

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjelasan umum Gardu Induk

Gardu Induk (GI) adalah suatu instalasi yang terdiri dari relay daya, peralatan hubung bagi, transformator, reactor, peralatan ukur dan pengamanan yang merupakan bagian dari suatu system tenaga listrik.[6]

Gardu Induk (GI) dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Gardu induk

2.1.1 Fungsi

- Menurunkan dan menaikkan tegangan
- Memutus atau menyambungkan jaringan listrik
- Melayani beban listrik di sekitar Gardu induk

2.1.2 Klasifikasi atas dasar fungsi

- Step up adalah gardu induk yang berfungsi sebagai penaik tegangan dan biasanya Gardu induk seperti ini banyak dijumpai di pusat pembangkit.
- Transmisi adalah gardu induk yang berfungsi sebagai penyalur kembali tegangan yang akan dimasukkan pada trafo distribusi atau disebut tegangan subtransmisi, Gardu induk seperti ini banyak dijumpai di kota.
- Distribusi adalah gardu induk yang berfungsi sebagai penyalur listrik kepada konsumen, pada Gardu induk ini terdapat trafo step down untuk menurunkan tegangan atau disebut tegangan primer ke rumah-rumah konsumen.[6]

2.2 Komponen (bagian-bagian) pekerjaan listrik gardu induk

2.2.1. Switch yard (switchgear)

Switch yard adalah bagian utama dari Gardu Induk Konvensional, karena disini peralatan penyaluran tenaga/daya listrik dibangun menjadi Instalasi Utama.[6]

Switch yard dapat dilihat pada gambar 2,2



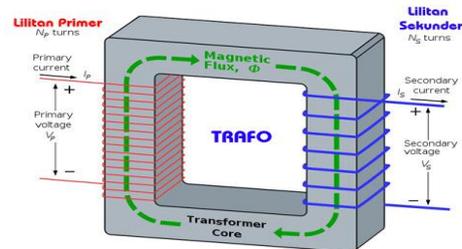
Gambar 2.2 Switch Yard

- Jika komponen utama gardu induk terpasang di area terbatas (sempit) dan di dalam gedung disebut switchgear.
- Sebenarnya yang dimaksud switchgear adalah peralatan yang ada di switch yard.
- Jadi yang dimaksud switch yard adalah nama yang diperuntukkan bagi gardu konvensional.
- Sedangkan switchgear adalah nama yang diperuntukkan bagi Gardu induk pasangan dalam.[6]

2.3 Penjelasan umum Transformator Tenaga

Transformator tenaga adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Prinsip kerja Transformator dapat dilihat pada gambar 2.3. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet.

Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial.[6]



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Transformator

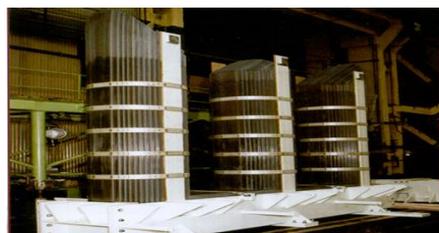
2.4 Bagian-bagian Transformator

Berikut dijelaskan mengenai bagian dan konstruksi dari transformator tenaga.

2.4.1 Bagian utama

1. Inti Besi

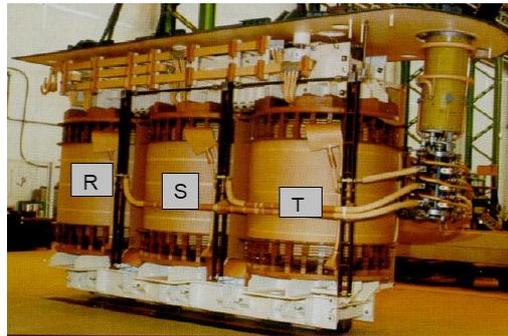
Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Inti besi dapat dilihat pada gambar 2.4. Inti besi terbuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh Eddy Current.[6]



Gambar 2.4 Inti Besi

2. Kumparan Transformator

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik. [6] dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Belitan Trafo

3. Minyak Transformator

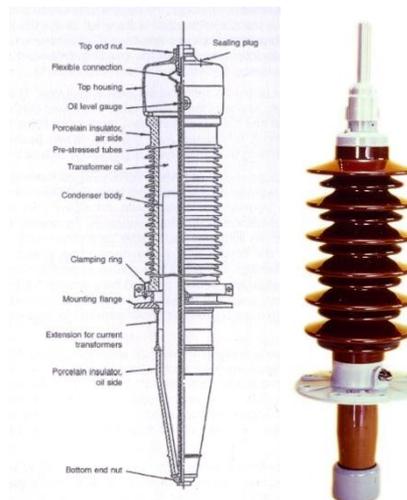
Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin dan pelindung belitan dari oksigen pada transformator.[6] dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Minyak Isolasi Trafo

4. Bushing

Hubungan antara kumparan transformator dengan jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Bushing dapat dilihat pada gambar 2.7. Bushing sekaligus berfungsi sebagai penyekat/isolator antara konduktor tersebut dengan tangki transformator. Pada bushing dilengkapi fasilitas untuk pengujian kondisi bushing yang sering disebut center tap.[6]



Gambar 2.7 Bushing

5. Tangki Konservator

Tangki Konservator berfungsi untuk menampung minyak cadangan dan uap/udara akibat pemanasan trafo karena arus beban. Tangki Konservator dapat dilihat pada gambar 2.8. Diantara tangki dan trafo dipasangkan relai bucholz yang akan menyerap gas produksi akibat kerusakan minyak. Untuk menjaga agar minyak

tidak terkontaminasi dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran pelepasan/venting dilengkapi media penyerap uap air pada udara, sering disebut dengan silica gel dan dia tidak keluar mencemari udara disekitarnya.[6]



