

**PEMBINAAN PEMBEKAL KUASA ARUS TERUS DENGAN
PAPARAN BERDIGIT**

MOHD MUSTAFFA KAMAL BIN MUNDUR FAHN

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

NOVEMBER 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PEMBINAAN PEMBEKAL KUASA APUS TERUS
DENGAN PAPAN BERDIGIT

IJAZAH: PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

SAYA MUHD MUSTAFFA KAMAL BIN MUNDUR SESI PENGAJIAN: 2007
FAHN (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara instituts pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh



(TANDATANGAN PENULIS)



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: LOT 240, LORONG LAYANG
TAMAN PANTAI LOK KAWI,
89600. PAPAR, SABAH.

Nama Penelia

Tarikh: 08/11/07

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

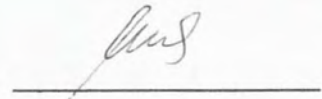
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

27 November 2007



MOHD MUSTAFFA KAMAL BIN MUNDUR FAHM
HS 2004-3670



DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan


1. PENYELIA

(Prof. Madya Dr. Abdullah Chik)


28/11/07


2. PEMERIKSA 1

(Teh Mee Teng)


28/11/07

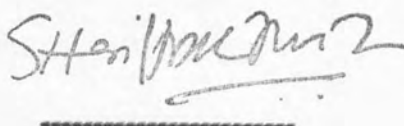
3. PEMERIKSA 2

(Dr. Haider F. Abdul Amir)


28/11 07

4. DEKAN

(Supt/KS. Prof Madya Dr. Shariff A.K Omang)


28/11/07

PENGHARGAAN

Pertama sekali saya mengucapkan syukur ke hadrat ilahi kerana dengan izinnya saya dapat menyiapkan projek akhir pada semester ini. Saya dengan ini mengambil kesempatan untuk mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasama daripada semua pihak samada secara langsung atau tidak langsung dalam menyempurnakan projek ini.

Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada penyelia projek saya, Prof. Madya Dr. Abdullah Chik yang banyak memberi tunjuk ajar, nasihat dan bimbingan semasa projek dijalankan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih saya kepada semua pensyarah Program Fizik dengan Elektronik dan rakan-rakan seperjuangan saya yang banyak membantu saya semasa projek dijalankan. Disamping itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua kakitangan Sekolah Sains Dan Teknologi yang banyak memberikan bantuan, terutamanya pembantu makmal, Encik Nazri.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua ibu bapa saya yang banyak menyokong saya dengan memberi kata-kata semangat dan nasihat serta sokongan wang ringgit. Semua jasa yang dihulurkan amatlah dihargai. Diharapkan projek ini dapat memberi manfaat kepada mana-mana pihak yang memerlukannya. Sekian, terima kasih.

MOHD MUSTAFFA KAMAL BIN MUNDUR FAHN

29 OKTOBER 2007



ABSTRAK

Projek ini dilakukan untuk membina pembekal kuasa yang dapat memaparkan bacaan voltan secara berdigit. Pembekal kuasa ini terdiri daripada dua litar penting iaitu litar pembekal kuasa dan litar paparan voltan berdigit. Litar pembekal kuasa bertujuan untuk mengeluarkan voltan dan membekalkan kuasa untuk litar paparan voltan berdigit. Litar paparan voltan berdigit bertujuan untuk memaparkan bacaan voltan yang dikeluarkan daripada pembekal kuasa. Voltan yang dikeluarkan daripada litar pembekal kuasa ialah voltan a.t yang boleh dilaraskan daripada $2.8 \pm 0.1V$ sehingga $31.0 \pm 0.1V$. Litar paparan voltan berdigit memberikan bacaan dengan kepekaan $\pm 0.1V$. Dua eksperimen mudah dilakukan menggunakan pembekal kuasa dibina selepas pembinaan siap untuk menguji kebolehannya mengeluarkan voltan dan keberkesanan penggunaannya di makmal. Dua eksperimen yang dilakukan ialah eksperimen hubungan voltan dan arus serta eksperimen voltan pada suatu rintangan. Dalam kedua-dua eksperimen ini, pembekal kuasa makmal digunakan sebagai perbandingan pembekal kuasa yang dibina dan multimeter digunakan untuk mengukur bacaan voltan kedua-dua pembekal kuasa. Daripada eksperimen, pembekal kuasa dibina boleh digunakan untuk menggantikan pembekal kuasa di makmal disebabkan keluaran voltan dan arus adalah linear dan hampir sama dengan pembekal kuasa yang digunakan di makmal. Projek ini dianggap berjaya kerana kedua-dua litar siap dibina dan berfungsi serta dua eksperimen mudah yang dilakukan dapat membuktikan pembekal kuasa dibina dapat berfungsi dengan betul.



