

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu:

Menurut penelitian Taufiqurrahman (2004) yang berjudul tentang sistem monitoring daya dengan menggunakan power meter pm1200. Pada penelitian ini peneliti hanya mencoba untuk menampilkan informasi daya pada panel 3 phase yaitu daya nyata, daya reaktif dan daya semu.

Menurut penelitian Rizky (2015) yang berjudul tentang sistem monitoring daya dengan estimasi pemakaian daya menggunakan power logic pm 1200. Peneliti mencoba untuk mengembangkan sistem monitoring daya dengan menambah fitur estimasi pemakaian daya untuk setiap pengguna. Dalam hal ini pemakain beban listrik untuk laboratorium.

2.2 Current Transformer

Current transformer atau Trafo Arus adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Di samping untuk pengukuran arus, trafo arus juga digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh, dan rele proteksi.

Kumparan primer trafo dihubungkan seri dengan rangkaian atau jaringan yang akan dikur arusnya sedangkan kumparan sekunder dihubungkan dengan meter atau dengan rele proteksi.



Gambar 2.1 Current Transformer Jenis Clamp

(sumber www.engeeringblogspot.com)

Prinsip kerja trafo arus sama dengan trafo daya satu fasa. Bila pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak ini memproduksi fluks pada inti, dan fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder. Bila terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 . Arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder. Pada trafo arus biasa dipasang beban pada bagian sekunder yang berfungsi sebagai impedansi beban, sehingga trafo tidak benar-benar short

circuit. Apabila trafo adalah trafo ideal, maka berlaku persamaan:

$$N1I1 = N2I2$$

$$I1/I2 = N2/N1$$

di mana, $N1$: Jumlah belitan kumparan primer

$N2$: Jumlah belitan kumparan sekunder

$I1$: Arus kumparan primer

$I2$: Arus kumparan sekunder

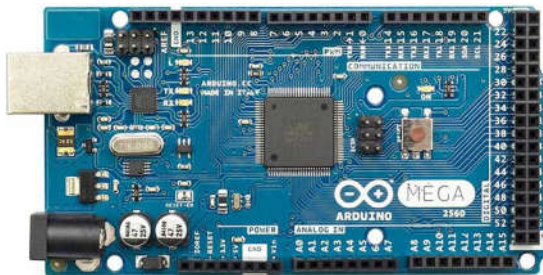
Pada tugas akhir ini kami akan menggunakan current transformer (CT) jenis clamp karena untuk jenis ini pemasangannya tidak perlu mematikan sumber arus listriknya sehingga tidak mengganggu proses yang sedang berjalan. Lebih cepat dan lebih aman.

2.3 Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat open source, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya *Arduino Uno*, *Arduino Mega 2560*, *Arduino Fio*, dan lainnya. (www.arduino.cc)

2.3.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.



Gambar 2.2 Board Arduino Mega2560

(sumber www.arduino.cc)

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 (sumber www.arduino.cc)

Chip mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37

2.3.2 Power Supply

Board Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan power yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via power supply eksternal. Pilihan power yang digunakan akan dilakukan secara otomatis eksternal power supply dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di board. Board dapat beroperasi dengan power dari external power supply yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa over heat yang pada akhirnya bisa merusak pcb. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V Beberapa pin power pada Arduino Uno :

- **GND**. Ini adalah ground atau negatif.
- **Vin**. Ini adalah pin yang digunakan jika anda ingin memberikan power langsung ke board Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V - 12V.

- **Pin 5V**. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator.
- **3V3**. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3V yang telah melalui regulator.
- **IOREF**. Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroller. Biasanya digunakan pada board shield untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V.

2.3.3 Input & Output

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan pull-up sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi disconnect). Nilai maximum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroller.

Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- **Serial**, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1

: pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega16U2.

- **External Interrupts**, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah interrupt yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi `attachInterrupt()` untuk mengatur interrupt tersebut.

- **PWM**: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`.

- **SPI** : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library.

- **LED** : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set HIGH untuk menyalakan led, LOW untuk memadamkan nya.

- **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan Wire Library.

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah input analog. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10

bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi `analogReference()`. Beberapa in lainnya pada board ini adalah :

- **AREF**. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
- **Reset**. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroler. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia.

2.3.4 Komunikasi

Arduino Mega memiliki beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, berkomunikasi dengan Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroler lainnya. Chip Atmega2560 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Chip ATmega16U2 yang terdapat pada board berfungsi menterjemahkan bentuk komunikasi ini melalui USB dan akan tampil sebagai Virtual Port di komputer. Firmware 16U2 menggunakan driver USB standar sehingga tidak membutuhkan driver tambahan. Pada Arduino Software (IDE) terdapat monitor serial yang memudahkan data textual untuk dikirim menuju Arduino atau keluar dari Arduino. Led TX dan RX akan menyala berkedip-kedip ketika ada data yang

ditransmisikan melalui chip USB to Serial via kabel USB ke komputer. Untuk menggunakan komunikasi serial dari digital pin, gunakan Software Serial library. Chip ATmega2560 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Di dalam Arduino Software (IDE) sudah termasuk Wire Library untuk memudahkan anda menggunakan bus I2C. Untuk menggunakan komunikasi SPI, gunakan SPI library.

2.3.5 Memori

Chip ATmega2560 pada Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki memori 256 KB, dengan 8 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk bootloader. Jumlah SRAM 8 KB, dan EEPROM 4 KB, yang dapat di baca-tulis dengan menggunakan EEPROM library saat melakukan pemrograman.

2.3.6 Proteksi

Development board Arduino Mega 2560 telah dilengkapi dengan polyfuse yang dapat direset untuk melindungi port USB komputer/laptop anda dari korsleting atau arus berlebih. Meskipun kebanyakan komputer telah memiliki perlindungan port tersebut didalamnya namun sikring pelindung pada Arduino Uno memberikan lapisan perlindungan tambahan yang membuat anda bisa dengan tenang menghubungkan Arduino ke komputer anda. Jika lebih dari 500mA

ditarik pada port USB tersebut, sirkuit proteksi akan secara otomatis memutuskan hubungan, dan akan menyambung kembali ketika batasan aman telah kembali.

