

## 2. LANDASAN TEORI

Gigitan nyamuk sangatlah mengganggu, sehingga banyak diciptakan produk untuk memberantas nyamuk. Penggunaan berbagai macam produk insektisida atau alat semprot nyamuk untuk memberantas nyamuk telah menyebabkan berbagai macam efek samping pada kesehatan manusia. Selain sangat mengganggu, nyamuk juga sangat berbahaya dalam penyebaran penyakit. Kekhawatiran lainnya adalah polusi lingkungan yang disebabkan oleh produk insektisida tersebut. Alat semprot ini tidak selalu efektif dalam perawatan atau perlindungan dari gigitan nyamuk karena walaupun digunakan alat semprot tersebut, ternyata pengguna alat semprot tersebut masih sering mendapat gigitan nyamuk.

Dalam tugas akhir ini dirancang suatu alat yang ekologis dan higienis (sehat) yang dapat menarik nyamuk dengan menggunakan lampu UV-A (lampu ultraviolet) sementara tegangan tinggi yang dipasang disekitar lampu UV-A dapat mematikan serangga yang tertarik menuju lampu UV-A.

Sinar ultraviolet yang ada terbagi menjadi 4 macam, yaitu Vacuum UV, UV-A, UV-B, UV-C. *Vacuum UV* (disebut juga *near UV* atau *extreme UV*) yang berada diantara panjang gelombang 380-200nm merupakan sinar ultraviolet yang tidak dapat melewati bumi. UV-A (disebut juga *long wave* atau *blacklight*) yang berada diantara diantara 380-315nm memiliki tingkat daya bunuh paling tinggi terhadap bakteri, protozoa maupun virus. Kemampuannya ini membuat ultraviolet dalam spektrum ini digunakan sebagai desinfektan dan dapat digunakan sebagai penarik serangga sehingga mau mendekat. UV-B (disebut juga *medium wave*) yang berada diantara 315-280nm terdapat dalam sinar matahari. Sinar ini juga dapat menjadi desinfektan jika waktunya cukup lama. Efek lain dari sinar ini adalah membuat kulit menjadi lebih gelap. Itu sebabnya jika kita berjemur cukup lama kulit kita menjadi bertambah hitam. UV-C (disebut juga *short wave* atau *germicidal*) yang berada diantara 280-10nm juga terdapat dalam sinar matahari, namun hampir tidak memiliki kemampuan desinfeksi.

Radiasi UV-A menarik serangga untuk menghampirinya. Radiasi UV-A yang berada pada panjang gelombang 380-315nm mempunyai range frekuensi  $7,89.10^{14}$  -  $9,52.10^{14}$  Hz, dan nyamuk dapat menangkap frekuensi  $8.21.10^{14}$ Hz. Penjebak serangga terdiri dari sumber radiasi UV-A yang diluarnya dilengkapi 2 kurungan terbuat dari kawat luar berjarak 1 cm satu sama lain. Kurungan dalam diberi tegangan 600V hingga 5KV, sedangkan kurungan luarnya dibumikan. Serangga yang datang menghampiri sumber radiasi ultraviolet akan menyentuh kurungan dalam sekaligus kurungan luar, sehingga terkena tegangan tinggi akibatnya tubuh serangga mati (kering).

Penggunaan *Insect Killer* dipilih karena dapat menghancurkan serangga tanpa pestisida kimia, racun atau pengasapan. *Insect Killer* mempunyai dua model dasar, yaitu menggunakan tegangan tinggi (*electrical grid*) disekitar lampu dan dapat juga menggunakan kipas (*exhaust fan*).

Pada *Insect Killer* dengan *electrical grid*, kebanyakan mempunyai lampu pijar dan pendar didalamnya (yang tidak berbahaya terhadap mata manusia) untuk menarik serangga mendekat ke *electrical grid*, yang akan langsung membunuhnya begitu terkena ke *electrical grid* tersebut.

Pengujian yang dilakukan mengindikasikan bahwa lampu pendar *black-light* (BL) adalah yang paling sukses menarik serangga. Lampu pendar *black light-blue* (BLB), yang menyaring semua sinar tampak, juga populer digunakan, hanya penyaringan meningkatkan biaya lampu. Dibandingkan dengan lampu pendar, lampu pijar mempunyai energi yang kurang efisien dan kemampuan yang kurang dalam menarik serangga.

## 2.1. Spektrum Elektromagnetik<sup>1</sup>

Spektrum elektromagnetik meliputi semua panjang gelombang yang mungkin dalam radiasi elektromagnetik. Energi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu  $\lambda$  (dalam ruang hampa) mempunyai hubungan dengan

---

<sup>1</sup> Wikipedia, the free encyclopedia. Electromagnetic Spectrum. Januari 2005.  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)>

frekuensi  $\nu$  dan energi photon  $E$ . Hubungan kuantitas-kuantitas ini dinyatakan dalam persamaan:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \text{ dan} \quad (2.1)$$

$$E = h \cdot \nu \quad (2.2)$$

dimana,  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s) dan  $h$  adalah konstanta Planck ( $6.626 \times 10^{-34}$  J.s), atau dalam unit alternatif ( $h = 4,136 \mu\text{eV/GHz}$ ).

Spektrum elektromagnetik yang ditunjukkan dalam tabel 2.1 dibawah ini, meliputi dari daya elektrik pada akhir panjang gelombang panjang sampai pada radiasi gamma pada akhir panjang gelombang pendek, dan meliputi panjang gelombang dari ribuan kilometer sampai pecahan seukuran sebuah atom. Hal ini pada cabang ilmu fisika disebut dengan *spectroscopy* elektromagnetik. *Spectroscopy* elektromagnetik adalah spektrum radiasi yang diserap dan dipancarkan oleh suatu zat yang kemudian digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai zat tersebut.

Tabel 2.1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Kelas	Frekuensi	Panjang Gelombang	Energi
$\gamma$	30 Ehz – 300 EHz	10 pm – 1 pm	124 keV – 1,24 MeV
HX	3 Ehz – 30 EHz	100pm – 10 pm	12,4 keV – 124 keV
SX	30 PHz – 3 EHz	10 nm – 100 pm	124 eV – 12,4 keV
EUV	3 PHz – 30 PHZ	100 nm – 10 nm	12,4 eV – 124 eV
NUV	300 THz – 3 PHz	1 $\mu\text{m}$ – 100 nm	1,24 eV – 12,4 eV
NIR	30 THz – 300 THz	10 $\mu\text{m}$ – 1 $\mu\text{m}$	124 meV – 1,24 eV
MIR	3 THz – 30 THz	100 $\mu\text{m}$ – 10 $\mu\text{m}$	12,4 meV – 124 meV
FIR	300 GHz – 3 THz	1 mm – 100 $\mu\text{m}$	1,24 meV – 12,4meV
EHF	30 GHz – 300 GHz	1cm – 1 mm	124 $\mu\text{eV}$ – 1,24 meV
SHF	3 GHz – 30 GHz	1 dm – 1 cm	12,4 $\mu\text{eV}$ - 124 $\mu\text{eV}$
UHF	300 MHz – 3 GHz	1 m – 1 dm	1,24 $\mu\text{eV}$ – 12,4 $\mu\text{eV}$
VHF	30 MHz – 300 MHz	1 dam – 1 m	124 neV – 1,24 $\mu\text{eV}$

Tabel 2.1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (sambungan)

Kelas	Frekuensi	Panjang Gelombang	Energi
HF	3 MHz – 30 MHz	1 hm – 1 dam	12,4 neV – 124 neV
MF	300 KHz – 3 MHz	1 km – 1 hm	1,24 neV – 12,4 neV
LF	30 KHz – 300 KHz	10 km – 1 km	124 peV – 1,24 neV
VLF	3 KHz – 30 KHz	100 km – 10 km	12,4 peV – 124 peV
VF	300 Hz – 3 KHz	1 Mm – 100 km	1,24 peV – 12,4 peV

Sumber: Wikipedia, the free encyclopedia. *Electromagnetic Spectrum*. Januari 2005 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)>

### 2.1.1. Gelombang Radio

Gelombang Radio pada umumnya digunakan oleh antena untuk berbagai alasan, sehingga range panjang gelombang dari ratusan meter sampai sekitar satu milimeter. Bagian yang berbeda dalam spektrum radio disebut dengan *band*. Nama-nama yang umum untuk *band* yang berbeda mengacu pada panjang gelombang, frekuensi relatif atau tipe transmisi yang umumnya digunakan. Ini digunakan untuk transmisi data, via modulasi. Televisi, jaringan wireless, semua menggunakan gelombang radio.

<b>Radio spectrum</b>											
<u>ELF</u>	<u>SLE</u>	<u>ULF</u>	<u>VLF</u>	<u>LF/LW</u>	<u>MF/MW</u>	<u>HF/SW</u>	<u>VHF</u>	<u>UHF</u>	<u>SHE</u>	<u>EHE</u>	
3 Hz	30 Hz	300 Hz	3 kHz	30 kHz	300 kHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz	300 GHz

Gambar 2.1. Spektrum Gelombang Radio

Sumber: Wikipedia, the free encyclopedia. *Electromagnetic Spectrum*. Januari 2005 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)>

*Band* radio umum meliputi:

- Extremely low frequency (ELF) bandwidth
- Very low frequency (VLF)
- Long wave
- Medium wave (AM)
- Shortwave (HF atau high frequency)

- Very high frequency (VHF)
- Ultra high frequency (UHF)

### 2.1.2. Microwaves

*Microwaves* adalah gelombang yang secara khusus cukup pendek dengan memakai *tubular metal waveguide* dari *reasonable diameter*. Energi dari *microwaves* dihasilkan oleh 2 hal yaitu oleh tabung *Klystron* dan *Magnetron*, dan oleh suatu *solid state diode* seperti peralatan Gunn dan IMPATT. *Microwaves* dapat diserap oleh molekul yang mempunyai dipol sesaat dalam cairan.

Pada masa sekarang ini tidak ada suatu sumber yang efisien untuk energi dari *microwaves* yang digunakan pada akhir dari *band*. Akhir dari *band* ini disebut dengan gelombang sub-milimeter atau yang lebih dikenal dengan nama gelombang tetrahertz. Sehingga *microwaves* yang merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik yang secara relatif tidak digunakan pada masa sekarang ini.

### 2.1.3. Sinar Inframerah

Inframerah sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik meliputi range 300GHz (1mm) sampai 400THz (750nm). Sinar inframerah dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

- *Far-infrared*  
Mempunyai range dari 300GHz (1mm) sampai 30THz (10 $\mu$ m). Bagian terendah dari range ini dapat juga disebut microwaves.
- *Mid-infrared*  
Mempunyai range 30THz sampai 120THz (10 $\mu$ m sampai 2,5 $\mu$ m).
- *Near-infrared*  
Mempunyai range 120THz sampai 400THz (2,500 $\mu$ m sampai 750nm)

### 2.1.4. Sinar Tampak

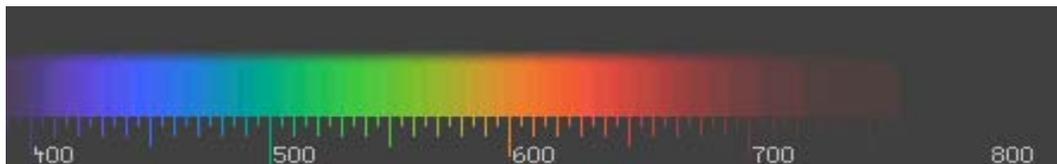
Sinar tampak adalah susunan berikutnya setelah sinar inframerah. Pada range ini matahari dan bintang tampak sama dalam memancarkan sebagian besar dari radiasinya. Hal ini mungkin bukan suatu kebetulan dimana mata manusia

sensitif terhadap panjang gelombang yang secara kuat dipancarkan oleh matahari. Sinar tampak (dan sinar *near-infrared*) secara khusus diserap dan dipancarkan oleh elektron dalam molekul dan atom yang bergerak dari satu level energi ke level energi yang lain.

Tabel 2.2. Panjang Gelombang dalam Interval Frekuensi

<b>Color</b>	<b>Wavelength interval</b>	<b>Frequency interval</b>
<u>red</u>	~ 625 to 740 nm	~ 480 to 405 THz
<u>orange</u>	~ 590 to 625 nm	~ 510 to 480 THz
<u>yellow</u>	~ 565 to 590 nm	~ 530 to 510 THz
<u>green</u>	~ 520 to 565 nm	~ 580 to 530 THz
<u>cyan</u>	~ 500 to 520 nm	~ 600 to 580 THz
<u>blue</u>	~ 430 to 500 nm	~ 700 to 600 THz
<u>violet</u>	~ 380 to 430 nm	~ 790 to 700 THz

Sumber: Wikipedia, the free encyclopedia. *Electromagnetic Spectrum*. Januari 2005 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)>



Gambar 2.2. Spektrum Sinar Tampak

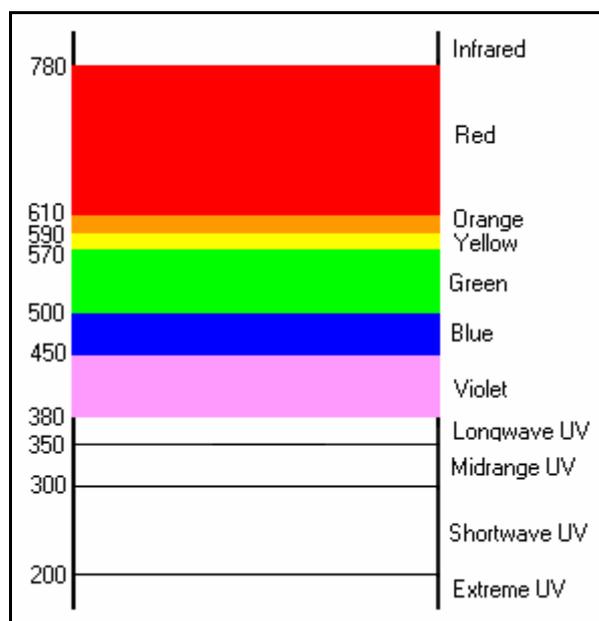
Sumber: Wikipedia, the free encyclopedia. *Electromagnetic Spectrum*. Januari 2005 <[http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_spectrum](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum)>

Gambar 2.2 menunjukkan spektrum sinar tampak yang didesain untuk monitor dengan gamma 1.5.

