



**RANCANGAN ALAT DETEKTOR GANGGUAN GROUNDING
DAN NETRAL PADA GARDU DISTRIBUSI BERBASIS
MIKROKONTROLER DI PT.PLN (PERSERO)
ULP. MEDAN SELATAN**

Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian
Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : ERI RAMADHANI
NPM : 1724210433
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2020**

**RANCANGAN ALAT DETEKTOR GANGGUAN GROUNDING
DAN NETRAL PADA GARDU DISTRIBUSI BERBASIS
MIKROKONTROLER DI PT.PLN (PERSERO)
ULP. MEDAN SELATAN**

Eri Ramadhani*
Hj.Zuraidah Tharo**
Amani Darma Tarigan**
Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Alat detektor gangguan grounding dan netral dirancang untuk memutuskan aliran listrik pada konsumen jika tegangan tidak sesuai dengan SPLN yang telah ditentukan, alat yang telah dirancang menggunakan perintah mikrokontroler untuk pemuncunya, menggunakan relay dan contactors sebagai pemutus aliran listrik dalam keadaan *over voltage* maupun *under voltage*.“ Alat yang dirancang membaca tegangan pada setiap fasa R S T jika salah satu fasa terdapat tegangan dibawah 350 V atau diatas 390 V maka driver relay dan contactor akan memutuskan aliran listrik secara otomatis untuk menghindari terjadinya kerusakan komponen pada alat pengaman grounding di gardu distribusi. Data hasil input olahan tersebut dikelola oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada sebuah LCD karakter 16x2. Sistem ini berjalan sesuai dengan harapan sebagai pembatas.

Kata kunci : Detektor Gangguan Grounding Gardu Distribusi

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro:

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRAC

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metoda Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Gardu Distribusi.....	6
2.1.1 Jenis-jenis Gardu Distribusi	6
2.2 Tinjauan Pustaka.....	10
2.3 Pentanahan Netral Sistem Distribusi Tenaga Listrik	11
2.3.1 Macam-macam metode pentanahan netral.....	11
2.3.2 Faktor yang mempengaruhi pemilihan metode pentanahan	14
2.4 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik	17
2.4.1 Penyebab Gangguan.....	17
2.4.2 Analisa gangguan berdasarkan metode komponen simetris	19
2.4.3 Pengaruh metode pentanahan netral terhadap besar arus.....	21
2.5 Perlengkapan Pengaman Sistem Distribusi Tenaga Listrik	23
2.6 Kontaktor.....	29
2.6.1 Prinsip Kerja Kontaktor	30
2.6.2 Karakteristik.....	31
2.7 Mikrokontroler	32
2.7.1 Pengerian Mikrokontroler	32
2.7.2 Sistem Mikrokontroler	37
2.8 Mikrokontroler ATMega16	38
2.8.1 Pengertian Mikrokontroller ATMega 16	38
2.8.2 Arsitektur ATMega16.....	39
2.8.3 Konfigurasi PIN ATMega16.....	43
2.9 Bascom AVR	48
2.9.1 Pengertian Bascom AVR	48
2.9.2 Compiler	50
2.10 <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD)	53
2.10.1 Fungsi Dan Konfigurasi Pin.....	55

2.10.2 Karakteristik.....	56
2.10.3 Spesifikasi	56
BAB 3 PERANCANAGAN SISTEM DAN ALAT	
3.1 WaktudanTempatPenelitian.....	58
3.2 Perancangan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	58
3.2.1 Hardware.....	59
3.2.2 Blok Diagram.....	59
3.2.3 Rangkaian Minimum ATMega16.....	60
3.2.4 Regulator Tegangan.....	61
3.2.5 Rangkaian Relay dan Kontactor	62
3.3. Flowchart.....	64
BAB 4 HASIL DAN ANALISA	
4.1 PengujianCatudaya	66
4.2 Hasil Keluaran Regulator Tegangan.....	67
4.3 Pengujian Relay	69
4.4 Pengujian Sensor Tegangan AC	70
4.5 Pengujian Kontactor	72
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gardu Beton.....	7
Gambar 2.2	Gardu Portal.....	7
Gambar 2.3	Tipe Catrol.....	8
Gambar 2.4	Gardu Kios.....	8
Gambar 2.5	Gardu Hubung.....	9
Gambar 2.6	Rangkaian pengganti pentanahan langsung.....	12
Gambar 2.7	Rangkaian pengganti pentanahan melalui tahanan.....	12
Gambar 2.8	Rangkaian pengganti pentanahan melalui reaktor.....	13
Gambar 2.9	Rangkaian pengganti pentanahan dengan kumparan.....	14
Gambar 2.10	Fase tegangan, arus dan impedansi pada sistem tiga fase	20
Gambar 2.11	Diagram komponen simetris dari tiga fasor tegangan	21
Gambar 2.12	Karakteristik rele seketika.....	27
Gambar 2.13	Karakteristik rele tunda waktu.....	29
Gambar 2.14	Kontactor.....	30
Gambar 2.15	Prinsip Kerja Kontactor.....	31
Gambar 2.16	Blok Diagram Mikrokontroller Secara Umum.....	34
Gambar 2.17	ATMega 16.....	39
Gambar 2.18	Arsitektur Harvard.....	40
Gambar 2.19	Blok Diagram ATMega16.....	42
Gambar 2.20	Susunan kaki Mikrokontroler ATMega16.....	43
Gambar 2.21	Interface BASCOM AVR.....	48
Gambar 2.22	Jendela <i>Option</i>	50
Gambar 2.23	<i>Interface</i> Simulator BASCOM AVR.....	52
Gambar 2.24	Jendela Variabel.....	53
Gambar 2.25	Jendela Simulasi Hardware.....	53
Gambar 2.26	Liquid Crystal Display 2x16 Tampak Depan.....	54
Gambar 2.27	Liquid Crystal Display 2x16 Tampak Belakang.....	54
Gambar 2.28	Konfigurasi PIN LCD.....	56
Gambar 3.1	Blok diagram Rangkaian.....	59
Gambar 3.2	Rangkaian minimum Atmega 16.....	60
Gambar 3.3	Rangkaian Regulator Tegangan.....	61
Gambar 3.4	Rangkaian Relay.....	62
Gambar 3.5	Rangkaian Keseluruhan.....	63
Gambar 3.6	Flowchart.....	64
Gambar 4.1	Pemasangan Pin Contactor.....	72
Gambar 4.2	Pengujian Tegangan Contactor.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Frekuensi gangguan pada saluran udara.....	18
Tabel 2.2	Fungsi Khusus Port B Atmega 16.....	45
Tabel 2.3	Fungsi Khusus Port C Atmega 16.....	46
Tabel 2.4	Fungsi Khusus Port D Atmega 16.....	47
Tabel 2.5	Keterangan lengkap ikon-ikon dari program BASCOM.....	49
Tabel 2.6	Keterangan menu <i>show result</i>	49
Tabel 2.7	Keterangan dari Tab Menu Chip.....	51
Tabel 2.8	Fungsi pin LCD 16x2.....	55
Tabel 4.1	Uji kesetabilan catu daya.....	67
Tabel 4.2	Hasil Pengujian IC Regulator.....	68
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Tegangan Relay.....	69
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC.....	71
Tabel 4.5	Hasil Pengujian NO (<i>Normaly Open</i>) dan NC (<i>Normaly Close</i>) Kontactor pada alat 60.....	74

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data, 70% sampai dengan 90% dari seluruh gangguan yang mengenai SUTM dan SUTR PLN di Indonesia adalah gangguan yang bersifat temporer (sementara). Gangguan hubung singkat fasa ke tanah adalah gangguan yang bersifat temporer (sementara) yang paling sering terjadi dikarenakan menempelnya hewan atau ranting pohon yang basah. Ketika terjadi gangguan fasa ke tanah petugas perlu mencari gangguan dengan inspeksi secara visual atau mengukur tahanan penghantar di setiap section. Cara ini kurang efektif bila gangguan terjadi di penyulang yang panjang dan memiliki banyak section. Oleh karena itu perlu adanya alat detektor gangguan grounding dan netral menggunakan sensor arus dan tegangan yang diletakkan pada saluran fasa dan pentanahan di sisi pelanggan sebagai pembaca arus saat terjadinya gangguan ke tanah. (Krisna Sadewa, 2017)

Alat detektor gangguan grounding dan netral putus pada gardu distribusi berfungsi sebagai pemutus aliran listrik jika terjadi tegangan yang tidak sesuai dengan SPLN, menggunakan perintah mikrokontroler untuk pemicunya, menggunakan relay dengan pengaturan mikrokontroler sebagai pemutus aliran listrik dalam keadaan *over voltage* maupun *under voltage*. “Alat ini menggunakan 3 buah sensor tegangan ZMPT101B, sensor tersebut akan mengukur tegangan AC yang masuk ke mikrokontroler AT Mega16 dan mengubahnya ke tegangan DC 5V guna pembacaan pin mikrokontroler tersebut. Selain itu digunakan juga trafo 220V AC yang outputnya dirubah menjadi 5V DC guna pembacaan di AT Mega16 untuk

mengukur apakah ada grounding yang putus atau tidak. Data hasil input olahan input tersebut, dikelola oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada sebuah LCD karakter 16x2 dan outputnya akan digunakan untuk menggerakkan relay guna memutus otomatis Contactor yang disediakan untuk alat ini.

Sistem ini dapat berjalan sesuai dengan harapan sebagai pembatas karena dilengkapi dengan sensor arus dan sensor tegangan yang ditampilkan pada LCD karakter 16x2. Sebagai pemutus dilengkapi dengan relay sebagai penerima instruksi dari sistem mikrokontroler. Contactor tambahan dilengkapi karena dalam kondisi lapangan banyak ditemui tidak adanya pemutus langsung secara bersamaan jika terjadi kelainan pada salah satu fasa yang terganggu.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan diambil didalam pembuatan Skripsi ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi ?
2. Bagaimana prinsip kerja dari alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dihadapi, penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan ATmega16
2. Penggunaan alat ini hanya pada gardu distribusi atau tegangan 3 fasa

3. Jenis gangguan yang akan dideteksi oleh alat ini hanya gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Merancang alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol alat dan sensor tegangan.
2. Alatdetektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi akan memutuskan aliran listrik jika terjadi tegangan yang tidak sesuai dengan SPLN, menggunakan perintah mikrokontroler ATMega16

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari pembuatan alat ini adalah:

1. Bagi mahasiswa, memberikan kreativitas untuk berinovasi menciptakan alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi.
2. Bagi universitas, detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi yang dibuat ini dapat dipakai sebagai instrument di laboratorium
3. Sebagai sumber pembelajaran bagi mahasiswa teknik elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan maupun siapa saja yang membutuhkan

1.6 Metode Penelitian

Teknik pengumpulan data yang akan dilakukan ada beberapa tahap antara lain,

1. Studi Literatur

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, datasheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi ini.

