

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Salah satu cara meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik adalah menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik. Penyaluran tenaga listrik akan sangat erat dengan suatu alat yaitu *transformator* yang perlu dijaga akan kontinuitas pada saat pembebanan yang akan memengaruhi kenaikan suhu saat terjadinya beban mengalami kenaikan^[1].

Transformator saat beban berlebih akan sering mengalami gangguan *Overload* Yang akan mengakibatkan beban tidak seimbang. *Overload* terjadi saat karena saat beban melebihi kapasitas maksimum yang menyebabkan arus akan penuh. Transformator juga dapat mengalami *overload* walaupun arus beban belum melebihi arus beban penuh dikarenakan suhu *transformator* sudah melebihi batas yang diijinkan^[2].

Transformator merupakan peralatan yang sangat penting maka diusahakan peralatan ini berusia panjang dan dapat lama digunakan. Faktor terjadinya berkurangnya umur *transformator* atau kerusakan karena suhu sekitar (*ambient temperature*) suhu pada transformator dan pola pembebanan *transformator* tersebut^[3].

Kenaikan *temperature* pada *transformator* didasarkan atas *temperature* udara luar atau suhu dari pendingin masuk. Pada titik kerja *transformator* suhu udara tidak boleh melebihi 40°C atau dengan suhu rata-rata harian dan tahunan 30

°C. *Tranformator* di Indonesia untuk jaringan distribusi biasanya memiliki spesifikasi (20kV - 400V) untuk 3 fasa dan (11,6/20kV – 231 V) untuk satu fasa^[4].

Tentang monitoring suhu sebelumnya sudah ada, dengan tampilan Internet of Things (IoT) dan menggunakan sensor ADS115 dan menggunakan Wemos D1 R1 sebagai pusat mikrokontroler ^[5]. Simulasi *monitoring* suhu dan arus terhadap *transformator* secara *Real-Time* yang dapat dimonitoring dengan interkoneksi SCADA dan dengan tampilan HMI VT Scada dengan menggunakan sensor MLX90614 yang dikontrol dengan Arduino mega 2560. Tentang simulasi ini yang akan membedakan dengan simulasi suhu *transformator* sebelumnya.

2.2. Landasan Teori

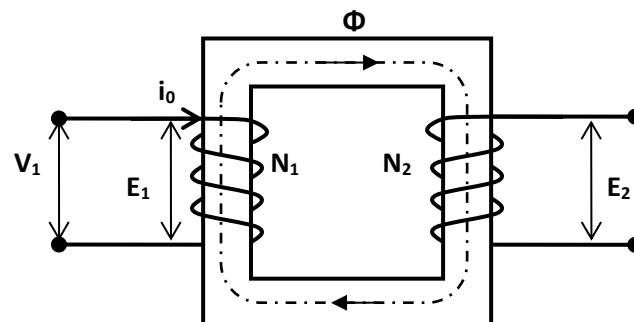
2.2.1 Tranformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah **trafo** adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC).

transformator memiliki dua hukum utama yang bekerja, yaitu: hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz. Hukum Faraday menyatakan bahwa gaya listrik yang melalui garis lengkung tertutup berbanding lurus dengan perubahan arus induksi persatuan waktu pada garis lengkung tersebut, sehingga apabila ada suatu arus yang melalui sebuah kumparan maka akan timbul medan magnet pada kumparan tersebut. Sedangkan hukum Lorentz menjelaskan bahwa arus bolak-balik

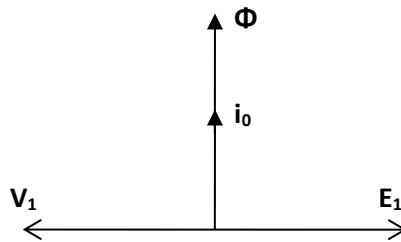
(AC) yang beredar mengelilingi inti besi mengakibatkan inti besi tersebut berubah menjadi magnet, apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu lilitan maka lilitan tersebut akan memiliki perbedaan tegangan pada kedua ujung lilitannya.

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



Gambar 2.1
skema Trafo^[6]

Kumparan primer transformator dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik (AC). Tegangan primer V_1 akan mengalirkan arus primer I_0 yang berbentuk *sinusoide*. Dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni, maka I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 seperti yang ditunjukkan gambar 2.2.



Gambar 2.2
Diagram Fasor Transformator^[6]

Arus primer I_0 yang mengalir pada belitan N_1 akan menimbulkan fluks magnet (Φ). Fluks ini mempunyai sudut fasa yang sama terhadap arus primer. Besarnya fluks dapat dicari melalui persamaan berikut:

$$\Phi = \Phi_{\text{maks}} \sin \omega t \dots \dots \dots (2.1)^{[6]}$$

Fluks yang berbentuk *sinusoida* ini akan menghasilkan tegangan induks E_1 ^[6]

$$E_1 = -N_1 \cdot d\Phi / dt \dots \dots \dots (2.2)^{[6]}$$

$$E_1 = -N_1 \cdot d(\Phi_{\text{maks}} \sin \omega t) / dt \dots \dots \dots (2.3)^{[6]}$$

$$= -N_1 \cdot \omega \cdot \Phi_{\text{maks}} \cdot \cos \omega t \text{ (tertinggal } 90^\circ \text{ dari } \Phi) \dots \dots \dots (2.4)^{[6]}$$

Besarnya tegangan induksi efektifnya adalah^[6]

$$\begin{aligned} E_1 &= N_1 \cdot 2 \pi f \Phi_{\text{maks}} / \sqrt{2} \\ &= 4.44 n_1 \cdot f \Phi_{\text{maks}} \dots \dots \dots (2.5)^{[6]} \end{aligned}$$

Pada rangkaian skunder, fluks (Φ) bersama tadi menimbulkan^[6]

$$E_2 = -N_2 \cdot d\Phi / dt \dots \dots \dots (2.6)^{[6]}$$

$$E_2 = -N_2 \cdot \omega \cdot \Phi_{\text{maks}} \cdot \cos \omega t \dots \dots \dots (2.7)^{[6]}$$

$$E_2 = 4.44 N_2 \cdot f \Phi_{\text{maks}} \dots \dots \dots (2.8)^{[6]}$$

$$E_1/E_2 = N_1/N_2 \dots \dots \dots (2.9)^{[6]}$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor, ^[6]

$$E_1 / E_2 = V_1 / V_2 = N_1 / N_2 = a \dots \dots \dots (2.10)^{[6]}$$

$$I_2 / I_1 = V_1 / V_2 = N_1 / N_2 = a \dots \dots \dots (2.11)^{[6]}$$

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 (Amper)

I_2 = Arus di sisi sekunder (Amper)

a = Perbandingan transformasi

Dalam hal ini tegangan induksi E_1 mempunyai kebesaran yang sama tetapi berlawanan arah dengan tegangan sumber V_1 . ^[6]

