

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan.

Tugas Akhir Implementasi SCADA untuk Monitoring Koordinasi PMT dengan Recloser Sebagai Proteksi Pada Jaringan 3 Fasa Berbasis *Arduino Mega 2560*<sup>[1]</sup> membahas tentang alat yang mampu memonitoring koordinasi PMT dan Recloser saat terjadi gangguan pada sisi tegangan menengah secara *realtime*. Untuk perancangan perangkat keras membutuhkan beberapa komponen yaitu *Arduino Mega 2560*, *Ethernet Shield*, Sensor Arus ACS, dan Driver Relay. Serta untuk mensuplai tenaga dan beban pada alat di gunakan catu daya.

Tugas Akhir Alat Pendeteksi Terputusnya Aliran Listrik pada Jaringan Tegangan Menengah Satu Fasa Menggunakan *Arduino Mega 2560* Dengan Memanfaatkan Aplikasi *Web*<sup>[2]</sup> membahas tentang alat yang mampu mendeteksi terputusnya aliran listrik jaringan tegangan menengah secara *realtime* yang dapat dipantau dimana saja melalui *website*. Untuk perancangan perangkat keras membutuhkan beberapa komponen yaitu *Arduino Mega 2560*, *Ethernet Shield*, *Optocoupler*, *keypad* matriks 4x4, LCD 16x2, *router*, dan

modem. Selain itu, untuk mensuplai tegangan ke *Arduino Mega 2560* dan *router*, digunakan catu daya dan baterai kering yang dipilih secara otomatis oleh rangkaian *Auto Transfer Switch (ATS)*. Untuk perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan perangkat lunak untuk aplikasi *web* dan perangkat lunak untuk *Arduino*. Perangkat lunak untuk aplikasi *web* membutuhkan perancangan database (MySQL) dan pemrograman PHP untuk merancang *website*. *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali dari beberapa *input* yaitu sensor *optocoupler* dan *keypad*. *Optocoupler* digunakan untuk mendeteksi aliran listrik 220VAC. *Keypad* digunakan untuk memasukkan *username*, *password*, dan *ID* alat. Serta *output* yang dihasilkan dikirim ke *database server* dan ditampilkan pada *LCD*.

Perbedaan laporan tugas akhir yang akan dibuat penyusun dengan referensi diatas diatas adalah penyusun akan *memonitoring* dan mengontrol suatu alat menggunakan aplikasi *VTSCADA*. *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali yang kemudian hasil olah data tersebut akan dikirimkan melalui *Ethernet Shield* ke *Router*. Kemudian *Router* akan mengirimkan data kepada *HMI* yang akan ditampilkan serta dapat dikontrol menggunakan *monitor*.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1. Sistem Tenaga Listrik**

Tenaga listrik dapat diterima dan dinikmati oleh konsumen melalui media penyalur. Suatu sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri atas empat unsur yaitu, pembangkitan, transmisi, distribusi dan pemakaian tenaga listrik. Pembangkitan tenaga listrik terdiri atas berbagai jenis, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Letak dari pembangkit tenaga listrik sering jauh dari pusat-pusat pemakaian tenaga listrik, seperti kota dan industri. Dengan demikian, energi listrik yang dibangkitkan di pembangkit tenaga listrik, harus disalurkan atau ditransmisikan melalui jarak-jarak yang jauh ke pusat-pusat pemakaian tenaga listrik. Cara penyaluran tersebut dengan menaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (step up transformer) yang ada di pusat pembangkit tenaga listrik. Setelah disalurkan melalui saluran transmisi tenaga listrik, sampailah di Gardu Induk untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (step down transformer) menjadi tegangan menengah atau yang sering disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tiba di kota, energi listrik itu harus dibagikan atau didistribusikan kepada para pemakai atau pelanggan.

Salah satu bagian dari proses sistem tenaga listrik adalah sistem distribusi, dimana secara garis besar proses operasi sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi tiga tahap, antara lain:

1. Proses pembangkitan tenaga listrik ( PLTA, PLTU, PLTG, PLTD, PLTP, PLTN, dll ).
2. Proses transmisi daya listrik dengan tegangan tinggi (30 kV, 70 kV, 150 kV, 500 kV) dari pusat-pusat pembangkit ke gardu-gardu induk.
3. Proses pendistribusian tenaga listrik dengan tegangan menengah (misalnya 6 kV, 12 kV atau 20 kV) dan tegangan rendah (110 V, 220 V dan 380 V) dari gardu induk ke konsumen

Pada suatu sistem yang cukup besar, tegangan yang keluar dari generator harus dinaikkan dulu dari tegangan menengah (tegangan generator) menjadi tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi (tegangan transmisi). Menyalurkan energi listrik melalui jarak-jarak yang jauh harus dilakukan dengan tegangan yang tinggi untuk memperkecil kerugian-kerugian yang terjadi, baik rugi-rugi energi maupun penurunan tegangan. Suatu sistem tenaga listrik harus memenuhi syarat-syarat dasar seperti:

1. Setiap saat memenuhi jumlah energi listrik yang diperlukan konsumen sewaktu-waktu.
2. Mempertahankan suatu tegangan yang tetap dan tidak terlampaui bervariasi, standar variasi tegangan Indonesia adalah -10% sampai +5%.
3. Mempertahankan suatu frekuensi yang stabil dan tidak bervariasi lebih dari misalnya  $\pm 0,2$  Hz.
4. Menyediakan energi listrik dengan harga yang wajar.
5. Memenuhi standar-standar keamanan dan keselamatan.
6. Tidak mengganggu lingkungan hidup.

Tegangan generator yang biasanya berupa tegangan menengah (TM) di gardu induk (GI) melalui transformator dinaikkan menjadi tegangan transmisi, berupa tegangan tinggi (TT) atau tegangan ekstra tinggi (TET). Standar tegangan menengah di Indonesia adalah 20 kV, 150 kV. Dan 500 kV untuk tegangan tegangan ekstra tinggi. Standar ini mengikuti rekomendasi dari International Electrotechnical Commission (IEC). Standar tegangan menengah untuk distribusi adalah 20 kV. Standar tegangan rendah di Indonesia adalah 220 V/380 V.

Pusat listrik tegangan generator dinaikkan di gardu induk dari tegangan generator menjadi tegangan transmisi. Setibanya di pinggir kota, tegangan transmisi diturunkan lagi menjadi tegangan menengah. Gardu induk merupakan instalasi yang sangat penting dalam pengoperasian

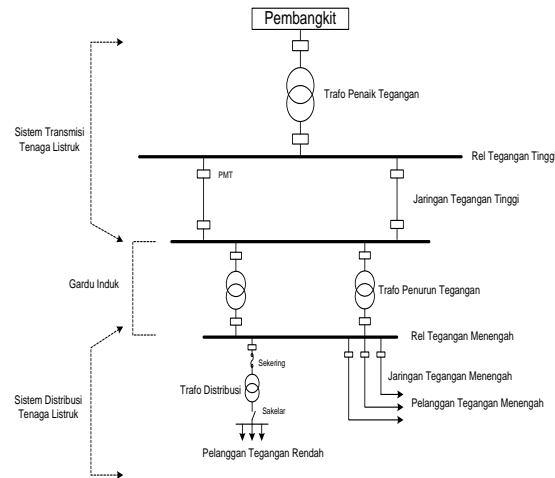
sistem tenaga listrik. Gardu induk pada prinsipnya adalah pusat penerimaan dan penyaluran tenaga listrik pada tegangan yang berbeda. Gardu induk terdapat di seluruh sistem tenaga listrik. Dimulai pada pusat tenaga listrik dengan mempergunakan transformator daya, sebuah GI meningkatkan tenaga menengah yang dibangkitkan oleh generator menjadi tegangan transmisi yang diperlukan. Mendekati tempattempat pemakaian energi listrik, yaitu kota atau pemakai besar seperti industri, tegangan transmisi diturunkan kembali menjadi tegangan menengah.

