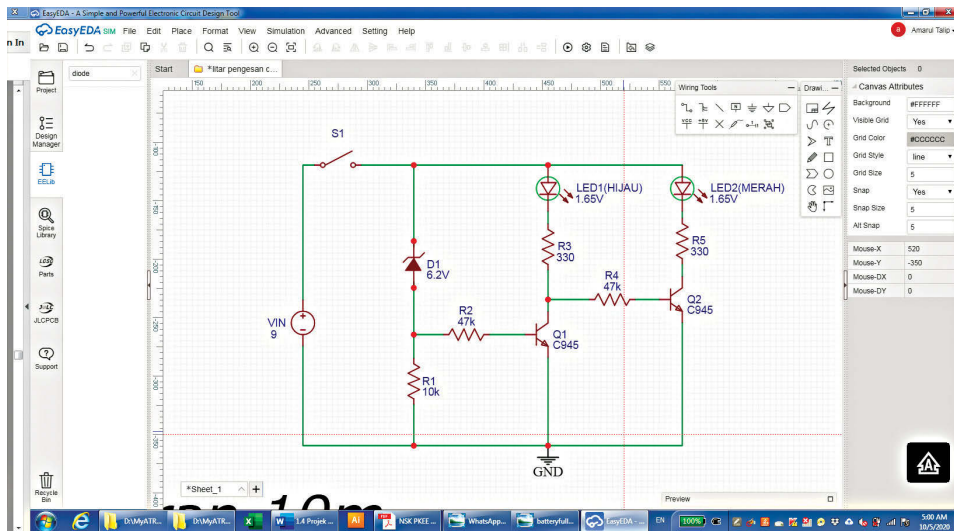
Rajah D2 Muka hadapan lembaran kerja projek mini

## 1.4.1 Litar Analog Mengikut Kesesuaian Fungsi

Proses mereka bentuk litar elektronik boleh dilakukan dengan pelbagai cara, sama ada dilukis secara manual atau menggunakan perisian komputer sedia ada. Yang berikut ialah tatacara rajah dipersembahkan:

### Rajah Litar Skematik

Teknik melukis litar skematik amat diperlukan untuk mereka bentuk sesuatu yang lebih kompleks. Semasa melukis litar skematik ini, penggunaan simbol yang betul amatlah penting, selain melabelkan komponen-komponen yang digunakan. Lukisan rajah ini boleh dilukis secara manual atau menggunakan perisian sedia ada. Rajah 1.4.4 menunjukkan reka bentuk litar dengan menggunakan perisian.



Rajah 1.4.4 Perisian untuk melukis rajah skematik (EasyEDA)

## 1.4.2 Memasang Litar Analog pada Papan Reka

Pemasangan projek elektronik melibatkan langkah-langkah kerja yang berikut:

- Kaji susun atur komponen yang terbabit berdasarkan rajah litar yang disediakan.
- Pasang komponen berdasarkan litar yang dibina mengikut nilai pada litar.
- Uji kefungsi komponen sebelum pemasangan dibuat.
- Pasang komponen satu persatu mengikut litar yang telah direka bentuk.
- Pastikan penyambungan yang dibuat adalah betul dan tidak longgar.

Setelah semua komponen dipasang, semak semula susun atur komponen berdasarkan litar yang direka.

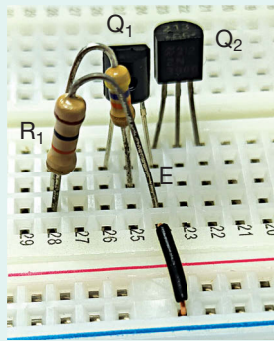
### A. Melaksanakan objektif 1 dan 3 dengan menggunakan simulasi perisian kejuruteraan

<b>Objektif 1 dan 3:</b>	Murid menghasilkan litar pemantau bateri dan membuat penyambungan litar.																		
<b>(Simulasi)</b>																			
<b>Langkah kerja:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Murid membuat binaan litar simulasi berdasarkan litar pemantau bateri. Rujuk Rajah D1 pada halaman 54.</li> <li>Murid membina litar pemantau bateri mengikut spesifikasi bahan dan komponen. Yang berikut merupakan contoh spesifikasi bahan dan komponen. <table border="1" data-bbox="406 556 1272 1020"> <thead> <tr> <th>Spesifikasi bahan dan komponen</th> <th>Bilangan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perintang 10k<math>\Omega</math></td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>Perintang 47k<math>\Omega</math></td> <td>2 unit</td> </tr> <tr> <td>Perintang 330<math>\Omega</math></td> <td>2 unit</td> </tr> <tr> <td>LED</td> <td>2 unit</td> </tr> <tr> <td>Transistor dwikutub C945</td> <td>2 unit</td> </tr> <tr> <td>Diod Zener (6.2V)</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>Suis</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>Bateri (9V) atau bekalan kuasa (9V)</td> <td>1 unit</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>Sediakan semua komponen yang terlibat berdasarkan lakaran litar pada Rajah D1.</li> <li>Tukarkan nilai perintang R1 hingga R5, diod Zener Z1 dan transistor Q1 dan Q2 kepada nilai yang ditetapkan seperti lakaran Rajah D1. Klik dua kali pada komponen tersebut untuk mengubah nilainya.</li> <li>Sambungkan litar berdasarkan lakaran litar Rajah D1.</li> <li>Setelah penyambungan dibuat, klik butang Run untuk menjalankan operasi litar. Buat pemerhatian pada lampu LED. Seterusnya murid akan menjalankan ujian kefungsiian seperti yang dikehendaki dengan menggunakan perisian.</li> </ol>	Spesifikasi bahan dan komponen	Bilangan	Perintang 10k $\Omega$	1 unit	Perintang 47k $\Omega$	2 unit	Perintang 330 $\Omega$	2 unit	LED	2 unit	Transistor dwikutub C945	2 unit	Diod Zener (6.2V)	1 unit	Suis	1 unit	Bateri (9V) atau bekalan kuasa (9V)	1 unit
Spesifikasi bahan dan komponen	Bilangan																		
Perintang 10k $\Omega$	1 unit																		
Perintang 47k $\Omega$	2 unit																		
Perintang 330 $\Omega$	2 unit																		
LED	2 unit																		
Transistor dwikutub C945	2 unit																		
Diod Zener (6.2V)	1 unit																		
Suis	1 unit																		
Bateri (9V) atau bekalan kuasa (9V)	1 unit																		

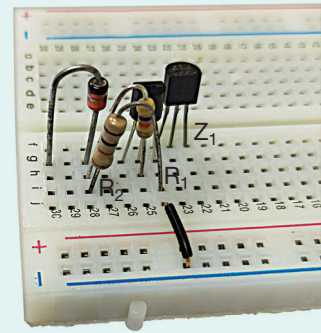


## B. Melaksanakan objektif 2 dan 3 dengan menggunakan perkakasan

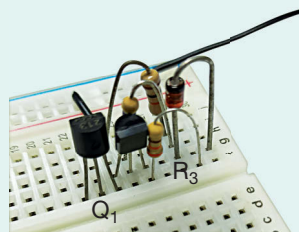
<p><b>Objektif 2 dan 3: (Perkakasan)</b></p>	<p>Murid menghasilkan litar pemantau bateri dan membuat penyambungan litar dengan menggunakan perkakasan.</p>										
<p><b>Langkah kerja:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Murid perlu memasang komponen di atas papan reka untuk pengujian.</li> <li>Komponen dan peralatan seperti dalam Gambar foto D1 disediakan untuk pengujian tamatan transistor.             <table border="0" style="width: 100%; margin-left: 20px;"> <tr> <td>(a) Transistor C945</td> <td>(f) Diod Zener (6.2V)</td> </tr> <tr> <td>(b) Perintang <math>1k\Omega</math></td> <td>(g) Kabel</td> </tr> <tr> <td>(c) Perintang <math>330\Omega</math></td> <td>(h) Meter pelbagai</td> </tr> <tr> <td>(d) LED</td> <td>(i) Bekalan kuasa</td> </tr> <tr> <td>(e) Perintang <math>47k\Omega</math></td> <td>(j) Papan reka</td> </tr> </table> </li> <li>Pemasangan litar pemantau bateri di atas papan litar adalah mengikut kreativiti dan kefahaman murid terhadap penyambungan litar.</li> <li>Rajah D1 menunjukkan contoh sambungan litar di atas papan reka.</li> </ol> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="468 710 749 1091" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="896 730 1188 1091" style="text-align: center;"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="421 1110 806 1174" style="text-align: center;"> <p><i><b>Gambar foto D1</b> Pemasangan litar pemantau bateri di atas papan reka</i></p> </div> <div data-bbox="868 1110 1249 1174" style="text-align: center;"> <p><i><b>Gambar foto D2</b> Transistor <math>Q_1</math> dan <math>Q_2</math> dipasang di atas papan reka</i></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="478 1207 745 1588" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="906 1207 1178 1588" style="text-align: center;"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="411 1599 799 1723" style="text-align: center;"> <p><i><b>Gambar foto D3</b> Seterusnya, kabel hitam disambung pada lubang selari dengan tamatan pemancar (E) <math>Q_1</math> dan <math>Q_2</math> ke bumi</i></p> </div> <div data-bbox="882 1599 1249 1696" style="text-align: center;"> <p><i><b>Gambar foto D4</b> Perintang <math>R_2</math> dipasang pada tamatan pemungut (C) <math>Q_1</math></i></p> </div> </div>	(a) Transistor C945	(f) Diod Zener (6.2V)	(b) Perintang $1k\Omega$	(g) Kabel	(c) Perintang $330\Omega$	(h) Meter pelbagai	(d) LED	(i) Bekalan kuasa	(e) Perintang $47k\Omega$	(j) Papan reka
(a) Transistor C945	(f) Diod Zener (6.2V)										
(b) Perintang $1k\Omega$	(g) Kabel										
(c) Perintang $330\Omega$	(h) Meter pelbagai										
(d) LED	(i) Bekalan kuasa										
(e) Perintang $47k\Omega$	(j) Papan reka										



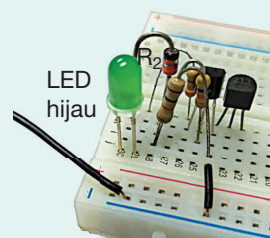
**Gambar foto D5** Perintang  $R_1$  disambung di antara kaki  $R_2$  dengan tamatan pemancar (E)  $Q_1$  dan  $Q_2$



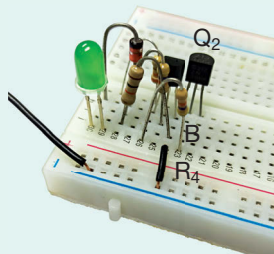
**Gambar foto D6** Diod Zener  $Z_1$  disambung pada kaki perintang  $R_1$  dan  $R_2$



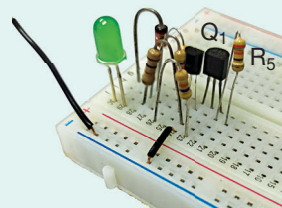
**Gambar foto D7** Perintang  $R_3$  disambung pada tamatan pemungut (C)  $Q_1$



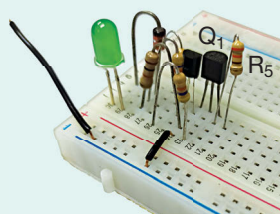
**Gambar foto D8** LED hijau disambung pada kaki perintang  $R_3$



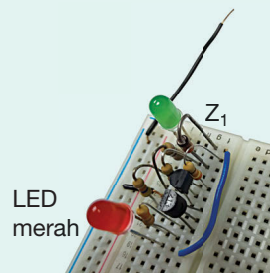
**Gambar foto D9** Perintang  $R_4$  disambung antara tamatan pemungut (C)  $Q_1$  dengan tamatan tapak (B)  $Q_2$



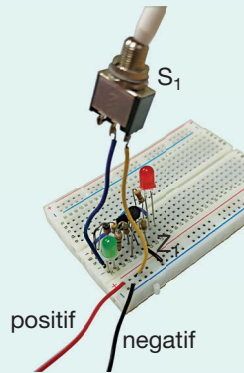
**Gambar foto D10** Perintang  $R_5$  disambung pada tamatan pemungut (C)  $Q_2$



**Gambar foto D11** LED merah disambung pada kaki perintang  $R_5$



**Gambar foto D12** Wayar biru disambung pada kaki LED merah ke kaki katod diod Zener  $Z_1$



**Gambar foto D13** Suis  $S_1$  disambung antara kaki katod diod Zener  $Z_1$  dengan terminal positif bekalan

5. Setelah penyambungan dibuat, semakan sambungan tersebut sebelum menjalankan operasi litar. Buat pemerhatian pada lampu LED. Seterusnya murid akan menjalankan ujian kefungsian seperti yang dikehendaki menggunakan perkakasan dengan pelarasan bekalan kuasa.

### 1.4.3 Kefungsian Litar Analog

Pengujian litar perlu dilakukan setelah pemasangan disemak. Langkah ini perlu dilakukan sebelum bekalan sumber voltan dikenakan pada projek yang siap dipasang. Terdapat dua ujian yang perlu dilakukan iaitu ujian keterusan dan ujian kefungsian.

#### Ujian Keterusan

Ujian ini dilakukan untuk memastikan sambungan-sambungan yang dibuat mempunyai keterusan. Pada masa yang sama, ujian ini juga dilakukan untuk mengesan keadaan litar terbuka dan litar pintas.

#### Ujian Kefungsian

Ujian ini dilakukan untuk memastikan setiap komponen yang digunakan dapat berfungsi dengan baik agar semua sistem berjalan dengan baik dan selamat.

#### Penilaian

Penilaian dilakukan selepas pengujian dibuat. Hal ini dilakukan berdasarkan kefungsian projek litar elektronik berkendali mengikut tujuan projek tersebut. Bagi memudahkan proses penilaian, jadual penilaian hendaklah dibangunkan.

<b>Objektif 4:</b> <b>(Simulasi dan perkakasan)</b>	Menguji kefungsiian litar yang dibangunkan																														
<b>Langkah kerja:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penyambungan litar dan pastikan telah dibuat dengan betul.</li> <li>2. Kekutuban pada bateri perlu disemak supaya berada dalam kedudukan yang betul.</li> <li>3. Setelah pemasangan litar disemak, maka pengujian kefungsiian litar bolehlah dijalankan.  Hasil pengujian litar terbahagi kepada dua bahagian: <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) Hasil simulasi litar.</li> <li>(b) Hasil uji kaji perkakasan.</li> </ol> </li> </ol> <p>Hasil pengujian litar perlu direkodkan dalam jadual yang disediakan. Data yang perlu direkodkan adalah seperti yang tertera dalam Jadual D1 dan D2.</p>																														
	<p><b>Hasil simulasi litar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Klik dua kali pada bekalan kuasa untuk menukar nilai voltan. Klik butang Run untuk menjalankan operasi litar. Buat pemerhatian dan rekod keputusan daripada simulasi litar dalam Jadual D1.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><i>Jadual D1</i></p> <table border="1" data-bbox="462 962 1276 1568"> <thead> <tr> <th>Bekalan kuasa (9V)</th> <th>LED (hijau) menyala/tidak menyala)</th> <th>LED (merah) menyala/tidak menyala)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>9V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1V</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Bekalan kuasa (9V)	LED (hijau) menyala/tidak menyala)	LED (merah) menyala/tidak menyala)	9V			8V			7V			6V			5V			4V			3V			2V			1V		
Bekalan kuasa (9V)	LED (hijau) menyala/tidak menyala)	LED (merah) menyala/tidak menyala)																													
9V																															
8V																															
7V																															
6V																															
5V																															
4V																															
3V																															
2V																															
1V																															

### Hasil uji kaji perkakasan:

1. Rekod keputusan daripada uji kaji perkakasan litar dalam jadual seperti yang berikut:

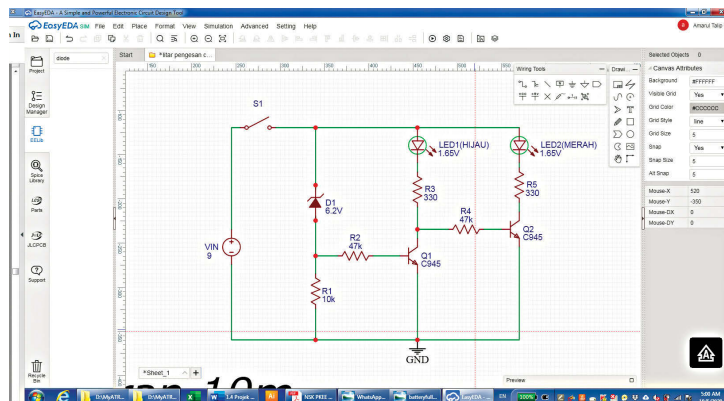
Jadual D2

Bekalan kuasa (9V)	LED (hijau) menyala/tidak menyala)	LED (merah) menyala/tidak menyala)
9V		
8V		
7V		
6V		
5V		
4V		
3V		
2V		
1V		

2. Buat perbandingan antara keputusan yang diperoleh secara simulasi dan uji kaji perkakasan. Bincangkan pemerhatian yang dibuat pada keputusan tersebut.

### 1.4.4 Kesimpulan Keberfungsian Litar antara Simulasi (Perisian) dan Uji Kaji Litar (Perkakasan)

Untuk memastikan litar yang direka bentuk dapat berfungsi dengan baik dan selamat, pengujian dengan menggunakan perisian bolehlah dilakukan. Antara perisian yang boleh digunakan untuk pengujian litar tersebut termasuklah *OrCAD Psice*, *Electronics Workbench*, dan aplikasi lain. Perisian *opensource* yang boleh diguna pakai termasuklah *easyEDA*, *Tinkercad*, *KiCAD*, *TinyCAD*, dan *Fritzing*. Rajah 1.4.5 menunjukkan perisian *opensource easyEDA* untuk pengujian litar.



Rajah 1.4.5 Perisian *opensource easyEDA* untuk pengujian litar

<b>Objektif 5:</b>	Membuat kesimpulan keberfungsian litar antara simulasi dengan uji kaji litar perkakasan.
<b>Langkah kerja:</b>	<p>Kesimpulan dibuat berdasarkan keputusan yang diperoleh daripada uji kaji yang dijalankan. Perkara-perkara yang perlu dilihat semasa membuat kesimpulan adalah seperti yang berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengaitkan semula hasil keputusan uji kaji dengan objektif projek sama ada dicapai atau sebaliknya.</li> <li>2. Membuat kesimpulan dengan membuat perbandingan antara simulasi dengan uji kaji perkakasan.</li> <li>3. Memberikan ulasan tentang punca terjadinya perbezaan (ralat) antara keputusan simulasi dengan uji kaji perkakasan.</li> </ol> <p>Kesimpulan keberfungsian litar antara simulasi dengan uji kaji litar perkakasan _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

### 1.4.5 Laporan Projek

Laporan projek merupakan nukilan asli yang perlu dihasilkan. Laporan ini merupakan penulisan yang perlu disediakan secara terperinci dengan melibatkan keseluruhan projek. Yang berikut merupakan kandungan laporan yang dicadangkan untuk menghasilkan laporan projek.

- Laporan projek terdiri daripada:
- (a) Halaman tajuk
  - (b) Penghargaan
  - (c) Abstrak (dalam dwibahasa)
  - (d) Senarai kandungan
  - (e) Senarai jadual
  - (f) Senarai rajah

## **Bab 1 Pengenalan**

Satu rumusan projek yang akan dijalankan dengan merangkumi pendahuluan, latar belakang pernyataan masalah, objektif, dan skop.

## **Bab 2 Kaedah penghasilan projek**

Kaedah yang paling sesuai untuk menjalankan projek dan menentukan tatacara yang efektif bagi menjayakan projek. Bab ini merangkumi reka bentuk projek.

## **Bab 3 Hasil/Keputusan projek**

Bab ini mempersembahkan hasil/keputusan projek yang dijalankan.

## **Bab 4 Perbincangan dan kesimpulan**

Bab ini akan menerangkan secara terperinci tentang projek yang ingin dilaksanakan dan dihuraikan dalam bahagian subtajuk iaitu perbincangan, kesimpulan, dan cadangan.

## **Rujukan**

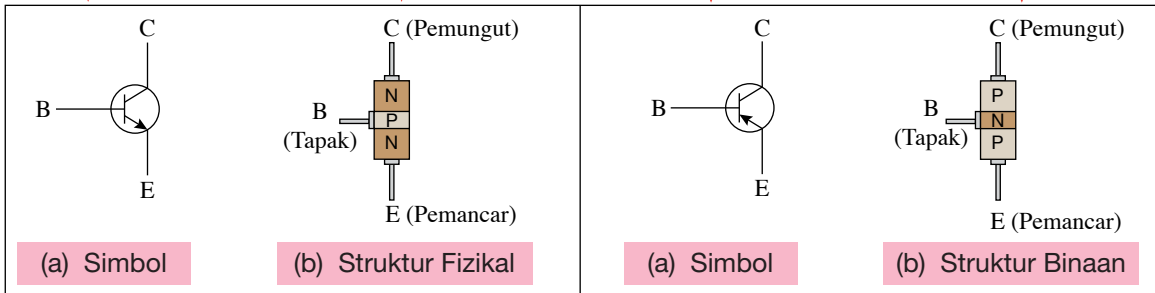
## **Lampiran**



# RUMUSAN

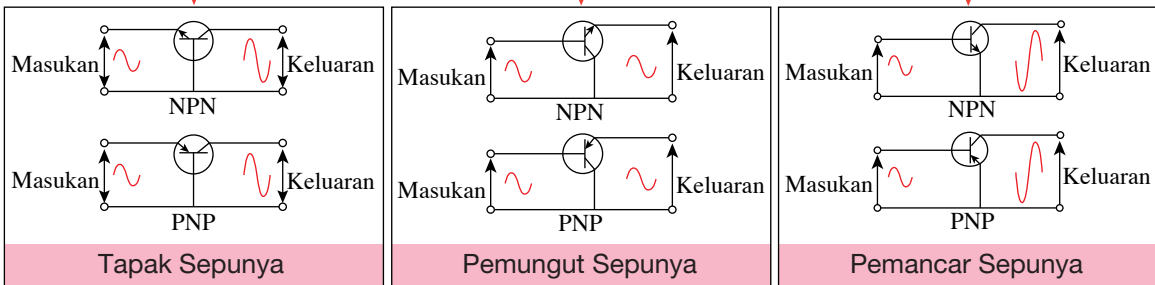
## TRANSISTOR DWIKUTUB

### Symbol dan Struktur Binaan Transistor Dwikutub

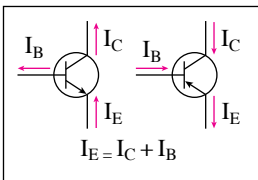


## Jenis NPN

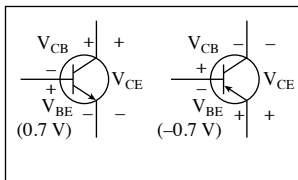
### Tatarajah Transistor



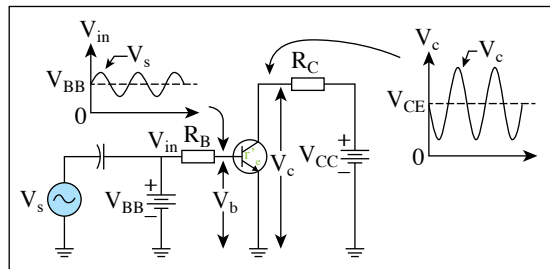
### Pengaliran Arus Transistor



### Susut Voltan Transistor

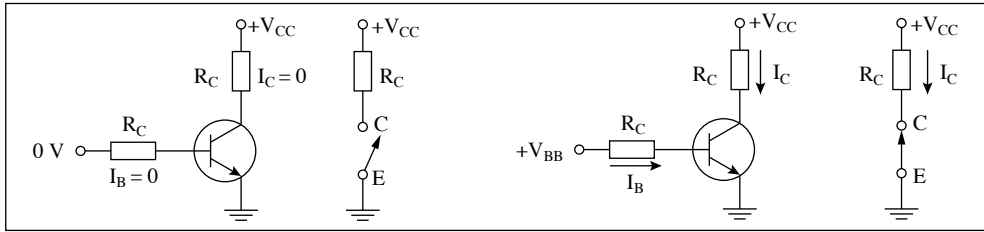


### Transistor sebagai Penguat



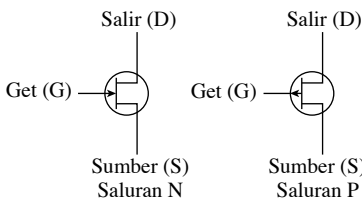


## Transistor sebagai Suis

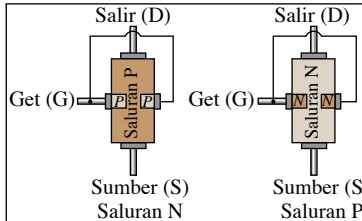


## Transistor Kesan Medan

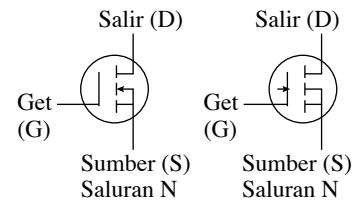
### Simbol JFET



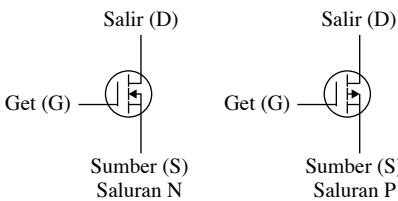
### Struktur Binaan JFET



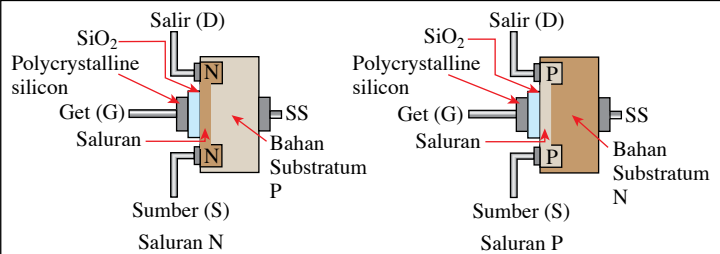
### Simbol MOSFET Ragam Peningkatan



### Simbol MOSFET Ragam Susutan

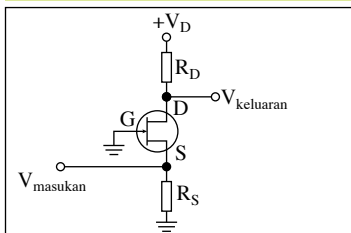


### Struktur Binaan MOSFET Ragam Susutan

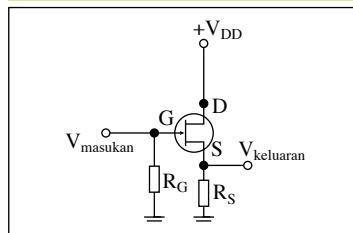


## Tatarajah Transistor Kesan Medan

### Get Sepunya

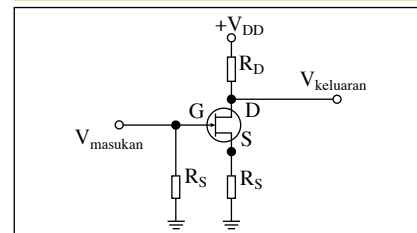


### Sumber Sepunya

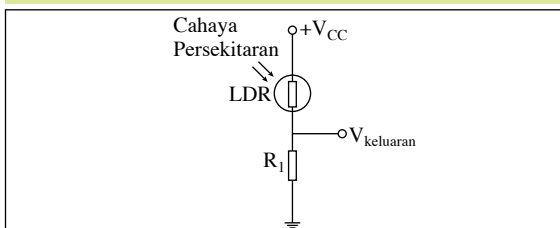


## Aktif Cahaya

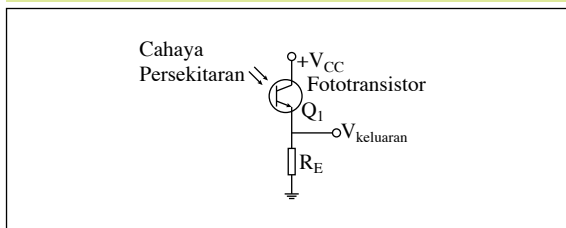
### Salir Sepunya



### Litar Kendalian Fotoperintang



### Litar Kendalian Fototransistor

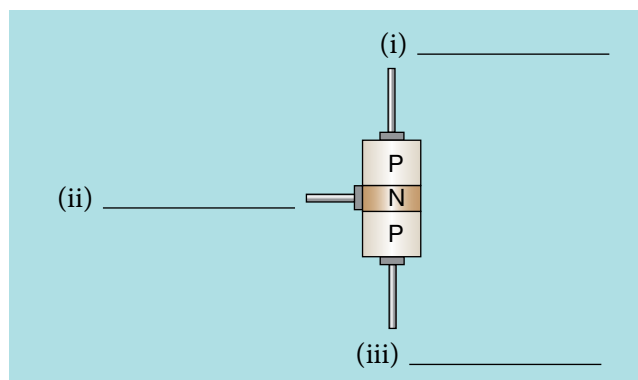




## LATIHAN

*Jawab soalan-soalan yang berikut.*

1. Senaraikan jenis transistor kesan medan.
2. Lakarkan simbol transistor kesan medan (JFET) saluran N dan saluran P.
3. Lakarkan simbol binaan transistor kesan medan (MOSFET) jenis peningkatkan saluran N dan saluran P.
4. Senaraikan jenis tatarajah asas transistor kesan medan.
5. Lakarkan litar transistor kesan medan (JFET) salur sepunya.
6. Senaraikan jenis peranti elektronik optik.
7. Apakah yang dimaksudkan dengan peranti fotoperintang dan fototransistor?
8. Apakah fungsi peranti elektronik optik fotoperintang?
9. Lakarkan simbol fotoperintang dan fototransistor.
10. Senaraikan ciri-ciri fotoperintang dan fototransistor.
11. Apakah perbezaan antara fotoperintang dengan fototransistor?
12. Senaraikan perbezaan kendalian antara fotoperintang dengan fototransistor.
13. Nyatakan bagaimana arah penerimaan cahaya untuk memastikan fotoperintang dan fototransistor dapat berkendali dengan sempurna.
14. Dengan bantuan gambar rajah, terangkan secara ringkas binaan salah satu jenis transistor.
15. Dengan bantuan gambar rajah, terangkan apakah yang dimaksudkan dengan takat tepu dan kawasan potong.
16. Rajah 1.4.6 menunjukkan satu binaan transistor PNP. Labelkan tamatan transistor pada ruang yang disediakan.

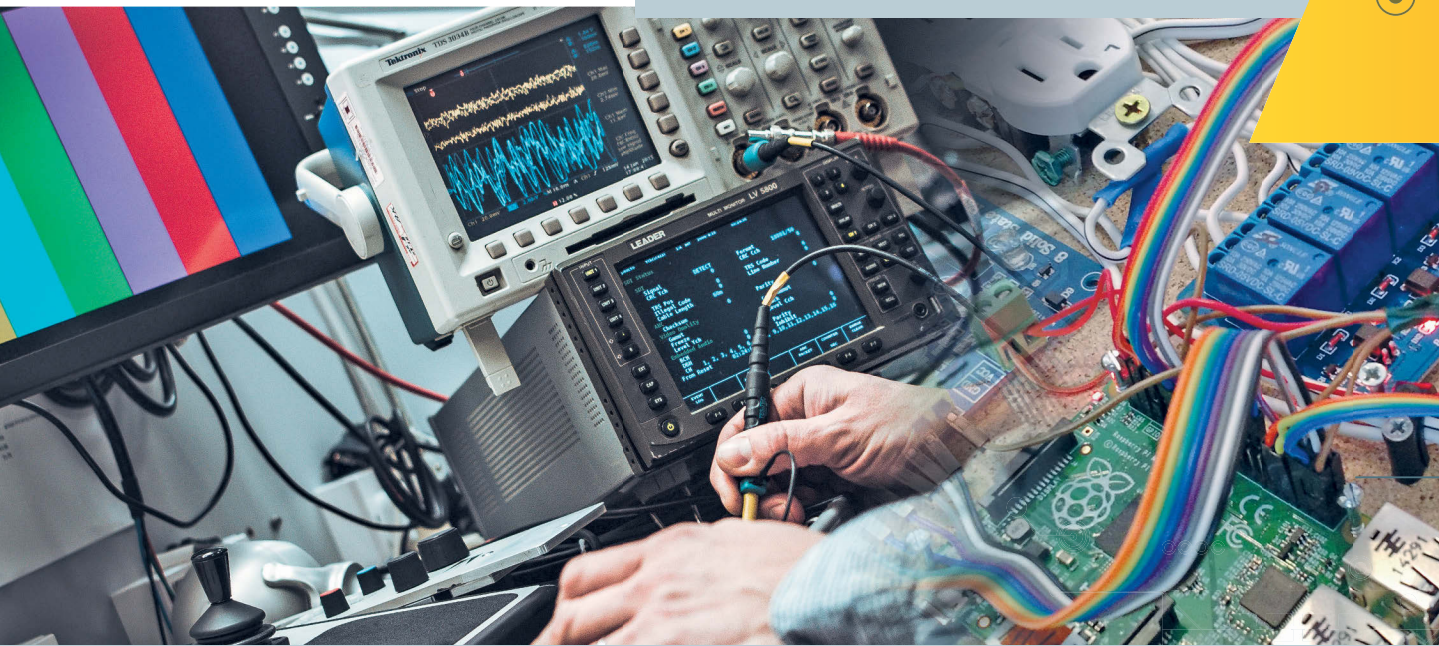


*Rajah 1.4.6 Struktur binaan transistor*

# SISTEM ELEKTRONIK DIGIT DAN PENGAWAL LOGIK BOLEH ATUR CARA (PLC) . . . .

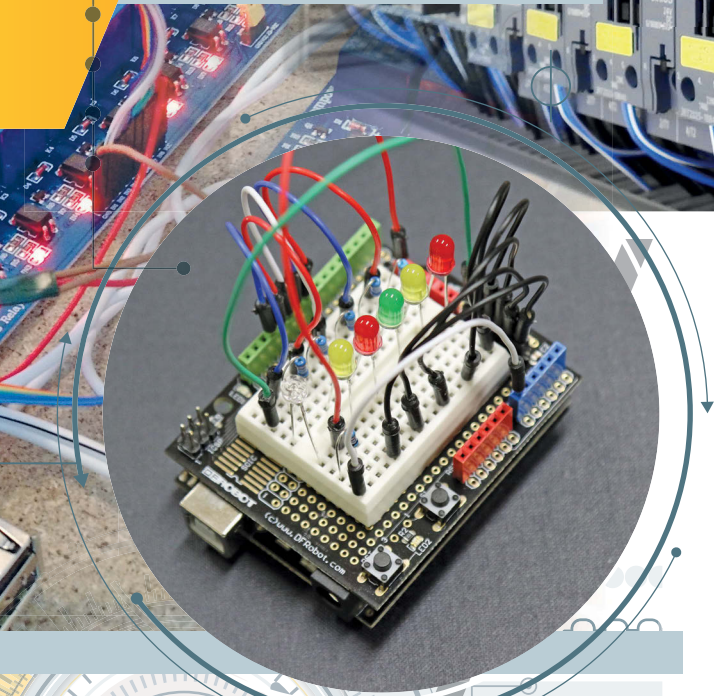
## Standard Kandungan

- 5.1 Elektronik Digit
- 5.2 Pengawal Logik Boleh Atur Cara (PLC)
- 5.3 Projek Mini Litar Digit



Modul ini menerangkan isyarat digit dan pengawal logik boleh atur cara yang meliputi aspek definisi, fungsi dan jenis. Murid didedahkan kepada kebolehan membina pengaturcaraan mudah, menghasilkan projek litar logik mini dan menyediakan laporan projek yang boleh dicontohi.





## ■ KATA KUNCI

- *Central Processing Unit (CPU)*
- *Flip-flop*
- *Get logik*
- *Isyarat digital*
- *Jadual kebenaran*
- *Litar logik gabungan*
- *Litar logik jujukan*
- *Pengawal Logik Boleh Atur Cara (PLC)*
- *Persamaan logik*
- *Random Access Memory (RAM)*
- *Read Only Memory (ROM)*



## 2.1 ELEKTRONIK DIGIT



### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

5.1.1 Menyatakan definisi isyarat digital.

5.1.2 Menerangkan jenis get logik.

(a) TAK, DAN, ATAU

(b) TAK-DAN, TAK-ATAU

(c) Eksklusif ATAU

5.1.3 Membina jadual kebenaran get logik.

5.1.4 Menghasilkan persamaan logik, jadual kebenaran, dan gambar rajah pemasaan berdasarkan litar logik gabungan.

5.1.5 Membezakan litar logik jujukan dengan litar logik gabungan.

5.1.6 Membezakan jenis-jenis flip-flop.

(a) SR

(c) D

(b) JK

(d) T

5.1.7 Menentukan jenis flip-flop mengikut kefungsi litar.

(a) Pendaftar anjakan

(b) Pembilang

**Elektronik digit** merupakan bidang elektronik yang melibatkan pembelajaran tentang isyarat digital dan komponen elektronik digital seperti get logik, flip-flop, pendaftar anjakan dan pembilang bagi menjalankan proses aritmetik dan logik, penyimpanan data, dan penghantaran data secara digital.

Teknologi berasaskan elektronik digit telah digunakan dengan begitu meluas dalam kehidupan harian meliputi aspek seperti sistem automasi, pengkomputeran, robotik, teknologi perubatan, pengangkutan, telekomunikasi, penerokaan ruang angkasa dan sebagainya.



Gambar foto 2.1.1 Contoh peralatan yang menggunakan sistem digital



### DETIK SEJARAH

Geoffrey William Arnold Dummer (25 Februari 1909 - 9 September 2002) ialah jurutera dan perunding elektronik Inggeris yang dinobatkan sebagai orang pertama yang mempopularkan konsep-konsep yang akhirnya membawa kepada pembangunan litar bersepadu, yang lazimnya disebut mikrocip, pada akhir tahun 1940-an dan awal tahun 1950-an.



### Dwiistilah

- Nombor perduaan  
– Binary number
- Litar bersepadu  
– Integrated circuit

### 2.1.1 Definisi Isyarat Digital

**Isyarat digital** ialah isyarat yang dinyatakan dalam bentuk jujukan diskret yang mempunyai dua keadaan, iaitu dalam keadaan '1' (ON) dan keadaan '0' (OFF). Oleh sebab nilai '1' dan '0' ini ialah nombor perduaan, maka isyarat ini digelar sebagai isyarat digital.

Dalam elektronik analog, sistem penomboran yang biasa digunakan ialah sistem nombor perpuluhan atau sistem nombor asas sepuluh. Nombor-nombor asas sepuluh terdiri daripada 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9. Bagi elektronik digit, sistem penomboran yang biasa digunakan ialah sistem nombor perduaan atau sistem nombor asas dua. Jadual 2.1.1 menunjukkan hubungan antara nombor asas sepuluh dengan nombor perduaan. Rajah 2.1.1 menunjukkan cara penukaran nombor asas sepuluh kepada nombor perduaan dan nombor perduaan kepada nombor asas sepuluh.

*Jadual 2.1.1 Hubungan antara nombor asas sepuluh dengan nombor perduaan*

Nombor asas sepuluh	Nombor perduaan
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Penukaran nombor asas sepuluh kepada nombor perduaan

2	24	
2	12	baki 0
2	6	baki 0
2	3	baki 0
2	1	baki 1
0		baki 1

1	1	0	0	0
---	---	---	---	---

$24_{10} = 11000_2$

Penukaran nombor perduaan kepada nombor asas sepuluh

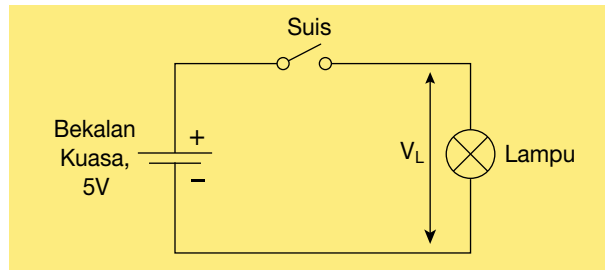
$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
=	=	=	=	=
16	8	4	2	1
1	1	0	0	0

$11000_2 = (1 \times 16) + (1 \times 8) + (0 \times 4) + (0 \times 2) + (0 \times 1)$   
 $= 16 + 8$   
 $= 24_{10}$

*Rajah 2.1.1 Cara penukaran nombor asas sepuluh kepada nombor perduaan dan nombor perduaan kepada nombor asas sepuluh*

## Konsep Logik

Digit perduaan dikenali sebagai bit yang terdiri daripada '0' dan '1'. Dalam litar digital, hanya dua keadaan sahaja yang terlibat iaitu logik '1' mewakili voltan tinggi (ON), manakala logik '0' mewakili voltan rendah (OFF). Rajah 2.1.2 dan Jadual 2.1.2 menerangkan konsep logik.