2.3.7 Pemrograman Arduino Mega 2560

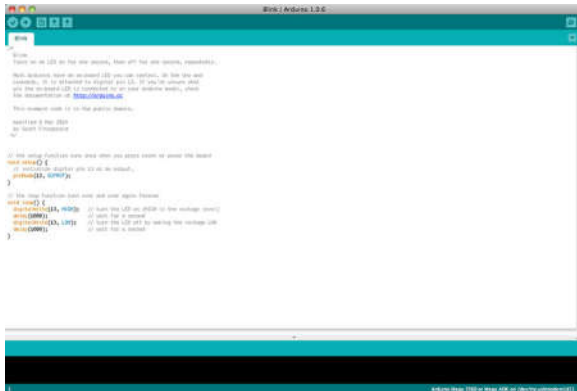
Pemrograman board Arduino Mega 2560 dilakukan dengan menggunakan *Arduino Software (IDE)*. *IDE Arduino* adalah software yang dikembangkan dengan platform menggunakan bahasa pemrograman Java.

IDE Arduino terdiri dari:

- *Editor program*, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
- *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
- *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino. Sebuah kode program Arduino umumnya disebut dengan istilah sketch. Kata “sketch” digunakan secara

bergantian dengan “kode program” dimana keduanya memiliki arti yang sama.

Chip ATmega2560 yang terdapat pada Arduino Mega 2560 telah diisi program awal yang sering disebut bootloader. Bootloader tersebut yang bertugas untuk memudahkan anda melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan Arduino Software, tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC atau Mac/Linux anda, jalankan software Arduino Software (IDE), dan anda sudah bisa mulai memrogram chip ATmega2560.



Gambar 2.3 Tampilan program arduino

(sumber www.arduino.cc)

Untuk pengguna mikrokontroler yang sudah lebih mahir, anda dapat tidak menggunakan bootloader dan melakukan pemrograman langsung via header ICSP (In

Circuit Serial Programming) dengan menggunakan Arduino ISP. Arduino Mega 2560 telah dilengkapi dengan chip ATmega16U2 yang telah diprogram sebagai konverter USB to Serial. Firmware ATmega16U2 di load oleh DFU bootloader, dan untuk merubahnya anda dapat menggunakan software Atmel Flip (Windows) atau DFU programmer (Mac OSX dan Linux), atau menggunakan header ISP dengan menggunakan hardware external programmer.

Seperti yang telah dijelaskan diatas program *Arduino sendiri menggunakan bahasa C*. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

- **Bahasa C** merupakan bahasa yang powerful dan fleksibel yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
- **Bahasa C** merupakan bahasa yang portabel sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam

sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.

- **Bahasa C** merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.

- **Bahasa C** merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (function) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.

- **Bahasa C** merupakan bahasa tingkat menengah (middle level language) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.

- Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama main(). Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa prosedural yang menerapkan konsep runtutan (program dieksekusi

per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian prototipe (prototype), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompiler daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas.

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal file header, biasa ditulis dengan ekstensi h(*.h), adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, file header ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses input/output adalah <stdio.h>.

Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan file header yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda '<' dan '>' (misalnya <stdio.h>). Namun apabila menggunakan file header yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “ dan ” (misalnya “cobaheader.h”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita

menggunakan tanda `<>`, maka file tersebut dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda `""`, maka file header dapat kita tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive `#include`. Directive `#include` ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan file-file yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive

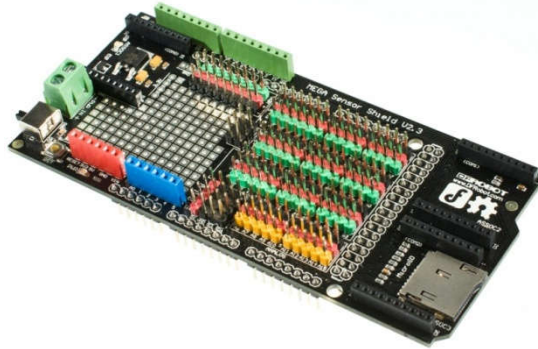
```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>#include"myheader.h"
```

Setiap kita akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah file header, maka kita juga harus mendaftarkan file headernya dengan menggunakan directive `#include`. Sebagai contoh, kita akan menggunakan fungsi `getch()` dalam program, maka kita harus mendaftarkan file header `<conio.h>`.

2.3.8 Mega IO Expansion Shield

Mega IO Expansion Shield adalah IO Expansion Shield yang ekstra digunakan untuk mengatur urusan input dan output pada sistem yang nantinya akan dibangun dengan menggunakan Arduino Mega 2560. Pada Mega IO Expansion Shield juga telah

menyediakan 3 slot Xbee, 1 slot MicroSD dan Mega IO Expansion Shield ini juga terdapat Header Pin untuk memasang Arduino Shield. Mega IO Expansion Shield dapat dijadikan sebagai prototype dan juga memiliki pin Digital 14-53 dan pin Analog 6 sampai 15.



Gambar 2.4 Board Mega IO Expansion Shield
(sumber www.arduino.cc)

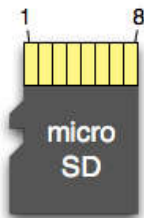
Spesifikasi Mega IO Expansion Shield:

- Mendukung untuk Arduino shield
- Kompatibel dengan Arduino Mega boards/DFRobot ADK/Arduino ADK
- TTL koneksi untuk 4 serial port.
- DIP prototype yang memudahkan untuk menambahkan komponen elektronik.
- 3 Xbee slot (angka PINnya di boardnya untuk mengetahui fungsi modul Xbee).
- 1 microSD slot

- Power selector untuk memilih antara daya dari Arduino Mega atau eksternal.
- Ukurannya: 125 x 57 mm

2.4 MicroSD Card

Micro SD Card adalah sarana penyimpanan data eksternal pada alat elektronik seperti kamera digital dan handphone. Data disimpan pada micro SD karena ukuran data yang cukup besar. Format data pada Mikro SD card umumnya menggunakan FAT16 dan FAT32. Saat ini mikrokontroler juga menggunakan SD Card sebagai media penyimpanan data menggantikan EEPROM.



Pin	SD	SPI
1	DAT2	X
2	CD/DAT3	CS
3	CMD	DI
4	VDD	VDD
5	CLK	SCLK
6	VSS	VSS
7	DAT0	DO
8	DAT1	X

Gambar 2.7 SD Card Pin

(sumber www.electronics.stackexchanges.com)

Tabel 2.3 Fungsi-fungsi pin SD Card (sumber www.electronics.stackexchange.com)

No	Nama PIN	

PIN		Fungsi Sinyal
1	NC	No Connect
2	CS	Chip Select
3	DI	Master Out/Slave In (MOSI)
4	Vdd	Supply Voltage 3.3 V
5	CLK	Clock
6	Vss	Ground
7	DO	Master In/Slave Out (MISO)
8	NC	No Connect

Pin 2 : Untuk mengaktifkan SD Card pin ini harus mendapat Vcc (enable). Pin ini sebagai control master kepada slave.