2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari.

3. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem.

4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman pembahasan Skripsi ini maka penulis menyajikan dalam beberapa bab sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metode penelitian dan sistematika penulisan

BAB 2 LANDASAN TEORI

Pada bab ini mengemukakan teori-teori yang mendukung dan yang melandasi dari masalah yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM DAN ALAT

Dalam bab ini membahas tentang sistem perancangan alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi yang akan dibahas dalam penelitian skripsi

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini mejabarkan analisis tentang hasil penelitian yang telah dibahas di bab sebelumnya.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan dan saran dari pembahasan sistem perancangan alat untuk meningkatkan hasil akhir yang lebih baik diberikan saran- saran terhadap hasil pembuatanskripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Sebagai refrensi-refrensi untuk meninghindari terjadinya plagiat yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah. Gardu Distribusi merupakan kumpulan/gabungan dari perlengkapan hubung bagi baik tegangan menengah dan tegangan rendah. Jenis perlengkapan hubung bagi tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya:

2.1.1 Jenis-Jenis Gardu Distribusi

1. Gardu Beton, Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai di dalam bangunan sipil yang di rancang, di bangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton. (*Budi Yanto Husodo, dkk 2018*)



Gambar 2.1 Gardu Beton

Sumber: Penulis,2020

2. Gardu Portal adalah gardu listrik tipe terbuka (out-door) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang - kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan



Gambar 2.2 Gardu Portal

Sumber: Penulsi,2020

3. Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator



Gambar 2.3 tipe cantol

Sumber: Penulis,2020

4. Gardu Kios, kotak tempat peralatan listrik terbuat dari bahan besi. Gardu kios bukan merupakan gardu permanen tetapi hanya merupakan gardu sementara, sehingga dapat mudah untuk dipindah-pindahkan



Gambar 2.4 Gardu Kios

Sumber: Penulis,2020

5. Gardu Hubung disingkat GH atau Switching Subtation adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan. Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (Load Break switch – LBS), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah. Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu Distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk Gardu Distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh. Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya



Gambar: 2.5 Gardu Hubung

Sumber: Penulis,2020

2.2 Tinjauan Pustaka

Dalam Jurnal yang berjudul "Perhitungan Setting GFR" menjelaskan bahwa dalam memproteksi peralatan listrik, sebuah rele harus memiliki syarat antara lain keterandalan, selektivitas, sensitivitas, kecepatan kerja, ekonomis. Rele yang digunakan untuk mengatasi gangguan hubung singkat tersebut diantaranya OCR (over current relay) dan GFR (ground fault relay). Rele arus lebih adalah sebuah jenis rele proteksi yang bekerja berdasarkan prinsip besarnya arus input yang masuk ke dalam peralatan setting rele. Apabila besaran arus yang masuk melebihi harga arus yang telah disetting sebagai standarkerja rele tersebut, maka rele arus ini akan bekerja dan memberikan perintah pada CB untuk memutuskan sistem. (*I D.G.Agung Budhi Udiana, dkk 2017*)

Rele gangguan tanah adalah suatu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai setting pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Dalam men-setting rele terlebih dahulu kita mengerti dan menganalisis tentang komponen simetris guna mendapatkan nilai impedansi hubung singkat dan arus hubung singkat. Kegunaan metoda komponen simetris adalah bahwa metoda ini mampu memecahkan persoalan-persoalan fasa banyak yang tidak seimbang dalam bentuk sistem yang seimbang. Dalam sistem tiga fasa seimbang, arus-arus dalam penghantar tiga fasa sama besarnya dan beda sudut fasa sebesar 120° . Demikian pula yang terjadi pada tegangan fasa ke netral dan fasa ke fasa. Selain itu untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik maka perlu adanya sistem interkoneksi.

2.3 Pentanahan Netral Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Berdasarkan fungsi dari pentanahan, sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pentanahan sistem (pentanahan netral) dan pentanahan umum (pentanahan peralatan). Pentanahan sistem atau pentanahan netral berfungsi untuk melindungi peralatan/saluran dari bahaya kerusakan yang diakibatkan gangguan fasa ke tanah, peralatan/saluran dari bahaya kerusakan yang diakibatkan tegangan lebih, perlindungan bagi makhluk hidup terhadap tegangan langkah (step voltage), serta untuk kebutuhan proteksi jaringan. Sedangkan pentanahan umum mempunyai fungsi untuk melindungi makhluk hidup terhadap tegangan sentuh dan peralatan dari tegangan lebih. (*Muhammad Kamal Hamid, dkk 2016*)

Pada pentanahan sistem (pentanahan netral), bagian yang diketanahkan adalah titik netral sisi TM trafo utama/gardu induk untuk pentanahan sistem dengan tahanan. Sedangkan untuk sistem dengan pentanahan langsung, bagian yang diketanahkan meliputi trafo utama/gardu induk dan kawat netral sepanjang jaringan TM. Dengan pentanahan netral tersebut maka akan diperoleh arus gangguan tanah yang besarnya bergantung pada metode pentanahan netral yang dipilih sehingga alat-alat pengaman dapat bekerja selektif tetapi tidak merusak peralatan di titik gangguan.

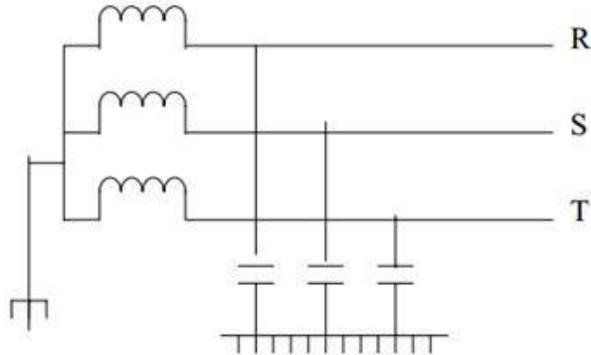
2.3.1 Macam-macam metode pentanahan netral

Terdapat empat macam metode pentanahan netral yaitu sebagai berikut:

1. Pentanahan Langsung

Pentanahan langsung merupakan salah satu metode pentanahan netral sistem dimana titik netral sistem dihubungkan langsung dengan tanah,

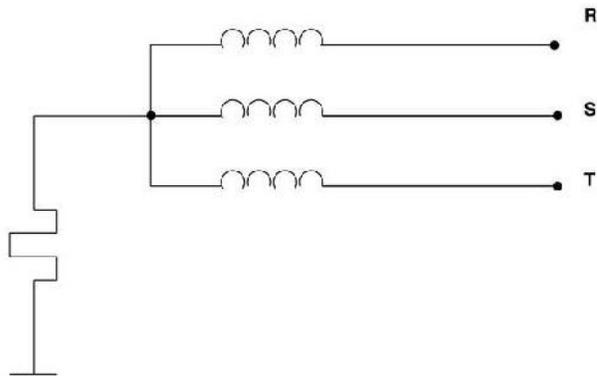
tanpa memasukkan harga suatu impedansi, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Rangkaian pengganti pentanahan langsung
 Sumber: *Muhammad Kamal Hamid, dkk 2016*

2. Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)

Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*) merupakan metode pentanahan sistem dimana titik netral dihubungkan dengan tanah melalui tahanan (resistor), seperti terlihat pada gambar dibawah ini:

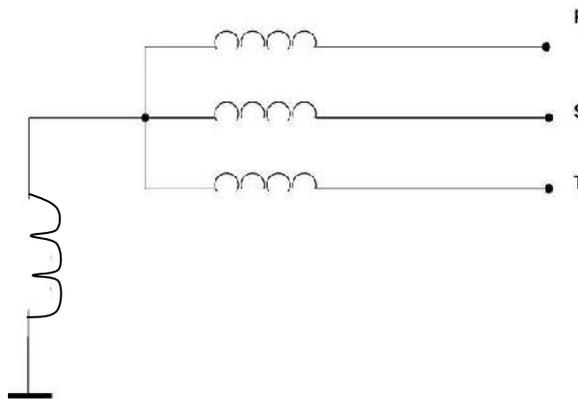


Gambar 2.7 Rangkaian pengganti pentanahan melalui tahanan
 Sumber: *Muhammad Kamal Hamid, dkk 2016*

Pada umumnya nilai tahanan pentanahan lebih tinggi dari pada reaktansi sistem pada tempat dimana tahanan itu dipasang.

3. Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)

Pentanahan dengan reaktor merupakan metode pentanahan dengan memasang reaktor di antara titik netral sistem dengan tanah, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:

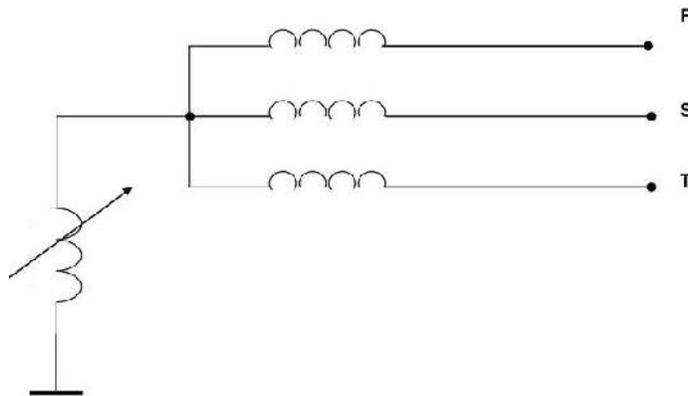


Gambar 2.8 Rangkaian pengganti pentanahan melalui reaktor

Sumber: *Muhammad Kamal Hamid, dkk 2016*

4. Pentanahan dengan kumparan petersen (*petersen coil*)

Pentanahan dengan kumparan petersen atau resonant grounding merupakan metode pentanahan sistem dimana titik netral dihubungkan ke tanah melalui kumparan petersen (*petersen coil*). Kumparan petersen merupakan reaktor yang mempunyai harga reaktansi yang dapat diatur dengan menggunakan tap, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8. Nilai reaktansi kumparan petersen biasanya bernilai sangat tinggi



Gambar 2.9 Rangkaian pengganti pentanahan dengan kumparan petersen

Sumber: *Muhammad Kamal Hamid, dkk 2016*

2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode pentanahan

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan metode pentanahan titik netral dari suatu sistem tenaga listrik meliputi (SPLN 2: 1978):

1. Selektivitas dan sensitivitas dari rele gangguan tanah

Rele gangguan tanah atau biasa disebut ground fault relay (GFR) merupakan rele yang bertugas untuk mendeteksi bila terjadi gangguan atau hubung singkat ke tanah. Keberhasilan dari rele gangguan tanah bergantung dari besarnya arus gangguan ke tanah. Pada sistem yang netralnya ditanahkan langsung, arus gangguan ke tanah tidak dibatasi sehingga nilainya sangat besar dan memudahkan kerja pemutus daya untuk melokalisir lokasi gangguan. Pada sistem yang netralnya ditanahkan dengan reaktansi, umumnya arus gangguan ke tanah sekurang-kurangnya 25% dan dibawah 60% dari nilai arus gangguan tiga fasa. Sistem yang ditanahkan dengan tahanan, arus gangguan tanah besarnya 5% sampai dengan 25% dari arus gangguan tiga fasa sehingga kepekaan rele

pengaman menjadi berkurang dan lokasi gangguan tidak cepat diketahui. Sedangkan sistem yang ditanahkan melalui kumparan Petersen akan mempunyai arus gangguan tanah yang sangat kecil sehingga sukar dibaca oleh rele gangguan tanah apabila terjadi gangguan hubung singkat ke tanah yang permanen.