#### 2.1.5. Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet merupakan radiasi dimana panjang gelombangnya lebih pendek dari akhir sinar violet dari spektrum sinar tampak. Ultraviolet sangatlah energik, dapat memecahkan ikatan kimia, membuat molekul secara tidak biasa bereaksi dan berionisasi untuk berubah bersama-sama. Matahari memancarkan sejumlah besar radiasi sinar ultraviolet, yang secara cepat dapat masuk ke bumi, tapi sebagian besar telah diserap oleh lapisan ozon pada atmosfer sebelum mencapai permukaan.

Sinar ultraviolet yang ada terbagi menjadi 4 macam, yaitu Vacuum UV, UV-A, UV-B, UV-C. Vacuum UV (disebut juga *near UV* atau *extreme UV*) yang berada diantara 380-200nm *wavelength* merupakan sinar ultraviolet yang tidak dapat melewati bumi. UV-A (disebut juga *long wave* atau *blacklight*) yang berada diantara diantara 380-315nm dapat digunakan sebagai penarik serangga sehingga mau mendekat. Kemampuannya membuat ultraviolet dalam spektrum ini digunakan sebagai desinfektan dan memiliki tingkat daya bunuh paling tinggi terhadap bakteri, protozoa maupun virus. UV-B (disebut juga *medium wave*) yang berada diantara 315-280nm terdapat dalam sinar matahari. Sinar ini juga dapat menjadi desinfektan jika waktunya cukup lama. Efek lain dari sinar ini adalah membuat kulit menjadi lebih gelap. Itu sebabnya jika kita berjemur cukup lama kulit kita menjadi bertambah hitam. UV-C (disebut juga *short wave* atau *germicidal*) yang berada diantara 280-10nm juga terdapat dalam sinar matahari, namun hampir tidak memiliki kemampuan desinfeksi.



Gambar 2.3. Spektrum Ultraviolet

Sumber: UVMinerals. *The Ultraviolet Spectrum*. Fluorescent Mineral Society, Inc. Januari 2005. <<http://www.uvminerals.org/fms-org.htm>>

### 2.1.6. Sinar X

Sinar *hard X-rays* mempunyai panjang gelombang lebih pendek dari sinar *soft X-rays*. Sinar X digunakan untuk melihat sesuatu kedalam, sama baiknya dalam penggunaan untuk energi tinggi fisika dan astronomi. *Black hole* dan neutron bintang memancarkan sinar X.

### 2.1.7. Sinar Gamma

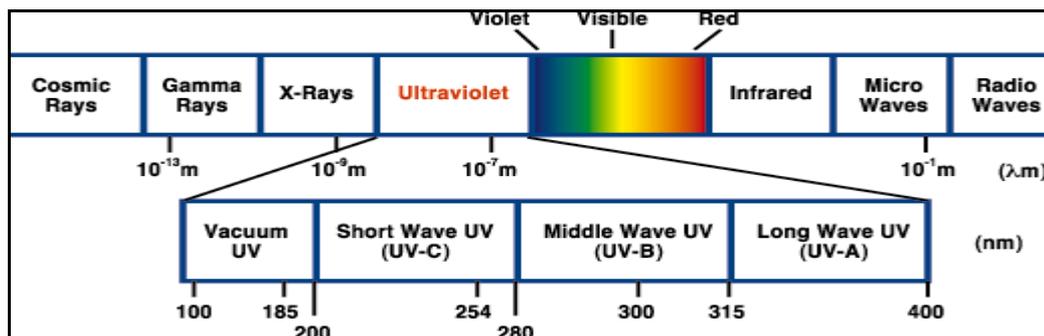
Sinar gamma merupakan sinar dengan photon yang sangat energik, tidak mempunyai batas terendah untuk panjang gelombangnya. Sinar gamma ini sangat berguna bagi para astronomi untuk mempelajari objek atau daerah dengan energi besar dan menemukan suatu fungsi dengan para ahli fisika terhadap kemampuan penembusan dan produksi terhadap radioisotopes. Panjang gelombang dari sinar gamma dapat diukur dengan ketelitian tinggi dengan menggunakan *Compton scattering*.

## 2.2. Teknologi Ultraviolet

Pemanfaatan teknologi ultraviolet telah banyak dilakukan, tetapi apakah yang dimaksud dengan ultraviolet itu sendiri? Berikut adalah beberapa penjelasan dari ultraviolet.

### 2.2.1. Definisi Ultraviolet

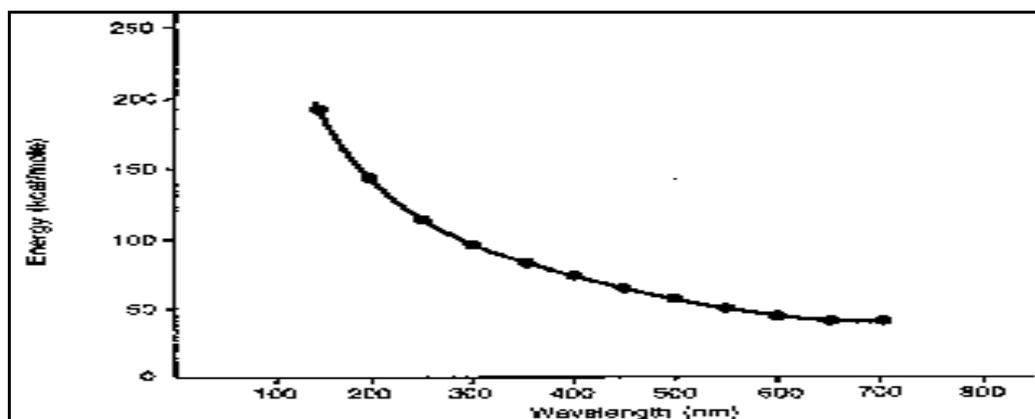
Ultraviolet (UV) adalah gelombang elektromagnetik yang panjang gelombangnya berada diantara 100-400nm ( $1\text{nm} = 0,000000001\text{mm}$ ). Panjang gelombang ini menempatkan ultraviolet di luar spektrum cahaya yang dapat terlihat oleh mata. Radiasi ultraviolet adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih pendek dari daerah sinar tampak, namun lebih panjang dari sinar X. Sinar ultraviolet sendiri dibagi menjadi 4 spektrum yaitu *Vacuum UV*, UV-A, UV-B dan UV-C.



Gambar 2.4. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Sumber: Sadechaf. *What is UV-light?*. Januari 2005.  
[http://www.sadechaf.be/sadeen/sadeen3\\_1.htm](http://www.sadechaf.be/sadeen/sadeen3_1.htm)

Johann Wilhelm Ritter telah menemukan sinar ultraviolet pada tahun 1801. Dia ‘melihat’ bahwa masih terdapat radiasi melebihi sinar tampak violet yaitu ultraviolet. Selama waktu berjalan, spektrum elektromagnetik kemudian ditemukan. Akhirnya adalah Einstein yang menyatakan bahwa sinar bergerak dalam kuantitas atau quantum dan tidak kontinyu. Quantum ini atau kuantitas energi disebut dengan photon. Setiap panjang gelombang mempunyai photon sendiri atau kuantitas energi sendiri, seperti yang dapat dilihat dibawah ini. Semakin pendek panjang gelombangnya, maka semakin besar energinya.



Gambar 2.5. Perbandingan Panjang Gelombang dengan Energi

Sumber: Sadechaf. *What is UV-light?*. Januari 2005.  
[http://www.sadechaf.be/sadeen/sadeen3\\_1.htm](http://www.sadechaf.be/sadeen/sadeen3_1.htm)

Kata ultraviolet berarti “diluar sinar violet” (dari bahasa Latin *ultra*, “diluar”), sinar violet adalah warna dari panjang gelombang terpendek sinar tampak. Beberapa dari panjang gelombang ultraviolet sering disebut *black light*,

dimana sinar ini tidak terlihat oleh mata manusia. Beberapa hewan, termasuk burung, reptil, dan serangga seperti tawon, dapat melihat sinar *near ultraviolet*. Banyak buah-buahan, bunga, dan biji-bijian mempunyai kedudukan lebih kuat dari latar belakang pada panjang gelombang sinar ultraviolet dibandingkan dengan penglihatan warna manusia. Banyak burung mempunyai pola pada bulu burung yang tidak terlihat pada panjang gelombang biasa namun terlihat pada sinar ultraviolet, dan juga urine dari hewan lebih mudah berbintik dengan ultraviolet.

Sinar matahari memancarkan radiasi ultraviolet dalam berkas UV-A, UV-B, dan UV-C, namun karena penyerapan pada lapisan ozon atmosfer, 99% dari radiasi ultraviolet yang mencapai permukaan bumi adalah UV-A (beberapa dari sinar UV-C bertanggung jawab untuk pembangkitan ozon).

Kaca biasa dapat transparan terhadap sinar UV-A namun buram terhadap panjang gelombang yang lebih pendek. Kaca silika atau kwarsa, tergantung pada kualitasnya, dapat transparan bahkan terhadap panjang gelombang sinar *vacuum ultraviolet*.

Permulaan sinar *vacuum ultraviolet*, 200nm, ditetapkan oleh fakta bahwa udara biasa tidak tembus cahaya/buram dibawah panjang gelombang ini. Hal ini berhubungan dengan penyerapan yang kuat dari sinar dari panjang gelombang ini oleh oksigen yang terdapat diudara. Nitrogen murni (kurang dari sekitar 10ppm oksigen) adalah transparan terhadap panjang gelombang dengan range sekitar 150-200nm. Secara praktis dan signifikan didapatkan saat ini pemrosesan pembuatan semikonduktor menggunakan panjang gelombang lebih pendek dari 200nm. Dengan bekerja menggunakan gas bebas oksigen, peralatan tidak harus dibangun dengan berdasar pada perbedaan temperatur yang dibutuhkan untuk bekerja di ruang hampa. Beberapa peralatan ilmiah, seperti *circular dichroism spectrometer*, pada umumnya dibersihkan dengan nitrogen dan dioperasikan pada daerah spektral.

Penemuan ultraviolet, ditemukan segera setelah radiasi inframerah ditemukan. Seorang ahli fisika dari Jerman, Johann Wilhelm Ritter mulai melihat radiasi pada bagian akhir yang berlawanan dari spektrum, pada panjang gelombang pendek diluar sinar violet. Pada tahun 1801 dengan menggunakan *silver chloride*, suatu bahan kimia yang sensitif terhadap sinar, menunjukkan

bahwa ada sejenis sinar yang tidak tampak diluar sinar violet, yang kemudian oleh Johann Wilhelm Ritter disebut dengan sinar kimia. Pada masa ini, banyak ilmuwan, termasuk Johann Wilhelm Ritter, menyimpulkan bahwa sinar tersusun dari tiga komponen yang terpisah, yaitu komponen teroksidasi atau *calorific component* (sinar inframerah), komponen iluminasi (sinar tampak), dan komponen pengurangan atau *hydrogenating component* (sinar ultraviolet). Kesatuan dari bagian yang berbeda dari spektrum ini tidak dimengerti sampai sekitar tahun 1842, dengan pekerjaan dari Macedonia Melloni, Alexandre-Edmond Becquerel dan lainnya.

Dilihat dari efek kesehatan, pada umumnya, sinar UV-A mempunyai tingkat bahaya yang paling kecil, tapi dapat memberi kontribusi pada penuaan kulit, kerusakan DNA, dan kemungkinan kanker kulit. Sinar UV-A ini menembus kulit dengan mendalam dan tidak menyebabkan kulit serasa terbakar sinar matahari. Karena sinar UV-A tidak menyebabkan memerahnya kulit (*erythema*), maka tidak dapat diukur dengan test SPF. Tidak ada pengukuran klinis yang baik mengenai pemblokiran radiasi sinar UV-A, tapi penting juga untuk diketahui bahwa sunscreen dapat menghalangi sinar UV-A dan UV-B yang masuk kedalam kulit. Intensitas yang tinggi dari sinar UV-B sangat berbahaya bagi kesehatan mata, dan pencahayaannya dapat menyebabkan *welder's flash* (*photokeratitis* atau *arc eye*). UV-A, UV-B, dan UV-C dapat merusak serat kolagen, dan mempercepat penuaan kulit.

Lampu Tungsten-halogen mempunyai bola lampu yang terbuat dari kwarsa, bukan kaca pada umumnya. Lampu Tungsten-halogen yang tidak disaring oleh lapisan tambahan pada kaca biasa pada umumnya mempunyai kemungkinan berbahaya sebagai sumber sinar UV-B.

Sinar UV-A biasa dikenal dengan "*dark-light*" dan, karena panjang gelombang yang lebih panjang, dapat menembus sebagian besar jendela. Sinar UV-A ini juga dapat menembus kulit lebih dalam dibandingkan dengan sinar UV-B dan menjadi pertimbangan utama penyebab kerut.

Sinar UV-B secara khusus dihubungkan dengan kanker kulit seperti melanoma. Radiasi yang dihasilkan mengionisasi molekul DNA dalam sel kulit, menyebabkan *covalent bond* terbentuk diantara *adjacent thymine bases*,

menghasilkan *thymidine dimers*. *Thymidine dimers* tidak berpasangan seperti pada keadaan normal, dimana menyebabkan penyimpangan pada DNA *helix*, menciptakan replikasi, celah dan ketidakadaan kerjasama. Hal ini dapat menuju ke terjadinya mutasi, yang merupakan hasil pertumbuhan kanker. Mutagenisitas dalam radiasi sinar ultraviolet dapat secara mudah dipelajari dalam kultur bakteri. Kanker ini juga merupakan salah satu masalah yang diperhatikan sehubungan dengan penipisan ozon dan lubang ozon.