Pin 3 : Merupakan jalur masuk command, data, atau sinyal dari peripheral lain (master) kepada SD Card.

Pin 4 : Supply 3.3 volt.

Pin 5 : Merupakan serial clock yang sumbernya berasal dari master atau clock eksternal.

Pin 6 : Merupakan jalur output dari data yang berasal dari SD Card.

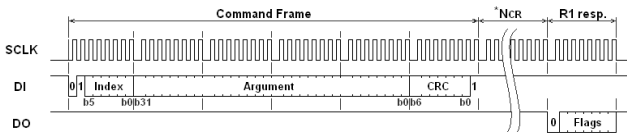
Pin 7 : Jalur Ground

2.4.1 SPI (Serial Peripheral Interface) Mode

Merupakan cara mengkoneksikan SD Card dengan mikrokontroler. SD Card dan mikrokontroler sudah memiliki fasilitas SPI sehingga mudah menghubungkannya.

2.4.2 Command And Respon

Untuk mengontrol kerja dari SD Card maka diperlukan beberapa command. Selain itu untuk mengetahui kondisi SD Card setelah diberi suatu command, dapat dilihat pada kondisi respon R1, R2 dan R3. Proses transfer data dapat dilakukan dari SD Card ke mikrokontroler ataupun dari mikrokontroler ke SD Card.



Gambar 2.8 Command Set SD Card (*sumber www.schneider-electric.com*)

2.4.3 SPI Command Set

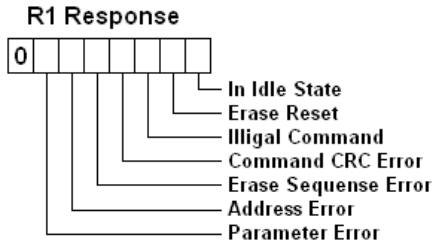
Setiap command memiliki fungsi yang spesifik dan menghasilkan respon yang berbeda. Ada beberapa command yang terdapat pada SD Card. Pada tabel merupakan command digunakan untuk mengakses SD Card pada sistem ini.

Tabel 2.4 Command SPI yang digunakan (*sumber www.schneider-electric.com*)

CMD	Response	Argument	Fungsi
CMD0	R1	None (0)	Reset
CMD1	R1	None (0)	Proses inisialisasi card
CMD12	R1	None (0)	Stop transmission
CMD18	R1	Address 4 Byte (31:0)	Membaca multi block MMC

2.4.4 SPI Respon

Setiap SD Card memperoleh command maka SD Card akan memberikan respon. Pada SD Card terdapat 3 macam format respon R1, R2 dan R3. Untuk command-command di atas hanya menghasilkan respon R1. Dari respon tersebut diketahui jenis error yang terjadi, ditandai dengan nilai 1 pada bit yang bersesuaian. Jika tidak ada error maka R1 akan bernilai 00000000(biner).



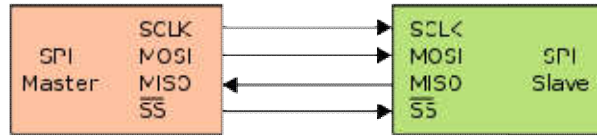
Gambar 2.9 R1 Respon (*sumber www.schneider-electric.com*)

2.4.5 SPI Bus

Serial peripheral Interface Bus yaitu suatu terminal yang menghubungkan antara terminal komunikasi data dari suatu peralatan ke terminal komunikasi data dari peralatan lain. Fungsi dari Serial Peripheral Interface Bus adalah untuk menjalankan pertukaran data biner secara serial. Ada 2 macam mode SPI, yaitu :

1. Satu master, satu slave.
2. Satu master, beberapa slave.

Yang berfungsi sebagai master dalam komunikasi ini adalah mikrokontroler sedangkan yang berfungsi sebagai slave adalah media penyimpanan database yaitu SD Card. Gambar berikut adalah hubungan Peripheral Interface Bus antara satu master dan satu slave.



Gambar 2.10 Satu master dan satu slave. (sumber www.schneider-electric.com)

SCLK : Serial clock. Sumber clock antara master dan slave berasal dari satu sumber, sehingga rangkaian dapat lebih sederhana. Slave mendapat clock dari output master.

MOSI : Merupakan jalur komunikasi data output pada master yang dihubungkan ke jalur input slave.

MISO : Merupakan jalur komunikasi data output pada slave yang dihubungkan ke jalur input master.

SS : Slave Select. Sebagai jalur pengaktifan slave. SS aktif low, slave akan aktif jika jalur SS ini mendapat sinyal low dari output master. Pada tugas akhir ini digunakan SPI mode 1 yaitu satu master, satu slave. Karena hanya dengan satu media penyimpanan sudah cukup. Jika diperlukan kapasitas data yang besar, hanya perlu menambah kapasitas media penyimpanan. Jadi tidak perlu menambah jumlah media penyimpanan.

2.5 Powerlogic PM1200

Power meter seri PM1200 merupakan Power meter digital yang menawarkan instrumentasi listrik 3-phase yang lengkap dan fasilitas pengelolaan beban

dalam satu paket. Dengan kualitas produk yang sudah teruji dengan nilai presisi yang tinggi, serta memenuhi *standart* kualitas *industry*. Berikut adalah tampilan dari PM1200.



Gambar 2.11 Power Logic PM1200

(sumber www.powerlogic.com)

Power meter seri PM1200 merupakan Power meter yang *Universal*. Sebelum menggunakannya diharapkan untuk memprogram *SYS (measurement system configuration)* dan *PT(VT)* serta rasio *current transformer (CT)* melalui tombol pada panel depan. Jika tidak maka alat tidak dapat membaca sistem dengan benar. Pengaturan lainnya, seperti parameter komunikasi, juga harus diprogram sebagaimana yang dibutuhkan.



