

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sistem tenaga listrik di Indonesia terdiri dari beberapa sub sistem, yaitu pembangkit, transmisi, dan distribusi. Pada sistem distribusi, tenaga listrik disalurkan dari gardu induk/pusat beban ke konsumen melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220/380 V. Pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV inilah yang kemudian disebut dengan Distribusi Primer. Sedangkan pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220/380 V yang kemudian disebut dengan Distribusi Sekunder.

Manuver jaringan adalah pekerjaan pengalihan/pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara. *Manuver* jaringan atau manipulasi jaringan juga merupakan serangkaian kegiatan pelimpahan tenaga listrik dengan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan akibat adanya gangguan atau adanya pekerjaan jaringan sedemikian rupa sehingga tetap tercapai kondisi penyaluran yang maksimum atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman.

Tugas Akhir “Simulasi Manuver Jaringan untuk Mengurangi Area Padam serta Menjaga Keandalan Penyaluran Tenaga Listrik pada Penyulang Pandean Lamper 09 PT. PLN (Persero)”^[1], membahas tentang manuver yang dilakukan untuk untuk mengurangi area padam sehingga kontinuitas pelayanan penyaluran

tenaga listrik dapat terlaksana dan kehandalan penyaluran tenaga listrik dapat terjaga. Pelaksanaan manuver jaringan harus tetap memperhatikan beberapa aspek operasi antara lain jumlah beban maksimal yang bisa ditanggung, *drop* tegangan, serta frekuensi ujung penyulang. Pada tugas akhir ini adalah manuver yang dilakukan secara manual, belum diterapkannya aplikasi VT Scada sebagai *monitoring* dan *controlling*-nya.

Tugas Akhir “Simulasi Pelimpahan Beban Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang KLS 01 PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Barat”^[3], membahas tentang pengurangan beban yang berupa pemadaman sebagian (per *section*) atau dilakukan pelimpahan jaringan pada penyulang lainnya yang masih mampu menampung kelebihan beban tersebut. ABSW, LBS, maupun Recloser berfungsi untuk meminimalisir daerah padam saat dilakukan manuver jaringan sehingga dapat meningkatkan kehandalan jaringan. Hampir sama dengan tugas akhir yang sebelumnya pada tugas akhir ini juga belum menerapkan aplikasi VT Scada sebagai *monitoring* dan *controlling*-nya.

Tugas Akhir “*Prototype Implementasi FLISR (Fault Location Isolation And Service Restoration)* dalam Manuver Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Berbasis Arduino Mega 2560”^[5], membahas tentang sistem FLISR (*Fault Location Isolation and Service Restoration*) yang dapat mempercepat proses penanganan gangguan, dimana sistem FLISR ini dapat mencari dan mengisolasi lokasi gangguan serta dapat memulihkan sistem dari gangguan secara cepat. Pada tugas akhir ini adalah hanya membahas lokasi gangguan tidak dengan jarak gangguan.

Sama juga seperti yang sebelumnya belum menerapkan *monitoring* dan *controlling* dengan aplikasi VT Scada.

Tugas Akhir “Proses *Manuver* Jaringan Distribusi dengan Pelimpahan Beban Penyulang Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV Menggunakan SCADA Berbasis Arduino Mega 2560”^[6], membahas tentang cara melakukan pelimpahan beban yang dilakukan dengan membuka tutup alat *switching* berupa LBS, *Recloser* dan PMT. Dalam membuka atau menutup alat *switching* dapat menggunakan HMI SCADA yaitu kontrol jarak jauh dan juga secara manual apabila terjadi kegagalan sistem SCADA. Pelimpahan beban pada suatu penyulang dilakukan apabila terjadi gangguan secara permanen.

Tugas Akhir “Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga”^[7], membahas tentang cara melakukan manuver yang direkomendasikan adalah dengan memilih penyulang yang rugi-rugi saluran paling kecil sehingga daerah padam dapat diminimalisir namun kualitas listrik tetap dapat dipertahankan. Belum menerapkan *monitoring* dan *controlling* dengan aplikasi VT Scada. Terlalu rumit perhitungan rugi-ruginya.

Perbedaan antara Tugas Akhir penulis “Simulasi Otomatisasi Manuver Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20KV Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Menggunakan VT Scada sebagai *Monitoring* dan *Controlling*” dengan referensi – referensi diatas adalah peyusun akan menambahkan HMI dan mengimplementasikan VT Scada sebagai *monitoring* dan *controlling* pada simulasi

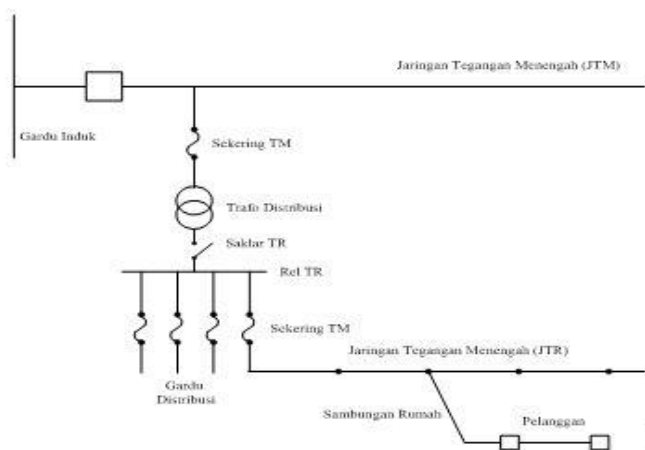
tersebut. Gangguan pada suatu penyulang tersebutpun akan dibuat permanen, selain itu gangguan yang diaplikasikan hanyalah gangguan hubung singkat. Alat *switching* yang digunakan untuk memanuver jaringan adalah LBS, serta manuver yang dilakukan secara otomatis. Penambahan – penambahan yang dilakukan oleh penulis ini dapat memudahkan dalam *memonitoring* simulasi yang dibuat.

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik adalah jaringan tenaga listrik yang memasok kelistrikan ke beban (pelanggan) menggunakan tegangan menengah 20 kV dan tegangan rendah 220-380 Volt atau 231-400 Volt. Jaringan distirbusi dengan tegangan menengah 20 kV kemudian disebut dengan jaringan distribusi primer, pada jaringan ini menggunakan ^[12]:

- Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), menggunakan kabel XLPE.
- Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), menggunakan kabel kawat A3C, A2C, ACSR, A3C-S, atau twisted cable.

Sumber kelistrikannya diperoleh dari gardu induk. Sedangkan jaringan distribusi tegangan rendah 220/380 V atau 231/400 V kemudian disebut dengan jaringan distribusi sekunder. Pada jaringan ini menggunakan kabel lilit (*twisted cable*). Sumber kelistrikannya diperoleh dari gardu distribusi (gardu beton, portal, dan cantol). Gambar 2.1 menunjukkan jaringan distribusi tenaga listrik.



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik ^[10]

2.3 Macam - Macam Pola Jaringan Distribusi Primer

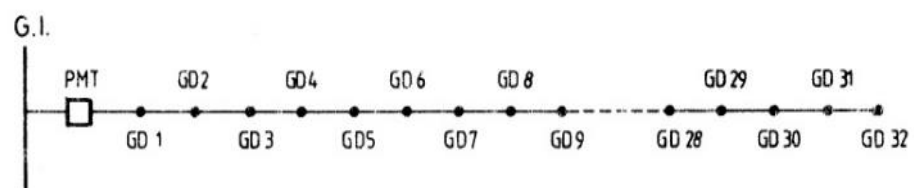
Pola jaringan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen bermacam-macam, diantaranya adalah pola sistem *radial*, *loop*, *spindle*, dan *mesh/network*. Hal ini diterapkan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan finansial dari pihak PLN. Tentunya pada masing-masing pola jaringan distribusi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan.