2. Pembatasan arus gangguan ke tanah

Arus gangguan ke tanah yang besar dapat mengakibatkan kerusakan-kerusakan pada peralatan, misalnya kerusakan penghantar. Untuk sistem sistem dengan pemutus arus yang lambat, pembatasan besar arus gangguan ini perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan bila arus gangguan terlalu kecil dapat menyebabkan rele tidak dapat bekerja. Pembatasan arus gangguan ke tanah merupakan suatu ukuran koordinasi yang akan menentukan metode pentanahan dari suatu sistem tenaga listrik. Namun ketidakstabilan dari sistem akibat arus gangguan tanah yang besar saat ini tidak perlu lagi dipertimbangkan dalam metode pentanahan bila dilengkapi dengan rele dan pemutus arus yang bekerja cepat.

3. Pengaruh metoda pentanahan pada besarnya tegangan dinamis yang mengenai alat-alat proteksi surja

Lightning arrester berfungsi sebagai pengaman instalasi atau peralatan listrik pada instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir maupun oleh surja hubung. Lightning arrester dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu grounded neutral rated arrester dan ungrounded neutral arrester. Jenis grounded neutral rated arrester dipergunakan pada sistem

yang dibumikan secara efektif. Sedangkan ungrounded neutral rated arrester digunakan pada sistem yang tidak dibumikan secara efektif. *Lightning arrester* sensitif terhadap tegangan lebih sehingga tegangan dinamis pada arrester tidak boleh melampaui tegangan pengenalan arrester untuk segala keadaan operasi sistem. Tegangan dinamis kawat fasa ke tanah dari suatu sistem tiga fasa akan menjadi tidak seimbang dalam keadaan gangguan tanah, dan besarnya tegangan ini tergantung dari kondisi sistem pada saat terjadinya gangguan dan besarnya impedansi pentanahan. Pada sistem yang ditanahkan secara efektif, maka rating tegangan pengenalan arrester diambil 80% dari tegangan fasa-fasa maksimum. Sedangkan pada sistem dengan pentanahan melalui tahanan dan kumparan Petersen menggunakan arrester dengan rating tegangan pengenalan paling tidak sama dengan tegangan fasa-fasa dalam sistem.

4. Pembatasan tegangan lebih transien

Saat terjadi gangguan ke tanah dapat menyebabkan timbulnya arcing ground. Arcing ground dapat menimbulkan tegangan lebih yang sangat berbahaya karena dapat merusak alat-alat. Pada umumnya arcing ground hanya terjadi pada sistem yang tidak ditanahkan. Di samping itu munculnya arcing pada pemutus dapat menimbulkan tegangan lebih yang tinggi. Tegangan transien maksimum yang disebabkan oleh switching tergantung dari sistem pentanahan yang digunakan. Tegangan transien yang paling tinggi terjadi pada sistem yang netralnya tidak ditanahkan, kemudian menyusul sistem yang ditanahkan dengan kumparan Petersen.

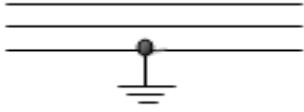
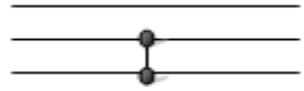
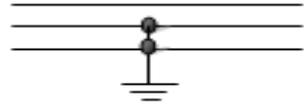
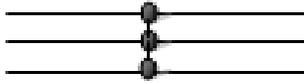
Untuk sistem yang ditanahkan dengan reaktansi atau tahanan, dimana reaktansi urutan nol dibagi reaktansi urutan positifnya lebih kecil dari 10, pada umumnya mempunyai tegangan lebih rendah. (*Muhammad Kamal Hamid,dkk 2016*)

2.4 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

2.4.1 Penyebab Gangguan

Suatu sistem tenaga listrik yang sangat luas cakupan areanya menyebabkan timbulnya gangguan tidak bisa dihindari. Pada sistem tenaga listrik, frekuensi terjadinya gangguan hampir sebagian besar dialami pada saluran udara (overhead line). Gangguan ini dapat terjadi karena kesalahan manusia, gangguan dari dalam, maupun gangguan dari luar. Gangguan karena kesalahan manusia misalnya kelalaian pada saat mengubah jaringan sistem maupun lupa membuka pentanahan setelah perbaikan. Gangguan dari dalam misalnya gangguan-gangguan yang berasal dari sistem atau gangguan dari alat itu sendiri, seperti faktor ketuaan, arus lebih, tegangan lebih sehingga merusak isolasi peralatan. Gangguan dari luar misalnya gangguan yang berasal dari alam, diantaranya cuaca, gempa bumi, petir dan banjir, gangguan karena binatang maupun pohon atau dahan/ranting. Adapun statistik frekuensi gangguan yang terjadi pada saluran udara terlihat dalam Tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Frekuensi gangguan pada saluran udara

Jenis Gangguan	Gambar	% Kejadian
L - G		85
L - L		8
L - L - G		5
L - L - L		≤ 2

Sumber: Denny R. Pattiapon, dkk 2017

Dari Tabel diatas terlihat bahwa pada saluran udara gangguan yang sering terjadi (85%) adalah gangguan fase ke tanah. Gangguan fase ke tanah pada umumnya dimulai dengan adanya loncatan busur api karena petir yang kemudian mengalir arus gangguan dari sistem ke tanah. Gangguan ini umumnya merupakan gangguan yang temporer. Gangguan dua fase pada umumnya terjadi karena kawat putus dan mengenai fase lainnya. Sedangkan gangguan tiga fase biasanya merupakan gangguan tiga fase yang simetris yang disebabkan kesalahan operasi dari petugas, misalnya waktu pemeliharaan atau perbaikan jaringan untuk pengamanannya ketiga fase yang akan diperbaiki diketanahkan. Setelah selesai perbaikan atau pemeliharaan, petugas

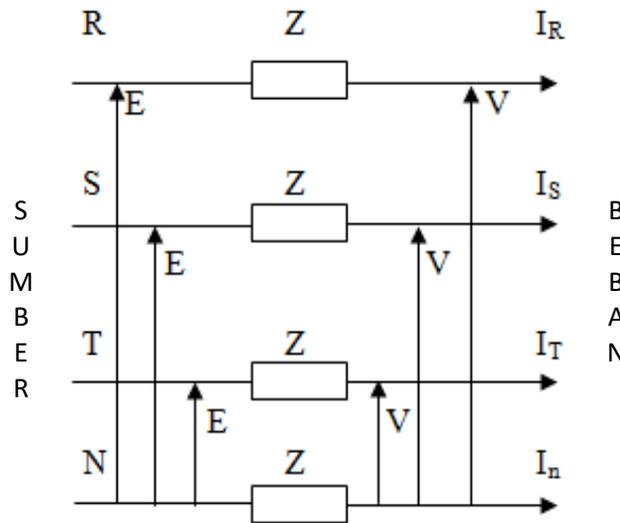
lupa melepas pentanahan tersebut sehingga waktu diberi tegangan kembali terjadi hubung singkat tiga fase. (Denny R. Pattiapon, dkk 2017)

2.4.2 Analisa gangguan berdasarkan metode komponen simetris

Menurut teorema Fortescue, suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari n fasor-fasor yang berhubungan dapat diuraikan menjadi n buah sistem dengan fasor-fasor seimbang yang dinamakan komponen-komponen simetris dari fasor-fasor aslinya. N buah fasor pada setiap himpunan komponen-komponen simetris sama panjang, dan sudut-sudut di antara fasor-fasor yang bersebelahan dalam himpunan itu sama besar. Jadi dalam sistem tenaga listrik tiga fase, tiga fasor tak seimbang dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang. Himpunan-himpunan seimbang dari komponen-komponen itu adalah:

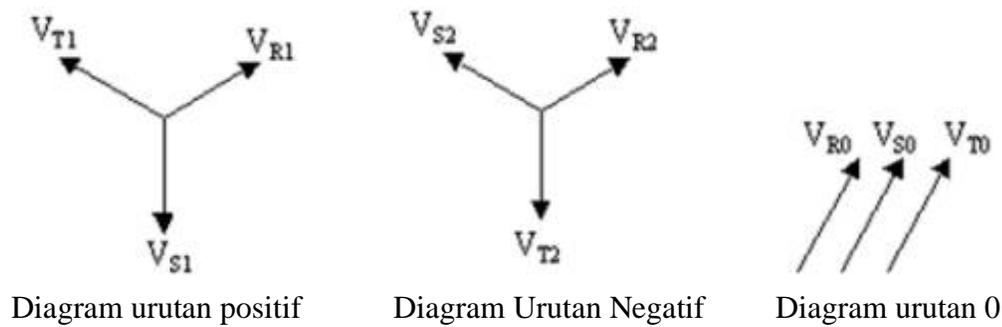
1. Komponen-komponen urutan positif (positive sequence components) yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor-fasor aslinya.
2. Komponen-komponen urutan negatif (negative sequence components) yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor-fasor aslinya
3. Komponen-komponen urutan nol (zero sequence components) yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan dengan pergeseran fasa nol antara fasor satu dengan yang lain

4. Komponen simetris lazim digunakan dalam menganalisa gangguan dalam suatu sistem kelistrikan. Biasanya ketiga fase dari sistem diberi nama seperti R, S, dan T. Adapun penggambaran ketiga fasor dari urutan fase tegangan, arus dan impedansi dalam jaringan sistem tiga fase empat kawat dapat dilihat dalam Gambar dibawah ini:



Gambar 2.10 Fase tegangan, arus dan impedansi pada sistem tiga fase empat
Sumber: Penulis,2020

Ketiga himpunan komponen simetris dinyatakan dengan subskrip tambahan 1 untuk komponen urutan positif, 2 untuk komponen urutan negatif, dan 0 untuk komponen urutan nol. Demikian pula untuk fasor arus dan impedansi yang dinyatakan dengan I dan Z juga mempunyai subskrip seperti pada tegangan. Komponen urutan positif dari V_R , V_S , dan V_T adalah V_{R1} , V_{S1} , dan V_{T1} , demikian pula untuk komponen urutan negatif adalah V_{R2} , V_{S2} , dan V_{T2} , sedangkan komponen urutan nol adalah V_{R0} , V_{S0} , dan V_{T0} . Gambar dibawah menunjukkan himpunan komponen simetris dari tiga fasor tegangan yang tidak seimbang:



Gambar 2.11 Diagram komponen simetris dari tiga fasor tegangan yang tidak seimbang

Sumber: Jeandy T. I. Kume, dkk 2016

2.4.3 Pengaruh metode pentanahan netral terhadap besar arus gangguan

Dari persamaan-persamaan di atas terlihat bahwa arus urutan nol hanya mengalir bila gangguan yang terjadi melibatkan tanah, meliputi gangguan satu fase ke tanah dan dua fase ke tanah. Khusus pada gangguan tiga fase ke tanah, tidak ada komponen arus urutan nol dan negatif yang mengalir karena gangguan tiga fase ke tanah merupakan gangguan simetris seperti halnya gangguan tiga fase. Impedansi pada arus urutan nol disebut sebagai impedansi urutan nol (Z_0). Besar impedansi urutan nol dipengaruhi oleh nilai impedansi pentanahan netral sistem distribusi. Besar impedansi netral bergantung pada metoda pentanahan netral (pentanahan sistem) yang digunakan. (Dedi Mirza, dkk 2018)

Pada pentanahan langsung, bila terjadi gangguan ke tanah maka arus gangguan ke tanah sangat besar sehingga dapat membahayakan makhluk hidup didekatnya dan kerusakan peralatan listrik yang dilaluinya. Adapun besar arus gangguan ke tanah di atas bisa mencapai 60% dari besar arus gangguan 3 fase. Oleh karena arus gangguan ke tanah yang mengalir sangat besar maka dapat

mempermudah kerja pemutus daya dalam melokalisir lokasi gangguan sehingga letak gangguan cepat diketahui.

Pada pentanahan melalui tahanan, besar arus gangguan ketanah dibatasi oleh tahanan itu sendiri. Dengan demikian pada tahanan itu akan timbul rugi daya selama terjadi gangguan fasa ke tanah. Dengan memilih harga tahanan yang tepat, arus gangguan ketanah dapat dibatasi sehingga besarnya antara 10% sampai 25% dari arus gangguan 3 fase dan besarnya hampir sama bila gangguan terjadi disegala tempat didalam sistem jika tidak terdapat titik pentanahan lainnya. Karena arus gangguan relatif kecil, maka dapat mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat arus gangguan yang melaluinya. Namun arus gangguan ke tanah yang relatif kecil menyebabkan kepekaan rele pengaman menjadi berkurang dan lokasi gangguan tidak cepat diketahui. (Dedi Mirza, dkk 2018)

Pada pentanahan melalui reaktor maka suatu impedansi yang lebih induktif disisipkan dalam titik netral trafo atau generator dengan tanah. Adanya reaktor dapat membatasi besar arus gangguan tanah. Besar arus gangguan ke tanah dibuat agar diatas 25% dari arus gangguan 3 fase. Metode pentanahan melalui reaktor mempunyai keuntungan dari pentanahan melalui tahanan yaitu energi yang disisipkan dalam reaktor lebih kecil sehingga dapat membatasi banyaknya panas yang hilang pada waktu terjadi gangguan.

Pada pentanahan melalui kumparan petersen, besar reaktansi kumparan dapat diatur dengan menggunakan tap. Pentanahan melalui kumparan petersen dapat membuat arus gangguan tanah yang sekecil-kecilnya dan pemadaman busur api dapat terjadi dengan sendirinya sehingga melindungi sistem dari gangguan hubung singkat

fasa ke tanah yang sementara sifatnya (temporary fault). Kumparan Petersen berfungsi untuk memberi arus induksi yang mengkompensasi arus gangguan ke tanah, sehingga arus gangguan ke tanah menjadi kecil sekali dan tidak membahayakan peralatan listrik yang dilaluinya. Kecilnya arus gangguan ke tanah yang mengalir pada sistem menyebabkan rele gangguan tanah tidak langsung bekerja dan membuka pemutus dari bagian yang terganggu. Dengan demikian kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap berlangsung untuk beberapa waktu lamanya walaupun sistem dalam keadaan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

2.5 Perlengkapan Pengaman Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi bertugas untuk menyalurkan energi listrik dari pusat beban ke pihak pelanggan melalui jaringan listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Karena fungsi tersebut maka jaringan distribusi dilengkapi dengan pengaman untuk menjamin keandalan saat penyaluran energi listrik. Sistem pengaman memiliki tiga kegunaan yaitu untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, menjaga keselamatan umum akibat gangguan listrik, serta meningkatkan kelangsungan atau kontinuitas pelayanan kepada pelanggan. (Sapta Nugraha, dkk 2016).

Suatu sistem pengaman jaringan distribusi yang baik harus mampu melakukan koordinasi dengan sistem tegangan tinggi (GI/transmisi/pembangkit), mengamankan peralatan dari kerusakan dan gangguan, membatasi kemungkinan terjadinya kecelakaan, secepatnya dapat membebaskan pemadaman karena gangguan, membatasi daerah yang mengalami pemadaman, serta mengurangi frekuensi pemutusan tetap karena gangguan. Selain itu setiap sistem atau alat pengaman harus

mempunyai kepekaan, kecermatan dan kecepatan bereaksi yang baik. Jenis pengaman yang digunakan pada jaringan tegangan menengah antara lain:

1. Pengaman lebur

Pengaman lebur atau fuse cut out (FCO) adalah pengaman bagian dari saluran dan peralatan dari gangguan hubung singkat antar fasa, dapat pula sebagai pengaman hubung singkat fasa ke tanah bagi sistem yang ditanahkan langsung. Pengaman lebur bekerja berdasarkan panas yang timbul pada elemen lebur karena dilalui arus listrik yang melebihi batas-batas tertentu sehingga elemen lebur tersebut meleleh dan putus. Pengaman lebur biasanya digunakan sebagai pengaman saluran cabang. Dalam jaringan distribusi ada tiga tipe utama dari pengaman lebur yaitu:

- a. Pengaman lebur tipe “plug”

Pada pengaman lebur tipe “plug”, pita pelebur dipasang pada sebuah “plug” porselen yang dimasukkan di antara dua kontak. Pelebur tipe ini dibatasi pada rating arus 30 Ampere dan digunakan pada trafo-trafo yang kecil.

- b. Pengaman lebur tipe pintu

Pengaman lebur tipe pintu dipasang di sebelah dalam pintu. Bila pintu ditutup, elemen pelebur menghubungkan dua kontak. Elemen lebur dimasukkan ke dalam sebuah tabung fiber. Pengaman lebur tipe pintu sering disebut juga sebagai pengaman lebur tipe ekspulsi.

- c. Pengaman lebur tipe terbuka

Pengaman lebur tipe terbuka pada dasarnya sama dengan tipe pintu, namun pada tipe ini tabung fiber yang berisi elemen lebur dipasang di udara terbuka. Susunan ini memungkinkan pelebur dapat memutus arus yang lebih besar tanpa adanya gas-gas pengusir. Pengaman lebur mempunyai karakteristik arus waktu berupa sepasang garis lengkung. Lengkung yang berada di bawah disebut waktu lebur minimum (minimum melting time), lengkung di atas disebut waktu bebas maksimum (maximum clearing time). Ada dua tipe pengaman lebur yaitu tipe cepat (K) dan tipe lambat (T). Perbedaan kedua tipe ini terletak pada speed.

d. Rele pengaman

Rele pengaman merupakan suatu alat yang dapat mendeteksi adanya gangguan dan berfungsi sebagai alat pengontrol bekerjanya peralatan pemutus ataupun peralatan indikator bahaya apabila terdapat besaran yang melebihi batasbatas yang telah ditetapkan pada rele tersebut. Adapun macam-macam rele pengaman dalam jaringan distribusi tenaga listrik antara lain adalah sebagai berikut:

1) Rele arus lebih

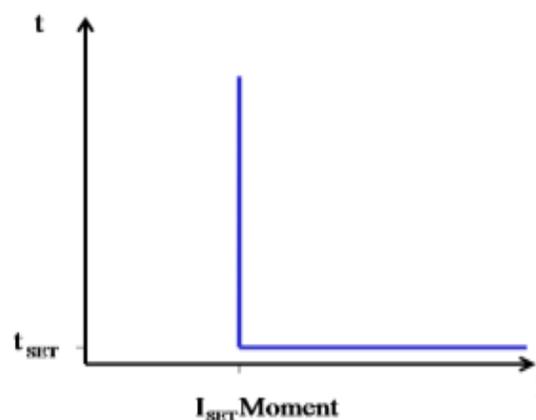
Rele arus lebih atau overcurrent relay (OCR) adalah pengaman utama sistem distribusi tegangan menengah terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Rele arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai settingnya dalam waktu tertentu. Pada dasarnya rele arus lebih merupakan suatu alat yang

mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Rele arus lebih dipasang pada masing-masing fase sehingga setting arus (I_s) harus 1,5 kali lebih besar dari arus beban maksimum, agar rele tidak trip pada saat arus beban melebihi nilai arus beban penuh namun masih aman bagi peralatan. Setting arus rele juga harus 1,5 kali lebih kecil dari kemampuan hantar arus (KHA), agar penghantar aman dari kerusakan. Biasanya ditetapkan $I_s = 1,2 \times I_n$ (I_n = arus nominal peralatan terlemah). Adapun arus yang menyebabkan bekerjanya rele, meliputi: Arus pick-up (I_p) adalah nilai arus minimum yang dapat menyebabkan rele bekerja dan menutup kontakannya. Arus ini biasa disebut sebagai arus kerja. Berdasarkan British Standard kesalahan pick-up berkisar antara 1,03-1,3 dari tiap setting arusnya. Arus drop-off (I_d) adalah nilai arus maksimum yang menyebabkan rele berhenti bekerja sehingga kontakannya membuka kembali. Arus ini biasa disebut sebagai arus kembali.