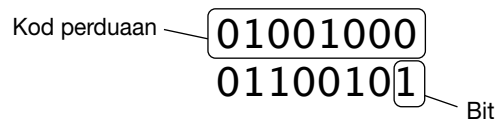


Rajah 2.1.2 Konsep logik mudah

Jadual 2.1.2 Konsep logik

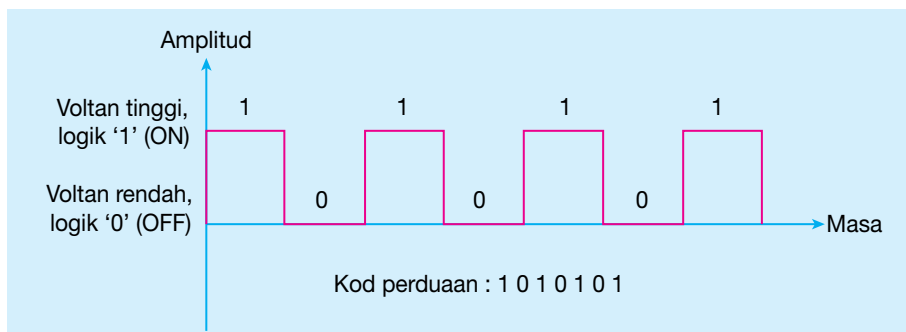
Keadaan suis	Nilai voltan, $V_L$	Keadaan lampu	Keadaan logik
Buka (ON)	0 V	Tidak menyala	0
Tutup (OFF)	5 V	Menyala	1

Gabungan beberapa nombor perduaan atau bit dinamakan sebagai kod perduaan dapat digunakan untuk mewakili nombor, huruf, simbol, arahan, dan lain-lain yang diperlukan dalam sesuatu aplikasi elektronik digit. Rajah 2.1.3 menunjukkan bit dan kod perduaan.



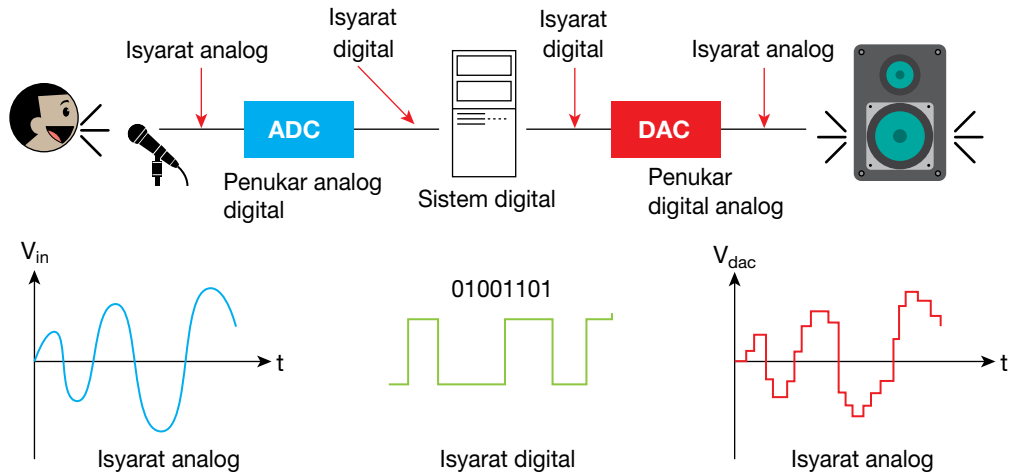
Rajah 2.1.3 Bit dan kod perduaan

**Gelombang digital** terdiri daripada voltan berubah-ubah di antara paras logik '1' dengan logik '0'. Pergerakan denyut positif berlaku apabila voltan bergerak dari '0' ke '1' dan kembali ke '0'. Pergerakan denyut negatif pula berlaku apabila voltan bergerak dari '1' ke '0' dan kembali ke '1'. Suatu gelombang digital dibina daripada siri beberapa denyutan. Contoh gelombang digital adalah seperti dalam Rajah 2.1.4.



Rajah 2.1.4 Isyarat digital

Rajah 2.1.5 menunjukkan contoh penggunaan isyarat elektronik dalam sistem pembesar suara. Gelombang bunyi adalah dalam isyarat analog yang diambil menggunakan mikrofon ditukarkan kepada isyarat digital dengan menggunakan penukar analog digital (ADC). Isyarat digital ini kemudiannya dihantar ke sistem digital untuk diproses secara digital. Isyarat digital yang telah diproses akan ditukarkan kepada isyarat analog dengan menggunakan penukar digital analog (DAC). Isyarat analog ini kemudiannya dihantar ke pembesar suara yang menghasilkan gelombang bunyi yang kuat.



Rajah 2.1.5 Penggunaan isyarat analog dan isyarat digital

## INFO EKSTRA

Litar elektronik boleh dibahagikan kepada dua kategori, iaitu digital dan analog. Litar digital menggunakan kuantiti digital manakala litar analog menggunakan kuantiti analog.

**Kuantiti analog** - mempunyai nilai yang berterusan (*continuous*). Sebagai contoh, katakan suhu bilik sedang meningkat dari 25°C ke 26°C. Peningkatan suhu ini tidak berlaku dengan serta-merta, sebaliknya meningkat secara berterusan mengikut masa. Oleh itu, suhu tersebut boleh mengambil sebarang nilai di antara 25°C hingga 26°C. Nilai yang diambil adalah tidak terhad. Selain suhu, kuantiti analog yang lain adalah seperti masa, tekanan, jisim, jarak, dan lain-lain. Boleh dikatakan hampir kesemua kuantiti dalam dunia yang nyata ini adalah dalam bentuk analog.





## 2.1.2 Jenis Get Logik

Get logik merupakan elemen asas untuk membentuk litar digit. Get logik terdiri daripada satu atau lebih tamatan masukan dan satu tamatan keluaran. Keluaran bagi get logik adalah dalam bentuk logik '1' atau logik '0' bergantung pada isyarat logik yang dikenakan pada tamatan masukan. Yang berikut ialah jenis-jenis get logik yang biasa digunakan dalam elektronik digit:

1. Get TAK
2. Get DAN
3. Get ATAU
4. Get TAK-DAN
5. Get TAK-ATAU
6. Get eksklusif ATAU



### Dwiistilah

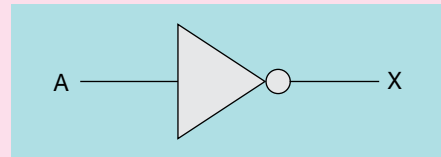
- Get TAK – NOT gate
- Get DAN – AND gate
- Get ATAU – OR gate
- Get TAK-DAN – NOT-AND gate
- Get TAK-ATAU – NOT-OR gate
- Get eksklusif ATAU – XOR gate
- Penyongsang – Inverter

### Get TAK

Get TAK juga dikenali sebagai penyongsang. Get TAK terdiri daripada satu masukan dan satu keluaran. Jika masukan A ialah logik '0', keluaran akan disongsangkan kepada logik '1' atau sebaliknya. Simbol bagi get TAK ditunjukkan seperti dalam Rajah 2.1.6.

Ungkapan Boolean get TAK:

$$X = \bar{A}$$



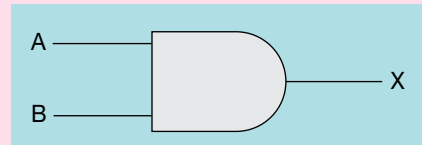
Rajah 2.1.6 Simbol get TAK

### Get DAN

Get DAN mempunyai dua atau lebih masukan dan satu keluaran. Rajah 2.1.7 menunjukkan simbol bagi get DAN dua masukan iaitu A dan B dengan satu keluaran X. Get DAN menghasilkan keluaran logik '1' hanya apabila semua masukan ialah logik '1'. Apabila terdapat mana-mana masukan logik '0' atau kesemua masukan logik '0', maka keluaran akan menjadi logik '0'.

Ungkapan Boolean get DAN:

$$X = AB$$



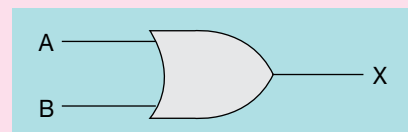
Rajah 2.1.7 Simbol get DAN

### Get ATAU

Get ATAU mempunyai dua atau lebih masukan dan satu keluaran. Rajah 2.1.8 menunjukkan simbol bagi get ATAU dua masukan iaitu A dan B dengan satu keluaran X. Get ATAU menghasilkan keluaran logik '1' hanya apabila salah satu masukan atau kesemua masukan ialah logik '1'. Apabila kesemua masukan ialah logik '0', maka keluaran akan menjadi logik '0'.

Ungkapan Boolean get ATAU:

$$X = A + B$$

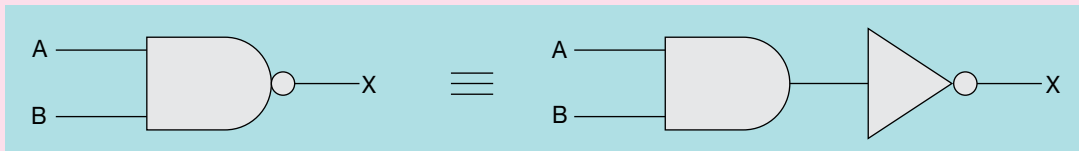


Rajah 2.1.8 Simbol get ATAU

## Get TAK-DAN

Get TAK-DAN merupakan gabungan antara get TAK dengan get DAN. Get TAK-DAN mempunyai dua atau lebih masukan dan satu keluaran. Rajah 2.1.9 menunjukkan simbol bagi get TAK-DAN dua masukan iaitu A dan B dengan satu keluaran X. Get TAK-DAN menghasilkan keluaran logik '1' apabila salah satu masukan ialah logik '0' atau kesemua masukan ialah logik '0'. Apabila kesemua masukan ialah logik '1', maka keluaran akan menjadi logik '0'.

Ungkapan Boolean get TAK-DAN:  $X = \overline{AB}$

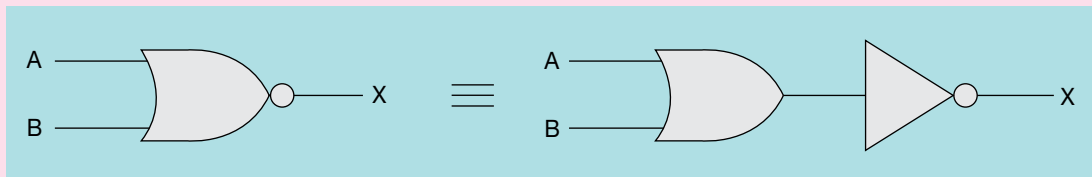


Rajah 2.1.9 Simbol get TAK-DAN

## Get TAK-ATAU

Get TAK-ATAU merupakan gabungan antara get TAK dan get ATAU. Get TAK-ATAU mempunyai dua atau lebih masukan dan satu keluaran. Rajah 2.1.10 menunjukkan simbol bagi get TAK-ATAU dua masukan iaitu A dan B dengan satu keluaran X. Get TAK-ATAU menghasilkan keluaran logik '1' hanya apabila kesemua masukan adalah logik '0'. Apabila salah satu masukan adalah logik '1' atau kesemua masukan adalah logik '1', keluaran akan menjadi logik '0'.

Ungkapan Boolean get TAK-ATAU:  $X = \overline{A + B}$

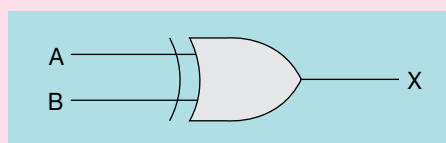


Rajah 2.1.10 Simbol get TAK-ATAU

## Get Eksklusif ATAU

Get eksklusif ATAU mempunyai dua atau lebih masukan dan satu keluaran. Rajah 2.1.11 menunjukkan simbol bagi get eksklusif ATAU dua masukan iaitu A dan B dengan satu keluaran X. Get eksklusif ATAU menghasilkan keluaran logik '1' apabila salah satu masukan adalah logik '1'. Apabila kesemua masukan logik '0' atau logik '1', keluaran akan menjadi logik '0'.

Ungkapan Boolean get eksklusif ATAU:  $X = A \oplus B$



Rajah 2.1.11 Simbol get eksklusif ATAU

### 2.1.3 Jadual Kebenaran Get Logik

Jadual yang digunakan untuk mewakili ungkapan Boolean bagi fungsi get logik dinamakan sebagai jadual kebenaran. Jadual kebenaran get logik menunjukkan sebarang kemungkinan kombinasi masukan ke get atau litar logik dengan keluaran yang dihasilkan bergantung pada kombinasi masukan tersebut.

#### Jadual Kebenaran Get TAK

Apabila masukan ialah logik '0', keluaran ialah logik '1'; apabila masukan ialah logik '1', maka keluaran ialah logik '0', dengan itu menghasilkan denyut keluaran terbalik.

Jadual 2.1.3

Masukan	Keluaran
0	1
1	0

#### Jadual Kebenaran Get DAN

Untuk dua masukan get DAN, keluaran X ialah logik '1' hanya apabila masukan A dan B ialah logik '1'; manakala X ialah logik '0' apabila sama ada A atau B ialah logik '0', atau apabila kedua-dua A dan B ialah logik '0'.

Jadual 2.1.4

Masukan		Keluaran
A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video animasi get logik.



<http://buku-teks.com/kee5076>



#### INFO EKSTRA

Get logik membolehkan komputer untuk menjalankan operasi penambahan, pembahagian, pendaraban, dan membuat keputusan ya atau tidak dalam sesuatu operasi:

## Jadual Kebenaran Get ATAU

Untuk dua masukan get ATAU, keluaran X ialah logik '1' apabila sama ada masukan A atau masukan B ialah logik '1', atau apabila kedua-dua A dan B logik '1'; manakala X ialah logik '0' hanya apabila kedua-dua A dan B ialah logik '0'.

Jadual 2.1.5

Masukan		Keluaran
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

## Jadual Kebenaran Get TAK-DAN

Untuk dua masukan get TAK-DAN, keluaran X ialah logik '0' hanya apabila masukan A dan B ialah logik '1'; manakala X ialah logik '1' apabila A atau B ialah logik '0', atau apabila kedua-dua A dan B ialah logik '0'.

Jadual 2.1.6

Masukan		Keluaran
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## Jadual Kebenaran Get TAK-ATAU

Untuk dua masukan get TAK-ATAU, keluaran X adalah logik '0' hanya apabila sama ada masukan A atau masukan B adalah logik '1', atau apabila kedua-dua A dan B logik '1'; X adalah logik '1' hanya apabila kedua-dua A dan B adalah logik '0'.

Jadual 2.1.7

Masukan		Keluaran
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



## SUDUT BRAINSTORMING

Bincangkan cara menggunakan get logik sebagai sistem penggera keselamatan bagi mengelakkan rumah kediaman diceroboh.



## INFO EKSTRA

Dalam merancang litar digital untuk sesebuah aplikasi, pereka sering kali bermula dengan jadual kebenaran bagi menerangkan perkara yang perlu dilakukan oleh litar tersebut. Tugas pereka adalah untuk menentukan jenis litar yang akan melaksanakan fungsi yang diterangkan seperti dalam jadual kebenaran yang dibangunkan.

## Jadual Kebenaran Get Eksklusif ATAU

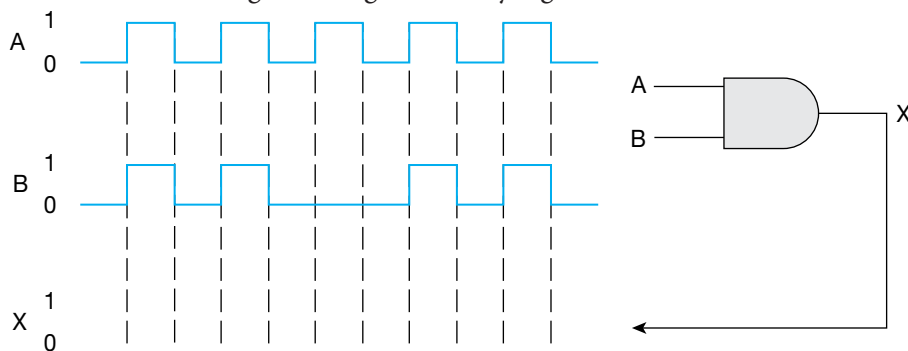
Untuk dua masukan get eksklusif ATAU, keluaran X ialah logik '1' apabila masukan A ialah logik '0' dan masukan B ialah logik '1' atau apabila masukan A ialah logik '1' dan masukan B ialah logik '0'; manakala X ialah logik '0' hanya apabila kedua-dua masukan A dan B ialah logik '0' atau logik '1'.

Jadual 2.1.8

Masukan		Keluaran
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

### Contoh 1

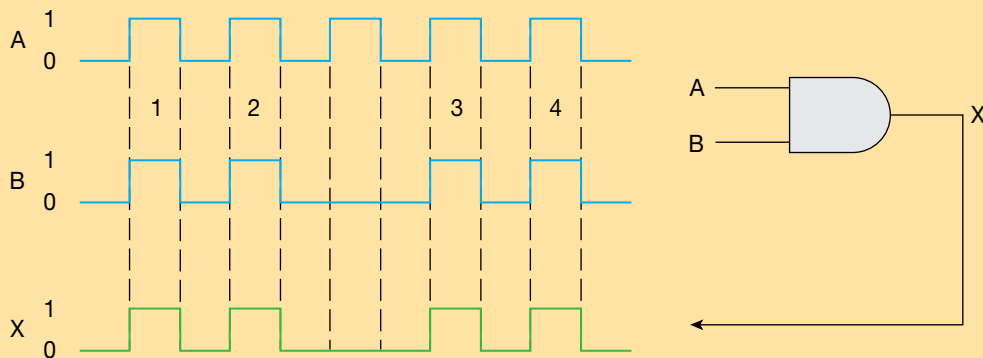
Jika dua bentuk gelombang, A dan B, digunakan pada masukan get DAN seperti dalam Rajah 2.1.12, lakarkan bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan.



Rajah 2.1.12

### Penyelesaian:

Gelombang keluaran X ialah logik '1' hanya apabila kedua-dua bentuk gelombang A dan B ialah logik '1' seperti yang ditunjukkan dalam gambar rajah pemasangan dalam Rajah 2.1.13.

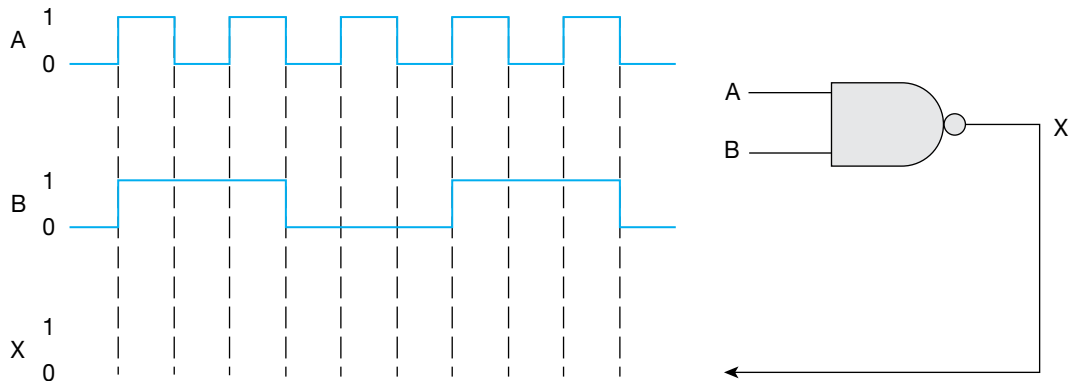


A dan B kedua-duanya logik '1' pada empat jeda masa, maka X ialah logik '1'.

Rajah 2.1.13

## Contoh 2

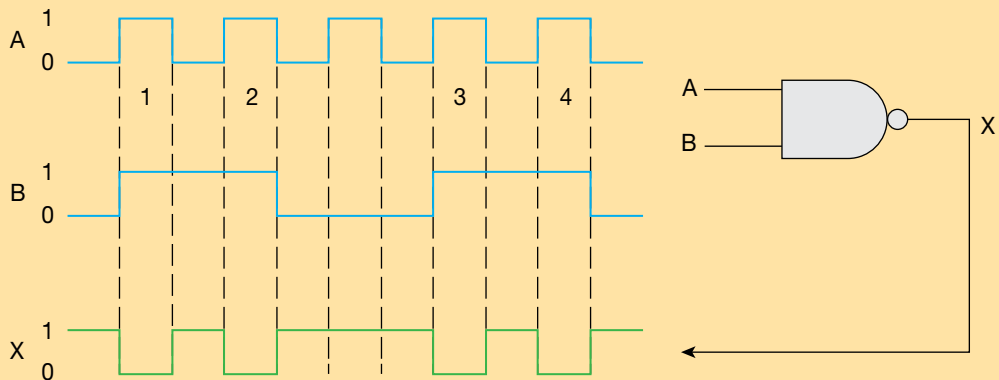
Sekiranya kedua-dua bentuk gelombang A dan B ditunjukkan dalam Rajah 2.1.14 digunakan pada masukan get TAK-DAN, lakarkan bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan.



Rajah 2.1.14

### Penyelesaian:

Bentuk gelombang keluaran X ialah logik '0' hanya semasa jeda masa empat ketika kedua-dua bentuk gelombang masukan A dan B ialah logik '1' seperti yang ditunjukkan dalam gambar rajah pemasaan dalam Rajah 2.1.15.

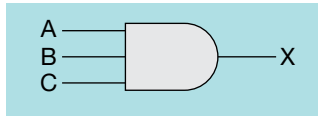


A dan B kedua-duanya logik '1' pada empat jeda masa, maka X ialah logik '0'.

Rajah 2.1.15

### Contoh 3

Bina jadual kebenaran untuk 3 masukan get DAN seperti dalam Rajah 2.1.16.



Rajah 2.1.16

#### Penyelesaian:

Terdapat 8 kemungkinan gabungan masukan ( $2^3 = 8$ ) bagi 3 masukan get DAN. Bahagian masukan pada jadual kebenaran menunjukkan 8 kombinasi 3-bit. Bahagian keluaran kesemuanya ialah 0 kecuali apabila kesemua bit masukan (A, B dan C) ialah 1. Jadual 2.1.9 kebenaran untuk 3 masukan get DAN adalah seperti yang berikut:

Jadual 2.1.9 Jadual kebenaran 3 masukan get DAN

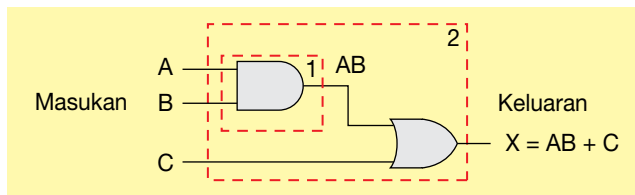
Masukan			Keluaran
A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

## 2.1.4 Persamaan Logik, Jadual Kebenaran, dan Gambar Rajah Pemasaan untuk Litar Logik Gabungan

Pada bahagian ini, akan diterangkan bagaimana cara untuk menerbitkan ungkapan Boolean bagi sesebuah litar logik gabungan, jadual kebenaran, dan gambar rajah pemasaan.

### Persamaan Logik bagi Litar Logik Gabungan

Untuk menerbitkan ungkapan Boolean, mulakan di sebelah paling kiri litar logik gabungan iaitu pada tamatan masukan dan kemudian bergerak ke arah tamatan keluaran di sebelah paling kanan litar logik. Ungkapan Boolean perlu ditulis pada keluaran setiap get. Rajah 2.1.17 menunjukkan bagaimana ungkapan Boolean diterbitkan daripada litar logik gabungan.



Rajah 2.1.17 Litar logik gabungan

### Jadual Kebenaran bagi Litar Logik Gabungan

Jadual kebenaran boleh dibangunkan setelah ungkapan Boolean suatu litar logik telah ditentukan. Jadual kebenaran digunakan untuk menunjukkan keadaan logik keluaran sama ada logik '0' atau '1' bagi setiap keadaan masukan. Bagi membangunkan jadual kebenaran, anda perlu menilai ungkapan Boolean bagi semua kemungkinan kombinasi masukan.

Cara membangunkan jadual kebenaran bagi litar logik gabungan dalam Rajah 2.1.17 adalah seperti yang berikut:

1. Masukan = A B C
2. Bilangan masukan,  $n = 3$
3. Bilangan kombinasi logik masukan =  $2^n = 2^3 = 8$ .

Jadual 2.1.10

	A	B	C	X
8 kombinasi masukan	0	0	0	
	0	0	1	
	0	1	0	
	0	1	1	
	1	0	0	
	1	0	1	
	1	1	0	
	1	1	1	



### INFO EKSTRA

Litar logik gabungan ialah litar logik yang dibangunkan dengan menggabungkan beberapa logik get untuk memproses dua atau lebih masukan bagi menghasilkan sekurang-kurangnya satu isyarat keluaran berdasarkan fungsi logik setiap logik get. Litar logik get gabungan digunakan bagi menjalankan fungsi aritmetik dan logik, penghantaran data, dan penukar kod.

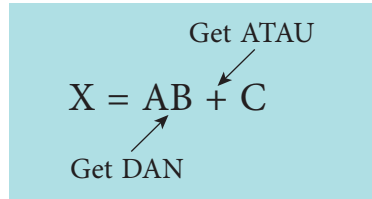


### SUDUT BRAINSTORMING

Bincangkan cara untuk membangunkan litar logik get untuk sistem pembakaran sisa toksik. Injap tutup terus akan tutup apabila 2 daripada 3 sensor mengesan kehadiran api. Murid dikehendaki membangunkan jadual kebenaran sebelum membangunkan litar.



4. Get logik yang terlibat ialah get DAN dan get ATAU.



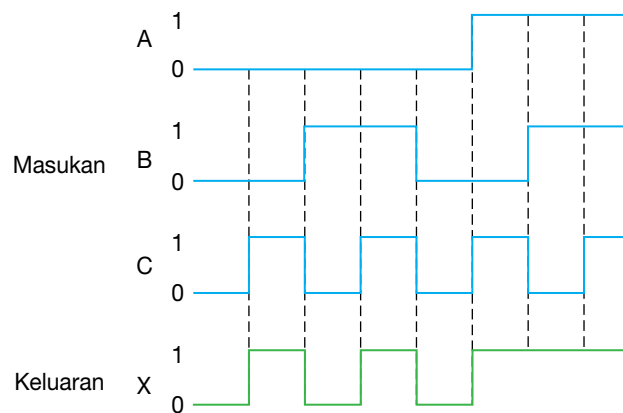
**Rajah 2.1.18**

5. Masukkan nilai keluaran pada jadual kebenaran. Kombinasi nilai masukan akan menghasilkan nilai keluaran seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1.11.

**Jadual 2.1.11**

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

6. Gambar rajah pemasangan bagi litar logik gabungan boleh dibangunkan dengan merujuk kepada jadual kebenaran. Gambar rajah pemasangan bagi litar logik gabungan adalah seperti dalam Rajah 2.1.19.

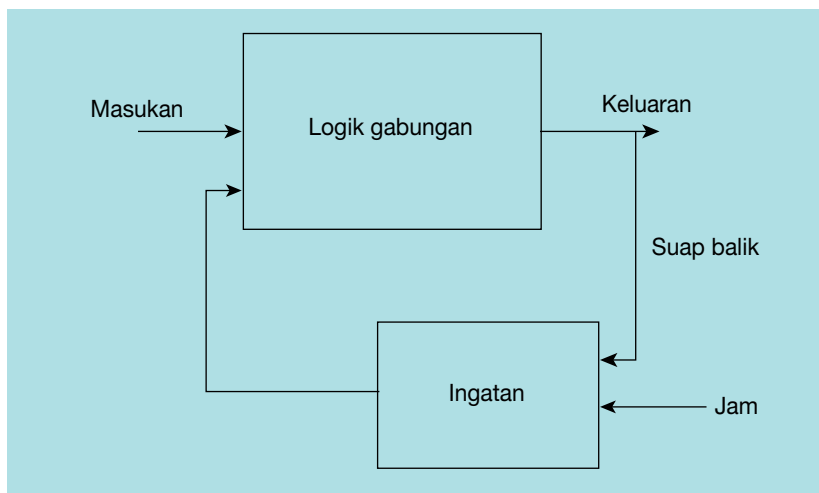


**Rajah 2.1.19**

### 2.1.5 Perbezaan Litar Logik Jujukan dan Litar Logik Gabungan

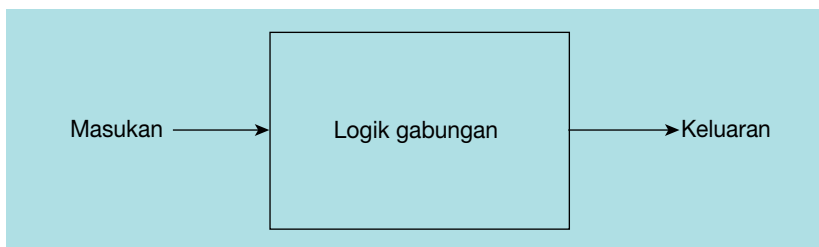
**Litar logik jujukan** mempunyai fungsi ingatan yang membolehkan litar ini menyimpan data perduaan. Peranti ingatan yang digunakan dalam litar logik jujukan dikenali sebagai flip-flop. Peranti ini dinamakan sebagai flip-flop kerana boleh 'flipped' kepada keadaan SET (logik '1') atau 'flop' kepada keadaan RESET (logik '0'). Litar logik jujukan ini merupakan elemen utama dalam sistem ingatan yang terdapat pada peralatan elektronik seperti komputer, kalkulator, dan jam digital.

Rajah 2.1.20 menunjukkan gambar rajah blok bagi litar logik jujukan. Keluaran litar logik jujukan bergantung pada nilai masukan dan juga isyarat jam. Peranti ingatan akan mengekalkan nilai keluaran pada suatu nilai (menyimpan data perduaan logik '1' atau '0'). Nilai masukan dan isyarat jam akan menentukan nilai seterusnya bagi keluaran yang nilai keluaran hanya akan berubah apabila isyarat jam dikenakan. Contoh litar logik jujukan adalah seperti pendaftar anjakan dan pembilang.



Rajah 2.1.20 Gambar rajah blok litar logik jujukan

**Litar logik gabungan** terdiri daripada gabungan beberapa get logik asas. Keluaran dihasilkan adalah berdasarkan kombinasi masukan pada get-get logik yang digabungkan. Nilai keluaran litar logik gabungan ditentukan secara terus oleh nilai masukan. Litar logik gabungan tidak bergantung pada masa kerana tidak memerlukan isyarat jam untuk beroperasi. Dengan ini, anda dapat menghasilkan litar dengan mudah yang mampu melaksanakan operasi aritmetik dan logik kompleks. Contoh litar logik gabungan adalah seperti penambah, pendarab, dan pembedahan. Rajah 2.1.21 menunjukkan gambar rajah blok litar logik gabungan.



Rajah 2.1.21 Gambar rajah blok litar logik gabungan

Jadual 2.1.12 menunjukkan perbezaan antara litar logik gabungan dengan litar logik jujukan.

**Jadual 2.1.12** Perbezaan antara litar logik gabungan dengan litar logik jujukan

Litar logik gabungan	Litar logik jujukan
Keluaran bergantung pada masukan semasa	Keluaran bergantung pada masukan semasa, selepas dan juga masukan jam
Pengoperasian logik berlaku dengan pantas	Pengoperasian logik berlaku dengan perlahan
Tidak bergantung pada masa (tidak memerlukan jam)	Bergantung pada masa (memerlukan jam)
Tidak perlu dipicu kerana tiada jam	Perlu dipicu dengan isyarat jam
Litar dibangunkan dengan logik get	Litar dibangunkan dengan flip-flop
Mudah untuk direka bentuk	Sukar untuk direka bentuk
Tiada ingatan	Ada ingatan
Kegunaan utama adalah untuk aritmatik dan operasi logik	Kegunaan utama adalah untuk menyimpan data dan aplikasi ingatan yang lain
Mudah digunakan	Sukar untuk digunakan

### 2.1.6 Jenis-jenis Flip-flop

Flip-flop merupakan litar elektronik yang mempunyai dua keadaan stabil iaitu SET atau RESET yang digunakan sebagai peranti ingatan untuk menyimpan data perduaan. Peranti ini bersifat pemberbilang getar dwistabil. Flip-flop merupakan pinggir terpicu daripada isyarat jam. Keluaran akan berubah jika isyarat jam berubah daripada logik '0' kepada logik '1' atau logik '1' kepada logik '0'. Peranti dwistabil mempunyai dua keadaan stabil, yang dinamakan sebagai SET dan RESET. Fungsinya untuk mengekalkan salah satu keadaan ini secara kekal, menjadikannya berguna sebagai peranti ingatan.

Flip-flop biasa digunakan dalam aplikasi litar logik jujukan seperti pembilang, pendaftar, dan pelbagai logik kawalan berturutan. Dengan kemampuan sebagai peranti ingatan untuk menyimpan data, flip-flop dijadikan sebagai elemen asas dalam sistem elektronik digital seperti komputer, sistem komunikasi, dan sistem-sistem yang lain. Pada umumnya, flip-flop terdiri daripada 4 jenis iaitu:

- (a) Flip-flop SR
- (b) Flip-flop D
- (c) Flip-flop JK
- (d) Flip-flop T



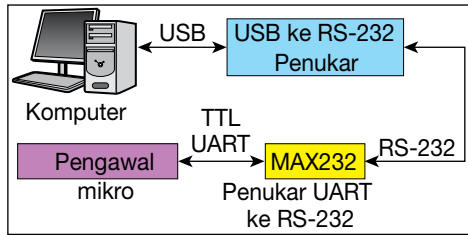
#### Dwiistilah

- Pinggir terpicu – *Edge triggered*
- Jam – *Clock*
- Pemberbilang getar dwistabil – *Bistable multivibrators*
- Tidak sah – *Invalid*

Contoh penggunaan flip-flop adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar foto 2.1.2.



Pembilang digital



Antara muka UART



Ketuhar gelombang mikro



Kalkulator



Jam randik digital

Gambar foto 2.1.2 Contoh kegunaan flip-flop

## DETIK SEJARAH



Flip-flop elektronik pertama dicipta pada tahun 1918 oleh ahli fizik British, William Eccles dan F. W. Jordan. Flip-flop elektronik ini pada mulanya dipanggil litar pemicu Eccles-Jordan dan terdiri daripada dua elemen aktif (tiub vakum). Reka bentuk ini digunakan pada tahun 1935 dalam komputer *British Colossus codebreaking* dan litar seperti ini dan versi transistor mereka sudah biasa digunakan dalam sistem komputer.

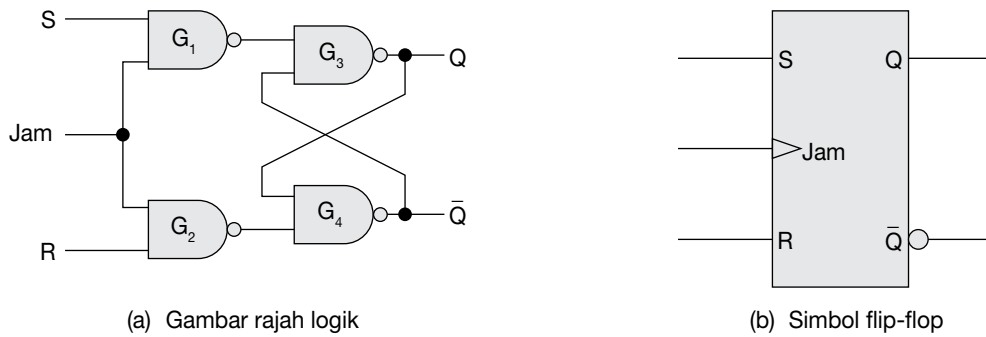
## Flip-flop SR

Flip-flop SR terdiri daripada masukan S dan R yang juga dikenali sebagai masukan segerak disebabkan oleh data pada masukan S dan R dipindahkan ke keluaran flip-flop hanya pada ketika denyut jam.

### Operasi kendalian:

Kedadaan Keluaran Flip-flop	Penerangan operasi logik
SET	Apabila masukan S ialah logik '1' dan R ialah logik '0', maka keluaran akan menjadi logik '1' (SET).
RESET	Apabila masukan S ialah logik '0' dan R ialah logik '1', maka keluaran akan menjadi logik '0' (RESET).
Tiada perubahan	Apabila kedua-dua masukan S dan R ialah logik '0', maka keluaran akan menjadi sama seperti keluaran sebelumnya.
Tak sah ( <i>invalid</i> )	Apabila kedua-dua masukan S dan R ialah logik '1', maka keluaran adalah tidak sah.

Rajah 2.1.22 menunjukkan gambar rajah logik dan simbol bagi flip-flop SR. Manakala jadual kebenaran pengoperasian flip-flop SR ditunjukkan dalam Jadual 2.1.13.



(a) Gambar rajah logik

(b) Simbol flip-flop

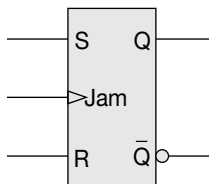
Rajah 2.1.22 Flip-flop SR

Jadual 2.1.13 Jadual kebenaran pengoperasian flip-flop SR

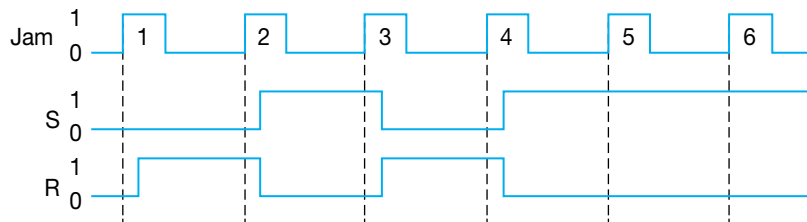
Masukan			Keluaran		Catatan
S	R	Jam	Q	$\bar{Q}$	
0	0	↑	Tiada perubahan	Tiada perubahan	Keluaran kekal seperti sebelum
0	1	↑	0	1	RESET
1	0	↑	1	0	SET
1	1	↑	Tidak dibenarkan	Tidak dibenarkan	Tak sah

### Contoh 4

Tentukan bentuk keluaran Q dan  $\bar{Q}$  flip-flop dalam Rajah 2.1.23 untuk masukan S, R dan jam dalam Rajah 2.1.24. Anggapkan bahawa keluaran flip-flop terpicu pinggir positif bermula dalam keadaan RESET.



Rajah 2.1.23

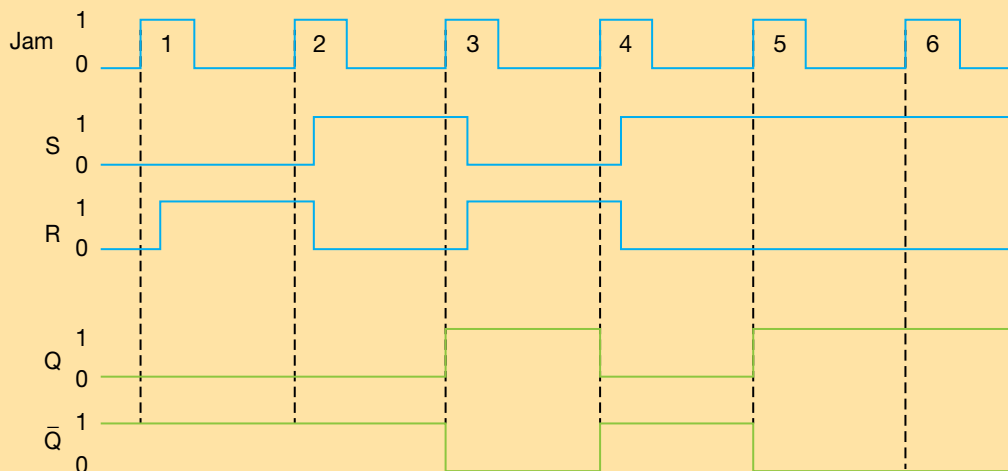


Rajah 2.1.24

### Penyelesaian:

Gelombang keluaran adalah seperti dalam Rajah 2.1.25. Keluaran Q mengikut keadaan masukan S dan R pada masa pinggir jam ke positif.