ABSTRACT

The purpose of this project is to build a digital power supply. The power supply has two important circuits which is the power supply circuit and the digital display circuit. The power supply circuit will supply the voltage output and power up the digital display circuit. The digital display circuit will display the voltage reading of the power supply circuit. The output voltage from the power supply circuit can be adjusted within range of $2.8 \pm 0.1V$ to $31.0 \pm 0.1V$. The digital display circuit sensitivity is $\pm 0.1V$. Two simple experiments were done by using the power supply to test its ability to supply voltage and its usability in laboratory. The two experiments conducted was the connection between voltage and current and also the experiment on resistant voltage. Both of this experiment required power supply from a laboratory which was used as a comparison and a multimeter which was used to measure voltage for both power supply. From the experiment, the built power supply can be used to replace power supply from laboratory because both voltage output and current are linear and the result was not too far from the laboratory power supply. This project was considered a success because both circuit were completed, in working condition and both simple experiment conducted had proven the functionality of the built power supply.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI GRAF	xiii
SENARAI SIMBOL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.1.1 Pembekal Kuasa	2
1.2 TUJUAN	3
1.3 OBJEKTIF	4
1.4 SKOP KAJIAN	4
BAB 2 KAJIAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 ELEKTRIK	5
2.1.1 Arus	5
2.1.2 Voltan	7
2.1.3 Rintangan	8
2.1.4 Hukum Ohm	9
2.2 OPERASI PEMBEKAL KUASA	10
2.2.1 Pengubahan	10
2.2.2 Penerusan	12
2.2.3 Penapisan	16
2.2.4 Pengaturan Voltan	18



RUJUKAN	50
LAMPIRAN	51



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
3.1	Jadual senarai komponen dalam litar pembekal kuasa	25
4.1	Keputusan penentukuran pembekal kuasa berdigit	39
4.2	Keputusan eksperimen hubungan voltan dan arus	43
4.3	Keputusan eksperimen voltan pada suatu rintangan	46



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Lakaran graf arus terus	6
2.2 Lakaran graf arus ulang-alik	7
2.3 Rajah voltan – masa dalam bentuk gelombang	8
2.4 Rajah blok menunjukkan bahagian sebuah bekalan kuasa	10
2.5 Rajah pengubah	11
2.6 Simbol pengubah	12
2.7 Simbol diod	13
2.8 Pengaliran arus dalam sistem penerus separuh gelombang	14
2.9 Voltan ditukarkan kepada satu arah sahaja	14
2.10 Simbol penerus rangkaian titi	14
2.11 Pengaliran arus dalam sistem penerus rangkaian titi	15
2.12 Voltan negatif ditukar kepada positif	15
2.13 PIV rajah penerus rangkaian titi	16
2.14 Voltan yang keluar daripada penapis	17
2.15 Simbol kapasitor	17
2.16 Litar asas penapis voltan	18
2.17 Voltan daripada penerusan ditukar kepada voltan keluar tertapis	18
2.18 Perwakilan blok pengatur voltan tiga terminal	19
2.19 Graf lakaran voltan selepas voltan menerusi pengatur voltan	19
2.20 Rajah asas paparan LED tujuh ruas	21
3.1 Litar rujukan pembekal kuasa	22
3.2 Litar pembekal kuasa yang telah diubahsuai	28
3.3 Litar paparan voltan berdigit	30
3.4 Penggabungan kedua-dua litar	31
3.5 Rajah menunjukkan eksperimen hubungan voltan dan arus	33
3.6 Rajah menunjukkan eksperimen voltan pada suatu rintangan	34



3.7	Carta alir rekabentuk pembekal kuasa	35
4.1	Graf bacaan voltan daripada multimeter melawan multimeter dibina sendiri melawan peratus ralat	40
4.2	Graf hubungan arus dan voltan	44
4.3	Graf voltan pada suatu rintangan	47



SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
3.1	Foto menunjukkan multimeter makmal	23
3.2	Foto menunjukkan pembekal kuasa makmal	23
3.3	Peralatan latihan elektrik dan elektronik asas (basic electricity & electronic kit)	24
4.1	Litar Siap Dibina	37
4.2	Foto menunjukkan penentukuran pembekal kuasa paparan berdigit	39
4.3	Foto eksperimen hubungan voltan dan arus	42
4.4	Foto eksperimen voltan pada suatu rintangan	45



SENARAI SIMBOL

Q	Cas Elektrik
t	Masa
I	Arus
ρ	Kerintangan
L	Panjang Bahan
R	Rintangan
A	Luas Muka Bahan
V	Voltan
N	Jumlah Lilitan Pengubah
r	riak
Ω	Ohm



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Pembekal kuasa (*power supply*) merupakan salah satu daripada alat elektronik yang sangat penting dalam industri elektronik. Kebelakangan ini, kepentingannya semakin bertambah disebabkan bertambahnya barangan-barangan elektronik mudahalih seperti komputer mudahalih, telefon bimbit dan pemain kaset. Ini adalah kerana, barangan elektronik mudahalih memerlukan voltan dan arus yang berbeza berbanding voltan dan arus keluaran daripada soket bekalan agihan di dalam rumah.

“Bentuk yang paling asas bagi sebuah pembekal kuasa dalam litar elektronik ialah bateri ataupun sel kering yang dihubungkan dengan litar. Walaubagaimanapun, bateri atau sel kering hanya sesuai digunakan dalam barangan elektronik mudahalih.”

(Carr, 1996)



1.1.1 Pembekal Kuasa

Pembekal kuasa ialah suatu alat peranti ataupun sistem yang membekalkan tenaga elektrik kepada suatu litar atau barangan elektrik lain. Dalam proses pembekalan kuasa ini, nilai arus dan voltan daripada soket bekalan agihan di rumah akan diubah untuk mendapatkan nilai arus dan voltan yang diperlukan.

Secara umumnya, pembekal kuasa boleh dibahagikan kepada dua kategori mengikut kebolehannya menukarkan arus. Pembekal kuasa pertama ialah pembekal kuasa arus terus (a.t) dan pembekal kuasa kedua ialah pembekal kuasa arus ulang-alik (a.u). Dalam projek ini, hanya litar pembekal kuasa (a.t) sahaja yang akan dibina dan oleh sebab itu, kategori pembekal kuasa jenis ini sahaja yang akan dibincangkan.

Pembekal kuasa (a.t) ialah pembekal kuasa yang berkebolehan menukar arus ulang-alik (a.u) kepada arus terus (a.t). Tujuan utama arus ini ditukarkan ialah supaya litar elektronik yang disambungkan kepada pembekal kuasa dapat berfungsi dengan baik. Ini kerana, peranti-peranti elektronik biasanya tidak berfungsi dengan baik apabila arus ulang-alik digunakan. (Carr, 1996)

Pembekal kuasa ini biasanya digunakan di dalam barangan-barangan elektrik dan elektronik yang memerlukan voltan dan arus yang berbeza daripada voltan dan arus asal daripada soket. Contoh penggunaannya ialah pada pencas bateri. Secara umumnya, satu bateri cas hanya mampu menampung sebanyak 1.5V sahaja. Oleh itu, dengan menggunakan pembekal kuasa pada pencas bateri, voltan asal daripada soket 240V akan ditukarkan kepada voltan yang diperlukan oleh bateri itu sahaja, iaitu



sebanyak 1.5V. Cuba bayangkan apakah yang akan terjadi sekiranya pembekal kuasa tidak digunakan. Sudah pastilah bateri cas tersebut akan rosak dan tidak dapat digunakan lagi selepas ini disebabkan penggunaan voltan yang terlalu tinggi. (Malvino A.P, 1993)

Ramai pengguna peralatan elektronik yang tidak sedar akan penggunaan pembekal kuasa dalam sepanjang kehidupan mereka. Mereka membeli pembekal kuasa tanpa mengetahui bahawa pembekal kuasa ini boleh dibuat sendiri. Dengan itu, projek ini bolehlah digunakan sebagai rujukan untuk merekabentuk pembekal kuasa sendiri untuk menggantikan pembekal kuasa yang digunakan di rumah sekiranya pembekal kuasa tersebut mengalami kerosakan.