Gambar 2.8 Tangki Konservator

2.4.2 Peralatan Bantu

1. Pendinginan Transformator

Transformator dalam keadaan bertegangan pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, ini akan merusak isolasi, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator, media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa: Udara/gas, Minyak dan Air. Pendingin

Transformator dapat dilihat pada gambar 2.9 dan tabel macam-macam media Pendingin Transformator dapat dilihat pada tabel 2.1

Pada cara alamiah, pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat pendinginan dari media-media (minyak-udara/gas) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (radiator). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara manual dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa pompa sirkulasi minyak, udara dan air, cara ini disebut pendingin paksa (Forced).[6]



Gambar 2.9 Pendingin Tranformator

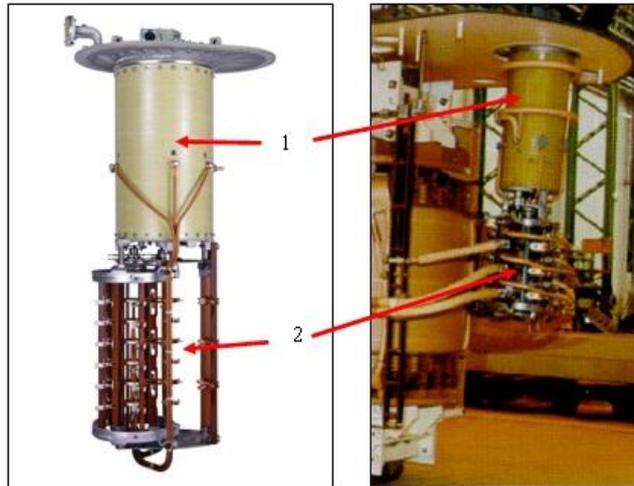
Tabel 2.1 Macam-Macam Media Pendingin Transformer

No.	Macam Sistem Pendingin *)	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

2. Tap Changer

Kualitas operasi tenaga listrik jika tegangan nominalnya sesuai ketentuan, tapi pada saat operasi dapat saja terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun, untuk itu perlu alat pengatur tegangan agar tegangan selalu pada kondisi terbaik, konstan dan berkelanjutan. Untuk itu trafo dirancang sedemikian rupa sehingga perubahan tegangan pada sisi masuk/input tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi keluar/output, dengan kata lain tegangan disisi keluar/output-nya tetap. Alat ini disebut sebagai sadapan pengatur tegangan tanpa terjadi pemutusan beban, biasa disebut On Load Tap Changer (OLTC) dapat dilihat pada gambar 2.10. Pada umumnya OLTC tersambung pada sisi primer

dan jumlahnya tergantung pada perancangan dan perubahan sistem tegangan pada jaringan.[6]



Gambar 2.10 On Load Tap Changer/ OLTC

3. Alat pernapasan (Dehydrating Breather)

Sebagai tempat penampungan pemuaiian minyak isolasi akibat panas yang timbul, maka minyak ditampung pada tangki yang sering disebut sebagai konservator. Pada konservator ini permukaan minyak diusahakan tidak boleh bersinggungan dengan udara, karena kelembaban udara yang mengandung uap air akan mengkontaminasi minyak walaupun proses pengkontaminasinya berlangsung cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut, udara yang masuk kedalam tangki konservator pada saat minyak menjadi dingin memerlukan suatu media penghisap kelembaban, yang digunakan biasanya adalah silica gel. Kebalikan jika trafo panas maka pada saat menyusut maka akan menghisap udara dari luar

masuk kedalam tangki dan untuk menghindari terkontaminasi oleh kelembaban udara maka diperlukan suatu media penghisap kelembaban yang digunakan biasanya adalah silica gel, yang secara khusus dirancang untuk maksud tersebut diatas.[6] Silica gel dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Silica Gel

4. NGR (Neutral Grounding Resistant)

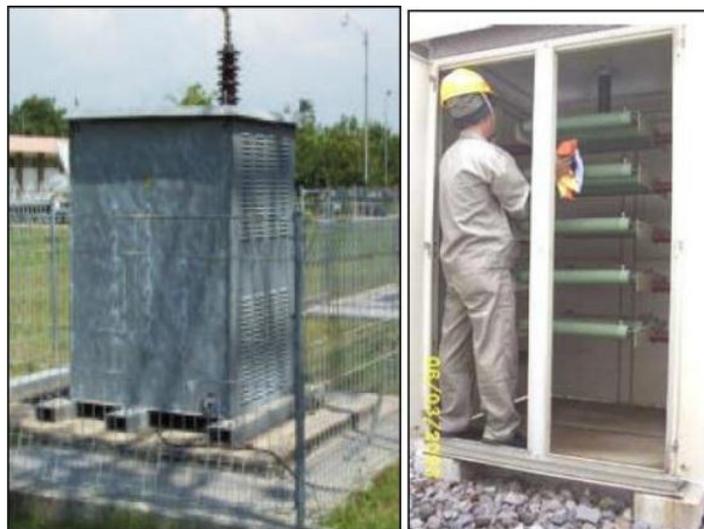
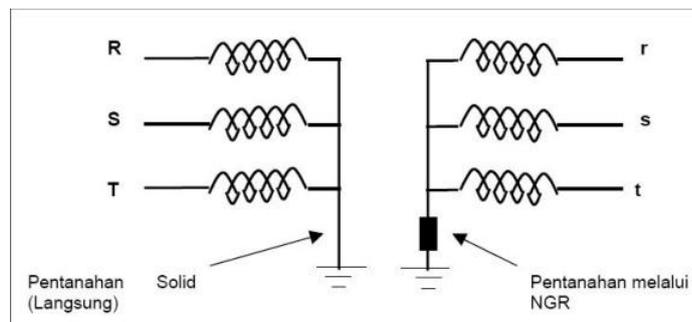
Salah satu metoda pentanahan adalah dengan menggunakan NGR. NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan neutral sekunder pada trafo sebelum terhubung ke ground/tanah. NGR dapat dilihat pada gambar 2.12. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi neutral ke tanah. Ada dua jenis NGR, yaitu:

a. Liquid

Berarti resistornya menggunakan larutan air murni yang ditampung di dalam bejana dan ditambahkan garam (NaCl) untuk mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan.

b. Solid

Sedangkan NGR jenis padat terbuat dari Stainless Steel, FeCrAl, Cast Iron, Copper Nickel atau Nichrome yang diatur sesuai nilai tahanannya.