Sebuah gardu induk pada umumnya terdiri atas peralatan utama berikut: transformator daya, reaktor pembatas arus, pemutus daya, berbagai peralatan switching (switch gear), pengamanan terhadap petir, dan peralatan pengukuran, serta proteksi.

Secara umum gardu induk dapat dibedakan dua macam, yaitu:

1. GI Penaik Tegangan
2. GI Penurun Tegangan

GI penaik tegangan berfungsi sebagai pengumpul daya dan menyalurkannya melalui suatu tegangan tinggi. GI ini dapat dibangun bersamasama dengan pusat pembangkit. Sedangkan GI penurun tegangan ditempatkan pada pusat beban yang disalurkan melalui distribusi primer, daya disalurkan dengan tegangan yang lebih rendah daripada tegangan yang masuk.<sup>[3]</sup>



**Gambar 2.1** Sistem Tenaga Listrik

(Sumber: Pusdiklat PLN, 2010)

## 2.2.2. Konfigurasi Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dalam menyalurkan tenaga listrik ke konsumen, PLN menerapkan beberapa model konfigurasi jaringan sistem distribusi di antaranya adalah sistem *radial*, *loop*, *network*, dan interkoneksi yang masing-masing pola diterapkan berdasarkan kebutuhan. Setiap bentuk konfigurasi jaringan sistem distribusi tentu memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat dijelaskan sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

### 2.2.2.1. Jaringan Radial

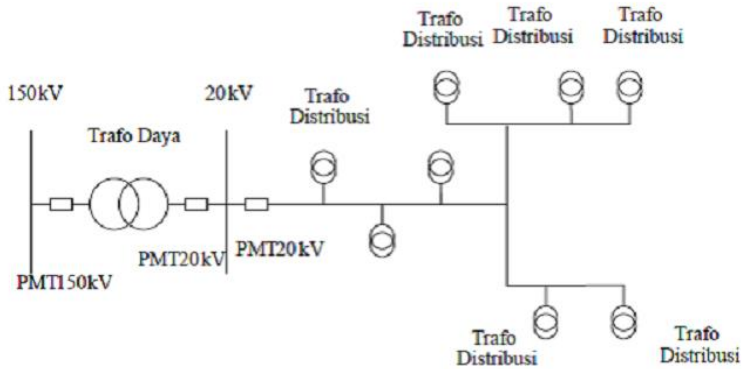
Sistem distribusi dengan pola Radial adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat sebuah *feeder* yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

Dalam *feeder* tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem lainnya. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam.

Jaringan radial ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya adalah:

1. Pengontrolan tegangan lebih murah
2. Biaya investasi murah
3. Gangguan lebih mudah diketahui
4. Sedikit gangguan arus pada banyak rangkaian
5. Lebih mudah diprediksi





**Gambar 2.2** Jaringan Radial

(Sumber: Pusdiklat PLN, 2010)

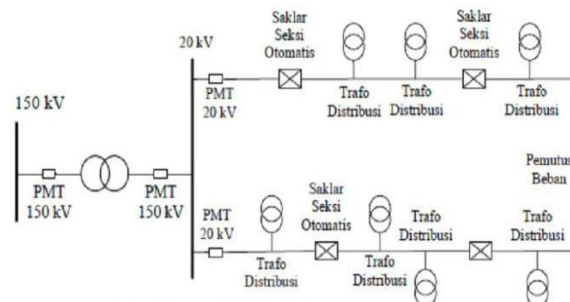
#### 2.2.2.2. Jaringan Loop

Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) seperti pada Gambar 3.4 dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relative lebih baik.

Sistem rangkaian Loop pada jaringan distribusi merupakan suatu sistem penyaluran melalui dua atau lebih saluran *feeder* yang saling berhubungan membentuk rangkaian berbentuk cincin. Sistem ini secara ekonomis menguntungkan, karena gangguan pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu saja. Sedangkan pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain yang tidak

terganggu. Sehingga kontinuitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik.

Yang perlu diperhatikan pada sistem Loop ini apabila beban yang dilayani bertambah, maka kapasitas pelayanan untuk sistem rangkaian Loop ini kondisinya akan lebih jelek. Tetapi apabila digunakan titik sumber (Pembangkit Tenaga Listrik) lebih dari satu di dalam sistem jaringan ini maka sistem ini akan banyak dipakai dan akan menghasilkan kualitas tegangan lebih baik, serta regulasi tegangannya cenderung kecil.



**Gambar 2.3** Jaringan Loop

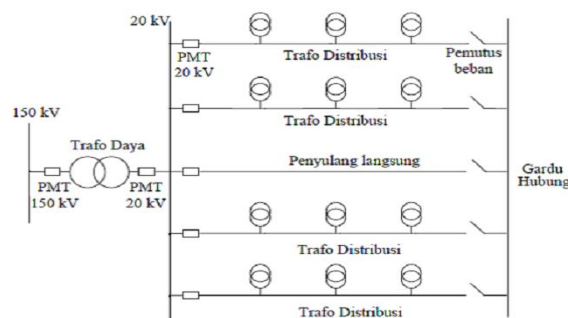
(Sumber: Pusdiklat PLN, 2010)

### 2.2.2.3. Jaringan Spindel

Sistem Jaringan Spindel adalah suatu pola kombinasi jaringan Radial dan Loop. Spindel terdiri dari beberapa *feeder* yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa *feeder* aktif dan sebuah *feeder* cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah.

Namun pada pengoperasiannya, sistem spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah *feeder* aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah atau konsumen tegangan menengah



**Gambar 2.4** Jaringan Spindel

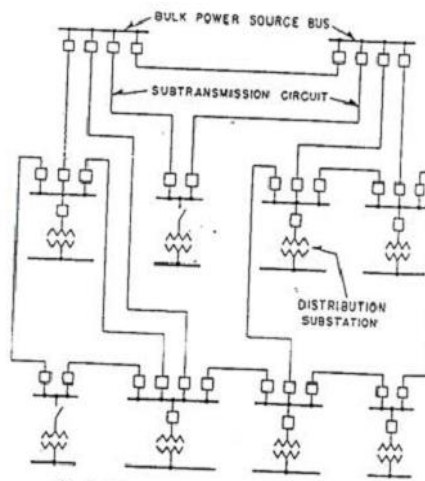
(Sumber: Pusdiklat PLN, 2010)

#### 2.2.2.4. Jaringan Mesh

Sistem Mesh ini merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara terus-menerus oleh dua atau lebih *feeder* pada gardu-gardu induk dari beberapa Pusat Pembangkit

Tenaga Listrik yang bekerja secara paralel. Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem-sistem yang paling baik serta dapat diandalkan, mengingat sistem ini dilayani oleh dua atau lebih sumber tenaga listrik. Selain itu jumlah cabang lebih banyak dari jumlah titik *feeder*.

Sistem ini digunakan pada daerah-daerah yang memiliki kepadatan tinggi dan mempunyai kapasitas dan kontinuitas pelayanan yang sangat baik. Gangguan yang terjadi pada salah satu saluran tidak akan mengganggu kontinuitas pelayanan. Sebab semua titik beban terhubung paralel dengan beberapa sumber tegangan.