Berdasarkan prinsip kerja trafo yang telah dibahas pada poin sebelumnya, dapat diketahui bahwa trafo dapat bekerja atau tegangan induksi dapat terbangkitkan pada kumparan sisi sekunder apabila terdapat perubahan fluks terhadap waktu yang mengalir pada inti trafo. Fluks bolak-balik yang berubah terhadap waktu ini dapat dihasilkan melalui suplai tegangan bolak-balik. Secara prinsip kerja dan dengan asumsi bahwa suplai tegangan DC yang diberikan merupakan tegangan DC murni dan konstan maka trafo tidak dapat bekerja, hanya

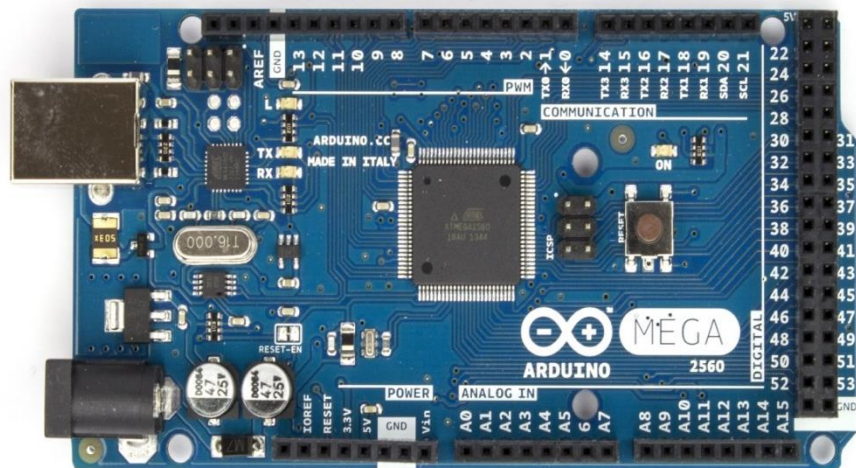
menimbulkan tegangan induksi sesaat ketika kumparan baru disambungkan dengan suplai tegangan. [6]

2.2.2 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^[8].

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*^[8].



Gambar 2.3
Arduino Mega 2560^[7].

Tabel 2.1

Spesifikasi Arduino Mega 2560^[20]

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 Ma
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	37 gr

a. 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^[13]:

- 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.

b. 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)^[21].

c. 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^[21]:

- 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) **PWM**: pin 2 sampai 13 dan pin 44 sampai 46. Melayani *output* 8-bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
 - 4) **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.
 - 5) **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*).
 - 6) **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 Mega 2560 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()`.

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 *me-reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama Arduino.

d. Komunikasi

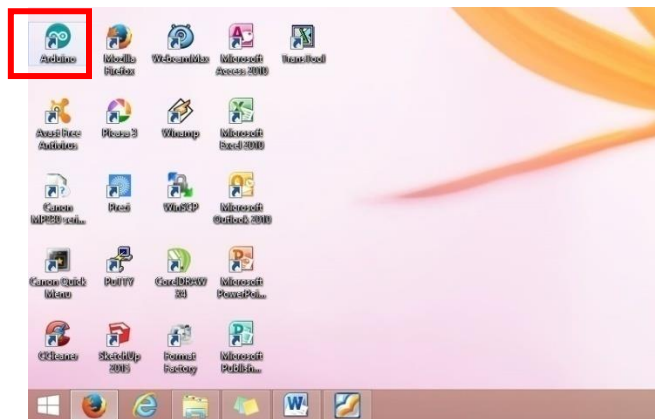
Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, bahkan mikrokontroler lain. ATmega 2560 menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah *chip* ATmega16U2 yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* 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)^[21].

e. Program

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.

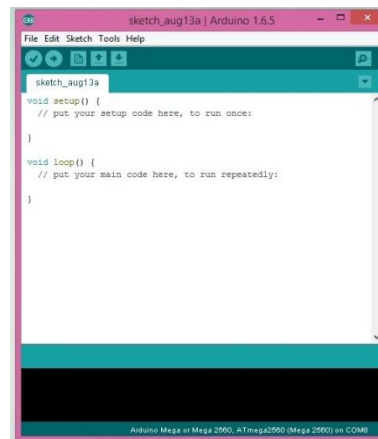
Berikut cara menggunakan *Software* Arduino IDE^[8]:

- 1) Jalankan Arduino IDE dengan menjalankan aplikasi Arduino yang sudah terinstal pada komputer atau laptop seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4.



Gambar 2.4
Aplikasi Arduino IDE
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.07)

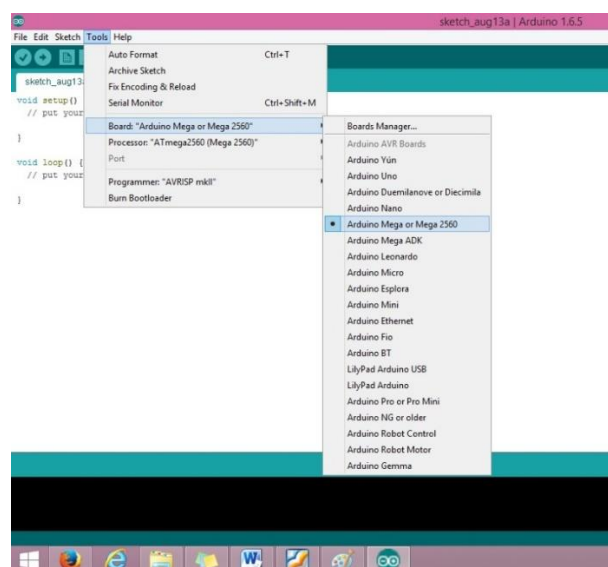
Walaupun tampak seperti program *Windows* pada umumnya, namun sebenarnya program ini adalah sebuah program *Java*. Jika ditemukan sebuah pesan kesalahan, kemungkinan besar pada komputer atau laptop belum terinstal *Java Runtime Environment (JRE)* atau *Java Development Kit (JDK)*. Gambar 2.5 merupakan tampilan utama dari Aplikasi Arduino *IDE*.



Gambar 2.5
Tampilan Utama Aplikasi Arduino IDE
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.34)

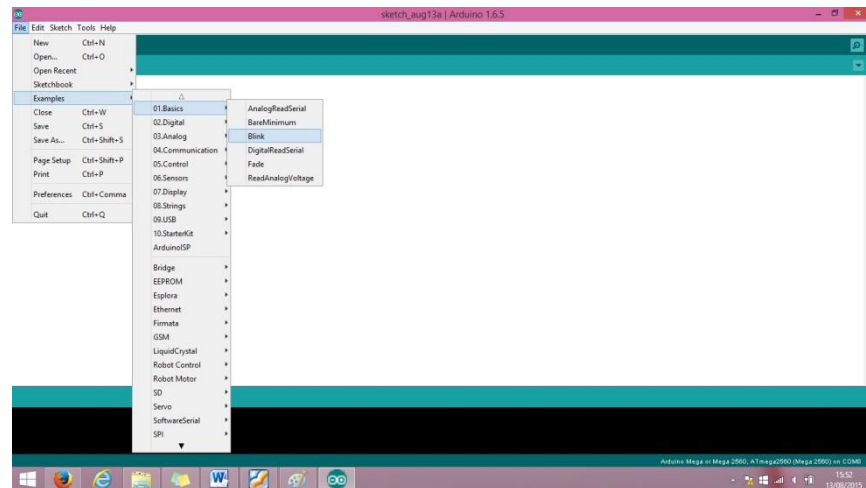
2) Pilih menu **Tools** → **Board**.