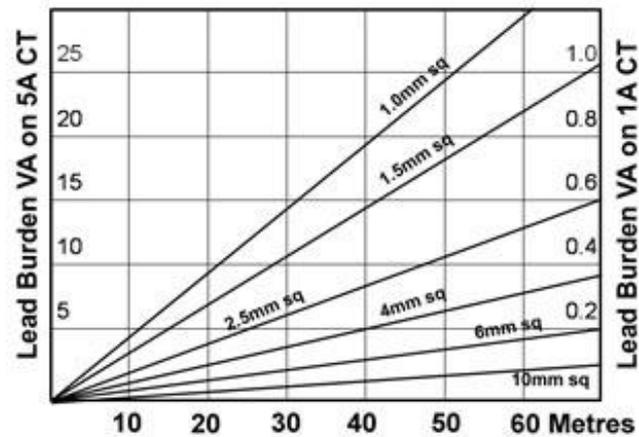


Gambar 2.12 Neutral Grounding Resistance (NGR)

5. Current Transformer (CT)

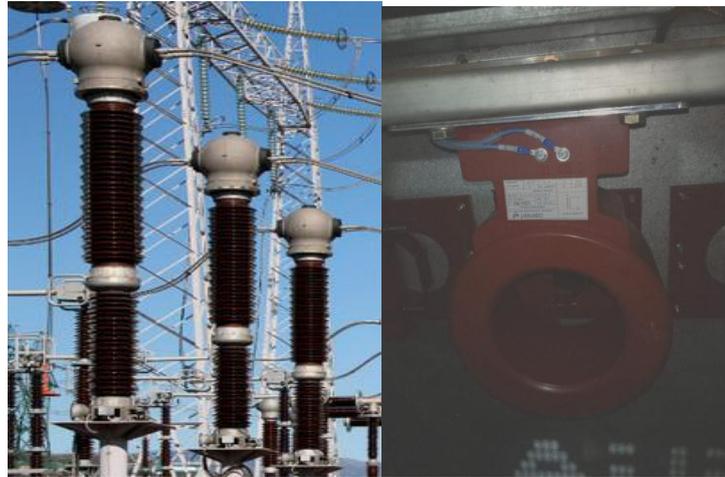
Tansformator Arus (CT) berfungsi merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi. CT (Current Transformer) adalah salah satu tipe trafo instrumentasi yang menghasilkan arus disekunder dimana besarnya sesuai dengan ratio dan arus primernya dapat dilihat pada gambar 2.14. Ada 2 standart yang paling banyak diikuti pada CT (Current Transformer) yaitu : IEC 60044-1 (BSEN 60044-1) & IEEE C57.13 (ANSI), meskipun ada juga standart Australia dan Canada.

CT (Current Transformer) umumnya terdiri dari sebuah inti besi yang dililiti oleh konduktor beberapa ratus kali. Output dari skunder biasanya adalah 1 atau 5 ampere, ini ditunjukkan dengan ratio yang dimiliki oleh CT (Current Transformer) tersebut. Misal 100:1, berarti sekunder CT (Current Transformer) akan mengeluarkan output 1 ampere jika sisi primer dilalui arus 100 Ampere. Jika 400:5, berarti sekunder CT (Current Transformer) akan mengeluarkan output 5 ampere jika sisi primer dilalui arus 400 Ampere. Lead burden VA on 5A CT (Current Transformer) dapat dilihat pada gambar 2.13. Dari kedua macam output tersebut yang paling banyak ditemui, dipergunakan dan lebih murah adalah yang 5 ampere.



Gambar 2.13 Lead Burden VA on 5A CT

Pada CT (Current Transformer) tertulis class dan burden, dimana masing masing mewakili parameter yang dimiliki oleh CT (Current Transformer) tersebut. Class menunjukkan tingkat akurasi CT (Current Transformer), misalnya class 1.0 berarti CT (Current Transformer) tersebut mempunyai tingkat kesalahan 1%. Burden menunjukkan kemampuan CT (Current Transformer) untuk menerima sampai batas impedansi tertentu. CT (Current Transformer) standart IEC menyebutkan burden 1.5 VA (volt ampere), 3 VA, 5 VA dst. Burden ini berhubungan dengan penentuan besar kabel dan jarak pengukuran.[6]



Gambar 2.14 CT (Current Transformer)

6. Potensial Transformer (PT)

Potensial Transformer (PT) berfungsi merubah besaran tegangan, dari tegangan yang besar ke tegangan yang kecil. Atau memperkecil besaran tegangan listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi tegangan untuk sistem pengukuran dan proteksi.[6] dapat dilihat pada gambar 2.15



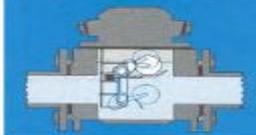
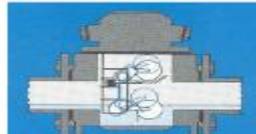
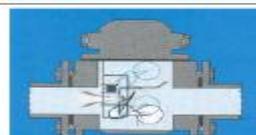
Gambar 2.15 Potensial Transformer (PT)

2.4.3 Peralatan Proteksi Internal

Untuk menjaga transformator dari kerusakan akibat gangguan ataupun akibat beban yang berlebih ataupun akibat gangguan alam, maka digunakan relay sebagai sistem pengaman yang berfungsi memberi indikasi awal dari gangguan dan juga dapat memutuskan transformator dari tenaga listrik jika gangguan tersebut semakin membesar sehingga tidak membahayakan transformator tersebut, macam-macam relay pengaman yang terpasang adalah sebagai berikut:[6]