1. Pada denyut jam 1, S ialah logik '0', dan R ialah logik '0', jadi keluaran Q tidak berubah (mengikuti keluaran sebelumnya iaitu logik '0').
2. Pada denyut jam 2, S ialah logik '0', dan R ialah logik '1', jadi keluaran Q masih logik '0' (RESET).
3. Pada denyut jam 3, S ialah logik '1', dan R ialah logik '0', jadi keluaran Q berubah menjadi logik '1' (SET).
4. Pada denyut jam 4, S ialah logik '0', dan R ialah logik '1', jadi keluaran Q berubah menjadi logik '0' (RESET).
5. Pada denyut jam 5, S ialah logik '1', dan R ialah logik '0', jadi keluaran Q berubah menjadi logik '1' (SET).
6. Pada denyut jam 6, S ialah logik '1', dan R ialah logik '0', jadi keluaran Q kekal menjadi logik '1' (SET).



Rajah 2.1.25

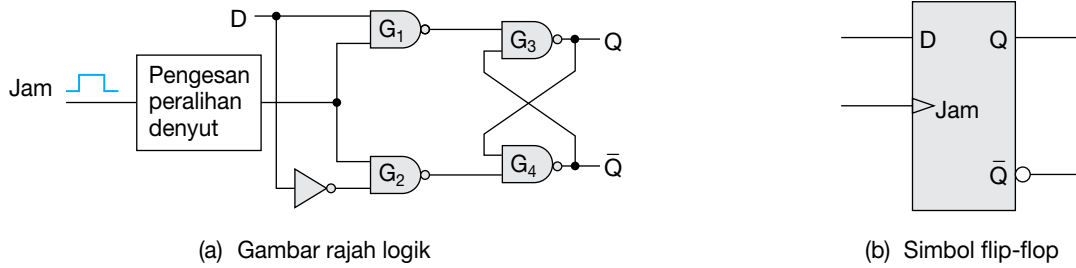
### Flip-flop D

Masukan D dari flip-flop D ialah masukan segerak kerana data pada masukan dipindahkan ke keluaran flip-flop hanya pada ketika pinggir denyut jam dipicu.

### Operasi kendalian:

Keadaan keluaran flip-flop	Penerangan operasi logik
SET	Apabila masukan D ialah logik '1', maka keluaran flip-flop Q menjadi SET.
RESET	Apabila masukan D ialah logik '0', maka keluaran flip-flop Q menjadi RESET.

Rajah 2.1.26 menunjukkan gambar rajah logik dan simbol bagi flip-flop D. Manakala jadual kebenaran pengoperasian flip-flop D ditunjukkan dalam Jadual 2.1.14.



(a) Gambar rajah logik

(b) Simbol flip-flop

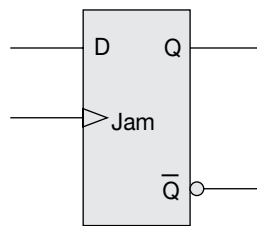
**Rajah 2.1.26** Flip-flop D

**Jadual 2.1.14** Jadual kebenaran pengoperasian flip-flop D

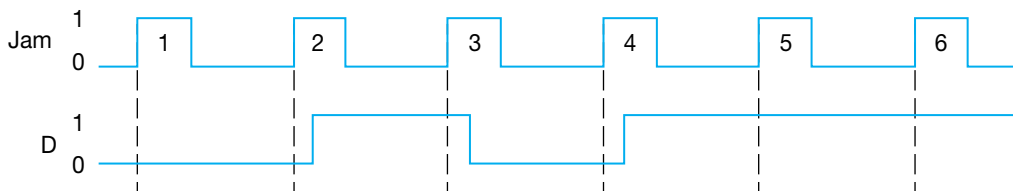
Masukan		Keluaran		Catatan
D	Jam	Q	$\bar{Q}$	
0	↑	0	1	RESET
1	↑	1	0	SET

### Contoh 5

Tentukan bentuk keluaran Q dan flip-flop  $\bar{Q}$  dalam Rajah 2.1.27 untuk masukan D dan jam dalam Rajah 2.1.28. Anggapkan bahawa flip-flop terpicu pinggir positif pada mulanya adalah dalam keadaan RESET.



**Rajah 2.1.27**

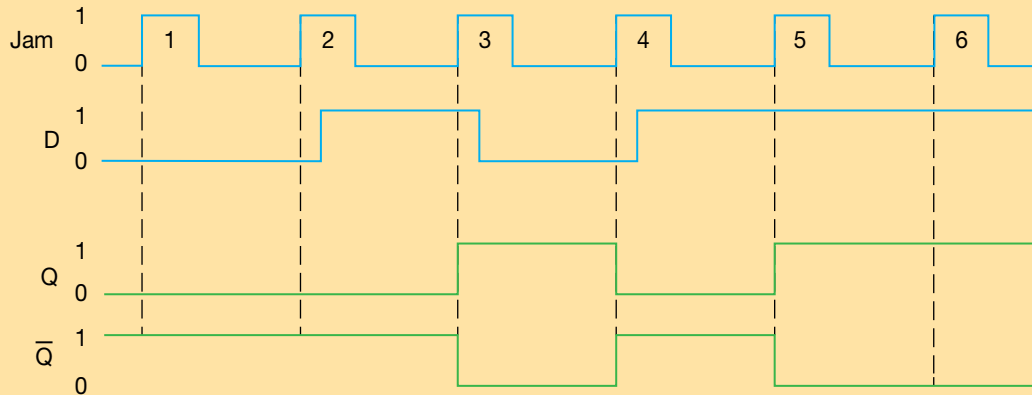


**Rajah 2.1.28**

### Penyelesaian:

Gelombang keluaran adalah seperti dalam Rajah Rajah 2.1.29. Keluaran Q mengikut keadaan masukan D pada masa pinggir jam ke positif.

1. Pada denyut jam 1, D adalah logik '0', jadi keluaran Q kekal logik '0' (RESET).
2. Pada denyut jam 2, D adalah logik '0', jadi keluaran Q kekal logik '0' (RESET).
3. Pada denyut jam 3, D adalah logik '1', jadi keluaran Q berubah logik '1' (SET).
4. Pada denyut jam 4, D adalah logik '0', jadi keluaran Q berubah logik '0' (RESET).
5. Pada denyut jam 5, D adalah logik '1', jadi keluaran Q berubah logik '1' (SET).
6. Pada denyut jam 6, D adalah logik '1', jadi keluaran Q kekal logik '1' (SET).



Rajah 2.1.29

### Flip-flop JK

Masukan J dan K bagi flip-flop JK adalah masukan segerak kerana data pada masukan ini dipindahkan ke keluaran flip-flop hanya pada pinggir positif picuan denyut jam.



**Dwiistilah**

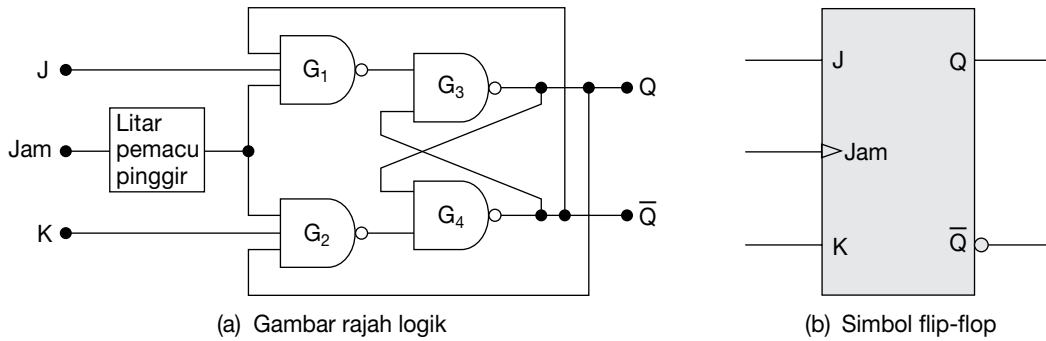
- Togol – Toggle

### Operasi kendalian:

Kedadaan keluaran flip-flop	Penerangan operasi logik
SET	Apabila masukan J adalah logik '1' dan K adalah logik '0', keluaran akan menjadi logik '1' (SET).
RESET	Apabila masukan J adalah logik '0' dan K adalah logik '1', keluaran akan menjadi logik '0' (RESET).
Tiada perubahan	Apabila kedua-dua masukan J dan K adalah logik '0', keluaran akan sama seperti keluaran sebelumnya.
Togol	Apabila kedua-dua masukan J dan K adalah logik '1', keluaran akan togol.



Gambar rajah logik dan simbol flip-flop JK adalah seperti dalam Rajah 2.1.30. Manakala, jadual kebenaran pengoperasian flip-flop JK ditunjukkan dalam Jadual 2.1.15.



Rajah 2.1.30 Flip-flop JK

Jadual 2.1.15 Jadual kebenaran pengoperasian flip-flop JK

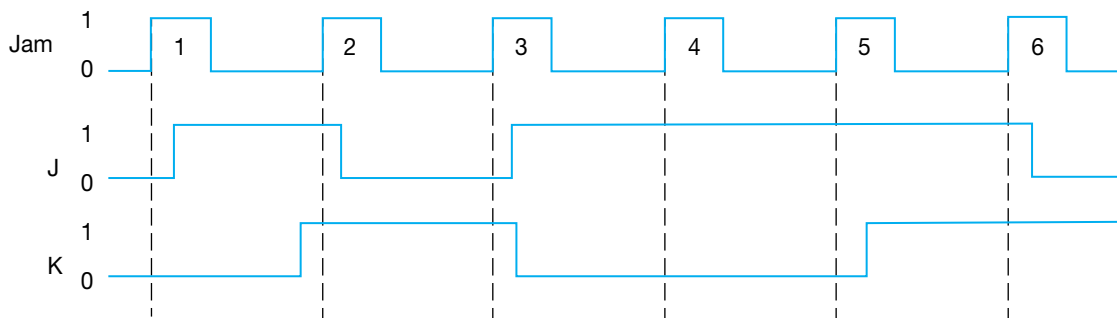
Masukan			Keluaran		Catatan
J	K	Jam	Q	$\bar{Q}$	
0	0	↑	Tiada perubahan	Tiada perubahan	Keluaran kekal seperti sebelum
0	1	↑	0	1	RESET
1	0	↑	1	0	SET
1	1	↑	Togol	Togol	Keluaran berubah di setiap pinggir jam

### Contoh 6

Bentuk gelombang dalam Rajah 2.1.31 digunakan untuk masukan J, K, dan jam seperti yang ditunjukkan. Tentukan keluaran Q, dengan mengandaikan bahawa flip-flop pada mulanya RESET.

### INFO EKSTRA

$Q_0$  ialah nilai logik keluaran mula.  
 $\bar{Q}_0$  ialah nilai logik keluaran menyongsang mula.

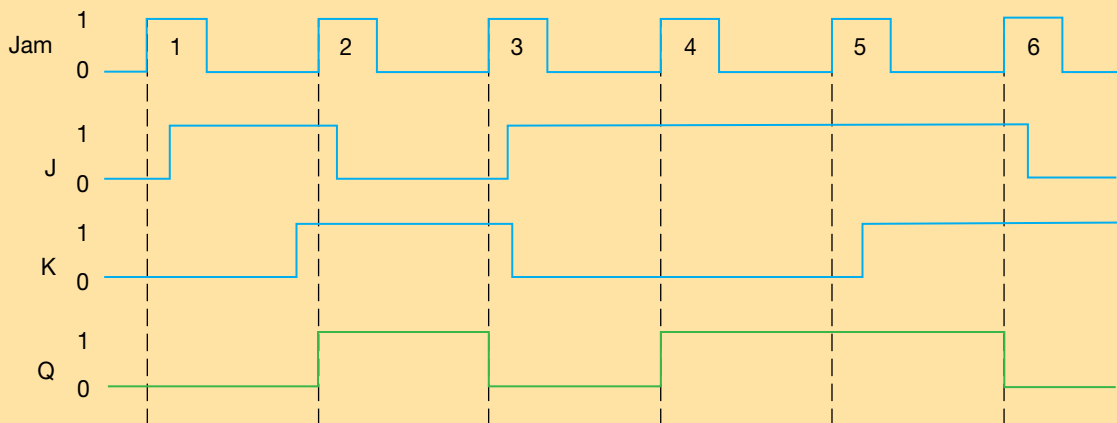


Rajah 2.1.31

### Penyelesaian:

Gelombang keluaran ialah seperti dalam Rajah 2.1.32. Keluaran Q mengikut keadaan masukan J dan K pada masa pinggir jam ke positif.

1. Pada denyut jam pertama, kedua-dua J dan K ialah logik '0'; maka keluaran Q tidak berubah.
2. Pada denyut jam 2, kedua-dua J dan K ialah logik '1'; maka keluaran Q akan togol (jika keluaran sebelum ialah logik '0', maka keluaran akan bertukar menjadi logik '1').
3. Pada denyut jam 3, J ialah logik '0' dan K ialah logik '1', menyebabkan keluaran Q bertukar kepada logik '0' (RESET).
4. Pada denyut jam 4, J ialah logik '1' dan K ialah logik '0', maka keluaran Q bertukar kepada logik '1' (SET).
5. Pada denyut jam 5, keadaan SET masih kekal pada keluaran flip-flop JK kerana J ialah logik '1' dan K ialah logik '0'.
6. Pada denyut jam 6, kedua-dua J dan K ialah logik '1'; maka keluaran Q akan togol. Keluaran berubah daripada logik '1' kepada logik '0'.



Rajah 2.1.32

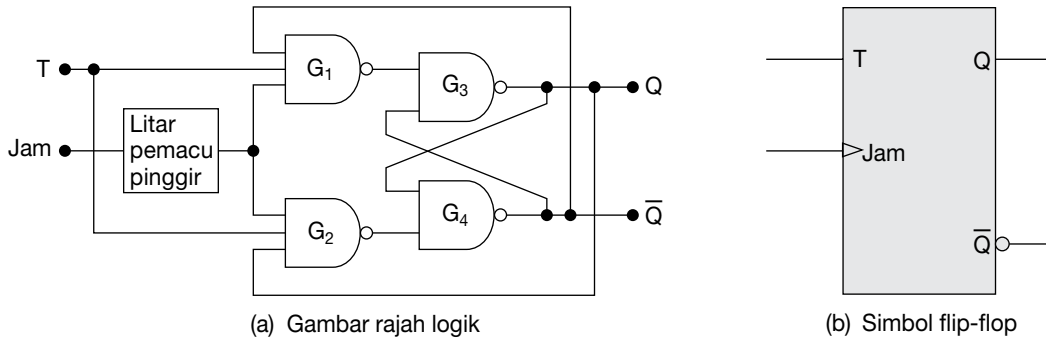
### Flip-flop T

Flip-flop T merupakan panggilan kepada jenis operasi togol. Flip-flop T ialah litar logik flip-flop JK yang diubahsuai dengan memintas kedua-dua masukan J dan K supaya dapat menghasilkan keluaran togol ketika pinggir positif denyut jam dipicu.

### Operasi kendalian:

Keadaan keluaran flip-flop	Penerangan operasi logik
Tiada perubahan	Apabila masukan T ialah logik '0', keluaran flip-flop Q tidak berubah. Keluaran akan sama seperti keluaran sebelumnya.
Togol	Apabila masukan T ialah logik '1', maka keluaran flip-flop Q menjadi togol.

Gambar rajah logik dan simbol flip-flop T adalah seperti dalam Rajah 2.1.33. Manakala jadual kebenaran pengoperasian flip-flop T ditunjukkan dalam Jadual 2.1.16.



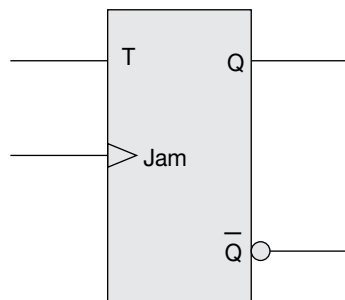
Rajah 2.1.33 Flip-flop T

Jadual 2.1.16 Jadual kebenaran pengoperasian flip-flop T

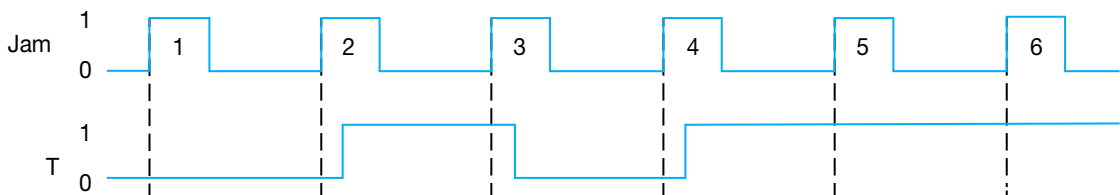
Masukan		Keluaran		Catatan
T	Jam	Q	$\bar{Q}$	
0	↑	Tiada perubahan	Tiada perubahan	Keluaran kekal seperti sebelum
1	↑	Togol	Togol	Keluaran berubah di setiap pinggir jam

### Contoh 7

Tentukan bentuk keluaran Q dan  $\bar{Q}$  flip-flop dalam Rajah 2.1.34 untuk masukan T dan jam dalam Rajah 2.1.35. Anggapkan bahawa flip-flop terpicu pinggir positif pada mulanya adalah dalam keadaan RESET.



Rajah 2.1.34



Rajah 2.1.35



**IMBAS MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk memahami fungsi kendalian pemasa 555.

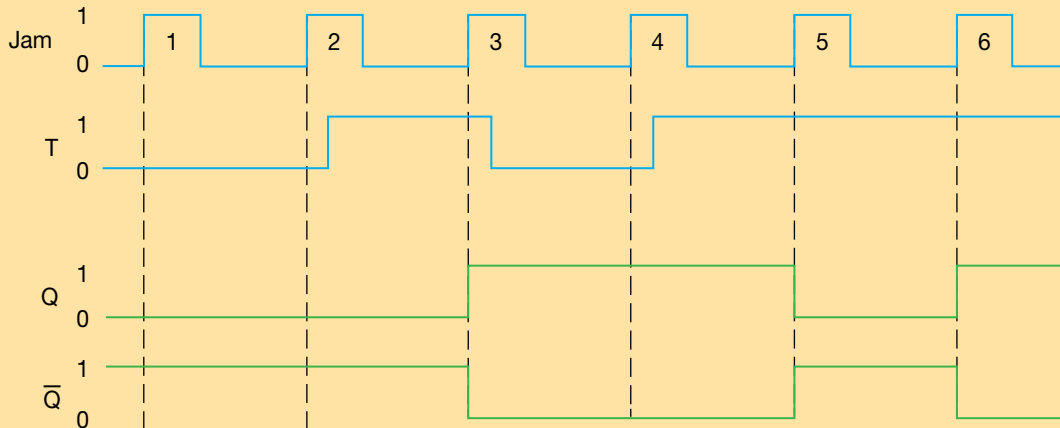


<http://buku-teks.com/kee5092>

### Penyelesaian:

Bentuk gelombang bagi keluaran Q dan  $\bar{Q}$  adalah seperti Rajah 2.1.36. Keluaran Q akan togol ketika masukan T ialah logik '1' pada pinggir ke positif denyut jam.

1. Pada denyut jam 1, T ialah logik '0', jadi keluaran Q kekal logik '0' (tiada perubahan).
2. Pada denyut jam 2, T ialah logik '0', jadi keluaran Q kekal logik '0' (tiada perubahan).
3. Pada denyut jam 3, T ialah logik '1', jadi keluaran Q berubah logik '1' (togol).
4. Pada denyut jam 4, T ialah logik '0', jadi keluaran Q kekal logik '1' (tiada perubahan).
5. Pada denyut jam 5, T ialah logik '1', jadi keluaran Q berubah logik '0' (togol).
6. Pada denyut jam 6, T ialah logik '1', jadi keluaran Q berubah logik '1' (togol).



Rajah 2.1.36

### INFO EKSTRA

Tahukah anda flip-flop banyak digunakan dalam elektronik digital? Flip-flop ialah peranti pintar yang boleh digunakan dalam pelbagai aplikasi untuk menyimpan data binari, unsur di kaunter, memindahkan data binari dari satu lokasi ke tempat lain, dan sebagainya. Antara kegunaan flip-flop adalah seperti yang berikut:

1. Anjakan
2. Pembilang
3. Pengesanan acara
4. Litar pembahagian frekuensi

### 2.1.7 Jenis Flip-flop Mengikut Kefungsian Litar

#### Pendaftaran Anjakan

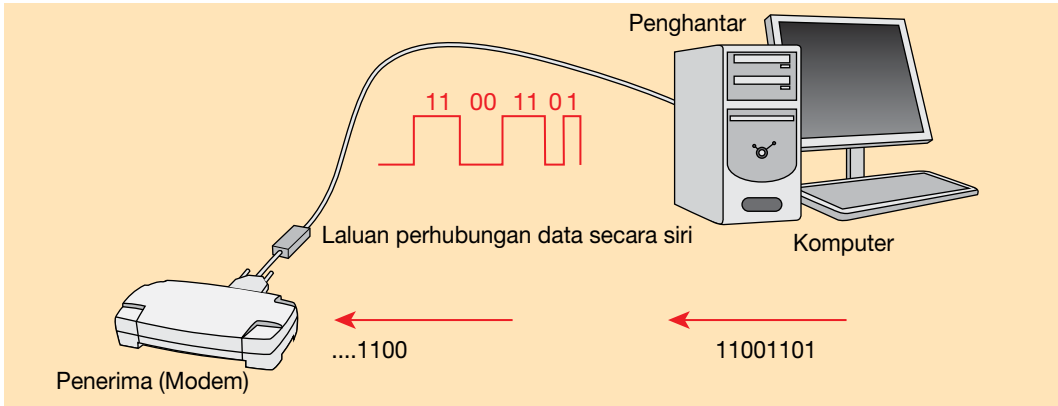
Pendaftaran anjakan merupakan rangkaian logik jujukan yang digunakan untuk menyimpan dan memindahkan data. Pendaftaran anjakan terdiri daripada flip-flop yang disambungkan secara siri dengan keluaran satu flip-flop akan menjadi masukan kepada flip-flop yang lain, bergantung pada jenis daftar yang akan digunakan. Data dianjatkan dari satu flip-flop ke flip-flop yang lain secara jujukan. Kesemua flip-flop pada daftar anjakan dipandu oleh jam sepunya, dan SET, atau RESET berlaku secara serentak. Pendaftaran anjakan banyak digunakan dalam peranti elektronik. Antaranya termasuklah sebagai alat untuk menukar data siri kepada data selari atau data selari kepada data siri, penyimpanan data di dalam peranti ingatan yang terdapat pada sistem komputer, sistem perhubungan data, operasi aritmetik, dan lain-lain lagi. Pendaftaran anjakan dapat dibahagikan kepada empat jenis seperti yang berikut:

- (a) Pendaftar anjakan masukan siri keluaran siri (SISO)
- (b) Pendaftar anjakan masukan siri keluaran selari (SIPO)
- (c) Pendaftar anjakan masukan selari keluaran siri (PISO)
- (d) Pendaftar anjakan masukan selari keluaran selari (PIPO)

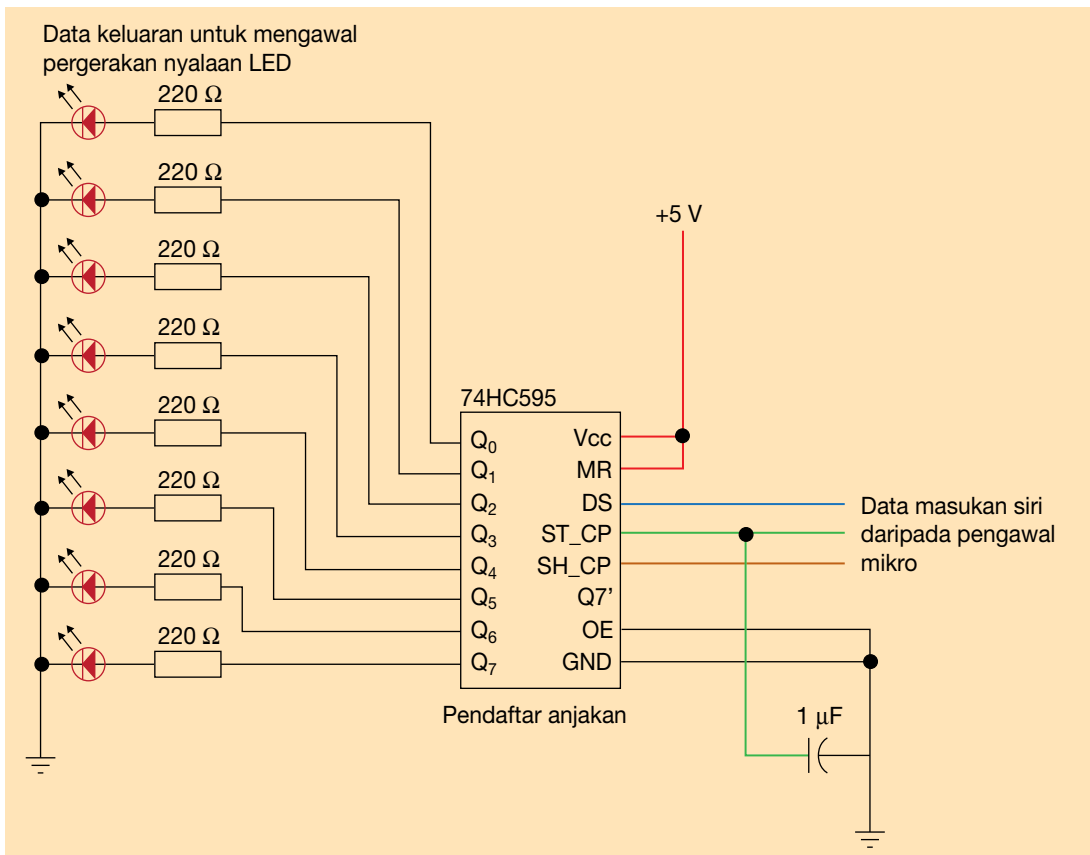
**Dwiistilah**

- Jam sepunya  
– Common clock

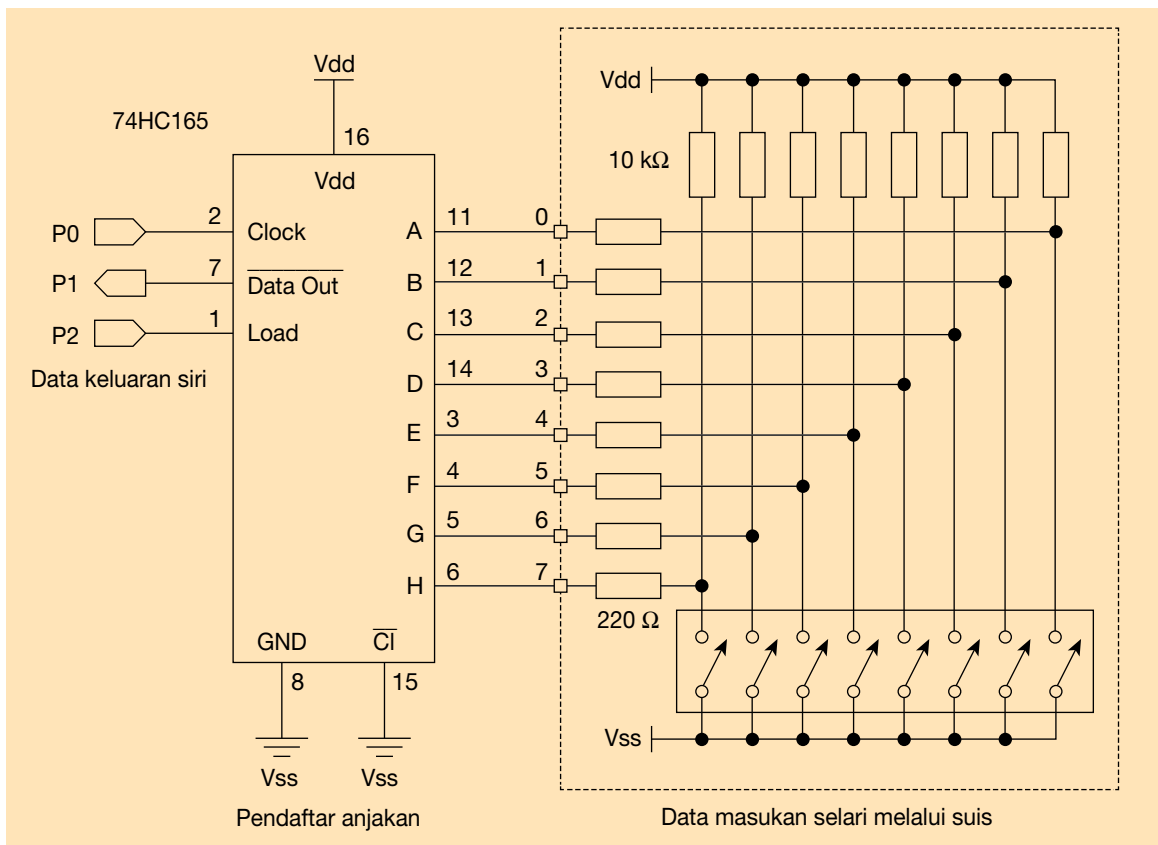
Contoh penggunaan pendaftar anjakan seperti dalam rajah yang berikut:



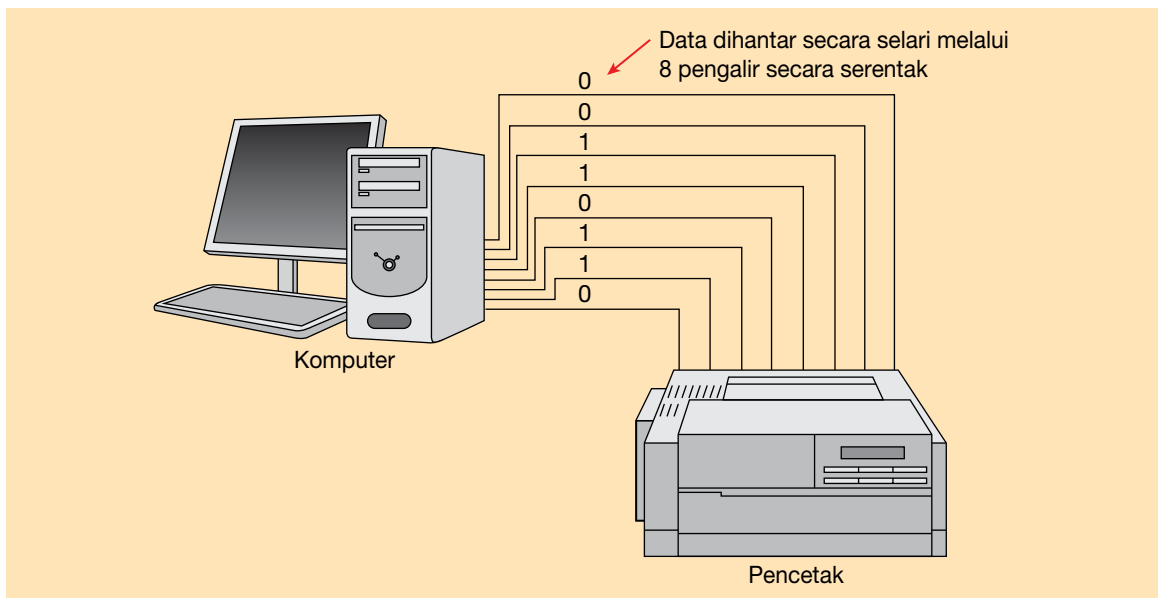
**Rajah 2.1.37** Kegunaan anjakan masukan siri keluaran siri – data dihantar ke modem secara masukan siri keluaran siri (SISO)



**Rajah 2.1.38** Kegunaan anjakan masukan siri keluaran selari – menukarkan data masukan siri daripada pengawal mikro kepada data keluaran selari untuk mengawal nyalaan LED (SIPO)



**Rajah 2.1.39** Kegunaan anjakan masukan selari keluaran siri – data keluaran selari daripada suis ditukarkan kepada data keluaran siri untuk dihantar kepada pengawal mikro secara siri (PISO)



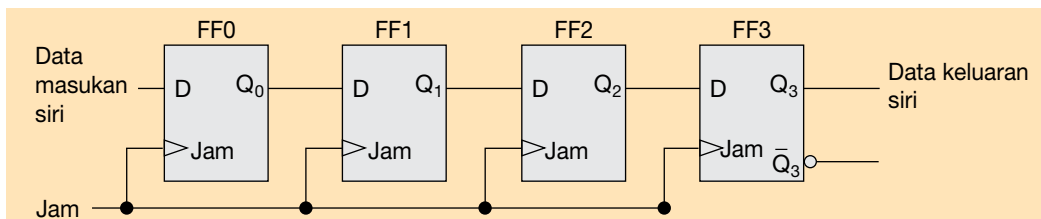
**Rajah 2.1.40** Kegunaan anjakan masukan selari keluaran selari – data dihantar kepada mesin pencetak secara masukan selari keluaran selari (PIPO)

## Pendaftaran Anjakan Masukan Siri Keluaran Siri

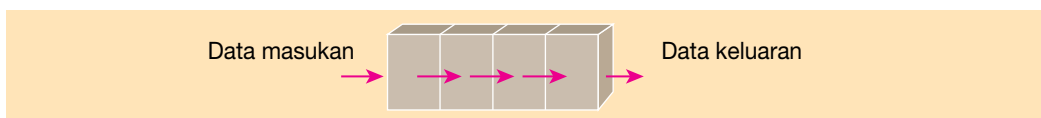
Pendaftaran ini menerima data masukan secara siri dan menghasilkan data keluaran secara siri. Data masukan siri bergerak satu bit pada satu masa yang dikawal oleh isyarat jam secara jujukan bagi menghasilkan keluaran siri.

### Operasi litar:

Rajah 2.1.41 menunjukkan litar logik bagi daftar anjakan masukan siri keluaran siri. Litar ini terdiri daripada empat flip-flop D yang disambungkan secara siri. Semua flip-flop ini segerak antara satu sama lain kerana isyarat jam yang sama digunakan untuk setiap flip-flop.



Rajah 2.1.41 Pendaftaran anjakan masukan siri keluaran siri (SISO)



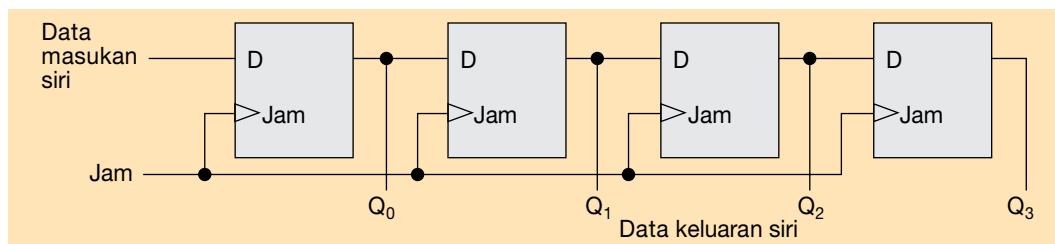
Rajah 2.1.42 Gambar rajah blok pergerakan data masukan siri keluaran siri (SISO)

## Pendaftaran Anjakan Masukan Siri Keluaran Selari

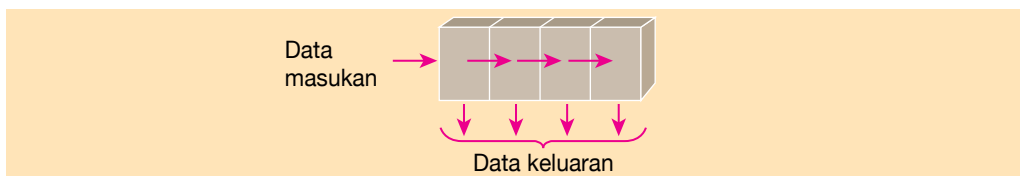
Daftar anjakan ini menerima data masukan secara siri dan menghasilkan data keluaran secara selari. Data masukan siri bergerak satu bit pada satu masa yang dikawal oleh isyarat jam secara jujukan bagi menghasilkan keluaran selari.

### Operasi litar:

Litar logik yang diberikan dalam Rajah 2.1.43 menunjukkan daftar anjakan masukan siri keluaran selari. Litar ini terdiri daripada empat flip-flop D. Keluaran flip-flop pertama disambungkan ke masukan flip-flop kedua dan seterusnya. Semua flip-flop disegerakkan antara satu sama lain kerana isyarat jam yang sama digunakan untuk setiap flip-flop.



Rajah 2.1.43 Pendaftaran anjakan masukan siri keluaran selari (SIPO)



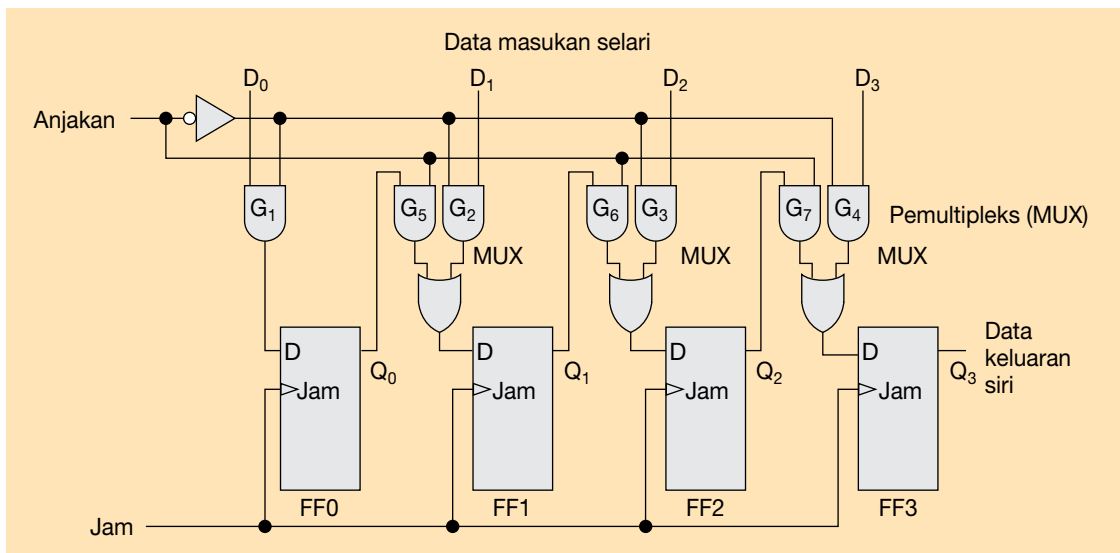
Rajah 2.1.44 Gambar rajah blok pergerakan data masukan siri keluaran selari (SIPO)

## Pendaftar Anjakan Masukan Selari Keluaran Siri

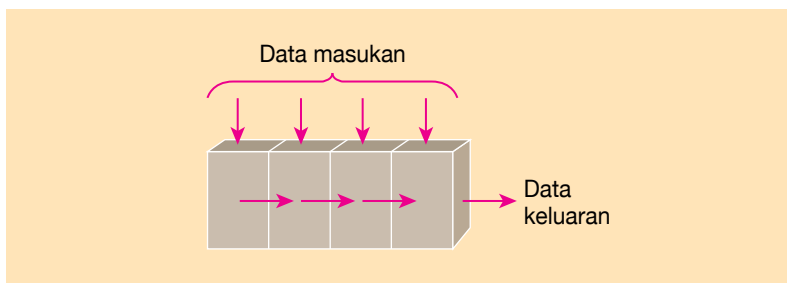
Daftar anjakan ini membolehkan pergerakan data masukan secara selari dan menghasilkan data keluaran secara siri. Data masukan selari disambung secara berasingan kepada setiap flip-flop. Keluaran dari setiap flip-flop akan bergerak satu bit pada satu masa yang dikawal oleh isyarat jam secara jujukan bagi menghasilkan keluaran siri.

### Operasi litar:

Rajah 2.1.45 menunjukkan litar logik daftar anjakan masukan selari keluaran siri. Litar ini terdiri daripada empat flip-flop D. Masukan jam disambungkan secara terus kepada semua flip-flop manakala data masukan selari disambungkan secara individu pada setiap flip-flop melalui pemultipleks. Keluaran dari flip-flop sebelumnya dan data masukan selari disambungkan pada masukan MUX. Keluaran MUX disambungkan pada flip-flop seterusnya. Semua flip-flop dalam litar ini adalah dalam keadaan segerak antara satu sama lain kerana isyarat jam yang sama digunakan untuk setiap flip-flop.