2.3.1 Sistem Jaringan *Radial*

Sistem radial pada jaringan distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk ke konsumen-konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lainnya. Dalam *feeder* tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Tapi kualitas dan kontinuitas pelayanannya kurang baik sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternative saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami gangguan secara total. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik

secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani^[2].

Namun kehandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Hal ini disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi. Jika terjadi gangguan pada *feeder* utama, maka seluruh gardu akan ikut padam. Sistem *radial* ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Sistem *Radial* ^[15]

Keuntungan Sistem Jaringan *Radial* :

1. Konstruksinya lebih sederhana.
2. Material yang digunakan sedikit, sehingga lebih ekonomis.
3. Sistem pemeliharaannya lebih murah.
4. Untuk penyaluran jarak pendek akan lebih murah.

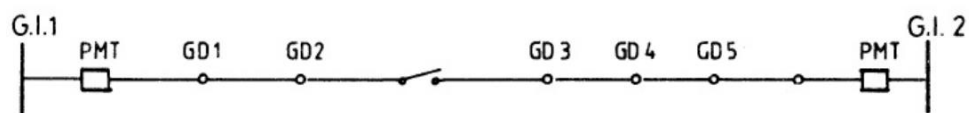
Kelemahan Sistem Jaringan *Radial* :

1. Kehandalan sistem lebih rendah.
2. Rugi-rugi tegangan lebih besar.
3. Kapasitas pelayanan terbatas.
4. Bila penyulang utama terkena gangguan, maka penyaluran daya akan terhenti.

2.3.2 Jaringan Tie Line

Setiap gardu distribusi akan mendapat *supply* dari dua penyulang. Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain^[13].

Jaringan ini merupakan modifikasi dari jaringan *radial* yaitu jaringan *radial* ganda atau dikenal dengan sebutan jaringan *tie line*. Hal ini berbeda dengan konfigurasi jaringan radial biasa dengan setiap gardu distribusi hanya memperoleh *supply* dari satu penyulang. Saat terjadi gangguan atau proses pemeliharaan maka jaringan dapat dipindahkan ke penyulang lainnya. Hal ini mengakibatkan kehandalan sistem menjadi lebih baik. Jaringan ini dapat ditemukan pada rumah sakit, bandara, dan pelanggan penting lainnya. Gambar 2.3 merupakan gambar sistem jaringan *tie line*.



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Tie Line ^[15]

2.4 Manuver Pelimpahan Beban Jaringan Distribusi 20 kV

Manuver jaringan atau manipulasi jaringan merupakan serangkaian kegiatan pelimpahan tenaga listrik dengan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan pemeliharaan jaringan

akibat adanya gangguan atau adanya pekerjaan jaringan sedemikian rupa sehingga tetap tercapai kondisi penyaluran yang maksimum atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman ^[2]. Dimana manuver merupakan pekerjaan pengalihan / pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara.

Kegiatan yang dilakukan saat manuver :

- 1) Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.
- 2) Memisahkan jaringan menjadi bagian-bagian jaringan yang semula terhubung menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.

Pelimpahan beban juga dapat diartikan sebagai kegiatan atau pekerjaan pengalihan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara dengan menutup (memasukkan) atau membuka (melepas) peralatan – peralatan penghubung / *switching* seperti ABSW, LBS, dan PMT^[2].

2.4.1 Tujuan Pelaksanaan Pelimpahan Beban

Manuver jaringan distribusi dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- a) Mempercepat penormalan jaringan.
- b) Mempersempit daerah padam atau menimalisir pelanggan padam.
- c) Pengaturan distribusi beban jaringan.
- d) Pertimbangan keandalan jaringan.

Pelaksana pelimpahan beban jaringan distribusi biasanya dilakukan dalam rangka pemeliharaan jaringan, adanya gangguan, dan guna keandalan suatu wilayah atau tempat. Petugas yang memberikan perintah pelimpahan beban jaringan distribusi 20 KV yaitu:

- 1) *Dispatchcer* APD
- 2) *Dispatcher* Area
- 3) *Dispatcher* Unit / Rayon
- 4) Pengawas Lapangan
- 5) Petugas pelaksana / Petugas gangguan

2.4.2 Syarat Pelimpahan beban Penyulang Jaringan Distribusi

Syarat-syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi:

- 1) Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang yang akan dimanuver dalam keadaan sama ataupun maksimal beda tegangan 0,5 KV.
- 2) Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda daya nya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak APD atau Area atas permintaan Rayon.
- 3) Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
- 4) Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama.
- 5) Penampang konduktor kedua penyulang harus sama ukurannya.

6) Peralatan manuver / switching harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.

Adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dua buah penyulang akan melakukan join:

- 1) Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang sama dan untuk maksimal beda tegangan ialah 0,5 kv
- 2) Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan
- 3) Urutan ketiga fasa antara kedua penyulang yang akan dimanuver harus sama

Apabila antara dua penyulang tersebut tidak dapat langsung *join*, maka akan ada pemadaman sesaat untuk proses pelimpahan beban. Namun ketika antar penyulang langsung dapat *join*, maka tidak ada pemadaman sesaat^[16].

2.4.3 *Standing Operation Procedure* (SOP) Pelimpahan Beban

Mempersiapkan *Standing Operation Procedure* (SOP) pada saat melakukan *manuver* pelimpahan beban merupakan hal yang wajib bagi petugas karena dapat digunakan sebagai pedoman untuk memperlancar dan mengoptimalkan pelaksanaan kegiatan *manuver* baik dalam keadaan gangguan. Berikut ini merupakan SOP yang berlaku di PT PLN Distribusi Jawa Tengah dan DIY^[16] :

2.4.3.1 Personil yang terkait

- 1) Assistant Manager Distribusi
- 2) Manajer Rayon

- 3) *Supervisor* Teknik
- 4) Petugas *Dispatcher* APJ
- 5) Petugas *Dispatcher* Rayon
- 6) Petugas Lapangan/Mobil unit

2.4.3.2 Alat K3/Alat Pelindung Diri

- 1) Sarung Tangan
- 2) Pakaian Kerja
- 3) Helm Pengaman
- 4) Sepatu beralas karet
- 5) Kotak P3K

2.4.3.3 Alat kerja

- 1) Radio komunikasi
- 2) Kendaraan roda empat
- 3) Sabuk pengaman
- 4) Kunci gembok ABSW
- 5) Kunci *box control* LBS, *Recloser*
- 6) Tangga (Berisolasi)
- 7) *Grip All Stick*
- 8) *Tool Set*

2.4.3.4 Prosedur kerja / langkah kerja

- 1) Menggunakan peralatan K3/ Alat Pelindung Diri (APD) yang sudah disiapkan.