1. Relay Bucholzt

Pada saat transformator mengalami gangguan internal yang berdampak kepada suhu yang sangat tinggi dan pergerakan mekanis di dalam Transformator, maka akan timbul tekanan aliran minyak yang besar dan pembentukan gelembung gas yang mudah terbakar. Tekanan atau gelembung gas tersebut akan naik kekonserverator melalui pipa penghubung dan Relay Bucholz. Tekanan minyak maupun gelembung gas ini akan dideteksi oleh Relay Bucholz sebagai indikasi telah terjadinya gangguan internal.[6]. Relay Bucholz dapat dilihat pada gambar 2.16

	Rele Bucholz
	Rele bucholz mengindikasikan Alarm saat gas yang terbentuk terjebak di rongga rele bucholz dengan mengaktifkan satu pelampung
	Rele bucholz mengindikasikan Trip saat gas yang terbentuk terjebak di rongga rele bucholz dengan mengaktifkan kedua pelampung
	Rele bucholz mengindikasikan Trip saat muncul tekanan minyak yang tinggi ke arah konservator

Gambar 2.16 Relay Bucholz

2. Relay Jansen

Sama halnya seperti Relay Bucholz yang memanfaatkan tekanan minyak dan gas yang terbentuk sebagai indikasi adanya ketidak normalan gangguan, hanya saja relay ini digunakan untuk memproteksi kompartemen OLTC. Relay ini juga dipasang pada pipa saluran yang menghubungkan kompartemen OLTC dengan konservator.[6]. Relay Jansen dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Relay Jansen

3. Relay tekanan lebih (Sudden Pressure Relay),

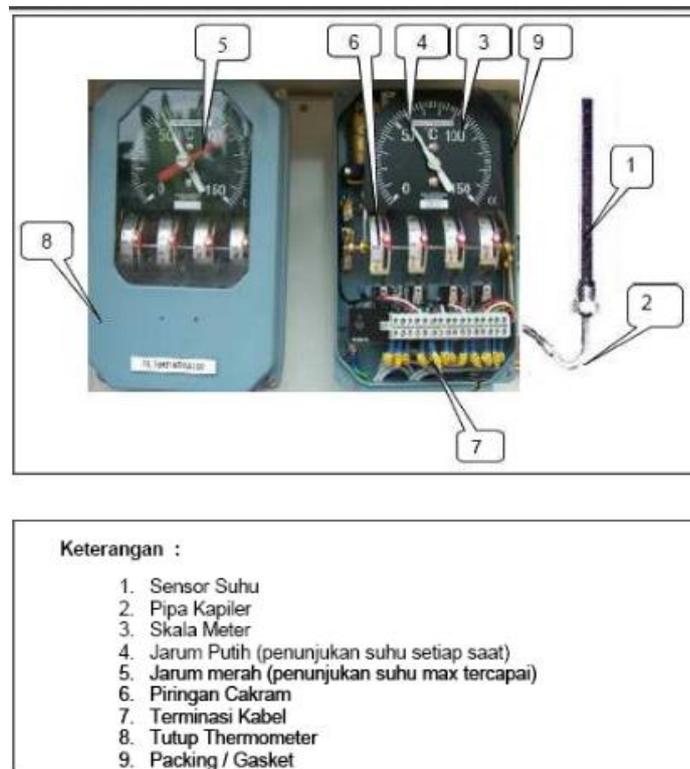
Relay sudden pressure ini didesain sebagai titik terlemah saat tekanan di dalam trafo muncul akibat gangguan. Relay sudden pressure dapat dilihat pada gambar 2.18. Dengan menyediakan titik terlemah maka tekanan akan tersalurkan melalui sudden pressure dan tidak akan merusak bagian lainnya pada maintank.[6]



Gambar 2.18 Relay sudden pressure

4. Relay suhu

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, losses pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator. Untuk mengetahui suhu operasi dan indikasi ketidak normalan suhu operasi pada transformator digunakan relay thermal. Relay thermal ini terdiri dari sensor suhu berupa thermocouple, pipa kapiler dan meter penunjukan.[6]. Relay suhu dapat dilihat pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Relay Suhu

2.4.4 Peralatan Tambahan untuk Pengaman Tranformator

1 Pengaman kebakaran (fire protection)

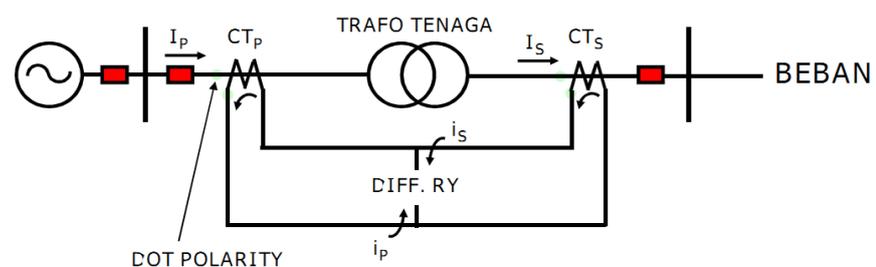
Setiap transformator tenaga listrik yang terisi dengan bahan / material yang mudah terbakar, oleh karena itu diperlukan alat pengamannya.

Kegagalan pada Tranformator tenaga pada umumnya disebabkan oleh breakdown isolasi pada bagian internal Transformator. Adanya energi busur listrik (arcing) akan diikuti dengan kenaikan suhu dan tekanan yang sangat cepat pada tangki Tranformator.

