

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penulisan laporan tugas akhir ini menggunakan beberapa referensi mengenai studi *drop* tegangan pada jaringan distribusi yang sebelumnya sudah ada.

Jatuh tegangan di penyulang Pagentenan tidak memenuhi standart pelayanan kepada pelanggan dalam tegangan menengah pola jaringan radial yaitu 5% dari tegangan sistem^[3]. Hasil yang diperoleh dengan perhitungan secara manual dengan menggunakan rumus diperoleh jatuh tegangan sebesar 13,23% dengan panjang jaringan 89,16 kms (dengan nilai $\cos\phi = 0,85$ dan $\sin\phi = 0,50$ konstan persection) dan pada program ETAP 4.0 sebesar 10,25% (dengan nilai $\cos\phi = 1$ dan $\sin\phi = 0$ konstan persection)^[1]. Dari hasil tersebut maka jatuh tegangan pada penyulang Pagentenan melampaui batas standar yang telah ditentukan jika tidak dilakukan pengaturan tegangan^[1]. Disimpulkan bahwa *drop* tegangan disebabkan oleh panjangnya pendistribusian tenaga listrik, beban *persection* dan luas penampang penghantar jaringan tegangan menengah (TM)^[1].

Penyulang BSB 04 yang memiliki panjang jaringan 20,25 kms dengan beban total 269 A^[2]. Setelah dilakukan perhitungan pada beban puncak maka jatuh tegangan pada ujung jaringan penyulang BSB 04 mencapai 1,74 KV atau 8,71%. Dengan demikian nilai jatuh tegangan melampaui batas yang diizinkan SPLN yaitu 5% pada jaringan tegangan menengah^[3]. Untuk itu perlu dilakukan pengaturan tegangan salah

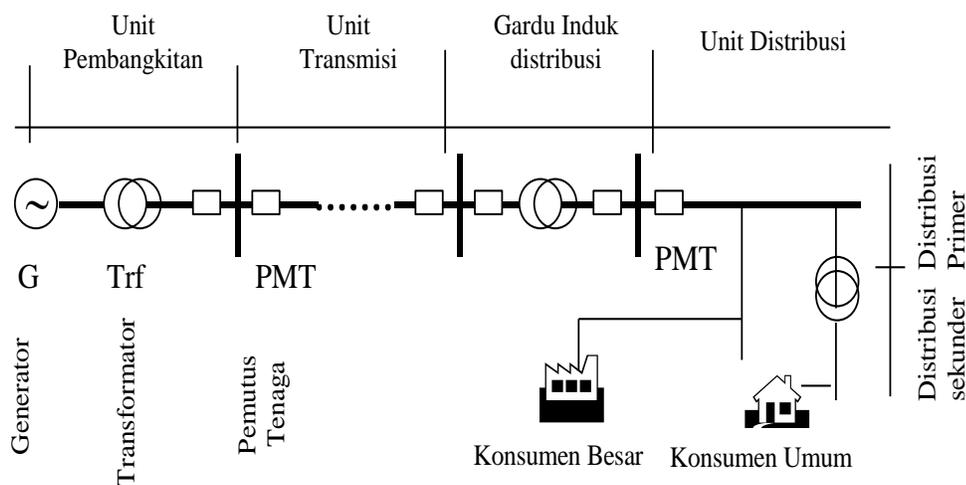
satunya adalah dengan mengatur posisi *tap changer* trafo yang disesuaikan dengan nilai *drop* tegangan.

Perbedaan laporan tugas akhir yang dibuat penulis dengan referensi-referensi diatas adalah penulis akan membahas tentang simulasi alat pemantauan tegangan setiap *section* terhadap kinerja perubahan posisi *tap changer* transformator secara otomatis yang diakibatkan karena jatuh tegangan. Alat ini berfungsi untuk mengetahui tegangan pada jaringan distribusi pada setiap *section* secara *realtime* sehingga apabila terjadi indikasi *drop* tegangan dapat diketahui lebih dini dengan menggunakan tegangan sebagai variabel pengukurannya. Alat ini juga dilengkapi sistem kontrol pergantian posisi *tap changer* trafo secara otomatis sehingga tegangan akan selalu terjaga sesuai dengan tegangan sistem. Pergantian posisi *tap changer* ini dipengaruhi oleh *drop* tegangan, semakin tinggi *drop* tegangan maka semakin tinggi pula posisi *tap* transformator dan begitu pula sebaliknya.

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar dengan rangkaian pelayanan pada konsumen. Sumber daya besar adalah pusat-pusat pembangkit listrik. Tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat – pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, dan lain – lain yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator *step up*.^[22]

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berada paling dekat dengan sisi beban/konsumen. Dimana sistem distribusi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai yang dalam hal ini dapat berupa gardu induk atau pusat pembangkit ke pusat-pusat/kelompok beban (gardu distribusi) dan pelanggan melalui jaringan primer dan jaringan sekunder^[22]. Gambar 2.1 merupakan jaringan distribusi dalam instalasi sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi dalam Instalasi Sistem Tenaga Listrik
(Sumber: Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Pusdiklat PLN : 2010)

2.2.1. Komponen Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik. Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain^[26] :

1. Gardu Induk (GI)

2. Jaringan Distribusi Primer (JTM)
3. Gardu Distribusi (Transformator)
4. Jaringan Distribusi Sekunder (JTR)

2.2.1.1. Gardu Induk (GI)

Gardu induk adalah suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat yang terjadi perubahan dari saluran transmisi ke jaringan distribusi melalui transformator tenaga. Di dalam gardu induk juga terdapat peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Fungsi utama dari gardu induk^[26] :

1. Untuk mengatur aliran daya listrik antar saluran transmisi yang kemudian diubah menjadi jaringan distribusi yang dapat digunakan oleh konsumen umum.
2. Tempat pengontrolan dari sistem tenaga listrik.
3. Pengaman dari sistem tenaga listrik dari gangguan teknis maupun non teknis.
4. Tempat terjadinya penurunan tegangan transmisi (tegangan ekstra tinggi/tegangan tinggi) ke tegangan distribusi (tegangan menengah) melalui transformator tenaga.

2.2.1.2. Jaringan Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

Untuk sistem pendistribusian langsung, jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Pembangkitan Tenaga Listrik ke konsumen umum. Sistem pendistribusian langsung ini dapat langsung dipakai oleh masyarakat

umum dengan menaikkan tegangan pembangkitan dari generator ke tegangan menengah 20 kV.

Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Jaringan distribusi primer atau jaringan tegangan menengah (JTM) memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV. Untuk wilayah kota tegangan diatas 20 kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 30 kV akan terjadi gejala-gejala korona yang dapat mengganggu frekuensi komunikasi.^[26]

2.2.1.3. Gardu Distribusi atau Trafo Distribusi

Gardu distribusi ini berfungsi mengubah tegangan listrik dari jaringan tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan yang dapat langsung digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah. Transformator distribusi dapat berupa transformator 3 fasa yang mempunyai input dan output 3 fasa, ataupun transformator 1 fasa yang mempunyai input maupun output 1 fasa. Kapasitas transformator yang digunakan pada Gardu Pembagi ini tergantung pada jumlah beban yang akan menggunakan tenaga listrik dari trafo tersebut serta luas daerah pelayanan beban.^[26]

2.2.1.4. Jaringan Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Jaringan Tegangan Rendah (JTR) adalah jaringan tenaga listrik dengan tegangan rendah yang mencakup seluruh bagian jaringan tersebut beserta

perlengkapannya, dari sumber penyaluran tegangan rendah tidak termasuk SLTR. Sedangkan Sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) adalah penghantar di bawah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan pada JTR sampai dengan alat pembatas dan pengukur (APP). (SPLN No.56 tahun 1984). Jaringan tegangan rendah merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada JTR sistem tegangan distribusi primer 20/11.5 kV diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220V. ^[26]

2.2.2. Konstruksi Jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah

Konstruksi jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam konstruksi sebagai berikut^[28] :

2.2.2.1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang, dengan sendirinya harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar Fase atau dengan bangunan atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia. Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan

SUTM adalah juga bila penghantar yang digunakan adalah penghantar berisolasi setengah AAAC-S (half insulated single core). Penggunaan penghantar ini tidak menjamin keamanan terhadap tegangan sentuh yang dipersyaratkan akan tetapi untuk mengurangi resiko gangguan temporer khususnya akibat sentuhan tanaman.^[28]



Gambar 2.2. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

(Sumber: . Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia: 2010)

2.2.2.2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin. Isolasi penghantar tiap Fase tidak perlu di lindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi

pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

[28]



Gambar 2.3. Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

(Sumber: . Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia: 2010)

2.2.2.3. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per Fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Pada rentang biaya yang diperlukan, konstruksi ditanam langsung adalah termurah bila dibandingkan dengan penggunaan konduit atau bahkan tunneling (terowongan beton).^[28]



Gambar 2.4. Kabel Tanah Tegangan Rendah (KTM)

(Sumber: . Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia: 2010)

Penggunaan Saluran Kabel bawah tanah Tegangan Menengah (SKTM) sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal / meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Secara garis besar, termasuk dalam kelompok SKTM adalah^[28] :

1. SKTM bawah tanah – *underground MV Cable*.
2. SKTM laut – *Submarine MV Cable*

Selain lebih aman, namun penggunaan SKTM lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama, sebagai akibat konstruksi isolasi penuh penghantar per Fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan sesuai keamanan ketenagalistrikan. Penerapan instalasi SKTM seringkali tidak dapat lepas dari instalasi Saluran Udara Tegangan Menengah sebagai satu kesatuan sistem distribusi sehingga masalah transisi konstruksi diantaranya tetap harus dijadikan perhatian.

2.2.3. Komponen Utama Konstruksi SUTM

Komponen utama saluran udara tegangan menengah terdiri atas :

2.2.3.1. Penghantar Telanjang (BC : *Bare Conductor*)

Konduktor dengan bahan utama tembaga(Cu) atau aluminium (Al) yang di pilin bulat padat , sesuai SPLN 42 -10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987 Pilihan konduktor penghantar telanjang yang memenuhi pada dekade ini adalah AAC atau AAAC. Sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia, saat ini belum memungkinkan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik. ^[28]

2.2.3.2. Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S (*half insulated single core*)

Konduktor dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE (crosslink polyetilene langsung), dengan batas tegangan 6 kV dan harus memenuhi SPLN No 43-5-6 tahun 1995. ^[28]

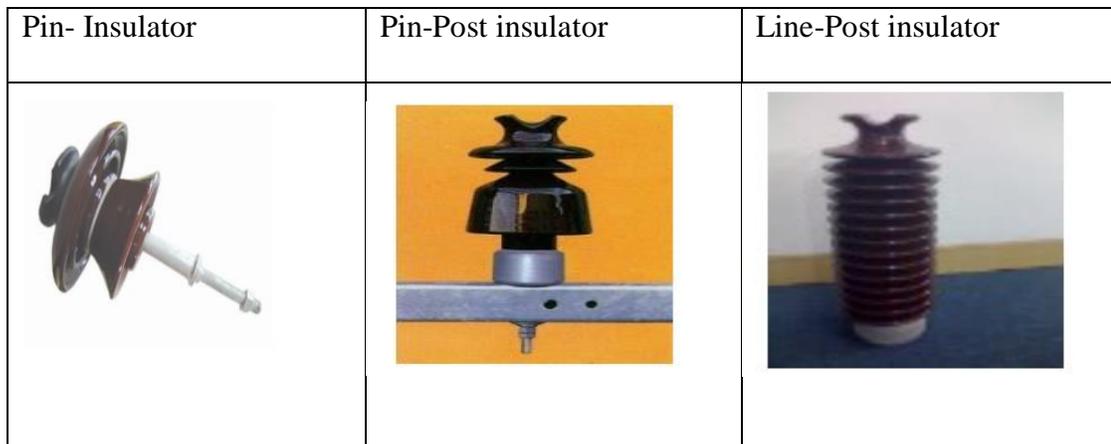
2.2.3.3. Penghantar Berisolasi Penuh (*Three single core*)

XLPE dan berselubung PVC berpegangtung penghantar baja dengan tegangan Pengenal 12/20 (24) kV Penghantar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh. SPLN 43-5- 2:1995-Kabel.^[28]

2.2.3.4. Isolator

Pada jaringan SUTM, Isolator pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang/ travers dibedakan untuk jenis konstruksinya adalah^[28] :

a) Isolator Tumpu.



Gambar 2.5. Jenis - jenis Isolator Tumpu

(Sumber: . Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia: 2010)

b) Isolator Tarik

Piringan	Long-Rod
	

Gambar 2.6. Jenis - jenis Isolator Tarik

(Sumber: . Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia: 2010)

2.2.2.4. Peralatan Hubung (Switching)

Pada jaringan SUTM digunakan juga peralatan switching untuk optimasi operasi distribusi. Sesuai karakteristiknya, peralatan hubung dapat dibedakan atas^[28] :

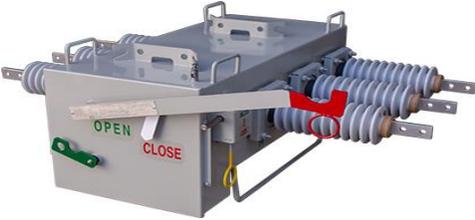
Pemisah	Pemutus beban
	

Gambar 2.7. Switching Distribusi Tenaga Listrik

(Sumber : www.citrainterlindo.co.id, diakses pada tanggal 31 Mei 2018)

2.2.2.5. Peralatan Proteksi Jaringan SUTM

Proteksi adalah pengaman listrik pada sistem distribusi tenaga listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja. Jadi pada hakekatnya pengaman pada sistem tenaga listrik mengamankan seluruh sistem tenaga listrik, supaya keandalan tetap terjaga^[27].

Pemisah dengan Pengaman Lebur	Pemutus Balik Otomatis
 <p data-bbox="344 1089 789 1159">(Sumber : http://www.smppo.com diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>	 <p data-bbox="889 1089 1377 1159">(Sumber : https://w3.usa.siemens.com diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>
Saklar Seksi Otomatis	Penghantar Tanah
 <p data-bbox="300 1570 782 1675">(Sumber : http://www.bh-system.com diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>	 <p data-bbox="868 1619 1393 1688">(Sumber : http://www.arresterworks.com diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>

Gambar 2.8. Peralatan Proteksi

2.2.2.6. Tiang

Pada jaringan SUTM tiang listrik digunakan untuk menyangga penghantar saluran distribusi sampai ke konsumen. Tiang yang digunakan PT PLN (Persero) terdapat beberapa jenis, yaitu^[28] :

a) Tiang Kayu

Dalam pemakaian tiang Kayu untuk jaringan distribusi harus memperhatikan kekuatan, ketinggian dan pengawetan kayu yang diatur dalam SPLN 115 : 1995 sehingga pada beberapa wilayah perusahaan PT PLN Persero bila suplai kayu memungkinkan, dapat digunakan sebagai tiang penopang penghantar penghantar SUTM.

b) Tiang Besi

Tiang terbuat dari pipa besi yang disambungkan hingga diperoleh kekuatan beban tertentu sesuai kebutuhan.