- 2) Menyiapkan alat kerja dan material yang diperlukan
- 3) Sesuai Perintah Kerja yang diterima dari piket pengatur/ *Dispatcher* Rayon baik langsung maupun melalui radio komunikasi, petugas pelaksana lapangan melaksanakan:

Untuk perintah yang disampaikan melalui radio komunikasi :

- a) Petugas pelaksana mengulang/rekonfirmasi perintah secara lengkap dan juga menyampaikan posisinya pada saat itu, termasuk menanyakan tujuan/maksud dari *manuver* dan alamat lokasi, nomor tiang dari peralatan *manuver* / *switching* jaringan (apabila belum disampaikan oleh *Dispatcher* Rayon) serta mencatat pada lembar Perintah Kerja/PK
- b) Menyiapkan kunci ABSW dan atau kunci *box control* LBS, *Recloser* yang akan dituju dan peralatan lain sesuai peralatan kerja yang disyaratkan.

Untuk perintah yang disampaikan langsung:

- a) Petugas pelaksana mencatat perintah/instruksi dalam lembar Perintah Kerja secara lengkap, dengan rincian: maksud dari *manuver* jaringan, alamat lokasi, nomor tiang dari peralatan *manuver/switching* jaringan (LBS, ABSW/PTS, PBO/*Recloser*, SSO/ *Sectionaliser*, FCO)
 - b) Menyiapkan kunci ABSW dan atau kunci *box kontrol* LBS, *Recloser* yang akan dituju dan sarana transportasi maupun peralatan lain sesuai peralatan kerja yang disyaratkan.
- 4) Datang ke lokasi sesuai yang diperintahkan *Dispatcher* Rayon
 - 5) Melaporkan ke *dispatcher* Rayon ketika sudah siap/sampai di lokasi

- 6) *Dispatcher* Rayon memerintahkan pengecekan secara visual kondisi *jumper*, pisau kontak, stang kopel, pentanahan (untuk ABSW) dan memastikan posisi masuk atau lepas untuk ABSW , PBO/*Recloser*, SSO/*Sectionalizer*, FCO dan membuka gembok / kunci stang ABSW; bok kontrol LBS / PBO atau menyiapkan Teleskop *Stick* untuk FCO.
- 7) Petugas lapangan memeriksa secara visual kondisi *jumper*, pisau kontak, stang kopel, pentanahan (untuk ABSW) dan memastikan posisi masuk atau lepas untuk ABSW, PBO/*Recloser*, SSO/ *Sectionalizer*, FCO dan membuka gembok/kunci stang ABSW; *box* kontrol LBS/PBO atau menyiapkan Teleskop *Stick* untuk FCO. Apabila ada permasalahan, laporkan ke *dispatcher* Rayon adanya permasalahan untuk selanjutnya pengoperasian peralatan *switching* tidak boleh dilakukan.
- 8) Petugas lapangan/mobil unit melaporkan ke *dispatcher* RAYON kalau gembok ABSW sudah dilepas/kunci bok kontrol LBS/PBO sudah dibuka atau Teleskop *Stick* siap untuk dioperasikan dan menanyakan apakah pelaksanaan pengoperasian peralatan *switching* dapat dilaksanakan. Khusus untuk pelepasan ABSW, ditanyakan terlebih dahulu kepada *Dispatcher* RAYON beban ABSW, apakah masih dalam batas operasi aman $< 40 A$, kalau diluar batas operasi aman, minta ke *dispatcher* RAYON melakukan pengaturan terlebih dahulu untuk mengurangi beban (ABSW).
- 9) Menanyakan kepada *dispatcher* RAYON apakah kondisi jaringan telah aman dari petugas, peralatan kerja, tidak ada regu lain yang ikut bekerja memanfaatkan pemadaman termasuk petugas dari RAYON lain yang terkait

dengan jaringan tersebut dan aman bagi lingkungan apabila diberi tegangan melalui pengoperasian peralatan *switching*. (khusus untuk operasi tutup / pemberian tegangan)

- 10) Petugas pelaksana/mobil unit menunggu perintah pengoperasian peralatan *switching* atau pengaturan beban/jaringan dari *dispatcher* RAYON kalau operasi ABSW diluar batas aman operasi.
- 11) *Dispatcher* RAYON memerintahkan pelaksanaan pengoperasian/ eksekusi peralatan *switching* atau melaksanakan pengaturan beban apabila beban ABSW diluar batas aman operasi.
- 12) Petugas pelaksana/mobil unit menyampaikan konfirmasi bahwa perintah dimengerti dan akan segera dilaksanakan.
- 13) Petugas Pelaksana/mobil unit minta kepada *dispatcher* RAYON untuk pengamatan PMT (khusus apabila akan memasukkan peralatan *switching*).
- 14) Eksekusi pengoperasian peralatan *switching* dilaksanakan, untuk selanjutnya mengamati kondisi *jumper-jumper* dan ketiga pisau ABSW apakah sudah lepas/tertutup dengan sempurna, indikator LBS / PBO, *Fuse holder* sudah lepas/tertutup dengan sempurna (sesuai dengan langkah kerja yang diatur dalam SOP dari masing-masing peralatan).
- 15) Gembok kembali stang ABSW, tutup dan kunci *Control Box* LBS/PBO.
- 16) Melaporkan kepada *dispatcher* RAYON bahwa pengoperasian peralatan *manuver* (pelepasan maupun pemasukan) sudah dilaksanakan dengan baik disertai penjelasan mengenai kondisi peralatan *manuver* jaringan setelah

pengoperasian (stang ABSW sudah digembok, *control box* LBS/PBO sudah ditutup dan dikunci).

- 17) *Dispatcher* Rayon menerima laporan dari petugas pelaksana lapangan/mobil unit dan mencatat jam pelepasan/pemasukan, selanjutnya piket *dispatcher* Rayon melaporkan ke piket pengatur/*dispatcher* APJ.
- 18) Mencatat apabila ada kelainan dalam operasi (keluar bunga api, dsb) juga hal-hal lain seperti handel hilang, gembok hilang, operasi stang berat, *jumper* tampak hampir putus, dsb.

2.5 Peralatan *Switching*

Peralatan *Switching* merupakan peralatan yang difungsikan untuk mengamankan jaringan dari gangguan temporer maupun yang permanen.

2.5.1 *Load Break Switch*

Load Break Switch (LBS) merupakan pemutus beban yang disertai dengan peredam busur api (medium minyak, gas SF₆, *vacuum interrupter*, dll) terhadap beban besar yang dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban maupun tidak. Cara pengoperasian pemutus beban tidak sama dengan pemisah, biasanya melalui suatu kotak panel kontrol yang dapat di tombol sehingga pengoperasiannya lebih mudah dan aman. Tetapi, apabila panel kontrolnya tidak bisa maka dapat dioperasikan dengan menggunakan stick untuk menarik tuas LBS. Biasanya setelah dimasukkan/dilepas akan terdengar bunyi yang menandakan bahwa kondisi LBS telah berubah yakni dari NO (*normally open*) menjadi NC (*normally close*) dan

sebaliknya. Peralatan ini juga dapat dioperasikan dengan kontrol jarak jauh (SCADA). Gambar fisik LBS ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Load Break Switch* Schneider^[6]

2.5.2 Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga atau PMT merupakan peralatan proteksi, pembatas, dan pemutus utama yang dipasang pada saluran utama di gardu induk yang berfungsi sebagai pengaman utama jaringan yang dilengkapi dengan relai-relai proteksi yang telah disetting sesuai dengan arus gangguan maupun waktu tertentu dan berdasarkan perhitungan koordinasi dengan alat proteksi lain seperti recloser. Alat ini mampu bekerja secara otomatis dalam memutus atau menutup rangkaian pada semua kondisi baik pada kondisi normal maupun waktu kondisi gangguan dan mampu dialiri arus listrik secara terus menerus. PMT mampu memutus arus beban dan mampu memutus arus lebih akibat gangguan yang terjadi. Pada kondisi normal, dapat membuka maupun menutup rangkaian listrik. Pada kondisi gangguan, dengan bantuan relay dapat membuka rangkaian listrik.