Sinar UV-C adalah sinar ultraviolet terkuat dan paling berbahaya dibandingkan dengan tipe sinar ultraviolet lainnya. Sedikit perhatian diberikan pada sinar UV-C ini karena sinar ini secara normal dapat disaring oleh lapisan ozon sehingga tidak dapat mencapai bumi. Penipisan lapisan ozon dan lubang pada lapisan ozon menyebabkan peningkatan perhatian terhadap pencahayaan sinar UV-C secara potensial. Efek positif dari sinar ultraviolet adalah sinar ultraviolet ini menyebabkan produksi vitamin D pada kulit.

### 2.2.2. Kegunaan Ultraviolet

Beberapa aplikasi sinar ultraviolet yaitu:

- Industri foto kimia, *curing* (proses pemanasan senyawa plastik untuk diubah menjadi thermoplastic) dan pengerasan pada polimerisasi (proses pembuatan plastik)
- Litografi dan reprografi
- Aplikasi dekoratif pada lampu untuk keperluan iklan
- Disinfeksi
- Penjebak serangga
- Pencoklat kulit seperti pada orang kulit putih yang berjemur (*sun tanning*)

Beberapa pemanfaatan sinar ultraviolet yaitu:

- *Black Lights*  
*Black light* adalah nama yang umumnya diberikan pada lampu yang memancarkan hampir semua radiasi ultraviolet dan sangat sedikit sinar tampak. Radiasi ultraviolet itu sendiri merupakan sinar tak tampak, tetapi menyinari bahan/material tertentu dengan radiasi ultraviolet yang mendorong

efek tampak dari fluoresen dan phosphoresen. Pengujian *black light* pada umumnya digunakan untuk pembuktian barang antik dan pada bank.

- **Lampu fluoresen/lampu pendar**  
Lampu fluoresen menghasilkan radiasi sinar ultraviolet oleh emisi dari gas *mercury* bertekanan rendah. Suatu phosphoresen yang dilapiskan pada bagian dalam tabung menyerap sinar ultraviolet dan menjadi tampak.
- ***Spectrophotometry***  
Radiasi sinar ultraviolet sering juga digunakan dalam *visible spectrophotometry* untuk menetapkan keberadaan dari fluoresen yang diberikan sebagai contoh.
- **Astronomi<sup>2</sup>**  
Dalam astronomi, objek yang sangat panas secara istimewa memancarkan radiasi ultraviolet. Bagaimanapun, lapisan ozon yang melindungi kita menyebabkan kesulitan bagi para astronomi dalam meneliti dari bumi., sehingga sebagian besar penelitian ultraviolet dibuat diluar angkasa.
- **Analisa mineral**  
Lampu sinar ultraviolet juga dapat menganalisa mineral, kuman, dan lainnya.
- ***Photolithography***  
Radiasi sinar ultraviolet digunakan secara luas dalam industri elektronik karena *photolithography* digunakan dalam pembuatan semikonduktor, komponen *integrated circuit*, dan *printed circuit boards*.
- **Pengecekan isolasi elektrik**  
Aplikasi baru dari sinar ultraviolet adalah untuk mendeteksi *corona discharge* (atau yang umumnya disebut dengan “*corona*”) pada peralatan elektronik. Penurunan isolasi dari peralatan elektronik atau polusi menyebabkan terjadinya *corona*, dimana dalam medan listrik yang kuat mengionisasi udara dan membangkitkan molekul nitrogen, menyebabkan emisi dari radiasi sinar ultraviolet. *Corona* menurunkan tingkat isolasi suatu peralatan. *Corona* menghasilkan ozon dan *nitrogen oxide* yang luas dimana kemudian bereaksi

---

<sup>2</sup> Wikipedia, the free encyclopedia. *Ultraviolet*. Januari 2005.  
<<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>>

dengan air di udara membentuk *nitrous acid* dan *nitric acid vapour* pada udara sekelilingnya.

- Sterilisasi

Lampu sinar ultraviolet digunakan untuk mensterilisasi ruang kerja dan peralatan yang digunakan dalam laboratorium biologi dan fasilitas medis. Sinar ultraviolet pada panjang gelombang ini menyebabkan berdekatnya molekul *thymine* pada DNA dengan *dimerize*, jika cukup dapat mendeteksi akumulasi mikroorganisme dalam DNA sehingga pengulangan tidak dihambat, dengan demikian membuat menjadi berbahaya. Sejak mikroorganisme dapat dilindungi dari sinar ultraviolet pada celah kecil dan daerah terlindungi lainnya, bagaimanapun, lampu sinar ultraviolet ini digunakan hanya sebagai tambahan untuk teknik sterilisasi lainnya.

- Desinfektan pada air minum

Radiasi sinar ultraviolet secara meningkat digunakan sebagai desinfektan dalam air minum dan dalam pengolahan limbah pabrik. Akhir-akhir ini ditemukan bahwa radiasi ultraviolet dapat mengobati *Cryptosporidium*.

- Pendeteksi api

Detektor sinar ultraviolet pada umumnya digunakan dengan peralatan yang *solid-state*, seperti dengan *silicon carbide* atau *aluminium nitride*, atau tabung dengan udara penuh sebagai elemen pendeteksi. Detektor sinar ultraviolet sangat sensitif terhadap sinar matahari atau sinar tambahan. Sinar ultraviolet menyala pada radiasi dengan range 185-245nm (1850-2450 angstrom). Sebenarnya semua api memancarkan radiasi pada pita ini, sementara radiasi sinar matahari pada pita ini diserap oleh atmosfer bumi. Hasil yang didapat adalah detektor sinar ultraviolet adalah *solar blind*, yang berarti tidak akan menyebabkan alarm untuk merespon radiasi dari matahari, sehingga dapat dengan mudah digunakan baik didalam ruangan maupun diluar ruangan.

- Proses polimerisasi

Polimer (bahan plastik) terbentuk karena bersambungannya monomer-monomer dalam jumlah besar pada proses polimerisasi. Polimerisasi mengubah sifat kimia dan fisik bahan monomer, menaikkan titik leleh, mempermudah

kemampuan larut. Pada proses polimerisasi, baik proses adisi, atau kondensasi diperlukan suatu aktivator.

Sinar ultraviolet dapat digunakan sebagai aktivator menggantikan bahan kimia dalam proses polimerisasi demikian pula dalam hal pengerasan polimer (karena terjadi sambungan silang antar monomer yang meruang). Pengeringan dan pengerasan lapisan polimer seperti: cat, vernis, atau cetakan bahan plastik dapat dipercepat dengan memanfaatkan sinar ultraviolet.

- Untuk pendeteksi logam

Sinar ultraviolet dapat digunakan untuk pengamatan tanpa merusak terhadap benda yang terbuat dari logam, yaitu mendeteksi keretakan. Caranya, melapisi permukaan logam dengan bahan fluoresen, kelebihan bahan fluorsen pada permukaan logam kemudian dibersihkan. Selanjutnya jika logam disinari dengan sinar ultraviolet maka pada bagian yang retak akan terlihat berupa garis yang luminasinya lebih terang dibanding sekelilingnya. Cara yang sama dapat dilakukan terhadap *printed circuit boards* (pcb).

Untuk mendeteksi keretakan bagian di bawah permukaan bahan *magnetic* dilakukan dengan cara melapisi permukaan bahan *magnetic* dengan serbuk besi yang dicampur bahan fluoresen. Apabila permukaan magnet disinari dengan sinar ultraviolet maka bagian yang retak tampak luminasinya lebih rendah (redup) dibanding bagian yang tidak retak.

Sinar ultraviolet juga dapat digunakan untuk keperluan lain seperti: mendeteksi kerataan pelapisan cat atau dempul pada logam, kualitas produk pada industri tekstil, analisis kimia, pemeriksaan keberadaan bakteri pada produk makanan atau buah, penggunaan pada *mineralogy* dan *arkeology*, kriminalogi (memeriksa sidik jari, atau bercak darah yang sudah mengering), memeriksa keaslian uang kertas.

- Disinfeksi

Proses pembersihan *micro organisme* (antara lain: bakteri, alga, spora bakteri) dikatakan disinfeksi. Pembasmian *micro organisme* dapat dilakukan dengan: pemanasan, penyaringan (filtrasi dengan menggunakan teknologi membran), atau penyinaran dengan sinar ultraviolet. Tidak semua *micro organisme* bereaksi pada selang waktu yang sama terhadap radiasi sinar ultraviolet

dengan panjang gelombang 252,7 nm mudah diserap oleh medium dimana *micro organisme* hidup baik pada gas, zat padat maupun pada zat cair. Dosis *micro organisme* yang terbasmi tergantung pada intensitas sinar ultraviolet yang digunakan. Desinfeksi dapat dilakukan melalui udara maupun zat cair. Desinfeksi melalui udara dapat memanfaatkan saluran AC. Desinfeksi melalui udara dilakukan pada: rumah sakit, industri farmasi dan makanan, gudang makanan, kelas, barak militer.

- Penjebak serangga

Radiasi UV-A menarik serangga untuk menghampirinya. Penjebak serangga terdiri dari sumber radiasi UV-A yang diluarnya dilengkapi 2 kurungan (*electrical grid*) terbuat dari kawat luar berjarak 1 cm satu sama lain. Kurungan dalam diberi tegangan 600V hingga 5KV, sedangkan kurungan luarnya dibumikan. Serangga yang datang menghampiri sumber radiasi ultraviolet akan menyentuh kurungan dalam sekaligus kurungan luar, sehingga terkena tegangan tinggi akibatnya tubuh serangga dilewati arus yang besar sehingga serangga mati (kering).

- Terapi sinar

Sejak lama diketahui bahwa sinar matahari (ada komponen sinar ultravioletnya) mempengaruhi kesehatan kulit. Tetapi terkena sinar matahari dalam selang waktu yang lama menyebabkan kulit “terbakar” atau *erythema*. Sinar matahari yang sampai ke bumi mengandung sinar UV-A, dan UV-B, tetapi tidak mengandung UV-C.

Penetrasi sinar ultraviolet terhadap kulit tergantung panjang gelombangnya. Penetrasi tersebut mempengaruhi fungsi ketahanan kulit bagian atas (UV-B dan UV-C), sedangkan UV-A dapat mempengaruhi fungsi aliran darah pada kulit. Radiasi sinar ultraviolet juga dapat membentuk vitamin D3 di dalam tubuh yang berfungsi menyehatkan tulang dan dapat mencegah rakhitis.

Bilirubin merupakan cairan kuning di dalam darah yang dapat menghambat produktivitas darah merah. Produksi bilirubin berlebih (hiperbilirubin) pada bayi (umumnya bayi prematur) dapat menyebabkan kerusakan otak atau kematian. Menggunakan radiasi sinar tampak gelombang pendek (450nm) beberapa jam setiap hari dapat memperkecil produksi bilirubin.

Sumber radiasi sinar ultraviolet, salah satunya dihasilkan oleh busur cahaya yang dihasilkan lampu karbon. Namun yang paling praktis adalah memanfaatkan lampu pelepasan gas sebagai sumber radiasi sinar ultraviolet. Lampu merkuri tekanan rendah (TL) maupun lampu merkuri tekanan tinggi, atau lampu metal halida dengan beberapa modifikasi dapat menjadi sumber radiasi sinar ultraviolet karena pada hakekatnya lampu-lampu tersebut sejak semula menghasilkan sinar ultraviolet. Keberadaan sinar ultraviolet inilah yang menjadi alasan dibuatnya bola lampu luar pada lampu-lampu: SON, SOX, lampu merkuri, lampu metal halida.

Faktor yang mempengaruhi intensitas sinar ultraviolet pada lampu pelepasan gas adalah: gas pengisi, kaca yang digunakan untuk tabung lampu (lazimnya harus tahan temperatur tinggi), dan keberadaan serbuk fluoresen pada bagian dalam tabung. Gas pengisi yang lazim digunakan pada sumber radiasi sinar ultraviolet adalah: merkuri, metal halida, atau xenon. Gas merkuri pada TL menghasilkan UV-C, sedangkan pada lampu merkuri tekanan tinggi menghasilkan UV-A dan UV-B dengan level tertinggi pada panjang gelombang 185nm. Keberadaan metal halida pada lampu merkuri tekanan tinggi memperbaiki distribusi spektrum. Metal halida (yang lazim adalah metal iodida) yang digunakan seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.3. Metal Halida untuk Sumber Radiasi Sinar Ultraviolet

Metal Iodida	Panjang Gelombang yang dihasilkan
Antimon iodida ( $SbI_3$ )	207nm-327nm
Magnesium iodida ( $MgI_2$ )	285nm-384nm
Kobalt iodida ( $CoI_2$ )	345nm-353nm
Plumbum iodida ( $PbI_2$ )	368nm-406nm
Besi iodida ( $FeI_2$ )	372nm-440nm
Galium iodida ( $GaI_3$ )	403nm-417nm
Thalium iodida (TII)	535nm

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal120.

Xenon, merupakan gas mulia yang jika digunakan pada sumber sinar ultraviolet dengan tekanan tinggi akan menghasilkan spektrum radiasi yang hampir kontinyu dengan range yang lebar yaitu antara sinar ultraviolet gelombang pendek hingga sinar infra merah gelombang menengah. Pada kondisi dingin tekanan xenon pada sumber sinar ultraviolet sekitar 10kpa (0,1atm).