Walaupun lebih mahal, pilihan tiang besi untuk area/wilayah tertentu masih diijinkan karena bobotnya lebih ringan dibandingkan dengan tiang beton. Pilihan utama juga dimungkinkan bilamana total biaya material dan transportasi lebih murah dibandingkan dengan tiang beton akibat diwilayah tersebut belum ada pabrik tiang beton.

c) Tiang Beton

Untuk kekuatan sama, pilihan tiang jenis ini dianjurkan digunakan di seluruh PLN karena lebih murah dibandingkan dengan jenis konstruksi tiang lainnya termasuk terhadap kemungkinan penggunaan konstruksi rangkaian besi profil.

2.2.2.7. Trafo Distribusi

Transformator merupakan komponen utama dalam dalam penyaluran jaringan distribusi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan utama dari sistem distribusi ke tegangan untuk pemanfaatan konsumen. Transformator yang digunakan terdiri atas :

Trafo 1 fasa	Trafo 3 fasa
 <p>(Sumber : www.bambangdjaja.com, diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>	 <p>(Sumber : http://sentraelectric.web.indotrading.com, diakses pada tanggal 31 Mei 2018)</p>

Gambar 2.9. Jenis Transformator

2.3. Trafo 1 Fasa

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik

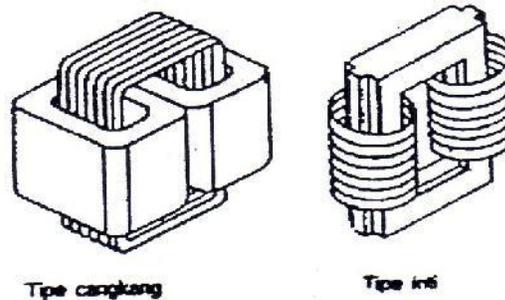
memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh^[4].

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi^[4]:

- a) Transformator daya
- b) Transformator distribusi
- c) Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan)

Kerja transformator yang berdasarkan induksi-elektromagnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkaian primer dan sekunder. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama.

Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator, yaitu tipe inti dan tipe cangkang^[4].



Gambar 2.10. Inti Trafo

(Sumber: *Teori Transformator*, Pusdiklat PLN)

Menurut jenisnya trafo dibedakan ^[4] :

- 1) Over head transformer, terdiri dari:
 - a) Konvensional
 - b) CSP (*Completely Self Protection*)
- 2) Underground transformer.

2.3.1. Transformator Konvensional

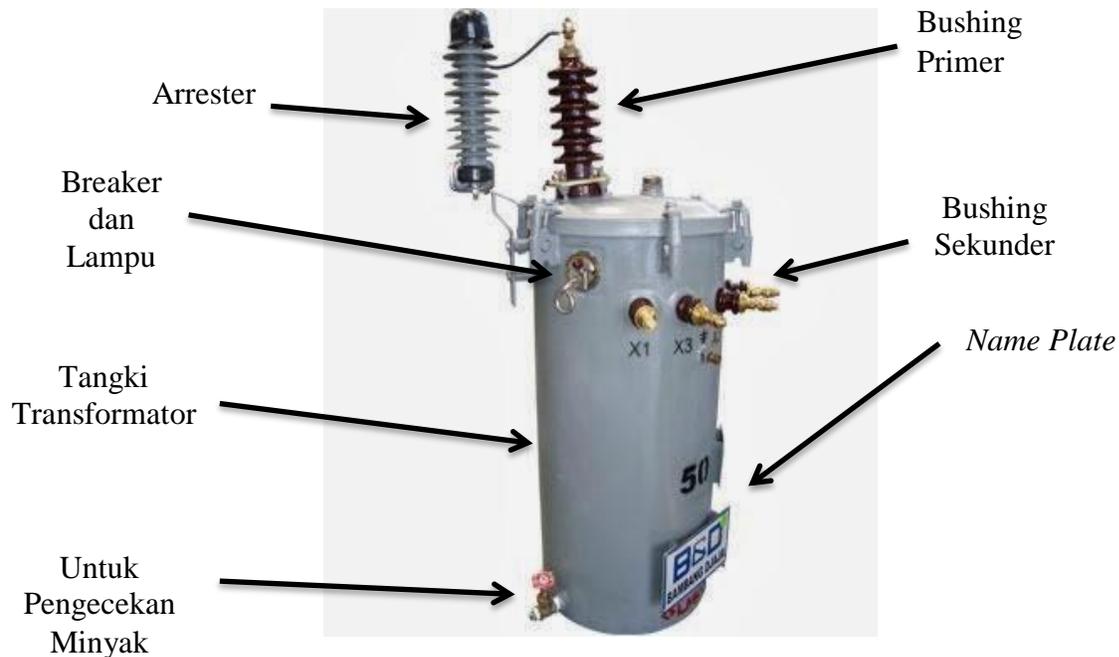
Trafo konvensional adalah trafo yang tidak memiliki alat pengaman seperti arester, pengaman beban lebih sebagai suatu kesatuan unit trafo . namun alat alat pengaman tersebut di dapat dan dipasang secara terpisah^[4].

2.3.2. Transformator Distribusi CSP Satu Fasa

Trafo distribusi tipe CSP ini memiliki pengaman sebagai kesatuan unit trafo pengaman yang terdapat adalah pengaman terhadap gangguan surja petir dan surja hubung , pengaman beban lebih dan pengaman hubung singkat.Selain itu trafo ini juga dilengkapi dengan lampu merah peringatan yang akan menyala bila temperatur kumparan melebihi batas yang di ijinakan un tuk isolasinya Kondisi ini apabila tidak diambil tindakan dan temperatu mencapai batas bahaya maka CB (*circuit breaker*) akan bekerja membuka.Apabila diperlukan CB dapat diset pada posisi darurat untuk melakukan beban lebih sementara. Dalam gambar terlihat bentuk trafo tipe CSP satu fasa^[4].

2.3.2.1. Bagian-bagian Trafo CSP

Berikut adalah bagian-bagian trafo distribusi CSP satu fasa :



Gambar 2.11. Trafo Tipe CSP
(Sumber: *Teori Transformator*, Pusdiklat PLN)

1) Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluks yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang diberi semacam lapisan isolasi yang tahan terhadap suhu tinggi. Lapisan ini harus ditekan untuk menghilangkan adanya celah udara antara plat satu dengan yang lain yang dapat menimbulkan suara keras ketika transformator beroperasi. Tujuan inti besi dibuat berlapis-lapis untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh *eddy current*^[5].

2) Kumparan

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus^[5].

3) *Bushing*

Bushing adalah sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator. *Bushing* digunakan untuk menghubungkan sisi tegangan tinggi ke transformator dan memiliki syarat titik tembus tertentu. Bahan utama *bushing* biasanya dibuat dari bahan keramik atau *arching horn*^[5].

4) Tangki Transformator

Tangki transformator merupakan bagian untuk menempatkan perlengkapan transformator distribusi, seperti : *bushing*, inti besi, kumparan, minyak transformator, *tap changer*, dan sebagainya. Bentuk tangki transformator bermacam-macam sesuai produk merknya, misalnya : berbentuk kotak (segi empat) dan oval^[5].

2.3.2.2. Peralatan Bantu Trafo CSP

1) Media Pendingin

Minyak isolasi transformator selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan di dinginkan pada sirip-sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan^[5].