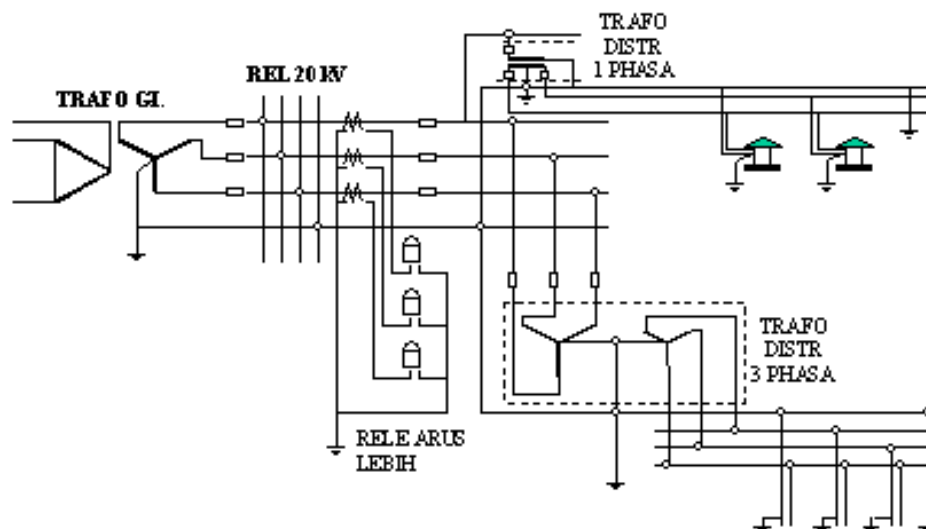


**Gambar 2.5** Jaringan Mesh

(Sumber: Pusdiklat PLN, 2010)

### 2.2.3. Sistem Distribusi Tenaga Listrik Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta

Sistem distribusi tenaga listrik di Jawa Tengah dan DIY menggunakan sistem distribusi 20 kV tiga fasa – empat kawat dengan pentanahan netral langsung (*Multi Grounded Common Neutral*) sesuai SPLN 52-3, 1983. Sistem distribusi Jateng dan DIY ditunjukkan pada gambar 2.6<sup>[4]</sup>.



**Gambar 2.6** Sistem Distribusi Jateng dan DIY  
(Sumber: SPLN 52-3, 1983)

Adapun sistem jaringan yang digunakan adalah sebagai berikut <sup>[9]</sup> :

1. Tegangan nominal antar fasa 20 kV ( tiga fasa )
2. Tegangan fasa - netral sebesar  $20/\sqrt{3}$  kV (satu fasa).
3. Menggunakan kawat netral untuk jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah.

4. Jaringan Tegangan Menengah (JTM) terdiri dari JTM 3Ø dan JTM 1Ø.

#### **2.2.4. Gangguan Hubung Singkat Sistem Distribusi**

Gangguan yang mungkin terjadi didalam sistem 3 fasa adalah<sup>[5]</sup> :

1. Gangguan 3 fasa.

Kemungkinan terjadinya adalah dari sebab putusnya salah satu kawat fasa yang letaknya paling atas pada transmisi/ distribusi dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertikal. Kemungkinan terjadinya memang sangat kecil, tetapi dalam analisisnya tetap harus diperhitungkan. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang cukup tinggi berayun sewaktu tertiuip angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat fasa transmisi atau distribusi.

2. Gangguan 2 fasa ( ketanah )

Kemungkinan terjadinya bisa disebabkan oleh putusnya kawat fasa tengah pada transmisi/ distribusi dengan konfigurasi tersusun vertikal. Kemungkinan lain adalah dari sebab rusaknya isolator di transmisi/ distribusi sekaligus dua fasa. Gangguan seperti ini biasanya menjadi gangguan dua fasa ketanah. Atau bisa juga akibat back flashover antara tiang dan dua kawat fasa sekaligus sewaktu tiang

transmisi/ distribusi yang mempunyai tahanan kaki tiang yang tinggi tersambar petir, dan lain-lain.

### 3. Gangguan satu fasa ketanah

Kemungkinan terjadinya adalah akibat back flashover antara tiang ke salah satu kawat fasa transmisi/ distribusi sesaat setelah tiang tersambar petir yang besar, walaupun tahanan kaki tiangnya cukup rendah. Bisa juga gangguan satu fasa ketanah terjadi sewaktu salah satu kawat fasa transmisi/ distribusi tersentuh pohon yang cukup tinggi, dan lain-lain.

#### **2.2.5. Penyebab Gangguan Hubung Singkat Sistem Distribusi**

Gangguan hubung singkat terjadi karena banyak faktor, berikut ini beberapa faktor yang sering terjadi di lapangan yang mengakibatkan gangguan hubung singkat<sup>[5]</sup>:

1. Angin kencang, angin kencang dapat menjadi ancaman yang besar bagi jaringan. Ranting pohon yang bergesekan dengan kabel konduktor akibat tiupan dari angin bisa mengakibatkan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Bisa juga mengakibatkan gangguan antar fasa apabila andongannya kendur bisa menyebabkan kabel antar fasa bersentuhan.
2. Kurangnya kesadaran masyarakat sekitar, anak-anak kecil biasanya bermain layang-layang di dekat jaringan. Apabila

layang-layang tersebut mengenai jaringan juga bisa mengakibatkan gangguan, bisa juga akibat pemasangan antenna televise yang terlalu dekat jaringan.

3. Akibat Hewan, hewan merupakan salah satu penyebab gangguan yang sering terjadi dilapangan. Burung yang biasanya hinggap di kabel-kabel JTM bisa saja menyebabkan gangguan apabila saat hendak terbang sayapnya mengenai dua kabel JTM, sehingga menyebabkan hubung singkat antar fasa.
4. Kualitas peralatan atau material yang kurang baik, misalnya : pada JTR yang memakai *Twisted Cable* dengan mutu yang kurang baik, sehingga isolasinya mempunyai tegangan tembus yang rendah, mudah mengelupas dan tidak tahan panas. Hal ini juga akan menyebabkan hubung singkat antar fasa.
5. Hujan dan petir, di daerah-daerah tertentu yang memiliki curah hujan tinggi dan intensitas petir yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada SUTM. Hal ini sangat susah dihindari karena merupakan gangguan dari alam yang tidak bisa diprediksi keberadaannya.
6. Pohon, pohon-pohon yang dilewati oleh kabel-kabel JTM hendaknya selalu diperhatikan *ROW* atau jaraknya dengan kabel agar tidak menyebabkan gangguan. Biasanya untuk hal ini sudah dibentuk tim khusus untuk melakukan pemangkasan pohon.



### 2.2.6. Persyaratan Utama Peralatan Proteksi

Untuk dapat bekerja sesuai fungsinya, maka peralatan memerlukan relay pengaman yang baik pula. Untuk itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh relay pengaman yaitu<sup>[6]</sup> .:

#### 1. Kepekaan (*sensitivity*)

Pada prinsipnya Relai harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamanannya meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan yang minimum. Untuk Relai arus lebih hubung singkat yang bertugas pula sebagai pengaman cadangan jauh untuk seksi berikutnya, Relai itu harus dapat mendeteksi arus gangguan hubung singkat 2-fase yang terjadi diujung akhir seksi berikutnya dalam kondisi pembangkitan minimum.

#### 2. Keandalan (*reliability*)

Pada keandalan pengaman ada 3 aspek, yaitu :

##### a. *Dependability*

*Dependability* merupakan tingkat kepastian bekerjanya (keandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan lain perkataan *dependability*-nya harus tinggi.