Tabel 2.4. Fluoresen pada Lampu yang Menghasilkan Radiasi Sinar Ultraviolet

Senyawa	Aktivator	Nama Dagang	Panjang Gelombang Puncak (mm)	Penggunaan
Strontium aluminat Galdolinium	Cerium	SAC	0,305	Terapi sinar
Lantanium borat	Bismut	GLBB	0,311	Terapi sinar
Barium disilikat Strontium barium	Timah hitam	BSP	0,352	Tanning, lampu sinar hitam
Magnesium silikat	Timah hitam	SMS	0,360	Alat copy diazo, polimerisasi, penjebak serangga
Strontium tetra borat	Europium	SBE	0,366	Lampu sinar hitam, tanning, polimerisasi
Strontium piro pospat	Europium	SPE	0,420	Alat copy diazo, terapi sinar
Seng silikat	Mangan	Willemite	0,522	Reprografi
Barium magnesium aluminat	Europium	BAM	0,450	Reprografi, terapi sinar
Cerium magnesium aluminat	Terbium	CAT	0,544	Reprografi

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal121.

Fluoresen berupa serbuk yang berfungsi merubah radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 185nm pada lampu merkuri tekanan tinggi dan 253,7nm pada lampu merkuri tekanan tinggi menjadi gelombang sinar tampak.

Di samping bisa digunakan untuk memperbaiki kesehatan, sinar ultraviolet juga dapat membahayakan kesehatan. Faktor yang mempengaruhi bahaya sinar ultraviolet adalah: intensitas radiasi, panjang gelombang, waktu, dan bagian tubuh yang terkena radiasi.

Radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 242,2nm diserap oleh oksigen di atmosfer membentuk ozon ( $O_3$ ) dengan reaksi  $3O_2 \rightarrow 2O_3$ . Ozon tergolong gas yang tak stabil (mudah terurai kembali), berbau. Puncak penyerapan adalah terhadap panjang gelombang 145nm. Ozon dengan pengontrolan yang teliti sekali dapat digunakan untuk disinfeksi dan menghilangkan bau busuk. Pada konsentrasi rendah ozon dapat menyegarkan iritasi pada mata dan sistem pernafasan. Pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keletihan yang sangat dan hilangnya fungsi syaraf, untuk jangka waktu yang lama dapat menyebabkan hilangnya kemampuan paru-paru menyerap oksigen.

Karena keberadaannya dapat membahayakan maka agar aman beberapa negara membatasi konsentrasi ozon di dalam ruangan kerja. WHO merekomendasikan 100 hingga  $200mg/m^3$  (3,5 hingga 7 ppm).

Radiasi sinar ultraviolet sangat berbahaya bagi mata, karena terkena dalam waktu singkat bisa menyebabkan fotokeratitis (peradangan kornea), *conjunctifitis* (peradangan konjungtif) dan gangguan yang lebih berbahaya adalah merusak retina mata. Panjang gelombang sinar ultraviolet yang berbahaya adalah 300nm dan pada 270nm paling signifikan penyebab fotokeratitis. Mata yang terkena sinar ultraviolet dalam jangka panjang bisa menyebabkan katarak. Untuk melindungi mata dari radiasi sinar ultraviolet digunakan kaca mata hitam yang kepekatannya disesuaikan dengan intensitas sinar ultraviolet.

### **2.3. Lampu Fluoresen**

Lampu listrik mulai digunakan sekitar tahun 1870, yaitu lampu busur yang menggunakan karbon sebagai elektrodanya. Pada tahun 1877 pertama

kalinya digunakan lampu pijar oleh Thomas Alfa Edison. Hingga perkembangan terakhir lampu listrik dikategorikan menjadi 3 yaitu: lampu pijar, lampu pelepasan gas (*gaseous discharge*), dan *electroluminescent*.

Tergolong lampu pijar adalah lampu pijar dengan elemen karbon, lampu Wolfram biasa, lampu halogen, dan lampu *photo flash*. Sedangkan yang tergolong lampu pelepasan gas adalah lampu tabung (TL), lampu Merkuri tekanan tinggi, lampu Natrium tekanan rendah (SOX), lampu Natrium tekanan rendah (SON), dan lampu Metal Halida. Tergolong *electroluminescent* adalah tabung televisi, LED (*light emitting diode*), laser (*light amplification stimulated emission of radiation*), monitor *laptop*.

Berikut ini adalah pembahasan mengenai lampu fluoresen. Lampu fluoresen (TL = *tubelair lamp*) termasuk lampu merkuri tekanan rendah (0,4Pa) yang dilengkapi dengan bahan fluoresen. Cahaya yang dipancarkan dari dalam lampu adalah ultraviolet. Untuk itu bagian dalam tabung dilapisi dengan bahan fluoresen yang fungsinya mengubah sinar ultraviolet menjadi sinar tampak. Disamping itu pada bahan fluoresen ditambahkan senyawa lain yang disebut aktivator.

Di dalam tabung fluoresen terdapat merkuri dan gas *inert* (Argon atau Krypton) seperti pada gambar 2.6. Fungsi gas inert adalah memperpanjang umur elektroda karena keberadaan gas tersebut dapat mengurangi evaporasi, pengendali kecepatan lintasan elektron bebas sehingga lebih memungkinkan terjadinya ionisasi merkuri, dan mempermudah lewatnya arus di dalam tabung khususnya pada temperatur rendah.

Pada awal kerja, arus mengalir melalui dan memanaskan elektroda (kalau sumber DC adalah katoda dan anoda) sehingga mengemisikan elektron bebas. Di samping melalui elektroda, arus juga melalui balast dan starter.

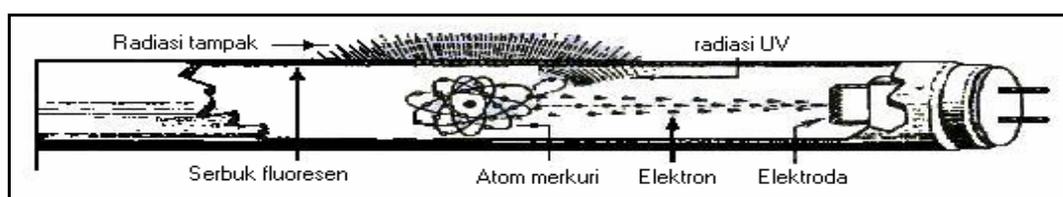
Fenomena resistansi pada pelepasan gas adalah negatif. Berarti jika arus lampu bertambah tegangan lampu berkurang. Untuk itu perlu perangkat pembatas arus yang dipasang seri dengan TL. Perangkat tersebut bisa berupa resistor (pada sumber DC), balas elektris atau elektronik.

Tabel 2.5. Karakteristik Beberapa Fluoresen

Senyawa	Aktifator	Panjang Gelombang Puncak (nm)	Nama Komersial
Strontium aluminat	Cerium	307	SAC
Gadolinium lantanum bismut - borat	---	312	GLBB
Barium disilikat	Timah hitam	349	BSP
Strontium barium magnesium-silikat	Timah hitam	365	SMS
Strontium tetra borat	Europium	368	SBE
Kalsium Wolfram	---	410	---
Seng silikat	Mangan	525	Willemit
Kalsium holofosfat	Antimon dan Mangan	579-585	Apatit
Yttrium oksida	Europium	610	YOX

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal55.

Kemampuan arus mengalir melalui tabung dikarenakan balast menghasilkan tegangan induksi yang tinggi. Namun tegangan induksi yang tinggi ini akan kembali normal ketika arus sudah mengalir melalui tabung. Sesaat setelah waktu kerja awal starter (yang berupa bimetal) memutuskan rangkaian. Tegangan kembali normal dan lampu menyala normal. Daya listrik awal lampu fluoresen umumnya 3 hingga 4 kalinya lampu pijar.



Gambar 2.6. Konstruksi Tabung Lampu Fluoresen

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal55.

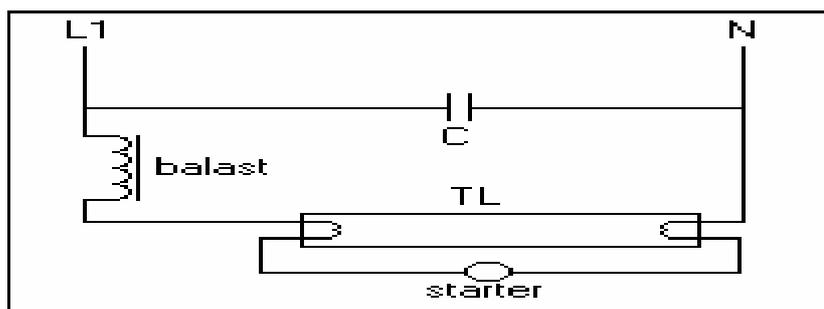
Keterangan pada gambar 2.6 yaitu: 1. pangkal, 2. merkuri, 3. gas *inert*, 4. elektroda, 5. *stempress*, 6. *fuse* (tabung pemadaman).

Fungsi balast ada 2 yaitu sebagai:

- Pembangkit tegangan induksi yang tinggi (dipengaruhi kerja starter) agar terjadi pelepasan elektron di dalam tabung.
- Membatasi arus yang melalui tabung setelah lampu berjalan normal.

Terdapat 4 macam balast yaitu berupa resistor, berupa kapasitor, berupa induktor, dan rangkaian elektronik.

Balast resistor merupakan balast yang tidak ekonomis karena menyebabkan kerugian daya yang besar dan energi listrik didisipasikan menjadi panas. Untuk mendapatkan kestabilan maka balast resistor harus disuplasi dengan tegangan yang bisa mencapai 2 kali tegangan normal.



Gambar 2.7. Hubungan Lampu fluoresen Tunggal

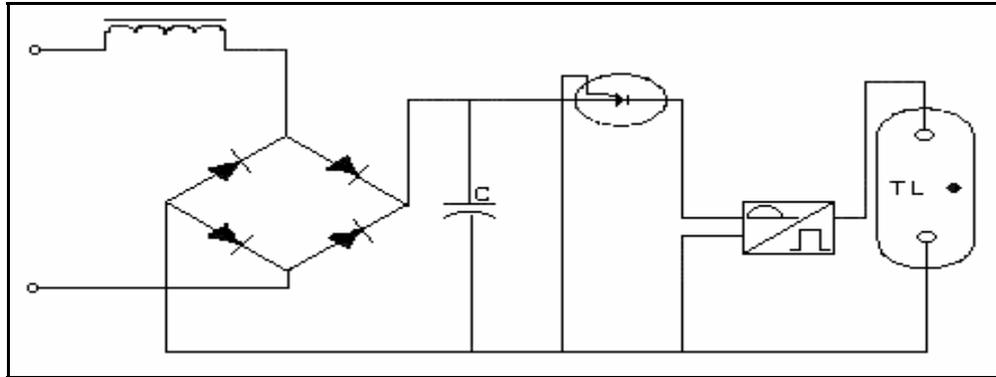
Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal56.

Balast kapasitor disebut juga lampu stabilisasi karena bentuknya memang seperti lampu pijar. Balast ini hampir tanpa kerugian. Balast kapasitor digunakan pada pemakaian frekuensi tinggi.

Balast induktor paling lazim digunakan untuk lampu tabung. Kerugian daya yang ditimbulkan lebih kecil dari pada balast resistor. Balast ini dipadukan dengan starter dapat menimbulkan tegangan induksi yang tinggi.

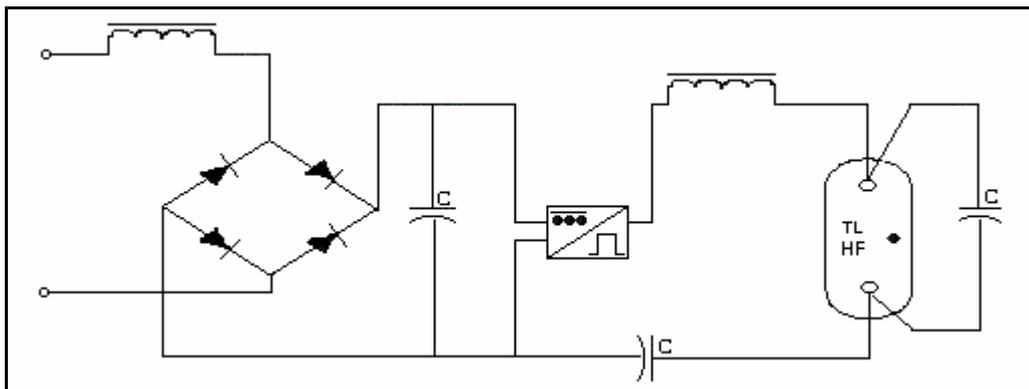
Balast elektronik tergolong lebih mahal dari balast lainnya, tetapi mempunyai beberapa keunggulan antara lain yaitu memperbaiki sistem dan menaikkan daya listrik awal, tidak adanya *flicker* atau efek stroboskopis, tidak

memerlukan starter, tidak menimbulkan interferensi radio, dan dapat digunakan untuk AC sekaligus DC.



Gambar 2.8. Balast Elektronik untuk Frekuensi Rendah

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal57.



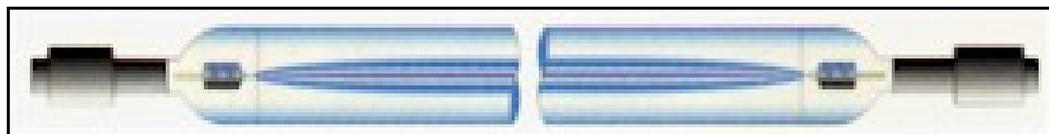
Gambar 2.9. Balast Elektronik untuk frekuensi Tinggi

Sumber: M.T, Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama, Juli 2001, hal57.

Terdapat 2 macam starter, yaitu: jenis termal dan jenis nyala (tabung starter diisi gas Helium tekanan rendah). Untuk menghilangkan interferensi radio, disarankan memparalel starter termal dengan kapasitor 0,005 mF sedangkan untuk starter *glow* di samping dengan kapasitor yang sama juga diseri dengan resistor 100ohm. Lampu fluoresen menggunakan balast induktor mempunyai faktor daya sebesar 0,5.