2.5.3 *Recloser*

Recloser merupakan peralatan proteksi, pembatas, maupun pemutus beban yang sering digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik yang ditempatkan di jaringan yang dapat bekerja secara otomatis dalam memutus beban yang dilengkapi dengan relai-relai proteksi secara OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) yang telah di setting sesuai dengan kondisi di lapangan. Peralatan ini bekerja berdasarkan arus gangguan yang terjadi. Gambar fisik *Recloser* ditunjukkan pada gambar 2.5. *Recloser* terdiri dari tiga komponen utama yaitu : CT (*Current Transformer*), PMT (Pemutus Tenaga), Relai OCR dan GFR. *Recloser* berfungsi sebagai :

- 1) Memperkecil atau mempersempit daerah padam akibat gangguan.
- 2) Mendeteksi gangguan pada daerah tertentu berdasarkan arus gangguan.
- 3) Sebagai pengaman jaring di sisi hulunya.

Ada pun tujuan dari pemasangan *Recloser*, yaitu :

- 1) Mencegah meluasnya kerusakan peralatan.
- 2) Agar kontinuitas sistem tenaga listrik tetap terjaga.



Gambar 2.5 *Recloser* Schneider ^[6]

2.6 Gangguan pada Jaringan Distribusi

Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan - gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fase atau hubung singkat fase ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat, sesuai standart ANSI/IEEE Std. 100-1992.

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat.

Tujuan menganalisis gangguan pada jaringan distribusi adalah :

1. Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubung singkat tiga fasa
2. Untuk menentukan arus gangguan tak simetris bagi gangguan satu dan dua line ke tanah, gangguan line ke line, dan rangkaian terbuka.

3. Penyelidikan operasi rele-rele proteksi
4. Untuk menentukan kapasitas pemutus dari circuit breaker
5. Untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan busbar selama gangguan.

Penyebab terjadinya gangguan permanen pada jaringan distribusi adalah hampir 40% dari gangguan yang diteliti, terjadi pada periode cuaca yang tidak menguntungkan seperti : cuaca hujan, dingin dan salju. Gangguan distribusi terjadi pada satu fase, dua fase atau ketiga fasenya. Hal ini sebabkan bahwa hampir sebagian besar dari panjang saluran distribusi adalah saluran satu fase, setiap gangguan satu fasa hanya mencakup bagian satu fase. Begitu juga bagian tiga fase, beberapa jenis gangguan cenderung terjadi dari fase ke tanah. Gangguan yang disebabkan oleh peralatan dan hewan cenderung terjadi dari fase ke tanah. Pohon juga dapat menyebabkan gangguan satu fase ke tanah pada sistem tiga fase, tetapi gangguan fase-fase lebih sering terjadi. Gangguan petir cenderung menyebabkan gangguan dua atau tiga fase ke tanah pada sistem tiga fase.

Gangguan-gangguan tersebut menyebabkan terjadinya :

1. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (sircuit) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit .
2. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan konsumen.
3. Pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator.

4. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan itu.

Gangguan terdiri dari gangguan temporer atau permanent, rata-rata jumlah gangguan temporer lebih tinggi dibandingkan gangguan permanent. Kebanyakan gangguan temporer di amankan dengan circuit breaker (CB) atau pengamanan lainnya. Gangguan permanent adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan permanent pada sistem. Seperti kegagalan isolator, kerusakan penghantar, kerusakan pada peralatan seperti transformator atau kapasitor. Pada saluran bawah tanah hampir semua gangguan adalah gangguan permanen. Kebanyakan gangguan peralatan akan menyebabkan hubung singkat. Gangguan permanen hampir semuanya menyebabkan pemutusan / gangguan pada konsumen. Untuk melindungi jaringan dari gangguan digunakan fuse, recloser atau CB.

Gangguan hubung singkat permanen, bias terjadi pada kabel atau pada belitan trafo tenaga yang disebabkan karena arus gangguan hubung singkat antar fasa atau fasa dengan tanah, sehingga penghantar menjadi panas yang berpengaruh pada isolasi atau minyak trafo tenaga, sehingga isolasi tembus. Pada generator, yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau pembebanan berlebih dari kemampuan generator ^[12].

2.7 **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*.. Gambar 2.6 menunjukkan gambar arduino mega 2560 serta table 2.1 sebagai spesifikasi arduino mega 2560.



Gambar 2.6 Arduino Mega 2560 ^[9]

Tabel 2.1 Spesifikasi dari *Arduino Mega 2560* ^[9]

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 PWM</i>)
Pins <i>Input Analog</i>	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

2.8 Arduino *Ethernet Shield*

Ethernet shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet shield* ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Ethernet shield* ^[9]

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 *SDlibrary*. *Arduino board* berkomunikasi dengan *W5100* dan *SD card* menggunakan bus *SPI* (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh library *SPI.h* dan *Ethernet*.

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 ^[9].

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 ^[16].

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*.

2.9 Pembuatan Program dengan Aplikasi 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.

Berikut cara menggunakan *Software Arduino IDE* ^[9]:

- 1) Jalankan *Arduino IDE* dengan menjalankan aplikasi *Arduino* yang sudah terinstal pada komputer atau laptop seperti yang ditunjukkan Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Aplikasi *Arduino IDE* ^[4]

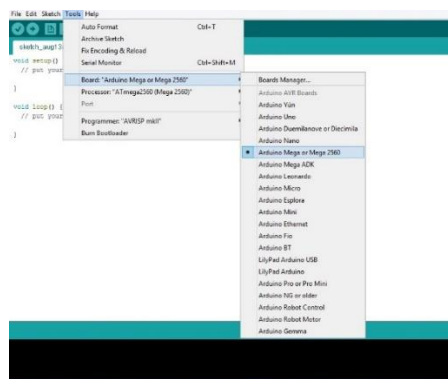
Walaupun tampak seperti program *Windows* pada umumnya, namun sebenarnya program ini adalah sebuah program *Java*. Jika ditemukan sebuah pesan kesalahan, kemungkinan besar pada 31omputer atau laptop belum terinstal *Java Runtime Environment (JRE)* atau *Java Development Kit (JDK)*. Gambar 2.9 merupakan tampilan utama dari Aplikasi *Arduino IDE*.



Gambar 2.9 Tampilan Utama Aplikasi *Arduino IDE* [4]

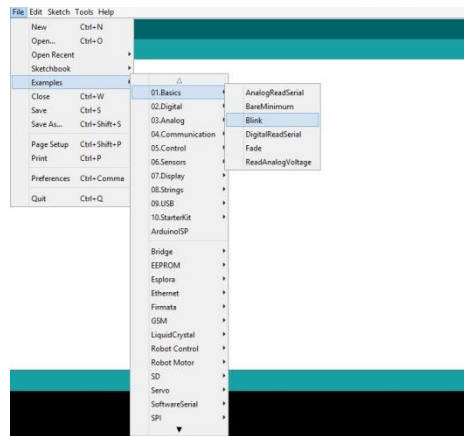
2) Pilih menu ***Tools*** → ***Board***.

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 2.10.