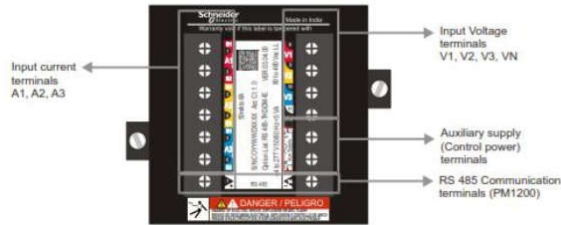
Gambar 2.12 Bagian panel depan PowerLogic
(sumber www.powerlogic.com)

Tampilan seri PM1200:

- **Voltage** : Pengukuran tiga tegangan line-to-line serta rataratanya, pengukuran tiga tegangan line-to-neutral serta rataratanya.
- **Current** : Pengukuran tiga arus phase-wise(1,2,3), rata-rata arus dari tiga fasa, arus netral dan tiga arus sudut fase ($A^{\circ}1$, $A^{\circ}2$, $A^{\circ}3$) sehubungan dengan tegangan yang sesuai vektor lineneutral.
- **Phase wise load in %** : tiga arus dalam % dari FS (%A FS).
- **Unbalanced load in %** : arus dan tegangan tidak seimbang.
- **Frequency** : pengukuran dari fase manapun yang aktif.
- **RPM** : pengukuran kecepatan generator.
- **Power**: VA, W, VAR, tiap fase dan total. PF tiap fase dan ratarata. Pembacaan W tiap fase menyediakan

pengecekan polaritas ct cepat. Menegasikan pembacaan fase W menunjukkan CT *reversal*.

- **Energy:** VAh, Wh, +VARh (Ind), -VARh (Cap), *Run hours*, On Hrs, *supply interruptions (outage)*.
- **Energy (OLD):** VAh, Wh, +VARh (Ind), -VARh (Cap), *Run hours*.
- **% Amperes load bar graph:** grafik beban menunjukkan konsumsi dalam hal% Ampere keseluruhan. Anda dapat dengan cepat memperkirakan beban dengan melihat layar tanpa operasi tombol apapun. Grafik terdiri dari 12 segmen. Setiap segmen menunjukkan arus beban dari 10% dari CT primer.
- **Kilo, Mega, Giga** adalah sebuah indikasi. Terminal pada *power meter* terletak di bagian belakang. terdapat 14 terminal, tujuh pada sisi kiri serta tujuh pada sisi kanan.
- Enam terminal untuk arus, satu masuk dan satu keluar setiap fase.
- Empat terminal untuk tegangan, untuk tiga fase dan netral.
- Dua terminal untuk catu daya tambahan.
- Dua terminal untuk port komunikasi RS 485



Gambar 2.13 Bagian belakang PowerLogic

(sumber www.powerlogic.com)

Seri PM1200 merupakan seri yang mempunyai akurasi tinggi, murah, dan kuat. Yang mempunyai kualitas ISO 900, akurasi dan fungsi yang fleksibel. Model selektif dari seri ini mempunyai kemampuan komunikasi secara Modbus RTU unit standart flush-mount dalam DIN 96 sesuai produk UL.

Tabel 2.5 Pengaturan komunikasi *Power Meter*

(sumber www.schneider-electric.com)

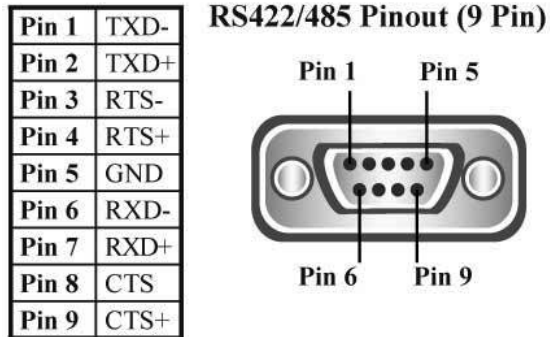
Power meter Communication Settings	
Protocol	Modbus RTU
Data bits	8
Baud rate	9600 Baud, User set 1200 to 19200 Range:1200, 2400, 4800, 9600, 19200 Normally use: 9600 Baud Noisy, EMI, RFI, long data cable: 4800/2400 Baud Short cable (<300 meters or 975 feet): 19200 Baud
Parity	Even
Device Address	1
Stop bit	1

Tabel 2.6 Protokol Modbus (sumber www.schneider-electric.com)

Modbus Protocol	
Device Address	1 to 247 Upto 247 meters per COM Port with Repeaters
Function Code	03 (Read)
Data Address	Refer Section Data address
Data type	32-bit float (real) : <ul style="list-style-type: none"> • All parameters. • Direct reading, Little Endian Float, no scaling required 32-bit unsigned integer : <ul style="list-style-type: none"> • INTR (number of interruptions (Outages) - RMS Blocks) • RunSec (Run seconds - Integ Block)
No of Registers	2 to 50 (optional) per PM1200 data block of 10 x 32 bit values must be configured to suit the power meter

2.5 Serial 485

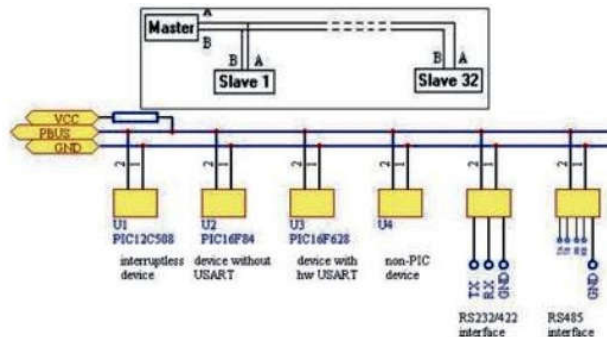
RS485 adalah teknik komunikasi data serial yang dikembangkan di tahun 1983 dimana dengan teknik ini, komunikasi data dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 Km. Berbeda dengan komunikasi serial RS232 yang mampu berhubungan secara *one to one*, maka komunikasi RS485 selain dapat digunakan untuk komunikasi *multidrop* yaitu berhubungan secara *one to many* dengan jarak yang jauh teknik ini juga dapat digunakan untuk menghubungkan 32 unit beban sekaligus hanya dengan menggunakan dua buah kabel saja tanpa memerlukan referensi ground yang sama antara unit yang satu dengan unit lainnya.



Gambar 2.14 Serial RS485

(www.aliateknik.blogspot.com)

Sistem komunikasi dengan menggunakan RS485 ini dapat digunakan untuk komunikasi data antara 32 unit peralatan elektronik hanya dalam dua kabel saja. Selain itu, jarak komunikasi dapat mencapai 1,6 km dengan digunakannya kabel AWG-24 twisted pair.



Gambar 2.15 Diagram komunikasi data RS485

(www.aliateknik.blogspot.com)

Bus RS485 adalah mode transmisi *balanced differential*.