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 2.6.



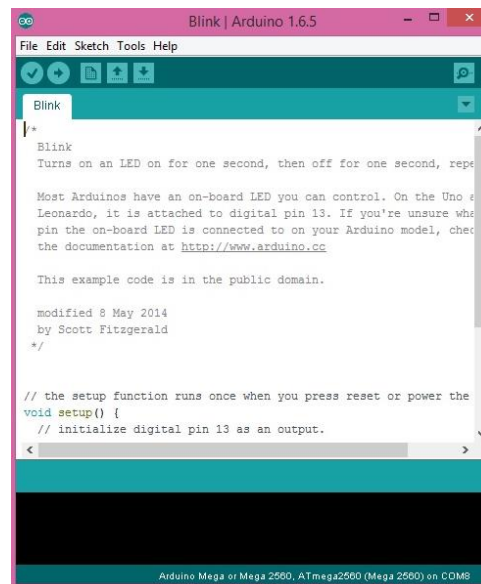
Gambar 2.6
Memilih *Board* yang Digunakan
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.35)

- 3) Tulis *sketch* yang dikehendaki atau dapat memilih menu **File** → **Examples** → **Basics**, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7
Contoh Program LED Berkedip
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.35)

Sehingga akan tampil sketch yang sudah dipilih seperti Gambar 2.8.



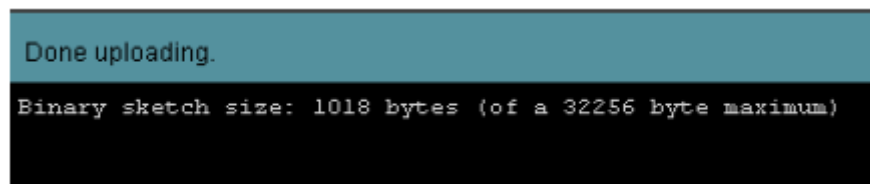
Gambar 2.8
Sketch LED Berkedip
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.36)

- 4) Klik tombol **Upload** pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* atau program tersebut pada Arduino seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9
Tombol *Upload*
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.36)

Jika program benar dan berhasil di-*upload*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10
Program Berhasil Dikirim
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.37)

Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada program dan pengiriman data gagal, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.11



Gambar 2.11
Program Gagal Dikirim
(Dibuat pada tanggal 8 Juli 2019 jam 19.37)

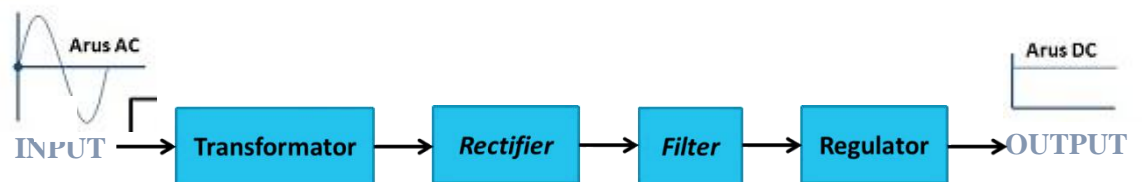
Apabila program gagal dikirim, yang harus dilakukan adalah meneliti kembali program yang ditulis karena kemungkinan ada kesalahan dalam penulisan ataupun prose inisialisasi

2.2.3 *Power supply*

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. *Power supply* memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut diantaranya

- a. Transformator
- b. Penyearah (*Rectifier*)
- c. Penyaring (*Filter*)
- d. Regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan.

Diagram blok catu daya ditunjukkan pada gambar 2.12:



Gambar 2.12
Diagram Blok *power supply*^[9]

2.2.4 SCADA

SCADA kependekan dari *Supervisory Control and Data Acquisition* merupakan sebuah sistem yang mengawasi dan mengendalikan peralatan proses yang tersebar secara geografis. Alasan digunakannya SCADA adalah karena adanya kebutuhan untuk melakukan pengawasan langsung dari penyaluran tenaga listrik, yaitu dengan melakukan pengumpulan informasi keadaan peralatan atau perangkat di lapangan dan mengambil tindakan atas informasi tersebut secara remote atau jarak jauh secara real time dan terpusat.

2.2.4.1 Fungsi Dasar SCADA

a. *Telemetry* (TM)

Mengirimkan informasi berupa pengukuran dari besaran-besaran listrik pada suatu saat tertentu, seperti : tegangan, arus, frekuensi. Pemantauan yang dilakukan oleh dispatcher diantaranya menampilkan daya

nyata dalam MW, daya reaktif dalam Mvar, tegangan dalam KV, dan arus dalam A. ^[10]

b. Telesignalling (TS)

Mengirimkan sinyal yang menyatakan status suatu peralatan atau perangkat. Informasi yang dikirimkan berupa status pemutus tegangan, pemisah, ada tidaknya alarm, dan sinyal-sinyal lainnya. Telesinyal dapat berupa kondisi suatu peralatan tunggal, dapat pula berupa pengelompokan dari sejumlah kondisi. Telesinyal dapat dinyatakan secara tunggal (single indication) atau ganda (double indication). Status peralatan dinyatakan dengan cara indikasi ganda. Indikasi tunggal untuk menyatakan alarm. ^[10]

c. Telecontrol (TC)

Perintah untuk membuka atau menutup peralatan sistem tenaga listrik dapat dilakukan oleh dispatcher secara remote, yaitu hanya dengan menekan salah satu tombol perintah buka/tutup yang ada di dispatcher. ^[10]

2.2.4.2 Fungsi Utama SCADA

Untuk dapat menjalankan tugasnya, dispatcher dibantu oleh sistem SCADA yang terintegrasi yang berada di dalam suatu ruangan khusus yang disebut *Control Center*. Ruangan tersebut adalah ruangan dimana ditematkannya perangkat-perangkat komputer yang disebut *Master Station*. Sedangkan fungsi utama dari sistem SCADA adalah sebagai berikut: ^[10].

a. Akuisisi Data

Informasi pengukuran dari sistem tenaga listrik seperti tegangan, daya aktif, dan frekuensi disimpan dan diproses secara real time, sehingga setiap ada perubahan nilai dari pengukuran dapat langsung dikirim ke master station.

b. Konversi Data

Data pengukuran dari sistem tenaga listrik seperti tegangan, daya aktif, dan frekuensi yang diperoleh transduser awalnya berupa data analog untuk kemudian data tersebut dikirim oleh transduser ke RTU. Oleh RTU data yang awalnya berupa data analog diubah menjadi data digital. Sehingga data yang dikirimkan ke master station berupa data digital.