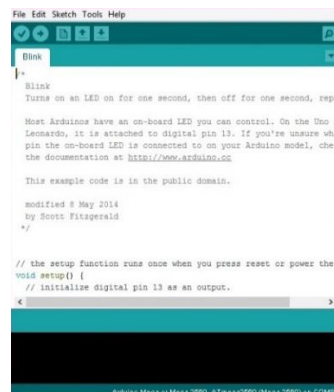


Gambar 2.10 Memilih *Board* yang Digunakan [4]

- 3) Tulis sketch yang dikehendaki atau dapat memilih menu **File** → **Examples** → **Basics**, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan seperti pada Gambar 2.11 dan 2.12.



Gambar 2.11 Contoh Program Led Berkedip^[4]



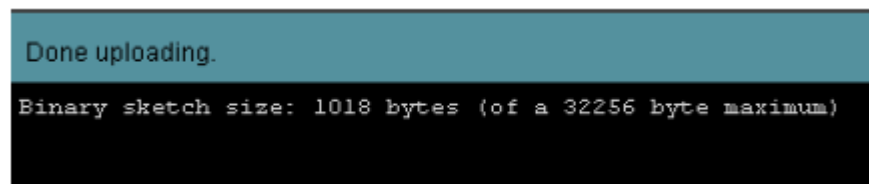
Gambar 2.12 Sketch Led Berkedip^[4]

- 4) Klik tombol **Upload** pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* atau program tersebut pada *Arduino* seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tombol *Upload*^[4]

Jika program benar dan berhasil di-*upload*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Program Berhasil Dikirim^[4]

Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada program dan pengiriman data gagal, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.15.

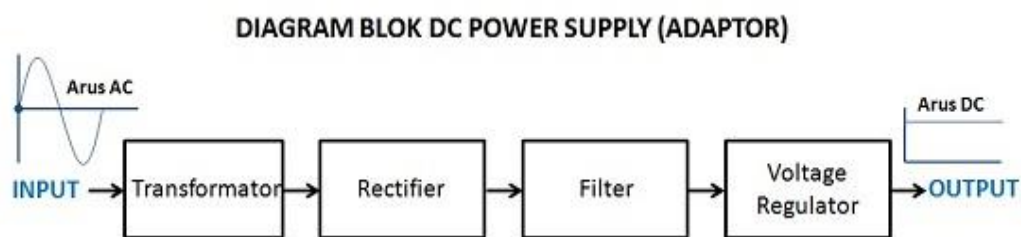


Gambar 2.15 Program Gagal Dikirim^[4]

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

2.10 Catu Daya

Arus listrik yang digunakan dalam lingkungan sehari-hari kita seperti di rumah, kantor di laboratorium menggunakan arus bolak balik atau arus AC. Hal ini dikarenakan pembangkitan dan pendistribusian arus AC lebih ekonomis untuk dilakukan dibandingkan dengan arus DC. Namun peralatan mikrokontroler yang dipakai pada alat ini memerlukan supply arus DC dan tegangan yang lebih rendah untuk dapat beroperasi. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan rangkaian yang dapat mengkonversi arus listrik AC menjadi arus listrik DC yaitu sebuah Catu Daya DC atau juga disebut adaptor. Catu Daya DC memiliki komponen utama yaitu Transformator, Rectifier, Filter, dan Voltage Regulator. Diagram blok catu daya ditunjukkan pada gambar 2.16.

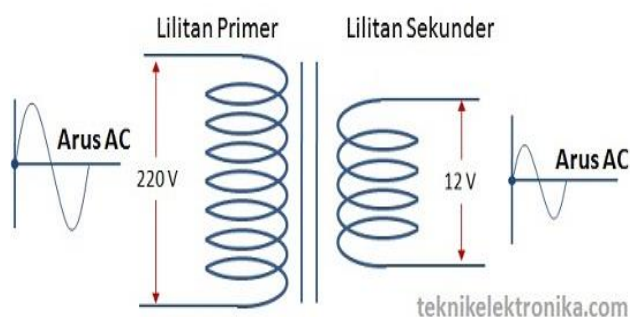


Gambar 2.16 Blok Diagram Catu Daya^[8]

2.11 Transformator

Transformator adalah suatu alat gandingan elektromagnet, atas dasar induksi magnet dapat mengubah dan memindahkan besaran listrik bolak-balik dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain tanpa disertai perubahan besaran frekuensi. 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 mengkonversi 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. Gambar 2.17 merupakan gambar fisik transformator *step down*.



Gambar 2.17 Transformator *step down*^[5]

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*).

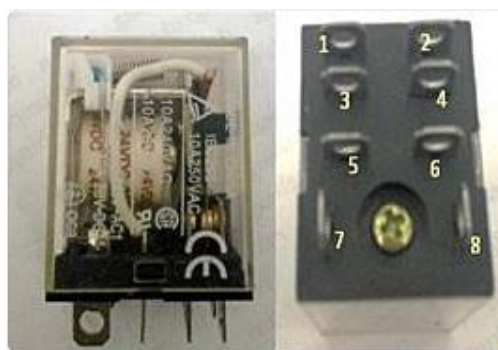
Konstruksi transformator secara umum terdiri dari:

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

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

2.12 Relay OMRON LY2N 12V

Pada alat simulasi Tugas Akhir ini menggunakan *relay* OMRON LY2N 12V sebagai pengganti PMT dan *recloser* sebenarnya pada Jaringan Tegangan Menengah. Relay OMRON LY2N 12 VDC mendapat tegangan sebesar 12 VDC dari sambungan pin keluaran *driver relay*. Ketika *coil relay* mendapat aliran arus, maka arus listrik tersebut menimbulkan adanya medan elektromagnet yang akan menarik kontak *relay* yang awalnya adalah *normally close* menjadi *normally open*. Kerja dari *relay* tersebut dapat dikontrol oleh *Arduino Mega 2560* melalui rangkaian *driver relay*. Gambar 2.18 menunjukkan Relai LY2N.



Gambar 2.18 Relai LY2N

(Sumber: Datasheet *Relay LY2N OMRON*)

Jenis *relay* yang digunakan pada alat simulasi ini adalah *relay* jenis *double pole-double throw* dengan 8 pin yang terdiri dari 2 pin *coil*, 2 pin *normally open*

(NO), 2 pin *normally close* (NC) dan 2 pin *common*. Relay OMRON LY2N ini bisa digunakan untuk pengoperasian *buttoning* secara bersamaan.

2.13 VTScada

VTScada merupakan *software* SCADA yang diproduksi oleh Trihedral Engineering yang memiliki awalnya bernama WEB. WEB sistem operasi yang berbasis HMI memiliki bahasa *scripting* untuk *tags*, *page*, dan yang berhubungan dengan SCADA dibuat melalui penulisan kode. Kemudian pada tahun 1995, WEB berganti nama menjadi VTS (Visual Tag System) karena program tersebut mengalami perkembangan dalam hal GUI (*Graphic User Interface*) yang membuat lebih mudah dalam penggunaan aplikasi SCADA. Pada tahun 2001, nama VTScada ditambahkan untuk aplikasi SCADA dalam hal pengolahan air dan limbah. VTScada didesain secara detail dalam komunikasi sistem telemetri, dan juga mengalami penambahan fitur yang lebih bermanfaat. Pada awal tahun 2014, Trihedral Engineering mengeluarkan versi 11, dan produk VTS dan VTScada digabung menjadi satu produk yang sekarang dikenal dengan nama VTScada.