Bus ini hanya mempunyai dua sinyal, A dan B dengan

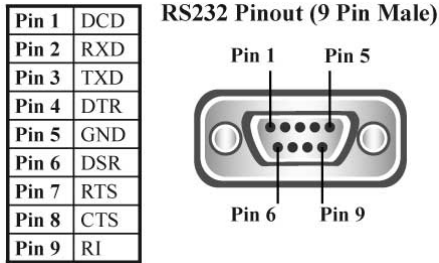
perbedaan tegangan antara keduanya. Karena *line A* sebagai *referensi* terhadap B maka sinyal akan *high* bila mendapat input *low* demikian pula sebaliknya. Pada komunikasi RS485, semua peralatan elektronik berada pada posisi penerima hingga salah satu memerlukan untuk mengirimkan data, maka peralatan tersebut akan berpindah ke mode pengirim, mengirimkan data dan kembali ke mode penerima. Setiap kali peralatan elektronik tersebut hendak mengirimkan data, maka terlebih dahulu harus diperiksa, apakah jalur yang akan digunakan sebagai media pengiriman data tersebut tidak sibuk.

Apabila jalur masih sibuk, maka peralatan tersebut harus menunggu hingga jalur sepi. Agar data yang dikirimkan hanya sampai ke peralatan elektronik yang dituju, misalkan ke salah satu Slave, maka terlebih dahulu pengiriman tersebut diawali dengan Slave ID dan dilanjutkan dengan data yang dikirimkan. Peralatan elektronik yang lain akan menerima data tersebut, namun bila data yang diterima tidak mempunyai ID yang sama dengan Slave ID yang dikirimkan, maka peralatan tersebut harus menolak atau mengabaikan data tersebut. Namun bila Slave ID yang dikirimkan sesuai dengan ID dari peralatan elektronik yang menerima,

maka data selanjutnya akan diambil untuk diproses lebih lanjut.

2.6 Serial 232

S232 adalah standard komunikasi serial yang digunakan untuk koneksi periperal ke periperal. Biasa juga disebut dengan jalur I/O (input / output). Contoh yang paling sering kita temui adalah koneksi antara komputer dengan modem, atau komputer dengan mouse bahkan bisa juga antara komputer dengan komputer, semua biasanya dihubungkan lewat jalur port serial RS232. Standar ini menggunakan beberapa piranti dalam implementasinya. Paling umum yang dipakai adalah plug / konektor DB9 atau DB25. Untuk RS232 dengan konektor DB9, biasanya dipakai untuk mouse, modem, kasir register dan lain sebagainya, sedang yang konektor DB25, biasanya dipakai untuk joystick game. Standar RS232 ditetapkan oleh Electronic Industry Association and Telecommunication Industry Association pada tahun 1962. Nama lengkapnya adalah EIA/TIA-232 Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange.



Gambar 2.16 Serial RS232

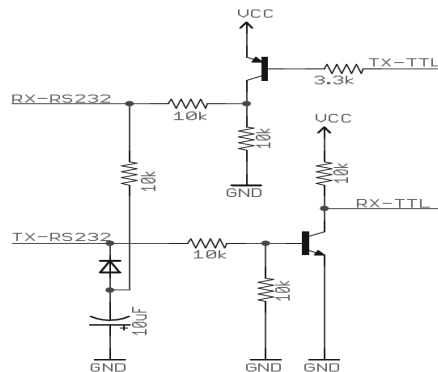
(www.aliateknik.blogspot.com)

Port Serial RS232 juga mempunyai fungsi yaitu untuk menghubungkan / koneksi dari perangkat yang satu dengan perangkat yang lain, atau peralatan standart yang menyangkut komunikasi data antara komputer dengan alat-alat pelengkap komputer. Perangkat lainnya itu seperti modem, mouse, cash register dan lain sebagainya. Serial port RS232 pada konektor DB9 memiliki pin 9 buah dan pada konektor DB25 memiliki pin 25 buah.

2.7 Komunikasi TTL

TTL atau Transistor-transistor Logic merupakan kelas digital sirkuit yang dibangun dari Transistor, dan resistor. Disebut transistor-transistor logika karena fungsi logika (misalnya, AND, NAND,NOR) dilakukan oleh Transistor. Ada banyak sirkuit terpadu dengan teknologi TTL. Mereka digunakan dalam berbagai aplikasi seperti komputer,

kontrol industri, peralatan dan instrumentasi tes dan masih banyak lagi kegunaannya di bidang instrumentasi. Gerbang logika adalah rangkaian yang dirancang untuk menghasilkan fungsi – fungsi logika dasar, AND, OR, dsb. Rangkaian ini dirancang untuk disambungkan ke dalam susunan rangkaian logika yang lebih besar dan kompleks untuk penggunaan aplikasi tingkat lanjut.



Gambar 2.17 Rangkaian koverter RS232 ke TTL

(www.aliateknik.blogspot.com)

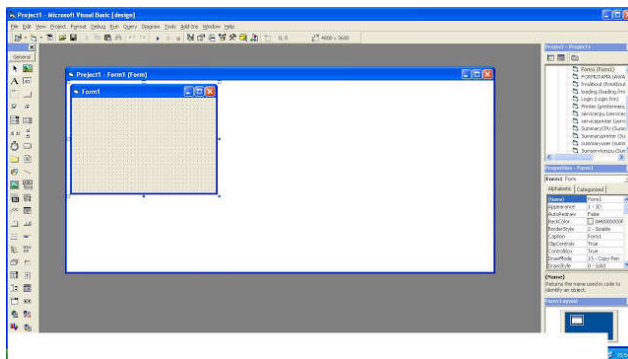
2.8 Visual Basic 6.0

2.8.1 Pengertian

Visual basic 6.0 adalah salah satu aplikasi untuk membuat system informasi database. Visual basic 6.0 ini adalah terusan dari visual basic 1 sampai 5. walau agak tertinggal, tapi aplikasi software ini masih digunakan untuk pengimplementaisannya di dalam pembuatan sistem database. Visual basic 6.0 ini pun

berkembang menjadi visual studio, visual basic 2008 sampai visual basic .net.

Visual basic 6.0 ini sering juga di gunakan dalam pengolahan angka – angka di dunia ilmu teknik. visual basic ini support dengan operating sistem windows. dan untuk databasenya bisa menggunakan microsoft access, SQL server dan oracle. Dalam menu visual basic terdapat komponen-komponen yang tentu saja di perlukan untuk menentukan coding atau syntax yang akan digunakan. karena salah titik atau koma dalam visual basic akan mengakibatkan program sistem debug atau error.