Terbakarnya minyak dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan tekanan tinggi pada internal transformator dan dapat langsung diikuti dengan nyala api. Salah satu peralatan proteksi yang dapat mencegah api dan ledakan yang merusak Transformator adalah SERGI yang memiliki metode pengamanan terhadap ledakan dan kebakaran.[6]

2. Relay Differensial

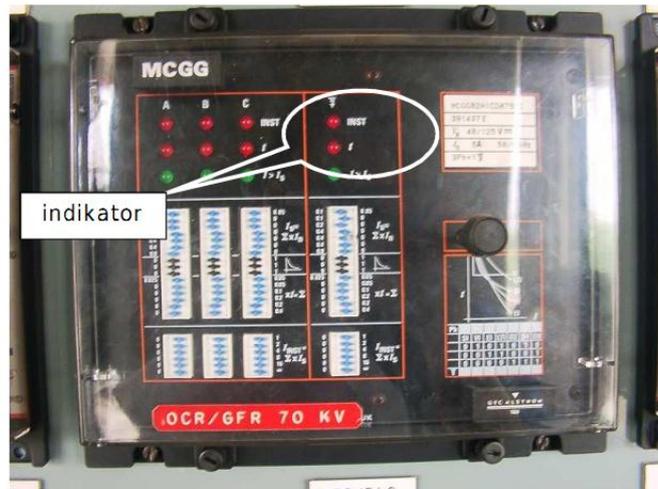
Fungsi dari relay differensial adalah untuk mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengamanan trafo relay ini bekerja dengan cara membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar[6]. Relay differensial dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Relay Differensial

3. Relay arus lebih

Berfungsi untuk melindungi trafo dari gangguan hubung singkat antar fasa di dalam maupun di luar daerah pengamanan trafo[6]. Relay arus lebih dapat dilihat pada gambar 2.21



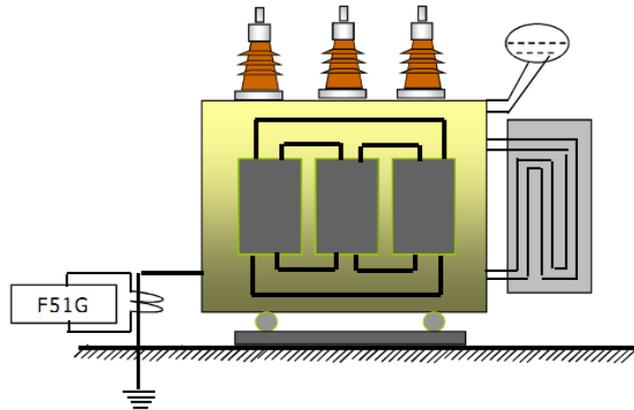
Gambar 2.21 Relay Arus Lebih

Bekerja dengan prinsip instant yaitu relay tersebut akan bekerja seketika ketika terdeteksi adanya arus gangguan. Sehingga dengan cepat dapat mengamankan trafo dan peralatan lain dari kerusakan. Relay arus lebih biasanya diberi kode relay 51 dan dipasang pada sisi primer dan sisi sekunder trafo.[6]

4. Relay hubung tanah

Berfungsi untuk mengamankan trafo terhadap hubung singkat antara fasa dengan tangki trafo dan titik netral trafo yang di tanahkan. Relay tangki tanah biasa diberi kode relay 51G dan dipasang dengan skema seperti gambar di atas. Relay ini bekerja jika terjadi kebocoran arus dari belitan ke tangki trafo, arus dari tangki akan mengalir ke tanah dan akan terdeteksi oleh relay arus lebih melalui CT (Current Transformer). Kemudian relay akan

mentrikan PMT dikedua sisi (primer dan sekunder) [6]. Relay hubung tanah dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22 Relay Hubung Tanah

5. Lightning Arrester

Lightning Arrester berfungsi sebagai alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang di sebabkan oleh petir atau surja hudung [6]. Lightning Arrester dapat dilihat pada gambar 2.23



Gambar 2.23 Lightning Arrester

2.5 Sensor Arus ACS 712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus di dalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi.[1]

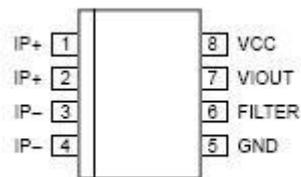
Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih, bentuk fisik dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.24



Gambar 2.24 Sensor arus ACS712

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan

Bi CMOS Hall IC yang di dalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik [1]. Gambar gambar *pin out* ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.25 dan tabel *terminal listsensor* arus ACS712 dapat dilihat pada tabel 2.2



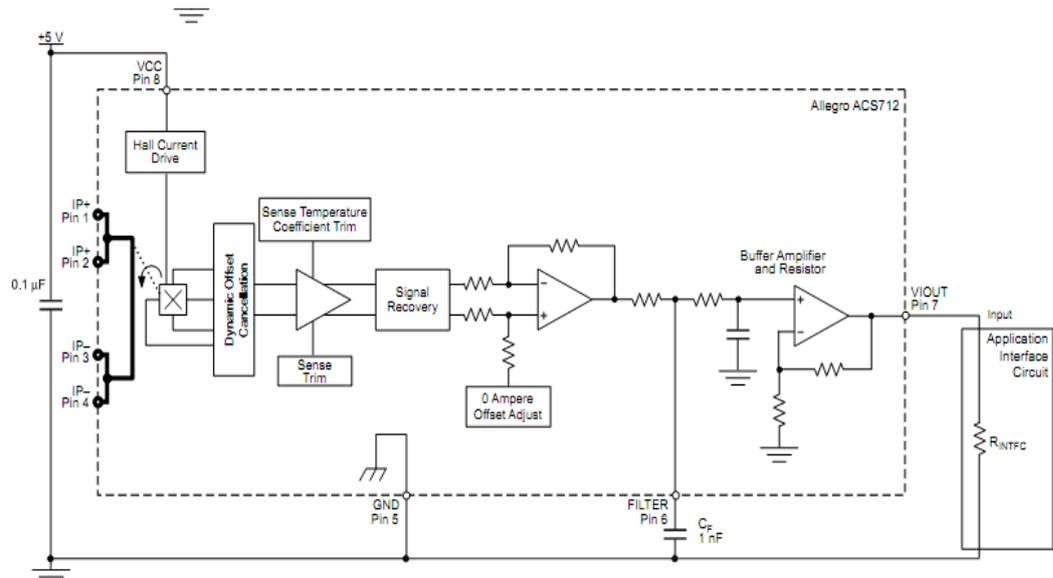
Gambar 2.25 *Pin out* ACS712

Tabel 2.2 *Terminal list* sensor arus ACS712.