VTScada dapat menghubungkan peralatan I/O dalam jumlah yang besar. Trihedral Engineering telah mengembangkan VTScada lebih dari 100 *I/O driver* yang dapat digunakan berinteraksi dengan peralatan I/O. Table 2.2 adalah daftar *Driver* yang tersedia pada VTScada :

Tabel 2.2 Daftar *Driver* Yang Tersedia VTScada

Allen-Bradley Driver	CalAmp Diagnostic Driver
CIP Driver	Data Flow RTU Driver
DDE Driver	DNP3 Driver
Driver Multiplexer Tags	Enron Modbus Driver Tags
Fisher ROC Driver Tags	GE Series 90 Driver Tags
Koyo Driver Tags	MDS Diagnostic Driver
Modbus Compatible Device	Motorola ACE Driver
Omron FINS Driver Tags	Omron Host Link Driver
OPC Client Driver (and OPC Server)	Polling Driver
Siemens S7 Driver	SNMP Driver
SQL Data Query Driver Tags	

(Sumber: Fundamentals Workbook VTScada)

Untuk menginstal *software* VTScada diperlukan hardware PC (*Personal Computer*) yang memiliki spesifikasi berikut :

VTScada 11.2 digunakan sebagai *server* dari *workstation* :

1. 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*

2. 2 Ghz prosesor *dual-core*
3. Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
4. Memiliki RAM 8 GB atau lebih

Sedangkan untuk laptop, tablet PC, dan panel PC bukan sebagai server dari *workstation* :

1. 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
2. 2 Ghz prosesor *dual-core*
3. Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
4. Memiliki RAM 4 GB atau lebih

Tabel 2.3 Sistem Operasi Yang Dapat Menggunakan VTScada

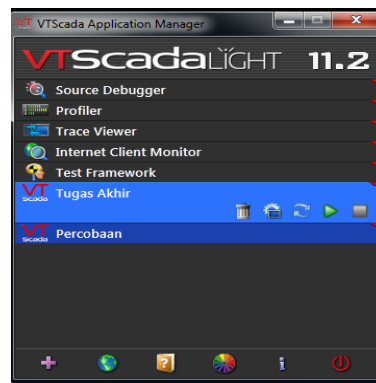
VTScada Version	Win 10 32 & 64-Bit	Win 8.1 32 & 64-Bit	Win 8.0 32 & 64-Bit	Win 7 64-Bit	Win 7 32-Bit	Vista 64-Bit	Vista 32-Bit	Server 2012 (+R2)	Server 2008 (+R2)	Server 2003 ₂	XP ₂
8.X					✓		✓		✓		
9.X				✓	✓	✓	✓		✓		
10.X		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ₁		
11.X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ₁	Thin Client Only	Thin Client Only

(Sumber : www.trihedral.com, diakses tanggal 11 Juli 2018)

Dalam menggunakan *software* VTScada terdapat komponen komponen yang biasa digunakan yaitu :

- VTScada Application Manager

Pada gambar 2.19, terdapat tampilan VAM atau VTScada Application Manager merupakan halaman pertama yang akan tampil pada saat membuka *software* VTScada. Pada VAM ini terdapat VTScada Tools dan Application Tools.

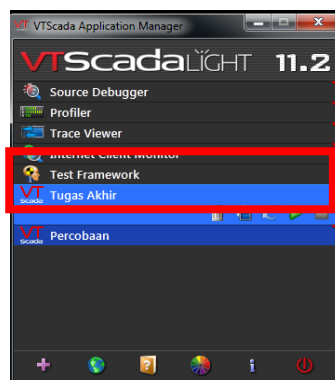


Gambar 2.19 Tampilan VTScada Application Manager

(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2018)

- VTScada Tools

Pada gambar 2.20, terdapat tampilan VTScada Tools terdiri dari beberapa *icon* yang memiliki fungsi :



Gambar 2.20 Tampilan VTScada Tools

(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2018)

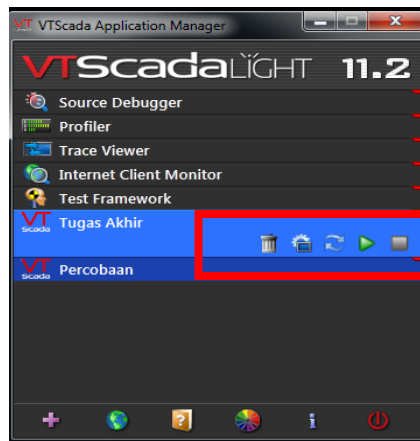
Tabel 2.4 VTScada Tools

	Add Application Wizard, digunakan untuk membuat aplikasi baru.
	VTScada Internet Client/Server Setup, digunakan untuk menghubungkan aplikasi VTScada dengan data SQL Query agar dapat terhubung dengan akses internet
	Help, digunakan untuk membuka petunjuk tentang VTScada
	Color Themes, digunakan untuk mengatur warna tampilan VAM
	About VTScada, digunakan untuk ingin mengetahui tentang informasi VTScada yang digunakan secara detail seperti <i>license information</i> , <i>metrics</i> , dan pembuat <i>software</i> VTScada
	Exit VTScada, digunakan untuk apabila ingin menutup program VTScada

(Sumber: *Fundamentals Workbook* VTScada)

- Application Tools






Pada gambar 2.21, terdapat tampilan Application Tools terdiri dari beberapa *icon* yang memiliki fungsi :



Gambar 2.21 Tampilan Application Tools

((Sumber : *Screenshoot* diambil pada tanggal 11 Juli 2018)

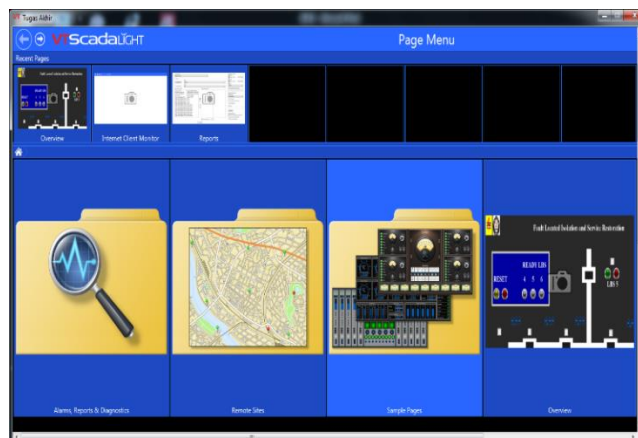
Tabel 2.5 Application Tools

	Remove, digunakan untuk menghapus aplikasi yang diinginkan.
	Application Configuration, digunakan untuk mengatur aplikasi yang telah dibuat.
	Import File Change, digunakan untuk menambah file dari luar VTScada ke dalam aplikasi yang telah dibuat
	Start, digunakan untuk menjalankan aplikasi yang telah dibuat
	Stop, digunakan memberhentikan aplikasi yang sedang berjalan

(Sumber: *Fundamentals Workbook* VTScada)

- Page Menu

Pada saat membuka aplikasi yang telah dibuat, maka akan muncul tampilan page menu seperti pada gambar 2.22 . Di dalam page menu terdapat folder dan file Alarm, Reports, & Diagnostic untuk membuka *historical data viewer* dan beberapa *event* yang tercatat selama menjalankan aplikasi. Folder Remote Sites digunakan untuk menampilkan peta atau wilayah jika dalam aplikasi diberi fitur tersebut. Sample Pages yaitu berisikan contoh tampilan yang telah setelah aplikasi selesai dibuat. Overview pada page menu adalah tampilan yang akan kita dan jalankan.