Gambar 2.18 Aplikasi program Visual Basic 6.0
(www.visual-basic.com)

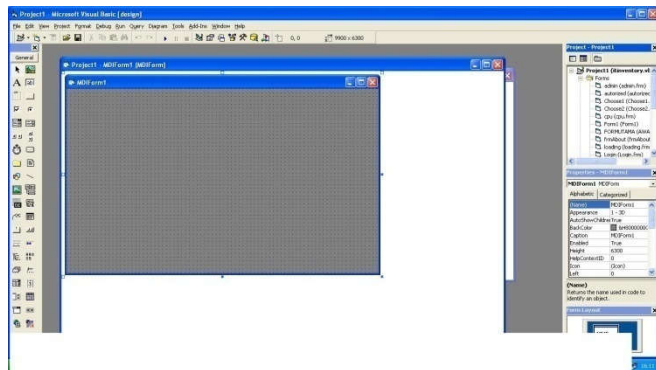
2.8.2 Project

Project adalah nama file yang akan dikenal dalam pemanggilan program aplikasi. kita dapat

merubahnya sesuai dengan nama file atau sistem database yang kita inginkan. project ini juga menentukan direktori form aplikasi yang akan dibuat. karena, keseluruhan proyek yang dibuat, itu diwakili atas nama project. pada saat kita memembuat aplikasi data, project lah yang jadi perwakilan keseluruhan aplikasi yang anda buat di dalam visual basic.

2.8.3 Sub Form atau MDI Form

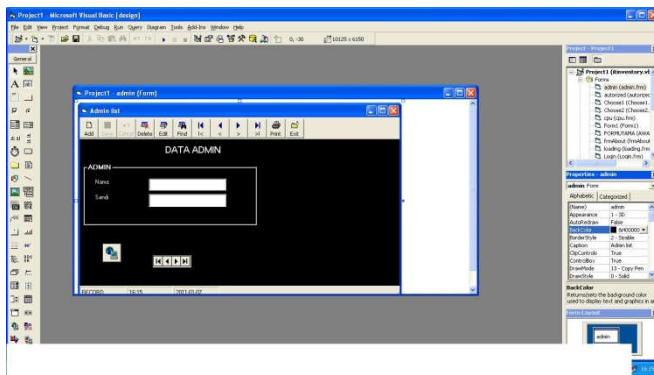
MDI form ini adalah form utama dalam microsoft visual basic. karena MDI form ini mewakili form-form yang ada di dalam aplikasi database yang kita buat. dalam MDI form biasanya hanya terdapat coding pemanggilan form-form yang lain. kita tidak bisa membuat sistem database tabel di dalamnya. karena MDI form dirancang/di desain untuk pengatur form-form yang lain.



Gambar 2.19 MDI Form (www.visual-basic.com)

2.8.4 Form

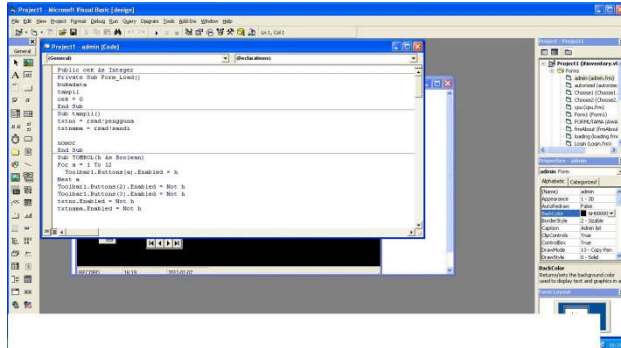
Form Aplikasi dibuat untuk pengimplementasian sistem yang dapat melakukan beberapa perintah eksekusi sesuai yang di inginkan. dalam Form ini juga kita dapat mengkodekan aplikasi untuk memanggil database, menampilkan data, menghapus data, mengupdate data, mengedit data dan mencetak data yang telah kita eksekusi.



Gambar 2.20 Form yang disesuaikan kebutuhan aplikasi (www.visual-basic.com)

2.8.5 Coding atau Syntax

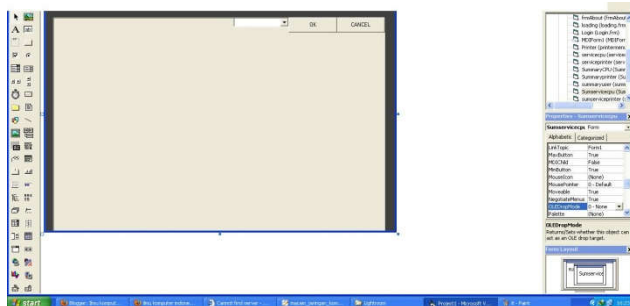
Adalah perintah-perintah dalam bahasa program aplikasi visual basic yang telah ditentukan. Dalam coding ini juga yang mempengaruhi sistem dapat berjalan atau tidak. dalam pembuatan coding harus berhati-hati, karena jika salah titik atau koma, akan berakibat program aplikasi yang kita buat mengalami debug atau error.



Gambar 2.21 Coding dan syntax pada sebuah form (www.visual-basic.com)

2.8.6 Report

Dalam Desain Report juga mempengaruhi hasil output yang telah kita eksekusi. dalam pembuatan report harus berhati-hati, karena jika salah, maka laporan yang akan di cetak tidak akan sesuai harapan.

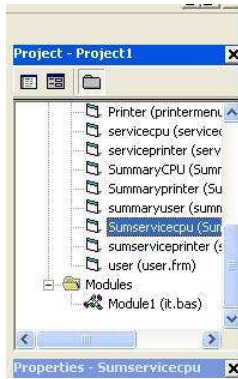


Gambar 2.21 Report dalam Visual Basic (www.visual-basic.com)

2.8.7 Module

Module adalah suatu perintah untuk mengkoneksikan antara pogram visual basic dengan

database yang akan di gunakan di dalam mengaplikasikan program.



Gambar 2.22 Fungsi Module Visual Basic (www.visual-basic.com)

2.8.8 Struktur Program Visual Basic

Dalam membuat program, aspek utama yang harus diketahui oleh pemograman adalah struktur program. Program akan berjalan baik, jika mempunyai struktur program yang benar. Begitu pula dengan membuat program dengan Visual Basic. Pemograman harus mengetahui struktur program yang berlaku pada Visual Basic. Agar dapat merancang sebuah program dengan baik dan terarah, sebaiknya harus mengenal terlebih dahulu struktur program dalam Visual Basic.

Secara umum struktur program Visual Basic terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *deklarasi program* dan *bagian pernyataan program*.

1. Bagian deklarasi Program. Bagian ini merupakan bagian peletakan semua deklarasi data yang akan digunakan. Secara umum kata cadangan yang merupakan bagian dari deklarasi adalah: Dim, Private, Const, dan type.

A. Deklarasi Dim atau Dimension. Dim atau Dimension adalah kata cadangan yang sering dipakai mendeklarasikan Variabel yang akan digunakan dalam visual Basic. Pendeklarasian dengan pernyataan Dim berlaku pada pemograman modul, program dan sub-program.