<i>Number</i>	<i>Name</i>	<i>Description</i>
1 and 2	<i>IP +</i>	<i>Terminals for current being sampled ; fused internally</i>
3 and 4	<i>IP -</i>	<i>Terminals for current being sampled ; fused internally</i>
5	<i>GND</i>	<i>Signal ground terminal</i>
6	<i>FILTER</i>	<i>Terminal for external capacitor that sets bandwidth</i>
7	<i>VOUT</i>	<i>Analog output signal</i>
8	<i>VCC</i>	<i>Device power supply terminal</i>

Pada gambar 2.25 *pin out* dan tabel 2.2 *terminal list* di atas dapat kita lihat tata letak posisi I/O dari sensor arus dan kegunaan dari masing-masing *pin* dari sensor arus ACS712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor *leads/mengarah* (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi

yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.26 blok diagram sensor arus ACS712.[1]



Gambar 2.26 Blok Diagram Sensor Arus ACS712

2.5.1 Fitur ACS712

Fitur yang dimiliki ACS712 sebagai berikut:

1. *Risetime* output = 5 μ s.
2. *Bandwidth* sampai dengan 80 kHz.
3. Total kesalahan output 1,5 % pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
4. Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
5. Tegangan isolasi minimum 2,1 kV RMS antara pin 1 - 4 dan pin 5 - 8.
6. Sensitivitas output 185 mV/A.

7. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
8. Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
9. Tegangan kerja 5 VDC.

Rumus tegangan pada $pinOut = 2,5 \pm (0,185 \times I)$ Volt, dimana $I =$ arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere.

2.6 Sensor Suhu LM35

LM35 adalah komponen sensor suhu berukuran kecil seperti transistor (TO-92), komponen yang sangat mudah digunakan ini mampu mengukur suhu hingga 100 derajat celcius. Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. [5]

LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Dengan tegangan keluaran yang terskala linear dengan suhu terukur, yakni 10 milivolt per 1 derajat celcius. Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus

(*Reduce instructionset compute*) 8 bit keluaran Atmel, yang merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini.

AVR memiliki keunggulan dibanding mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Selain itu mikrokontroler AVR memiliki fitur yang lengkap (ADC internal, *EEPROM internal*, *Timer/Counter*, *Watchdog Timer*, PWM, Port I/O, Komunikasi serial, I2C, dll).

Secara umum mikrokontroler AVR dapat di kelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan Attiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan mereka sama.

Pemrograman mikrokontroler AVR dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language (C, Basic, Pascal, JAVA, dll)* tergantung *compiler* yang digunakan. [1]

2.7.1 Fitur ATmega 16

Fitur yang dimiliki ATmega 16 sebagai berikut:

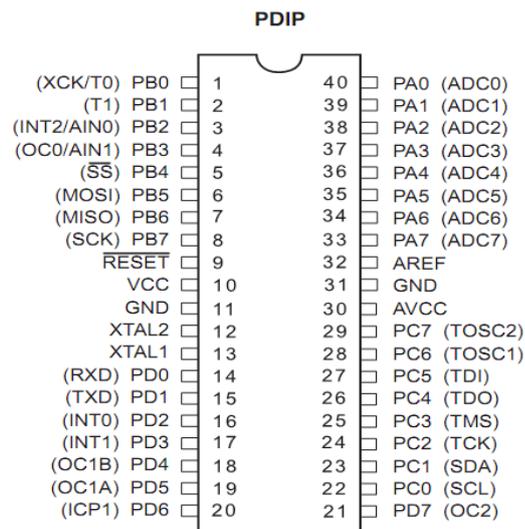
1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
2. Arsitektur RISC (*Reduce instructionset compute*) dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.

3. 130 macam instruksi, yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
4. Memiliki kapasitas *flash* memori 16 *KByte*, EEPROM 512 *byte*, dan SRAM 1 *KByte*.
5. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*.
6. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
7. Unit interupsi internal dan eksternal.
8. *Port* USART untuk komunikasi serial.
9. Fitur *peripheral*.
 - Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
 - 2 buah *Timer/Counter* 8 *bit* dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode compare*.
 - 1 buah *Timer/Counter* 16 *bit* dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare* dan *Mode Capture*.
 - *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri.
 - 4 *channel* PWM.
 - 8 *channel* 10-*bit* ADC.
 - *Byte-oriented Two-wire serial interface*.
 - *Programmable* serial USART.
 - Antarmuka SPI.
 - *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*.
 - *On chip Analog Comparator*.

10. *Programming lock*, fasilitas untuk mengamankan kode program.

11. Serial TWI atau I2C. [1][8].

2.7.2 Konfigurasi *pin* AVR ATmega 16



Gambar 2.29 Konfigurasi kaki (*pin*) ATmega 16

Konfigurasi *pin* ATmega16 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar 2.29. Dari gambar di atas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATmega16 sebagai berikut:

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan *pin* Ground.
3. Port A (*Port* A0- *Port* A7) merupakan *pin* input/output dua arah dan *pin* masukan ADC.