Rajah 2.1.45 Pendaftar anjakan masukan selari keluaran siri (PISO)



Rajah 2.1.46 Gambar rajah blok pergerakan data masukan selari keluaran siri (PISO)

**Dwiistilah**

- Pemultipleks – Multiplexer-MUX

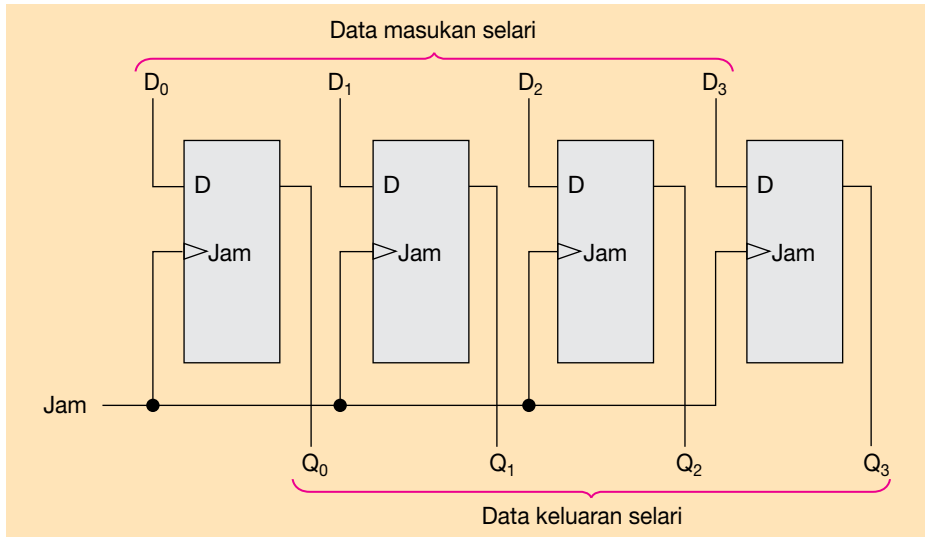


## Pendaftar Anjakan Masukan Selari Keluaran Selari

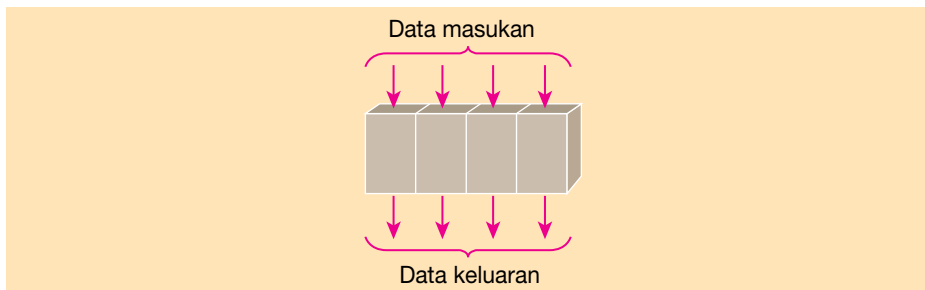
Daftar anjakan ini menerima data masukan secara selari dan menghasilkan data keluaran secara selari. Data masukan selari disambungkan secara berasingan pada setiap flip-flop. Setiap flip-flop akan menghasilkan keluaran selari secara serentak mengikut isyarat jam.

### Operasi litar:

Rajah 2.1.47 menunjukkan litar logik daftar anjakan masukan selari keluaran selari. Litar ini disambungkan dengan menggunakan empat flip-flop D. Saling hubungan antara flip-flop tidak berlaku kerana proses anjakan data siri tidak berlaku. Data masukan dan keluaran disambungkan secara berasingan untuk setiap flip-flop.



Rajah 2.1.47 Pendaftar anjakan masukan selari keluaran selari (PIPO)



Rajah 2.1.48 Gambar rajah blok pergerakan data masukan selari keluaran siri (PIPO)

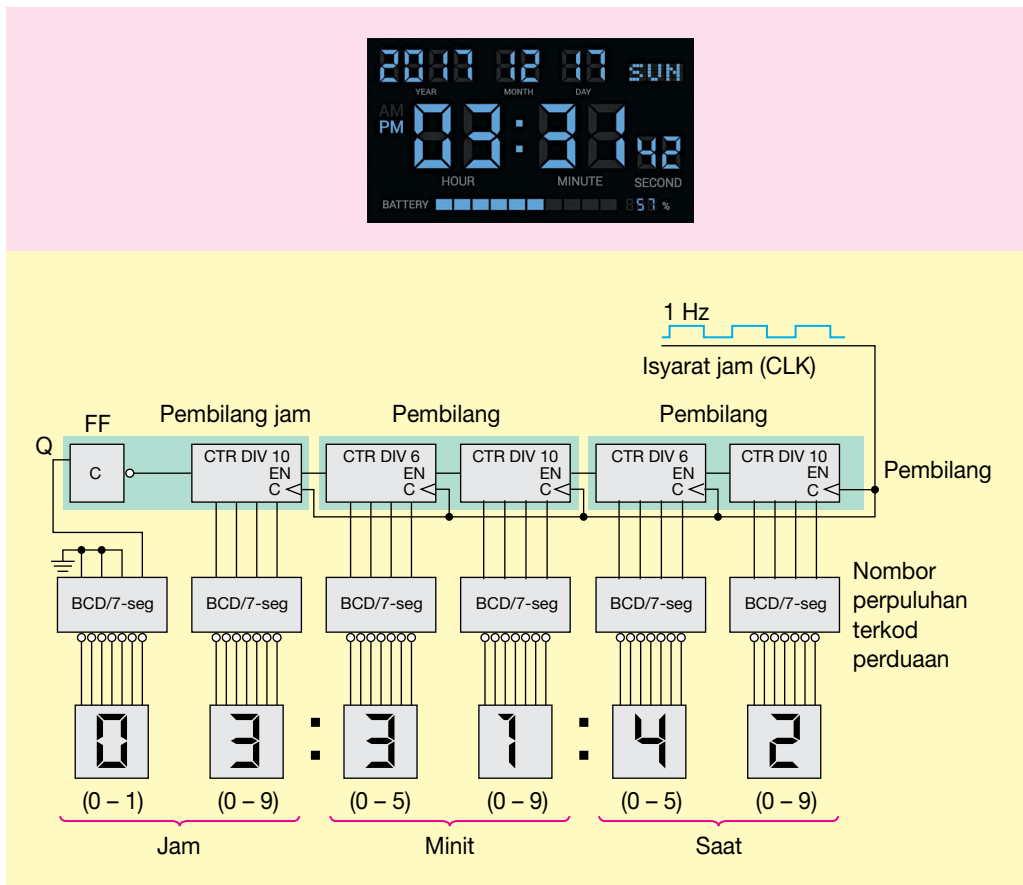
## Pembilang

Pembilang merupakan sebuah litar yang dibina dengan menggunakan beberapa flip-flop. Flip-flop digunakan bagi menjalankan operasi membilang secara jujukan. Jujukan pembilang ditentukan berdasarkan bilangan flip-flop yang digunakan. Sebagai contoh, untuk 4 jujukan pembilang iaitu 0, 1, 2 dan 3, sebanyak 2 flip-flop perlu digunakan. Manakala untuk 8 jujukan pembilang iaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, sebanyak 3 flip-flop perlu digunakan. Bilangan jujukan pembilang ditentukan melalui persamaan  $2^n$  dan  $n$  menunjukkan bilangan flip-flop yang perlu digunakan. Jadual 2.1.17 menunjukkan cara menentukan bilangan flip-flop mengikut bilangan jujukan pembilang.

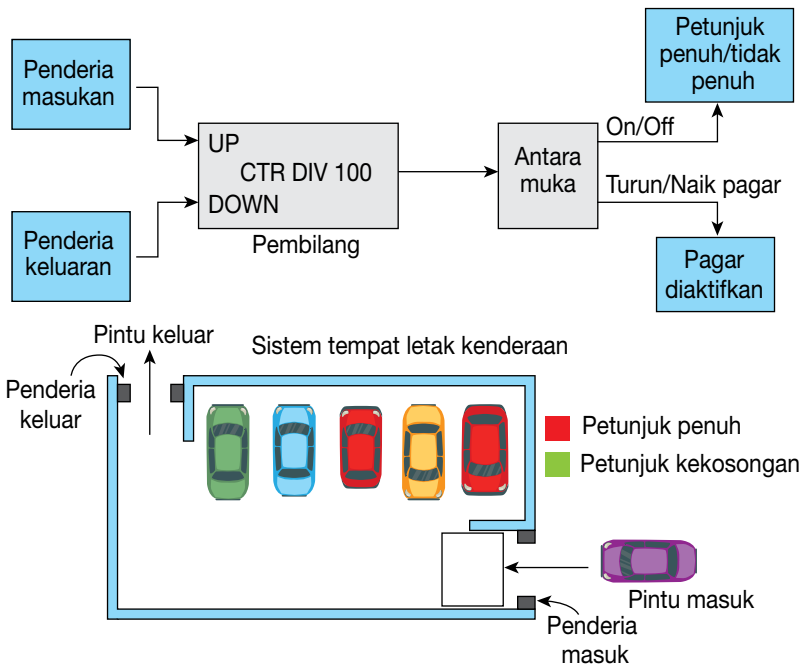
*Jadual 2.1.17 Menentukan bilangan flip-flop mengikut bilangan jujukan pembilang*

Bilangan jujukan pembilang	Bilangan flip-flop ( $2^n$ )
4 jujukan (0, 1, 2, 3)	$2^2 = 2$ flip-flop
8 jujukan (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	$2^3 = 3$ flip-flop

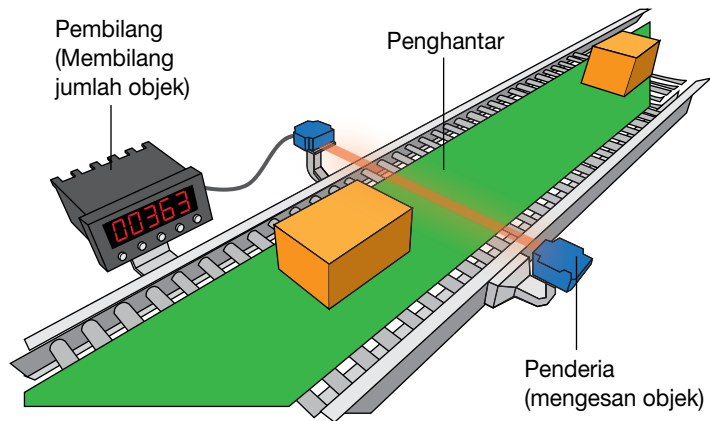
Pembilang telah digunakan secara meluas dalam kebanyakan aplikasi elektronik digital seperti jam digital, sistem mengira bilangan produk di dalam sektor perkilangan, sistem kawalan tempat letak kenderaan, dan mesin mengira wang digital (lihat Rajah 2.1.49, Rajah 2.1.50, Rajah 2.1.51, dan Gambar foto 2.1.3).



*Rajah 2.1.49 Penggunaan pembilang sebagai jam digital*



Rajah 2.1.50 Sistem tempat letak kenderaan



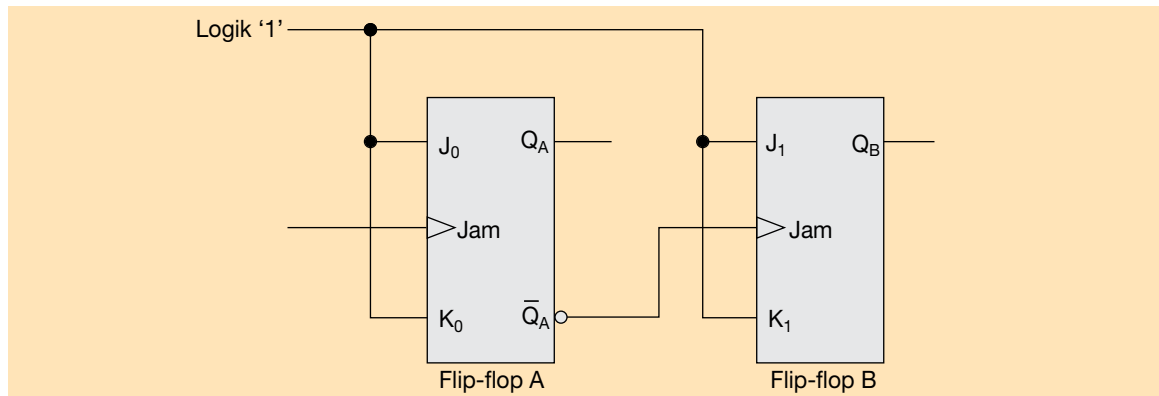
Rajah 2.1.51 Sistem mengira bilangan produk



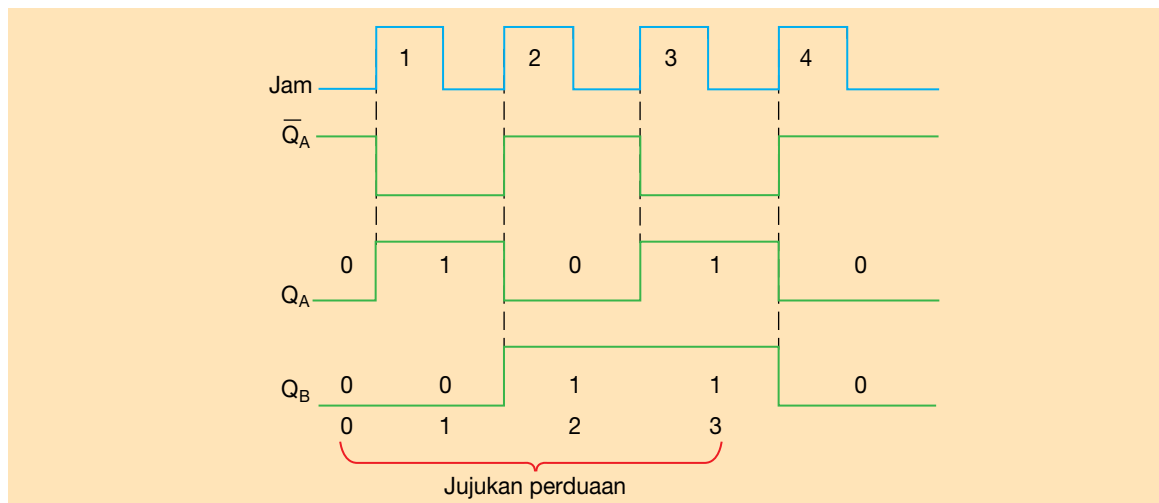
Gambar foto 2.1.3 Mesin pengira wang

## Pembilang 2 bit (empat jujukan)

Rajah 2.1.52 menunjukkan sebuah litar logik pembilang yang menggunakan flip-flop JK. Kedua-dua flip-flop bermula dalam keadaan RESET (keluaran  $Q_A$  dan  $Q_B$  logik '0'). Flip-flop A akan menghasilkan keluaran togol pada setiap pinggir positif denyut jam. Keluaran  $\bar{Q}_A$  pada flip-flop A akan bertindak sebagai isyarat jam bagi flip-flop B. Setiap kali keluaran flip-flop  $Q_A$  mengalami perubahan keluaran daripada logik '1' kepada logik '0', maka keluaran flip-flop B iaitu  $Q_B$  akan togol. Bentuk gelombang keluaran  $Q_A$  dan  $Q_B$  ditunjukkan dalam Rajah 2.1.53.



Rajah 2.1.52 Pembilang 2 bit



Rajah 2.1.53 Jujukan perduaan pembilang 2 bit

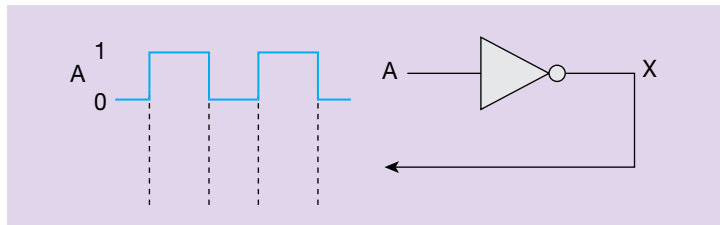


Teknologi dan gajet hari ini dapat diinovasikan hasil sumbangan jurutera elektrik. Kursus kejuruteraan elektronik yang anda pelajari hari ini merupakan pecahan bidang kejuruteraan elektrik kerana kursus ini memerlukan kepakaran yang lebih mendalam untuk menghasilkan produk yang diguna pakai pada hari ini. Oleh sebab perkembangan teknologi semakin berkembang luas seperti penghasilan telefon pintar skrin sentuh yang tidak memerlukan papan kekunci, maka permintaan dalam bidang kejuruteraan ini kian meningkat. Kursus ini mempunyai masa depan yang cerah dan dapat memajukan negara pada masa hadapan.



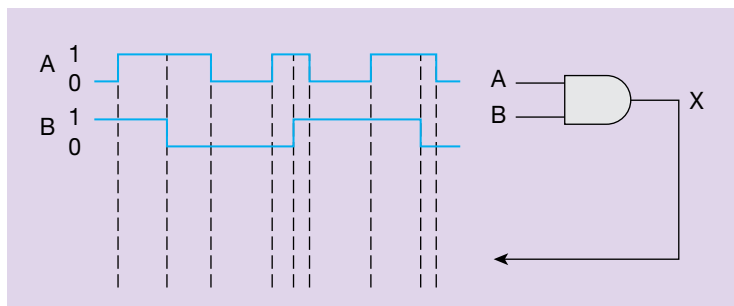
## LATIHAN

1. Apakah get logik?
2. Tuliskan ungkapan Boolean bagi get ATAU.
3. Lukiskan simbol bagi get TAK-DAN.
4. Terangkan secara ringkas operasi get TAK-ATAU.
5. Apakah kegunaan jadual kebenaran?
6. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get TAK pada Rajah 2.1.54.



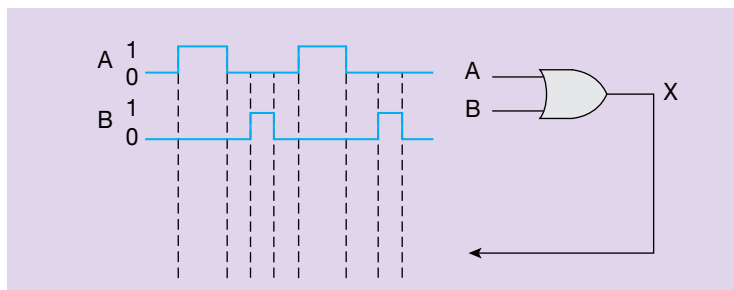
Rajah 2.1.54

7. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get DAN pada Rajah 2.1.55.



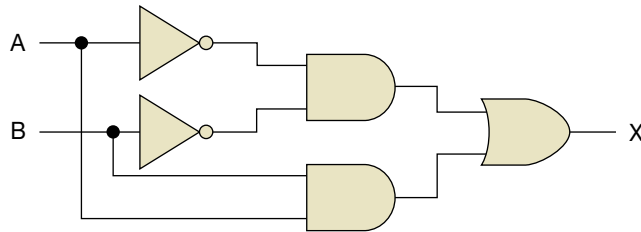
Rajah 2.1.55

8. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get ATAU pada Rajah 2.1.56.

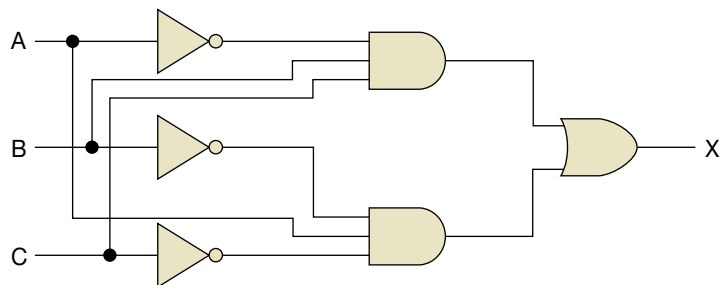


Rajah 2.1.56

9. Bina jadual kebenaran untuk masukan yang terdiri daripada 3 masukan (A, B dan C) bagi get TAK-DAN.
10. Bina jadual kebenaran untuk masukan yang terdiri daripada 3 masukan (A, B dan C) bagi get ATAU.
11. Tentukan persamaan ungkapan logik bagi litar yang berikut:



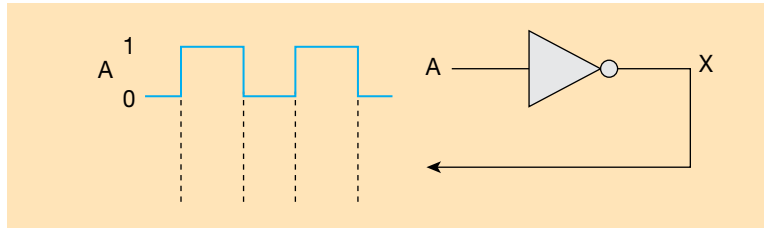
(i)



(ii)

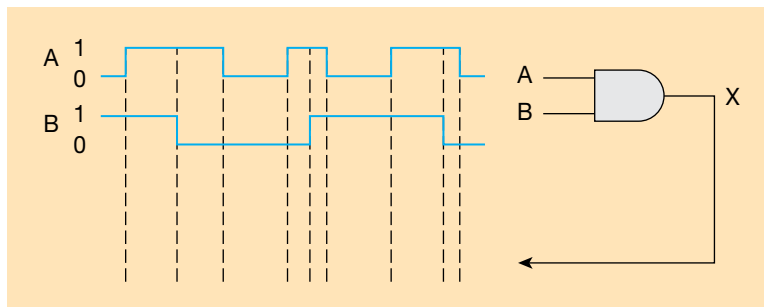
- (a) Bina jadual kebenaran bagi litar logik (i) dan (ii).
- (b) Bina gambar rajah pemasaan bagi litar logik (i) dan (ii).
12. Terangkan perbezaan antara litar logik jujukan dengan litar logik gabungan.
13. Nyatakan kegunaan litar logik jujukan dan litar logik gabungan.
14. Apa itu flip-flop?
15. Nyatakan perbezaan antara selak dengan flip-flop.
16. Terangkan secara ringkas operasi kendalian flip-flop yang berikut:
  - (a) Flip-flop SR
  - (b) Flip-flop D
  - (c) Flip-flop JK
  - (d) Flip-flop T
17. Nyatakan perbezaan antara daftar anjakan dengan pembilang.
18. Bina litar logik pembilang untuk membuat operasi membilang dalam urutan dari 0 hingga 7.
19. Apakah kegunaan jadual kebenaran?

20. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get TAK pada Rajah 2.1.57.



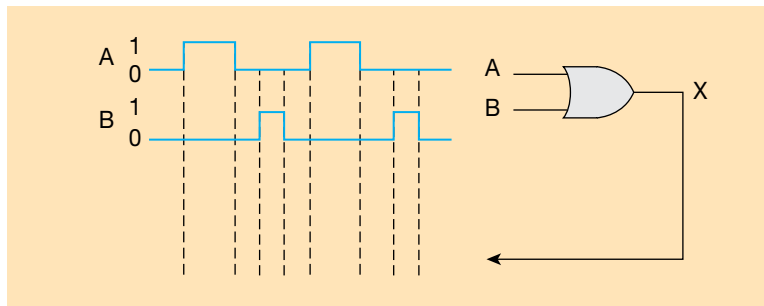
Rajah 2.1.57

21. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get DAN pada Rajah 2.1.58.



Rajah 5.1.58

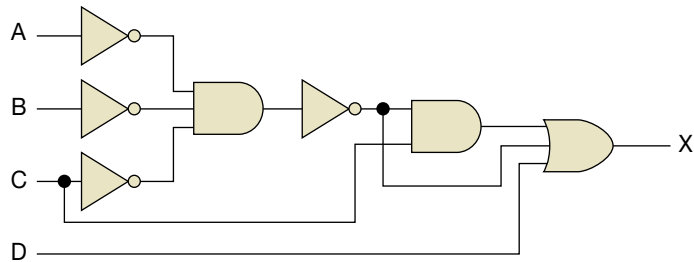
22. Lukiskan bentuk gelombang keluaran, X bagi get ATAU pada Rajah 2.1.59.



Rajah 5.1.59

23. Bina jadual kebenaran untuk masukan yang terdiri daripada 3 masukan (A, B dan C) bagi get TAK-DAN.
24. Bina jadual kebenaran untuk masukan yang terdiri daripada 3 masukan (A, B dan C) bagi get ATAU.
25. Keluaran get DAN akan menjadi logik '0' apabila:
  - A Mana-mana masukan ialah logik '0'
  - B Kesemua masukan ialah logik '1'
  - C Tiada masukan yang logik '1'
  - D Kedua-dua (A) dan (C)

26. Tentukan ungkapan Boolean bagi litar logik gabungan dalam Rajah 2.1.60 yang berikut:



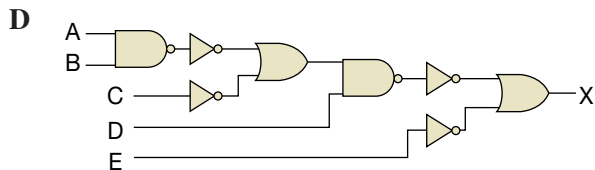
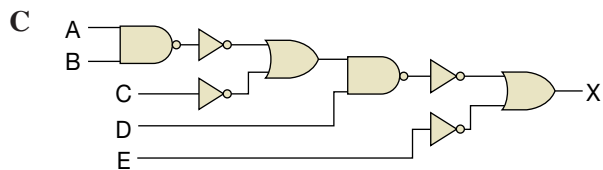
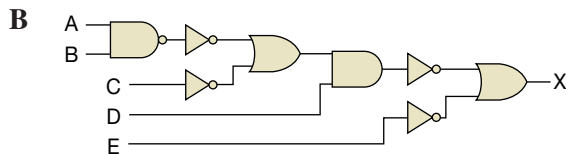
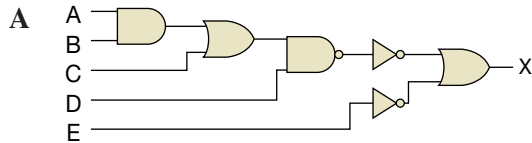
Rajah 2.1.60

A  $(\overline{\overline{\overline{ABC}}})C + \overline{\overline{\overline{ABC}}} + D$   
 C  $(\overline{\overline{\overline{ABC}}})C + \overline{\overline{\overline{ABC}}} + D$

B  $(\overline{\overline{\overline{ABC}}})C + \overline{\overline{\overline{ABC}}} + D$   
 D  $(\overline{\overline{\overline{ABC}}})C + \overline{\overline{\overline{ABC}}} + CD$

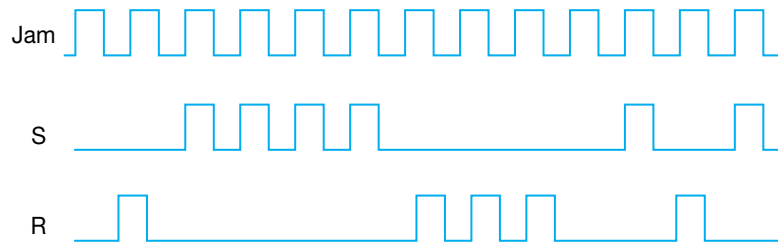
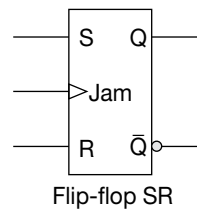
27. Tentukan litar logik daripada ungkapan Boolean yang berikut:

$$\overline{\overline{\overline{(\overline{AB} + \overline{C})D}}}} + \overline{E}$$





28. Lakarkan bentuk gelombang bagi masukan untuk flip-flop SR seperti dalam Rajah 2.1.61 di bawah.



*Rajah 2.1.61*



## 2.2 PENGAWAL LOGIK BOLEH ATUR CARA (PLC)

### Standard Pembelajaran

Murid boleh:

- 5.2.1 Menyatakan fungsi PLC.
- 5.2.2 Mengenal pasti saiz dan jenis PLC yang terdapat di pasaran.
- 5.2.3 Menerangkan fungsi setiap komponen PLC berdasarkan gambar rajah blok.
  - (a) pemproses
  - (b) unit ingatan
  - (c) bekalan kuasa
  - (d) peranti masukan – penderia, suis, dan pemasa
  - (e) peranti keluaran – lampu, motor, dan solenoid
  - (f) peranti pengaturcaraan
- 5.2.4 Memetakan hubungan setiap komponen PLC melalui gambar rajah blok.
  - (a) pemproses
  - (b) unit ingatan
  - (c) bekalan kuasa
  - (d) peranti masukan – penderia, suis, dan pemasa
  - (e) peranti keluaran – lampu, motor, dan solenoid
  - (f) peranti pengaturcaraan
- 5.2.5 Membezakan arahan asas pengaturcaraan PLC.

(a) LD	(f) OR NOT
(b) LD NOT	(g) OUT
(c) AND	(h) TIM
(d) AND NOT	(i) CNT
(e) OR	(j) END
- 5.2.6 Menggunakan arahan asas PLC untuk membina pengaturcaraan mudah.

(a) AND	(e) OR LD
(b) OR	(f) TIM
(c) AND dan OR	(g) CNT
(d) AND LD	
- 5.2.7 Membina pengaturcaraan mudah berdasarkan carta alir, arahan kod mnemonik, dan rajah tangga.

Pengawal Logik Boleh Atur Cara (PLC) telah dibangunkan oleh sekumpulan jurutera di syarikat General Motors pada tahun 1968 (Gambar foto 2.2.1). Pada ketika itu, syarikat tersebut mencari alternatif untuk menggantikan sistem kawalan geganti kompleks. Bahagian Hidramatik General Motors Corporation telah menetapkan kriteria reka bentuk untuk pengawal boleh atur perintis pertama. Matlamat utama pengawal logik boleh atur dibangunkan adalah untuk mengurangkan kos tinggi yang berpunca daripada penggunaan sistem kawalan geganti yang tidak fleksibel. Spesifikasi tersebut memerlukan sistem keadaan pepejal dengan fleksibiliti komputer agar dapat:

- (a) bertahan dalam persekitaran perindustrian,
- (b) menjadi mudah diprogramkan dan dikendalikan,
- (c) boleh digunakan semula.



**Dwiistilah**

- Sistem keadaan pepejal – Solid state system

*Gambar foto 2.2.1 Hidramatik General Motors Corporation PLC.*

Sistem kawalan sedemikian akan mengurangkan masa henti mesin dan menyediakan peluang yang baik untuk masa depan. Antara cirinya adalah seperti yang berikut:

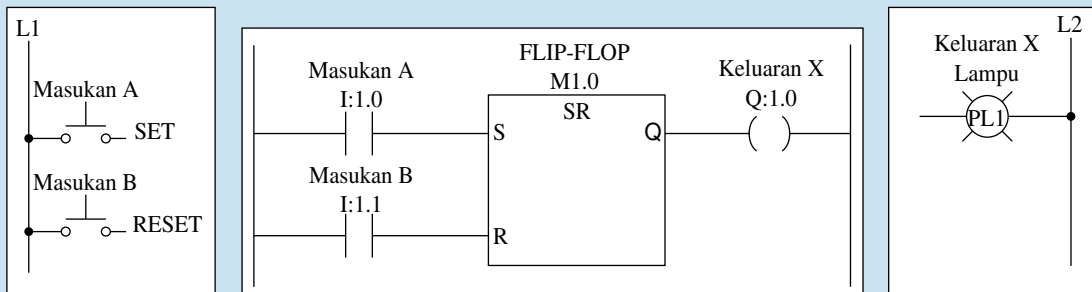
- (a) Pengaturcaraan mudah.
- (b) Program berubah tanpa pendawaian dalaman sistem.
- (c) Lebih kecil, lebih murah, dan lebih dipercayai daripada kawalan geganti yang sepadan sistem.
- (d) Penyelenggaraan kos rendah dan sederhana.



### INFO EKSTRA

#### Penggunaan litar logik jujukan pada PLC

Operasi flip-flop dalam PLC dapat diterangkan dengan menggunakan dua masukan dan satu keluaran PLC. Keluaran PLC disuap balik (dimasukkan kembali) ke logik masukan dan keadaan keluaran flip flop bergantung pada keadaan kedua-dua masukan dan keadaan semasa keluaran. Rajah di bawah menunjukkan contoh penggunaan flip-flop dalam pengawal logik boleh atur cara (PLC).



### DETIK SEJARAH



Richard E. "Dick" Morley (1 Disember 1932 - 17 Oktober 2017) ialah seorang jurutera mekanikal Amerika yang dianggap sebagai salah seorang "bapa" pengawal logik yang dapat diprogramkan (PLC). Beliau terlibat dalam proses pengeluaran pertama PLC untuk General Motors, Modicon, di Bedford and Associates pada tahun 1968.

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dick\\_Morley](https://en.wikipedia.org/wiki/Dick_Morley))

## 2.2.1 Fungsi PLC

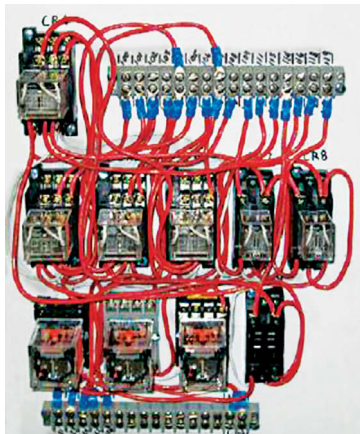
PLC ialah sistem berasaskan mikropemproses yang menggunakan ingatan yang boleh diatur cara untuk menyimpan arahan dan melaksanakan fungsi seperti logik, penjujukan, masa, mengira dan aritmetik untuk mengawal mesin dan proses industri. Gambar foto 2.2.2 menunjukkan contoh pengawal logik boleh atur cara yang biasa digunakan dalam sektor perindustrian.

PLC telah direka bentuk agar mudah digunakan untuk kawalan mesin dan proses industri. Dengan menggunakan PLC, pendawaian dan kawalan peranti masukan (contoh: suis dan penderia) dan keluaran (contoh: motor elektrik, lampu dan injap) dapat dijalankan dengan mudah. Operasi kendalian sesebuah mesin boleh dibuat dengan menggunakan atur cara PLC. Atur cara ini kemudiannya dapat dimuat naik ke dalam ingatan PLC. Setelah selesai muat naik atur cara PLC, kendalian mesin dan kawalan masukan/keluaran dapat dilaksanakan seperti yang diinginkan.

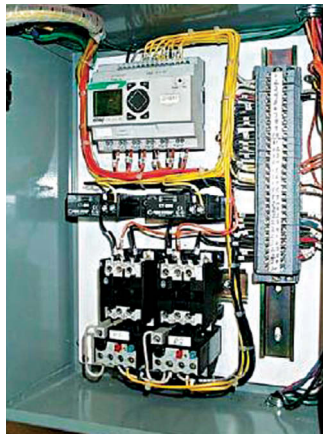


Gambar foto 2.2.2 Contoh pengawal logik boleh atur cara (PLC)

Penggunaan PLC dalam mesin industri memberikan impak yang begitu besar sekali jika dibandingkan dengan penggunaan logik ganti terdawai keras. Pengubahsuaian sistem kawalan mesin dan pencarisilapan terhadap pincang tugas mesin dapat dijalankan dengan mudah. Pengubahsuaian sistem kawalan boleh juga dijalankan hanya dengan mengubah suai atur cara PLC tanpa perlu membuat pendawaian semula. Gambar foto 2.2.3 menunjukkan pendawaian yang menggunakan ganti dan pendawaian yang menggunakan PLC. Rajah 2.2.1 menunjukkan contoh penggunaan PLC dalam industri.



(a)



(b)

Gambar foto 2.2.3 (a) Pendawaian yang menggunakan ganti terdawai keras dan (b) pendawaian yang menggunakan PLC



IMBAS  
MAYA

Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video tentang sejarah PLC.



<http://buku-teks.com/kee5109a>



IMBAS  
MAYA

Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video penggunaan PLC dalam industri.



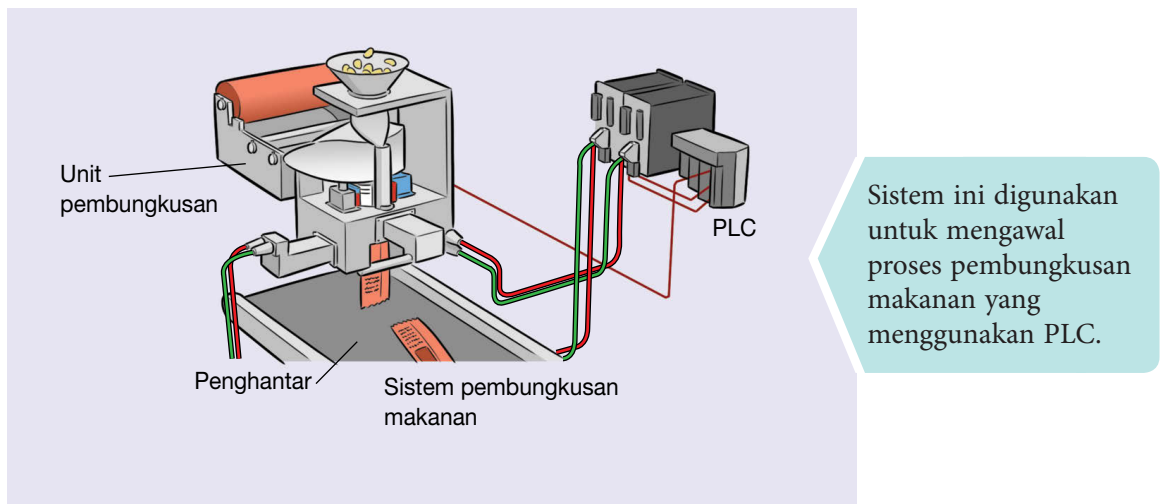
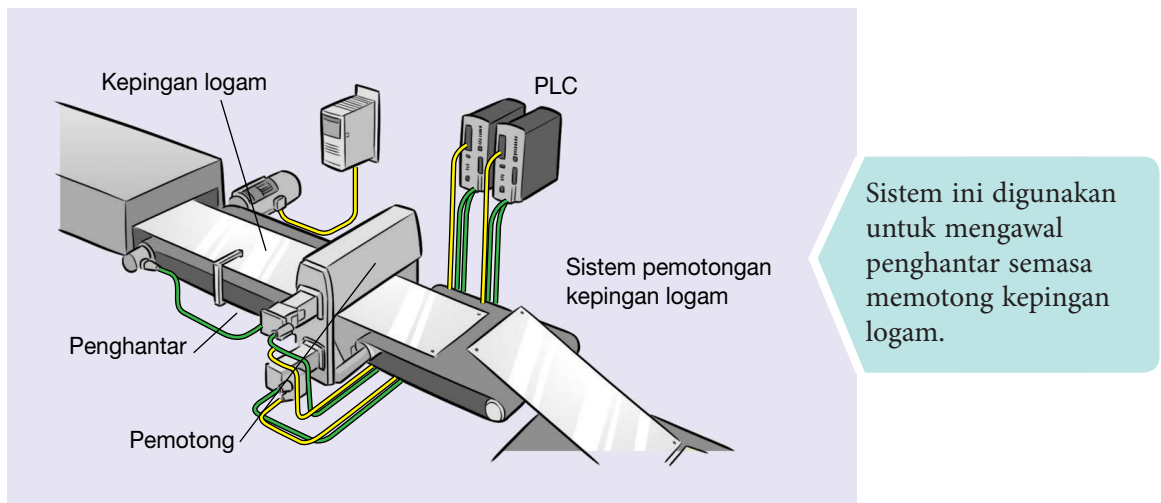
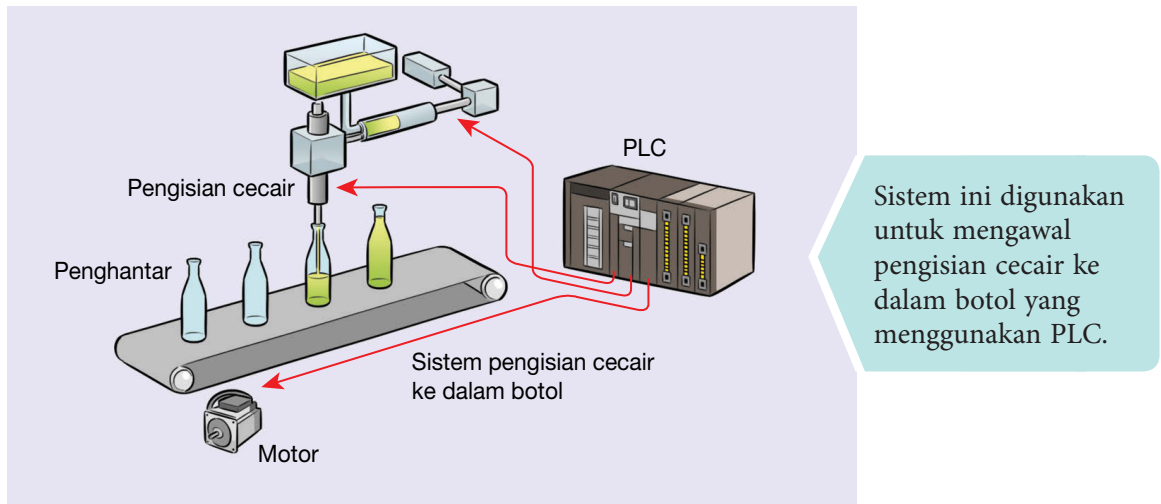
<http://buku-teks.com/kee5109b>



### Dwiistilah

- Ingatan – Memory
- Logik ganti terdawai keras – Hardwired relay logic
- Pencarisilapan – Troubleshooting
- Pincang tugas – Malfunction

Rajah 2.2.1 menunjukkan contoh penggunaan PLC di industri.