B. Deklarasi Publik. Publik merupakan pernyataan yang menggantikan pernyataan global dalam Visual Basic. Pernyataan Publik menyatakan bahwa semua variabel yang dideklarasikan oleh pernyataan berlaku secara umum. Publik merupakan pernyataan level modul, artinya pernyataan ini pada dasarnya dideklarasikan pada semua modul.

C. Deklarasi Private. Private menyatakan bahwa semua variabel yang dideklarasikan oleh pernyataan berlaku secara khusus (private). Pernyataan private merupakan pernyataan level sub-program, artinya pernyataan yang pada dasarnya dideklarasikan pada sebuah sub-program.

D. Deklarasi Statis Static. sering digunakan untuk suatu variabel atau nilai agar tepat atau tidak berubah, selama program dijalankan. Pernyataan statik merupakan pernyataan level sub-program, artinya pernyataan yang pada dasarnya dideklarasikan pada bagaia sub-program.

E. Deklarasi Const. Constanta Const atau constanta sering dipakai pada bagian deklarasi untuk memberikan harga konstan pada suatu variabel. Const merupakan pernyataan level modul, artinya pernyataan yang pada dasarnya dideklarasikan pada modul. Dalam prakteknya pernyataan const sering dipandu dengan pernyataan publik atau private.

F. Deklarasi Type. Type dipakai bada bagian deklarasi untuk mendefenisikan type data terdefenisi. Dimana type data ini dapat mengandung satu atau lebih dari suatu type data. Type merupakan pernyataan level modul, artinya pernyataan yang pada dasarnya dideklarasikan pada modul. Dalam prakteknya pernyataan type sering dipandu dengan pernyataan public atau private.

2. Bagian Pernyataan Program. Program pada bagian ini ditulis pada jendela kode, jendela modul maupun jendela sub-program. Program pada bagian ini dapat memuat semua pemograman pengendali (event driven

programming) yang merupakan salah satu kelebihan pada visual basic.

2.8.9 Pengertian Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik pada satu titik jaringan listrik tiap satu satuan waktu. Dengan satuan watt atau Joule per detik dalam SI, daya listrik menjadi besaran terukur adanya produksi energi listrik oleh pembangkit, maupun adanya penyerapan energi listrik oleh beban listrik.

2.8.9.1 Daya Nyata

Secara sederhana, daya nyata adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif. Daya nyata menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban untuk dapat dikonversikan menjadi energi lain. Sebagai contoh, daya nyata yang digunakan untuk menyalakan kompor listrik. Energi listrik yang mengalir dari jaringan dan masuk ke kompor listrik, dikonversikan menjadi energi panas oleh elemen pemanas kompor tersebut.

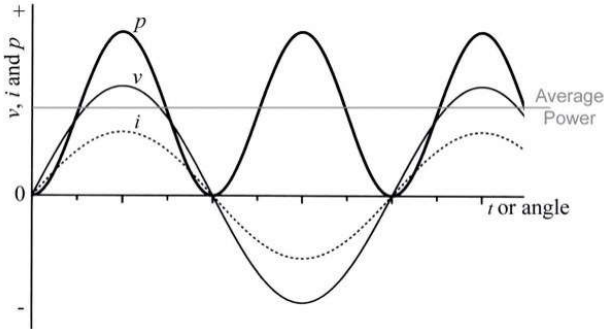
Daya listrik pada arus listrik DC, dirumuskan sebagai perkalian arus listrik dengan tegangan.

$$P = I \times V$$

Namun pada listrik AC perhitungan daya menjadi sedikit berbeda karena melibatkan faktor daya ($\cos \phi$).

$$P = I \times V \times \cos \phi$$

Untuk lebih jelasnya mari kita perhatikan grafik sinusoidal berikut.



Gambar 2.21 Gelombang Arus, Tegangan, dan Daya Listrik AC (*sumber www.artikel-teknologi.com*)

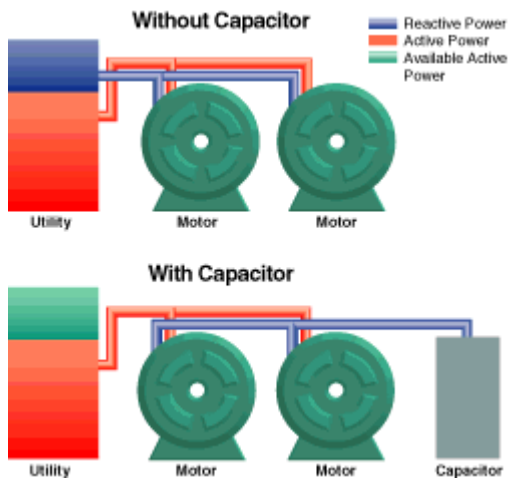
Grafik di atas adalah grafik gelombang listrik AC dengan beban murni resistif. Nampak bahwa gelombang arus dan tegangan berada pada fase yang sama (0°) dan tidak ada yang saling mendahului seperti pada beban induktif dan kapasitif. Dengan kata lain nilai dari faktor daya ($\cos \phi$) adalah 1. Sehingga dengan menggunakan rumus daya di atas maka nilai dari daya listrik pada satu titik posisi jaringan tertentu memiliki nilai yang selalu positif serta membentuk gelombang seperti pada gambar tersebut.

Nilai daya yang selalu positif ini menunjukkan bahwa 100% daya mengalir ke arah beban listrik dan tidak ada aliran balik ke arah pembangkit. Inilah daya nyata, daya yang murni diserap oleh beban resistif, daya yang menandai adanya energi

listrik terkonversi menjadi energi lain pada beban resistif. Daya nyata secara efektif menghasilkan kerja yang nyata di sisi beban listrik.

2.8.9.2 Daya Reaktif

Secara sederhana, daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk membangkitkan medan magnet di kumparan-kumparan beban induktif. Seperti pada motor listrik induksi misalnya, medan magnet yang dibangkitkan oleh daya reaktif di kumparan stator berfungsi untuk menginduksi rotor sehingga tercipta medan magnet induksi pada komponen rotor. Pada trafo, daya reaktif berfungsi untuk membangkitkan medan magnet pada kumparan primer, sehingga medan magnet primer tersebut menginduksi kumparan sekunder.



(sumber www.artikel-teknologi.com)

Daya reaktif diserap oleh beban-beban induktif, namun justru dihasilkan oleh beban kapasitif. Peralatan-peralatan kapasitif

seperti lampu neon, bank kapasitor, bersifat menghasilkan daya reaktif ini. Daya reaktif juga ditanggung oleh pembangkit listrik. Nampak pada ilustrasi di atas bahwa pada gambar pertama daya reaktif yang dibutuhkan oleh motor listrik *disupply* oleh sistem pembangkit (*utility*). Sedangkan pada gambar kedua, kebutuhan daya reaktif dicukupi oleh kapasitor, sehingga daya total yang ditanggung oleh jaringan listrik berkurang.