Fungsi minyak transformator^[5]:

- a) Sebagai bahan isolasi.
- b) Sebagai pendingin.
- c) Sebagai penghantar panas dari bagian yang panas (koil dan inti) ke dinding bak.

2.) *Tap Changer/Sadapan*

Dalam proses penyaluran tenaga listrik, hal utama yang perlu diperhatikan adalah kestabilan frekuensi dan tegangan ke konsumen. Kestabilan frekuensi diatur oleh pusat pengatur beban, sedangkan kestabilan tegangan dapat diatur dengan merubah tap canger pada transformator^[5].

Prinsip kerja *tap changer* adalah dengan mengubah banyaknya belitan pada sisi primer, yang diharapkan dapat merubah *ratio* antara belitan primer dan sekunder. Dengan demikian tegangan *output* dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan inputnya. Pada transformator csp satu fasa terdapat

lima *tap changer*, yaitu :

Tabel 2.1. Posisi tap changer trafo distribusi 1 fasa terhadap tegangan primer^[7]

Tap Changer/ Posisi Sadapan	Hubungan Terminal Sadapan	Tegangan Primer(Volt)
1	4-5	12702
2	3-5	12124
3	3-6	11547
4	2-6	10970
5	2-7	10392

Tap changer ini mengusahakan agar tegangan pelayanan masih dalam batas-batas yang diperbolehkan, maka trafo distribusinya dilengkapi dengan sadapan tanpa beban pada sisi tegangan tingginya, disamping itu pada sisi tegangan rendahnya, tegangan keluarannya atau tegangan terminal sisi sekunder trafonya sudah dibuat 231/400 V atau +5% diatas nilai nominalnya 220/380 V. Pengaturan sadapan tanpa beban pada trafo distribusi ini, harus dikaitkan dengan pengaturan tegangan sadapan berbeban pada trafo utama di Gardu-Induk yang bersangkutan.

Dalam mengatur tegangan pelayanan dengan menggunakan dua sadapan dan trafo utama maupun trafo distribusinya, hanya dimungkinkan pada jaringan yang beroperasi radial. Pemanfaatan sadapan tanpa beban dan trafo distribusi, umumnya

dilakukan pada SUTM yang panjang, didaerah yang kepadatan bebannya relatif masih rendah.

Ada transformator distribusi yang mempunyai 3(tiga) sadapan tanpa beban yaitu +5%, 0% dan -5%; pada sistem 20 kV, ekuivalen dengan 21kV, 20kV dan 19kV. Pada trafo distribusi yang mempunyai 5 (lima) sadapan tanpa beban, sadapannya adalah +10%, 5%, 0%, -5% dan -10%; pada sistem 20kV, ekuivalen dengan 22kV, 21kV, 20kV, 19kV dan 18kV.

Sisi Tegangan Rendah (TR) dan kedua macam trafo tersebut diatas, tegangan terminal sekundernya (tanpa beban) sudah dibuat 231/400 V atau +5% diatas nilai nominalnya 220/380 V^[5].

2.4. Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran *Volt*. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti^[8].

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar $R\ell$ semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya^[8].

Pengaturan tegangan dan Drop Tegangan menurut SPLN mengenai spesifikasi desain untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) adalah sebagai berikut^[10] :

- 1) Turun tegangan pada JTM dibolehkan:
 - a) 2% dari tegangan kerja sebagaimana tercantum pada ayat 22 bagi sistem yang tidak memanfaatkan STB yaitu sistem Spindel dan Gugus.
 - b) 5% dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB yaitu sistem radial di atas tanah dan sistem simpul.
- 2) Turun tegangan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja.
- 3) Turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- 4) Turun tegangan pada SR dibolehkan 1% dari tegangan nominal. Drop tegangan yang diijinkan untuk sistem spindel tidak boleh melebihi 2% dari tegangan

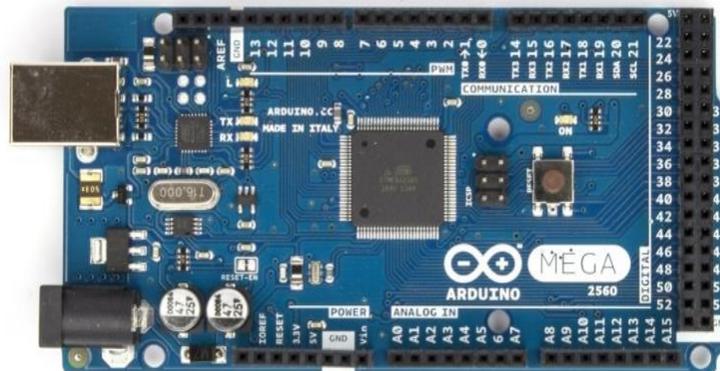
nominalnya, sedangkan untuk sistem radial drop tegangan yang diijinkan mencapai 5%.

2.5. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATmel.

Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau *Integrated Circuit (IC)* yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah supaya rangkaian elektronik dapat membaca *input*, kemudian memproses *input* tersebut sehingga menghasilkan *output* yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UART (port *serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* power, header ISCP, dan tombol *reset*^[11].



Gambar 2.12. Tampilan Arduino Mega 2560

Sumber : <http://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560/>, Diakses pada tanggal 23 Juli 2018.

Tabel 2.2. Spesifikasi dari *Arduino Mega 2560*^[12]

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
<i>Input Voltage</i> (disarankan)	7-12V
<i>Input Voltage</i> (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
Pins <i>Input</i> Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

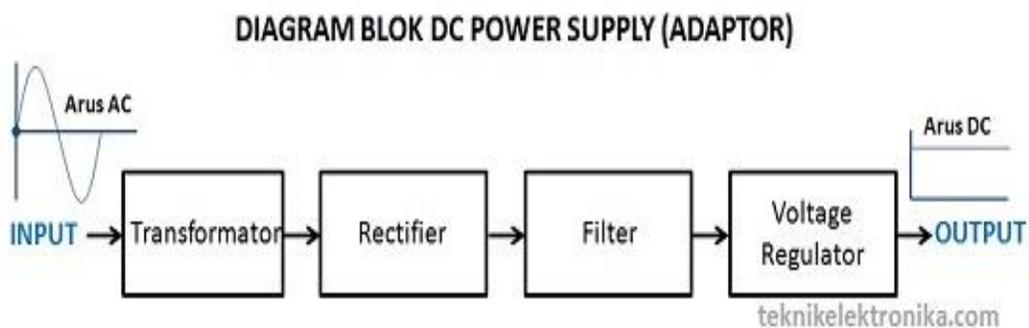
Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adaptor AC-DC atau baterai. Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika tegangan kurang dari 7 Volt, maka pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut^[11]:

- a. VIN, *Input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
- b. 5V, sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (*built-in*) pada papan.
- c. 3V3, sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. GND, pin Ground.
- e. IOREF, pin ini berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau

mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

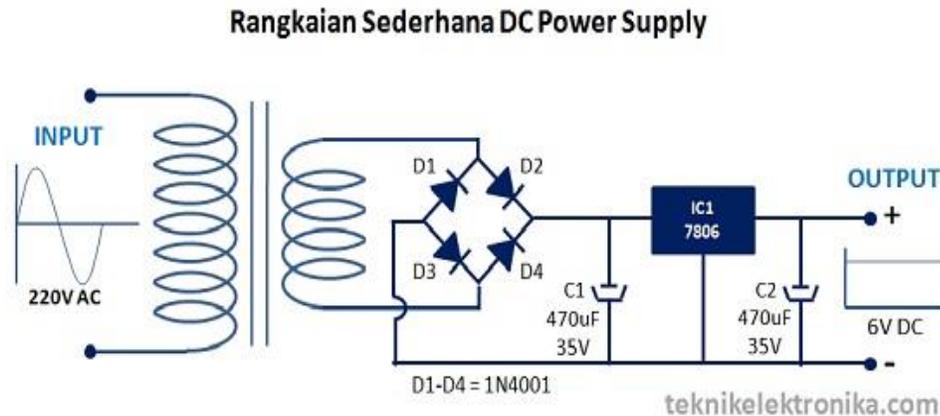
2.6. Rangkaian Catu Daya

Arus listrik yang kita gunakan pada umumnya adalah dibangkitkan, dikirim, dan didistribusikan ke tempat masing-masing dalam bentuk Arus Bolak-Balik atau arus *AC* (*Alternating Current*). Akan tetapi, peralatan elektronika yang kita gunakan sekarang ini sebagian besar membutuhkan arus *Direct Current* (*DC*) dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir setiap peralatan elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi arus yang sesuai dengan rangkaian elektroniknya. Rangkaian yang mengubah arus listrik *AC* menjadi *DC* ini disebut dengan *DC Power Supply* atau Catu Daya, dikenal juga sebagai adaptor. Blok diagram *DC Power Supply* adalah^[13] :



Gambar 2.13. Diagram blok DC Power Supply
(Sumber : <http://www.teknikelektronika.com/prinsip-kerja-dc-power-supply-adaptor/>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

Rangkaian sederhana *DC Power Supply* dijelaskan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.14. Rangkaian DC Power Supply

(Sumber : <http://www.teknikelektronika.com/prinsip-kerja-dc-power-supply-adaptor/>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

2.7. Transformator

Transformator adalah suatu alat untuk mempertinggi atau memperendah suatu tegangan bolak-balik. Pada dasarnya sebuah transformator terdiri dari sebuah kumparan primer dan sebuah kumparan sekunder yang digulung pada sebuah inti besi lunak. Arus bolak-balik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah-ubah dalam inti besi. Medan magnet ini menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) bolak-balik dalam kumparan sekunder.

Transformator adalah komponen kelistrikan yang memiliki kegunaan untuk mengonversi tegangan tinggi AC menjadi tegangan rendah DC. Komponen utama penyusun transformator adalah kumparan kawat berisolasi (kawat email berdiameter tertentu) dan inti besi. Transformator terbagi menjadi dua bagian kumparan, yaitu

kumparan primer dan kumparan sekunder^[11]. Gambar 2.15. menunjukkan transformator *step down* 5 Ampere.



Gambar 2.15. Transformator *step down*

(Sumber : <http://www.teknikelektronika.com> Diakses pada tanggal 31 Juli 2018)

Jika kumparan primer transformator dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik, transformator akan mengalirkan arus pada kumparan primer dan menghasilkan fluks magnet yang berubah-ubah sesuai frekuensi yang masuk ke transformator. Fluks magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi ke kumparan sekunder. Sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek induksi ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*)^[11].

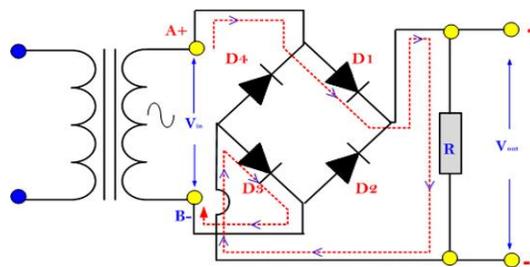
2.8. Dioda

Dioda merupakan komponen listrik yang sering dipergunakan dalam beberapa aplikasi misalnya dalam rangkaian yang digunakan untuk merubah arus

listrik AC menjadi DC karena sebagian besar peralatan elektronika menggunakan sumber daya listrik 220 volt/50 Hz dari PLN.

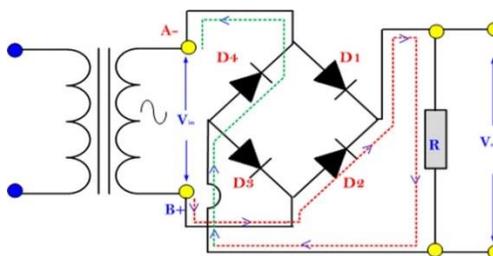
Dioda adalah suatu komponen elektronik yang dapat melewatkan arus pada satu arah saja. Penyearah gelombang merupakan rangkian yang mengubah gelombang sinus AC menjadi deretan pulsa DC. Ini merupakan dasar atau langkah awal untuk memperoleh arus DC halus yang dibutuhkan suatu peralatan elektronika.

Penyearah gelombang penuh yang paling banyak digunakan adalah penyearah jembatan. Dengan menggunakan 4 buah diode menggunakan transformator *non* CT.



Gambar 2.16. *Dioda Bridge Siklus Positif*

(Sumber : <https://kibogowonto.wordpress.com>, diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

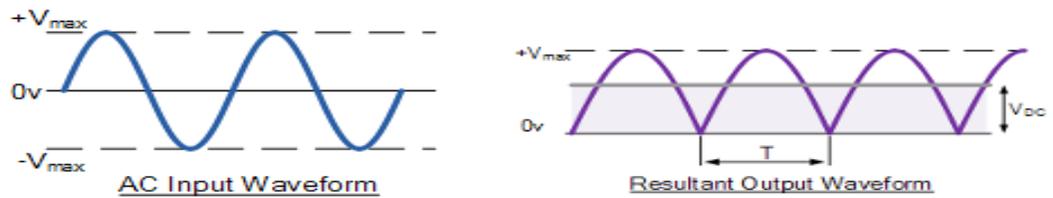


Gambar 2.17. *Dioda Bridge Siklus Negatif*

(Sumber : <https://kibogowonto.wordpress.com>, diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

Gambar diatas menunjukkan penyearah dengan dioda bridge. Pada gambar 2.16 menunjukkan saat siklus positif yang membias forward adalah D1 dan D3. Sedangkan pada saat siklus negatif, yang membias forward adalah D2 dan D4.

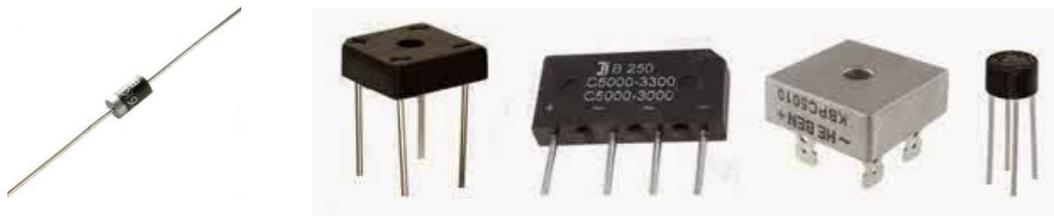
Karena dioda hanya menghasilkan gelombang yang dibias forward, maka gelombang yang dibias reverse tidak akan dimunculkan oleh dioda sehingga muncul arus searah seperti pada gambar 2.18.



Gambar 2.18. Gelombang yang Dihasilkan Penyearah Penuh

(Sumber : *Basic Electronics Tutorials*)

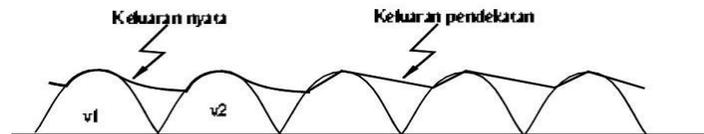
Output dari penyearah gelombang penuh yang lebih rapat dari penyearah setengah gelombang menyebabkan riak (*ripple*) yang ada pada tegangan DC menjadi lebih kecil. Akibatnya *output* dari penyearah gelombang penuh menjadi lebih halus dan lebih stabil dari penyearah setengah gelombang.