4. *Port B (Port B0- Port B7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Fungsi khusus *port B*

PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output/Slave input</i>)
PB4	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negatif Input</i>) OC0 (<i>Timer/Counter 0 Output Compare Match Output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)
PB1	T1(<i>Timer/Counter 1 External Counter Input</i>)
PB0	T0 (<i>Timer/Counter 0 External Counter Input</i>) XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>)

5. *Port C (Port C0-Port C7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Fungsi khusus *port C*

PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin1</i>)
PC5	TDI (<i>JTAG Test Data In</i>)
PC4	TDO (<i>JTAG Test Data Out</i>)
PC3	TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>)
PC2	TCK (<i>JTAG Test Clock</i>)
PC1	SDA(<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)

6. *Port D (Port D0-Port D7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Fungsi khusus *port D*

PD7	OC2 (<i>Timer/Counter 2 Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter 1 Input Capture Pin</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter 1 Output Compare A Match Output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter 1 Output Compare B Match Output</i>)
PD3	INT1 (<i>External interrupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)

7. *RESET* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.

8. X'TAL1 dan X'TAL2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal

9. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.

10. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi ADC [1].

2.7.3 Analog to Digital Converter (ADC)

Microkontroler ATmega 16 memiliki fasilitas *Analog to Digital Converter (ADC)* yang sudah *built-in* dalam *chip*. Fitur *Analog to Digital Converter (ADC)* digunakan untuk memproses sinyal dari analog ke digital, sehingga tidak memerlukan IC ADC eksternal.

ATMega 16 memiliki resolusi *Analog to Digital Converter* (ADC) 10-bit dengan 8 *channel* input. ADC ini bekerja dengan teknik *successive approximation*. Rangkaian internal ADC ini memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Tegangan AVCC harus sama dengan $VCC \pm 0.3V$. Data hasil konversi ADC di rumuskan sebagai berikut:

$$\text{Untuk konfersi tunggal : } \text{ADC} = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}}$$

Dimana V_{in} : tegangan masukan pada *pin* yang di pilih.

V_{ref} : tegangan referensi yang di pilih. [1][4].

2.7.4 Code Vision AVR

Code Vision AVR adalah suatu alat bantu pemrograman (*Programming tools*) yang bekerja dalam lingkungan pengembangan perangkat lunak yang terintegrasi. *CodeVision* AVR merupakan software bahasa pemrograman bahasa C yang digunakan dalam menghasilkan program bahasa *assembly* untuk dimasukkan ke dalam mikrokontroler keluarga AVR dari ATMEL Corp.

CodeVision AVR dibuat oleh Pavel Haiduc, HP Info Tech 1998-2003. Dengan kemudahan-kemudahan yang diperoleh dari *software* ini, sehingga bahasa yang dahulu dipakai untuk memprogram mikrokontroler adalah bahasa *assembly* menjadi semakin ditinggal oleh pecinta mikrokontroler. Baik yang pemula maupun yang sudah mahir dalam mikrokontroler sangat terbantu dengan software ini.

Software ini dapat bekerja pada sistem operasi 32 *bit*, baik Windows 95, 98, NT, 2000 dan XP. Banyak keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan *software* ini, disamping kemudahan dalam program, juga menyediakan fitur-fitur pada setiap jenis mikrokontroler, sehingga membuat sipengguna menjadi lebih diuntungkan.

CodeVision AVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam *software* ini adalah Compiler C, IDE (*Intregrated Development Enviroment*) dan program generator.

Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, *Compiler C* yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan *library* fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, *compiler C* untuk mikrokontroller ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*).

Khusus untuk *library* fungsi, disamping *library* standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi *string*, pengaksesan memori dan sebagainya), *CodeVision AVR* juga menyediakan fungsi-fungsi

tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi library yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu LM75, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya.

CodeVision AVR juga berisi *Code Wizard AVR* yang membuat program secara otomatis dengan mengisi fungsi-fungsi yang disediakan antara lain:

- Menyetting akses memori luar (*External memory accesssetup*).
- Identifikasi *chip* (*Chipresetsource identification*).
- Inisialisasi I/O (*Input/OutputPortinitialization*).
- Inisialisasi Intrupsi Luar (*External Interruptsinitialization*).
- Inisialisasi *Timer/Counter* (*Timers/Countersinitialization*).
- Inisialisasi Pewaktu (*Watchdog Timerinitialization*).
- Inisialisasi Serial Komunikasi (*UART initialization andinterrupt driven buffered serial communication*).
- Inisialisasi Konversi Analog ke Digital (*AD Cinitialization*).
- Inisialisasi SPI (*SPI Interfaceinitialization*).
- Inisialisasi I2C Bus (*I2C Bus, LM75 Temperature Sensor, DS1621 Thermometer/Thermostatand PCF8563, PCF8583, DS1302, DS1307 Real Time Clocksinitialization*).
- Inisialisasi 1 wire bus (*1 Wire Bus and DS1820/DS18S20*

Temperature Sensors initialization).

- Inisialisasi LCD *display* (LCD *module initialization*).

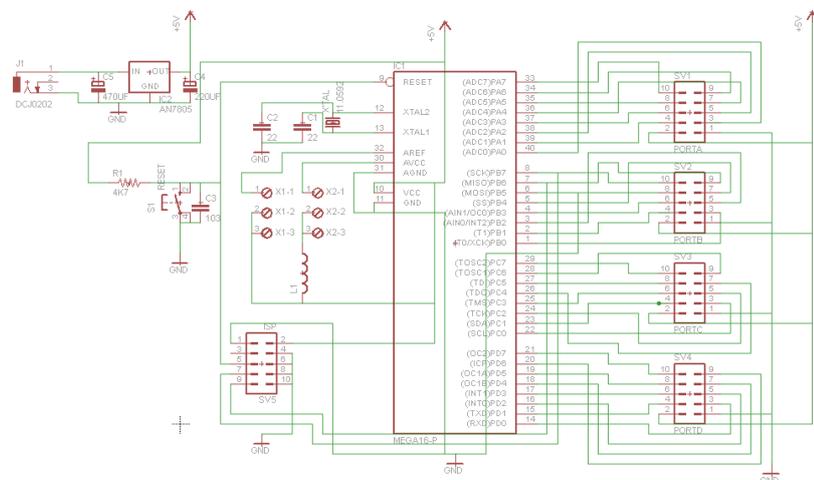
Selain itu, *CodeVision AVR* juga menyediakan sebuah *tool* yang dinamakan dengan *Code Generator* atau *CodeWizard AVR*. Secara praktis, *tool* ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (*template*), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan *code generator*, karena perangkat lunak *codevision* ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela *CodeWizard AVR* selesai dilakukan. Secara teknis, penggunaan *tool* ini pada dasarnya hampir sama dengan *application wizard* pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

Proses *download* program ke IC mikrokontroler AVR dapat menggunakan sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*). *In-System Programming Flash on-chip* mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI [1][4].