Sistem proteksi harus dirancang dan disetel sedemikian, sehingga memenuhi sistem safety dan security. Peralatan yang diproteksi harus aman terhadap kerusakan (safe) dan tidak boleh trip jika tidak betul-betul diperlukan agar tidak terjadi pemadaman listrik yang sia-sia (secure). Safety dan security yang lebih baik dalam sistem proteksi juga diupayakan dengan memilih karakteristik rele yang tepat untuk kebutuhan sistem yang ada.

1. Rele tanpa penundaan waktu/seketika (instantaneous relay)

Rele tanpa penundaan waktu atau instantaneous relay adalah rele yang bekerja seketika (tanpa tunda waktu) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Dengan waktu buka yang sangat pendek, rele ini berguna untuk memutus arus yg besar bila gangguan terjadi di dekat sumber. Dalam waktu $\frac{1}{2}$ sampai 1 siklus, arus gangguan mengandung komponen DC sehingga dapat menyebabkan jangkauan lebih (overreach). Hal ini membuat rele akan bekerja (pick-up) pada nilai arus AC yang lebih rendah dari nilai setting-nya karena mengalami offset akibat adanya komponen arus DC sehingga arus tersebut menjadi naik dan terdeteksi oleh rele. Adapun untuk menghindari jangkauan lebih atau overreach akibat komponen DC maka rele akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). Karakteristik kurva waktu instantaneous relay digambarkan dibawah ini:



Gambar 2.12 Karakteristik rele seketika

Sumber: Sapta Nugraha, dkk 2016

Selain itu dalam menentukan setting arus instantaneuous harus diperhatikan beberapa hal diantaranya:

a. $I_{ins} > I_{transien}$

$I_{transien}$ merupakan arus peralihan yang nilainya cukup besar namun hanya berlangsung singkat. Pada saat terjadi $I_{transien}$ ini rele tidak boleh trip.

b. $I_{ins} < I_{kerusakan\ terbatas\ hantaran}$

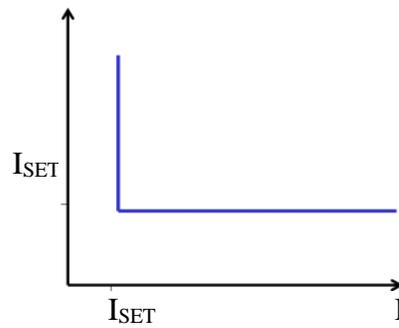
Setting arus instantaneuous harus lebih kecil dari batas arus yang dapat merusak penghantar maupun peralatan di jaringan agar penghantar maupun peralatan tidak rusak ketika gangguan terjadi. Umumnya jenis rele arus lebih tanpa tunda waktu/seketika jarang berdiri sendiri, namun dikombinasikan dengan rele arus lebih karakteristik yang lain.

2. Rele dengan penundaan waktu

Karakteristik tunda waktu rele terbagi menjadi 2, yaitu:

a. Dengan penundaan waktu tertentu (*definite time OCR*)

Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui nilai settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja rele mulai pick up sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengenai rele.



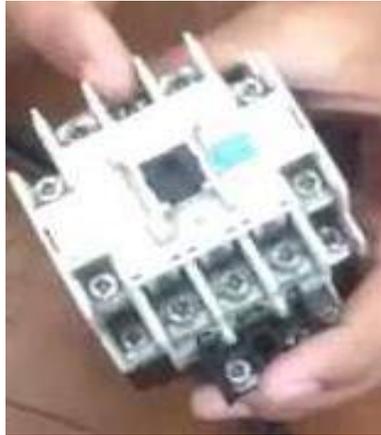
Gambar: 2.13 Karakteristik rele tunda waktu
 Sumber: Sapta Nugraha,dkk 2016

- b. Dengan penundaan waktu berbanding terbalik (inverse time OCR)

Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (invers time), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Dengan Time Multiple Setting (TMS) = 1.

2.6 Kontaktor

Kontaktor adalah jenis saklar yang bekerja secara magnetik yaitu kontak bekerja apabila kumparan diberi energi. The National Manufacture Assosiation (NEMA) mendefinisikan kontaktor magnetis sebagai alat yang digerakan secara magnetis untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik. Tidak seperti relay, kontaktor dirancang untuk menyambung dan membuka rangkaian daya listrik tanpa merusak. Beban-beban tersebut meliputi lampu, pemanas, transformator, kapasitor, dan motor listrik. Adapun peralatan elektromekanis jenis kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut:

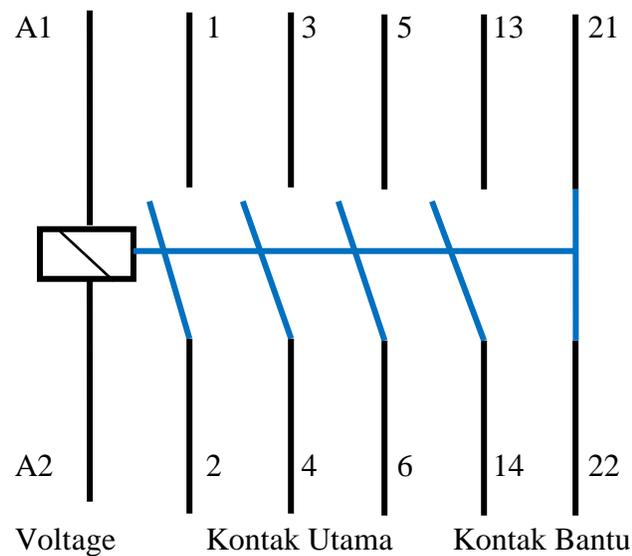


Gambar: 2.14 Kontaktor

Sumber: Penulis,2020

2.6.1 Prinsip Kerja Kontaktor

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak Normally Open (NO) dan beberapa Normally Close (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar: 2.15 Prinsip Kerja Kontaktor

Sumber: Penulis,2020

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancang. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu. (Aceng Daud,2019)

2.6.2 Karakteristik

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt / KW, yang disesuaikan dengan beban yang dipikul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak – kontaknya, ditulis dalam

satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa. (Adhi Kusmantoro, dkk 2015)

2.7 Mikrokontroler

2.7.1 Pengertian Mikrokontroler

Saat ini perkembangan teknologi semakin pesat berkat adanya teknologi mikrokontroler, sehingga rangkaian kendali atau rangkaian kontrol semakin banyak dibutuhkan untuk mengendalikan berbagai peralatan yang digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Dari rangkaian kendali inilah akan terciptanya suatu alat yang dapat mengendalikan sesuatu. Rangkaian kendali atau rangkaian kontrol adalah rangkaian yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat melakukan fungsi–fungsi kontrol tertentu sesuai dengan kebutuhan.(Eka Permana,dkk 2018)

Bermula dari dibuatnya *Integrated Circuit (IC)*. Selain IC, alat yang dapat berfungsi sebagai kendali adalah *chip* sama halnya dengan IC. *Chip* merupakan perkembangan dari IC, dimana *chip* berisikan rangkaian elektronika yang dibuat dari artikel *silicon* yang mampu melakukan proses logika. *Chip* berfungsi sebagai media penyimpan program dan data, karena pada sebuah *chip* tersedia RAM dimana data dan program ini digunakan oleh *logic chip* dalam menjalankan prosesnya.

Chip lebih di identikkan dengan dengan kata mikroprosesor. Mikroprosesor adalah bagian dari *Central Processing Unit (CPU)* yang terdapat pada computer tanpa adanya memory, I/O yang dibutuhkan oleh sebuah system yang lengkap. Selain

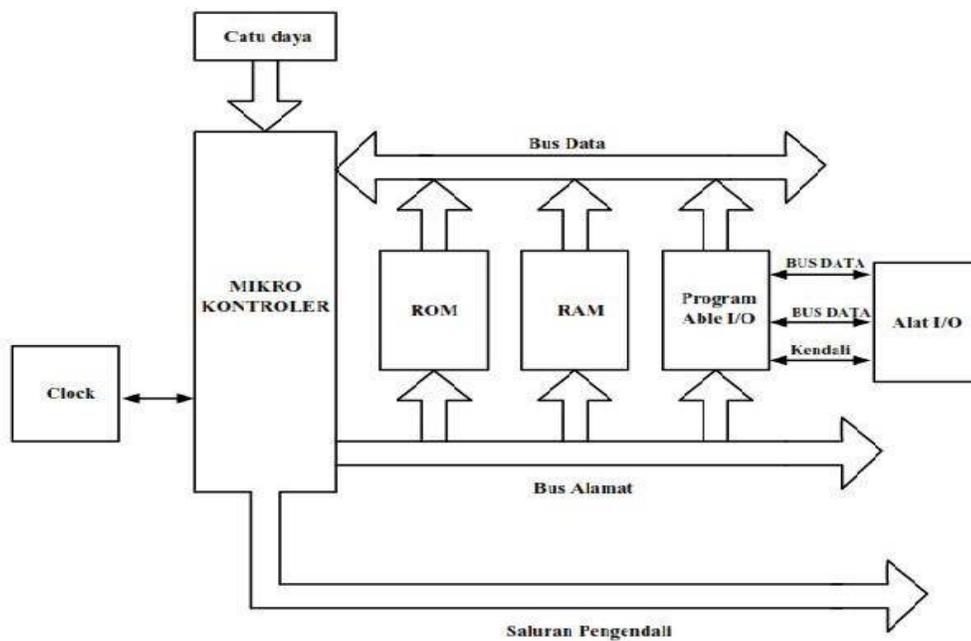
mikroprosesor ada sebuah *chip* lagi yang dikenal dengan nama mikrokomputer. Berbeda dengan mikroprosesor, pada mikrokomputer ini telah tersedia I/O dan memory.

Dengan kemajuan teknologi dan dengan perkembangan *chip* yang pesat sehingga saat ini didalam sekeping *chip* terdapat CPU memory dan control I/O. *Chip* jenis ini sering disebut *microcontroller*. *Mikrokontroller* merupakan sebuah sistem komputer di mana seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC (*Integrated Circuit*), sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroller ini juga merupakan sebuah sistem komputer yang memiliki satu atau beberapa tugas yang spesifik, berbeda dengan PC yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan yang lain adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat besar antara mikrokontroller dengan komputer. Dalam mikrokontroller ROM jauh lebih besar dibanding RAM, sedangkan dalam komputer atau PC RAM jauh lebih besar dibanding ROM.(Eka Permana,dkk 2018)

Mikrokontroller memiliki kemampuan untuk mengolah serta memproses data sekaligus juga dapat digunakan sebagai unit kendali, maka dengan sekeping *chip* yaitu mikrokontroller kita dapat mengendalikan suatu alat. Mikrokontroller mempunyai perbedaan dengan mikroprosesor dan mikrokomputer. Suatu mikroprosesor merupakan bagian dari CPU tanpa memori dan I/O pendukung dari sebuah komputer, sedangkan mikrokontroller umumnya terdiri atas CPU, memory, I/O tertentu dan unit – unit pendukung lainnya.