Gambar 2.19. Contoh Dioda di Pasaran

(Sumber : Rangkaian Elektronika, Irsyad Harfiansyah S, 2015)

Agar dapat digunakan dalam peralatan elektronika, arus yang telah disearahkan oleh diode harus dihaluskan terlebih dahulu. Cara paling sederhana untuk menghaluskan suatu keluaran adalah dengan menyambungkan suatu kapasitor berkapasitansi besar sepanjang terminal keluarannya.



Gambar 2.20. Keluaran Bentuk Gelombang dengan Riak Berkurang (<http://www.elektronika-dasar.web.id/>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

Dari gambar 2.20. dapat dilihat bahwa keluaran dari rangkaian meningkat, selama seperempat siklus yang kedua, ketika keluaran dari penyearah turun menjadi nol, kapasitornya melepaskan muatan kepada beban. Tegangan keluaran turun turun sampai keluaran dari penyearah sekali lagi memuati kapasitor. Kapasitor yang terhubung ke rangkaian penyearah gelombang penuh akan memiliki riak dari gelombang penuh yang lebih kecil dan gelombangnya pun jadi lebih halus. Meningkatkan ukuran dari kapasitor akan mengurangi besar riaknya^[15].

2.9. Filter Kapasitor

Filter atau penyangin merupakan bagian yang terdiri dari kapasitor yang berfungsi untuk memperkecil tegangan riak yang tidak dikehendaki. Suatu kapasitor terdiri dari dua pelat logam, dipisahkan dengan lapisan tipis isolator yang disebut dielektrik. Kapasitor memiliki kemampuan menyimpan sejumlah muatan listrik dalam bentuk kelebihan electron pada suatu pelat dan kekurangan electron pada pelat lainnya. Suatu kapasitor menyimpan sejumlah kecil muatan listrik. Kapasitor dapat diumpamakan sebagai baterai kecil yang dapat dimuat ulang dengan cepat.

Kapasitor memiliki tipe-tipe tersendiri yaitu, kapasitor polyester, kapasitor mika, kapasitor keramik, kapasitor elektrolitik dan sebagainya^[17].

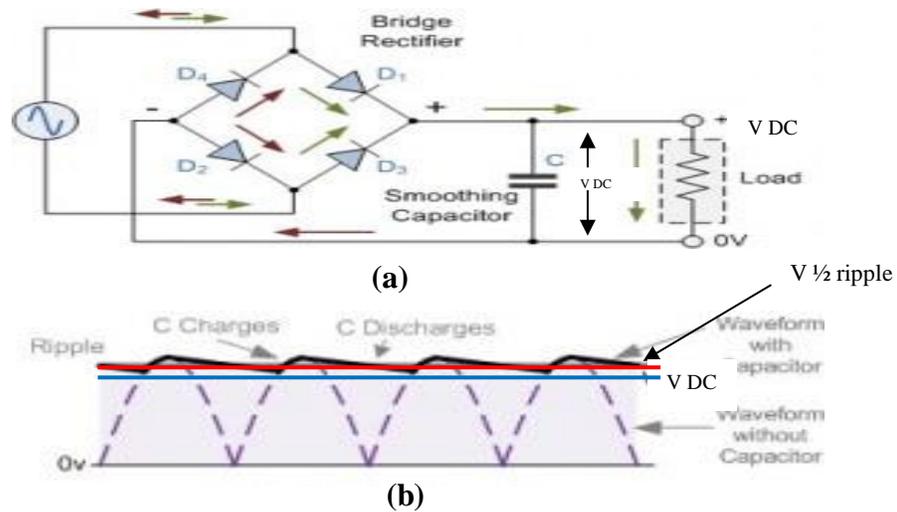


Gambar 2.21. Jenis-jenis kapasitor

(<http://www.elektronika-dasar.web.id/>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

Memilih suatu kapasitor untuk aplikasi tertentu harus mempertimbangkan nilai, tegangan kerja, dan arus bocor. Nilai dari kapasitor yang ada dipasaran biasanya memiliki besaran dalam mikroFarad. Tegangan kerja dari kapasitor adalah tegangan maksimum yang dapat diberikan antara pelat kapasitor tanpa merusak isolator dielektriknya. Dalam praktinya tidak ada kapasitor yang sempurna, pasti akan terjadi kebocoran antar pelatnya. Nilai arus bocor pada kapasitor harus kecil agar fungsi kapasitor dapat maksimal. Pada saat dialiri dengan arus AC, maka kapasitor dapat berperan sebagai resistan yang besar.

Prinsip kerja dari penyaring ini sesuai dengan prinsip pengisian dan pengosongan muatan kapasitor. Supaya tegangan yang dihasilkan penyearah gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC, maka dipasang *filter* kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah^[17].



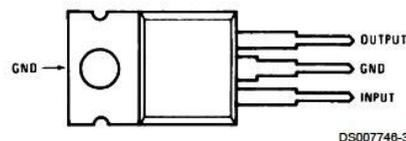
Gambar 2.22 Rangkaian Penyearah Gelombang

(Sumber : <http://www.belajarelektronika.net>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

(a) Gambar Pemasangan *Filter* pada Rangkaian Penyearah Gelombang

(b) Bentuk Gelombang *Output* Hasil Rangkaian Penyearah

2.10. Regulator



Gambar 2.23. Regulator

(Sumber: *Datasheet Regulator 78xx*)

Voltage regulator atau pengatur tegangan adalah salah satu rangkaian yang sering dipakai dalam peralatan elektronika. Fungsi *voltage regulator* adalah untuk mempertahankan atau memastikan tegangan pada level tertentu secara otomatis. Artinya, tegangan *output* (keluaran) DC pada *voltage regulator* tidak dipengaruhi

oleh perubahan tegangan *input* (masukan), beban pada output dan juga suhu. Selain itu IC Regulator ini dapat menghantarkan arus maksimal 1 A. Terdapat berbagai jenis *voltage regulator* atau pengatur tegangan, salah satunya adalah *voltage regulator* dengan menggunakan IC *voltage regulator*. Salah satu tipe IC *voltage regulator* yang paling sering ditemukan adalah tipe 78XX yaitu IC *voltage regulator* yang mengatur tegangan output stabil pada tegangan XX volt DC.

Pada rangkaian IC *regulator* apabila dianalogikan bisa diasumsikan seperti menggunakan dioda zener yang terpasang secara paralel dengan tegangan *input*, yang mana tegangan *outputnya* akan bernilai sama dengan tegangan acuan dan spesifikasi pada dioda zener tersebut. Besarnya tegangan keluaran IC seri 78XX ini dinyatakan dengan dua angka terakhir pada serinya. Contoh IC 7805 adalah regulator yang tegangannya positif 5 volt, sedangkan 7812 adalah regulator yang tegangannya positif 12 volt^[20].