## 2.4. Lampu Ultraviolet

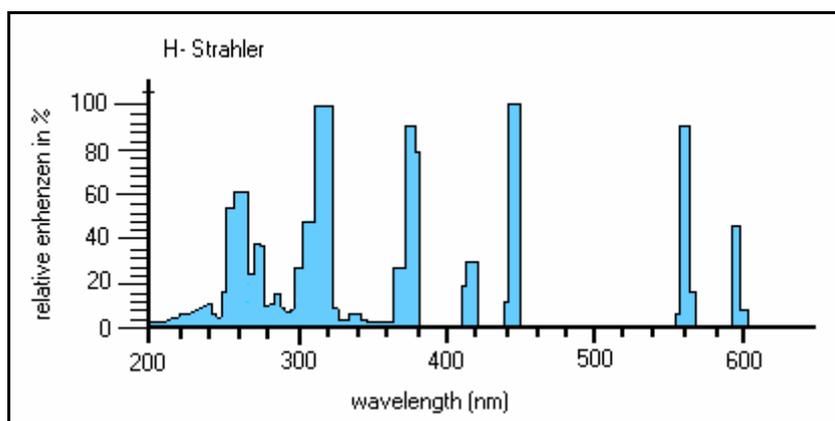
Sinar ultraviolet dibangkitkan dalam suatu lampu *discharge merkury* (air raksa), yaitu suatu tabung kwarsa (*quartz tube*) dengan uap air raksa, gas lembam, dua elektroda dan isolator untuk suspensi.



Gambar 2.10. Lampu Ultraviolet

Sumber: Sadechaf. *How does an UV-lamp function?*. Desember 2004  
<<http://www.sadechaf.be/sadeen/saden3-2.htm>>

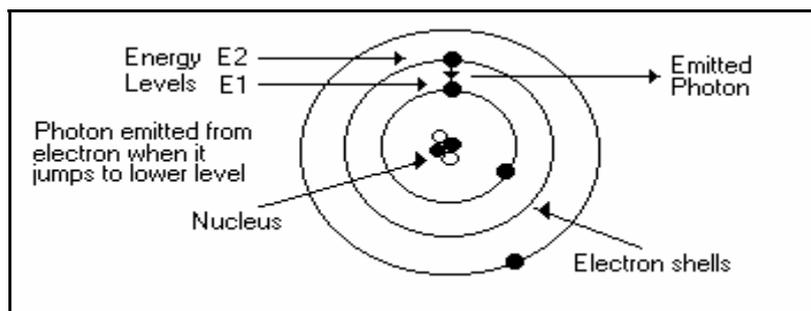
Mercury membangkitkan radiasi antara 200nm dan 400nm dengan nilai puncak pada 254nm, 310nm dan 366nm. Panjang gelombang yang terendah dipotong oleh kwarsa yang tidak mengirimkan radiasi lain dibawah 230nm.



Gambar 2.11. Radiasi Ultraviolet yang dibangkitkan oleh merkury

Sumber: Sadechaf. *How does an UV-lamp function?*. Desember 2004  
<<http://www.sadechaf.be/sadeen/saden3-2.htm>>

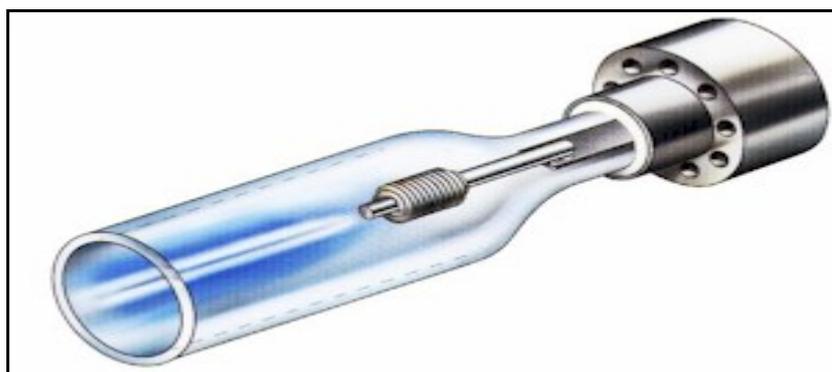
Setiap atom terdiri dari sebuah inti yang dikelilingi oleh sejumlah elektron mengambang dalam orbit yang tetap. Dengan menambahkan energi (elektrisitas) elektron dibawa masuk ke dalam orbit yang lebih tinggi. Setiap elemen menunjukkan suatu kecenderungan untuk kembali ke kondisi awalnya. Elektron akan kembali ke orbit asalnya yang lebih rendah apabila kelebihan energi dipancarkan sebagai proton.



Gambar 2.12. Struktur Atom

Sumber: Sadechaf. *How does an UV-lamp function?*. Desember 2004  
<<http://www.sadechaf.be/sadeen/saden3-2.htm>>

Lampu ultraviolet yang paling umum digunakan adalah *medium pressure mercury-arc lamp* atau *MPMA-lamp*. Lampu ini dapat dibuat dengan panjang mulai dari beberapa mm sampai lebih dari 2 meter. Masa *life time* dari lampu tersebut bervariasi mulai dari 1000 sampai 2500 jam.



Gambar 2.13. Penampang Lampu Ultraviolet

Sumber: Sadechaf. *How does an UV-lamp function?*. Desember 2004  
<<http://www.sadechaf.be/sadeen/saden3-2.htm>>

Lampu ini terbuat dari kwarsa karena kwarsa adalah satu-satunya bahan yang mengirimkan sinar ultraviolet dan pada saat yang sama menahan temperatur tinggi sebesar  $6^{\circ}\text{C}$ - $800^{\circ}\text{C}$ . Lampu ini akan sedikit memuai atau mengembang dan mempunyai titik lebur kwarsa (dari  $1100^{\circ}\text{C}$ ). Elektroda-elektroda terbuat dari tungsten dengan proses pembuatannya yang luar biasa kompleks. Tungsten digunakan karena kurva temperatur dapat meningkat sampai lebih dari  $3000^{\circ}\text{C}$ . Sambungan antara elektroda dan kabel disempurnakan dengan *molybdenum plate*

yang dapat memuai atau mengembang bersama dengan kwarsa ketika mulai panas dan masih dapat menahan tegangan tinggi.

## 2.5. Macam-Macam Insect Killer

*Insect Killer* yang ada mempunyai dua model, yaitu dengan menggunakan *electrical grid* (kawat dengan tegangan tinggi) dan dengan menggunakan *exhaust fan*.

### 2.5.1. *Insect Killer* dengan *Exhaust Fan*

*Insect killer* dengan *exhaust fan* ini benar-benar menarik semua serangga seperti magnet dengan menggunakan lampu UV-A (lampu ultraviolet) yang kemudian dengan sistem pengisapan khusus yang membawa serangga-serangga tersebut kedalam tempat pengumpulan dimana serangga-serangga tersebut mati.

Berikut ini beberapa *Insect killer* dengan *exhaust fan* dan spesifikasinya:

- *Insect Killer Mosquito Catcher* dari Camelot International Health Organization



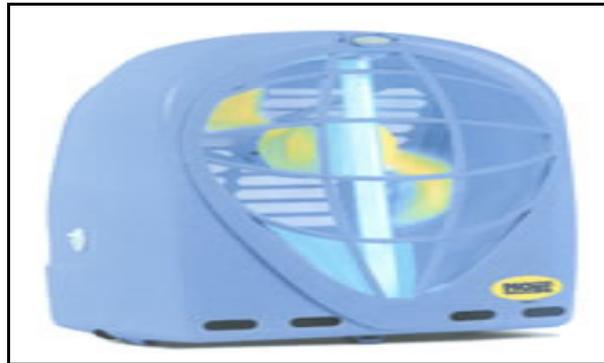
Gambar 2.14. *Insect Killer Mosquito Catcher*

Sumber: Camelot. *Insect Killer Mosquito Catcher*. Camelot International Health Organization. 2004. <<http://www.camelot.gr/>>

Spesifikasi:

- Menggunakan lampu UV-A (lampu ultraviolet) untuk menarik serangga.

- Mempunyai sistem pengisapan untuk serangga yang khusus untuk membawa serangga tersebut kedalam tempat pengumpulan dimana serangga tersebut mati.
- Insectivoro 3960



Gambar 2.15. Insectivoro 3960

Sumber: Pest Control. *Insect Control*. Pest Control Supplies and Home of The Zapper. Januari 2005. <<http://www.thezapper.co.uk/acatalog/index.htm/>>

Spesifikasi:

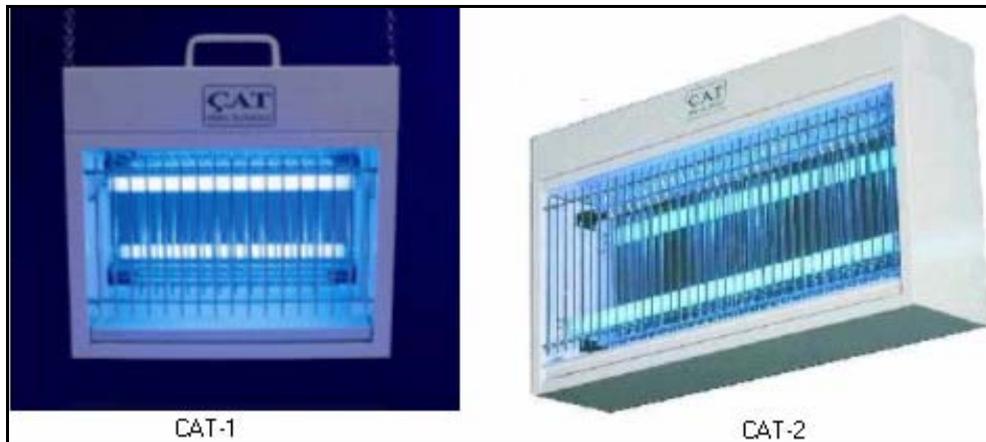
- Menarik serangga yang terbang seperti lalat, nyamuk, dan tawon.
- Mempunyai efisiensi penjebak kipas yang tinggi.
- Kipas yang tenang, tanpa tegangan tinggi, higienis.
- Serangga yang mati diluar pandangan penangkap kapasitas tinggi yang dapat dipindahkan, membutuhkan pengosongan tempat penampung serangga yang mati secara berkala.
- Dapat digunakan dalam rumah, kantor, pertokoan dan restoran.

#### 2.5.2. *Insect Killer* dengan *Electrical Grid*

*Insect killer* dengan *electrical grid* juga menggunakan lampu UV-A (lampu ultraviolet) untuk menarik serangga mendekati ke *electrical grid*, yang akan langsung membunuhnya begitu terkena ke *electrical grid* tersebut.

Berikut ini adalah beberapa *Insect killer* dengan *electrical grid* dan spesifikasinya:

- Electronic Insect Killer dari EMSAT Elektronik Mallar Sanayi ve Ticaret A.S.



Gambar 2.16. Electronic Insect Killer

Sumber: Emsat. *Electronic Insect Killer*. Emsat Elektronik Mallar Sanayi ve Ticaret A.s. April 2001. <<http://www.era-electronic.com/emSAT>>

Ciri-ciri:

- Menarik nyamuk dan lalat dengan sinar ultraviolet dan membunuhnya dengan kejutan tegangan tinggi.
- Dekoratif dan mudah digunakan.
- Konsumsi rendah dan masa *life time* yang panjang dari ballast elektronik.
- Generator elektronik tegangan tinggi yang aman.
- Daya tegangan tinggi yang besar dengan tujuan untuk membunuh lalat besar.
- Range pengoperasian tegangan yang lebar.

Aplikasi:

- Didalam rumah dan hotel.
- Restoran, dapur, bar dan kafe.
- Pertanian.

Spesifikasi teknis dari Elektronik Insect Killer dapat dilihat pada tabel 2.6 .

Tabel 2.6. Spesifikasi Elektronik Insect Killer

Model	CAT-1	CAT-2
Tegangan operasi dan toleransi-nya	230VAC (150-250VAC)	230VAC (150-250VAC)
Daya	20W	40W
Frekuensi	50Hz	50Hz
Tegangan grid	8KVDC	8KVDC
Tabung fluoresen	2×8W UV BL (Philips)	2×20W UV BL (Philips)
Berat bersih (dengan tabung)	5,040 gr	9,230 gr
Panjang (cm)	35	65
Lebar (cm)	15	15
Tinggi (cm)	33	40

Sumber: Emsat. *Electronic Insect Killer*. Emsat Elektronik Mallar Sanayi ve Ticaret A.s. April 2001. <<http://www.era-electronic.com/emsat>>

- Patio and Garden Lantern Insect Killer



Gambar 2.17. Patio and Garden Lantern Insect Killer

Sumber: Pest Control. *Insect Control*. Pest Control Supplies and Home of The Zapper. Januari 2005. <<http://www.thezapper.co.uk/acatalog/index.htm/>>

*Patio and Garden Lantern Insect Killer* mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Lampu ultraviolet menarik serangga ke electrical grid dengan tegangan 1500V.
- Menarik dan membunuh lalat, tawon, dan nyamuk dalam radius 10 meter.
- Melindungi pekarangan dan taman tanpa penggunaan alat semprot (spray).

## 2.6. Pembangkit Tegangan Tinggi

Pembangkit tegangan tinggi digunakan untuk menghasilkan output tegangan tinggi 1000V<sub>DC</sub> dari input tegangan jala-jala listrik 220V<sub>AC</sub>. Pembangkit tegangan tinggi ini menggunakan catu daya jenis *switching* (elektronik) yang ditandai dengan adanya penggunaan peranti semikonduktor yang berfungsi untuk men-*switch* (mensakelar) atau menahan aliran arus didalam catu. Metoda ini menimbulkan keuntungan daripada metoda tradisional (linier). Keuntungan utama adalah efisiensi yang tinggi, ukuran lebih kompak, dan kemampuannya untuk dapat beroperasi pada kisaran tegangan masukan lebih lebar.