c. Pemrosesan Data

Setiap data yang dikirim oleh RTU akan diolah di master station, sehingga data tersebut bisa langsung ditampilkan ke layar monitor dan dispatcher bisa membaca data-data tersebut.

d. Supervisory Data

Dispatcher dapat mengawasi dan mengontrol peralatan sistem tenaga listrik. Supervisory control selalu menggunakan operasi dua tahap untuk meyakinkan keamanan operasi, yaitu pilihan dan tahap eksekusi.

e. Pemrosesan Event dan Alarm

Event adalah setiap kejadian dari kerja suatu peralatan listrik yang dicatat oleh SCADA. Misalnya, kondisi normally close(N/C) dan kondisi normally open(N/O). Sedangkan alarm adalah indikasi yang menunjukkan adanya perubahan status di SCADA. Semua status dan alarm pada telesinyal

harus diproses untuk mendeteksi setiap perubahan status lebih lanjut untuk event yang terjadi secara spontan atau setelah permintaan remote control yang dikirim dari control center.

f. *Tagging* (Penandaan)

Tagging adalah indikator pemberi tanda, seperti tanda masuk atau keluar. *Tagging* sangat bermanfaat untuk dispatcher di control center. *Tagging* digunakan untuk menghindari beroperasinya peralatan yang diberi tanda khusus, juga untuk memberi peringatan pada kondisi yang diberi tanda khusus.

g. *Post Mortem Review*

Melakukan rekonstruksi bagian dari sistem yang dipantau setiap saat yang akan digunakan untuk menganalisa setelah kejadian. Untuk melakukan hal ini, *control center* mencatat terus menerus dan otomatis pada bagian yang telah didefinisikan dari data yang diperoleh. *Post mortem review* mencakup dua fungsi, yaitu pencatatan dan pemeriksaan.

2.2.4.3 Bagian-Bagian SCADA

Sistem SCADA tidak dapat berdiri sendiri dan memerlukan dukungan dari berbagai macam infrastruktur, yaitu:

a. *Remote Terminal Unit* (RTU)

Remote Terminal Unit (RTU) atau *Outstation Terminal Unit* (OTU) atau Unit Terminal Jarak Jauh adalah suatu peralatan remote station berupa processor yang berfungsi menerima, mengolah, dan meneruskan informasi dari *master station* ke sistem yang diatur dan sebaliknya, juga

kemampuan *load shedding* yang dilengkapi database, nama penyulang, identifikasi, beban^[10].

RTU terdiri dari beberapa modul yang ditempatkan pada suatu backplane dalam rak/*cubicle*. Modul-modul yang dimaksud adalah modul power supply, modul CPU, modul communication, modul digital input (DI), modul digital output (DO), dan modul analog input (AI). Berdasarkan penggunaannya, RTU dengan kapasitas I/O kecil dipasang pada jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV. Sedangkan RTU dengan kapasitas I/O sedang sampai besar dipasang di GI.

RTU secara umum adalah perangkat komputer yang dipasang di remote station atau dilokasi jaringan yang dipantau oleh control center. RTU ini merupakan rangkaian proses yang bertugas sebagai tangan, mata, dan alat pendengar sistem pengendalian dengan tugas pokok mengumpulkan data-data tentang status peralatan, data-data pengukuran dan melakukan fungsi remote control. Adapun fungsi utama dari RTU adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi perubahan posisi saklar (open/close/invalid).
 2. Mengetahui besaran tegangan, arus, dan frekuensi di gardu induk.
 3. Menerima perintah remote control dari pusat kontrol untuk membuka dan menutup relai.
 4. Mengirim data dan informasi ke pusat kontrol yang terdiri dari status saklar, hasil eksekusi, dan nilai tegangan, arus, dan frekuensi.
- b. Telekomunikasi

Telekomunikasi adalah komunikasi jarak jauh antara RTU dengan master station yang merupakan media untuk saling bertukar informasi. Komunikasi data digunakan untuk sistem SCADA. Komunikasi data menggunakan media komputer yang diteruskan menjadi transmisi elektronik^[10]. Beberapa jenis media komunikasi yang digunakan pada PT. PLN diantaranya:

1. Radio Data

Komunikasi menggunakan media ini perlahan mulai ditinggalkan karena termasuk teknologi lama. Keunggulan dari media ini adalah mampu menjangkau daerah pelosok yang tidak memungkinkan penanaman kabel bawah tanah seperti fiber optik. Kelemahan yang paling mencolok dari media komunikasi ini adalah sangat bergantung pada kondisi cuaca karena transmisi radio menggunakan udara sebagai jalur transmisinya.

2. Fiber Optik

Media komunikasi jenis ini digunakan di daerah perkotaan dan efektif digunakan untuk komunikasi jarak jauh karena kecepatan transfer data yang unggul bila dibandingkan dengan media radio data dan kabel pilot. Pada PT. PLN Area Pengatur Distribusi (APD) Jatim menggunakan jaringan fiber optik milik ICON+ yang merupakan anak perusahaan dari PT. PLN.

3. *Master Station*

Mengumpulkan data dari semua RTU di lapangan dan menyediakan kepada operator tampilan dari informasi dan fungsi kontrol di lapangan. Master Station merupakan kumpulan perangkat keras dan lunak yang ada di

control center. Desain untuk sebuah master station tidak akan sama, secara garis besar desain dari sebuah master station terdiri atas:

1. SCADA Server
2. *Workstation*
3. *Historical Data*
4. *Projection Mimic*, dahulu mesih menggunakan *Mimic Board*
5. Peripheral pendukung, seperti printer
6. *Voice Recorder*
7. *Global Positioning System*, untuk referensi waktu
8. *Dispatcher Training Simulator*
9. Aplikasi SCADA dan *energy management* sistem
10. *Uninterruptable Power Supply*(UPS), untuk menjaga ketersediaan daya listrik
11. *Automatic transfer switch* (ATS) dan *static tranfer switch* (STS) untuk mengendalikan aliran daya listrik menuju master station

2.2.5 Ethernet Shield

Ethernet Shield menambah kemampuan arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Perangkat *Ethernet Shield* ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14
Ethernet Shield ^[11].

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.h*.^[11]

Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada *Arduino Uno* dan pin 50, 51, dan 52 pada *Mega*. Pin digital 10 digunakan untuk memilih *W5100* dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah

disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan ethernet shield. Karena *W5100* dan *SD card* berbagi bus *SPI*, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu.

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

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

2.2.6 Router

Router adalah sebuah alat yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan 3 (Lapisan jaringan seperti *Internet Protocol*) dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI.

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

Sebagai ilustrasi perbedaan fungsi dari *router* dan *switch* merupakan suatu jalanan, dan *router* merupakan penghubung antar jalan. Masing-masing rumah berada pada jalan yang memiliki alamat dalam suatu urutan tertentu. Dengan cara yang sama, switch menghubungkan berbagai macam alat, dimana masing-masing alat memiliki alamat IP sendiri pada sebuah LAN.