*b. Security*

*Security* merupakan tingkat kepastian untuk tidak salah kerja (keandalan untuk tidak salah kerja). Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus kerja, misalnya karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan, atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lambat. Salah kerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Jadi pada prinsipnya pengaman tidak boleh salah kerja, dengan lain perkataan *security*-nya harus tinggi.

*c. Availability*

*Availability* merupakan perbandingan antara waktu di mana pengaman dalam keadaan siap kerja (*actually in service*) dan waktu total operasinya.

3. Selektifitas (*selectivity*)

Pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengamanan utamanya. Pengamanan sedemikian disebut pengamanan yang selektif. Jadi Relai harus dapat membedakan apakah gangguan terletak di kawasan pengamanan utamanya di mana ia harus bekerja cepat atau terletak di seksi berikutnya di mana ia harus bekerja dengan waktu tunda atau harus tidak bekerja sama

sekali karena gangguannya diluar daerah pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan.

#### 4. Kecepatan (*speed*)

Untuk memperkecil kerugian/kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu, harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Untuk menciptakan selektifitas yang baik, mungkin saja suatu pengaman terpaksa diberi waktu tunda (*time delay*). Namun waktu tunda itu harus secepat mungkin (seperlunya saja), karena kelambatan kerja proteksi dapat mengganggu kestabilan sistem atau merusak peralatan karena *thermal stress*.

#### **2.2.7. Peralatan Sistem Proteksi Distribusi**

Untuk mengurangi akibat-akibat negatif dari berbagai macam gangguan-gangguan, maka diperlukan Peralatan Pengaman. Peralatan pengaman merupakan alat yang berfungsi melindungi atau mengamankan suatu sistem penyaluran tenaga listrik dengan cara membatasi tegangan lebih (*over voltage*) atau arus lebih (*over current*) yang mengalir pada sistem tersebut, dan mengalirkannya ke tanah (*ground*). Dengan demikian alat pengaman harus dapat menahan tegangan sistem agar kontinuitas pelayanan ke pusat beban (*load center*) tidak terganggu hingga waktu yang tidak terbatas. Dan harus dapat melalukan atau mengalirkan arus lebih dengan tidak merusak alat

pengaman dan peralatan jaringan yang lain. Oleh karena itu fungsi alat pengaman adalah<sup>[6]</sup>:

1. Mendeteksi Adanya gangguan,
2. Mencegah Kerusakan (Peralatan & Jaringan),
3. Pengamanan terhadap manusia,
4. Meminimumkan daerah padam bila terjadi gangguan pada system

Sistem perlindungan yang terpasang di sistem distribusi tenaga listrik bertujuan untuk mencegah dan membatasi kerusakan pada jaringan dan peralatannya serta untuk keselamatan umum karena gangguan dan peningkatan pelayanan dari pasokan tenaga listrik, antara lain :

1. Perlindungan terhadap hubung singkat (*short circuit /sc*) atau arus lebih (*over current / oc*) atau gangguan pada saluran atau peralatannya disebut perlindungan arus lebih.
2. Perlindungan terhadap gangguan petir, disebut perlindungan terhadap gangguan tegangan lebih (*over voltage/ov*)

Adapun peralatan pengaman pada sistem distribusi antara lain<sup>[6]</sup>:

#### **2.2.7.1. Pelebur (*Fuse*) atau *Fuse Cut Out***

Merupakan pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi tegangan menengah yang gunanya untuk mengamankan jaringan tegangan menengah dan peralatan kearah GI terhadap gangguan hubung singkat di trafo, atau sisi tegangan menengah

sebelum trafo tetapi setelah fuse cut out. Untuk menentukan besarnya fuse cut out yang terpasang, harus diketahui arus nominal trafo pada sisi tegangan dan besarnya nilai arus *fuse cut out* harus lebih besar dari arus nominal trafo sisi tegangan menengah.



**Gambar 2.7 Fuse Cut Out**

#### **2.2.7.2. Pemutus Rangkaian (*Circuit Breaker*) / PMT**

Merupakan saklar yang didesain untuk memutuskan arus gangguan hubung singkat, menghilangkan gangguan permanen dengan cara memisahkan dari bagian yang terganggu, bekerja secara otomatis



**Gambar 2.8 PMT 20KV**

### 2.2.7.3. Saklar Pemisah (*Disconnecting Switch*) / PMS

Merupakan saklar yang didesain memutus rangkaian listrik pada kondisi tanpa beban yang bekerja secara manual.

### 2.2.7.4. Saklar Pemisah Beban (*Load Break Switch*)

Merupakan saklar yang didesain untuk memutus rangkaian listrik / arus beban pada kondisi berbeban yang besarnya tidak lebih dari arus gangguan yang bekerja secara otomatis



**Gambar 2.9** LBS

### 2.2.7.5. Penutup Balik Otomatis (*Automatic Circuit Reclose*)

Alat pelindung arus lebih yang waktu membuka dan menutupnya dapat diatur guna menghilangkan gangguan sementara, atau memutus gangguan permanen yang bekerja secara otomatis



**Gambar 2.10** Recloser

#### **2.2.7.6. Saklar Seksi Otomatis (*Automatic Line Sectionalizer*)**

Merupakan pengaman cadangan dari CB atau bekerja tidak sendirian dimana peralatan ini dipasang pada jaringan udara tegangan menengah

#### **2.2.7.7. *Arrestter***

Merupakan alat untuk melindungi isolasi atau peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang diakibatkan karena sambaran petir atau tegangan transient yang dari penyambungan atau pemutus rangkaian listrik dengan mengalirkan arus denyut ke tanah serta membatasi berlangsungnya arus ikutan dan mengembalikan keadaan jaringan pada kondisi semula tanpa mengganggu sistem tenaga listrik. Peralatan ini terpasang pada jaringan udara tegangan menengah.



**Gambar 2.11** *Lightning Arrestter*

#### **2.2.7.8. Relay**

Alat yang peka terhadap perubahan pada rangkaian yang dapat mempengaruhi bekerjanya alat lain. Adapun relay yang terpasang terdiri dari :

1. Pengaman Gangguan Antar Fasa (*Over Current Relay*)

Digunakan untuk mengamankan sistem distribusi, jika ada gangguan hubung singkat 3 fasa atau 2 fasa. Pemasangannya dapat di incoming feeder, outgoing feeder, ataupun pada gardu hubung

2. Pengaman Gangguan Satu Fasa ke Tanah (*Ground Fault Relay*)

Digunakan untuk mengamankan sistem distribusi, jika ada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Pemasangannya dapat di incoming feeder, outgoing feeder, ataupun pada gardu hubung

### 2.2.8. Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*

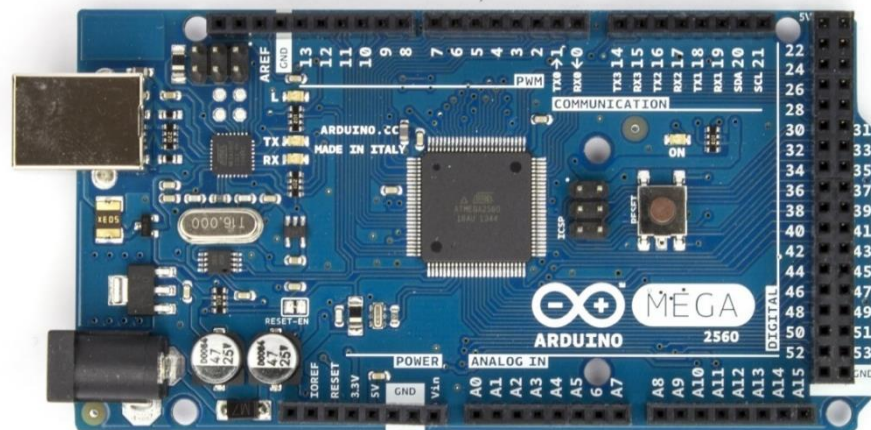
*Arduino* adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATmel.