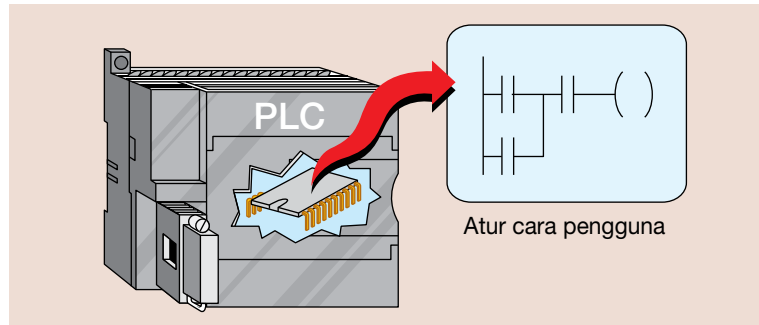


Rajah 2.2.1 Contoh penggunaan PLC dalam industri

## Kelebihan PLC

### (a) Peningkatan Keboleharapan

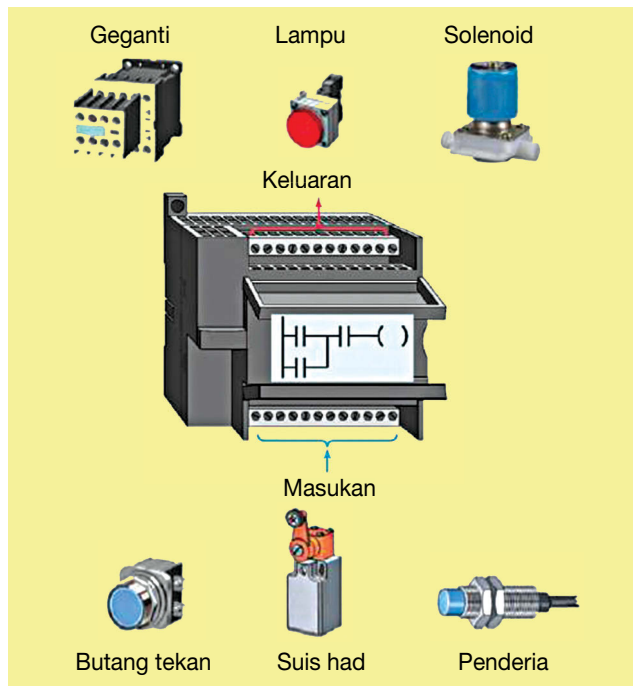
Keboleharapan yang tinggi kerana kebanyakan pendawaian keras digantikan oleh pengaturcaraan PLC yang dapat mengurangkan ralat pendawaian. Selain itu, pengguna boleh menguji atur cara PLC secara simulasi sebelum dimuat naik ke dalam PLC. Kesilapan operasi mesin dapat dikurangkan.



Rajah 2.2.2 Kesemua atur cara logik disimpan dalam ingatan PLC

### (b) Lebih Fleksibel

Pengubahsuaian sistem kawalan dapat dibuat dengan mudah kerana tidak memerlukan pendawaian baharu tetapi hanya mengubah atur cara PLC mengikut kehendak pengguna. Dengan PLC, hubungan antara masukan dengan keluaran dapat ditentukan oleh atur cara PLC dan bukannya ditentukan oleh kedudukan sambungan pada liang masukan dan keluaran PLC (lihat Gambar foto 2.2.4).



### Dwiistilah

- Liang masukan PLC – PLC input port
- Liang keluaran PLC – PLC output port
- Masa nyata – Real time
- Kefungsian – Functionality

Gambar foto 2.2.4 Hubungan antara masukan dengan keluaran ditentukan oleh pengguna



### **(c) Kos yang Lebih Rendah**

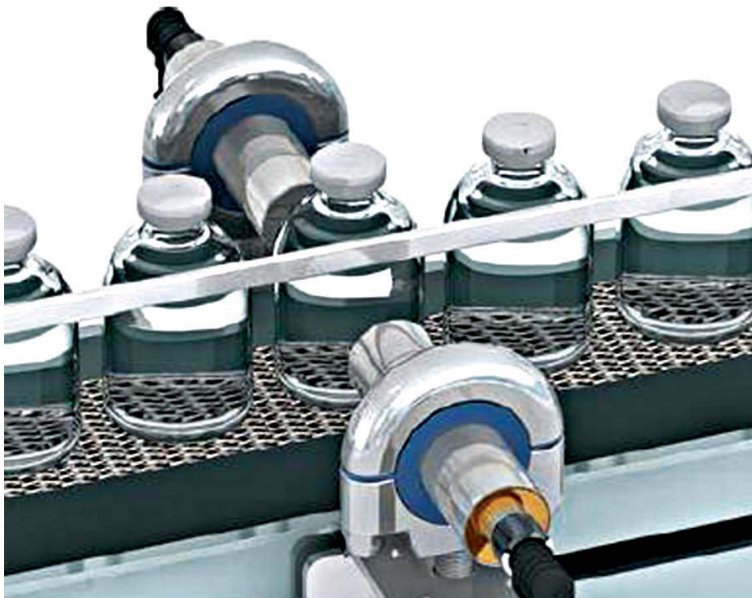
Penggunaan PLC dapat menjimatkan kos kerana tidak lagi menggunakan kawalan logik geganti terdawai keras. Logik geganti terdawai keras telah ditukar kepada geganti logik dalam atur cara PLC.

### **(d) Keupayaan Komunikasi**

PLC boleh berkomunikasi dengan pengawal atau peralatan komputer yang lain seperti melaksanakan fungsi kawalan penyeliaan, mengumpul data, memantau peranti dan memproses parameter, serta memuat turun dan memuat naik atur cara.

### **(e) Masa Operasi**

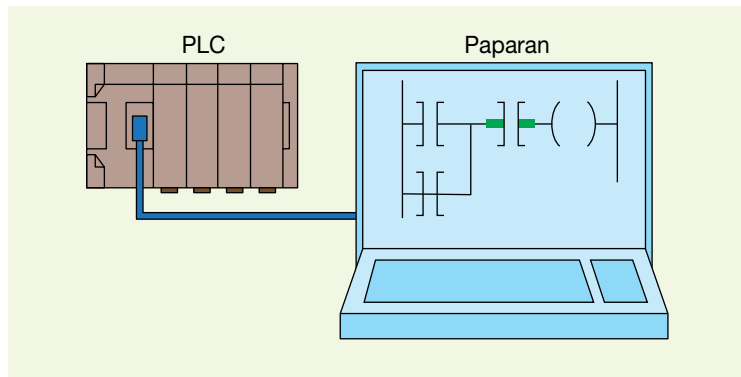
PLC berkemampuan untuk beroperasi dengan kelajuan tinggi dan dapat menjalankan operasi secara masa nyata. Mesin yang dikawal oleh PLC dapat memproses ribuan produk dengan pantas. Gambar foto 2.2.5 menunjukkan contoh kegunaan PLC sebagai pembilang.



*Gambar foto 2.2.5 PLC sebagai pembilang*

### **(f) Lebih Mudah untuk Pencarisilapan**

PLC mempunyai diagnosis atur cara dan fungsi atur cara semula yang membolehkan pengguna mengesan dan membetulkan masalah perisian dan perkakasan dengan mudah. Untuk mencari dan membetulkan masalah, pengguna hanya perlu memaparkan atur cara kawalan pada paparan komputer supaya dapat dilihat dalam masa nyata (Rajah 2.2.3).



Rajah 2.2.3 Atur cara kawalan PLC dipapar secara masa nyata

## 2.2.2 Saiz dan Jenis PLC yang Terdapat di Pasaran

Secara amnya, PLC dapat dikelaskan kepada beberapa jenis dalam Jadual 2.2.1.

Jadual 2.2.1 Jenis PLC

	Jenis PLC	Bilangan Masukan/Keluaran
(a)	Nano	Kurang daripada 15
(b)	Mikro	15 hingga 125
(c)	Kecil	32 hingga 128
(d)	Sederhana	64 hingga 1024
(e)	Besar	512 hingga 4096

Daripada jenis PLC di atas, bilangan masukan dan keluaran merupakan faktor yang terpenting dalam pemilihan PLC. Sebagai contoh:

- **PLC nano** mempunyai saiz yang boleh dimasukkan ke dalam poket dan berkemampuan untuk menampung sehingga 15 titik masukan/keluaran.
- **PLC mikro** boleh menyambung sehingga 128 titik masukan/keluaran.

### Kriteria Pengelasan PLC

Kriteria yang digunakan untuk mengelaskan PLC merangkumi:

- kefungsian – masukan/keluaran analog atau diskret
- bilangan masukan dan keluaran
- kos
- saiz fizikal



**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk menonton video tentang panduan pemilihan PLC.



<http://buku-teks.com/kee5113>



## Kepentingan Memilih PLC Sesuai dengan Aplikasi

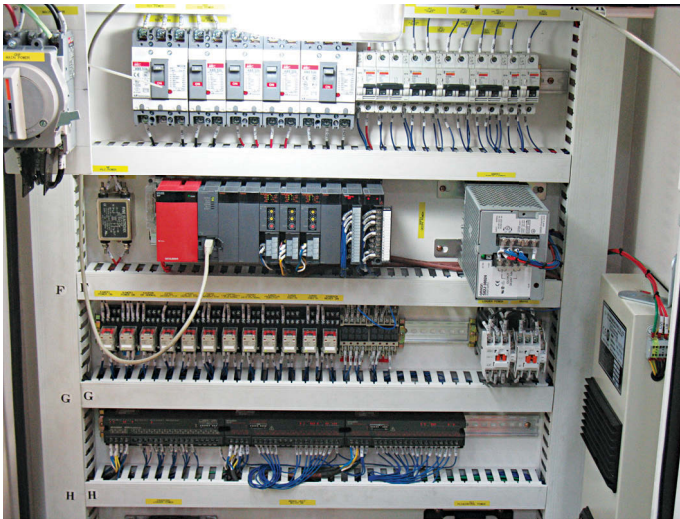
Faktor utama dalam pemilihan PLC adalah dengan memadankan saiz PLC dengan aplikasi yang akan dibangunkan. Bilangan masukan dan keluaran akan menentukan jenis PLC yang diperlukan.

Secara umum, pengguna tidak disarankan untuk membeli PLC yang lebih besar daripada keperluan yang dikehendaki kerana kosnya yang tinggi. Walau bagaimanapun, perancangan jangka masa panjang perlu dibuat bagi memastikan saiz PLC sesuai untuk memenuhi keperluan semasa dan mungkin masa depan jika pengubahsuaian serta penambahan titik masukan keluaran diperlukan. Gambar foto 2.2.6 menunjukkan pelbagai saiz PLC.



### PEKA RINGGIT

Jika anda ditugaskan untuk menentukan penyelesaian kawalan yang sesuai untuk sesebuah aplikasi, anda haruslah merujuk kepada garis panduan pemilihan PLC. Keutamaan yang perlu dititikberatkan ialah anda perlu memahami keperluan teknikal dan komersial khusus sistem yang akan anda bangunkan. Harga sesebuah PLC bergantung pada ciri-ciri yang diperlukan dalam sistem yang akan dibangunkan. Jadi, anda perlulah bijak menentukan jenis PLC yang sesuai dengan aplikasi anda supaya kos pembiayaan dapat dijimatkan.



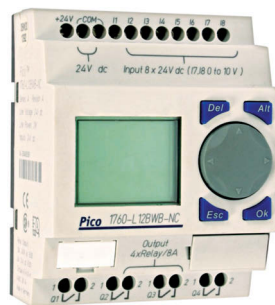
PLC bersaiz besar



PLC bersaiz sederhana



PLC bersaiz kecil



PLC bersaiz nano



PLC bersaiz mikro

Gambar foto 2.2.6 Pelbagai saiz dan jenis PLC

### 2.2.3 Fungsi Setiap Komponen PLC Berdasarkan Gambar Rajah Blok

Lazimnya sistem PLC mempunyai lima komponen asas iaitu unit pemproses, ingatan, unit bekalan kuasa, peranti masukan/keluaran, dan peranti pengaturcaraan.

#### 1. Unit pemproses

Unit pemproses atau unit pemprosesan pusat (CPU) ialah unit yang mengandungi mikropemproses yang berfungsi untuk memproses isyarat masukan, menjalankan tindakan kawalan mengikut atur cara yang disimpan dalam ingatan dan mengeluarkan keputusan sebagai isyarat tindakan kepada keluaran.

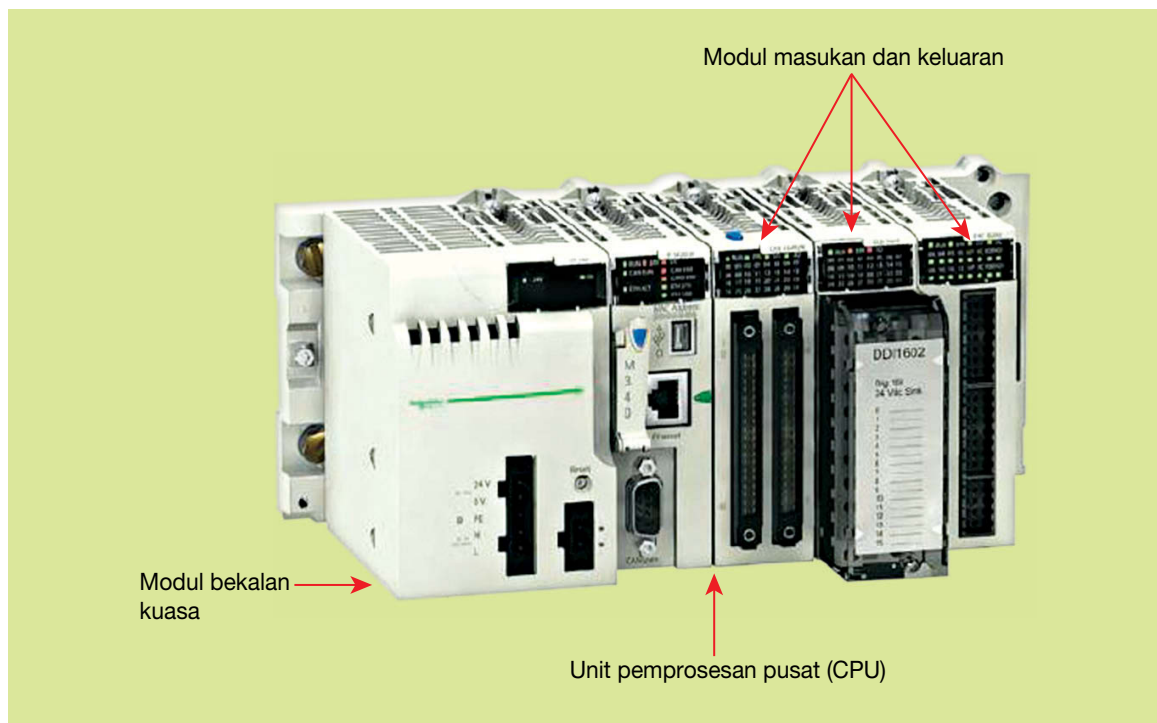
#### 2. Unit ingatan

Unit ingatan merupakan tempat untuk menyimpan atur cara supaya dapat digunakan oleh pemproses bagi melaksanakan operasi kawalan. Terdapat beberapa elemen ingatan dalam sistem PLC:

- Ingatan baca sahaja (ROM) – untuk menyimpan atur cara sistem pengendalian PLC dan data secara kekal supaya dapat digunakan oleh unit pemproses.
- Ingatan capaian rawak (RAM) – untuk menyimpan data secara sementara. Maklumat tentang status peranti masukan dan keluaran, nilai pemasa, nilai pembilang dan peranti dalaman yang lain disimpan secara sementara. Maklumat akan hilang apabila PLC dimatikan.

#### 3. Bekalan kuasa

Bekalan kuasa membekalkan voltan yang diperlukan pada setiap bahagian dalam sistem PLC (lihat Gambar foto 2.2.7). Voltan yang dibekalkan kepada komponen dalam PLC adalah dalam bentuk arus ulang-alik 230 V<sub>AU</sub> atau arus terus 24 V<sub>AT</sub>.



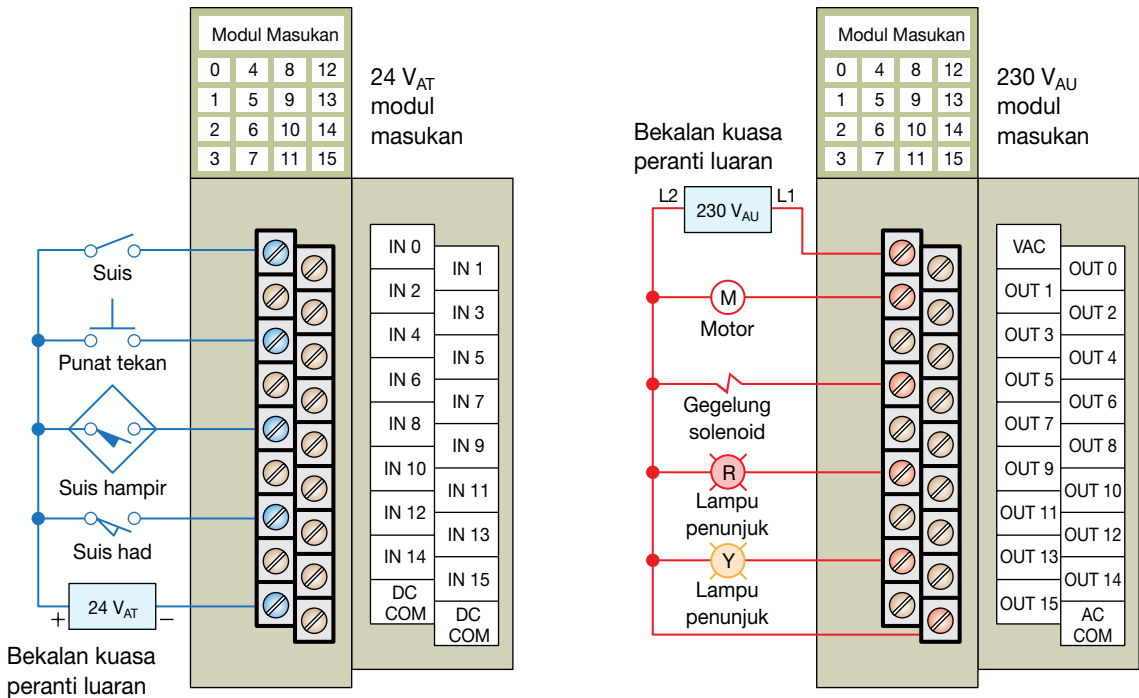
*Gambar foto 2.2.7 Modul bekalan kuasa, unit pemprosesan pusat dan modul masukan dan keluaran*

#### 4. Modul masukan dan keluaran

Modul masukan dan keluaran (I/O) membentuk antara muka di mana peranti luaran (masukan dan keluaran) seperti suis had, motor elektrik dan lain-lain dapat disambungkan kepada pengawal atau unit pemprosesan pusat (CPU). Tujuan antara muka ini adalah untuk membolehkan isyarat dari peranti masukan dapat diterima, diproses dan dihantar ke peranti keluaran. Peranti masukan seperti punat tekan, suis had, suis hampir dan penderia disambungkan secara terdawai keras ke tamatan masukan pada modul masukan PLC. Manakala peranti keluaran seperti motor, gegelung solenoid dan lampu penunjuk disambungkan secara terdawai keras ke tamatan keluaran pada modul keluaran PLC.

**Dwiistilah**

- Suis hampir – Proximity switch
- Alamat – Address
- Konsol pengaturcaraan – Hand-held programming console



Rajah 2.2.4 Modul masukan dan keluaran

### INFO EKSTRA

Alamat data - digunakan untuk menunjukkan lokasi peranti masukan dan keluaran yang disambungkan kepada modul masukan dan keluaran PLC. Setiap pengeluar PLC menggunakan alamat yang berbeza untuk keluaran dan masukan.

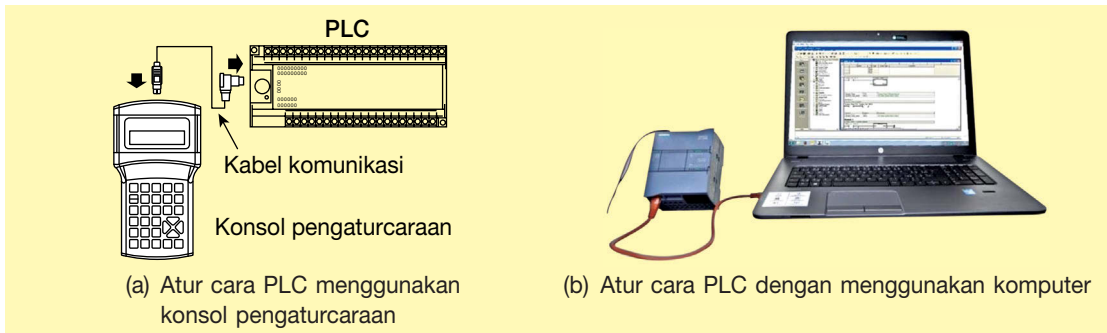
Contoh:

Jenis modul/arahan	Julat alamat	Data rajah tangga
Modul masukan	000.00 - 015.15	00000 - 01515
Modul keluaran	100.00 - 115.15	10000 - 11515
Pemasa (TIM) dan Pembilang (CNT)	TIM/CNT 000 - 511	000 - 511

## 5. Peranti pengaturcaraan

Peranti pengaturcaraan digunakan untuk mengaturlcara PLC. Atur cara PLC boleh dilaksanakan dengan menggunakan rajah tangga, kod mnemonic, fungsi rajah blok, carta fungsi turutan dan senarai kenyataan. Bahagian ini hanya memberikan fokus kepada rajah tangga dan kod mnemonic. Atur cara dalam bentuk rajah tangga adalah sama dengan litar skematik kawalan geganti. Ini ialah bahasa khas yang ditulis untuk mengaturlcara PLC.

Peranti pengaturcaraan PLC yang biasa digunakan dalam industri ialah konsol pengaturcaraan (Rajah 2.2.5) dan komputer. Kedua-dua peranti pengaturcaraan sering digunakan untuk menjalankan pengarasilapan mesin, mengubah suai atur cara dan memindahkan atur cara ke mesin.



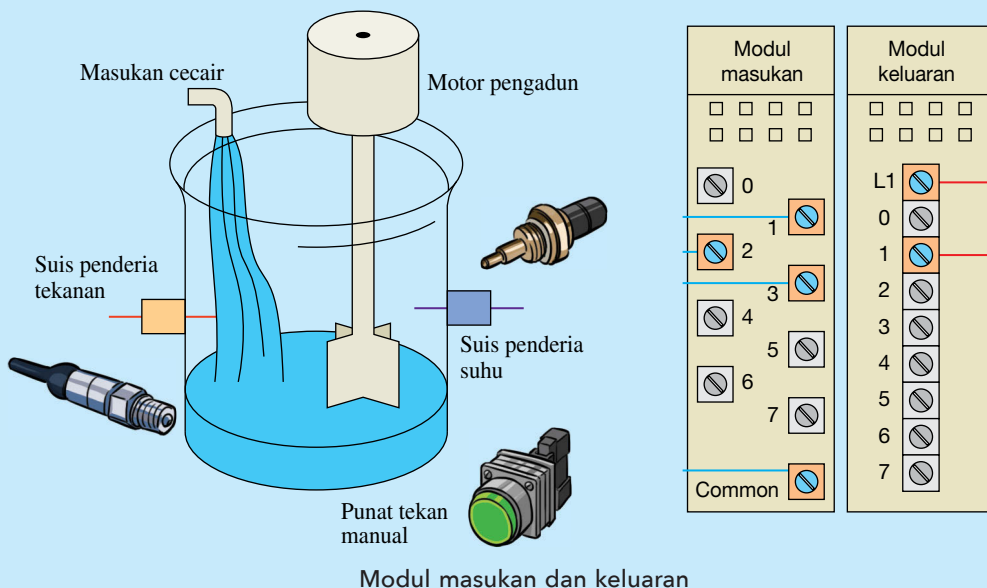
Rajah 2.2.5 Peranti pengaturcaraan PLC



## SUDUT BRAINSTORMING

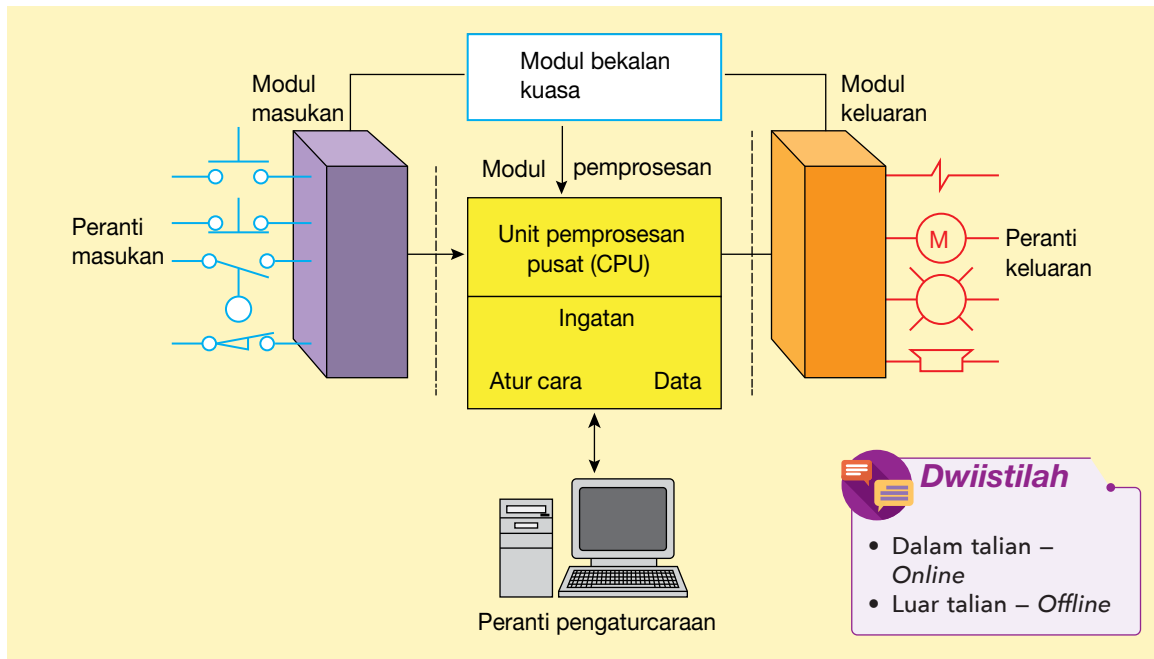
Motor pengadun akan beroperasi untuk mengacau cecair di dalam tangki apabila suis tekanan dan suhu aktif (telah mencapai tekanan dan suhu yang dikehendaki). Bincangkan bagaimana untuk membuat pendawaian bagi setiap peranti masukan dan keluaran pada sistem ini. Gunakan modul masukan dan keluaran seperti dalam rajah di bawah untuk menunjukkan pendawaian.

Sistem kawalan proses pencampur

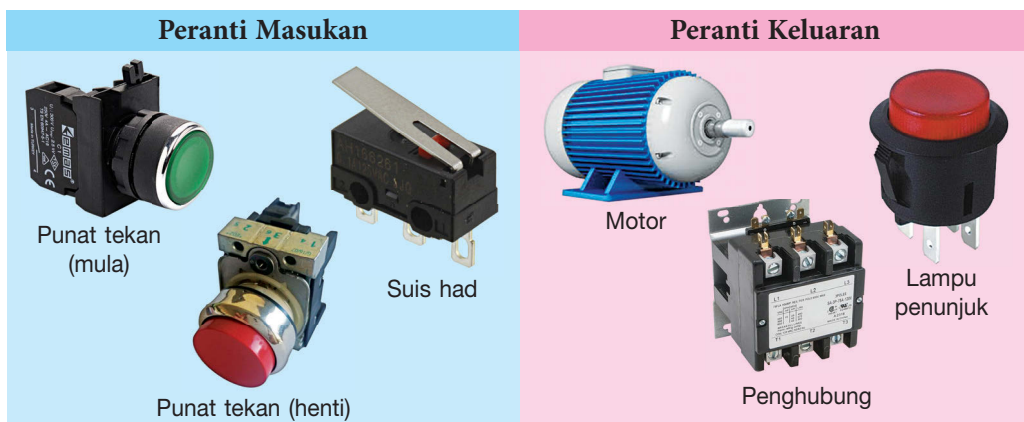


## 2.2.4 Hubungan Setiap Komponen PLC melalui Gambar Rajah Blok

Rajah 2.2.6 menunjukkan asas reka bentuk dalaman sebuah PLC yang terdiri daripada unit pemprosesan pusat (CPU) yang mengandungi sistem mikropemproses, ingatan dan modul masukan/keluaran. Semasa PLC beroperasi, CPU akan menerima data daripada peranti masukan melalui modul masukan. Kemudian CPU akan memproses maklumat masukan berdasarkan atur cara yang telah disimpan dalam ingatan. Maklumat yang telah diproses oleh CPU akan menghasilkan tindakan kawalan yang kemudiannya akan dihantar ke modul keluaran untuk disambungkan ke peranti keluaran. Contoh peranti masukan dan peranti keluaran seperti dalam Gambar foto 2.2.8. Peranti pengaturcaraan boleh berkomunikasi dengan CPU secara dalam talian atau di luar talian. Semua elemen dalam sistem PLC dibekalkan dengan voltan melalui modul bekalan kuasa. Operasi PLC akan berhenti serta-merta apabila bekalan kuasa diputuskan.



Rajah 2.2.6 Komponen asas sistem PLC



Gambar foto 2.2.8 Contoh peranti masukan dan peranti keluaran



PLC masih dilihat sebagai pusat kawalan utama bagi mesin pembuatan walaupun dalam Revolusi Industri 4.0 atau inisiatif-inisiatif lain dalam "Smart Factory". PLC boleh dilihat sebagai pemproses pusat untuk semua keputusan masa nyata bagi sesuatu proses pembuatan. "Smart Factory" dapat menyediakan laporan penderia daripada kedua-dua saluran, iaitu awan (*cloud*) dan PLC secara serentak. Dengan cara ini, mikro "big data" dapat dikesan dan dianalisis untuk tujuan penyelenggaraan pencegahan dan prestasi optimum peranti tunggal dalam skop proses pembuatan. Alat analisis dapat membantu pengurus loji dan pihak lain untuk memanfaatkan sumber yang lebih baik, penjadualan kerja, logistik, masa pembekal dan fungsi-fungsi penting yang lain bagi mewujudkan proses perkilangan yang lebih cekap. Tuntasnya, PLC merupakan bahagian penting dalam *Industrial Internet of Things* (IIoT), Revolusi Industri 4.0 dan "Smart Factory".

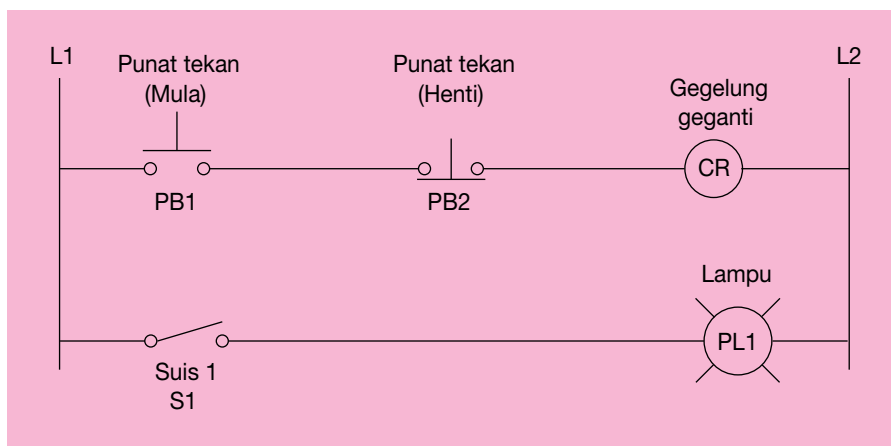
## 2.2.5 Arahan Asas Pengaturcaraan PLC

Terdapat lima jenis bahasa pengaturcaraan PLC yang telah diperkenalkan oleh pengeluar PLC seluruh dunia iaitu rajah tangga, kod mnemonik, gambar rajah blok, carta alir dan senarai pernyataan. Pada bahagian ini kita akan tumpukan kepada rajah tangga dan kod mnemonik. Kedua-dua bahasa pengaturcaraan ini sangat popular dan digunakan dalam industri untuk kerja-kerja pencarisilapan atau pengubahsuaian operasi mesin.

### (a) Rajah tangga

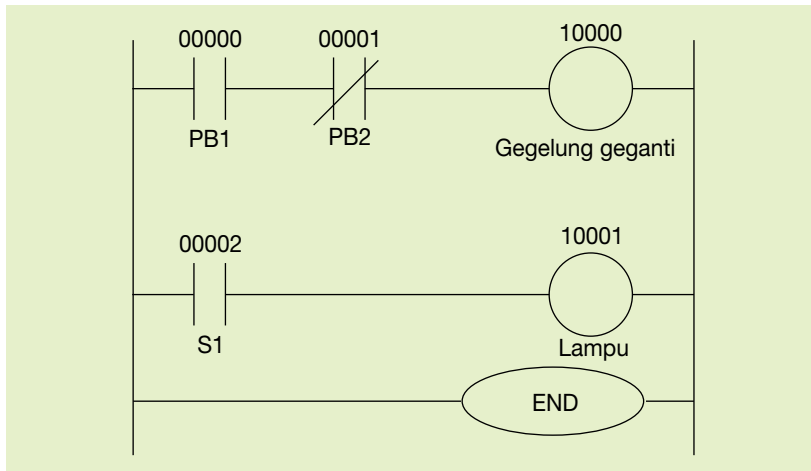
Rajah tangga merupakan bahasa pengaturcaraan yang seakan sama dengan rajah litar logik kawalan geganti terdawai keras.

Rajah 2.2.7 menunjukkan litar kawalan geganti mudah yang mengandungi punat tekan (PB1), punat tekan (PB2) dan keluaran geganti. Litar ini terdiri daripada dua garisan tegak yang mewakili bekalan kuasa. Dua peranti masukan digunakan iaitu punat tekan PB1 dan punat tekan PB2. Manakala peranti keluaran ialah geganti. Biasanya, peranti masukan diletakkan di sebelah kiri litar dan peranti keluaran di sebelah kanan litar. Apabila punat tekan PB1 ditekan, geganti akan ON (*energized*). Geganti akan OFF (*de-energized*) apabila punat tekan PB2 ditekan. Apabila suis S1 ditutup, lampu akan menyala.



Rajah 2.2.7 Litar kawalan geganti

Rajah tangga bagi mewakili litar dalam rajah 2.2.7 ditunjukkan dalam Rajah 2.2.8. Rajah tangga ini terdiri daripada dua garisan menegak yang mewakili rel kuasa. Garisan mendatar yang disambungkan dari rel kiri ke kanan dipanggil sebagai anak tangga (*rung*). Simbol masukan bagi punat tekan PB1 disambungkan ke rel sebelah kiri dan diikuti oleh punat tekan PB2. Manakala simbol keluaran bagi geganti disambungkan ke rel sebelah kanan. Begitu juga dengan simbol masukan S1 dan simbol keluaran lampu pada anak tangga kedua. Perhatikan bahawa bentuk rajah tangga adalah mirip seperti litar kawalan geganti. Perhatikan juga bentuk rajah tangga menyerupai sebuah tangga.



**Rajah 2.2.8** Gambar rajah tangga

**Jadual 2.2.2** Simbol rajah tangga masukan dan keluaran

Simbol	Penerangan
	Masukan sesentuh lazim buka (NO)
	Masukan sesentuh lazim tutup (NC)
	Keluaran

### (b) Kod mnemonik

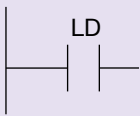
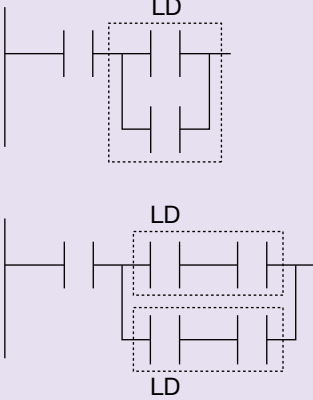
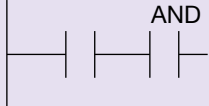
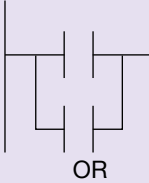

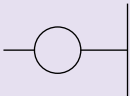
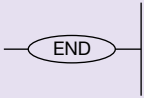
Kod mnemonik merupakan bahasa pengaturcaraan PLC yang biasa digunakan dalam industri. Setiap kod mnemonik mewakili simbol-simbol yang digunakan oleh rajah tangga dan diatur cara secara arahan teks. Kod-kod yang digunakan sedikit berbeza mengikut pengeluaran PLC. Namun, perbezaan ini tidaklah begitu ketara antara satu pengeluaran dengan pengeluaran yang lain. Contoh kod mnemonik dan hubungan dengan simbol rajah tangga adalah seperti dalam Jadual 2.2.3.



### INFO EKSTRA

Apakah itu 'rung'? 'Rung' atau anak tangga merupakan kod rajah tangga yang mengandungi arahan masukan dan keluaran.

Jadual 2.2.3 Asas kod mnemonik dan simbol rajah tangga

Simbol rajah tangga	Kod Mnemonik	Arahan
	LD	Arahan permulaan bagi setiap anak tangga.
	LD	Arahan permulaan bagi setiap blok.
	AND	Arahan bagi menyambung 2 masukan atau lebih secara siri.
	OR	Arahan bagi menyambung 2 masukan atau lebih secara selari.
	NOT	Arahan yang menyongsang sesuatu masukan.
	OUT	Arahan bagi keluaran pada setiap anak tangga.
	END	Arahan bagi menamatkan atur cara.



## Pengenalan Tentang Arahan Rajah Tangga dan Kod Mnemonik

Pada bahagian ini, murid akan diterangkan dengan beberapa arahan rajah tangga dan kod mnemonik. Arahan pengaturcaraan PLC ini terdiri daripada LD, LD NOT, AND, AND NOT, OR, OR NOT, OUT, TIM, CNT dan END.

### INFO EKSTRA

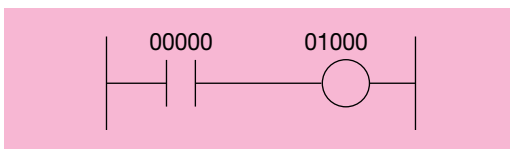
Arahan END boleh guna FUNO1.