Router dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan *internetwork*, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa *subnetwork* untuk meningkatkan kinerja dan juga mempermudah manajemennya. *Router* juga kadang digunakan untuk mengoneksikan dua buah jaringan yang menggunakan media yang berbeda (seperti halnya *router wireless* yang pada umumnya selain ia dapat menghubungkan komputer dengan menggunakan radio, ia juga mendukung penghubungan komputer dengan kabel *UTP*), atau berbeda arsitektur jaringan, seperti halnya dari *Ethernet* ke *Token Ring*.

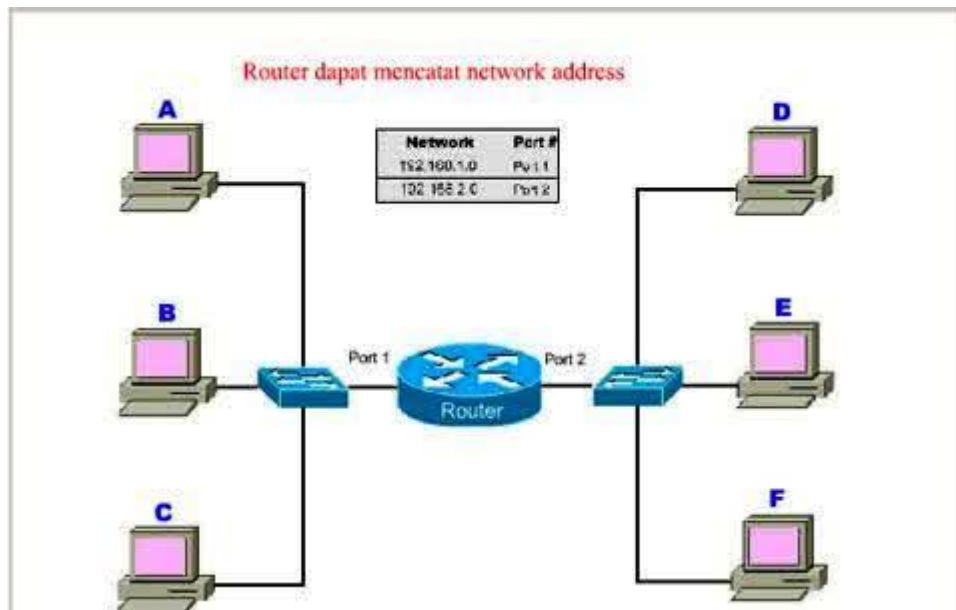
Router juga dapat digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah layanan telekomunikasi seperti halnya telekomunikasi leased line atau *Digital Subscriber Line (DSL)*. *Router* yang digunakan untuk menghubungkan LAN ke sebuah koneksi *leased line* seperti T1, atau T3, sering disebut sebagai access server. Sementara itu, *router* yang digunakan untuk menghubungkan

jaringan lokal ke sebuah koneksi DSL disebut juga dengan DSL *router*. Router-router jenis tersebut umumnya memiliki fungsi firewall untuk melakukan penapisan paket berdasarkan alamat sumber dan alamat tujuan paket tersebut, meski beberapa *router* tidak memilikinya. *Router* yang memiliki fitur penapisan paket disebut juga dengan packet-filtering *router*. *Router* umumnya memblokir lalu lintas data yang dipancarkan secara broadcast sehingga dapat mencegah adanya broadcast storm yang mampu memperlambat kinerja jaringan^{12]}. Gambar 2.15 menunjukkan bentuk fisik *router*.



Gambar 2.15
Router^[12].

Ilustrasi mengenai konfigurasi hubungan *router* dan komputer dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini:



Gambar 2.16
Konfigurasi Hubungan *Router* dan Komputer^[12].

Pada gambar diatas terdapat 2 buah *network* komputer yang terhubung dengan sebuah *router*. Network sebelah kiri yang terhubung ke port 1 *router* mempunyai alamat network 192.168.1.0 dan network sebelah kanan terhubung ke port 2 dari *router* dengan network address 192.155.2.0. Cara kerja *router* dapat dimisalkan sebagai berikut:

- Komputer A mengirim data ke komputer C, maka *router* tidak akan meneruskan data tersebut ke network lain.
- Begitu pula ketika komputer F mengirim data ke E, *router* tidak akan meneruskan paket data ke network lain.
- Barulah ketika komputer F mengirimkan data ke komputer B, maka *router* akan meneruskan paket data tersebut ke komputer B.

2.2.7 Modbus Protokol

Modbus adalah salah satu protokol untuk komunikasi serial yang di publikasikan oleh Modicon pada tahun 1979 untuk di gunakan pada PLC Modicon (PLC pertama di dunia yang di kembangkan oleh Schneider). Secara sederhana, modbus merupakan metode yang digunakan untuk mengirimkan data/informasi melalui koneksi serial antar perangkat elektronik. Perangkat yang meminta informasi disebut Modbus *Master* dan perangkat penyediaan informasi disebut Modbus *Slave*. Pada jaringan Modbus standar, terdapat sebuah *master* dan *slave* sampai dengan 247, masing-masing mempunyai Alamat *Slave* yang berbeda mulai dari 1 sampai 247. *Master* juga dapat menulis informasi kepada *Slave*.^[22]

Modbus merupakan sebuah open protokol, yang berarti bahwa dapat digunakan dalam peralatan tanpa harus membayar royalti. Modbus telah menjadi protokol komunikasi standar dalam industri, dan sekarang paling banyak dipakai untuk menghubungkan perangkat elektronik industri. Modbus digunakan secara luas oleh banyak produsen di banyak industri. Protokol ini menjadi standard komunikasi dalam industri dan menjadi yang paling banyak dipakai untuk komunikasi antar peralatan elektronik pada industri. Alasan utama mengapa Modbus Protokol banyak di gunakan adalah:

- a. Di publikasikan secara terbuka tanpa *royalty fee* untuk penggunaannya.
- b. Relatif mudah untuk di aplikasikan pada *industrial network*.

- c. Modbus mempunyai struktur bit tanpa memiliki banyak larangan bagi vendor lain untuk mengaksesnya.

Modbus memungkinkan adanya komunikasi dua-jalur antar perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama, misalnya suatu sistem yang mengukur suhu, tekanan, kelembaban, dan sebagainya, kemudian mengkomunikasikan hasilnya ke komputer (*HMI/ Human Machine Interface*). Modbus sering digunakan untuk menghubungkan *supervisory computer* dengan *remote terminal unit* (RTU), *supervisory control* dan sistem akuisisi data (SCADA).

Produsen atau supplier besar maupun kecil, *system integrator*, *end-user*, pengembang *open source*, dosen dan pihak yang berkepentingan lainnya dapat menjadi anggota Modbus. Beberapa anggota yang menonjol adalah *SoftDEL Systems*, *Precision Digital Corporation*, *Motor Protection Electronics*, *FieldServer Technologies* dan masih banyak lagi.

Berdasarkan media transfernya, Modbus dikategorikan ke dalam Modbus *serial* (RS232/485) dan Modbus *Ethernet* (TCP/IP). Jika dirujuk dari bentuk datanya, Modbus dibagi ke dalam Modbus RTU (*serial*) dan Modbus ASCII. Pada Modbus *serial* digunakan istilah *Master/Slave* sedangkan Modbus *Ethernet* biasanya memakai terminologi *Server/Client*.