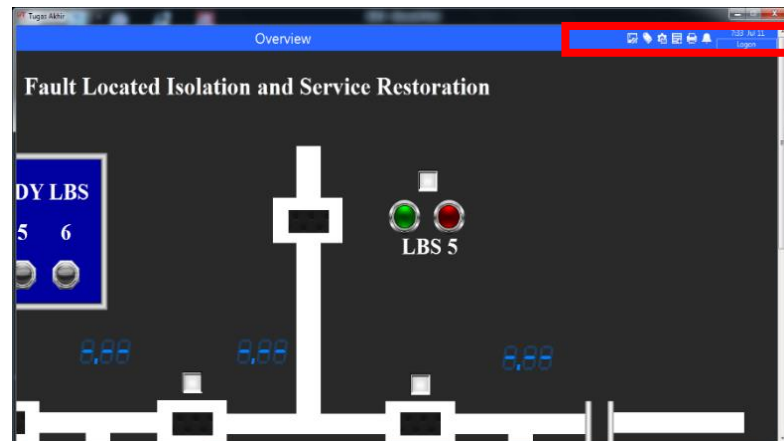


Gambar 2.22 Tampilan Page Menu

(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2018)

- Tampilan Overview







Tampilan Overview seperti pada gambar 2.23 terdapat beberapa *icon* yang digunakan untuk membuat aplikasi kontrol SCADA :




Gambar 2.23 Tampilan Page Menu

(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2018)

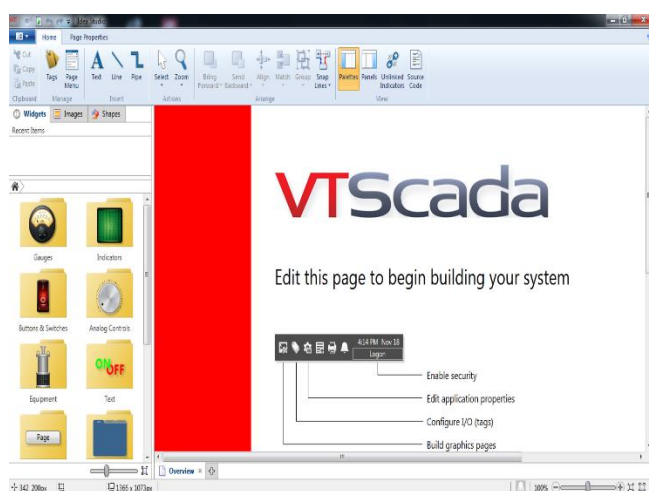
Tabel 2.6 Icon Pada Halaman Overview

	Idea Studio, digunakan untuk membuat tampilan yang berisikan <i>image</i> , <i>widget</i> , dan <i>shape</i> .
	Tags Browser, digunakan untuk pengalamatan <i>widget</i> yang telah dibuat dengan peralatan I/O
	Application Configuration, digunakan untuk mengatur aplikasi yang sedang dijalankan
	Add Page Notes, untuk memberi catatan aplikasi yang sedang dijalankan
	Print Page, digunakan untuk mencetak tampilan aplikasi yang sedang dijalankan
	Alarm Page, digunakan untuk membuka pengaturan alarm kepada aplikasi

Lanjutan Tabel 2.6

	<p>Logon, sebagai pengaman agar aplikasi tidak dapat dirubah oleh operator yang tidak memiliki wewenang untuk mengubah aplikasi yang sedang dijalankan</p>
---	--

Untuk pembuatan tampilan HMI menggunakan *software* VTScada pilih *icon* Idea Studio dan akan muncul seperti pada gambar 2.24



Gambar 2.24 Tampilan Saat Membuka Idea Studio






Sumber : (Screenshoot pada tanggal 11 Juli 2018)

Pada menu *Widgets* terdapat folder menu *Gauges*, *Indicators*, *Buttons & Switches*, *Analog Control*, *Equipment*, *Text*, *Page Navigation*, *Decorations*, *Basic Components*, *Analytics*, *Tools*, dan *Tag Types* yang berfungsi untuk memberikan gambar atau teks yang berinteraksi dengan alamat I/O. Pada menu *Images* terdapat folder menu *Decorations*, *Tanks*, *Pumps*, *Motors*, *Valves*, *Flow Meters*, *Equipments*, *Chemical*, *Mixer*, *Blowers*, *Augers*, *Conveyors*, *Material Handling*,


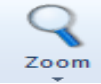
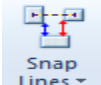
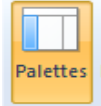
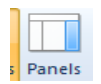


HVAC, Heating, Cooling, Water & WW, Power, Wire & Cable, Plant Structure, Computer Hardware, Op Interface, Controllers, Panels, Sensors, Pipes, Flex Tube, Ducts, Arrow, Widgets Part, Industry Symbols, dan Symbols & Clipart yang digunakan untuk menambahkan gambar yang dapat mempermudah operator untuk mengoperasikan peralatan. Sedangkan pada menu *Shape* terdapat jenis bentuk dasar terdiri dari persegi, persegi panjang, segitiga, segi lima, segi enam, lingkaran, oval, panah, dan bintang digunakan untuk menambahkan gambar yang dapat mempermudah operator untuk mengoperasikan peralatan.

Pada tabel 2.7 terdapat *Toolbar* dari *submenu Home* :

Tabel 2.7 *Icon* Pada *Toolbar Home*


 <p>Tags</p>	Tags, digunakan untuk membuka halaman <i>Tag Browser</i> secara keseluruhan
 <p>Page Menu</p>	Page Menu, digunakan untuk membuka halaman <i>Tag Browser</i> yang meliputi <i>Alarm, Report, & Diagnostic</i> dan <i>Remote Sites</i> .
 <p>Text</p>	Text, berfungsi untuk membuat teks pada tampilan HMI
 <p>Line</p>	Line, berfungsi untuk membuat garis pada tampilan HMI
 <p>Pipe</p>	Pipe, berfungsi untuk membuat garis yang lebih tebal menyerupai balok pada tampilan HMI

Lanjutan Tabel 2.7




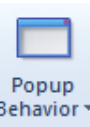



	Select, digunakan untuk memilih gambar atau teks yang ingin diubah pada saat pembuatan tampilan HMI.
	Zoom, untuk mengatur besar layar dalam pembuatan tampilan HMI
	Snap Lines, berfungsi memunculkan garis bantu untuk mempermudah saat memindahkan objek dalam pembuatan tampilan HMI.
	Palettes, digunakan untuk menampilkan atau menyembunyikan folder <i>Widgets</i> , <i>Images</i> , dan <i>Shape</i>
	Panels, digunakan untuk menampilkan atau menyembunyikan keterangan gambar <i>Widgets</i> atau <i>Images</i> yang dipilih dalam pembuatan tampilan HMI
	Unlinked Indicators, digunakan untuk menandai atau tidak menandai gambar <i>Widget</i> yang belum memiliki alamat I/O
	Source Code, untuk melihat listing code objek gambar pada tampilan HMI

Pada tabel 2.8 terdapat *Toolbar* dari *submenu Page Properties* yang memiliki fungsi :

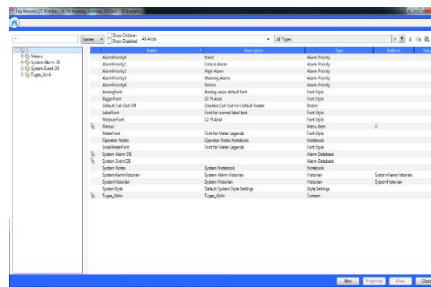
Tabel 2.8 Icon Pada *Toolbar Page Properties*