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*.<sup>[7]</sup>



**Gambar 2.12** *Arduino Mega 2560*

(Sumber: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), diakses tanggal 20 Juni 2018)

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

**Tabel 2.1** Spesifikasi dari *Arduino Mega 2560*

(Sumber: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc), diakses tanggal 20 Juni 2018)

### 2.2.8.1. Catu Daya

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:

1. **VIN**, *Input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
2. **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.
3. **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.

4. **GND**, pin Ground.
5. **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.<sup>[1]</sup>

#### 2.2.8.2. Memori

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).<sup>[1]</sup>

#### 2.2.8.3. Input dan Output

Arduino Mega 2560 memiliki 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

1. **Serial**, terdiri atas pin 0 (RX) dan 1 (TX), pin *Serial* 19 (RX) dan 18 (TX), pin *Serial* 17 (RX) dan 16 (TX), pin

*Serial* 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data *serial* TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 *Serial* USB-to-TTL.

2. **Eksternal Interupsi**, berupa pin 2 (*interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.
3. **SPI**, terdiri dari pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan *header* ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
4. **LED**, berupa pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin *diset* bernilai *HIGH*, maka LED menyala (*ON*), dan ketika pin *diset* bernilai *LOW*, maka LED padam (*OFF*).
5. **TWI**, terdiri atas pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan *Wire*. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama

dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

*Arduino Mega2560* memiliki 16 pin sebagai analog *input*, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*.<sup>[2]</sup>

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

1. **AREF**, merupakan referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
2. **RESET**, merupakan jalur *LOW* ini digunakan untuk *reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama *Arduino*.

#### **2.2.8.4. Komunikasi**

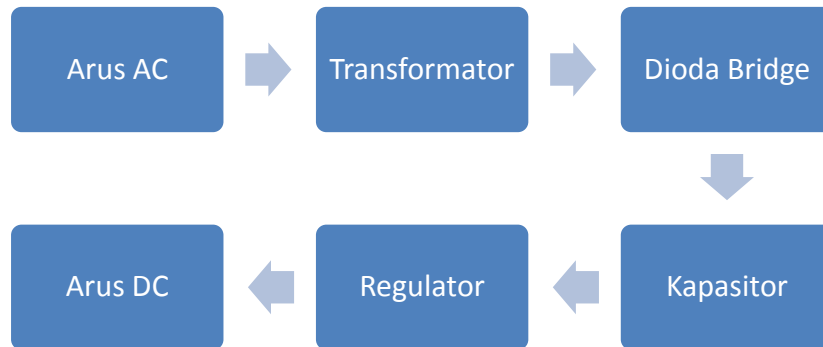
*Arduino Mega 2560* memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, bahkan mikrokontroler lain. *ATmega 2560* menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah *chip ATmega16U2* yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* melalui USB dan muncul sebagai

COM *Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak *Arduino* termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip *USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).<sup>[1]</sup>

### 2.2.9. Catu Daya

Catu daya adalah suatu unit yang dapat mencatudaya listrik ke unit lain, yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan menjaga agar tegangan *output* konstan dalam batas-batas tertentu. Catu daya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut diantaranya<sup>[2]</sup>:

1. Transformator
2. Penyearah (*Rectifier*) menggunakan Dioda *Bridge*
3. Penyaring (*Filter*) menggunakan Kapasitor
4. Regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan, menggunakan modul Step Down



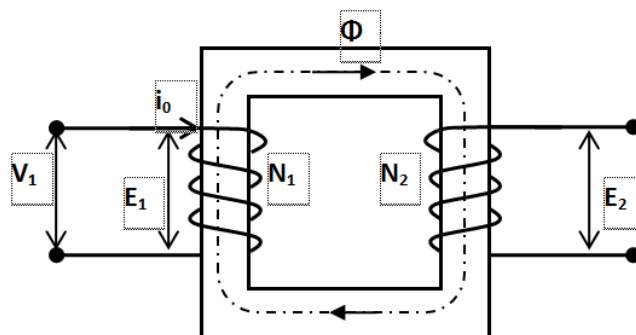
**Gambar 2.13** *Diagram Blok Catu Daya*

#### **2.2.9.1. 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<sup>[8]</sup>. 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<sup>[8]</sup>.

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 seperti pada gambar 2.14 Sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Efek induksi ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).



**Gambar 2.14** Gambar Skema Transformator<sup>[8]</sup>  
(Sumber : Buku Transformator oleh Teguh Yuwono, 2003)

$$E_1/E_2 = V_1/V_2 = N_1/N_2 = a \dots \dots \dots (2.1)$$

$$I_2/I_1 = V_1/V_2 = N_1/N_2 = a \dots \dots \dots (2.2)$$



Keterangan :

$E_1$	=	Gaya gerak listrik di sisi primer (Volt)
$E_2$	=	Gaya gerak listrik di sisi sekunder (Volt)
$V_1$	=	Tegangan di sisi primer (Volt)
$V_2$	=	Tegangan di sisi sekunder (Volt)
$N_1$	=	Jumlah lilitan sisi primer
$N_2$	=	Jumlah lilitan sisi sekunder
$I_1$	=	Arus di sisi primer (Ampere)
$I_2$	=	Arus di sisi sekunder (Ampere)
a	=	Perbandingan transformasi

Dalam hal ini tegangan induksi  $E_1$  mempunyai besaran yang sama tetapi berlawanan arah dengan tegangan sumber  $V_1$ .

Pada trafo juga terdapat persamaan untuk efisiensi, yaitu :

$$\eta = (P_{out} / P_{in}) \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana,

$\eta$	=	Efisiensi (%)
$P_{out}$	=	Daya keluaran (Watt)
$P_{in}$	=	Daya masukan (Watt)

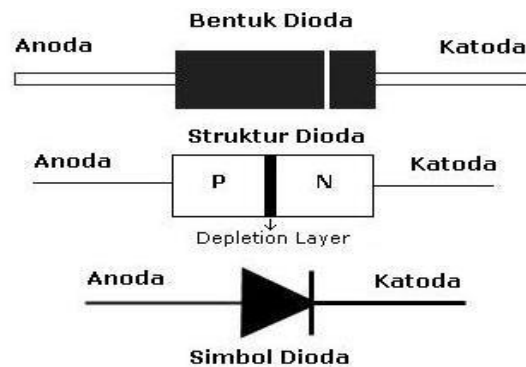
Konstruksi transformator secara umum terdiri dari<sup>[1]</sup>:

1. Inti yang terbuat dari lembaran-lembaran plat besi lunak atau baja silikon yang diklem jadi satu.

2. Belitan dibuat dari tembaga yang cara membelitkan pada inti dapat konsentris maupun spiral.
3. Sistem pendinginan pada trafo-trafo dengan daya yang cukup besar.

### 2.2.9.2. Dioda

Dioda merupakan komponen elektronika yang berbahan semikonduktor. Dioda berguna untuk mengalirkan arus satu arah. Struktur dioda merupakan sambungan semikonduktor P dan N. Salah satu isinya adalah semikonduktor tipe-p, sedangkan sisi yang lain adalah tipe-n. Dengan struktur seperti itu, arus hanya akan mengalir dari sisi P menuju sisi N<sup>[1]</sup>. Struktur dioda ditunjukkan pada gambar 2.16.