Satuan daya reaktif adalah *volt-ampere reactive* dan disingkat dengan *var*. Daya reaktif, sebenarnya bukanlah sebuah daya yang sesungguhnya. Sesuai dengan definisi dari daya listrik yang telah kita singgung di atas, bahwa daya listrik merupakan bilangan yang menunjukkan **adanya perpindahan energi listrik** dari sumber energi listrik (pembangkit) ke komponen beban listrik.

Daya reaktif adalah **daya imajiner** yang menunjukkan adanya pergeseran grafik sinusoidal arus dan tegangan listrik AC akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya atau juga bilangan $\cos \emptyset$. Daya reaktif ataupun faktor daya akan memiliki nilai ($\neq 0$) jika terjadi pergeseran grafik sinusoidal tegangan ataupun arus listrik AC, yakni pada saat beban listrik AC bersifat induktif ataupun kapasitif. Sedangkan jika beban listrik AC bersifat murni resistif, maka nilai dari daya reaktif akan nol ($=0$).

Sekalipun daya reaktif hanya merupakan daya 'khayalan', pengendalian daya reaktif pada sistem jaringan distribusi listrik AC sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini tidak lepas dari pengaruh beban reaktif terhadap kondisi jaringan listrik AC. Beban kapasitif yang bersifat menyimpan tegangan sementara, cenderung mengakibatkan nilai tegangan jaringan menjadi lebih tinggi daripada yang seharusnya. Sedangkan beban induktif yang bersifat menyerap arus listrik, cenderung membuat tegangan listrik jaringan turun.

2.8.9.3 Daya Semu

Daya semu atau daya total (S), ataupun juga dikenal dalam Bahasa Inggris *Apparent Power*, adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*).

$$S = V_{RMS} \times I_{RMS}$$

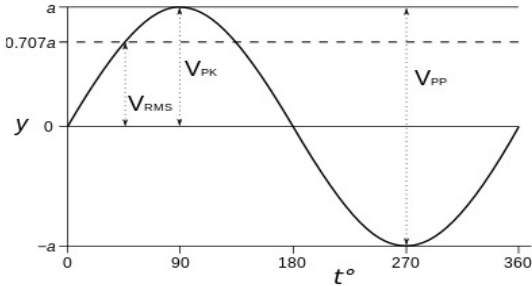
Tegangan RMS (V_{RMS}) adalah nilai tegangan listrik AC yang akan menghasilkan daya yang sama dengan daya listrik DC ekuivalen pada suatu beban resistif yang sama. Pengertian tersebut juga berlaku pada arus RMS. 220 volt tegangan listrik rumah kita adalah tegangan RMS (tegangan efektif). Secara sederhana, 220 volt tersebut adalah 0,707 bagian dari tegangan maksimum sinusoidal AC. Berikut adalah rumus sederhana perhitungan tegangan RMS:

$$V_{RMS} = V_{max} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Demikian pula dengan rumus perhitungan arus RMS:

$$I_{RMS} = I_{max} \sqrt{2}$$

Dimana V_{max} dan I_{max} adalah nilai tegangan maupun arus listrik pada titik tertinggi di grafik gelombang sinusoidal listrik AC.



Gambar 2.22 Nilai Tegangan RMS pada Grafik Sinusoidal Tegangan Listrik AC (*sumber www.artikel-teknologi.com*)

Pada kondisi beban resistif dimana tidak terjadi pergeseran grafik sinusoidal arus maupun tegangan, keseluruhan daya total akan tersalurkan ke beban listrik sebagai daya nyata. Dapat dikatakan jika beban listrik bersifat resistif, maka nilai daya semu (S) adalah sama dengan daya nyata (P). Lain halnya jika beban jaringan bersifat induktif ataupun kapasitif (beban reaktif), nilai dari daya nyata akan menjadi sebesar $\cos \emptyset$ dari daya total.

$$P = S \cos \emptyset$$

$$P = V_{RMS} I_{RMS} \cos \emptyset$$

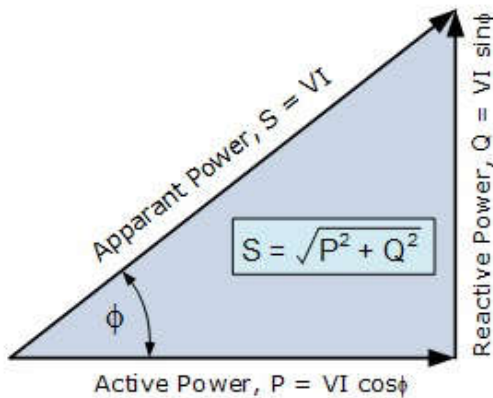
\emptyset adalah besar sudut pergeseran nilai arus maupun tegangan pada grafik sinusoidal listrik AC. \emptyset bernilai positif jika grafik arus tertinggal tegangan (beban induktif), dan akan bernilai negatif jika arus mendahului tegangan (beban kapasitif).

Pada kondisi beban reaktif, sebagian daya nyata juga terkonversi sebagai daya reaktif untuk mengkompensasi adanya beban reaktif tersebut. Nilai dari daya reaktif (Q) adalah sebesar $\sin \theta$ dari daya total.

$$Q = S \sin \theta$$

$$Q = V_{RMS} I_{RMS} \sin \theta$$

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diilustrasikan ke dalam sebuah segitiga siku-siku dengan sisi miring sebagai daya semu, salah satu sisi siku sebagai daya nyata, dan sisi siku lainnya sebagai daya reaktif.



Gambar 2.23 Segitiga Daya (sumber www.artikel-teknologi.com)

2.8.9.4 Load Factor

Load Factor adalah *perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu*. Beban rata-rata dan beban

puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt–amper, amper dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan. Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu (demand maksimum), pada umumnya dipakai demand maksimum 15 menit atau 30 menit.

2.8.9.5 Demand Factor

Demand Factor adalah *perbandingan antara beban puncak terhadap total daya tersambung*. Jumlah daya tersambung adalah jumlah dari daya tersambung dari seluruh beban dari setiap konsumen. Daya tersambung dan kebutuhan maksimum satuannya harus sama. Demand Factor biasanya bernilai kurang dari satu. Demand Factor menunjukkan tingkat dimana beban yang tersambung beroperasi serentak. Demand Factor dipakai untuk menentukan kapasitas (juga biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, maka demand factor ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