Besarnya tegangan masukan (V_{in}) pada regulator 78XX memerlukan setidaknya 2 V lebih tinggi dari tegangan keluarannya. Sebagai contoh dalam beberapa variasi tegangan keluaran dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.3. Karakteristik IC Regulator^[20]

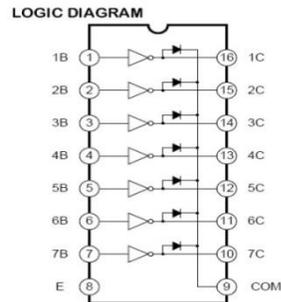
Tipe Regulator	Vout	Vin min	Vin max	Iout max
7805	5 V	7 V	20 V	1 A
7808	8 V	10,5 V	25 V	1 A
7810	10 V	12,5 V	25 V	1 A

Lanjutan Tabel 2.3. Karakteristik IC Regulator^[20]

7812	12 V	14,5 V	27 V	1 A
7815	15 V	17,5 V	30 V	1 A

2.11. Driver Relay IC ULN 2003

Driver relay merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara *relay* yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 12 V) dengan *microcontroller* yang hanya bertegangan 5 V. Sebab, tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V tersebut belum bisa digunakan untuk mengaktifkan *relay*.



Gambar 2.24. Pin-out Diagram ULN 2003

(Sumber : <http://www.alldatasheet.com>, Diakses pada tanggal 24 Mei 2018)

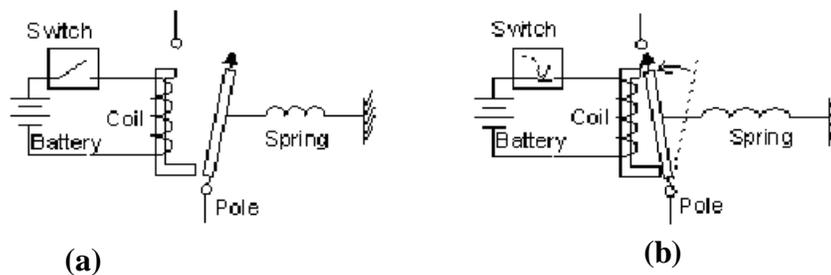
ULN2003 merupakan salah satu *chip* IC yang mampu difungsikan sebagai *driver relay*. IC ini mempunyai 7 buah pasangan transistor *Darlington npn*, dengan tegangan *output* maksimal 50 V dan arus setiap pin mencapai 500mA. Pasangan transistor *Darlington* adalah penggabungan dua buah transistor sejenis dengan dan

umumnya mempunyai beta yang sama. Keuntungan transistor *Darlington* yakni mempunyai impedansi input tinggi dan impedansi *output* rendah.

ULN2003 mempunyai 16 pin dengan rincian pin 1-7 digunakan untuk menerima sinyal tingkat rendah, pin 7 sebagai *ground*, pin 8 sebagai *Vcc*, dan pin 9-16 merupakan *output*^[19].

2.12. Relay

Relay adalah sebuah sakelar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti besi apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armature tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak *normal-tertutup* ke kontak *normal-terbuka*^[11].



Gambar 2.25. Posisi Kontak *Relay*

(a) Posisi Kontak *Open* saat *Relay* Tidak Bekerja

(b) Posisi Kontak *Close* saat *Relay* Bekerja

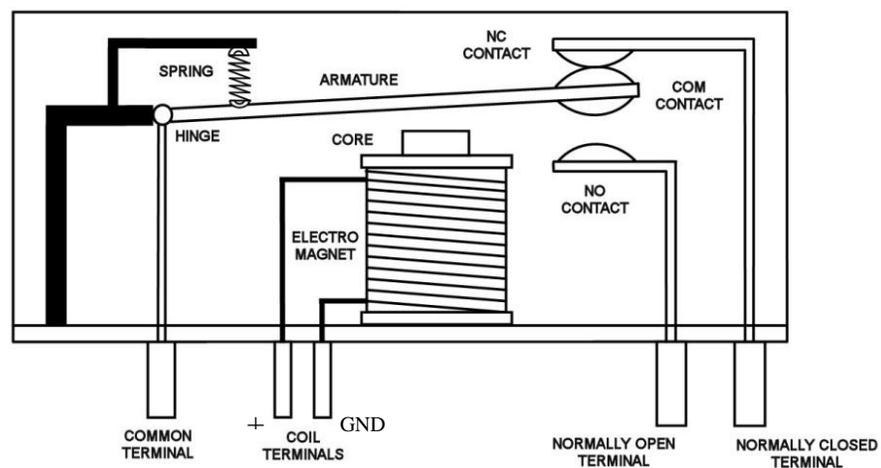
(Sumber: Buku Mikrokontroler Belajar AVR Mulai Dari Nol oleh Sumardi, 2013)

Relay adalah perangkat elektrik atau bisa disebut komponen yang berfungsi sebagai saklar elektrik. Cara kerja *relay* adalah apabila kita memberi tegangan pada

kaki 1 dan kaki *ground* pada kaki 2 maka *relay* secara otomatis posisi kaki CO (*Change Over*) pada *relay* akan berpindah dari kaki NC (*Normally Close*) ke kaki NO (*Normally Open*). *Relay* juga dapat disebut komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup.

Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang dan tuas akan kembali ke posisi semula sehingga kontak saklar kembali terbuka. Secara sederhana *relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut:

- a) Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar
- b) Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.



Gambar 2.26. Konfigurasi Relay

(Sumber : *elektronika-dasar.web.id*, diakses pada tanggal 23 Juli 2018)

Berikut ini penjelasan dari gambar di atas :

1) *Armature*

Merupakan tuas logam yang bisa naik turun. Tuas akan turun jika tertarik oleh magnet ferromagnetik (elektromagnetik) dan akan kembali naik jika sifat kemagnetan ferromagnetik sudah hilang.

2) *Core*

Merupakan intibesi yang dililiti kumparan.

3) *Spring*

Pegas (atau per) berfungsi sebagai penarik tuas. Ketika sifat kemagnetan ferromagnetik hilang, maka spring berfungsi untuk menarik tuas ke atas.

4) *NC Contact*

NC singkatan dari *Normally Close*. Kontak yang secara default terhubung dengan kontak sumber (kontak inti) ketika posisi *OFF*.

5) *NO Contact*

NO singkatan dari *Normally Open*. Kontak yang akan terhubung dengan kontak sumber (kontak inti, C) ketika posisi *ON*.

6) *COM Contact*

Merupakan kontak sumber yang akan terhubung dengan NC atau NO

7) *Electromagnet*

Kabel lilitan yang membelit logam ferromagnetik. Berfungsi sebagai magnet buatan yang sifatnya sementara. Menjadi logam magnet ketika lilitan dialiri arus

listrik, dan menjadi logam biasa ketika arus listrik diputus. Gambar 2.31 menunjukkan *relay* dengan 5 kaki^[11].

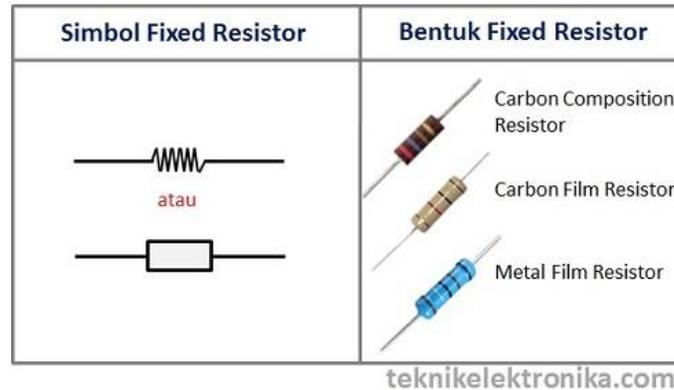


Gambar 2.27. *Relay 5 kaki HKE*
(Sumber : *Datasheet Relay 5V 5 Pin HKE*)

2.13. Resistor

Komponen ini memiliki bentuk kecil dan memiliki gelang warna yang menunjukkan besar dan kecilnya suatu tahanan. Resistor memiliki 2 buah kaki pada ujungnya dan tidak memiliki kutub positif dan kutub negatif sehingga pemasangannya boleh terbalik, asalkan nilainya sama dengan nilai yang tertera pada PCB atau skema.