Protokol Modbus memungkinkan komunikasi yang mudah di semua jenis arsitektur jaringan. Setiap jenis perangkat (PLC, HMI, Kontrol Panel, *Driver*, kontrol Motion, *I/O Device*) dapat menggunakan protokol Modbus untuk operasi *remote*. Komunikasi yang sama dapat dilakukan juga pada

serial line seperti pada *Ethernet* TCP / IP. Gateway memungkinkan komunikasi antara beberapa jenis bus atau jaringan dengan menggunakan protokol Modbus.

2.2.8 Modbus TCP/IP

Modbus TCP/IP adalah salah satu perangkat lunak jaringan komputer (*networking software*) yang terdapat dalam sistem, dan dipergunakan dalam komunikasi data dalam *local area network* (LAN) maupun Internet. TCP singkatan dari *Transfer Control Protocol* dan IP singkatan dari *Internet Protocol*. TCP/IP menjadi satu nama karena fungsinya selalu bergandengan satu sama lain dalam komunikasi data.

TCP/IP saat ini dipergunakan dalam banyak jaringan komputer lokal (LAN) yang terhubung ke Internet, karena memiliki sifat^[22]:

- a. Merupakan protokol standar yang terbuka, gratis dan dikembangkan terpisah dari perangkat keras komputer tertentu. Karena itu protokol ini banyak didukung oleh *vendor* perangkat keras, sehingga TCP/IP merupakan pemersatu perangkat keras komputer yang beragam *merk* begitu juga sebagai pemersatu berbagai perangkat lunak yang beragam *merk* sehingga walau anda memakai perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang berlainan dengan teman anda pada jaringan komputer berbeda, anda dan teman anda dapat berkomunikasi data melalui Internet.
- b. Berdiri sendiri dari perangkat keras jaringan apapun. Sifat ini memungkinkan TCP/IP bergabung dengan banyak jaringan

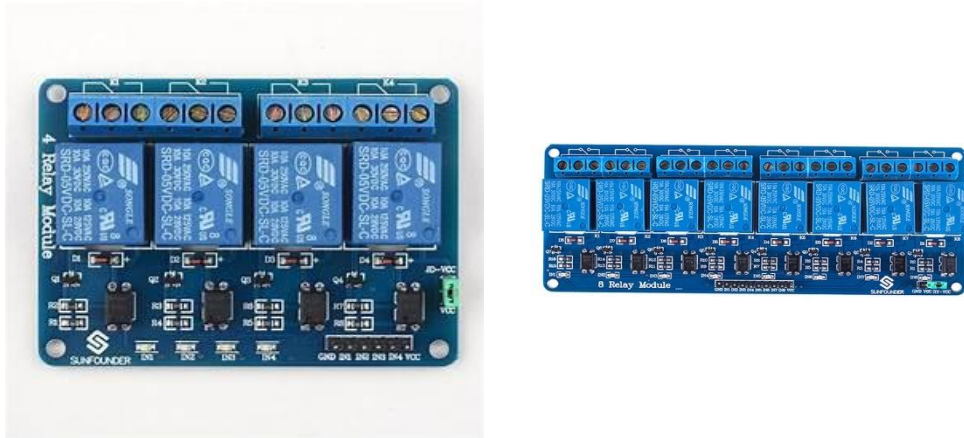
komputer. TCP/IP bisa beroperasi melalui sebuah *Ethernet*, sebuah *token ring*, sebuah saluran *dial-up*, sebuah X-25 dan secara virtual melalui berbagai media fisik transmisi data.

- c. Bisa dijadikan alamat umum sehingga tiap perangkat yang memakai TCP/IP akan memiliki sebuah alamat unik dalam sebuah jaringan komputer lokal, atau dalam jaringan komputer global seperti Internet.
- d. Protokol ini distandarisasi dengan skala tinggi secara konsisten, dan bisa memberikan servis kepada *user-user* di dunia.

2.2.9 Modul Relay

Modul relay adalah saklar yang dioperasikan secara *elektrik* yang memungkinkan untuk menghidupkan atau mematikan sirkuit dengan menggunakan *voltase* atau arus yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat ditangani oleh NodeMCU. Tidak ada hubungan antara rangkaian tegangan rendah yang dioperasikan oleh NodeMCU dan rangkaian daya tinggi. Relay melindungi setiap rangkaian dari satu sama lain. Setiap saluran dalam modul ini memiliki tiga koneksi bernama NC, COM, dan NO. Bagian NC dan NO relay digunakan untuk menghubungkan sumber listrik (kabel fasa) dengan terminal SPO. Jenis kontak yang digunakan di perangkat ini ialah Normally Closed(NC) sehingga pada kondisi arus normal sambungan sumber ke SPO tertutup. Sedangkan pada saat arus lebih, kontak akan otomatis diputuskan (open).Bagian

belitan (coil) relay disambungkan ke pin pengendali NodeMCU melalui switch transistor. Relay yang di gunakan relay 8 chanel dan relay 4 chanel



Gambar 2.17
Modul relay 4 chanel dan 8 chanel

2.2.10 Sensor MLX90614

“Sensor inframerah MLX90614 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dengan memanfaatkan radiasi gelombang inframerah. Sensor MLX90614 didesain khusus untuk mendeteksi radiasi inframerah dan secara otomatis telah didesain sehingga dapat mengkalibrasi energi radiasi inframerah menjadi skala temperatur.”

Sensor ini terdiri dari detektor *thermopile* inframerah MLX811D1 dan *signal conditioning* ASSP MLX9D302 yang digunakan untuk memproses *output* dari sensor inframerah. Pada *thermopile* terdiri dari lapisan atau membran yang terbuat dari silikon yang mengandung banyak sekali termokopel dari objek akan ditangkap oleh membran tersebut.

Sensor ini menentukan suhu objek dengan cara mengetahui radiasi termal (terkadang disebut dengan radiasi benda hitam) yang dipancarkan oleh objek tersebut. Benda atau material apapun yang memiliki suhu

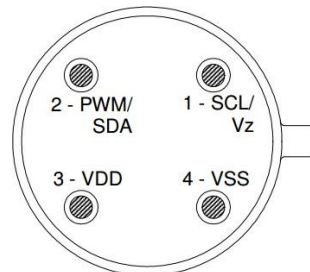
mutlak diatas nol, akan memiliki molekul yang selalu aktif bergerak. Semakin tinggi suhu maka pergerakan molekul akan semakin cepat. Ketika bergerak, molekul akan memancarkan jenis radiasi inframerah, yang merupakan jenis radiasi elektromagnetik di bawah spektrum cahaya. Saat suhu objek meningkat atau menjadi lebih panas, maka radiasi inframerah yang dipancarkannya pun akan meningkat, bahkan inframerah yang dipancarkan juga akan bisa menampakkan cahaya jika suhu benda tersebut sangat tinggi. Oleh sebab itu jika ada sebuah logam yang dipanaskan akan nampak memerah atau bahkan memuti^[15]



Gambar 2.18
Bentuk fisik sensor *infrared thermometer* MLX90614 ^[16]

Sensor inframerah tipe MLX90614 memiliki 4 pin yang fungsinya masing-masing seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. Sensor temperature tipe MLX90614 memiliki 2 pin yang masuk ke dalam pin A5 (SCL) dan A4 (SDA) pada Arduino.