Pada dasarnya terdapat perbedaan sangat mencolok antara mikrokontroller dan mikro prosesor serta mikro komputer yaitu pada aplikasinya, karena

mikrokontroler hanya dapat digunakan pada aplikasi tertentu saja. Kelebihan lainnya yaitu terletak pada perbandingan *Random Access Memory* (RAM) dan *Read Only Memory* (ROM). Sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas atau kecil, dari kelebihan yang ada terdapat keuntungan pemakaian mikrokontroler dengan mikroprosesor yaitu pada mikrokontroler sudah terdapat RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga tidak perlu menambahnya lagi. Pada dasarnya struktur dari mikroprosesor memiliki kemiripan dengan mikrokontroler. Mikrokontroler biasanya dikelompokkan dalam satu keluarga, masing-masing mikrokontroler memiliki spesifikasi tersendiri namun cocok dalam pemrogramannya misalnya keluarga MCS-51 yang diproduksi ATMEL seperti AT89C51, AT89S52 dan lainnya sedangkan keluarga AVR seperti Atmega 8535 dan lain sebagainya.



Gambar: 2.16 Blok Diagram Mikrokontroler Secara Umum
 Sumber: (Eka Permana,dkk 2018)

1. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU adalah suatu unit pengolah pusat yang terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) dan unit logika (*arithmetic and logic unit*). Disamping itu juga CPU mempunyai beberapa simpanan yang berukuran kecil yang disebut dengan register. Adapun fungsi utama dari unit pengendali ini adalah mengatur dan mengendalikan semua peralatan yang ada pada sistem komputer dan juga dapat mengatur kapan alat input menerima data dan kapan data diolah serta ditampilkan pada alat output. Sedangkan unit logika berfungsi untuk melakukan semua perhitungan aritmatika yang terjadi sesuai dengan instruksi program dan dapat juga melakukan keputusan dari operasi logika atau pengambilan keputusan sesuai dengan instruksi yang diberikan padanya. (Faza Abdani Auni Robbi, 2019)

2. *Bus Alamat*

Bus alamat berfungsi sebagai sejumlah lintasan saluran pengalamatan alamat dengan sebuah computer. Pengalamatan ini harus ditentukan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pengiriman sebuah instruksi dan terjadinya bentrok antar dua buah alamat yang bekerja secara bersamaan

3. *Bus Data*

Bus data merupakan sejumlah lintasan saluran keluar masuknya data dalam sebuah mikrokontroller. Pada umumnya saluran data yang masuk sama dengan saluran data yang keluar.

4. Bus Kontrol

Bus control atau bus kendali berfungsi untuk menyamakan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.

5. Memori

Didalam sebuah mikrokontroler terdapat sebuah memori yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Ada beberapa jenis memori, diantaranya adalah RAM dan ROM serta ada tingkat memori, diantaranya adalah register internal, memori utama dan memori massal. Registrasi internal adalah memori yang terdapat didalam ALU. Memori utama adalah memori yang ada pada suatu system, waktu aksesnya lebih lambat dibandingkan register internal. Sedangkan memori massal dipakai untuk penyimpanan berkapasitas tinggi, yang biasanya berbentuk disket, pita magnetic atau kaset.

6. RAM (*Random Access Momory*)

RAM adalah memori yang dapat dibaca atau ditulis. Data dalam RAM bersifat volatile dimana isinya akan hilang begitu IC kehilangan catu daya, karena sifat yang demikian RAM hanya digunakan untuk menyimpan data pada saat program bekerja.

7. ROM (*Read Only Memory*)

ROM merupakan memory yang hanya dapat dibaca, dimana isinya tidak dapat berubah apabila IC telah kehilangan catu daya. ROM dipakai untuk menyimpan program, pada saat di reset maka mikrokontroler akan langsung bekerja dengan program yang terdapat didalam ROM tersebut.

Ada beberapa jenis ROM antara lain ROM murni, PROM (*Programmable Read Only Memory*), EPROM (*Erasable Programmable Only Memory*), yang paling banyak digunakan diantara tipe-tipe diatas adalah EPROM yang dapat diprogram ulang dan dapat juga dihapus dengan sinar ultraviolet.

8. *Input / Output*

Setiap system computer memerlukan sistem *input* dan *output* yang merupakan media keluar masuk data dari dan ke komputer. Contoh peralatan I/O yang umum yang terhubung dengan sebuah komputer seperti *keyboard, mouse, monitor, sensor, printer, LED*, dan lain-lain

9. *Clock*

Clock atau pewaktuan berfungsi memberikan referensi waktu dan sinkronisasi antar elemen. (Faza Abdani Auni Robbi,2019)

2.7.2 Sistem Mikrokontroler

Mikroprosesor dan mikrokontroler berasal dari ide dasar yang sama. Mikroprosesor adalah istilah yang merujuk pada *central processing unit* (CPU) computer digital untuk tujuan umum. Untuk membuat sistem computer, CPU harus ditambahkan memori, umumnya *read only memory* (ROM) dan *random access memory* (RAM), dekoder memori, osilator dan sejumlah *input/output device* seperti port data parallel dan serial. Gambar diatas menunjukkan sebuah diagram blok sistem mikroprosesor tujuan umum yang terdiri atas *central processing unit* (CPU), RAM, ROM, *I/O port, timer*, dan *port serial COM*. Tambahan lain, *special-purpose device*,

seperti *interrupt handler* dan *counter*. Penambahan seperti *mass storage*, *hard drive*, *I/O peripheral* seperti *keyboard* dan *display* (CRT/LCD) menghasilkan sebuah computer yang dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi *general-purpose software*. (Sumarsono, dkk 2018)

Mikrokontroler umumnya dikelompokkan dalam satu keluarga besar, contoh-contoh keluarga mikrokontroler:

1. Keluarga MCS-51
2. Keluarga MC68HC05
3. Keluarga MC68HC11
4. Keluarga AVR
5. Keluarga PIC8

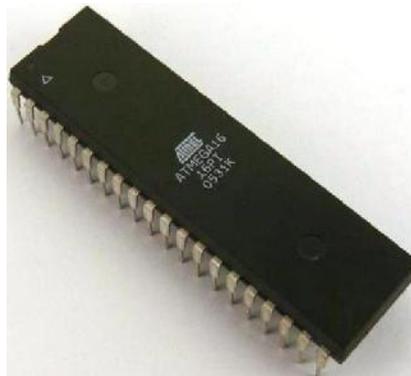
2.8 Mikrokontroler ATmega 16

2.8.1 Pengertian Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler sering juga disebut sebagai mikrokomputer atau *embedded system*. Mikrokontroler dapat dipandang sebagai suatu sistem yang terdiri atas *input*, program dan *output*. Perancang dapat mengatur perilaku mikrokontroler melalui program. Proses memasukkan program ke dalam mikrokontroler disebut proses *download* dan alat yang digunakan disebut *downloader*. Seperti sistem komputer, nilai tambah sistem mikrokontroler dapat dilipatgandakan melalui program. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) merupakan pengontrolan utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang

dimilikinya dibandingkan mikroprosesor antara lain lebih murah, dukungan software dan dokumentasi yang memadai dan memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit. Salah satu tipe mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan ialah ATmega16. (Rozali Toyib,dkk 2016)

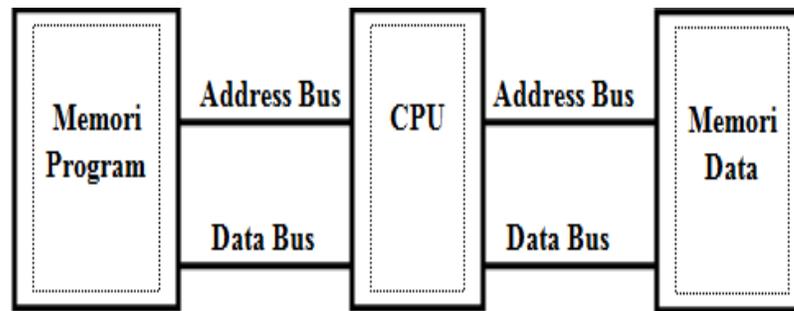
Mikrokontroler AVR standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*, karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda.



Gambar: 2.17 ATMega 16
Sumber: Penulis,2020

2.8.2 Arsitektur ATMega16

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik port alamat maupun port data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).