Catu daya elektronik seringkali berarti pengubah (*altering*), pengendalian (*controlling*), atau pengaturan (*regulating*) daya listrik. Kata pengatur cukup padat artinya, mengubah AC ke DC (*invert*) atau sebaliknya, menghaluskan (regulasi), mengubah tingkat tegangan atau arus, dan termasuk penyearah gelombang (*rectify*) bila diinginkan keluaran DC.

Catu daya *switching* adalah suatu rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai pengubah, mengendalikan, dan mengatur aliran daya listrik dari PLN sehingga menjadi bentuk yang sesuai dengan kebutuhan daya pada beban, dimana proses- proses tersebut dilakukan secara elektronik.

Untuk menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai maka pada pembangkit tegangan tinggi ini terdiri dari 3 bagian dasar yaitu:

- Penyearah dan filter DC
- *Inverter*
- *Pulse Width Modulation* (PWM)

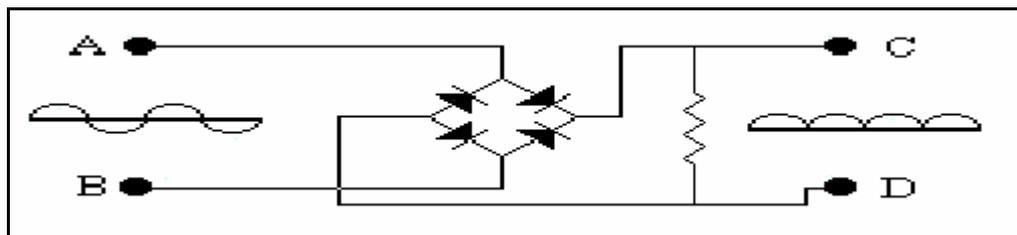
Berikut ini adalah pembahasan masing-masing bagian dasar tersebut:

### 2.6.1. Penyearah dan Filter DC

Bagian ini berfungsi untuk mengubah sinyal AC dari jala-jala menjadi DC dengan tegangan tertentu.

- Penyearah *Full Wave*

Rangkaian penyearah ini terdiri dari dioda *bridge* untuk menghasilkan penyearah gelombang penuh agar lebih mudah membentuk sinyal DC yang rata.

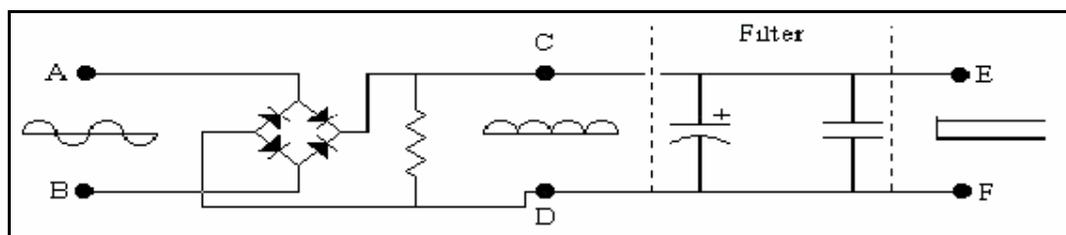


Gambar 2.18. Penyearah Gelombang Penuh

- Filter DC

Rangkaian Filter DC ini terdiri dari kapasitor polar dan non polar yang dihubungkan secara paralel. Kapasitor polar akan meratakan sinyal sehingga membentuk sinyal DC, dan kapasitor non polar berfungsi untuk menghilangkan noise berupa ripple sehingga penggabungan kapasitor tersebut akan membuat sinyal DC yang rata. Besarnya tegangan DC adalah

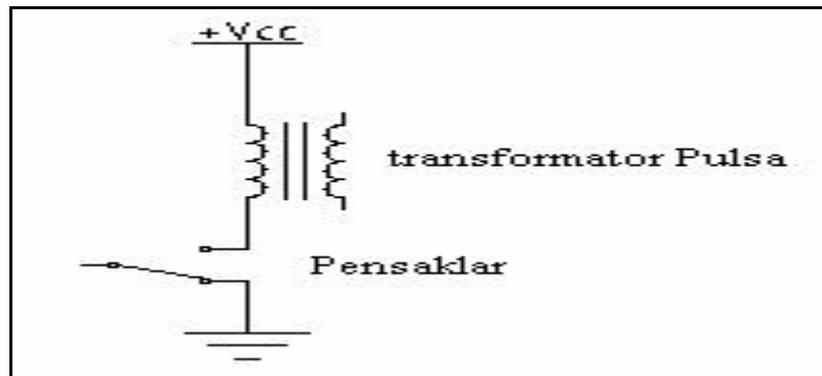
$$V_{DC} = V_{AC} \cdot \sqrt{2} \quad (2.3)$$



Gambar 2.19. Filter DC

### 2.6.2. Inverter

Bagian ini dibentuk oleh dua buah bagian yaitu Transformator pulsa dan Pensaklar (*switcher*). Inverter ini dapat menaikkan (*booster*) dan menurunkan (*buck*) daya. Secara umum inverter digambarkan seperti pada gambar 2.20.



Gambar 2.20. Rangkaian *Inverter*

Sumber: Pressman, Abraham.I. *Switching Power Supply Design*. Singapore: McGraw-Hill, Inc. 1992. p.25.

Rangkaian *inverter* mengkonversikan daya DC menjadi daya AC, dimana proses tersebut melibatkan komponen pensaklar (*switcher*) untuk pembentukan sinyalnya. Komponen pensaklar tersebut biasa dilakukan oleh transistor, MOSFET, IGBT, dll.

- Transformator Pulsa

Transformator dapat didefinisikan sebagai suatu peralatan tetap (statis) yang dapat memindahkan daya listrik dari satu rangkaian (rangkaian primer) ke rangkaian yang lain (rangkaian sekunder) tanpa adanya perubahan frekuensi. Transformator terdiri dari dua bagian kumparan induktif yang terpisah secara listrik tetapi terhubung secara magnetis. Pada pembahasan selanjutnya akan banyak mengarah transformator pulsa dengan inti berbentuk toroida.

Untuk mempermudah pemahaman maka analisa dilakukan pada transformator ideal, skema transformator ideal seperti pada gambar 2.21. Kumparan primer disebut  $N_p$ , sementara kumparan sekunder disebut  $N_s$ , induktansi primer disebut  $L_p$ , induktansi sekunder disebut  $L_s$ .  $M$  adalah induktansi bersama (*mutual inductance*) antara kumparan primer dan kumparan sekunder. Terdapat koefisien  $K$  antara bagian primer dan sekunder, untuk transformator ideal  $K = 1$ . Berikut ini adalah formulasi yang berhubungan dengan beberapa variable diatas:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_p \cdot L_s}} \quad (2.4)$$

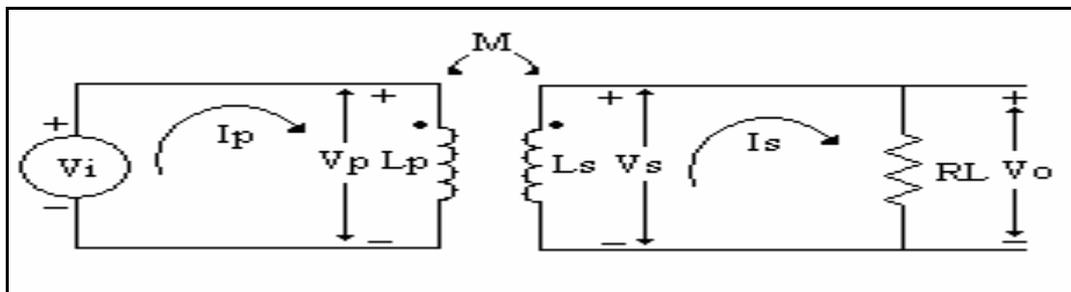
Nilai  $K < 1$ , untuk transformator tidak ideal

$$\frac{V_o}{V_p} = \frac{N_p}{N_s} = n \quad (2.5)$$

$n$  adalah perubahan rasio transformasi tegangan

$$\frac{V_o}{V_p} = \frac{I_p}{I_s} = n \quad (2.6)$$

$$\sqrt{\frac{L_s}{L_p}} = \frac{N_p}{N_s} = n \quad (2.7)$$



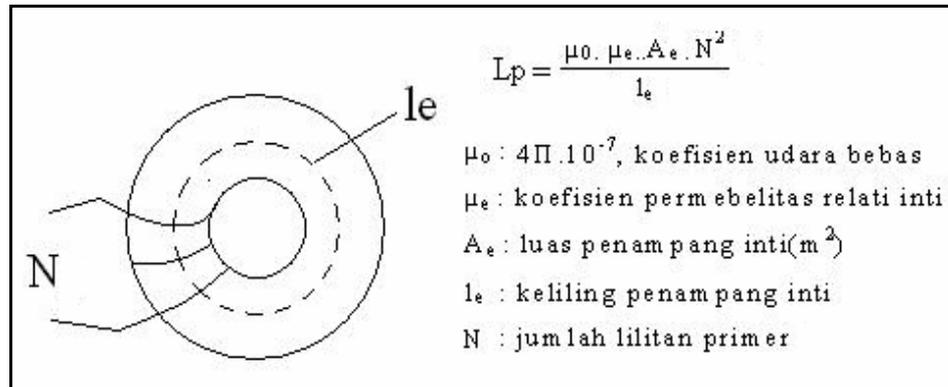
Gambar 2.21. Transformator

Sumber: Nadkarni, M.A., and S.R.Bhat. *Pulse Transformers Design and Fabrication*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1985. p.4.

$M$  adalah induksi bersama ( $M = \text{Mutual Induction}$ ) antara dua bagian primer dan sekunder yang dihubungkan oleh fluks magnet ( $\Phi, \Phi = B \cdot A$ ). Dalam bentuk sederhana, transformator terdiri dari dua kumparan induktif yang secara listrik terpisah, tetapi secara magnet terhubung. Kedua kumparan tersebut mempunyai induksi bersama (*Mutual Induction*). Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan suatu tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik akan timbul di dalam inti, sehingga akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl) induksi yang sesuai dengan hukum Faraday. Jika rangkaian kedua dihubungkan dengan beban, arus akan mengalir dalam rangkaian dan daya listrik diberikan dari kumparan primer ke kumparan sekunder.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan beberapa parameter dalam perancangan transformator pulsa:

- ♣ Dimensi, faktor rugi (*losses*)
- ♣ Frekuensi tinggi
- ♣ *Bandwidth* rasio penguatan.
- ♣ Induktansi induktor (L)



Gambar 2.22. Transformator Pulsa Toroida

Sumber: Nadkarni, M.A., and S.R.Bhat. *Pulse Transformers Design and Fabrication*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1985. p.8.

Besar nilai induktansi induktor ditentukan dengan:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \quad (2.8)$$

dimana:

L : Induktansi (H)

$\mu$  : Permeabilitas inti (*core*)

$\mu_0$  :  $4\pi \cdot 10^{-7}$

N : Jumlah lilitan induktor

A : Luas penampang induktor ( $m^2$ )

l : Panjang induktor

- ♣ Perkiraan lilitan primer ( $N_p$ )

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{A l}} \quad (2.9)$$

dimana:

$L_p$  : Induktansi primer

A l : Luas penampang

♣ Induksi *magnetic*

Induksi *magnetic* memiliki batas saturasi, dimana medan listrik (B) transformator pada batas jenuh dan tidak bisa meningkatkan induksi magnetiknya. Jadi untuk merancang transformator pulsa perlu diperhatikan medan listrik maksimalnya ( $B_{maks}$ ).

$$B_{maks} = \frac{a \cdot V \cdot td}{N_p \cdot Ae} \quad (2.10)$$

dan

$$a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.11)$$

dimana:

V : Amplitudo pulsa (V)

td : Selang waktu (detik)

$N_p$  : Lilitan primer ( $m^2$ )

$A_e$  : Penampang inti

$R_1$  : Resistansi lilitan primer

$R_2$  : Resistansi lilitan sekunder

♣ Induktansi *magnetic* pada bagian primer ( $L_p$ )

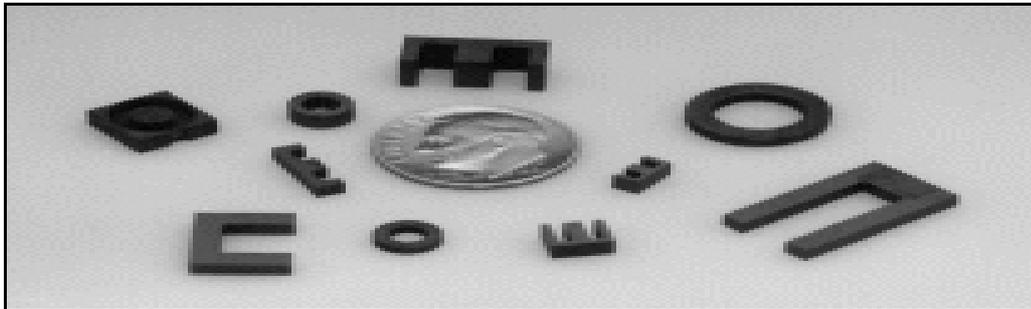
Ketika transformator pertama kali muncul, bahan feromagnetik, terutama besi banyak digunakan sebagai inti. Sejalan dengan tuntutan karakteristik yang semakin menghendaki kesempurnaan, seperti arus Eddy yang rendah, maka muncullah inti yang berlaminasi (berlapis-lapis).

Inti yang dipakai pada transformator adalah *ferrite*, yang mempunyai nama kimia  $Fe_2O_3XO$ , dimana X melambangkan satu atau lebih dari satu logam lain, misalnya : Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mg, Cd. *Ferrite* dibentuk pada temperatur tinggi dari campuran oksida besi yang berbentuk bubuk dan oksida-oksida logam lain.

Dipilihnya *ferrite* sebagai inti karena *ferrite* mempunyai keunggulan yaitu mempunyai permeabilitas yang tinggi dan dapat dipergunakan untuk frekuensi tinggi tanpa rugi-rugi arus Eddy menjadi besar.