1.2 TUJUAN

Projek ini bertujuan membina satu pembekal kuasa arus terus yang boleh digunakan di makmal. Antara ciri pembekal kuasa ini yang menyebabkannya sesuai digunakan di makmal ialah voltannya yang boleh dilaraskan secara terus ataupun selanjar. Selain itu, pembekal kuasa ini juga ditambahkan dengan litar paparan berdigit yang membolehkan pelarasan voltannya lebih mudah dilakukan.



1.3 OBJEKTIF

1. Membina pembekal kuasa yang sesuai digunakan di makmal.
2. Membina litar paparan berdigit untuk membolehkan pelarasan voltan.
3. Membuat kalibrasi pembekal kuasa dan litar meter berdigit dengan menggunakan multimeter.
4. Membuat ujikaji makmal dengan menggunakan pembekal kuasa dibina sendiri dan membandingkannya dengan ujikaji menggunakan pembekal kuasa makmal.

1.4 SKOP KAJIAN

Litar pembekal kuasa yang dihasilkan berupaya menghasilkan voltan arus terus yang berkutub positif sahaja dan pada julat yang terhad iaitu daripada +3V sehingga +30V. Paparan berdigit yang digunakan pula adalah jenis paparan LED tujuh ruas dengan resolusi 0.1V.

Pada akhir projek, ujikaji mudah dilakukan dengan menggunakan pembekal kuasa yang dibina dan dibandingkan dengan pembekal kuasa yang sering digunakan di makmal untuk menunjukkan pembekal kuasa ini boleh digunakan.



BAB 2

KAJIAN PERPUSTAKAAN

2.1 ELEKTRIK

Tidak dinafikan lagi betapa besarnya pengaruh elektrik dalam kehidupan kita pada hari ini. Pada zaman yang moden ini, pengetahuan berkenaan elektrik diperkembangkan dan digunakan untuk memudahkan kehidupan manusia menyebabkan semakin banyak peralatan elektrik ydang direka dan dibangunkan. Dalam masa yang singkat, kehidupan manusia semakin maju dengan adanya sumber tenaga ini. Banyak perkara yang susah dilakukan dahulu senang dilakukan sekarang dengan bantuan mesin-mesin yang menggunakan kuasa elektrik. Justeru, elektrik bolehlah dikatakan di antara pencapaian manusia yang terhebat pada zaman ini.

2.1.1 Arus

Arus boleh dikatakan sebagai suatu pengaliran cas elektrik melalui suatu bahan pengalir ataupun separa pengalir di mana bahan konduktor dan bahan separa pengalir ialah bahan yang membenarkan arus elektrik mengalir melaluinya. (Khairani, 1987)

Arus diukur dalam unit Ampere (A). Satu Ampere ialah kadar arus elektrik sebanyak satu Coloumb yang mengalir dari satu titik ke satu titik yang lain dalam satu saat. Dalam erti kata lain, satu Ampere bersamaan dengan satu Coloumb per saat. Justeru, persamaan arus: (Khairani, 1987)

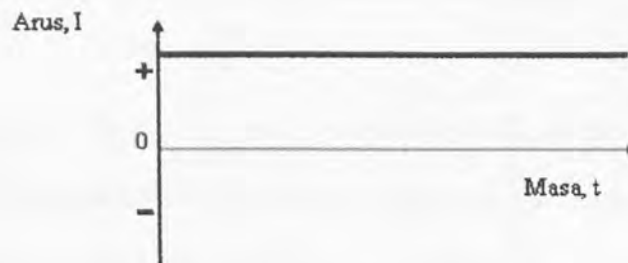
$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

Di mana,

Q = cas elektrik

t = masa

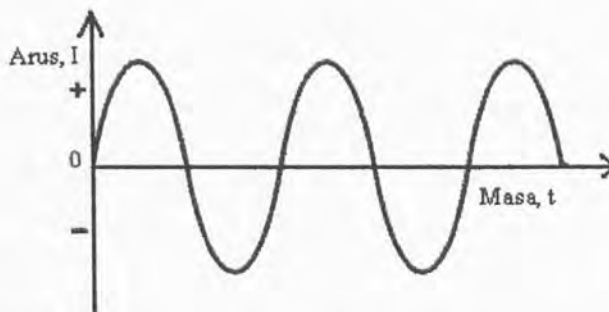
Arus boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu arus terus (a.t) dan arus ulang-alik (a.u). Arus terus ialah arus yang sentiasa mengalir dalam satu arah sahaja. Sekiranya ia bernilai positif, nilainya akan tetap positif dan sekiranya bernilai negatif, nilainya akan tetap negatif. Walaubagaimanapun, arus ini boleh ditambahkan atau dikurangkan. (Boylestad dan Nashelsky, 2002)