	Color, digunakan untuk mengatur warna <i>background</i> pada tampilan HMI.
---	--

Lanjutan Tabel 2.8

 <p>Image</p>	Image, digunakan untuk menambahkan gambar pada tampilan HMI
 <p>Title</p>	Title, digunakan untuk mengubah judul tampilan HMI.
 <p>Size</p>	Size, berfungsi untuk mengatur panjang dan lebar tampilan HMI yang akan dibuat.
 <p>Popup Behavior ▾</p>	Popup Behavior, berfungsi untuk mengatur tampilan HMI tidak terdapat <i>menu bar</i> dan dapat mempermudah akses ke halaman Alarm pada saat pengoperasian HMI.
 <p>Bar Items</p>	Bar Items, digunakan untuk mengatur tampilan menu bar pada saat pengoperasian HMI
 <p>Manage</p>	Manage, berfungsi untuk menambahkan atau mengatur parameter <i>Widget</i> yang digunakan
 <p>Page Security ▾</p>	Page Security, berfungsi untuk menambahkan atau mengatur fitur keamanan berupa kata sandi pada tampilan HMI.

Pada halaman *Tag Browser* digunakan untuk membuat alamat I/O yang digunakan pada pembuatan tampilan HMI menggunakan *software* VTScada. Pada gambar 2.25 terdapat tampilan pada saat membuka halaman *Tag Browser*.

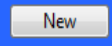
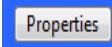
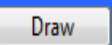
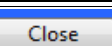




Gambar 2.25 Tampilan Saat Membuka Tag Browser




Sumber : (Screenshoot pada tanggal 11 Juli 2018)

Pada tabel 2.9 terdapat beberapa fungsi yang digunakan dalam pembuatan *tag* untuk alamat I/O :

Tabel 2.9 Fungsi Pada Halaman *Tag Browser*

	New, digunakan untuk menambahkan alamat I/O baru
	Properties, digunakan untuk mengatur alamat I/O yang telah dibuat.
	Draw, digunakan untuk membuat <i>Widget</i> alamat I/O yang telah dibuat.
	Close, digunakan untuk menutup halaman <i>tag browser</i>
	<i>Select tag type filter</i> , berfungsi untuk mempermudah dalam pencarian alamat I/O berdasar <i>type</i> yang akan dicari
	Cut, digunakan untuk memindahkan alamat I/O.

Lanjutan Tabel 2.9

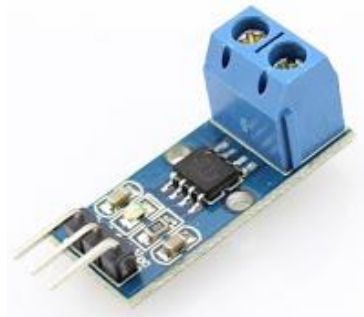
	Copy, digunakan untuk menyalin alamat I/O.
	Paste, berfungsi untuk memasukan alamat I/O yang telah di- <i>copy</i> atau <i>cut</i> .
	Delete, berfungsi untuk menghapus alamat I/O.

2.15 Human Machine Interface (HMI)

HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik secara manual ataupun melalui real time computer. HMI biasanya bersifat online dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan dalam mikrokontroler. Tugas HMI adalah untuk membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dapat mempermudah pekerjaan fisik.

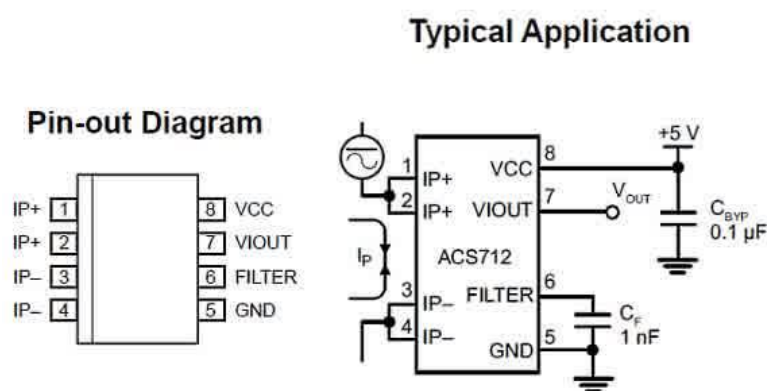
2.16 Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang digunakan berupa modul sensor arus ACS712 yang memiliki kegunaan untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal. ACS712 dapat mendeteksi arus hingga 30A dan memerlukan suplai 5v. Bentuk modul ACS712 pada gambar 2.26.



Gambar 2.26 Sensor Arus ACS712 ^[11]

Pada rancangan ini menggunakan sensor arus *ACS712* untuk mendeteksi besar arus yang mengalir pada rangkaian beban, yaitu beban yang terletak di setelah PMT dan beban yang terletak di setelah recloser. Fungsi *ACS712* pada peralatan simulasi ini menggantikan fungsi dari transformator arus (CT) sebenarnya yang terletak pada peralatan proteksi PMT dan recloser yang digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada jaringan tegangan menengah 20 KV. Sensor *ACS712* ini yang nantinya akan mendeteksi adanya arus gangguan sehingga relay proteksi dapat bekerja. Gambar 2.27 menunjukkan konfigurasi pin *ACS712*.



Gambar 2.27 Konfigurasi Pin *ACS712*^[15].

Inputan sensor arus *ACS712* adalah output dari rangkaian catu daya sebesar 5 V DC, yang disebut sebagai *Vcc*. Sensor arus *ACS712* ini tidak mampu

menggunakan catu daya 12 V DC, dikarenakan tegangan jatuh (drop voltage)nya terlalu tinggi, sehingga Amperemeter tidak mampu membaca arus. Terdapat keadaan dimana saat tidak ada arus yang melewati ACS712, maka keluaran sensor adalah $(0,5 \times V_{cc})$ sebesar 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan $>2,5$ V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan $<2,5$ V (Datasheet ACS712). Sensor arus ACS712 ini membaca arus dengan inputan tegangan yang dikonversi dalam bentuk arus. Memiliki sensitivitas sebesar 185 mV/A. Jadi, setiap sensor arus ACS712 merasakan kenaikan tegangan sebesar 185 mV, maka mengindikasikan arus sebesar 1 Ampere.

Pendeteksian arus pada ACS712 memanfaatkan prinsip *Hall Effect*. Efek *Hall* terjadi ketika arus melewati keping tembaga internal sensor dan akan menimbulkan medan magnet. Adanya medan magnet ini mengakibatkan penumpukkan muatan positif dan negatif pada sisi logam sehingga kedua sisi logam muncul perbedaan potensial yang akan dideteksi oleh sensor. Efek *Hall* yang *outputnya* berupa tegangan dengan nilai sebanding dengan arus *input*. Rangkaian sensor arus ini dihubungkan ke mikrokontroler *Arduino Mega 2560* melalui pin *output* sensor yang dimasukkan ke pin analog *Arduino Mega 2560* untuk kemudian dilakukan perhitungan *Analog to Digital Converter (ADC)*.

Perhitungan arus untuk menentukan terjadinya gangguan (trip) pada suatu penyulang :

$$I = P / V \text{ (untuk perhitungan arus normalnya)}$$

$$I = V / R \text{ (untuk perhitungan arus gangguannya yang didapatkan dari resistor)}$$