### Dwiistilah

- Sesentuh lazim tutup – *Normally closed contact*
- Sesentuh lazim buka – *Normally opened contact*

### (a) LD

Rajah 2.2.9 menunjukkan atur cara PLC yang mewakili arahan LD. LD merupakan arahan untuk memulakan atur cara PLC atau blok arahan. Setiap anak tangga akan bermula dengan arahan LD. Jadual 2.2.4 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



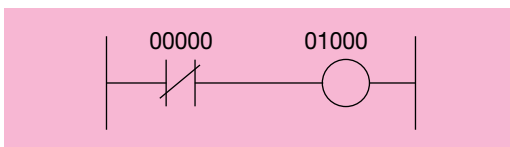
Rajah 2.2.9 Rajah tangga arahan LD

Jadual 2.2.4 Kod mnemonik LD

Arahan	Data
LD	00000
OUT	01000

### (b) LD NOT

Rajah 2.2.10 menunjukkan atur cara PLC untuk arahan LD NOT. Masukan 00000 dalam keadaan sesentuh lazim tutup. Masukan ini disambung siri dengan keluaran 01000. Dalam keadaan tidak aktif, masukan 00000 tertutup dan keluaran 01000 bertenaga (*energized*). Apabila masukan 00000 dalam keadaan aktif (terbuka), maka keluaran menjadi tidak bertenaga (*de-energized*). Jadual 2.2.5 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



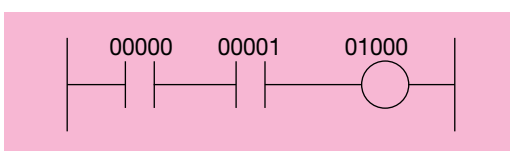
Rajah 2.2.10 Rajah tangga arahan LD NOT

Jadual 2.2.5 Kod mnemonik LD NOT

Arahan	Data
LD NOT	00000
OUT	01000

### (c) AND (Sambungan arahan siri)

Rajah 2.2.11 menunjukkan atur cara bagi arahan AND. Rajah tangga untuk arahan AND bermula dengan masukan sesentuh lazim buka 00000 dan siri dengan masukan sesentuh lazim buka 00001. Seterusnya rajah tangga ini ditamatkan dengan arahan keluaran 01000. Keluaran 01000 akan bertenaga jika masukan 00000 dan masukan 00001 tertutup. Jadual 2.2.6 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



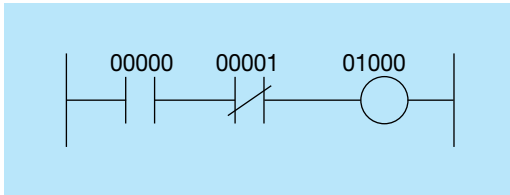
Rajah 2.2.11 Rajah tangga arahan AND

Jadual 2.2.6 Kod mnemonik AND

Arahan	Data
LD	00000
AND	00001
OUT	01000

### (d) AND NOT (Songsang arahan AND)

Rajah 2.2.12 menunjukkan atur cara bagi arahan AND NOT. Rajah tangga untuk arahan AND NOT bermula dengan masukan sesentuh lazim buka 00000 dan sesiri dengan masukan sesentuh lazim tutup 00001. Seterusnya rajah tangga ini ditamatkan dengan arahan keluaran 01000. Keluaran 01000 akan bertenaga jika masukan 00000 tertutup dan masukan 00001 terbuka. Jadual 2.2.7 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



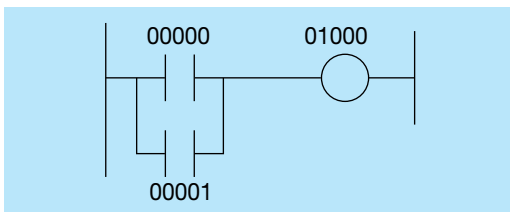
Rajah 2.2.12 Rajah tangga arahan AND NOT

Jadual 2.2.7 Kod mnemonik AND NOT

Arahan	Data
LD	00000
AND NOT	00001
OUT	01000

### (e) OR (Sambungan arahan selari)

Rajah 2.2.13 menunjukkan atur cara bagi arahan OR. Rajah tangga untuk arahan OR bermula dengan masukan sesentuh lazim buka 00000 dan selari dengan masukan sesentuh lazim buka 00001. Seterusnya rajah tangga ini ditamatkan dengan arahan keluaran 01000. Keluaran 01000 akan bertenaga jika sekurang-kurangnya satu masukan 00000 atau masukan 00001 tertutup. Jadual 2.2.8 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



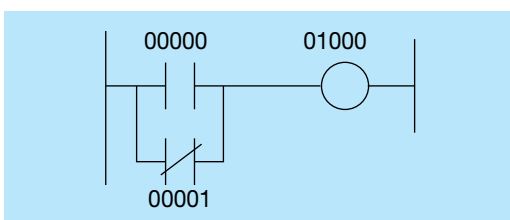
Rajah 2.2.13 Rajah tangga arahan OR

Jadual 2.2.8 Kod mnemonik OR

Arahan	Data
LD	00000
OR	00001
OUT	01000

### (f) OR NOT (Songsang arahan OR)

Rajah 2.2.14 menunjukkan atur cara bagi arahan OR NOT. Rajah tangga untuk arahan OR NOT bermula dengan masukan sesentuh lazim buka 00000 dan selari dengan masukan sesentuh lazim tutup 00001. Seterusnya rajah tangga ini ditamatkan dengan arahan keluaran 01000. Keluaran 01000 akan bertenaga jika masukan 00000 tertutup atau masukan 00001 terbuka. Jadual 2.2.9 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



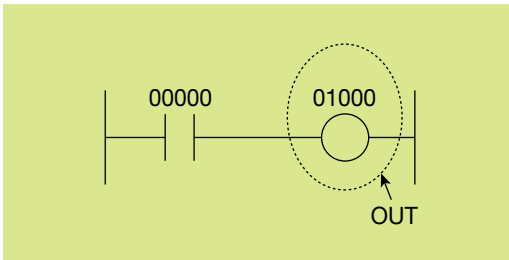
Rajah 2.2.14 Rajah tangga arahan OR NOT

Jadual 2.2.9 Kod mnemonik OR NOT

Arahan	Data
LD	00000
OR NOT	00001
OUT	01000

### (g) OUT (Keluaran)

Rajah 2.2.15 menunjukkan arahan OUT digunakan sebagai keluaran pada rajah tangga. Apabila masukan pada rajah tangga tertutup, keluaran akan bertenaga. Jadual 2.2.10 menunjukkan kod mnemonik OUT.



Rajah 2.2.15 Rajah tangga arahan OUT

Jadual 2.2.10 Kod mnemonik OUT

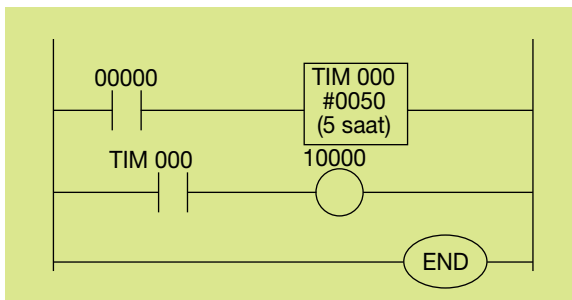
Arahan	Data
LD	00000
OUT	01000

### (h) TIM (Pemasa)

Terdapat dua jenis pemasa yang biasa digunakan dalam pengaturcaraan PLC, iaitu pemasa lengah ON dan pemasa lengah OFF.

#### Pemasa lengah ON

Rajah 2.2.16 menunjukkan atur cara arahan TIM bagi pemasa lengah ON. Rajah tangga untuk arahan TIM bermula dengan masukan sentuhan lazim buka 00000 dan sesiri dengan keluaran pemasa TIM 000. Apabila masukan 00000 tertutup, pemasa TIM 000 akan melengahkan tempoh masa keluaran 10000 untuk ON selama 5 saat. Selepas 5 saat, sentuhan TIM 000 akan tertutup menyebabkan keluaran 10000 bertenaga. Jadual 2.2.11 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



Rajah 2.2.16 Rajah tangga arahan TIM (lengah ON)

Jadual 2.2.11 Kod mnemonik TIM (lengah ON)

Arahan	Data
LD	00000
TIM	000 #0050
LD	TIM 000
OUT	10000
END	

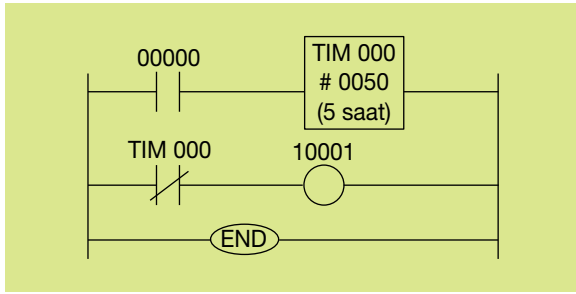
#### Pemasa lengah OFF

Rajah 2.2.17 menunjukkan atur cara arahan TIM bagi pemasa lengah OFF. Rajah tangga untuk arahan TIM bermula dengan masukan sesentuh 00000 dan sesiri dengan keluaran pemasa TIM 000. Apabila masukan 00000 tertutup, pemasa TIM 000 akan melengahkan tempoh masa keluaran 10000 untuk OFF selama 5 saat. Selepas 5 saat, sesentuh TIM 000 akan terbuka menyebabkan keluaran 10000 tidak bertenaga. Jadual 2.2.12 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



#### Dwiistilah

- Pemasa lengah ON – ON-delay-timer
- Pemasa lengah OFF – OFF-delay-timer



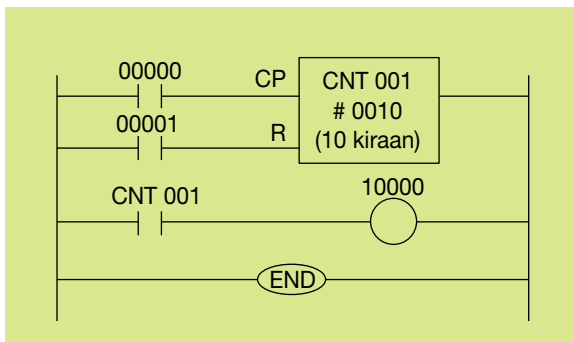
Rajah 2.2.17 Rajah tangga arahan TIM (lengah OFF)

Jadual 2.2.12 Kod mnemonik TIM (lengah OFF)

Arahan	Data
LD	00000
TIM	000
	#0050
LD NOT	TIM 000
OUT	10001
END	

### (i) CNT (Pembilang)

Rajah 2.2.18 menunjukkan atur cara arahan CNT bagi pembilang. Rajah tangga untuk arahan CNT bermula dengan masukan sesentuh lazim buka 00000 dan masukan sesentuh lazim buka 00001 yang disambungkan sesiri dengan keluaran pembilang CNT 001. Pembilang CNT 001 akan membilang setiap kali masukan 00000 tertutup. Pembilang CNT 001 diset sebanyak 10 kali. Apabila masukan 00000 tertutup sebanyak 10 kali, masukan sesentuh terbuka CNT 001 akan tertutup menyebabkan keluaran 10000 bertenaga. Keluaran CNT 001 akan RESET bilangan kiraan kepada 0 jika masukan 00001 tertutup. Jadual 2.2.13 menunjukkan atur cara PLC dengan menggunakan kod mnemonik.



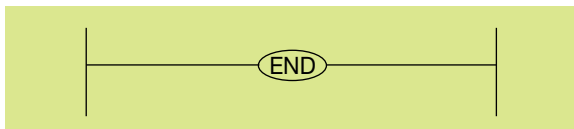
Rajah 2.2.18 Rajah tangga arahan CNT

Jadual 2.2.13 Kod mnemonik CNT

Arahan	Data
LD	00000
LD	00001
CNT	001
	#0010
LD	CNT 001
OUT	10000
END	

### (j) END (Tamat atur cara)

Rajah 2.2.19 menunjukkan arahan END pada anak tangga yang terakhir dalam rajah tangga. END merupakan arahan terakhir untuk menyempurnakan sesuatu atur cara PLC. Arahan END tidak disambung dengan sebarang masukan atau keluaran.



Rajah 2.2.19 Rajah tangga arahan END

Jadual 2.2.14 Kod mnemonik END

Arahan	Data
END	

## DETIK SEJARAH



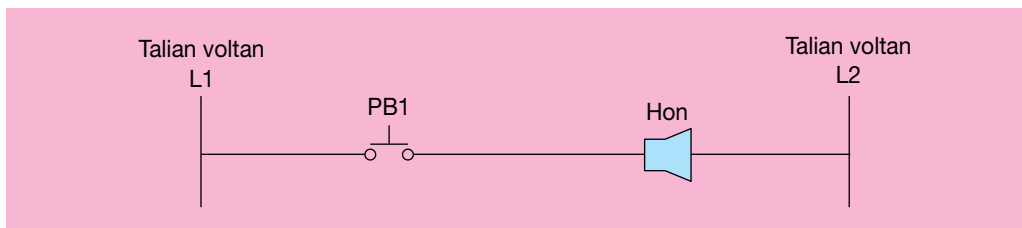
Industri 4.0 bermula daripada inisiatif strategik kerajaan Jerman pada tahun 2011 untuk mengubah industri menengah kepada sistem pembuatan siberatik moden (*modernized cybernetic based manufacturing*) agar hasil pengeluarannya menjadi lebih cekap dengan kos yang lebih menjimatkan. Tujuan utamanya adalah untuk menjadikan Jerman sebagai pusat pemasaran utama dan pembekal kepada penyelesaian teknologi pembuatan terkini. (Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth\\_Industrial\\_Revolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution))

### 2.2.5 Arahan Asas PLC untuk Membina Pengaturcaraan Mudah

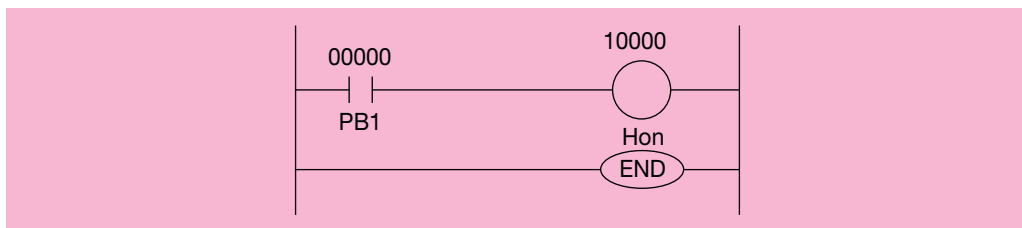
Pada bahagian ini, murid akan didedahkan kepada cara untuk membangunkan atur cara PLC berdasarkan litar kawalan mudah.

#### (i) LD

Rajah 2.2.20 menunjukkan litar kawalan untuk mengawal hon. Litar kawalan ini dapat digunakan dalam pengaturcaraan PLC mudah arahan LD seperti dalam Rajah 2.2.21. Hon penggera (10000) akan berbunyi jika masukan punat tekan PB1 (00000) ditekan (tertutup). Hon penggera (10000) tidak akan berbunyi jika punat tekan PB1 (00000) dilepaskan (terbuka).



Rajah 2.2.20 Litar kawalan hon



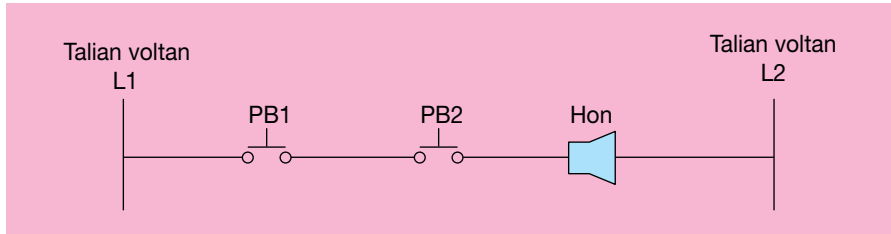
Rajah 2.2.21 Rajah tangga penggunaan arahan LD

Jadual 2.2.15 Kod mnemonik LD

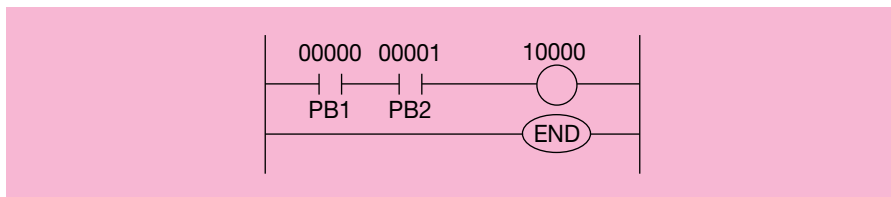
Arahan	Data
LD	00000
OUT	10000
END	

## (ii) AND

Rajah 2.2.22 menunjukkan litar kawalan untuk mengawal hon. Litar kawalan ini dapat digunakan dalam pengaturcaraan PLC mudah arahan AND seperti dalam Rajah 2.2.23. Hon penggera (10000) akan berbunyi jika dua masukan punat tekan PB1 (00000) dan punat tekan PB2 (00001) ditekan (tertutup) secara serentak.



Rajah 2.2.22 Litar kawalan hon



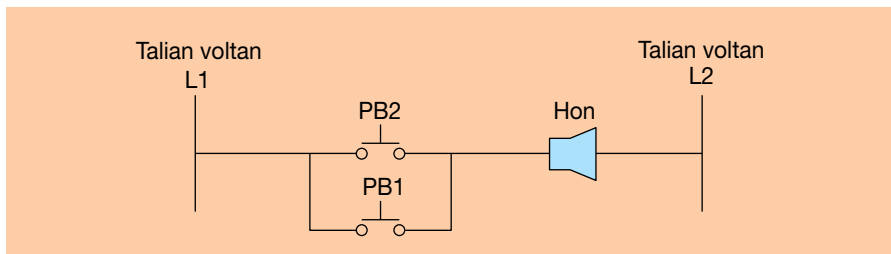
Rajah 2.2.23 Rajah tangga penggunaan arahan AND

Jadual 2.2.16 Kod mnemonik AND

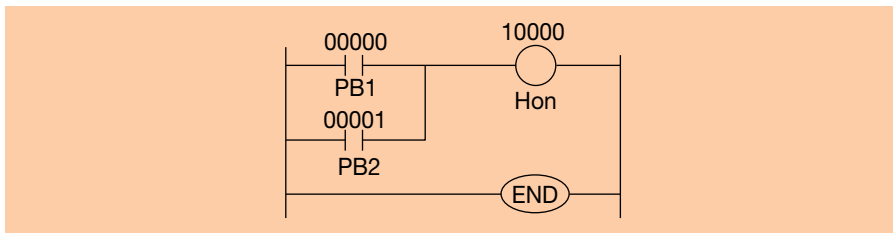
Arahan	Data
LD	00000
AND	00001
OUT	10000
END	

## (iii) OR

Rajah 2.2.24 menunjukkan contoh mudah litar kawalan untuk mengaktifkan hon sesebuah penggera. Litar ini dapat digunakan dalam penggunaan pengaturcaraan PLC arahan OR seperti dalam Rajah 2.2.25. Hon penggera (10000) akan berbunyi jika salah satu atau kedua-dua masukan butang tekan PB1 (00000) dan PB2 (00001) ditekan (tertutup).



Rajah 2.2.24 Litar kawalan hon



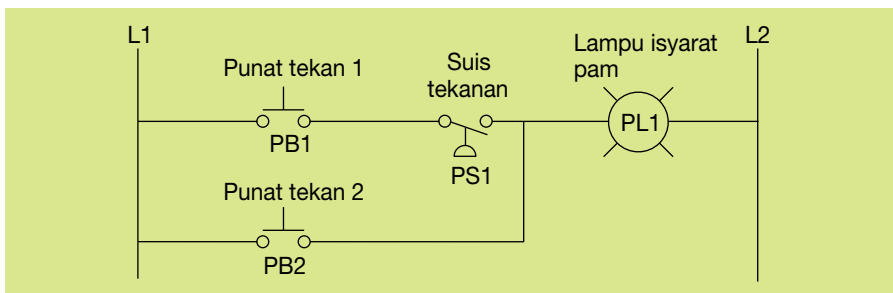
Rajah 2.2.25 Rajah tangga penggunaan arahan OR

Jadual 2.2.17 Kod mnemonik OR

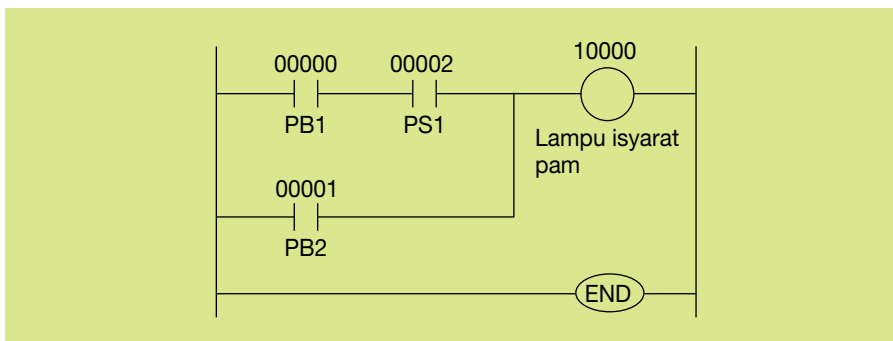
Arahan	Data
LD	00000
OR	00001
OUT	10000
END	

#### (iv) AND dan OR

Rajah 2.2.26 menunjukkan litar kawalan untuk mengawal lampu isyarat pam. Lampu isyarat pam akan menyala jika punat tekan PB1 atau punat tekan PB2 ditekan dan tekanan yang dikesan suis tekanan PS1 adalah mencukupi. Pengaturcaraan PLC dapat berfungsi seperti pada Rajah 2.2.27. Lampu (10000) akan menyala apabila masukan PB1 (00000) atau PB2 (00001) ditekan (tertutup) dan masukan PS1 (00002) tertutup.



Rajah 2.2.26 Litar kawalan lampu isyarat pam



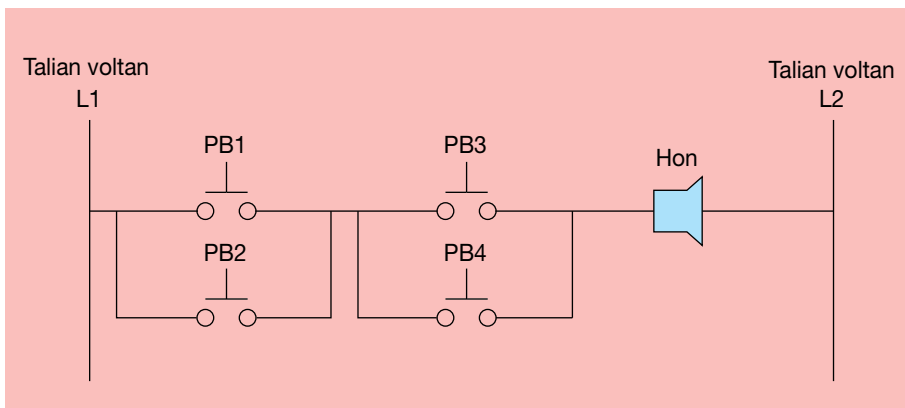
Rajah 2.2.27 Rajah tangga penggunaan arahan AND dan OR

**Jadual 2.2.18** Kod mnemonik AND dan OR

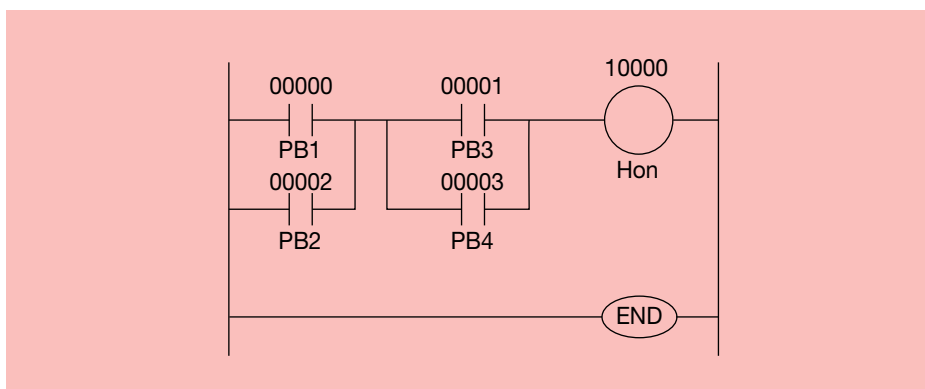
Arahan	Data
LD	00000
AND	00002
OR	00001
OUT	10000
END	

**(v) AND LD**

Rajah 2.2.28 menunjukkan litar kawalan hon. Pengaturcaraan PLC bagi litar ini ditunjukkan dalam Rajah 2.2.29 yang menggunakan arahan AND LD dan merupakan satu struktur atur cara PLC bagi menyelesaikan fungsi AND yang kompleks seperti menghubungkan beberapa arahan seperti OR, OR NOT, dan OR LD dalam keadaan siri dalam kod mnemonik. Hon (10000) akan berbunyi apabila salah satu masukan PB1 (00000) atau PB2 (00002) ditekan (tertutup) dan masukan PB3 (00001) atau PB4 (00003) ditekan (tertutup).



**Rajah 2.2.28** Litar kawalan hon



**Rajah 2.2.29** Rajah tangga penggunaan arahan AND LD

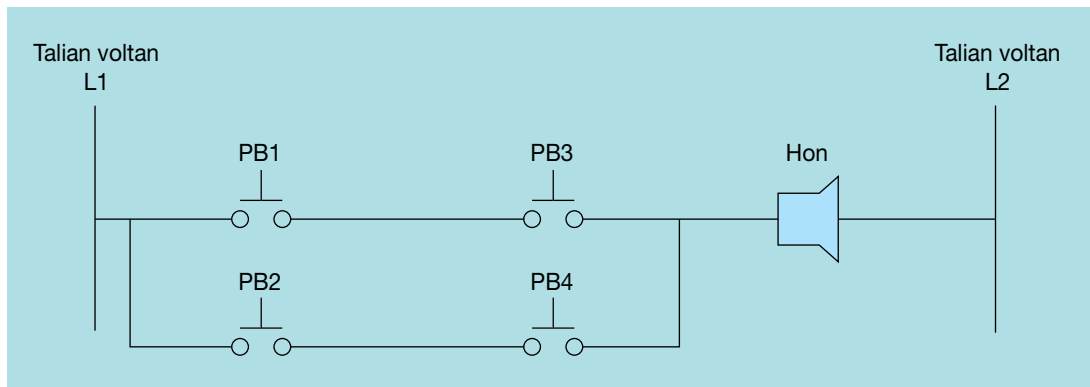


**Jadual 2.2.19** Kod mnemonik AND LD

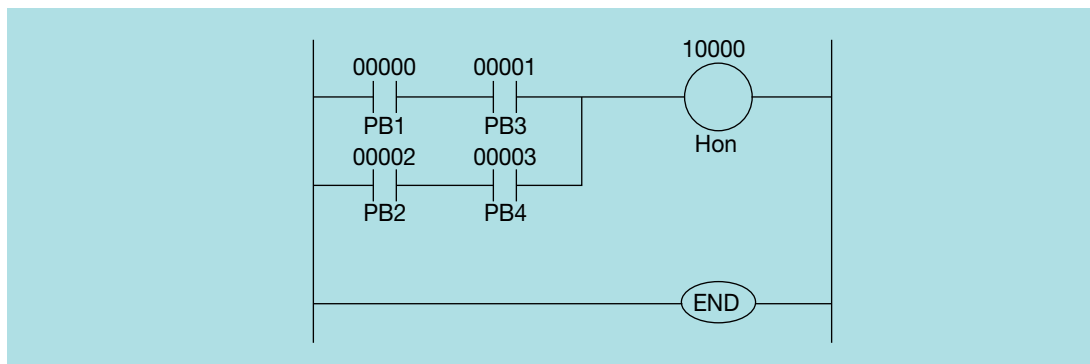
Arahan	Data
LD	00000
OR	00002
LD	00001
OR	00003
AND LD	
OUT	10000
END	

**(vi) OR LD**

Rajah 2.2.30 menunjukkan arahan OR LD yang merupakan satu struktur atur cara PLC bagi menyelesaikan fungsi OR yang kompleks seperti satu siri sesentuh LD (atau LD NOT) dalam keadaan selari dengan satu siri sesentuh yang lain. Rajah 2.2.31 menunjukkan atur cara PLC AND LD. Hon (10000) akan berbunyi apabila masukan PB1 (00000) dan PB3 (00001) ditekan (tertutup), atau masukan PB2 (00002) dan PB4 (00003) ditekan (tertutup).



**Rajah 2.2.30** Litar kawalan hon



**Rajah 2.2.31** Rajah tangga penggunaan arahan OR LD

Jadual 2.2.20 Kod mnemonik OR LD

Arahan	Data
LD	00000
AND	00001
LD	00002
AND	00003
OR LD	
OUT	10000
END	



**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk mendapatkan maklumat penggabungan arahan AND LD dan OR LD.

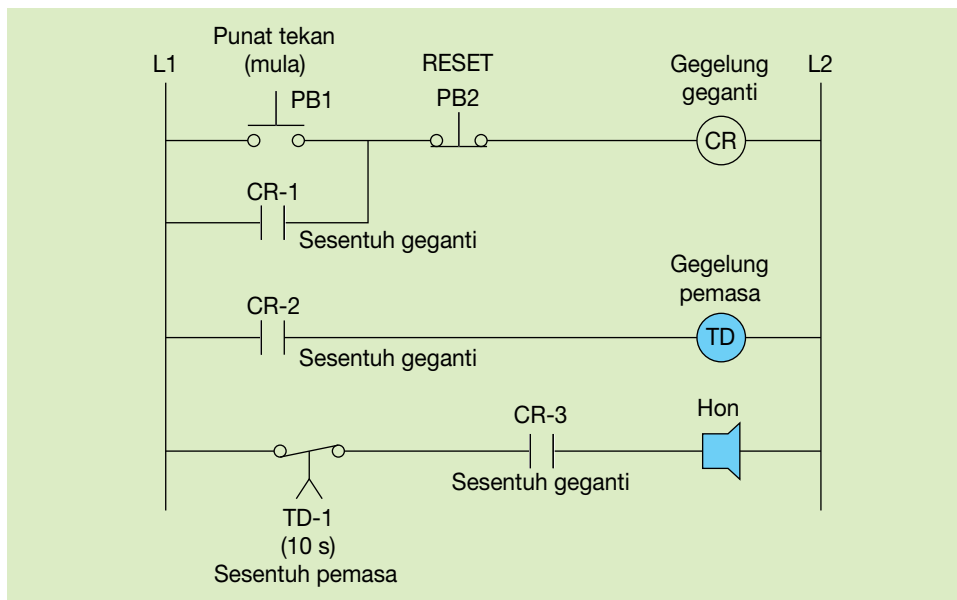


<http://buku-teks.com/kee5131>

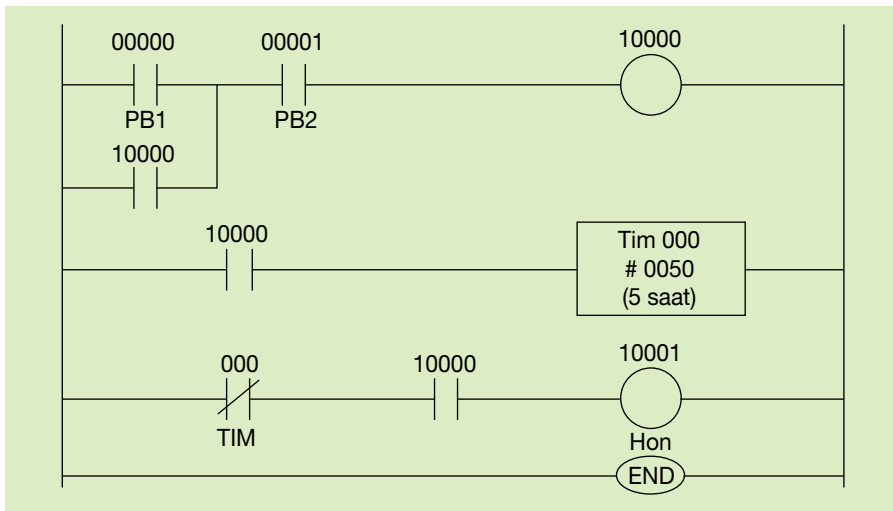
### (vii) TIM

Rajah 2.2.32 menunjukkan penggunaan arahan pemasa TIM. Litar ini digunakan misalnya untuk mengawal tempoh masa operasi hon. Pengaturcaraan PLC (Rajah 2.2.33) boleh diringkaskan seperti yang berikut:

- Apabila punat tekan PB1 ditekan, masukan sesentuh lazim buka (00000) akan tertutup, maka keluaran geganti (10000) akan ditenagakan. Sesentuh dalaman lazim buka (10000) akan tertutup untuk menahan keluaran hon (10000) supaya sentiasa bertenaga (aktif) dan pada masa yang sama untuk mengaktifkan bunyi hon pada keluaran hon (10001).
- Sesentuh dalaman lazim buka (10000) juga disambungkan kepada pemasa TIM 000. Apabila sesentuh dalaman lazim buka (10000) tertutup, pemasa (TIM 000) akan aktif. Pemasa mula menghitung masa selama 5 saat. Setelah itu, sesentuh lazim tutup (TIM 000) akan terbuka menyebabkan keluaran hon (10001) tidak bertenaga. Hon akan berhenti berbunyi.
- Punat tekan PB2 (keadaan lazim tutup) diwakili oleh sesentuh lazim buka (00001) berfungsi sebagai RESET bagi menghentikan bunyi hon dan pemasa TIM 000.



Rajah 2.2.32 Litar kawalan pemasa hon



Rajah 2.2.33 Rajah tangga penggunaan arahan TIM

Jadual 2.2.21 Kod mnemonik TIM

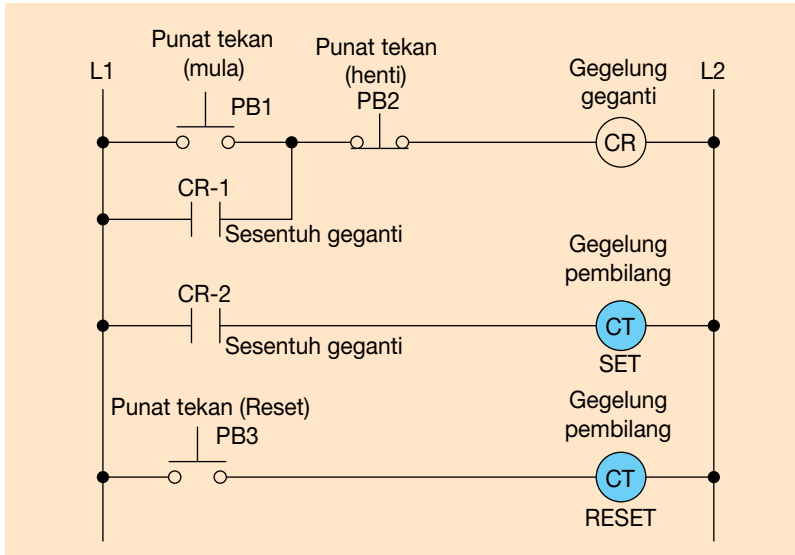
Arahan	Data
LD	00000
OR	10000
AND	00001
OUT	10000
LD	10000
TIM	000
	#0050
LD	TIM 000
AND	10000
OUT	10001
END	

### (viii) CNT

Rajah 2.2.34 menunjukkan litar kawalan pembilang. Motor akan berhenti setelah beroperasi sebanyak 10 kali. Rajah 2.2.35 ialah pengaturcaraan PLC dengan menggunakan arahan CNT bagi menggantikan litar kawalan. Pengaturcaraan PLC boleh diringkaskan seperti yang berikut:

- Pembilang CNT 001 disetkan kepada kiraan 10.
- Apabila punat tekan PB1 (mula) ditekan, maka sesentuh lazim buka (00000) akan tertutup, gegelung geganti dalaman (10000) bertenaga. Sesentuh dalaman (10000) akan tertutup bagi menahan gegelung motor (10000) supaya sentiasa bertenaga dan mengaktifkan keluaran motor (10001) untuk beroperasi.
- Sesentuh dalaman (10000) juga disambungkan pada masukan pembilang CNT 001 iaitu CP. Setiap kali sesentuh dalaman (10000) berubah daripada terbuka kepada tertutup, pembilang akan membilang satu kali bilangan. Ini bermakna setiap kali motor beroperasi pembilang akan membilang satu kali.

- Apabila pembilang telah membilang operasi motor sebanyak 10 kali, sesentuh lazim tutup (CNT 001) akan terbuka menyebabkan keluaran motor (10000) tidak bertenaga. Motor tidak dapat lagi beroperasi.
- Motor boleh beroperasi semula apabila punat tekan RESET PB3 ditekan sehingga menyebabkan sesentuhan lazim buka (00002) tertutup. Bilangan kiraan pembilang akan reset menjadi 0.



Rajah 2.2.34 Litar kawalan pembilang operasi motor

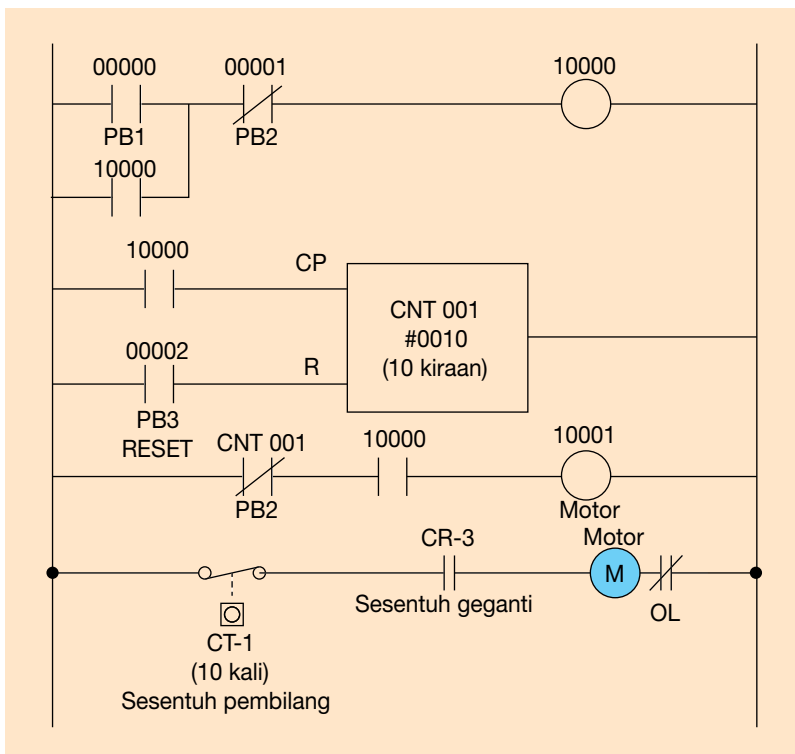


**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk memuat turun perisian simulasi (*livewire*) litar elektronik.



<http://buku-teks.com/kee5133>



Rajah 2.2.35 Rajah tangga penggunaan arahan CNT

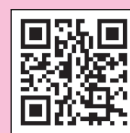
Jadual 2.2.22 Kod mnemonik CNT

Arahan	Data
LD	00000
OR	10000
AND	00001
OUT	10000
LD	10000
LD	00002
CNT	001
	#0010
LD NOT	CNT 001
AND	10000
OUT	10001
END	



**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk menggunakan perisian simulasi pengaturcaraan PLC. Anda boleh membina simulasi pengaturcaraan PLC untuk arahan seperti pada bahagian 2.2.6 dengan menggunakan perisian ini.



<http://buku-teks.com/kee5134>

## 2.2.6 Pengaturcaraan PLC Mudah Berdasarkan Carta Alir, Arahan Kod Mnemonik dan Rajah Tangga

Pada bahagian ini, murid-murid akan didedahkan kepada cara untuk mereka bentuk suatu sistem automasi dengan menggunakan PLC. Langkah pertama adalah dengan menterjemahkan masalah kajian ke dalam carta alir. Kemudian daripada carta alir tersebut, murid dikehendaki membina pengaturcaraan PLC dengan menggunakan kod mnemonik dan rajah tangga. Yang berikut ialah panduan asas dalam merangka pengaturcaraan PLC bagi mengautomasikan sesebuah sistem:

- Memahami bagaimana proses dalam sesuatu sistem itu beroperasi.
- Mentakrifkan bilangan masukan dan keluaran yang terlibat dalam proses.
- Melakarkan jujukan operasi dengan menggunakan carta alir.
- Membina pengaturcaraan PLC – secara arahan rajah tangga atau kod mnemonik.
- Menguji atur cara PLC.

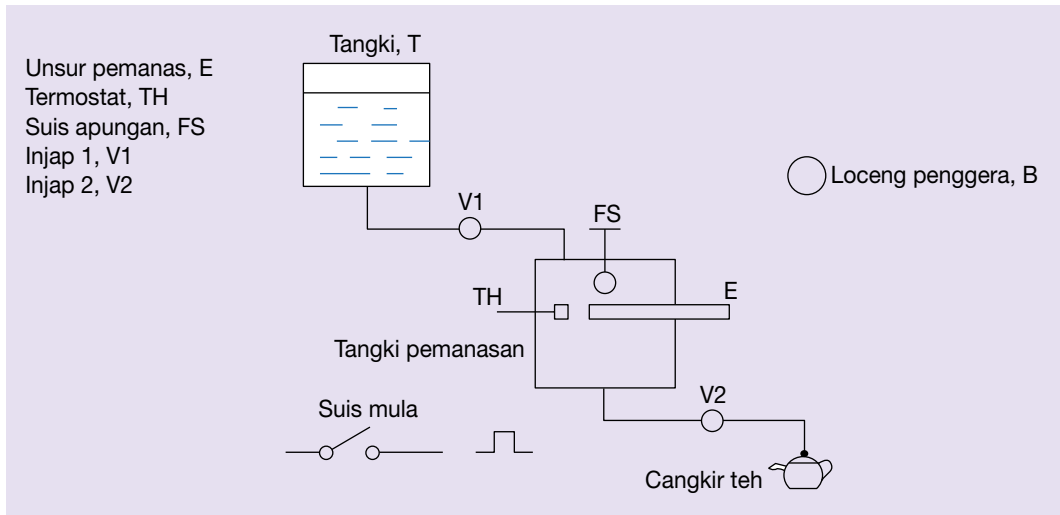
### Contoh

Rajah 2.2.36 menunjukkan proses penyediaan air panas untuk membuat minuman teh. Sistem ini terdiri daripada tangki penyimpanan air, kebuk pemanas yang terdiri daripada penderia suhu (termostat), suis apungan dan unsur pemanas.