Rajah 2.1 Lakaran graf arus terus

Arus ulang-alik ialah arus yang mengalir dalam dua arah. Arus ini akan sentiasa berubah-ubah daripada positif kepada negatif mengikut gerakan gelombang. Ianya akan bermula daripada titik sifar dan naik ke nilai maksimum yang positif

kemudian turun semula ke nilai sifar. Seterusnya, ia akan turun ke nilai maksimum yang negatif dan naik semula kepada titik sifar. (Boylestad dan Nashelsky, 2002)



Rajah 2.2 Lakaran graf arus ulang-alik (Sumber dari Hewes, 2006)

2.1.2 Voltan

Voltan atau beza keupayaan merujuk kepada kuantiti tenaga yang diperlukan atau hilang oleh suatu cas apabila ia bergerak dari satu titik ke titik yang lain dalam suatu litar elektronik. Perbezaan keupayaan pula adalah kenaikan atau kejatuhan tenaga keupayaan yang berlaku dalam litar elektronik tersebut. (Khairani, 1987)

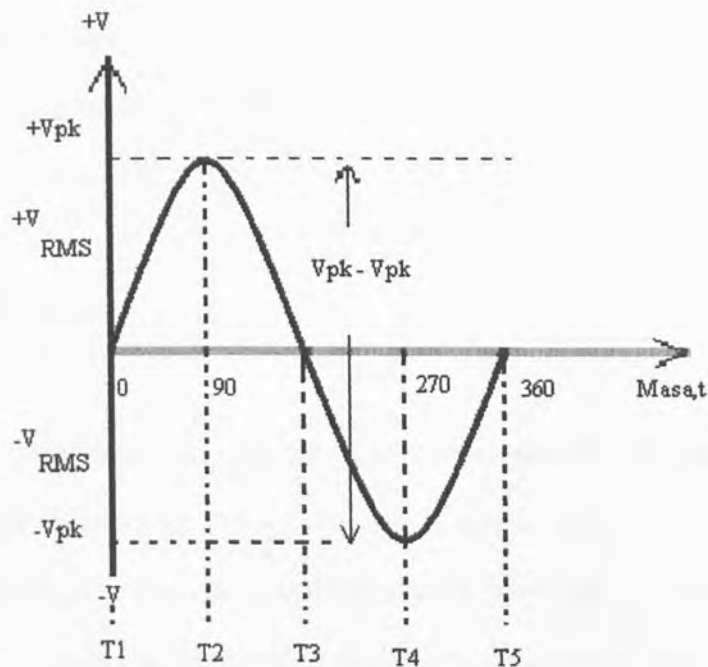
Voltan diukur dalam unit volt. Volt ialah perbezaan keupayaan elektrik di antara dua titik pengkonduksi yang membawa arus tetap 1A apabila kuasa dilesapkan di antara titik-titik ini dan ia adalah sama dengan 1 Watt. (Khairani, 1987)

Voltan a.u boleh ditunjukkan dalam 3 bentuk iaitu voltan puncak, voltan dari puncak ke puncak dan voltan RMS. Voltan puncak dikira daripada nilai sifar sehingga nilai maksimum voltan $+V_{pk}$ atau $-V_{pk}$. Voltan puncak ke puncak dikira daripada positif ke puncak negatif. (Boylestad dan Nashelsky, 2002)

Voltan RMS (root mean square) sering dikaitkan dengan voltan a.u yang sama nilainya dengan voltan a.t. Di antara persamaan yang boleh digunakan untuk Voltan RMS: (Boylestad dan Nashelsky, 2002)

$$V_{RMS} = \frac{V_{pk}}{\sqrt{2}} \quad (2.2)$$

V_{pk} = voltan puncak



Rajah 2.3 Rajah voltan – masa dalam bentuk gelombang (Sumber dari Hewes, 2006)

2.1.3 Rintangan

Rintangan menentukan jumlah arus yang boleh merentasi sesuatu komponen dalam litar. Ia merupakan satu daripada sifat mana-mana bahan yang menentang pengaliran arus elektrik daripada melaluinya. (Khairani, 1987)