2.7.5 Sistem Minimum ATmega16

Sistem minimum adalah rangkaian minimal dimana *chip* mikrokontroler dapat bekerja (*running*) dilihat pada gambar 2.30

Sebetulnya sebuah IC ATmega16 saja sudah dapat dikatakan sebuah sistem minimum, karena satu keping IC ATmega16 sudah mencakup prosesor, RAM, ROM dan I/O, sehingga cukup dengan menambahkan osilator (sumber *clock*) dan catu daya saja bisa membuat sistem ini bekerja.[1]



Gambar 2.30 Skematik sistem minimum ATmega16

2.8 LCD (*Liquid Cristal Display*) 2X16 character

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoprasiaannya menggunakan sistem *dot* matriks. LCD banyak digunakan sebagai *display* dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, *multitester digital*, Jam digital dan sebagainya.

LCD dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler AVR Atmega 16. Pada tugas akhir ini LCD yang digunakan adalah LCD 2x16, lebar display 2 baris 16 kolom. Bentuk LCD 2 × 16 dapat dilihat pada gambar 2.31



Gambar 2.31 *Liquid Cristal Display (LCD) 2 × 16*

LCD (*Liquid Cristal Display*) sudah dilengkapi perangkat pengontrol sendiri yang menyatu dengan LCD sehingga memudahkan dalam penggunaannya tinggal menyesuaikan data *pin* LCD tersebut dengan mikrokontroler.[1] Lihat tabel 2.6 *pin* LCD dan fungsinya.

Tabel 2.6 *Pin* LCD dan fungsinya

<i>Pin</i>	Namapin	Fungsi
1	VSS	Ground
2	VCC	Power suplay (+5V)
3	VEE	<i>Contras adjust</i>
4	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>
5	R/W	<i>Read/Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7	DB0	<i>Data bit ke-0 (LSB)</i>
8	DB1	<i>Data bit ke-1</i>
9	DB2	<i>Data bit ke-2</i>
10	DB3	<i>Data bit ke-3</i>
11	DB4	<i>Data bit ke-4</i>
12	DB5	<i>Data bit ke-5</i>
13	DB6	<i>Data bit ke-6</i>
14	DB7	<i>Data bit ke-7 (MSB)</i>
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground</i>

2.9 Modem Wavecom

Kegunaan modem wavecom untuk sms gateway dan server pulsa - Wavecom adalah pabrikan Perancis (berbasis di Issy-les-Moulineaux, Prancis), Wavecom SA berdiri sejak tahun 1993, dimulai sebagai konsultan teknik dan kantor sistem GSM jaringan nirkabel dan pada tahun 1996 mulai desain Wavecom Wireless GSM modul pertama dan didirikan pada tahun 1997, pertama berbasis GSM-GSM modul dan pengkodean khusus pada perintah. Sulit untuk menemukan referensi tipe navigasi modul sebagai pertama dibuat oleh Wavecom SA. Modem SMS dapat dilihat pada gambar 2.32



Gambar 2.32 Modem sms

Wavecom Fastrack Modem di Indonesia pada industri bisnis rumah yang cukup dikenal dan bahkan skala-fungsi untuk mengirim bulk SMS untuk bertindak sebagai kekuatan pendorong dalam produk elektronik.[7]

2.9.1 Perintah AT COMMAND

Perintah AT (*Hayes AT Command*) digunakan untuk berkomunikasi dengan terminal (*modem*) melalui gerbang serial pada komputer. Dengan penggunaan perintah AT, dapat diketahui atau dibaca kondisi dari terminal, seperti mengetahui kondisi sinyal, kondisi baterai, mengirim pesan, membaca pesan, menambah item pada daftar telepon, dan sebagainya. Pada tabel 2.7 diperlihatkan beberapa jenis perintah AT yang berhubungan dengan penanganan pesan-pesan SMS.

Tabel 2.7 Beberapa jenis perintah AT yang digunakan

AT Command	Fungsi
AT+CMGS	Mengirim pesan
AT+CMGR	Membaca pesan
AT+CMGF	Format pesan
AT+CMGD	Menghapus pesan
AT+CNMI	Prosedur indikasi pesan baru
AT+CPMS	Pemilihan target memori
AT+CSMS	Pemilihan layanan pesan

Dalam masyarakat, Modem ini mempunyai fungsi yang berbeda yaitu sebagai berikut:

- Aplikasi SMS broadcast
- SMS aplikasi kuis
- SMS jajak pendapat
- SMS jawaban otomatis

- M2M integrasi
- Aplikasi server pulsa
- Telemetry
- Data titik pembayaran
- PPOB
- dll.

Keunggulan Wavecom Fastrack HP dibandingkan dengan Modem GSM/HP

- Wavecom jauh lebih stabil daripada modem GSM/HP.
- Wavecom lebih stabil casing aluminium bisa berfungsi sebagai pendingin.
- Proses SMS lebih cepat dibanding modem GSM/HP.
- Tidak semua modem GSM/HP mendukung perintah AT Command.
- Harga terjangkau.
- Garansi 1 tahun.