Operasi kendalian sistem:

- Apabila suis mula ditekan, injap 1 (V1) terbuka lalu air akan mengalir melalui injap ke tangki pemanasan. Paras air di dalam tangki pemanasan akan meningkat. Apabila paras air mencapai suis apungan (FS), injap 1 (V1) hendaklah ditutup dan pemanasan air bermula.

- (b) Apabila suhu air mencapai tahap yang diperlukan, termostat mematikan pemanas dan membuka injap 2 (V2) selama 10 saat. Ini membolehkan air panas mengalir masuk ke dalam cangkir teh. Setelah 10 saat, loceng penggera diaktifkan bagi menandakan bahawa cangkir teh telah selesai diisi dengan air panas.



Rajah 2.2.36

Langkah-langkah pengaturcaraan PLC adalah seperti yang berikut:

- (a) Memahami operasi sistem
- Sistem ini bertujuan untuk memanaskan air dan mengisi air yang telah panas ke dalam sebuah cangkir.
  - Pemanasan air dikawal oleh termostat.
  - Paras air panas di dalam tangki pemanas dikawal oleh suis apungan.
  - Pengaliran keluar masuk air dikawal oleh injap 1 dan injap 2.
  - Jumlah kandungan air yang masuk ke dalam cangkir dikawal oleh masa bukaan injap 2.
  - Penggera akan aktif apabila masa pengisian air telah tamat.
- (b) Mentakrifkan bilangan masukan dan keluaran yang terlibat dalam proses dan meletakkan nombor bagi kesemua masukan dan keluaran yang terlibat. Jadual 2.2.23 menunjukkan senarai masukan dan keluaran yang terlibat dalam sistem ini.

Jadual 2.2.23

Masukan		Keluaran	
Nama masukan	Kod nombor	Nama keluaran	Kod nombor
Suis mula, PB1	00000	Injap, V1	10000
Suis apungan, FS	00001	Unsur pemanas, E	10001
Termostat	00002	Injap, V2	10002
		Penggera, B	10003



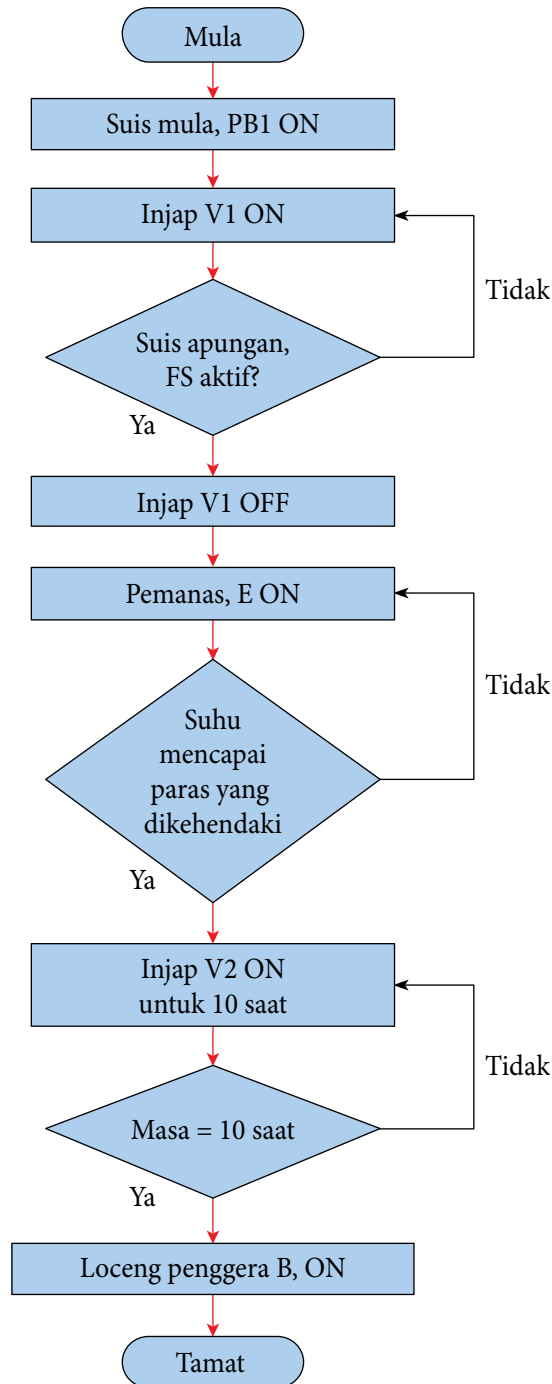
**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk mendapatkan simbol piawai peranti masukan dan keluaran bagi gambar rajah tangga elektrik.



<http://buku-teks.com/kee5135>

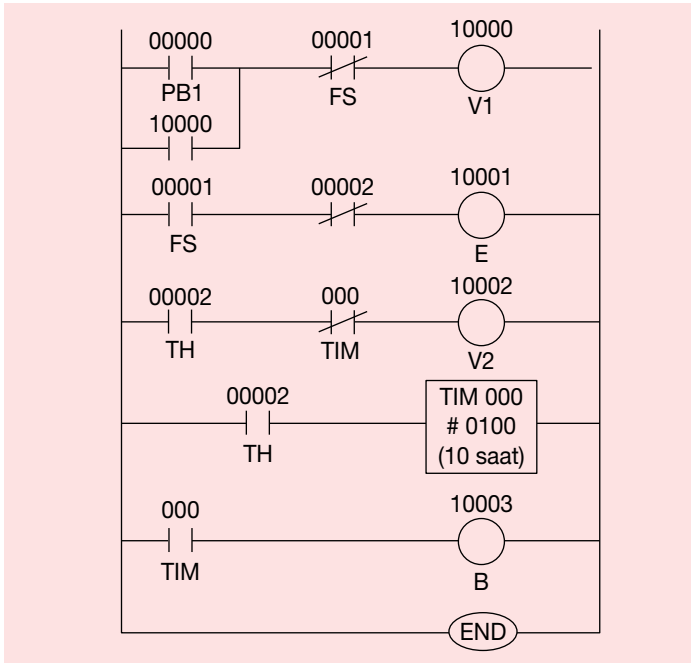
- (c) Lakarkan jujukan operasi dengan menggunakan carta alir.  
Carta alir jujukan operasi sistem ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.37.  
Carta alir dibina berdasarkan operasi kendali proses penyediaan air panas.



Rajah 2.2.37

(d) Bina pengaturcaraan PLC – secara arahan rajah tangga dan kod mnemonik.

Rajah tangga:



Rajah 2.2.38



### SUDUT BRAINSTORMING

Daripada contoh permasalahan pada bahagian 2.2.7, bina atur cara PLC bagi sistem proses penyediaan air panas untuk membuat minuman teh dengan menggunakan perisian PLC. Gerakkan atur cara secara simulasi. Buat pemerhatian pada gambar rajah tangga untuk menunjukkan bagaimana sistem tersebut beroperasi.

Kod mnemonik:

Jadual 2.2.24

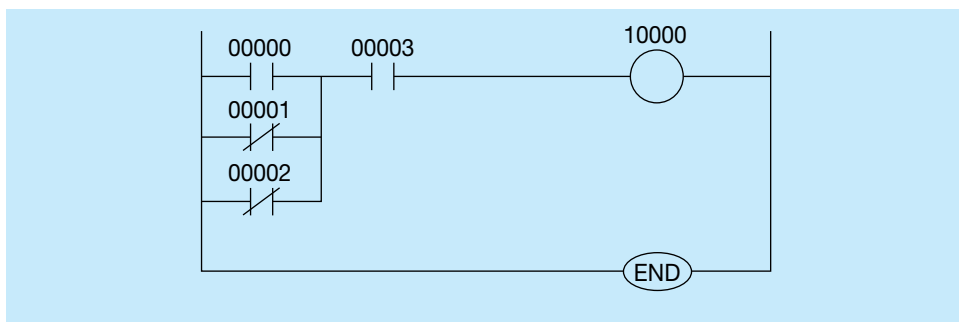
Arahan	Data
LD	00000
OR	10000
AND NOT	00001
OUT	10000
LD	00001
AND NOT	00002
OUT	10001
LD	00002
AND NOT	TIM 000
OUT	10002
LD	00002
TIM	000
	#0100
LD	TIM000
OUT	10003
END	





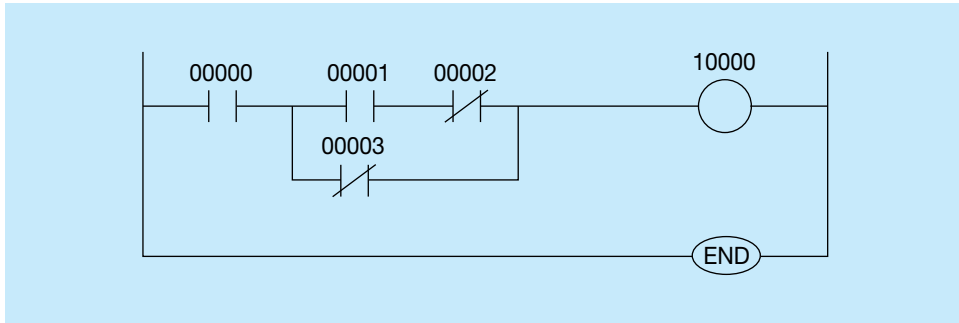
## UJI MINDA

1. Apakah Pengawal Logik Boleh Atur Cara (PLC)?
2. Nyatakan kelebihan PLC.
3. Bagaimanakah penggunaan PLC dapat menjimatkan kos?
4. Mengapakah bilangan masukan dan keluaran penting semasa pemilihan PLC?
5. Senaraikan tiga faktor pemilihan PLC.
6. Apakah perbezaan antara PLC nano dengan PLC mikro?
7. Terangkan secara ringkas fungsi utama untuk setiap komponen utama PLC:
  - (a) Modul pemprosesan
  - (b) Modul masukan dan keluaran
  - (c) Alat pengaturcaraan
  - (d) Modul bekalan kuasa
8. Berikan contoh peranti masukan dan keluaran yang boleh dikawal dengan menggunakan PLC.
9. Nyatakan perbezaan antara ingatan baca sahaja (ROM) dengan rawak akses ingatan (RAM).
10. Apakah fungsi modul bekalan kuasa dalam komponen asas PLC?
11. Terangkan secara ringkas hubungan antara peranti masukan, peranti keluaran, dan CPU.
12. Tandakan ( ✓ ) bagi pernyataan yang betul dan ( ✗ ) bagi pernyataan yang salah pada ruang yang disediakan.
  - (a) LD digunakan untuk memulakan atur cara PLC dan blok.
  - (b) Dalam arahan AND, terdapat dua masukan yang disambungkan secara selari.
  - (c) Bagi arahan TIM lengah masa ON, keluaran akan bertenaga selepas masa tamat.
  - (d) Arahan pembilang CNT tidak boleh diRESET.
13. Tuliskan kod mnemonik bagi rajah tangga yang berikut:



Rajah 2.2.39

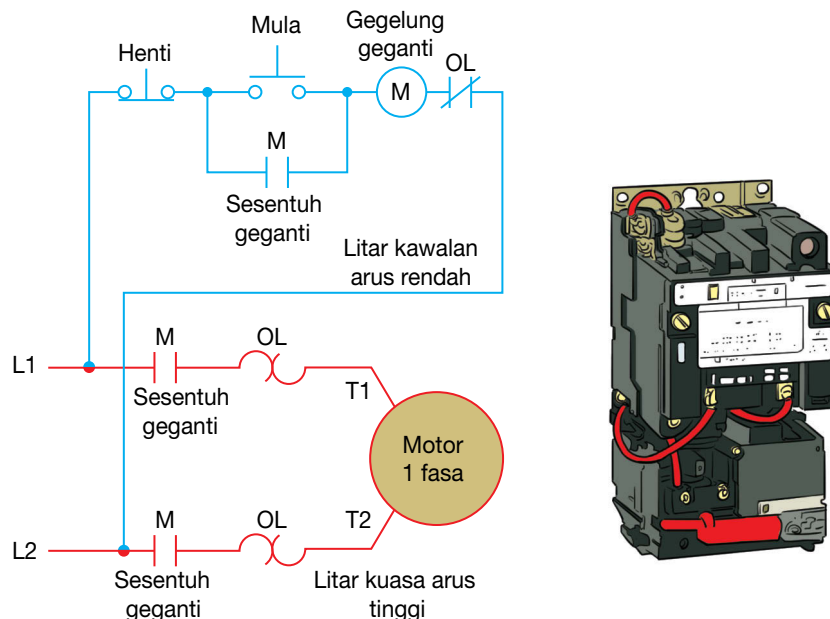
14. Tuliskan kod mnemonik bagi rajah tangga yang berikut:



Rajah 2.2.40

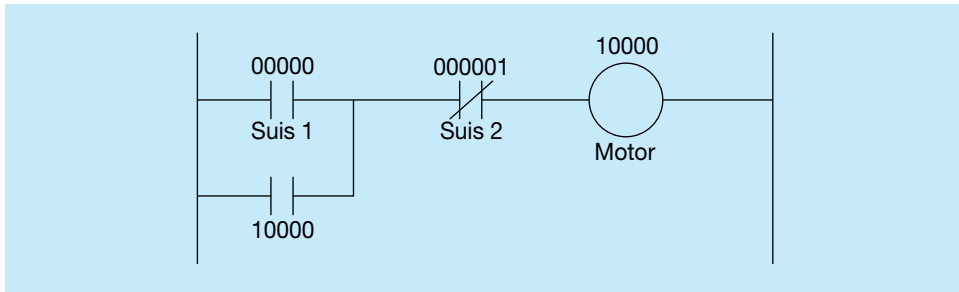
15. Rajah 2.2.41 menunjukkan litar kawalan pemula motor satu fasa. Motor akan beroperasi apabila punat tekan (mula) ditekan menyebabkan gegelung geganti M ditenagakan menutup sesentuh penyentuh biasa terbuka. Sesentuh M akan membenarkan arus mengalir ke motor dan motor akan ON.

- Lukiskan rajah tangga PLC bagi menggantikan litar kawalan rendah.
- Ubahsuai atur cara PLC supaya selepas motor beroperasi selama 10 saat, lampu penunjuk akan ON.
- Ubahsuai atur cara PLC supaya setelah 20 kali motor beroperasi lampu penunjuk akan ON.



Rajah 2.2.41 Litar kawalan motor satu fasa

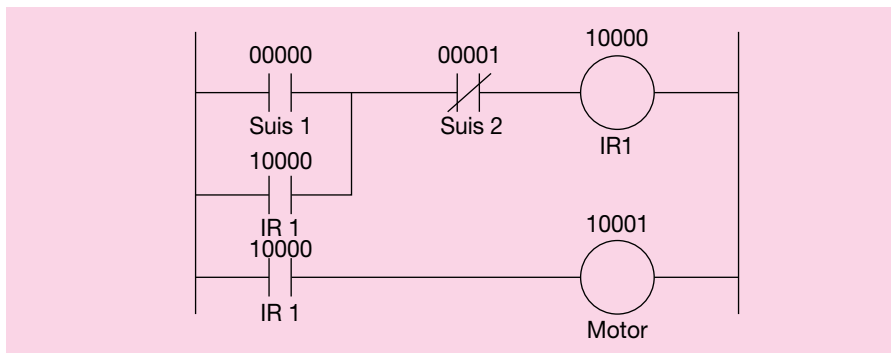
16. Nyatakan langkah-langkah untuk membina suatu pengaturcaraan PLC bagi sesebuah aplikasi.
17. Rajah 2.2.42 ialah rajah tangga yang menunjukkan keluaran motor (10000) akan aktif apabila:



Rajah 2.2.42

Pernyataan	Betul (✓)	Salah (✗)
(a) Suis 1 diaktifkan secara seketika sebelum kembali kepada keadaan asal (terbuka).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Suis 2 diaktifkan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

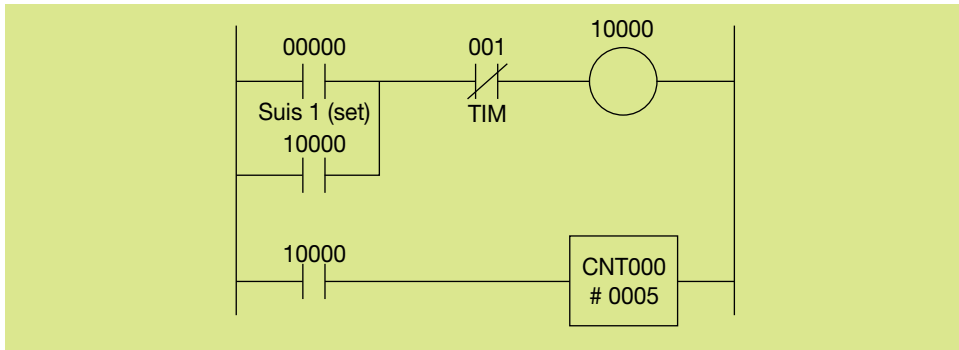
18. Bagi rajah tangga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.43:



Rajah 2.2.43

Pernyataan	Betul (✓)	Salah (✗)
(a) Suis 1 diselak oleh keluran geganti dalaman (IR 1) (10000) manakala sesentuh IR 1 kekal ditenagakan walaupun suis 1 kembali kepada keadaan asal (terbuka).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Oleh sebab geganti dalaman (IR 1) ialah sokongan berbateri, maka keluaran motor (10000) akan berterusan aktif walaupun bekalan dimatikan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

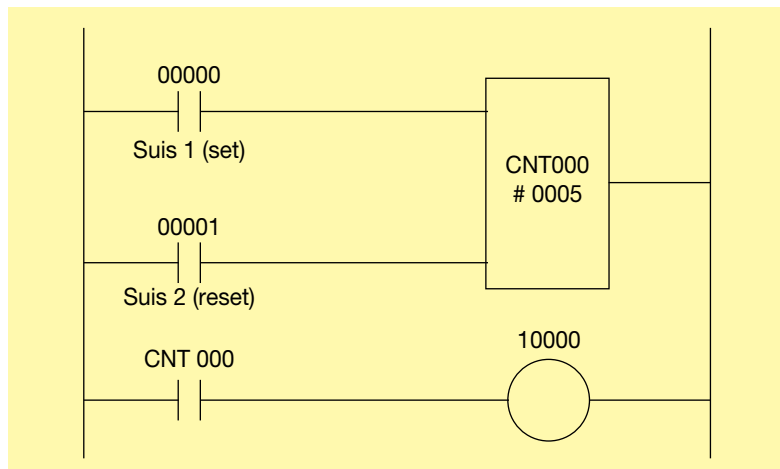
19. Bagi rajah tangga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.44, apabila terdapatnya masukan pada suis 1:



Rajah 2.2.44

Pernyataan	Betul (✓)	Salah (X)
(a) Pemasa (TIM 001) akan bermula.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Keluaran (10000) tidak bertenaga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Bagi rajah tangga seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2.45 apabila pembilang (CNT 000) disetkan kepada 5, keluaran (10000) akan aktif setiap kali:



Rajah 2.2.45

Pernyataan	Betul (✓)	Salah (X)
(a) Suis 1 ditutup 5 kali.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Suis 2 ditutup 5 kali.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 2.3 PROJEK MINI LITAR DIGIT

### Standard Pembelajaran

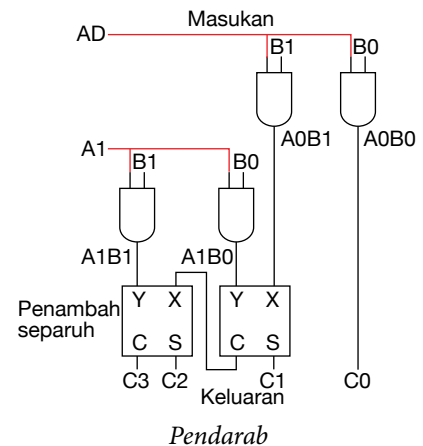
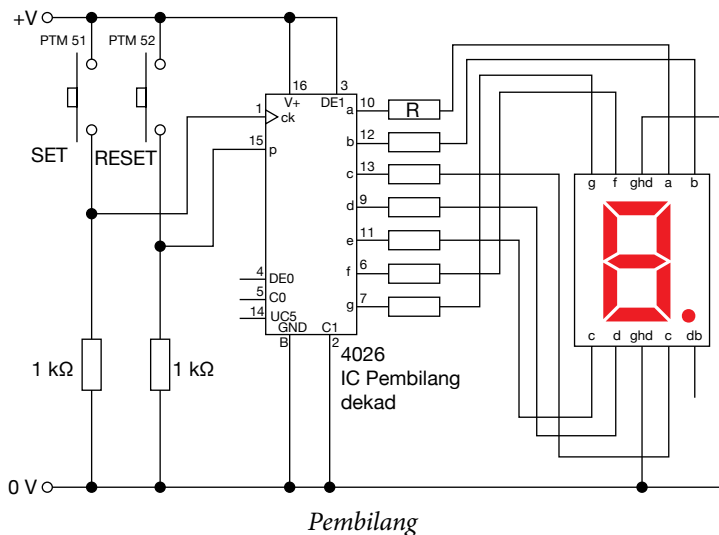
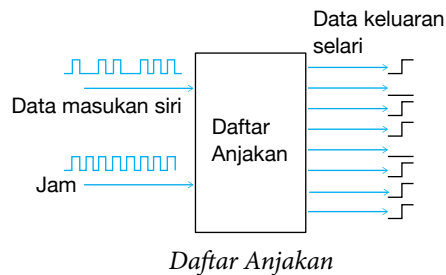
Murid boleh:

- 5.3.1 Menghasilkan litar digit mengikut kesesuaian fungsi.
- 5.3.2 Memasang litar digit yang dicadangkan pada papan reka.
- 5.3.3 Menguji kefungsiian litar yang dibangunkan.
- 5.3.4 Membuat kesimpulan keberfungsiian litar antara simulasi (perisian) dengan uji kaji litar (perkakasan).
- 5.3.5 Menyediakan laporan projek yang dihasilkan.

Projek mini litar digit berperanan penting dalam membantu murid untuk mengaplikasi teori elektronik digit yang telah dipelajarinya. Dalam bahagian ini, murid akan didedahkan kepada cara-cara untuk membina sebuah litar digit. Murid akan mempelajari kaedah mereka bentuk sebuah litar digit mudah, memasang litar pada papan reka, menguji kefungsiian litar, membina litar digit secara simulasi dan membuat perbandingan hasil projek antara praktikal dengan simulasi. Pada akhir projek, murid akan menyediakan laporan projek mengikut format laporan yang telah ditetapkan.

Projek mini litar digit yang berikut boleh dijadikan sebagai permulaan bagi murid dalam mereka bentuk litar digit.

- (a) Daftar Anjakan
- (b) Pembilang
- (c) *Running Light*
- (d) *Vending Machine*
- (e) Pendarab



**IMBAS MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk mendapatkan maklumat tentang pemasa 555.



<http://buku-teks.com/kee5142>

## Contoh Projek Mini Litar Digit



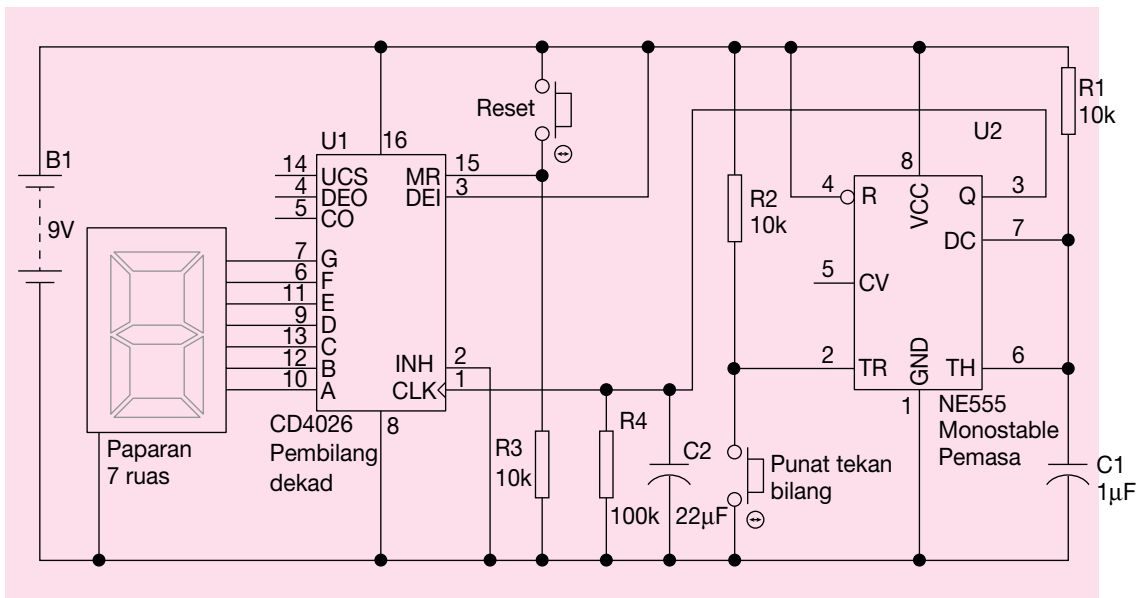
- Pembilang dekad – Decade counter
- Menokok – Incremented

### 1. Pembilang

Rajah 2.3.1 menunjukkan litar pembilang mudah. Litar ini menggunakan pemasa 555 (NE555), pembilang dekad (CD4026) dan paparan 7 ruas.

Kendalian litar:

- Litar ini digunakan untuk membilang bermula dari 0 hingga 9, iaitu 10 kali bilang.
- Pemasa 555 (NE555) digunakan untuk menghasilkan denyut jam setiap kali punat tekan bilang ditekan. Pembilang akan menokok sebanyak 1 kali.
- Pembilang dekad 4026 digunakan untuk menjalankan operasi membilang secara jujukan bermula dari 0 hingga 9.
- Litar RC (perintang R4 dan pemuat C2) disambungkan pada tamatan CLK pembilang dekad 4026 supaya membenarkan hanya 1 denyut setiap kali punat tekan bilang ditekan.
- Paparan 7 ruas akan memaparkan nombor bilangan yang diterima daripada pembilang dekad.
- Pembilang dekad 4026 akan reset semula ke nilai 0 setiap kali punat tekan reset ditekan.



Rajah 2.3.1 Litar pembilang mudah

## 2. *Running Light*

Litar dalam Rajah 2.3.2 ialah litar bagi projek *running light*. Pemasa 555 (NE555) dan pembilang dekad (CD4017) merupakan komponen utama dalam litar ini.

Kendalian litar:

- Litar ini digunakan untuk menyalakan lampu LED secara jujukan.
- Pemasa 555 (NE555) digunakan untuk menghasilkan keluaran (OUT) isyarat denyut jam.
- Isyarat denyut jam disambungkan ke masukan jam (CLK) pada pembilang dekad (CD4017).
- Pembilang dekad ini mempunyai 10 tamatan keluaran. Setiap keluaran disambungkan pada lampu LED.
- Lampu LED akan menyala mengikut jujukan pembilang iaitu bermula dari nyalaan LED pertama hingga terakhir secara berulang.
- Operasi litar akan berhenti apabila bekalan voltan diputuskan.

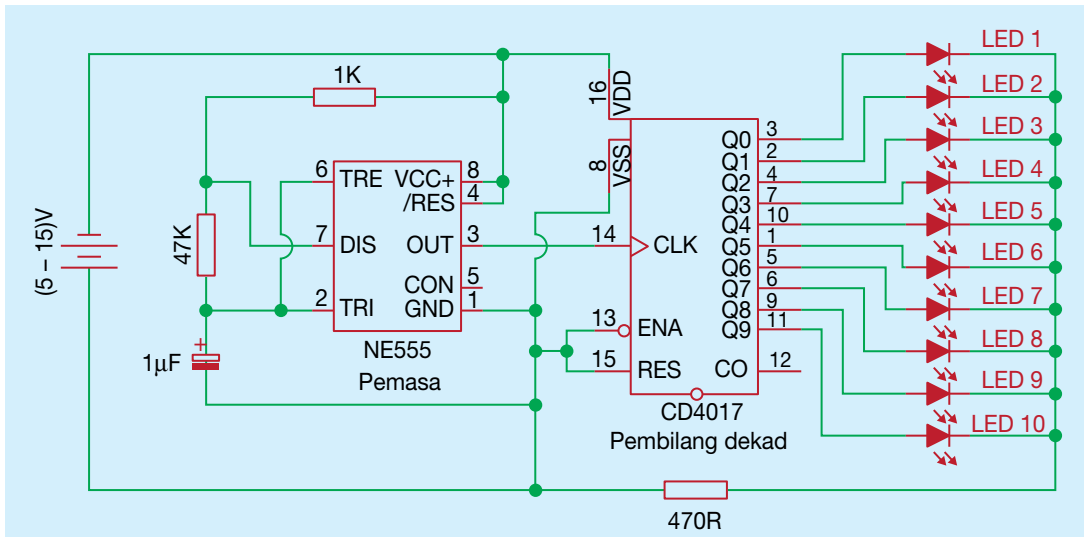


**IMBAS  
MAYA**

Imbas kod QR di bawah ini untuk mengetahui kaedah membangunkan litar elektronik secara simulasi.



<http://buku-teks.com/kee5144>



Rajah 2.3.2 Litar *Running Light*



## PEKA RINGGIT

Pengurusan kos ialah proses mencari projek yang tepat dan melaksanakan projek tersebut dengan cara yang betul. Hal ini merangkumi aktiviti seperti perancangan, penganggaran, belanjawan, pembiayaan, pengurusan, pengawalan, dan kos penanda aras supaya projek itu dapat diselesaikan dalam masa yang ditetapkan. Belanjawan dapat diluluskan dan prestasi projek dapat ditingkatkan tepat pada waktunya. Oleh yang demikian, sebelum sesuatu projek itu dilaksanakan, anda perlu membuat perancangan yang teliti agar kerja-kerja projek tersebut dapat berjalan dengan lancarnya.

### 2.3.1 Litar Digit Mengikut Kesesuaian Fungsi

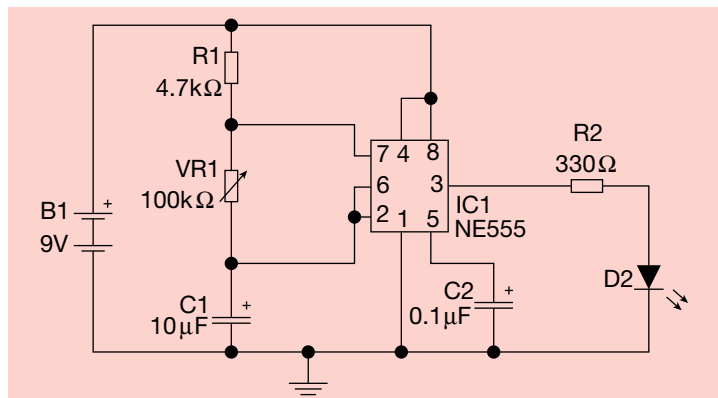
Kesesuaian fungsi adalah berdasarkan aplikasi litar yang akan dibangunkan. Litar yang dibangunkan adalah dengan menggunakan pemasa 555. Bagi memahami kesesuaian fungsi sesebuah litar, murid perlu memahami bagaimana pemasa 555 beroperasi. Begitu juga struktur binaan pemasa 555. Setiap pin pada pemasa 555 mempunyai fungsi yang tersendiri. Jadi, murid perlu mempelajari fungsi setiap pin tersebut. Projek mini litar digit akan dimulakan dengan aktiviti projek seperti yang dicadangkan.

#### Aktiviti 1: Projek Mini Litar Digit

Tajuk projek mini litar digit: LED berkelip menggunakan pemasa 555 (*Flashing LED*)

#### Objektif Projek:

1. Membina sebuah litar (seperti dalam Rajah 2.3.3) yang dapat menghasilkan lampu LED berkelip secara berulang dengan menggunakan pemasa 555 secara isyarat denyut berulang (*repetitive pulse signal (multistable)*).



Rajah 2.3.3 Litar lampu LED berkelip

2. Kelajuan kelipan lampu LED dapat dikawal dengan menggunakan perintang pemboleh ubah.
3. Menganalisis bentuk gelombang masukan dan keluaran daripada litar ini.
4. Membuat perbandingan hasil keluaran antara simulasi dengan uji kaji litar (perkakasan).

Hasil akhir projek ini adalah untuk membina litar yang dapat menghasilkan LED yang berkelip mengikut kelajuan yang boleh dilaras.



#### INFO KESELAMATAN

Antara garis panduan yang perlu dipatuhi untuk memastikan keselamatan anda semasa bekerja adalah seperti yang berikut:

- Jangan sambungkan kuasa ke litar sehingga litar selesai dipasang dan anda telah memeriksa litar tersebut dengan teliti.
- Sekiranya anda terhidu apa-apa bau yang terbakar, segera putuskan bekalan kuasa dan periksa litar untuk mengetahui apa yang berlaku.
- Peralatan keselamatan seperti alat pemadam api dan kit pertolongan cemas disediakan di tempat kerja.



## Format lembaran kerja amali



Muka hadapan lembaran kerja amali adalah mengikut format seperti dalam Rajah 2.3.4.

Logo Sekolah:	Nama Sekolah:		
Nama Subjek:	Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik		
Kod Subjek:	Tingkatan: 5	Tahun:	
<b>Manual Amali Projek Mini Litar Digit: Led Berkelip dengan Menggunakan Pemasa 555 (<i>Flashing LED</i>)</b>			
Tarikh:			
Nama Murid:			
Nama Guru:			
Komen Penilai:		Markah:	
No. Dokumen:			
No. Semakan:			
Bil. Muka Surat:			
Objektif Projek:	1.	Menghasilkan litar LED berkelip dengan menggunakan perisian komputer.	
	2.	Menghasilkan litar LED berkelip dengan menggunakan perkakasan.	
	3.	Menguji kefungsiian litar yang dibangunkan.	
	4.	Membuat kesimpulan keberfungsiian litar antara simulasi dengan uji kaji litar perkakasan.	
	5.	Menyediakan laporan projek mengikut format yang telah ditetapkan.	
Senarai Bahan:	1.	Pemasa IC NE555N	1 unit
	2.	Perintang 4.7 k $\Omega$	1 unit
	3.	Perintang boleh ubah 100 k $\Omega$	1 unit
	4.	Perintang 330 $\Omega$	1 unit
	5.	Pemuat elektrolitik 10 $\mu$ F	1 unit
	6.	Pemuat seramik 0.1 $\mu$ F	1 unit
	7.	LED	1 unit
	8.	Bateri 9 V	1 unit
	9.	Klip bateri	1 unit
	10.	Wayar penyambung	1 unit
	11.	Papan reka	1 unit
Senarai Peralatan:	1.	Komputer dengan perisian simulasi litar ( <i>Livewire</i> )	1 unit
	2.	Meter pelbagai ( <i>multimeter</i> )	1 unit
	3.	Osiloskop	1 unit

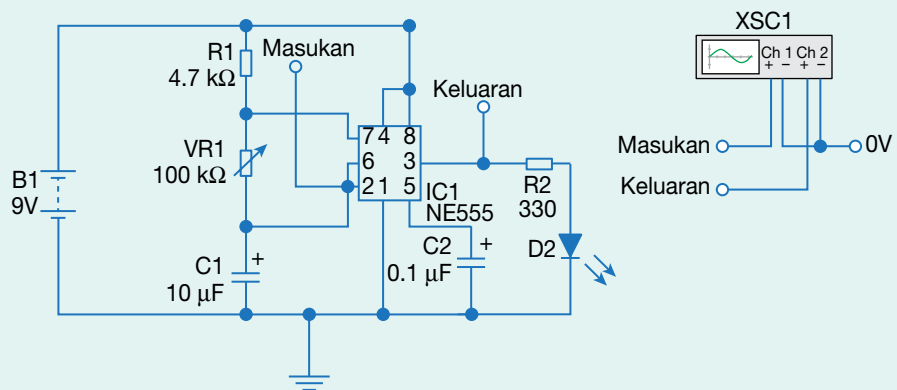
Rajah 2.3.4 Muka hadapan lembaran kerja amali

## 2.3.2 Memasang Litar Digit yang Dicadangkan pada Papan Reka

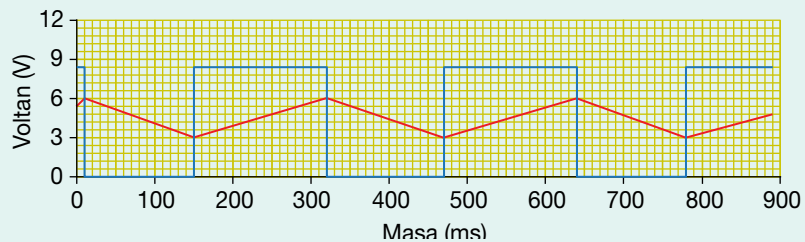
Sebelum memasang litar perkakasan pada papan reka, kefungsiannya perlu diuji secara simulasi. Simulasi ini penting bagi memastikan litar yang dibina dapat berfungsi seperti yang dikehendaki. Setelah kerja-kerja simulasi selesai, komponen litar digit bolehlah dipasang pada papan reka.