**Gambar 2.15** Struktur Dioda  
(Sumber : belajarelektronika.net)

Pada daerah sambungan, dua jenis semi konduktor yang berlawanan ini akan muncul daerah deplesi yang akan

membentuk gaya barrier. Gaya barrier dapat ditembus dengan tegangan + sebesar 0.7 volt yang dinamakan sebagai break down voltage, yaitu tegangan minimum dimana dioda akan bersifat sebagai konduktor atau penghantar arus listrik. Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu jika kutub anoda kita hubungkan pada tegangan (+) dan kutub katoda kita hubungkan dengan tegangan (-) maka akan mengalir arus listrik dari anoda ke katoda. Jika polaritasnya kita balik (bias mundur) maka arus yang mengalir hampir nol atau dioda akan bersifat sebagai isolator<sup>[3]</sup>.

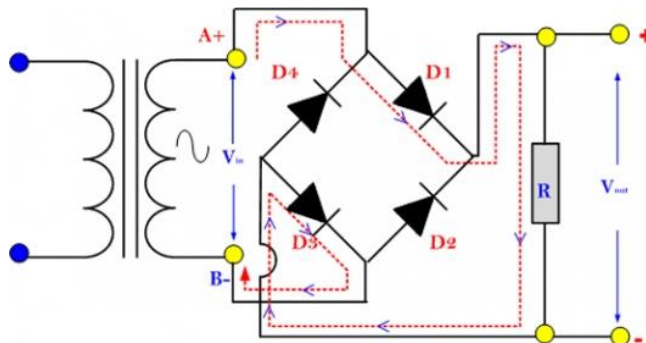
Dioda bagi rangkaian catu daya adalah komponen yang penting karena berfungsi untuk menyearahkan tegangan yang keluar dari transformator.<sup>[12]</sup>

### **2.2.9.3. Penyearah Gelombang Penuh dengan 4 Diode**

Penyearah gelombang penuh dengan 4 buah dioda biasanya disebut dioda *bridge* atau jembatan. Prinsip kerja penyearah gelombang penuh dengan 4 buah dioda ini sama dengan penyearah gelombang penuh menggunakan 2 buah dioda. Namun, pada penyearah sistem *bridge* ini, trafo yang digunakan tidak harus trafo CT. Dioda akan bekerja secara berpasangan, jika D1 dan D3 *On*, D2 dan D4 kan *Off*, begitu

pula sebaliknya. Prinsip kerja rangkaian bisa dijelaskan sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

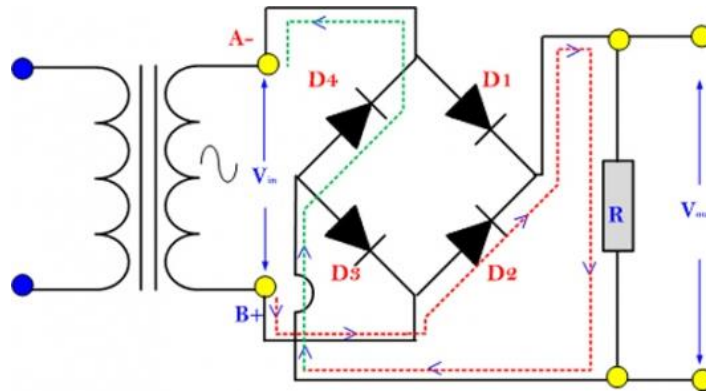
- Saat titik A mendapatkan tegangan positif (+) dan B negatif (-) seperti pada gambar 2.17, dioda D1 & D3 dalam kondisi dipanjar maju karena kaki anoda mendapat tegangan positif dan D2 & D4 dalam kondisi dipanjar terbalik (*off*). Karena dioda D1 & D3 dalam kondisi *On*, maka Arus akan mengalir dari titik A – D1 – R- D3 dan kembali ketitik B-. Tegangan yang timbul pada R merupakan tegangan output ( $V_{out}$ ).



**Gambar 2.16** Dioda 1 dan Dioda 3 dalam Posisi *ON*  
(Sumber : belajarelektronika.net)

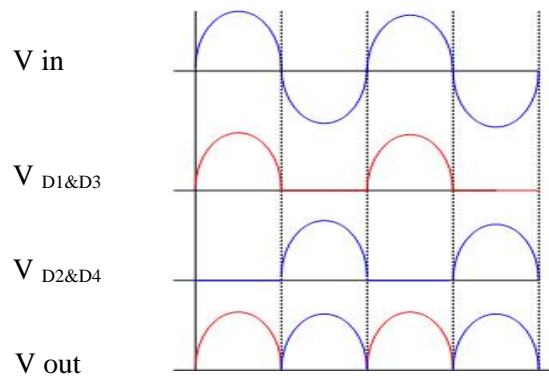
- Ketika titik A mendapatkan tegangan negatif (-) dan B positif (+) seperti pada gambar 2.18, dioda D2 & D4 dalam kondisi dipanjar maju karena kaki anoda mendapat tegangan positif (*On*) dan D1 & D3 dalam kondisi dipanjar terbalik (*Off*). Karena diode D2 & D4 dalam kondisi *On*, maka arus akan mengalir dari titik B – D2 – R- D4 dan kembali ketitik

A-. Tegangan yang timbul pada R merupakan tegangan *output* ( $V_{out}$ ).



**Gambar 2.17** Dioda 2 dan Dioda 4 dalam Posisi *OFF*  
(Sumber : belajarelektronika.net)

Bentuk gelombang *input* dan *output*-nya seperti gambar 2.18



**Gambar 2.18** Gelombang *Input* dan *Output*  
(Sumber : belajarelektronika.net)

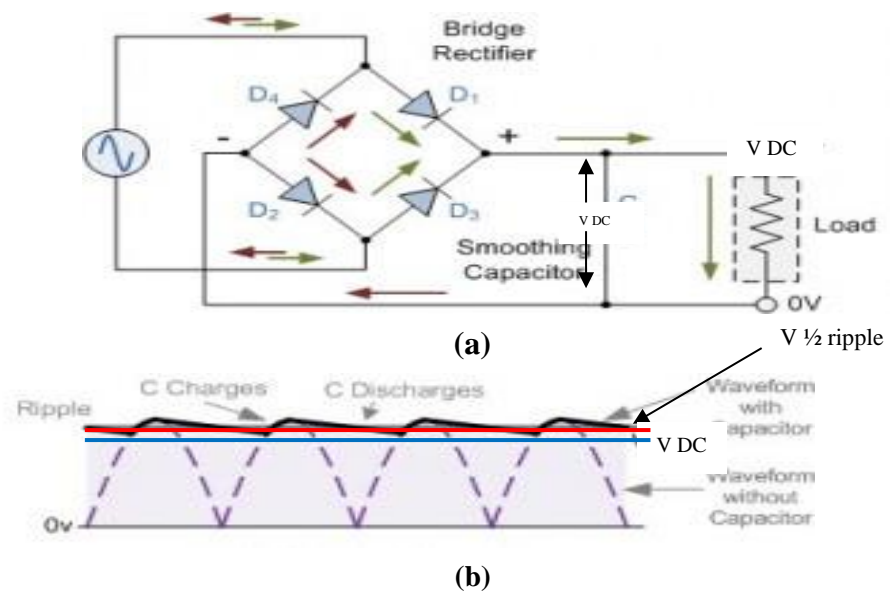
#### 2.2.9.4. Filter

*Filter* atau penyaring merupakan bagian yang terdiri dari kapasitor yang berfungsi untuk memperkecil tegangan riak yang tidak dikehendaki. Simbol dan bentuk fisik kapasitor ditunjukkan gambar 2.20.