Rintangan diukur dalam unit ohm (Ω). 1 ohm ialah rintangan di antara dua titik pengkonduksi apabila perbezaan keupayaan tetap 1 volt dibekalkan di antara titik-titik ini dihasilkan dalam pengkonduksi arus 1 Ampere. (Khairani, 1987)

Rintangan dalam suatu bahan boleh dikira dengan rumus: (Khairani, 1987)

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.3)$$

Di mana,

ρ = kerintangan

L = panjang bahan

A = luas muka bahan

2.1.4 Hukum Ohm

Hukum ini merupakan hukum yang paling asas dalam elektrik. Ini kerana hukum ini mengaitkan hubungan antara voltan, arus, dan rintangan. Menurut hukum ini, dalam suatu litar elektrik, arus yang merentasi mana-mana bahan berkadar songsang dengan beza keupayaan merentasi bahan-bahan tersebut. Secara matematiknya, hukum Ohm adalah seperti di bawah (Carr, 1996):

$$V = IR \quad (2.4)$$

Di mana,

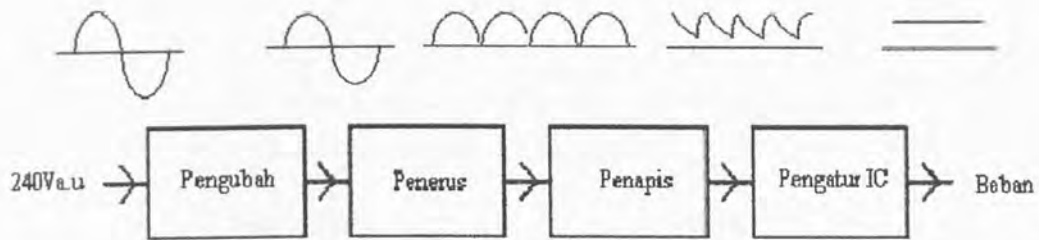
I = arus

R = rintangan



2.2 OPERASI PEMBEKAL KUASA

Proses dalam pembekal kuasa yang paling penting terbahagi kepada 4 iaitu proses pengubahan, penerusan, penapisan dan pengaturan voltan.



Rajah 2.4 Rajah blok menunjukkan bahagian sebuah bekalan kuasa

Setiap blok daripada rajah di atas menunjukkan langkah demi langkah bagi operasi dalam sesebuah pembekal kuasa. Secara ringkasnya, apa yang dilakukan semasa operasi adalah seperti di bawah: (Carr, 1996)

1. Pengubah – menurunkan voltan tinggi a.u kepada voltan rendah a.u
2. Penerus – menukarkan arus daripada a.u kepada a.t
3. Penapis – melicinkan arus
4. Pengatur IC – mengurangkan voltan riak

2.2.1 Pengubahan (*Transformation*)

Secara umumnya, proses pengubahan ini ialah proses menaikkan atau menurunkan voltan bekalan a.u dengan sedikit kehilangan kuasa dan peranti yang digunakan ialah pengubah ataupun janakuasa (*transformer*). (Carr, 1996)

RUJUKAN

- Albert P. Malvino, 1993. *Electronic Principles*. Macmillan/Mc Graw-Hill, New York.
- Boylestad & Louis Nashelsky, 2002. *Peranti Elektronik dan Teori Litar*. Ed. Ke-7.
Rosni Abu Kassim, Bibi Norasiqin Sh Rahimullah & Fatimah Ibrahim (ptjr)
Prentice Hall, Selangor.
- Charles A. Shuler & William L. Mc Namee, 1993. *Modern Industrial Electronics*,
Macmillan/McGraw-Hill, New York.
- David E.Lalond & John A.Ross, 1994. *Principles of Electronic Devices and Circuit*,
Delmar Publishers, New York.
- John Hewes, 2006. The Electronic Club. <http://www.kpsec.freeuk.com/>
- Joseph J.Carr, 1996. *DC Power Supplies : A Technician's Guide*,
McGraw-Hill, New York.
- Michael Hassul & Don Zimmerman, 1997. *Electronic Devices and Robert L.
Circuit:Conventional Flow Version*, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Robert T. Paynter, 2003. *Introductory Electronic Devices and Circuits*.Ed. ke-6.
Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Sam, 2002. Sam Electronic Circuits.
http://users.otenet.gr/~athsam/digital_volt_and_ambere_meter_eng.htm
- Zam Zam Khairani, 1987. *Prinsip Elektrik*. International Book Service, Selangor.