<p><b>Objektif 1:</b></p>	<p>Menghasilkan litar LED berkelip dengan menggunakan perisian komputer.</p> <p><b>Kaedah simulasi litar</b>          Simulasi litar boleh dibuat dengan menggunakan beberapa jenis perisian yang sesuai. Antaranya termasuklah <i>Livewire</i>, <i>EasyEDA</i>, <i>Multisim</i>, <i>OrCAD Pspice</i>, <i>Tinkercad</i>, <i>KiCAD</i>, <i>TinyCAD</i> dan <i>Fritzing</i>. Perisian yang dicadangkan dalam projek ini ialah perisian <i>Livewire</i>.</p>	<div style="text-align: right;">  <p><b>IMBAS MAYA</b></p> </div> <p>Imbas kod QR di bawah ini untuk memuat turun perisian simulasi (<i>livewire</i>) litar elektronik.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><a href="http://buku-teks.com/kee5147">http://buku-teks.com/kee5147</a></p>																																												
<p><b>Langkah kerja:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Untuk memasang litar digit pada papan reka, murid perlu memahami susun atur komponen elektronik dan penyambungan litar daripada litar yang telah dilukis.</li> <li>2. Menyenaraikan komponen-komponen yang terlibat dalam projek tersebut.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><i>Jadual E1 Senarai bahan dan peralatan</i></p> <table border="1" data-bbox="436 1074 1265 1750"> <tr> <td rowspan="11" style="background-color: #d8bfd8;"><b>Senarai Bahan:</b></td> <td>1.</td> <td>Pemasa IC NE555N</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Perintang 4.7 k<math>\Omega</math></td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Perintang boleh ubah 100 k<math>\Omega</math></td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>Perintang 330 <math>\Omega</math></td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>Pemuat elektrolitik 10 <math>\mu</math>F</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>6.</td> <td>Pemuat seramik 0.1 <math>\mu</math>F</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>7.</td> <td>LED</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>8.</td> <td>Bateri 9 V</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>9.</td> <td>Klip bateri</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>10.</td> <td>Wayar penyambung</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>11.</td> <td>Papan reka</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="background-color: #d8bfd8;"><b>Senarai Peralatan:</b></td> <td>1.</td> <td>Komputer dengan perisian simulasi litar (<i>Livewire</i>)</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Meter pelbagai (<i>multimeter</i>)</td> <td>1 unit</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Osiloskop</td> <td>1 unit</td> </tr> </table>		<b>Senarai Bahan:</b>	1.	Pemasa IC NE555N	1 unit	2.	Perintang 4.7 k $\Omega$	1 unit	3.	Perintang boleh ubah 100 k $\Omega$	1 unit	4.	Perintang 330 $\Omega$	1 unit	5.	Pemuat elektrolitik 10 $\mu$ F	1 unit	6.	Pemuat seramik 0.1 $\mu$ F	1 unit	7.	LED	1 unit	8.	Bateri 9 V	1 unit	9.	Klip bateri	1 unit	10.	Wayar penyambung	1 unit	11.	Papan reka	1 unit	<b>Senarai Peralatan:</b>	1.	Komputer dengan perisian simulasi litar ( <i>Livewire</i> )	1 unit	2.	Meter pelbagai ( <i>multimeter</i> )	1 unit	3.	Osiloskop	1 unit
<b>Senarai Bahan:</b>	1.	Pemasa IC NE555N		1 unit																																										
	2.	Perintang 4.7 k $\Omega$		1 unit																																										
	3.	Perintang boleh ubah 100 k $\Omega$		1 unit																																										
	4.	Perintang 330 $\Omega$		1 unit																																										
	5.	Pemuat elektrolitik 10 $\mu$ F		1 unit																																										
	6.	Pemuat seramik 0.1 $\mu$ F		1 unit																																										
	7.	LED		1 unit																																										
	8.	Bateri 9 V		1 unit																																										
	9.	Klip bateri		1 unit																																										
	10.	Wayar penyambung		1 unit																																										
	11.	Papan reka	1 unit																																											
<b>Senarai Peralatan:</b>	1.	Komputer dengan perisian simulasi litar ( <i>Livewire</i> )	1 unit																																											
	2.	Meter pelbagai ( <i>multimeter</i> )	1 unit																																											
	3.	Osiloskop	1 unit																																											

3. Buka perisian simulasi litar *Livewire*. Klik pada *Create a Circuit*.
4. Dapatkan semua komponen yang terlibat berdasarkan lakaran litar pada Rajah E1.
5. Tukarkan nilai perintang R1, perintang pemboleh ubah R2 dan pemuat C1 kepada nilai yang ditetapkan seperti dalam lakaran litar Rajah E1. Klik dua kali pada komponen tersebut bagi mengubah nilainya.
6. Sambungkan litar berdasarkan lakaran litar Rajah E1.
7. Setelah penyambungan dibuat, alat pengukuran seperti osiloskop dan meter pelbagai boleh diambil dari galeri komponen dan peralatan perisian tersebut.
8. Sambungkan saluran masukan osiloskop Ch1 dengan pin 2 pemasa 555 untuk memaparkan bentuk gelombang masukan. Sambungkan saluran masukan osiloskop Ch2 dengan pin 2 pemasa 555 untuk memaparkan bentuk gelombang keluaran.
9. Keluarkan paparan graf dengan menggerakkan kursor ke osiloskop dan klik kanan untuk memilih paparan graf.
10. Klik butang *Run* untuk menjalankan operasi litar. Buat pemerhatian pada bentuk gelombang masukan dan keluaran. Seterusnya, murid akan menjalankan ujian kefungsiian litar seperti yang dikehendaki. Rajah E1 menunjukkan litar lengkap yang dibangunkan dengan menggunakan perisian *Livewire*. Rajah E2 menunjukkan bentuk gelombang masukan dan keluaran.



Rajah E1 Litar flashing LED



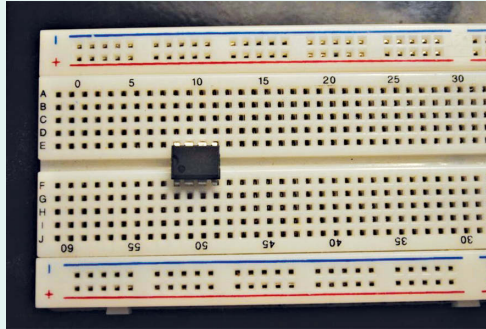
Rajah E2 Gelombang masukan dan keluaran

**Objektif 2:**

Menghasilkan litar LED berkelip dengan menggunakan perkakasan (*hardware*).

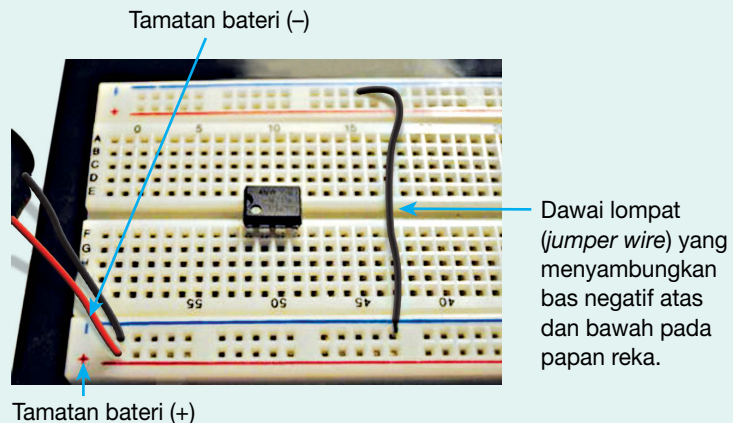
**Langkah kerja:**

1. Pasangkan litar bersepadu pemasa 555 pada papan reka seperti yang ditunjukkan dalam Gambar foto E1. Pastikan pemasa 555 diletakkan pada bahagian garisan pemisah papan reka. Tekan dengan berhati-hati litar bersepadu pemasa 555 supaya pin pada pemasa 555 masuk ke dalam papan reka.



*Gambar foto E1*

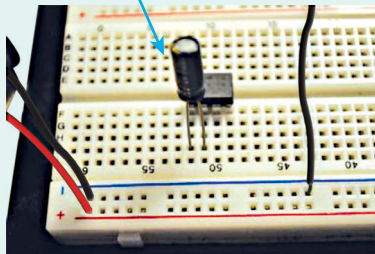
2. Sambungkan dawai positif dari klip bateri (merah) ke bas positif pada papan reka (merah). Kemudian sambungkan dawai negatif dari klip bateri (hitam) ke bas negatif pada papan reka (biru). Pasang dawai lompat yang menyambungkan bas negatif atas dan bawah pada papan reka (lihat Gambar foto E2). (Pastikan klip bateri ditanggalkan dari bateri bagi mengelakkan litar pintas.)



*Gambar foto E2*

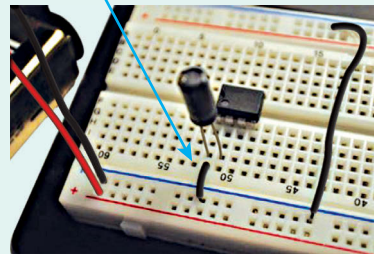
3. Pasangkan pemuat elektrolitik C1 dengan tamatan positif pada pemuat elektrolitik disambungkan pada pin 2 pemasa 555 dan tamatan negatif pemuat elektrolitik disambungkan pada pin 1 pemasa 555 (Gambar foto E3(a)). Dawai lompat disambungkan dari pin 1 pemasa 555 ke baris negatif bekalan kuasa bateri pada papan reka (Gambar foto E3(b)).

Pemuat elektrolitik C1



(a)

Dawai lompat (pin 1 pemasa 555 ke bas negatif (-) bekalan kuasa)

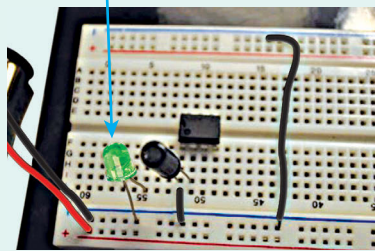


(b)

*Gambar foto E3*

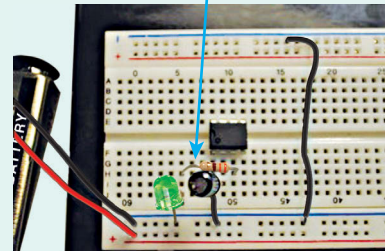
4. Letakkan LED pada papan reka (tidak pada mana-mana lajur yang bersambung dengan pin pemasa 555). Pastikan bahawa tamatan negatif LED (dawai pendek) disambungkan ke bas negatif pada papan reka dan tamatan positif LED berada di lajur sendiri (lihat Gambar foto E4(a)). Seterusnya, sambungkan perintang 330  $\Omega$  (oren-oren-coklat) dari pin 3 pemasa 555 ke tamatan positif LED (lihat Gambar foto E4(b)).

LED



(a)

Perintang 330  $\Omega$

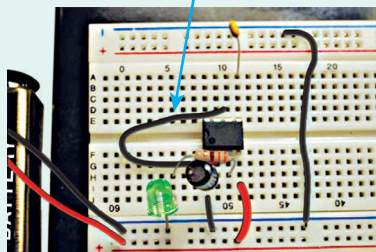


(b)

*Gambar foto E4*

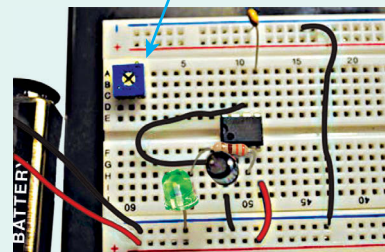
5. Pasangkan dawai lompat, satu hujung pada pin 6 pemasa 555, hujung yang lain pada pin 2 pemasa 555. Letakkan perintang pemboleh ubah 100 k $\Omega$  pada mana-mana lajur pin yang tidak digunakan oleh komponen lain (lihat Gambar foto E5).

Dawai lompat (pin 6 pemasa 555 ke pin 2 pemasa 555)



(a)

Perintang pemboleh ubah 100 k $\Omega$

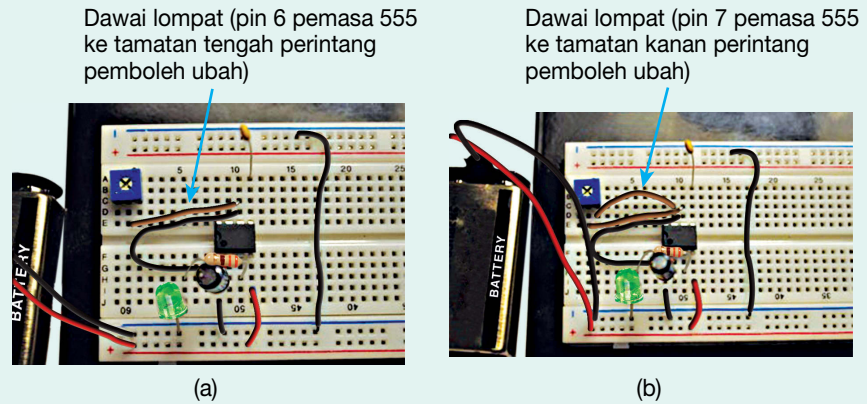


(b)

*Gambar foto E5*

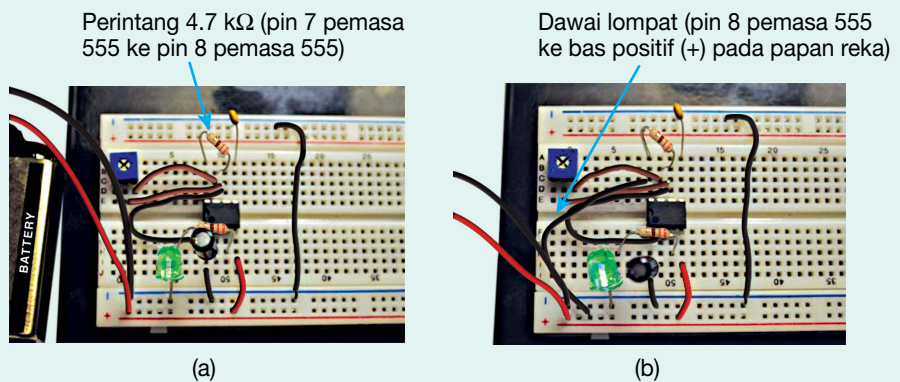


6. Sambungkan dawai lompat dari pin 6 pemasa 555 ke tamatan tengah perintang pemboleh ubah. Kemudian, sambungkan dawai lompat dari pin 7 ke tamatan kanan perintang pemboleh ubah (lihat Gambar foto E6).



*Gambar foto E6*

7. Akhir sekali, pasangkan salah satu dawai pada perintang 4.7 k $\Omega$  (kuning-ungu-merah) ke pin 7 pemasa 555 dan dawai yang lain ke pin 8 pemasa 555 (Gambar foto E7(a)). Pasangkan dawai lompat dari pin 8 pemasa 555 ke bas positif pada papan reka (Gambar foto E7(b)). Sambungkan bateri pada papan reka. LED akan menyala.



*Gambar foto E7*

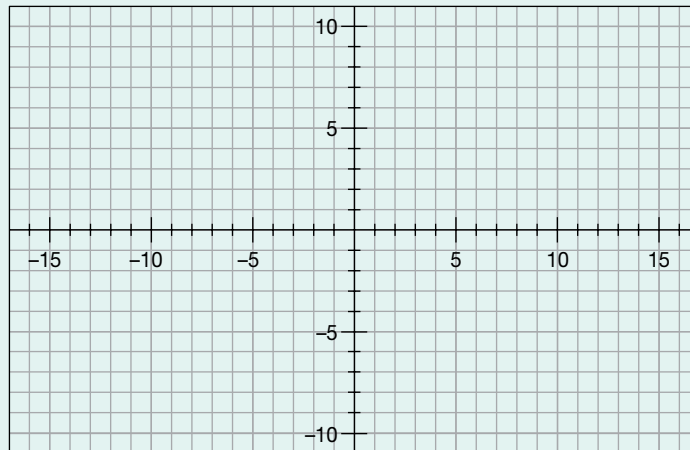
Seterusnya, murid akan menjalankan ujian kefungsiian litar yang telah dibangunkan pada Bahagian 2.3.3.

### 2.3.3 Menguji Kefungsian Litar yang Dibangunkan

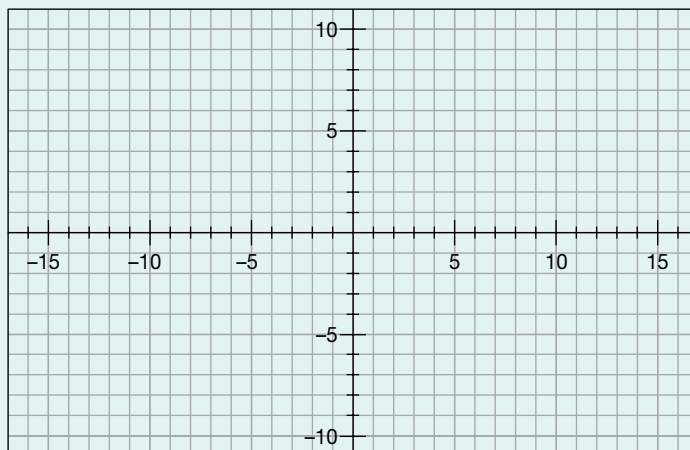
Pengujian litar dapat dilakukan setelah pemasangan litar disemak dan mengikut lakaran litar seperti yang dikehendaki.

<b>Objektif 3:</b>	Menguji kefungsian litar yang dibangunkan.																																																																						
<b>Langkah kerja:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Semak penyambungan litar dan pastikan sambungan telah dibuat dengan betul.</li> <li>Kekutuban pada bekalan kuasa perlu disemak supaya berada dalam kedudukan yang betul.</li> <li>Setelah pemasangan litar disemak, maka pengujian kefungsian litar bolehlah dijalankan.</li> </ol> <p><b>Hasil pengujian litar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil pengujian litar terbahagi kepada dua bahagian:             <ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil simulasi litar</li> <li>Hasil uji kaji perkakasan</li> </ol> </li> <li>Hasil pengujian litar perlu direkodkan dalam jadual yang disediakan.</li> <li>Data yang perlu direkodkan adalah seperti yang tertera dalam Jadual E2 dan Jadual E3.</li> </ol> <p><b>Hasil simulasi litar:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Rekodkan keputusan daripada simulasi litar dalam jadual seperti yang berikut:</li> </ol> <p style="text-align: center;"><i>Jadual E2</i></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Perintang pemboleh ubah, <math>R_2</math></th> <th><math>T_{TINGGI}</math></th> <th><math>T_{RENDAH}</math></th> <th>Kitar kerja, D</th> <th>Frekuensi diukur (simulasi)</th> <th>Keadaan LED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>100 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Hasil uji kaji perkakasan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Rekod keputusan daripada uji kaji perkakasan dalam jadual seperti yang berikut:</li> </ol> <p style="text-align: center;"><i>Jadual E3</i></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Perintang pemboleh ubah, <math>R_2</math></th> <th><math>T_{TINGGI}</math></th> <th><math>T_{RENDAH}</math></th> <th>Kitar kerja, D</th> <th>Frekuensi diukur (simulasi)</th> <th>Frekuensi diukur (uji kaji)</th> <th>Peratusan ralat frekuensi</th> <th>Keadaan LED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>100 k<math>\Omega</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Perintang pemboleh ubah, $R_2$	$T_{TINGGI}$	$T_{RENDAH}$	Kitar kerja, D	Frekuensi diukur (simulasi)	Keadaan LED	25 k $\Omega$						50 k $\Omega$						75 k $\Omega$						100 k $\Omega$						Perintang pemboleh ubah, $R_2$	$T_{TINGGI}$	$T_{RENDAH}$	Kitar kerja, D	Frekuensi diukur (simulasi)	Frekuensi diukur (uji kaji)	Peratusan ralat frekuensi	Keadaan LED	25 k $\Omega$								50 k $\Omega$								75 k $\Omega$								100 k $\Omega$							
Perintang pemboleh ubah, $R_2$	$T_{TINGGI}$	$T_{RENDAH}$	Kitar kerja, D	Frekuensi diukur (simulasi)	Keadaan LED																																																																		
25 k $\Omega$																																																																							
50 k $\Omega$																																																																							
75 k $\Omega$																																																																							
100 k $\Omega$																																																																							
Perintang pemboleh ubah, $R_2$	$T_{TINGGI}$	$T_{RENDAH}$	Kitar kerja, D	Frekuensi diukur (simulasi)	Frekuensi diukur (uji kaji)	Peratusan ralat frekuensi	Keadaan LED																																																																
25 k $\Omega$																																																																							
50 k $\Omega$																																																																							
75 k $\Omega$																																																																							
100 k $\Omega$																																																																							

9. Buat perbandingan antara keputusan yang diperoleh secara simulasi dengan uji kaji perkakasan. Bincangkan pemerhatian yang dibuat pada keputusan tersebut.
10. Lukis bentuk gelombang keluaran pada pin 3 pemasa 555 dan masukan pada pin 2 pemasa 555 semasa pemerhatian dibuat pada simulasi litar dan uji kaji perkakasan litar dijalankan.
11. Lihat voltan pada gelombang masukan pin 2 (voltan merentasi pemuat elektrolitik C1).
12. Murid boleh menggunakan kertas graf untuk melukis bentuk gelombang keluaran. Rajah E3 menunjukkan contoh kertas graf bagi melukis bentuk gelombang masukan dan keluaran.



Gelombang masukan dan keluaran (simulasi)



Gelombang masukan dan keluaran (uji kaji perkakasan)

*Rajah E3*





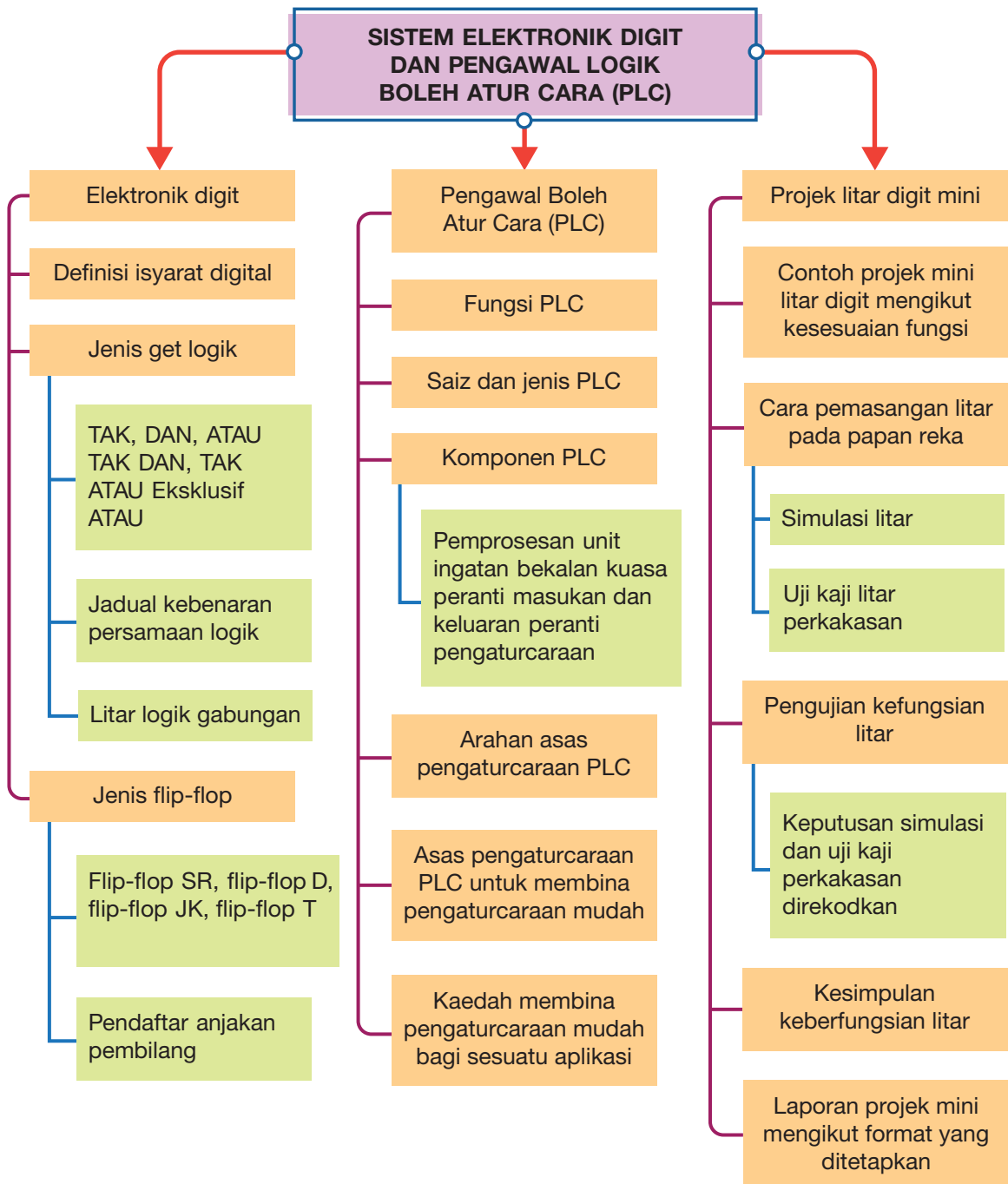
### 2.3.5 Menyediakan Laporan Projek yang Dihasilkan

Laporan projek merupakan nukilan asli yang perlu dihasilkan. Laporan ini merupakan penulisan yang perlu disediakan dengan terperinci yang melibatkan keseluruhan projek.

<b>Objektif 5:</b>	Menyediakan laporan projek mengikut format yang telah ditetapkan.
<b>Langkah kerja:</b>	<p>Laporan projek terdiri daripada:</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Muka hadapan</b> Muka hadapan adalah mengikut format lembaran kerja amali. Antara maklumat yang perlu diisi termasuklah tajuk projek mini, nama ahli kumpulan, tingkatan dan tarikh.</li><li><b>2. Kandungan</b> Isi kandungan laporan projek mengandungi tajuk utama, subtajuk dan nombor muka surat.</li><li><b>3. Objektif</b> Tulis objektif projek mini litar digit dengan tepat.</li><li><b>4. Pengenalan</b> Penerangan tentang teori litar digit yang dijalankan secara terperinci. Rumusan projek yang akan dijalankan merangkumi pendahuluan, latar belakang dan pernyataan masalah.</li><li><b>5. Senarai komponen dan peralatan</b> Senaraikan komponen dan juga peralatan yang akan digunakan untuk menjalankan projek mini ini.</li><li><b>6. Langkah kerja</b> Tulis langkah kerja mengikut aturan kerja yang telah diterangkan. Langkah kerja perlu ditulis dalam ayat pasif.</li><li><b>7. Keputusan</b> Keputusan daripada ujian kefungsiian litar perlu direkodkan. Setiap bacaan yang diambil sama ada daripada simulasi atau praktikal perlu direkodkan berdasarkan keperluan projek. Keputusan akan dibincangkan oleh murid berdasarkan teori litar secara terperinci.</li><li><b>8. Perbincangan</b> Perbincangan dibuat berdasarkan keputusan yang diperoleh. Murid perlu mengaitkan dengan teori yang dipelajari.</li><li><b>9. Kesimpulan</b> Kesimpulan dibuat berdasarkan keseluruhan projek. Murid perlu membuat kesimpulan sama ada objektif projek ini telah dicapai atau sebaliknya. Kebaikan projek, komen serta cadangan perlu dilaporkan oleh murid.</li><li><b>10. Rujukan</b></li><li><b>11. Lampiran</b></li></ol>



# RUMUSAN





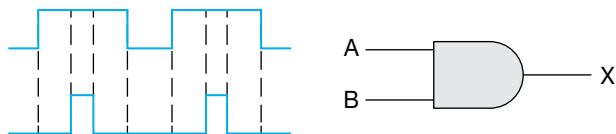
## LATIHAN

Jawab soalan-soalan yang berikut.

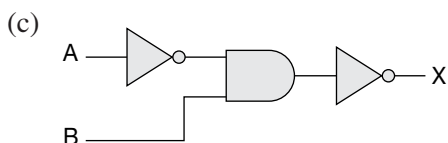
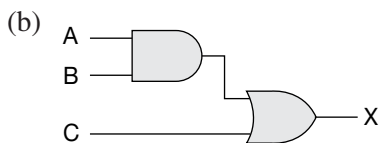
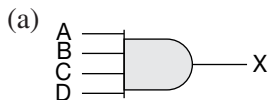
1. Takrifkan isyarat digital.
2. Terangkan secara ringkas perbezaan antara kuantiti analog dengan kuantiti digital.
3. Tentukan manakah antara yang berikut terlibat dengan kuantiti analog atau kuantiti digital.
  - (a) Tolok meter kelajuan kereta
  - (b) Arus yang mengalir dari alur keluar elektrik
  - (c) Suis untuk menghidupkan lampu
  - (d) Paras air pada tangki air
4. Bentuk gelombang masukan yang ditunjukkan dalam rajah di bawah digunakan untuk sistem dua get TAK yang disambung secara siri. Lukiskan bentuk gelombang keluaran daripada litar ini.



5. Tentukan keluaran X untuk 2 masukan get DAN dengan bentuk gelombang masukan yang ditunjukkan dalam rajah di bawah.



6. Tuliskan ungkapan Boolean untuk setiap litar logik pada rajah.



7. Lukiskan litar logik yang mewakili ungkapan Boolean yang berikut.

(a)  $\overline{A}B(C + \overline{D})$

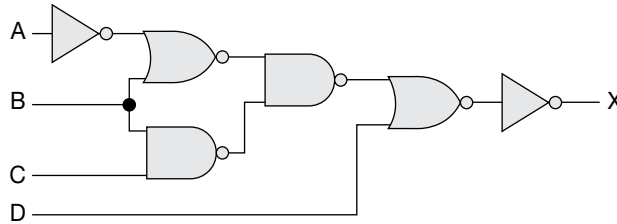
(b)  $A + B[(C + D)(B + \overline{C})]$

8. Bina jadual kebenaran untuk ungkapan Boolean yang berikut.

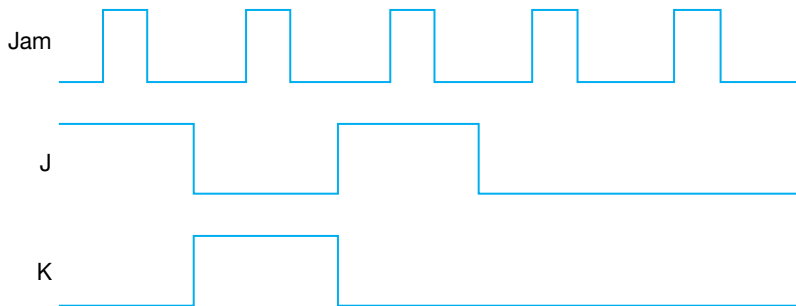
(a)  $(A + B)C$

(b)  $(A + B)(\overline{B} + C)$

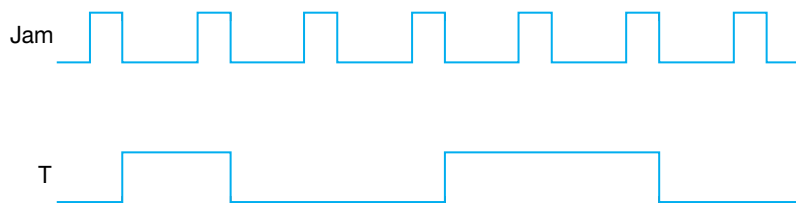
9. Tuliskan ungkapan Boolean bagi keluaran X dan bina jadual kebenaran bagi litar yang berikut.



10. Rajah di bawah menunjukkan bentuk gelombang bagi masukan flip-flop JK. Lakarkan keluaran Q bagi masukan tersebut. Andaikan keluaran flip-flop bermula dengan keadaan RESET (logik '0').

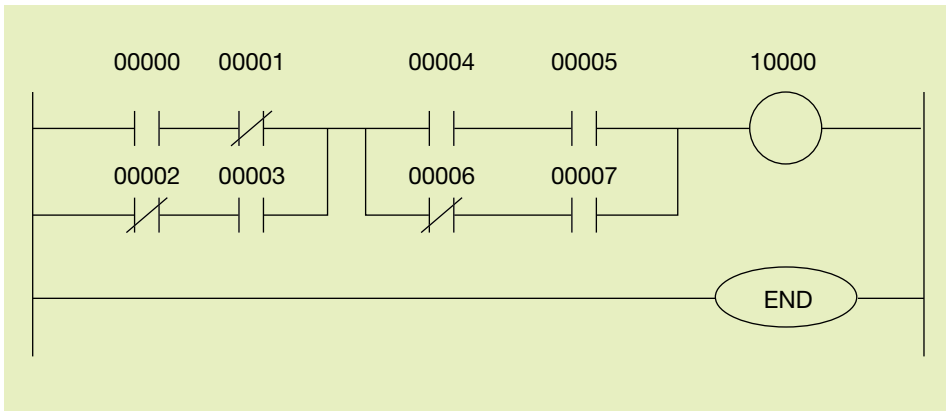


11. Lakarkan keluaran Q terhadap denyut jam bagi flip-flop T dengan masukan seperti yang ditunjukkan dalam rajah di bawah. Anggap flip-flop beroperasi pada picuan pinggir positif dan keluaran Q bermula dengan keadaan logik '0'.

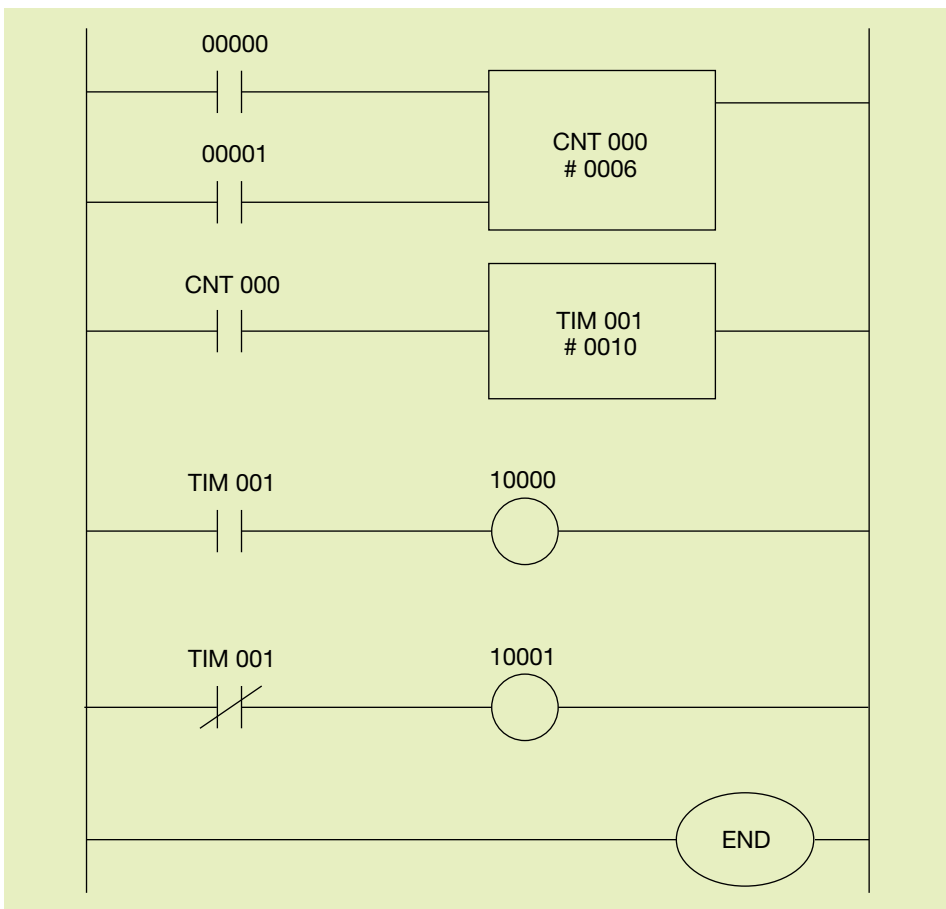


12. Tuliskan kod mnemonik bagi rajah-rajah tangga di bawah.

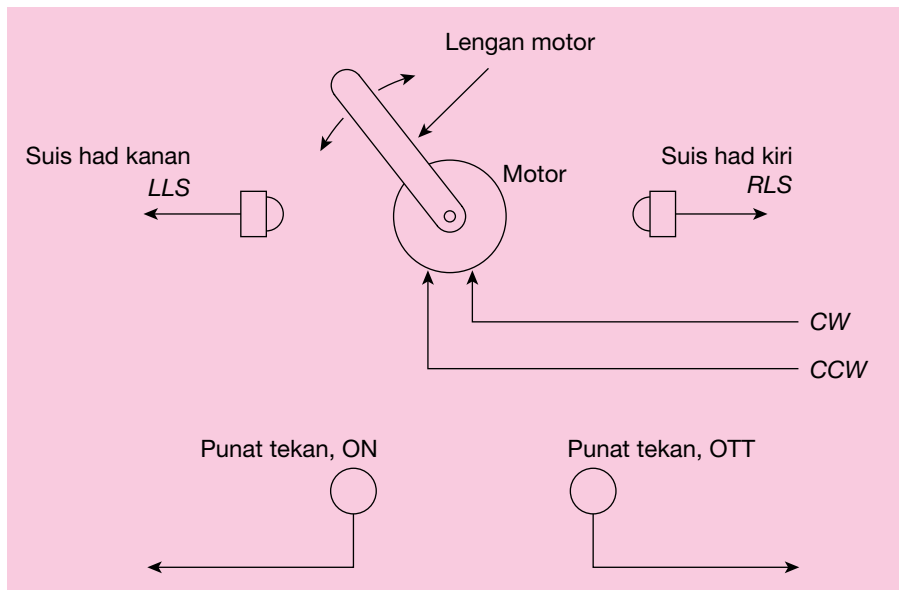
(a)



(b)



13. Apabila sistem seperti dalam Rajah 2.3.5 dihidupkan melalui punat tekan ON, motor akan bergerak secara bergilir mengikut jam CW dan kemudian melawan jam CCW secara berulang kerana kedua-dua aci menyentuh suis had kanan, RLS dan suis had kiri, LLS. Kesemua empat suis adalah dalam keadaan tertutup. Bina atur cara rajah tangga PLC dengan syarat-syarat yang berikut:
- Apabila butang tekan ON ditekan, motor menggerakkan lengan ke suis had kanan, RLS dan menunggu selama 30 saat.
  - Sistem itu kemudiannya mengulangi pergerakan lengan motor sebanyak 75 kali antara suis had kanan, RLS dan suis had kiri, LLS dan kemudian berhenti.
  - Sistem akan berhenti apabila punat tekan OFF ditekan.
  - Selepas 75 kali ulangan lengan motor dicapai, sistem akan reset semula.



Rajah 2.3.5

14. Dengan merujuk kepada langkah-langkah pembinaan rajah tangga PLC, bina rajah tangga PLC bagi sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3.6. Sistem ini beroperasi seperti yang berikut:
- Apabila punat tekan mula ditekan, lampu hijau ON, dan motor pengangkut M3 ON.
  - Motor pengangkut M3 akan menggerakkan bahan kerja ke kedudukan yang dikehendaki.
  - Apabila suis had, WP mengesan bahan kerja, penggerak pengapit, WC akan ON untuk mengapit bahan kerja dan motor gerak ke bawah MD juga ON.
  - Gerudi digerakkan ke bawah untuk menggerudi lubang pada bahan kerja. (Operasi ini akan berlaku jika beban lebih haba tidak berlaku.)
  - Apabila suis had bawah, DL aktif, gerudi digerakkan kembali ke atas oleh motor gerak ke atas, MU.
  - Gerudi dimatikan.
  - Ulangi operasi untuk bahan kerja yang baharu.
  - Sistem akan berhenti jika beban lebih haba berlaku dan menyalakan lampu amaran.



#### Dwiistilah

- Aci – Shaft
- Beban lebih haba – Thermal overload

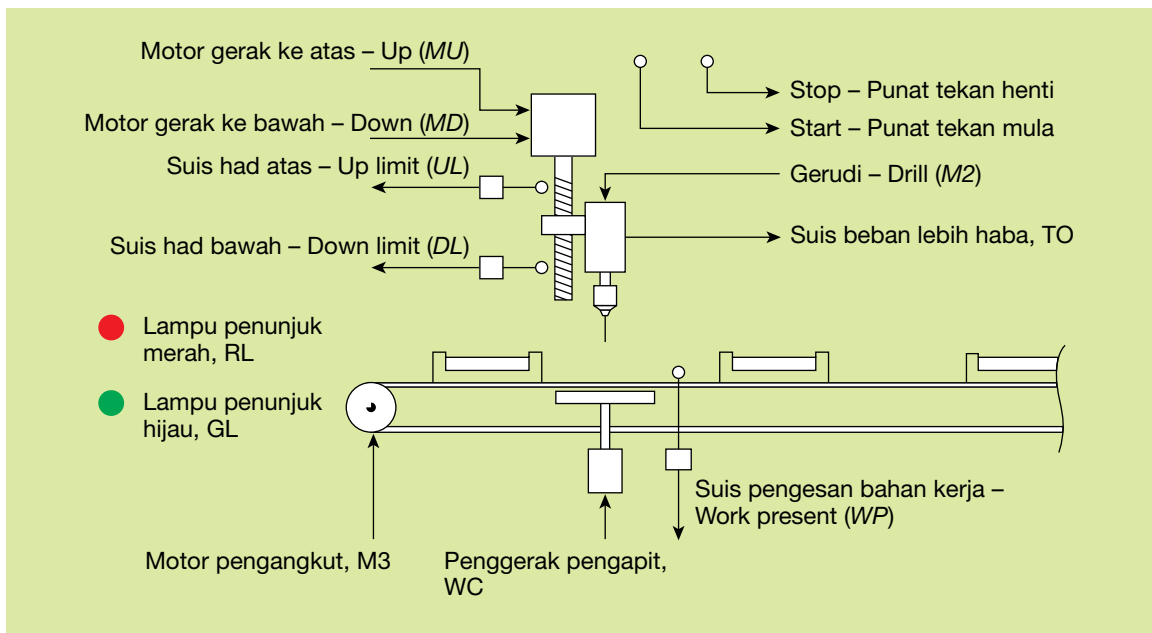
Anggap:

Peranti masukan:

- Punat tekan mula utama ialah keadaan biasa terbuka, Start (NO).
- Punat tekan henti ialah keadaan biasa tertutup, Stop (NC).
- Suis had bawah ialah keadaan biasa terbuka, DL (NO).
- Suis had atas ialah keadaan biasa terbuka, UL (NO).
- Suis had mengesan kehadiran bahan kerja ialah keadaan biasa terbuka, WP (NO).
- Suis beban lebih haba ialah keadaan biasa terbuka, TO (NO).

Peranti keluaran:

- Lampu penunjuk merah, RL
- Motor pengangkut, M3
- Penggerak pengapit WC
- Gerudi, M2
- Motor gerak ke bawah, MD
- Motor gerak ke atas, MU
- Lampu penunjuk hijau, GL



Rajah 2.3.6