**Gambar 2.19** Bentuk Fisik Kapasitor

Prinsip kerja dari penyearang 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.

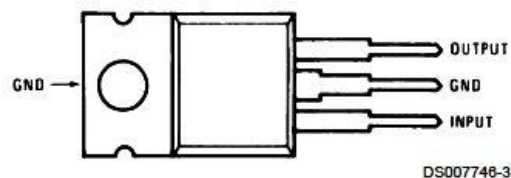


**Gambar 2.20** Rangkaian Penyearah Gelombang  
 (a) *Filter* pada Rangkaian Penyearah Gelombang  
 (b) Gelombang *Output* Hasil Rangkaian Penyearah  
 (Sumber : belajarelektronika.net)

Fungsi kapasitor pada rangkaian di atas untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang *filter* kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC (*Direct Current*).

#### 2.2.9.5. Regulator

Regulator berfungsi untuk mengatur kestabilan arus yang mengalir ke rangkaian elektronika. Regulator mempunyai seri berbeda-beda, sedangkan untuk rangkaian terpadu (*Integrated Circuit*) seri **78XX** yang pada umumnya dikenal sebagai **LM78XX**. LM78XX adalah rangkaian terpadu regulator yang menghasilkan tegangan konstan sebesar XX Volt<sup>[1]</sup>. Susunan kaki IC regulator yang digunakan pada catu daya dapat dilihat pada gambar 2.21.



**Gambar 2.21** Susunan Kaki IC Regulator 78XX  
(Sumber: *Datasheet Regulator 78XX*)

Seri 78XX memiliki beberapa keunggulan dibandingkan regulator tegangan lainnya, yaitu<sup>[2]</sup>:

- Seri 78XX tidak memerlukan komponen tambahan untuk meregulasi tegangan, membuatnya mudah digunakan, ekonomis dan hemat ruang.
- Seri 78XX memiliki rangkaian pengamanan terhadap pembebanan lebih, panas tinggi dan hubung singkat, membuatnya hampir tak dapat dirusak. Dalam keadaan tertentu, kemampuan pembatasan arus piranti 78XX tidak hanya melindunginya sendiri, tetapi juga melindungi rangkaian yang ditopangnya.

Regulator tegangan ini menggunakan prinsip diode zener yang bekerja pada daerah *breakdown*. Sehingga menghasilkan tegangan output yang sama dengan tegangan zener atau

$$V_{out} = V_z$$

#### 2.2.10. Relay 12VDC

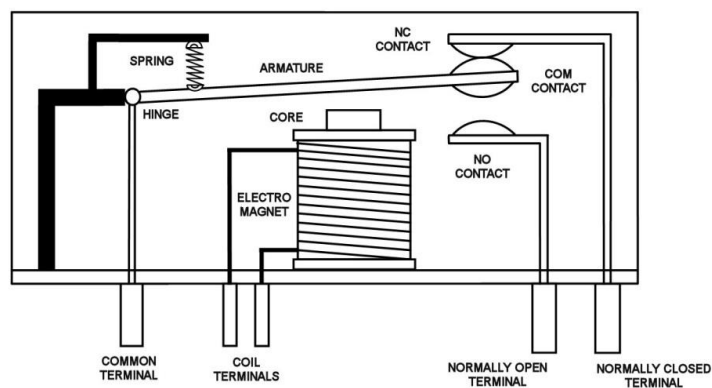
Rele pengendali elektromekanis (*an electromechanical relay = EMR*) adalah saklar magnetis. Rele ini menghubungkan rangkaian beban *on* atau *off* dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian.

Rele menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh,



dengan rele yang menggunakan elektromagnet 12 V dan 50 mA mampu menggerakkan *armature* rele (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220VAC 2A.<sup>[9]</sup>

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.



**Gambar 2.22** Konfigurasi *Relay*

Berikut ini penjelasan dari gambar 2.23 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*

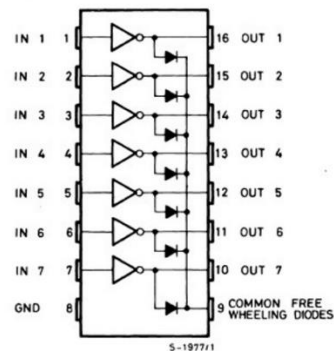
Merupakan kontak sumber yang akan terhubung dengan NC atau NO

7. *Electromagnet*

Kabel lilitan yang membelit logam ferromagnetik. Berfungsi sebagai magnet buatan yang sifatnya sementara.

### 2.2.11. Driver Relay

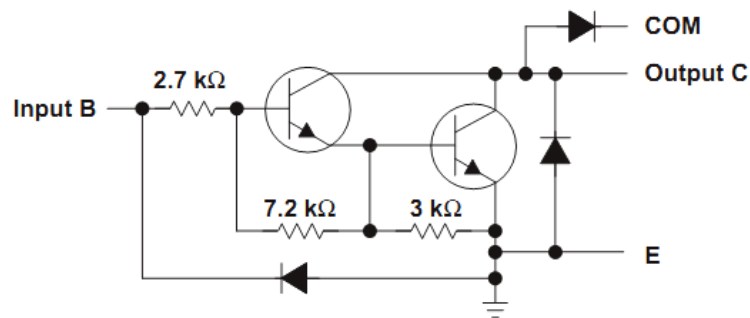
Driver relai merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan relai. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara relai yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 12 VDC) dengan mikrokontroler yang hanya bertegangan 5 VDC karena tegangan output sebesar 5 VDC tersebut belum dapat digunakan untuk mengaktifkan relai. Sehingga dengan adanya rangkaian ini diharapkan relai dapat bekerja karena telah memperoleh tegangan yang sesuai.<sup>[11]</sup>



**Gambar 2.23** PIN out IC ULN2003

ULN2003 adalah transistor Darlington Array bertegangan tinggi dan arus tinggi. Peringkat arus kolektor masing-masing pasangan Darlington adalah 500 mA. Pasangan Darlington dapat dihubungkan secara seri untuk kemampuan arus yang lebih tinggi. ULN2803

terdiri dari delapan pasang transistor NPN Darlington arus tinggi. ULN 2803 memiliki resistor dasar seri ( $2.7\text{-k}\Omega$ ) untuk masing-masing pasangan Darlington, sehingga memungkinkan operasi secara langsung dengan TTL atau CMOS yang beroperasi pada voltage suplai 5V atau 3,3V. Pemasangan secara darlington yaitu untuk menciptakan efek dari satu transistor dengan gain arus sangat tinggi.  $\beta$  yang sangat tinggi memungkinkan arus keluaran arus tinggi dengan arus masukan sangat rendah, yang pada dasarnya sama dengan operasi dengan voltage GPIO rendah.



**Gambar 2.24** Rangkaian Transistor Darlington

Dari Gambar 2.24, tegangan GPIO dari Arduino diubah menjadi arus basis melalui resistor  $2.7\text{-k}\Omega$  yang dihubungkan antara input dan basis predriver Darlington NPN. Dioda yang terhubung antara output dan pin COM digunakan untuk menekan tegangan *kick-back* dari beban induktif yang sangat antusias saat driver NPN dimatikan

(*stop sinking*) dan energi yang tersimpan dalam gulungan menyebabkan arus balik mengalir ke pasokan kumparan melalui dioda *kick-back*. Dalam operasi normal, dioda pada pin base dan kolektor ke emitor akan bias balik. Jika dioda ini bias maju, transistor NPN parasit internal akan menarik arus yang hampir sama dari pin perangkat lain di dekatnya.