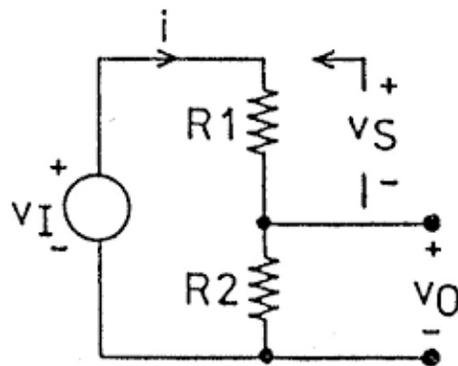
Komponen ini terbuat dari bahan arang sehingga arus yang ada dalam resistor tetap tidak dapat di ubah-ubah lagi. Apabila nilai ohmnya tidak sesuai dengan arus yang masuk (lebih besar arus dari nilainya) maka komponen ini akan terbakar dan tidak berfungsi lagi^[17].



Gambar 2.28. Simbol dan Bentuk Fisik Resistor
(Sumber: teknikelektronika.com , diakses tanggal 22 juni 2018)

2.13.1. Resistor sebagai Pembagi Tegangan

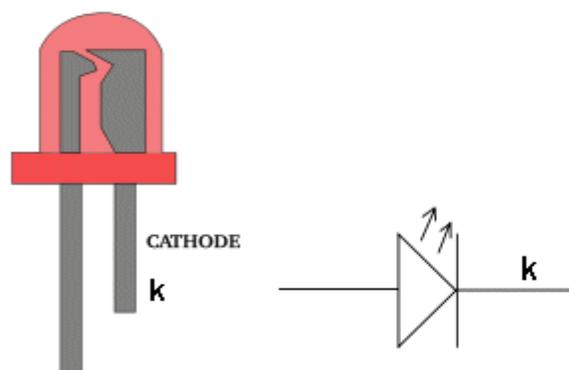
Dalam elektronik, pembagi tegangan (juga dikenal sebagai pembagi potensial) adalah sebuah rangkaian elektronika linear yang akan menghasilkan tegangan output (V_{out}) yang merupakan sebagian kecil dari tegangan masukan (V_{in}). Pembagi tegangan biasanya menggunakan dua resistor atau dibuat dengan satu potensiometer. Tegangan output tergantung dari nilai-nilai komponen resistor atau dari pengaturan potensiometer. Ketika pembagi tegangan diambil dari titik tengah, tegangan akan terbagi sesuai dengan nilai hambatan (resistor atau potensiometer) yang di pasang^[17].



Gambar 2.29. Rangkaian resistor sebagai pembagi tegangan
(Sumber: elektronika-dasar.web.id diakses tanggal 22 Juni 2018)

2.14. Light Emitting Diode (LED)

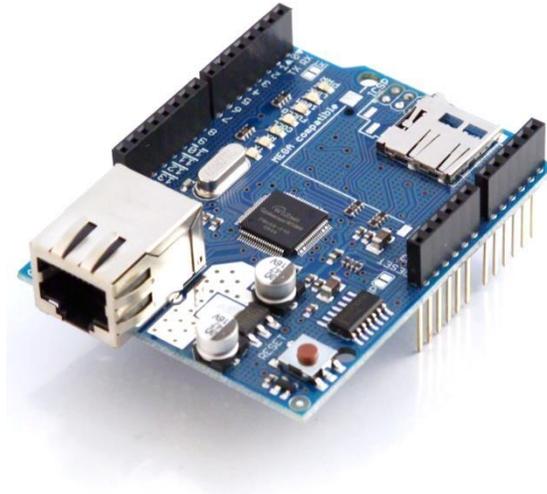
LED adalah singkatan dari Light Emitting Diode, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan N-P juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED mempunyai dua kaki yaitu anoda (positif) dan katoda (negatif) [17].



Gambar 2.30. Light Emitting Diode (LED)
(Sumber: <https://learn.mikroe.com> diakses tanggal 22 Juni 2018)

2.15. Ethernet Shield

Ethernet Shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet Shield* ditunjukkan pada gambar 2.47.



Gambar 2.31. *Ethernet Shield*
(Sumber: fabtolab.com, diakses tanggal 22 Juni 2018)

Ethernet shield berbasiskan *chip* ethernet *Wiznet W5100*. *Ethernet library* digunakan dalam menulis program agar arduino board dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *ethernet shield*. Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. Onboard *micro-SD* card reader diakses dengan menggunakan *SD library*. Arduino board berkomunikasi dengan *W5100* dan *SD card* menggunakan bus *SPI* (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh library *SPI.h* dan *Ethernet.h*.

Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada Arduino *Uno* dan pin 50, 51, dan 52 pada Mega. Pin digital 10 digunakan untuk memilih *W5100* dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan ethernet shield. Karena *W5100* dan *SD card* berbagi bus *SPI*, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu.

Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program kita, kiranya kita perlu secara eksplisit mendeselect-nya. Untuk melakukan hal ini pada *SD card*, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk *W5100* yang digunakan adalah pin 10.

Untuk menghubungkan *ethernet shield* dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar. Yaitu *ethernet shield* harus diberi alamat MAC (*Media Access Control*) dan alamat IP (*Internet Protocol*). Sebuah alamat MAC adalah sebuah identifikasi unik secara global untuk perangkat tertentu. Alamat IP yang valid tergantung pada konfigurasi jaringan. Hal ini dimungkinkan untuk menggunakan *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) untuk secara dinamis menentukan sebuah IP. Selain itu juga diperlukan *gateway* jaringan dan *subnet*^[17].

2.16. Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai

routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti *Internet Protocol*) dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI.

Router berfungsi sebagai penghubung antar dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. *Router* berbeda dengan switch. Switch merupakan penghubung beberapa alat untuk membentuk suatu *Local Area Network (LAN)* ^[17].



Gambar 2.32. Router

(Sumber : www.jakartanotebook.com/huawei-echolife-hg553, diakses pada tanggal 20 Juni 2018)

2.17. VT SCADA

VTScada dirancang untuk menampilkan satu set alat pemantauan dan kontrol yang baik. Biasanya digunakan di peron pengeboran lepas pantai, pabrik pengolahan air, kapal, pabrik bir, pembangkit listrik tenaga air di seluruh dunia. Di dalam *VTScada* bisa dengan mudah untuk digunakan dalam pengembangan aplikasi dan bahasa pemrograman yang bagus. Dengan ini kita bisa mengoperasikan peralatan dengan mudah seperti konfigurasi alarm, mendapatkan data laporan, dan data statistik. Dalam monitoringnya operator dapat melihat peralatan status dari jarak jauh

dengan via alarm telepon, email atau sms. Kita juga bisa membuat tag untuk peralatan kita sendiri, karena teresedia banyak alamat I/O, alarm, data loger.

Software VTSCADA mampu untuk melakukan sistem kendali berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses tenaga listrik. Dapat juga menampilkan hasil besaran yang di ukur oleh sensor. Selain itu *software* juga dilengkapi oleh button ataupun switch yang mampu untuk menggerakkan kontak relay pada rangkaian elektronika. Bedanya *software* ini dari *software SCADA* yang lain, *software* ini memiliki bermacam-macam widget yang bisa membuat tampilan HMI menjadi lebih menarik dan terkesan tidak monoton^[17].