*Ferrite* sangat cocok dipakai untuk frekuensi tinggi, dan secara khusus biasanya dipakai sebagai inti transformator pulsa. Tetapi ferrite mempunyai

bermacam-macam bentuk, antara lain: *pot cores*, *square cores (RM cores)*, *E cores*, *H cores*, *U cores*, dan *toroids (ring cores)*. Untuk lebih memperjelas pembahasan, gambar dari masing-masing model inti dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 2.23. Bentuk-Bentuk Inti Ferrit

Sumber: Epcos. *Ferrites Cores*. Februari 2004.

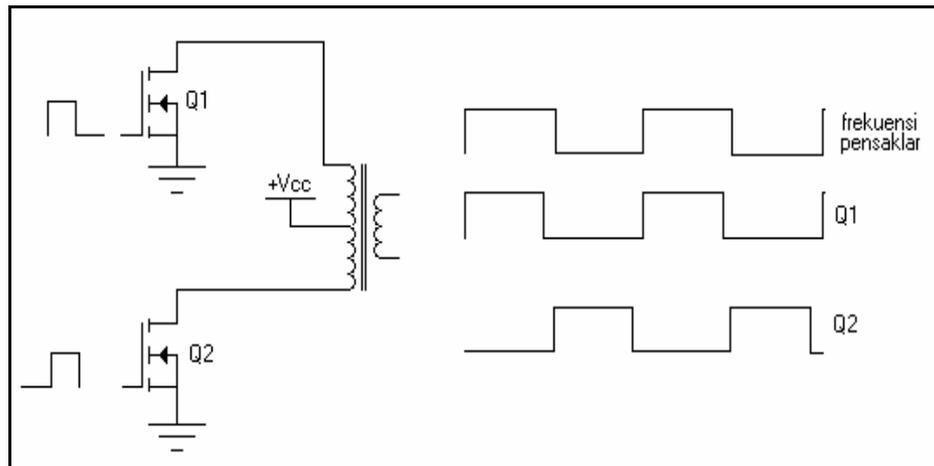
<<http://www.epcos.com/web/publikationen/pdf/ferrites-cores.pdf>>

- Pensaklar (*switcher*)

Pensaklaran (*switcher*) dilakukan untuk menyediakan daya untuk transformator pulsa dimana daya tersebut berupa sinyal (tidak boleh kontinu). pada proses pensaklaran (*switching*) ini ada variabel yang dikendalikan yaitu perubahan suplai arus terhadap waktu ( $\Delta i/\Delta t$ ). Pada proses itu daya dapat diubah-ubah menurut keinginan dengan mengatur waktu “ON” saklar. Piranti pensaklar dapat dipakai Transistor atau MOSFET dimana pemakaiannya disesuaikan dengan kontrol yang diinginkan. Metoda pensaklaran (*switching*) yang digunakan yaitu:

- ♣ Metoda *Push Pull*

Model ini menggunakan 2 saklar yang disulut (trigger) secara bergantian (beda  $180^\circ$  AC,  $90^\circ$  DC). Adapun penggunaannya pada kumparan primer transformator pulsa harus dalam konfigurasi *centre tab (CT)*. Berikut adalah penjelasannya.

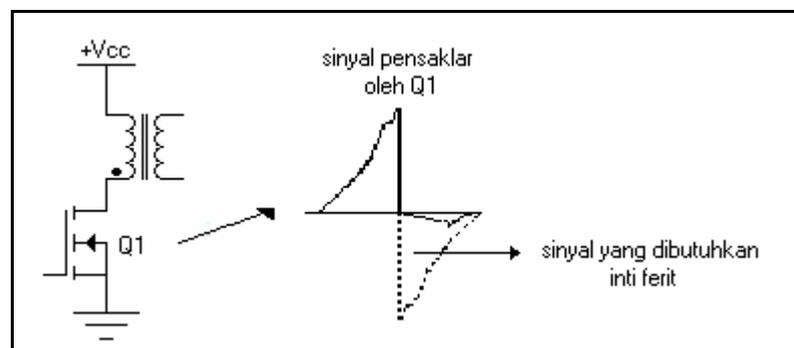


Gambar 2.24. Rangkaian Metoda *Push Pull*

Keluaran dari rangkaian ini sudah cukup stabil dan memenuhi syarat untuk aplikasi catu daya DC simetris karena sinyal keluaran dalam bentuk *bipolar*, namun sinyal kurang bersih karena kumparan primer transformator pulsa terdiri dari sebuah kumparan yang dibagi dua bagian sama besar, efek tersebut tidak dapat ditekan secara signifikan meski diberikan rangkaian *snubber*.

♣ Metoda *Single Ended*

Metoda yang menggunakan pensuplaian daya maju saja (*forward*). Model ini memiliki konfigurasi yang relatif sederhana dalam pengontrolan, namun kesetabilan daya kurang baik karena bila dikaitkan lagi dengan sifat inti ferit dari transformator pulsa yang membutuhkan sinyal “*Reset*” setelah satu siklus. Keterangan pada gambar dibawah ini:

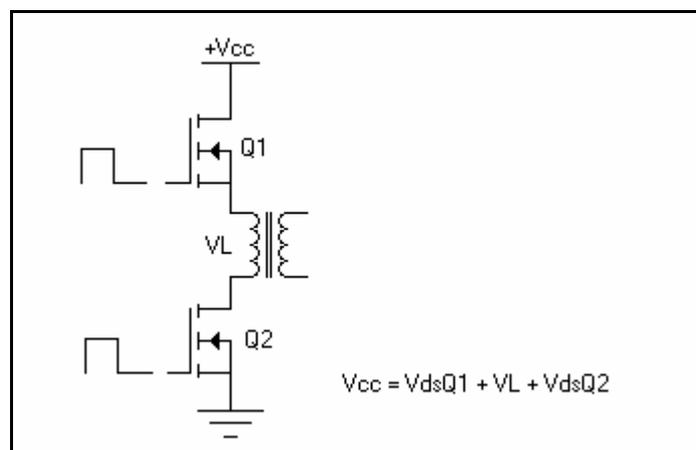


Gambar 2.25. Rangkaian dan Sinyal Metoda *Single Ended*

Rangkaian ini dianjurkan untuk kegunaan catu daya DC tunggal, sebab sinyal yang dihasilkan *unipolar*

♣ Metoda *Half-Bridges*

Jenis ini mirip sekali dengan metoda *single ended*, hanya saja sangat menguntungkan untuk tegangan masukan dc yang tinggi karena tegangan tinggi tersebut akan dibagi tegangannya pada 2 buah saklar, ini sangat dibutuhkan bila digunakan piranti transistor *bipolar* atau MOSFET. Hasil keluaran rangkaian ini berupa sinyal *unipolar*.

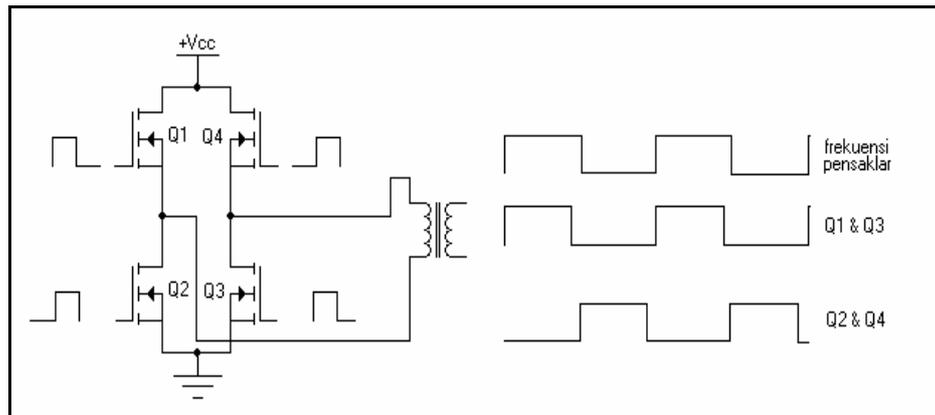


Gambar 2.26. Rangkaian Metoda *Half-Bridge*

Untuk mendapatkan kesetabilan sinyal, model ini perlu mendapat perhatian cukup serius melihat posisi Q1 dan Q2 yang terpisah oleh kumparan yang nilainya selalu berfluktuasi dan juga tegangan Vcc yang tak terkendali secara penuh. Rangkaian ini cocok untuk catu daya yang tidak terlalu membutuhkan kesetabilan tinggi atau untuk beban yang tidak linier. Hasil dari rangkaian ini ditemui paling banyak kelemahannya dibanding metoda lainnya.

♣ Metoda *Full-Bridge*

Pada metoda *Push – Pull* ini, penyulutan (*Triggering*) dilakukan pada transistor secara berpasangan yaitu Q1-Q3 DAN Q2-Q4 sehingga suplai arus antara pasangan transistor berarah saling berlawanan dan menghasilkan sinyal “*Set–Reset*”. Metode ini menghasilkan sinyal keluaran berupa sinyal *bipolar* yang simetris. Berikut gambar rangkaian:



Gambar 2.27. Rangkaian Metoda *Full-Bridge*

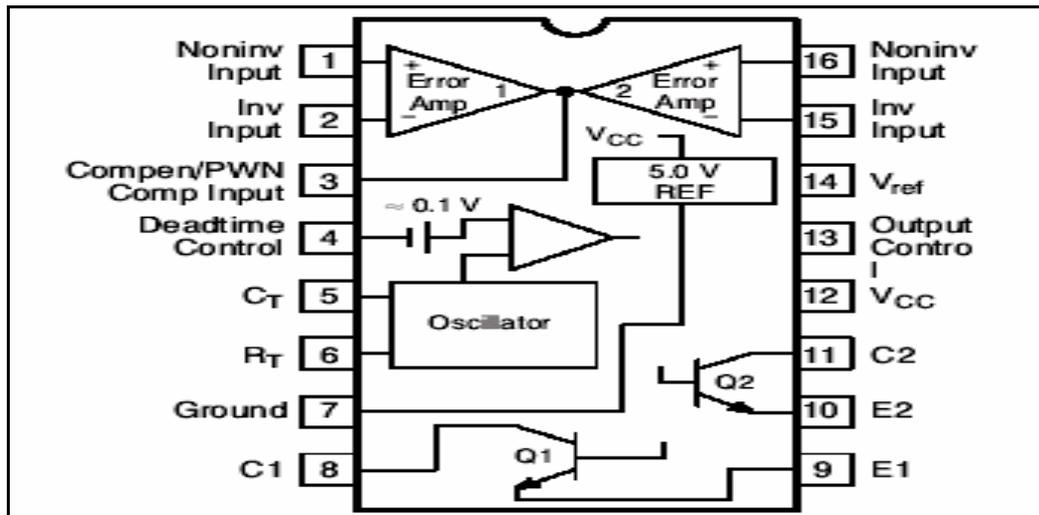
Seperti halnya metoda *Half – Bridge*, metoda ini juga membutuhkan perhatian yang serius pada pensaklarannya karena jalur masukan kurang stabil ( $V_{cc}$ ) dan pasanan transistor yang saling terpisah oleh kumparan yang kebutuhan tegangannya berubah-ubah menurut beban.

### 2.6.3. Pulse Width Modulation (PWM)<sup>3</sup>

PWM, atau *Pulse Width Modulation*, adalah suatu metode pengontrolan dengan memanfaatkan lebar pulsa untuk memberikan variasi suplai arus. Pembentukan PWM, suatu sinyal gergaji yang dimodulasi oleh level tegangan DC akan memunculkan variasi lebar pulsa sesuai level tegangan tersebut.

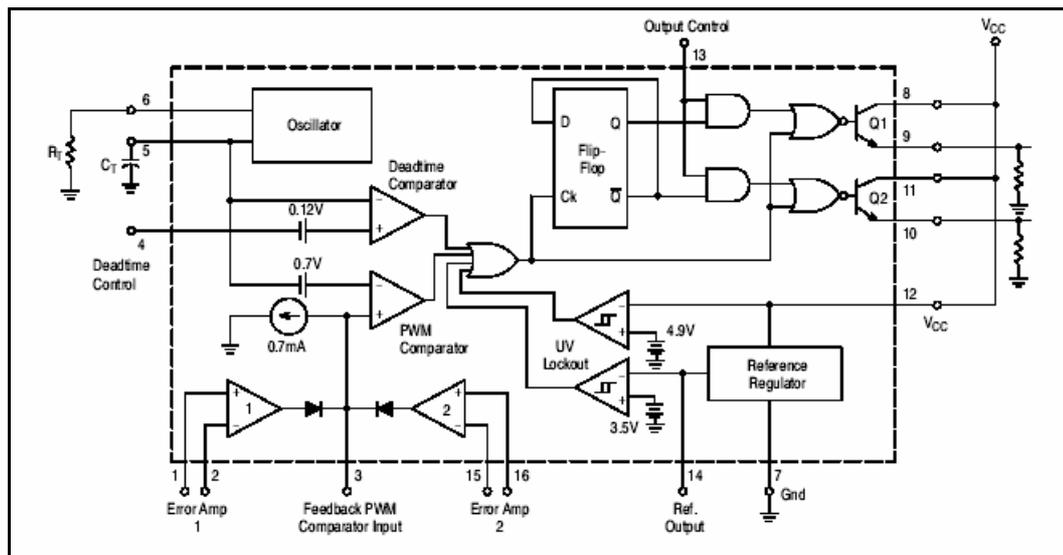
PWM merupakan suatu *on-off switching*. Jumlah daya yang dikirimkan ke beban adalah proporsional dengan persentase waktu pada keadaan beban dihubungkan.