Deskripsi pin sensor *infrared thermometer* ditunjukkan pada gambar 2.19 di bawah ini



Gambar 2.19

Deskripsi pin sensor *infrared thermometer* MLX90614 ^[17]

Pada Tabel 2.3 berikut merupakan fungsi setiap pin pada sensor infra Fungsi pin sensor temperatur tipe MLX90614

Tabel 2.3
Fungsi pin MLX90614^[15]

Nama Pin	Fungsi
VSS	Ground
SCL	<i>Input clock</i> serial untuk <i>protocol</i> komunikasi 2 kawat, terdapat 5.7V zener untuk koneksi transistor bipolar eksternal pada MLX90614 sebagai pemasok sumber eksternal 8.16V
PWM/SDA	Input/Output digital. Pada keadaan normal sebagai pengukur temperatur objek terletak pada pin PWM
VDD	Suplai tegangan eksternal

Keunggulan sensor ini yaitu:

1. Ukurannya kecil
2. Mudah diintegrasikan dengan sistem lain
3. Telah terkalibrasi oleh pabrik pembuatnya

4. Output PWM yang dapat disesuaikan untuk keperluan pembacaan secara kontinu.

2.2.11 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. Berikut daftar *driver* yang tersedia oleh VTScada^[18] :

Tabel 2.4
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^[24] :

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

- 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- 2 Ghz prosesor *dual-core*
- Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- Memliki RAM 8 GB atau lebih

Sedangkan untuk laptop, tablet PC, dan panel PC bukan sebagai *server* dari *workstation*^[24] :

- 32 atau 64-bit sistem operasi *Windows*
- 2 Ghz prosesor *dual-core*

- Membutuhkan penyimpanan *file* 20 GB
- Memiliki RAM 4 GB atau lebih

Tabel 2.5
Sistem Operasi Yang Dapat Menggunakan VTScada

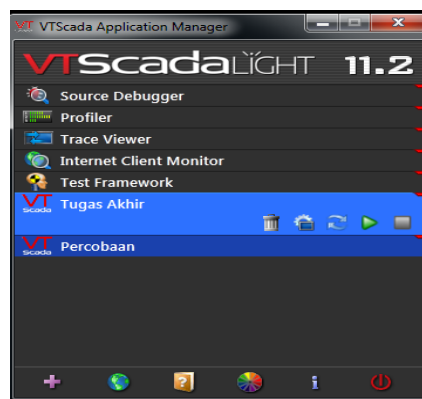
VTScada Version	Win 10 32 & 64-Bit	Win 8.1 32 & 64-Bit	Win 8.0 32 & 64-Bit	Win 7 64-Bit	Win 7 32-Bit	Vista 64-Bit	Vista 32-Bit	Server 2012 (+R2)	Server 2008 (+R2)	Server 2003 2.	XP 2.
8.X					✓		✓		✓		
9.X				✓	✓	✓	✓		✓		
10.X		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ^{1.}		
11.X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ^{1.}	Thin Client Only	Thin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

(Sumber : www.trihedral.com, diakses tanggal 11 Juli 2019)

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

- VTScada Application Manager

Pada gambar 2.20, 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 2.20

Tampilan VTScada Application Manager

(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2019)






- VTScada Tools

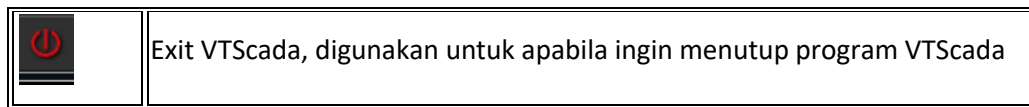
Pada gambar 2.21, terdapat tampilan VTScada Tools terdiri dari beberapa *icon* yang memiliki fungsi sebagai berikut :



Gambar 2.21
Tampilan VTScada Tools
(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2019)

Tabel 2.6
VTScada Tools

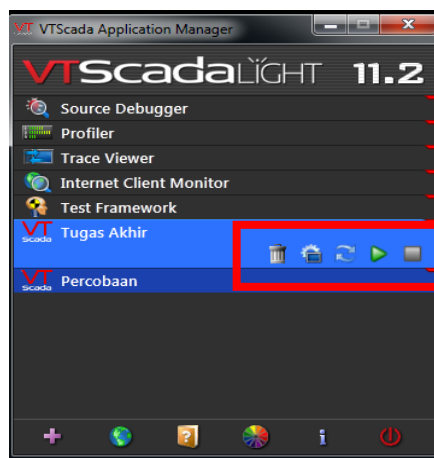
	Add Application Wizard, digunakan untuk membuat aplikasi baru.
	VTScada Internet Client/Server Setup, digunakan untuk menghubungkan aplikasi VTScada dengan data SQL Query agar dapat terhubung dengan akses internet
	Help, digunakan untuk membuka petunjuk tentang VTScada
	Color Themes, digunakan untuk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



(Sumber: *Fundamentals Workbook VTScada*)

- Application Tools

Pada gambar 2.22, terdapat tampilan Application Tools terdiri dari beberapa *icon* yang memiliki fungsi sebagai berikut :








Gambar 2.22

Tampilan Application Tools

((Sumber : *Screenshoot* diambil pada tanggal 11 Juli 2019)