#### 2.2.12. Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah *device* atau komponen elektronika yang digunakan untuk mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa menggunakan rangkaian listrik, sehingga sensor arus digunakan untuk mendeteksi adanya besar arus yang mengalir pada rangkaian. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan ACS712 sebagai sensor arus



**Gambar 2.25** Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah suatu modul IC yang berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. ACS712 bekerja menggunakan prinsip *efek hall*, yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik di sekitar arus kemudian dikonversi

menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Dimana *Efek Hall* adalah fenomena terdefleksinya aliran muatan pada keping logam yang diletakkan dalam medan magnet. Defleksi aliran muatan ini menyebabkan timbulnya beda potensial diantara sisi keping yang disebut *potensial Hall*.<sup>[10]</sup>

### 2.2.13. Pemrograman Dengan Arduino IDE

Arduino Mega dapat diprogram dengan *software* Arduino IDE yang dapat di *download* pada situs resmi Arduino. *Software* ini juga sebagai sarana memastikan komunikasi Arduino dengan komputer berjalan dengan benar.<sup>[1]</sup>

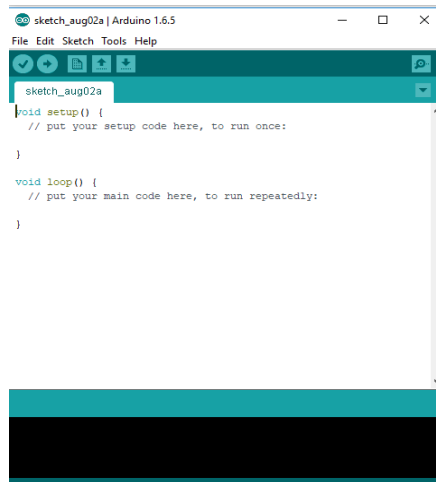
1. Jalankan *Arduino* IDE dengan menjalankan aplikasi *Arduino* yang sudah terinstal pada komputer atau laptop seperti yang ditunjukkan Gambar 2.26.



**Gambar 2.26** Aplikasi *Arduino* IDE<sup>[1]</sup>

Walaupun tampak seperti program *Windows* pada umumnya, namun sebenarnya program ini adalah sebuah program *Java*. Jika ditemukan sebuah pesan kesalahan, kemungkinan besar pada

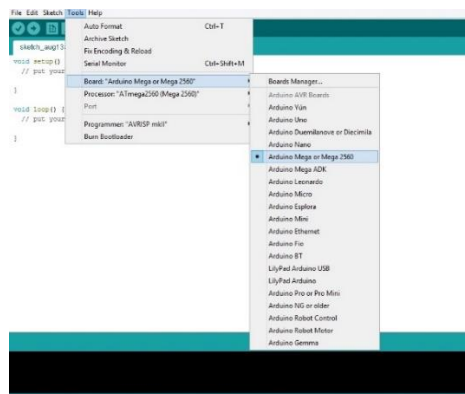
komputer atau laptop belum terinstal *Java Runtime Environment (JRE)* atau *Java Development Kit (JDK)*. Gambar 2.27 merupakan tampilan utama dari Aplikasi *Arduino IDE*.



**Gambar 2.27** Tampilan Utama Aplikasi *ArduinoIDE*<sup>[1]</sup>

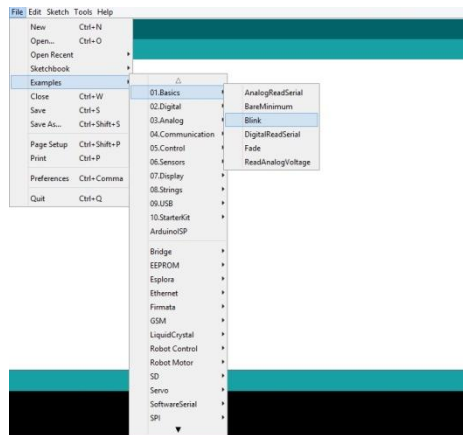
1. Pilih menu ***Tools*** → ***Board***.

Karena *Arduino* yang digunakan dalam *project* tugas akhir adalah *Arduino Mega 2560*, maka pilih board yang bernama “*Arduino Mega or Mega 2560*” seperti pada Gambar 2.28.

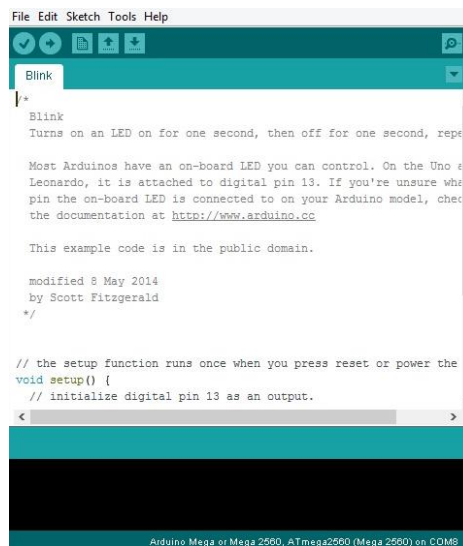


**Gambar 2.28** Memilih *Board* yang Digunakan<sup>[1]</sup>

2. Tulis sketch yang dikehendaki atau dapat memilih menu **File** → **Examples** → **Basics**, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan seperti pada Gambar 2.29 dan 2.30.



**Gambar 2.29** Contoh Program Led Berkedip<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.30** Sketch Led Berkedip<sup>[1]</sup>

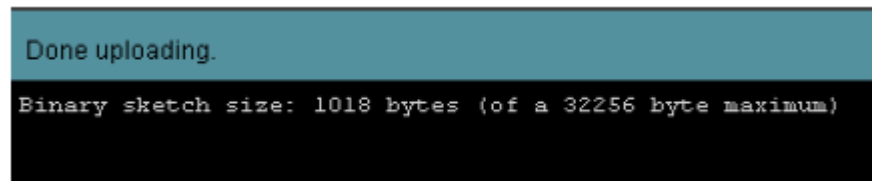


3. Klik tombol *Upload* pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* atau program tersebut pada *Arduino* seperti pada Gambar 2.31.



**Gambar 2.31** Tombol *Upload*<sup>[1]</sup>

Jika program benar dan berhasil di-*upload*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.32.



**Gambar 2.32** Program Berhasil Dikirim<sup>[1]</sup>

Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada program dan pengiriman data gagal, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.33.



**Gambar 2.33** Program Gagal Dikirim<sup>[1]</sup>

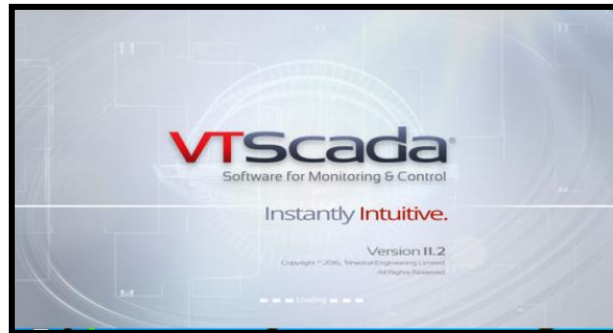
Apabila program gagal dikirim, yang harus dilakukan adalah meneliti kembali program yang ditulis karena kemungkinan ada kesalahan dalam penulisan ataupun prose inisialisasi.

#### **2.2.14. *Software* VTScada**

*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 *monitoring*-nya 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 tersedia banyak alamat I/O, alarm, *data logger*.

*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. Gambar 2.32 menunjukkan tampilan awal aplikasi *VTScada*.



**Gambar 2.34** *Software VTScada*