<sup>3</sup> *Switchmode Pulse Width Modulation Control Circuit*. Semiconductor Components Industries, LLC. April 2004. <<http://linefeed.org/mic/TL4974CN.pdf>>



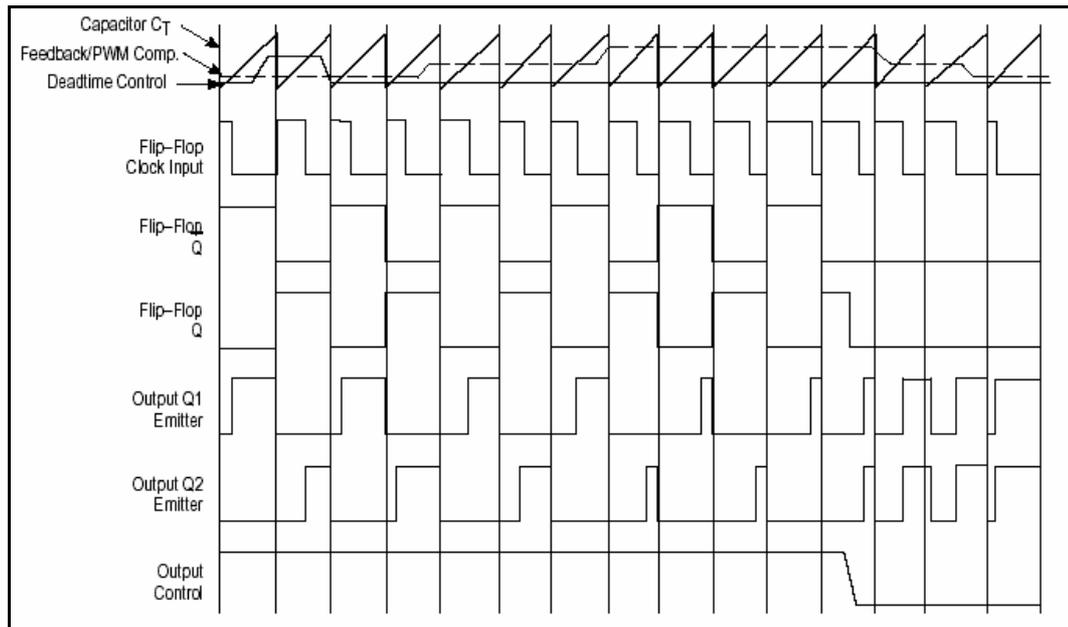
Gambar 2.28. Susunan Pin TL494CN

Sumber: *Switchmode Pulse Width Modulation Control Circuit*. Semiconductor Components Industries, LLC. April 2004.  
 <<http://linefeed.org/mic/TL4974CN.pdf>>



Gambar 2.29. Blok Diagram Internal TL494CN

Sumber: *Switchmode Pulse Width Modulation Control Circuit*. Semiconductor Components Industries, LLC. April 2004.  
 <<http://linefeed.org/mic/TL4974CN.pdf>>



Gambar 2.30. Timing Diagram TL494CN

Sumber: *Switchmode Pulse Width Modulation Control Circuit*. Semiconductor Components Industries, LLC. April 2004.  
<http://linefeed.org/mic/TL4974CN.pdf>

TL 494 adalah suatu sirkuit kontrol *pulse width modulation* berfrekuensi tetap, menggabungkan *primary building blocks* yang dibutuhkan sebagai kontrol dari suatu *switching power supply*. Bagian dalam osilator gelombang segitiga linear merupakan frekuensi yang dapat diprogram oleh dua buah komponen luar yaitu  $R_T$  dan  $C_T$ . Perkiraan nilai frekuensi osilator ditentukan oleh persamaan:

$$f_{osc} = \frac{1,1}{R_T \cdot C_T} \quad (2.12)$$

Untuk Mendapatkan nilai aktual dari keluaran ( $V_o$ ) PWM (DC) maka berikut formulasinya;

$$V_o = V_i \cdot \text{Duty cycle} \quad (2.13)$$

$$V_i = V_{E_{Q1}} = V_{E_{Q2}} \quad (2.14)$$

$$V_{CEQ1} = V_{CEQ2} = 2 \text{ volt} \quad (2.15)$$

Lihat pada gambar 2.30. *Output* PWM diselesaikan dengan perbandingan bentuk gelombang segitiga positif terhadap kapasitor  $C_T$  pada kedua sinyal kontrol yang lain. Gerbang NOR, yang mengatur *output* transistor Q1 dan Q2 hanya dapat aktif apabila garis *input clock flip-flop* berada pada keadaan *low*. Hal ini hanya terjadi selama bagian waktu ketika tegangan gelombang segitiga lebih besar dari

sinyal kontrol. Oleh karena itu, peningkatan dalam amplitudo kontrol sinyal secara bersamaan menyebabkan penurunan linear dari *output* lebar pulsa (mengacu pada *timing diagram* pada gambar 2.30)

Sinyal control merupakan *input* eksternal yang dapat dimasukkan ke kontrol *deadtime*, *input error amplifier*, atau *input feedback* (*input* bolak-balik). Komparator kontrol *deadtime* mempunyai sebuah *input* efektif seimbang 120mV yang mana batas minimum *output deadtime* kira-kira 4% dari nilai pertama putaran waktu gelombang segitiga. Hal ini adalah hasil *duty cycle* maksimum dalam pemberian 96% output dengan *output* kontrol di-ground-kan, dan 48% dengannya dihubungkan pada garis referensi yang ditentukan. *Deadtime* tambahan mungkin menentukan pada *output* dengan mengatur *input* kontrol *deadtime* dalam tegangan tetap, dengan range 0 – 3,3V.

Komparator PWM menyediakan suatu bagian untuk *error amplifier* dalam mengatur *output* PWM dari persentase waktu maksimum, ditetapkan oleh *input* kontrol *deadtime*, turun sampai nol, sebagai tegangan pada pin *feedback* yang bervariasi dari 0,5V sampai 3,5V. Kedua *error amplifier* mempunyai sebuah *mode input* yang umum dengan range -0,3V sampai ( $V_{CC}-2V$ ), dan mungkin dapat digunakan untuk merasakan *output* tegangan dan arus dari *power supply*. *Output error amplifier* adalah aktif *high* dan di-OR-kan bersama pada *input noninverting* dari komparator PWM. Dengan susunan ini, *amplifier* dengan permintaan *output* waktu minimum, mendominasi kontrol *loop*.

Ketika kapasitor *discharged* (pembuangan atau pelepasan), sebuah pulsa positif dibangkitkan pada *output* komparator *deadtime*, dimana *clock* dari pulsa, mengatur *flip-flop* dan menghalangi *output* transistor Q1 dan Q2, dengan kontrol *output* yang dihubungkan dengan garis referensi, pulsa mengatur *flip-flop* langsung searah dengan pulsa modulasi ke salah satu dari kedua *output* transistor bergantian untuk *push-pull operation*. Frekuensi *output* sama dengan setengah dari osilator. *Output drive* dapat juga diambil dari Q1 atau Q2, ketika *single-ended operation* dengan waktu maksimum yang dicapai kurang dari 50%. Ini diinginkan ketika *output* transformator mempunyai *ringback winding* dengan *catch diode* yang digunakan untuk *snubbing*. Ketika arus *output drive* lebih tinggi dibutuhkan untuk *single-ended operation*, Q1 dan Q2 mungkin dihubungkan secara paralel

dan *output mode pin* harus dihubungkan ke *ground* untuk mematikan *flip-flop*. Frekuensi *output* sekarang akan sama dengan osilator.

TL 494 mempunyai tegangan referensi *internal* 5,0V yang mampu untuk membangkitkan hingga 10mA dari arus beban untuk sirkuit bias eksternal. Nilai referensi mempunyai ketelitian internal dari  $\pm 5,0\%$  dengan sebuah tipe penyimpangan thermal kurang dari 50mV melebihi sebuah nilai *operating* temperatur dengan range  $0^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$ .

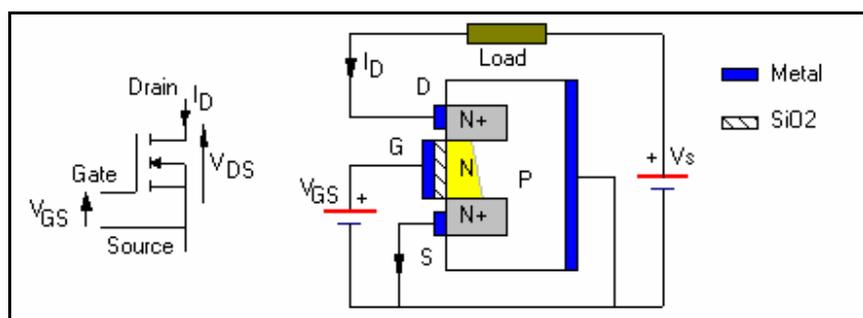
#### 2.6.4. Enhancement-type MOSFET

FET *semikonduktor oksida-logam* (*metal-oxide semiconductor* FET), atau disingkat MOSFET mempunyai sumber gerbang dan penguras. Berbeda dengan JFET, gerbang diisolasikan dari saluran. Oleh karena itu, arus gerbang menjadi amat kecil. Hal ini tidak dipengaruhi oleh positif atau negatifnya gerbang itu. MOSFET kadang-kadang disebut sebagai IGFET, singkatan dari *insulated gate* FET (FET gerbang-terisolasi).

MOSFET atau *Metal-Oxide Semiconductor* FET, memiliki sebuah sumber (*source*), gerbang (*gate*), dan saluran (*drain*). MOSFET tipe *enhancement* atau E-MOSFET, secara luas digunakan dalam kedua macam rangkaian baik diskret maupun terpadu. Dalam rangkaian diskret, kegunaan utamanya adalah untuk pensaklaran daya, yang berarti mengubah arus besar menjadi hidup atau mati. Dalam rangkaian terpadu, kegunaan utamanya adalah dalam pensaklaran digital, proses dasar di belakang komputer modern.

*N-channel enhancement type* MOSFET adalah yang paling populer dalam rangkaian *power switching* dan aplikasinya. Untuk men-*drive* tegangan atau tegangan diaplikasikan diantara *gate* dan *source* untuk men-*switch* MOSFET ON harus melebihi nilai *threshold*  $V_T$  4V walaupun nilai 10-12V secara nyata dibutuhkan untuk memastikan bahwa MOSFET tersebut benar-benar ON. Pengurangan drive tegangan dibawah nilai  $V_T$  akan menyebabkan MOSFET menjadi OFF. Sayangnya, MOSFET walaupun merupakan *switching* yang sangat cepat tetapi tidak dapat mensupport arus dan tegangan yang sangat besar dan menghasilkan tegangan *drain-source* yang sangat besar ketika keadaan ON.

Sebuah penyederhanaan diagram dari *N-channel enhancement-type* MOSFET seperti gambar 2.31. Hubungan *drain* dan *source* dibuat untuk meningkatkan konduksi daerah *high doped*. *Gate* logam (metal) secara listrik diisolasi dari tipe-p *substrate* oleh sebuah lapisan non konduksi silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ). Ketika tegangan positif diterapkan pada *gate* dengan mengenai *source* sebuah daerah listrik akan diciptakan pointing away dari dasar dan melintasi daerah p secara langsung dibawah dasar. Daerah listrik akan menyebabkan atau meningkatkan sebuah daerah n dari tempat asalnya. Konduksi kemudian dapat menggantikan antara  $\text{N}^+(\text{drain})$   $\text{N}$  (daerah peningkatan)  $\text{N}^+(\text{source})$ . Meningkatkan atau menurunkan gerbang tegangan akan menyebabkan *induced* saluran N untuk meningkatkan atau menurunkan dalam ukuran demikian mengontrol konduksi.



Gambar 2.31. Mosfet Tipe Enhancement N-Channel

Sumber: Power designers. *Mosfet*. Februari 2004.

<[http://www.powerdesigners.com/infoweb/design\\_center/articles/MOSFETs/mosfets.shtm](http://www.powerdesigners.com/infoweb/design_center/articles/MOSFETs/mosfets.shtm)>

Dalam praktek, sebuah arus besar kira-kira 1-2A hampir dapat dipenuhi untuk membebani kapasitansi *gate* saat menghidupkan untuk menjamin bahwa saat menghidupkan kecil. Dalam hubungan dengan arus bocor *gate*, *nano-amps* dibutuhkan untuk mempertahankan tegangan *gate*. Ketika alat ini dalam keadaan ON, tegangan negatif sering diterapkan saat mematikan untuk menghentikan *gate* dalam mempercepat *switch* OFF. MOSFET mempunyai sebuah koefisien temperatur positif. Ini berarti bahwa seperti MOSFET memanaskan dibawah kondisi arus tinggi atau meningkatkan arus secara cepat antara drain dan source. Impedansi dari alat yang meningkat dapat membatasi beberapa peningkatan arus

lebih jauh. Gangguan sekunder yang ditimbulkan tidak mungkin dapat diatasi dengan sebuah MOSFET.

Gambar 2.31 menunjukkan polaritas pembiasan normal. Ketika tegangan gerbang nol, arus diantara *source* dan *drain* adalah nol. Untuk alasan ini, E-MOSFET biasanya tidak aktif ketika tegangan *gate* nol. Untuk mendapatkan arus pada *source* dan *drain* maka tegangan pada *gate* diberi nilai positif. Ketika *gate* menjadi positif, maka ia menarik elektron bebas ke daerah p.

Parameter-parameter penting dalam MOSFET:

- $V_{DS}$  (tegangan maksimum drain-source).  $V_{DS}$  adalah tegangan pengoperasian langsung
- $I_D$  (arus *drain*).  $I_D$  adalah arus maksimum MOSFET dapat mengalir
- $I_{DM}$  (arus *drain* pulsa maksimum).  $I_{DM}$  lebih besar dari  $I_D$  dan ditetapkan untuk lebar pulsa dan *duty cycle* tertentu
- $V_{GS}$  (tegangan *gate source* maksimum).  $V_{GS}$  adalah tegangan maksimum yang dapat diaplikasikan antara *gate* dan *source* tanpa merusak isolasi gate.
- $V_T$  (tegangan *threshold gate*,  $V_{TH}$ ,  $V_{GS(TH)}$ ).  $V_T$  adalah tegangan minimum *gate* dimana transistor akan ON.