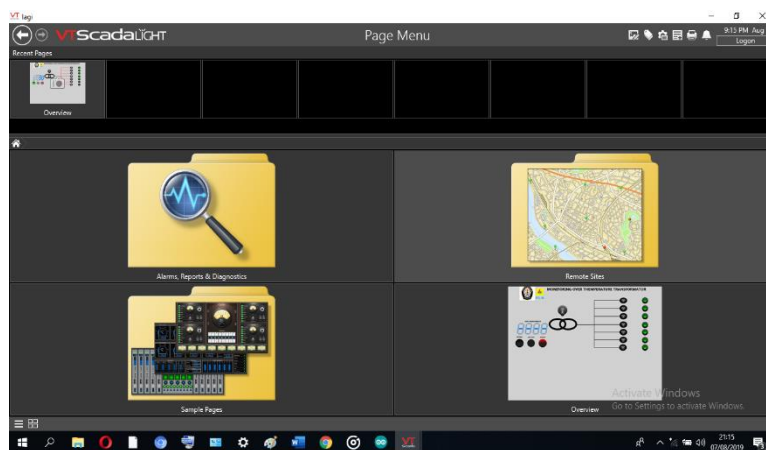
Tabel 2.7
Application Tools

	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

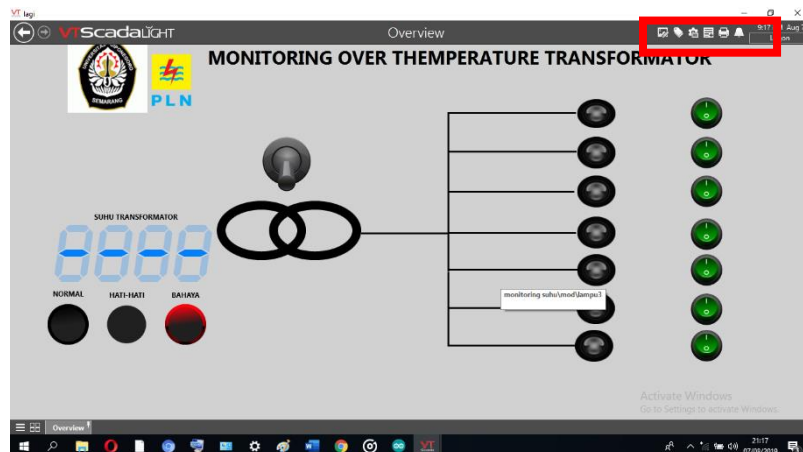
Pada saat membuka aplikasi yang telah dibuat, maka akan muncul tampilan page menu seperti pada gambar 2.23 . Di dalam page menu terdapat folder dan file Alarm, Reports, & Diagnostic untuk membuka *historical data viewer* dan beberapa *event* yang tercatat selama menjalankan aplikasi. Folder Remote Sites 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 2.23
Tampilan Page Menu
(Sumber : *Screenshot* diambil pada tanggal 11 Juli 2019)








- Tampilan Overview

Tampilan Overview seperti pada gambar 2.24 terdapat beberapa *icon* yang digunakan untuk membuat aplikasi kontrol SCADA sebagai berikut :

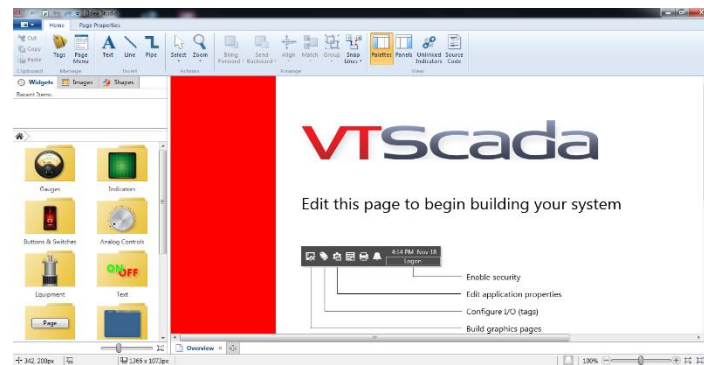


Gambar 2.24
Tampilan Page Menu
(Sumber : *Screenshoot* diambil pada tanggal 11 Juli 2019)

Tabel 2.8
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
	Logon, sebagai pengaman agar aplikasi tidak dapat dirubah oleh operator yang tidak memiliki wewenang untuk mengubah aplikasi yang sedang dijalankan

Untuk pembuatan tampilan HMI menggunakan *software* VTScada pilih *icon* Idea Studio dan akan muncul seperti pada gambar 2.25

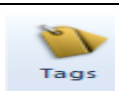
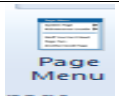
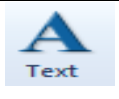



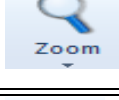
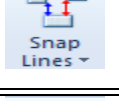
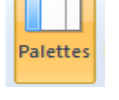

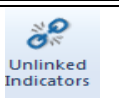
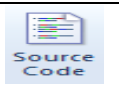


Gambar 2.25
Tampilan Saat Membuka Idea Studio
Sumber : (Screenshoot pada tanggal 11 Juli 2019)

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.


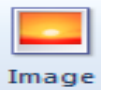

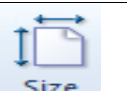
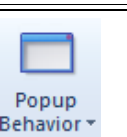
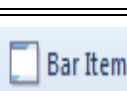
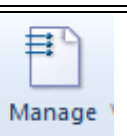

Pada tabel 2.9 terdapat *Toolbar* dari *submenu Home* yang memiliki fungsi sebagai berikut :

Tabel 2.9
Icon Pada Toolbar Home

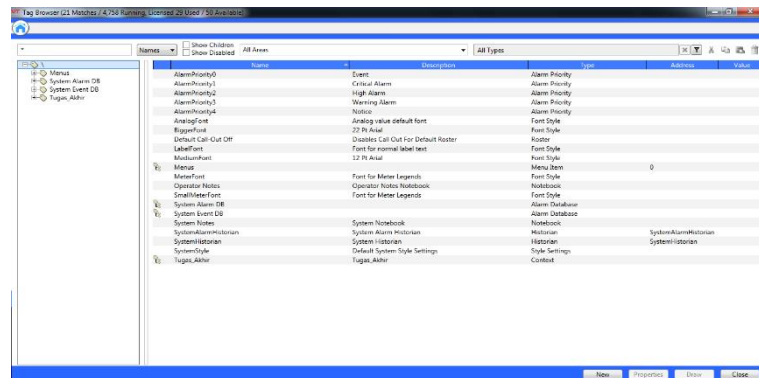
	Tags, digunakan untuk membuka halaman <i>Tag Browser</i> secara keseluruhan
	Page Menu, digunakan untuk membuka halaman <i>Tag Browser</i> yang meliputi <i>Alarm, Report, & Diagnostic</i> dan <i>Remote Sites</i> .
	Text, berfungsi untuk membuat teks pada tampilan HMI
	Line, berfungsi untuk membuat garis pada tampilan HMI
	Pipe, berfungsi untuk membuat garis yang lebih tebal menyerupai balok pada tampilan HMI
	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, Images, dan 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 2.10 terdapat *Toolbar* dari *submenu Page Properties* yang memiliki fungsi sebagai berikut :

Tabel 2.10
Icon Pada Toolbar Page Properties

	Color, digunakan untuk mengatur warna <i>background</i> pada tampilan HMI.
	Image, digunakan untuk menambahkan gambar pada tampilan HMI
	Title, digunakan untuk mengubah judul tampilan HMI.
	Size, berfungsi untuk mengatur panjang dan lebar tampilan HMI yang akan dibuat.
	Popup Behavior, berfungsi untuk mengatur tampilan HMI tidak terdapat <i>menu bar</i> dan dapat mempermudah akses ke halaman Alarm pada saat pengoperasian HMI.
	Bar Items, digunakan untuk mengatur tampilan menu bar pada saat pengoperasian HMI
	Manage, berfungsi untuk menambahkan atau mengatur parameter <i>Widget</i> yang digunakan
	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 2.26
Tampilan Saat Membuka Tag Browser
Sumber : (Screenshoot pada tanggal 11 Juli 2019)

Pada tabel 2.11 terdapat beberapa fungsi yang digunakan dalam pembuatan tag untuk alamat I/O sebagai berikut :

Tabel 2.11
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.
	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.