Gambar: 2.18 Arsitektur Harvard

Sumber: Penulis,2020

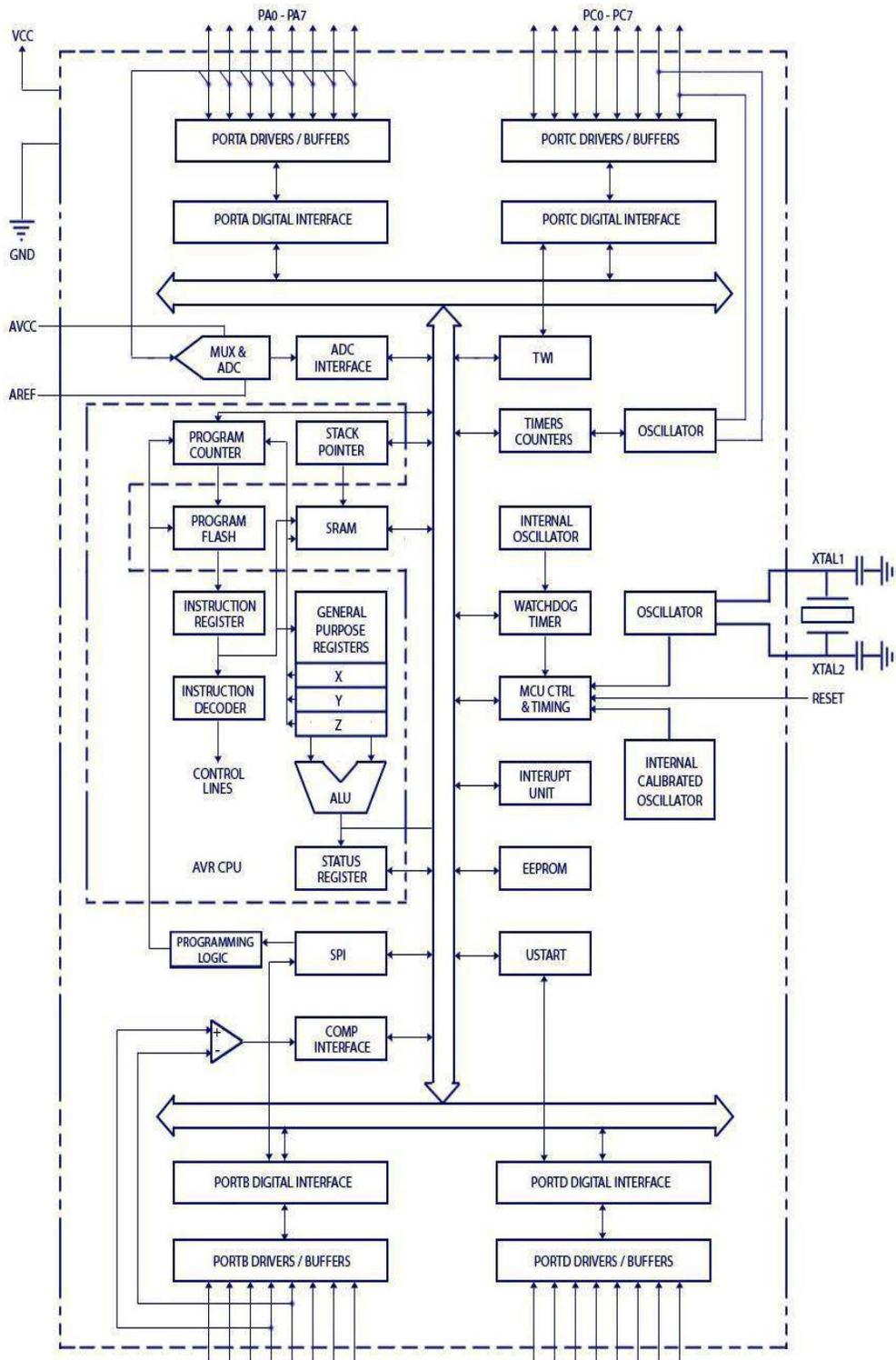
Dari gambar diatas, AVR menggunakan arsitektur Harvard dengan memisahkan antara memori dan *bus* untuk program dan data untuk memaksimalkan kemampuan dan kecepatan. Instruksi dalam memori program dieksekusi dengan *pipelining singel level*. Dimana ketika satu instruksi dieksekusi, instruksi berikutnya diambil dari memori program. Konsep ini mengakibatkan instruksi dieksekusi setiap *clock cycle*. CPU terdiri dari 32x8 – bit general purpose register yang dapat diakses dengan cepat dalam satu *clock cycle*, yang mengakibatkan operasi *Arithmetic Logic Unit (ALU)* dapat di lakukan dalam satu *cycle*. Pada operasi ALU, dua *operand* berasal dari *register*, kemudian operasi dieksekusi dan hasilnya disimpan kembali ke *register* dalam satu *clock cycle*. Operasi aritmatika logic pada ALU akan mengubah bit – bit yang terdapat pada *Status Register (SREG)*. Proses pengambilan instruksi dan pengeksekusian instruksi berjalan secara *parallel*.

Menurut (Hendra S,dkk 2015) Fitur-fitur yang dimiliki ATmega 16 sebagai berikut:

1. Mikrokontroler AVR 8 Bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah

2. Memiliki kapasitas Flash memori 16 KByte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 Kbyte
3. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
4. CPU terdiri atas 32 buah *register*
5. Unit Interupsi *internal* dan *eksternal*
6. ADC internal dengan fidelitas 10 bit 8 channel
7. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz
8. Port USART untuk komunikasi serial

Dengan fitur-fitur seperti diatas, pembuatan alat menggunakan ATmega16 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah. (Rozali Toyib,dkk 2016)

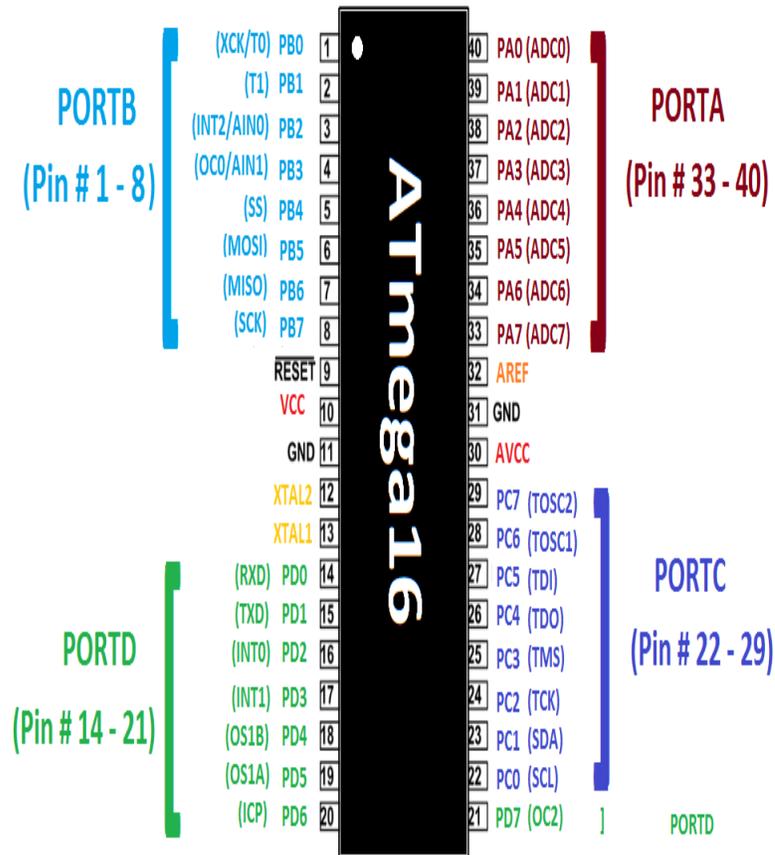


Gambar: 2.19 Blok Diagram ATmega16

Sumber: Rozali Toyib,dkk 2016

2.8.3 Konfigurasi PIN ATmega16

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40 pin dapat dilihat pada gambar di bawah. ATmega16 memiliki 32 pin yang digunakan untuk input/output, pin-pin tersebut terdiri dari 8 pin sebagai port A, 8 pin sebagai port B, 8 pin sebagai port C, dan 8 pin sebagai port D. Dalam komunikasi serial, maka hanya port D yang dapat digunakan karena fungsi khusus yang dimilikinya. Untuk lebih jelas akan ditunjukkan pada tabel-tabel fungsi khusus port. Susunan pin Mikrokontroler ATmega16 diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar :2.20 Susunan kaki Mikrokontroler ATmega16

Sumber: Rozali Toyib, dkk 2016

Berikut ini adalah penjelasan umum susunan kaki dari ATmega16:

1. VCC merupakan pin masukan positif catu daya. Setiap peranti elektronika digital membutuhkan sumber daya yang umumnya sebesar 5V. Oleh karena itu, biasanya di PCB kit mikrokontroler selalu ada IC regulator 7805
2. GND sebagai pin Ground
3. Port A (PA0...PA7) Merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC. Port A berfungsi sebagai *input* analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin-pin port dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A *output* buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor *internal pull-up* diaktifkan. Pin port A adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
4. Port B (PB0...PB7) Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog dan SPI. Port B adalah suatu port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port B output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber

jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin port B adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

Tabel 2.2. Fungsi Khusus Port B Atmega 16

Port Pin	Alternate Functions
PB 7	SCK: SPI serial waktu
PB 6	MISO: SPI master input / slave output
PB 5	MOSI: SPI master output / slave input
PB 4	SS: SPI slave select input
PB 3	AIN1: pembanding analog, input negative OC0: Timer / counter 0 output (pembanding output)
PB 2	AIN0: Pembanding analog, input positive INT2: External interrupt 2 input
PB 1	T1: Timer / counter1 external counter input
PB 0	T0: Timer/Counter 0 external counter input XCK: USART waktu eksternal input / output)

Sumber: Rozali Toyib,dkk 2016

5. Port C (PC0...PC7) Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator TWI, komparator analog dan timer osilator. Port C adalah suatu port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Bandar C output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin bandar C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin port C adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis

Tabel 2.3. Fungsi Khusus Port C Atmega 16

Port Pin	Alternate Functions
PC 7	TOSC2: Waktu oscillator Pin2
PC 6	TOSC1: Waktu oscillator Pin1
PC 5	TDI: JTAG test data input
PC 4	TDO: JTAG test data output
PC 3	TMS: JTAG test mode select
PC 2	TCK: JTAG test clock
PC 1	SDA: Dua penghubung serial data input / output
PC 0	SCL: Dua penghubung serial waktu

Sumber: Rozali Toyib,dkk 2016

6. Port D (PD0...PD7) Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial. Port D adalah suatu port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port D output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin port D adalah tri-stated manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port D Atmega 16

Port Pin	Alternate Functions
PD 7	OC2: Timer / counter 2 output (hasil output)
PD 6	ICP1: Timer / counter 1 input Pin
PD 5	OC1A: Timer / counter 1 hasil output A (hasil output A)
PD 4	OC1B: Timer / counter 1 hasil output B (hasil Output B)
PD 3	INT1: External interrupt 1 input
PD 2	INT0: External interrupt 0 input
PD 1	TXD: USART output Pin
PD 0	RXD: USART input Pin

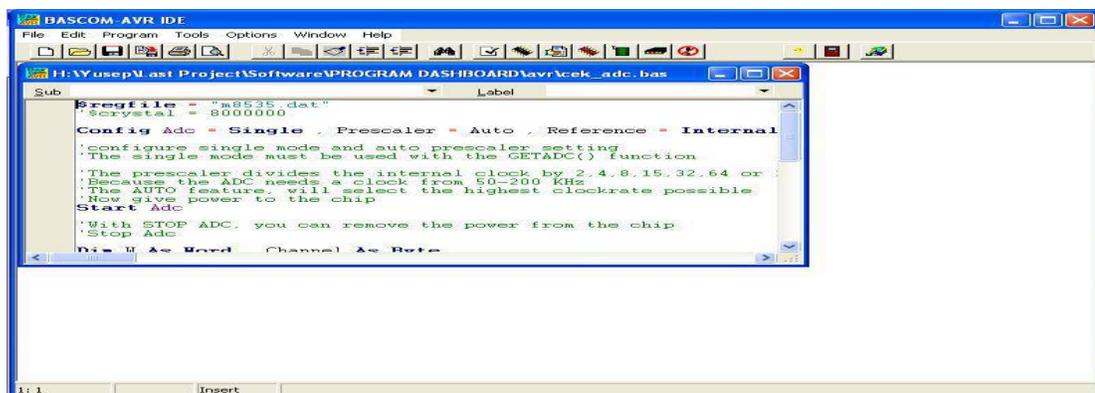
Sumber: Rozali Toyib,dkk 2016

7. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler
8. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin masukan clock eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (clock) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya maka semakin cepat mikrokontroler tersebut
9. AVCC sebagai pin masukan tegangan untuk ADC
10. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi

2.9 Bascom AVR

2.9.1 Pengertian Bascom AVR

Bascom AVR atau yang biasa disebut *basic compiler* adalah suatu piranti lunak yang termasuk bahasa tingkat tinggi yang sangat mudah untuk dipelajari. Sebagai *compiler*, yaitu perubah instruksi dari bahasa basic ke file yang berbentuk hexa dengan tujuan dimengerti oleh mesin atau mikrokontroler, sehingga mikrokontroler mampu menerjemahkan instruksi-instruksi yang kita buat dengan benar dan tepat Interface dari BASCOM AVR dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.21 Interface BASCOM AVR

Sumber: Armansyah,2018

Tabel 2.5. Keterangan lengkap ikon-ikon dari program BASCOM

<i>Icon</i>	Nama	Fungsi	<i>Shortcut</i>
	<i>File New</i>	Membuat file baru	Ctrl+N
	<i>Open File</i>	Untuk Membuka File	Ctrl+N
	<i>File Close</i>	Untuk Menutup proram yang dibuka	Ctrl+O
	<i>File Save</i>	Untuk menyimpan file	Ctrl+S
	<i>Save as</i>	Menyimpan dengan nama yang lain	-
	<i>Print preview</i>	Untuk melihat tampilan sebelum dicetak	-
	<i>Print</i>	Untuk mencetak dokumen	Ctrl+P
	<i>Exit</i>	Untuk Keluar dari program	-
	<i>Program compile</i>	Untuk mengkompile program yang dibuat, Outputnya bisa berupa *.hex, *.bin dll	F7
	<i>Syntax check</i>	Untuk memeriksa kesalahan bahasa	Ctrl+F7
	<i>Show result</i>	Untuk menampilkan hasil kompilasi program	Ctrl+W

Sumber: Armansyah,2018

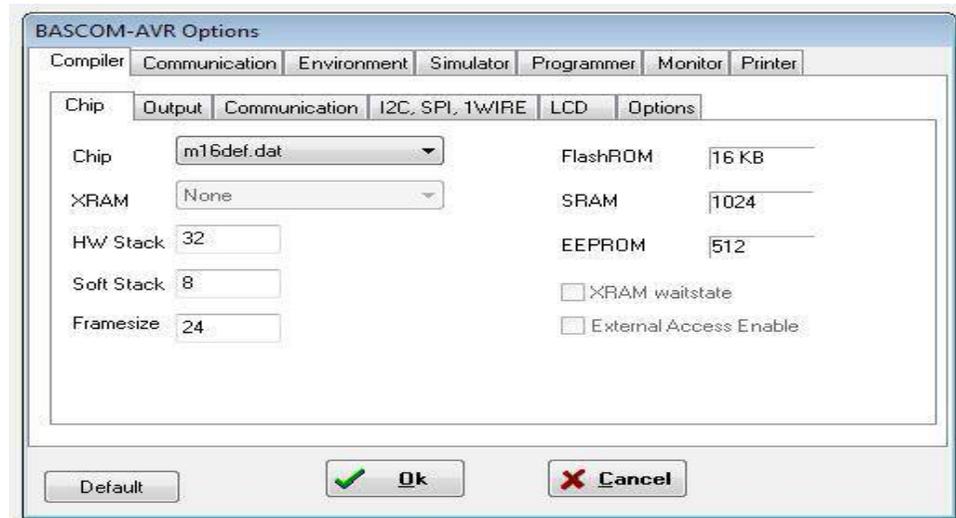
Tabel 2.6. Keterangan menu *show result*

Info	Keterangan
Compiler	Versi dari compiler yang digunakan
Processor	Menampilkan target prosesor yang dipilih
Date and time	Tanggal dan waktu kompilasi
Baud rate dan xtal	Baudrate yang dipilih dan kristal yang digunakan uP.
Error	Error nilai Baud yang di set dengan nilai baud sebenarnya
Flash Used	Persentase flash ROM yang terisi program
Stack Start	Lokasi awal stack pointer memori
RAM Start	Lokasi awal eksternal RAM.
LCD Mode	Mode LCD yang digunakan, 4 bit atau 8 bit

Sumber: Armansyah,2018

2.9.2 *Compiler*

BASCOM-AVR menyediakan pilihan untuk memodifikasi pilihan-pilihan pada kompilasi. Dengan memilih menu *Compiler* maka jendela berikut akan ditampilkan.



Gambar: 2.22 *Jendela Option*

Sumber: Armansyah,2018

Tabel 2.7. Keterangan dari Tab Menu Chip

TAB Menu	OPTION	Keterangan
Chip	Chip	Mikrokontroller yang digunakan, sebagai contoh m8535.dat untuk ATMEGA8535
	XRAM	Jika menggunakan ekstrenal RAM nilai ini bisa ditampilkan
	HW Stack	Stack memory hardware, setiap Gosub membutuhkan 2 byte. Jika menggunakan interupsi, naikan nilainya
	Soft stack	Stack software, nilai defaultnya 8
	FlashROM	Nilai flashROM Chip yang dipilih
	SRAM	Nilai RAM internal Chip yang dipilih
	EEPROM	Nilai EEPROM chip yang terpilih
Output		File Output yang akan dihasilkan dalam proses kompilasi

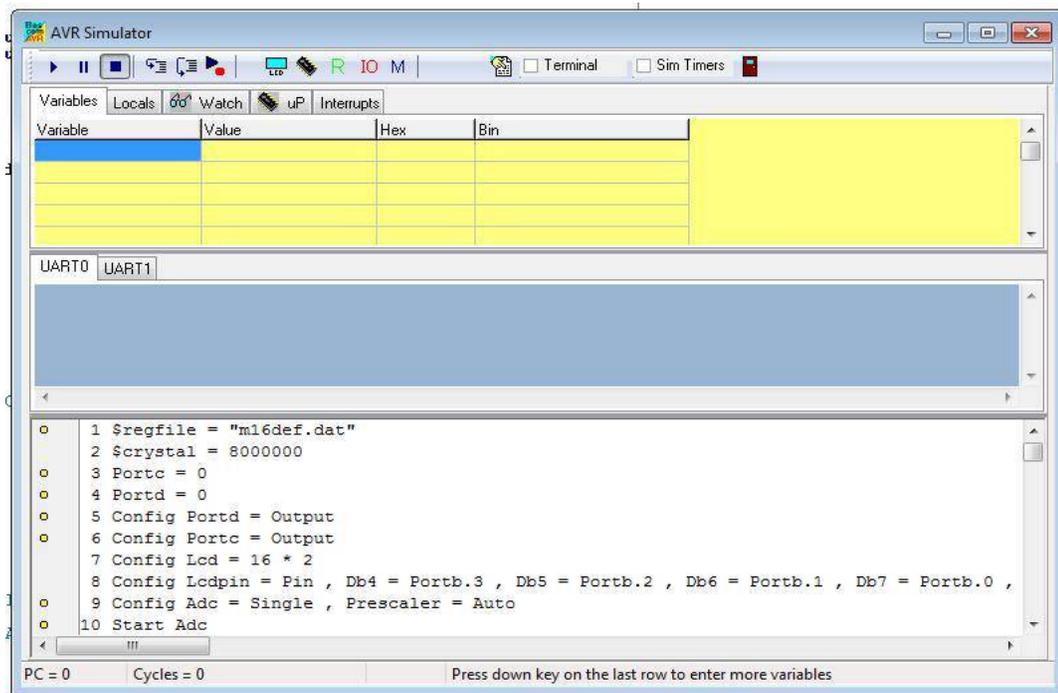
Communication	Baudrate 0	Nilai Baudrate yang digunakan dalam komunikasi serial
	Frekuensi	Nilai osilator yang digunakan
	Error	Error antara baudrate yang dipilih dengan nilai sebenarnya, hal ini tergantung pada osilator yang dipilih
I2C, SPI, 1 wire	SDA	Pin yang berfungsi untuk data serial dalam komunikasi I2C
	SCL	Pin yang berfungsi untuk data clock dalam komunikasi I2C
	1Wire	Pin yang digunakan untuk komunikasi 1 wire
	SPI	Pin yang digunakan untuk komunikasi serial sinkron
LCD		Pemilihan Port yang digunakan untuk tampilan LCD, jenis LCD

Sumber: Armansyah,2018

BASCOM-AVR menyediakan pilihan yang dapat mensimulasikan program.

Agar dapat menjalankan simulator ini, file DBG dan OBJ harus dipilih pada menu

Options Compiler Output. Tampilan program simulasi adalah sebagai berikut:



Gambar:2.23 Interface Simulator BASCOM AVR

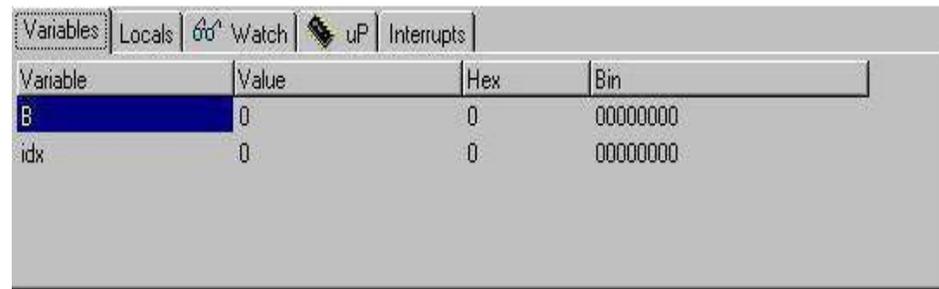
Sumber: Armansyah,2018

Tekan tombol  untuk memulai simulasi. Dan untuk memberhentikan simulasi atau menahan proses simulasi gunakan tombol disebelahnya. Layar biru ditengah merupakan simulasi layar monitor ketika menggunakan komunikasi serial.

Untuk dapat mengamati perubahan-perubahan nilai register atau variabel selama program berjalan, simulator ini menyediakan beberapa jendela, antara lain.

1. Variabel

Jendela ini berisi tabel yang berfungsi untuk mengamati nilai variabel-variabel yang digunakan dalam program yang sedang disimulasikan. Untuk menambahkan variabel klik ganda pada kolom variabel maka daftar variabel akan ditampilkan, klik variabel yang ingin diamati

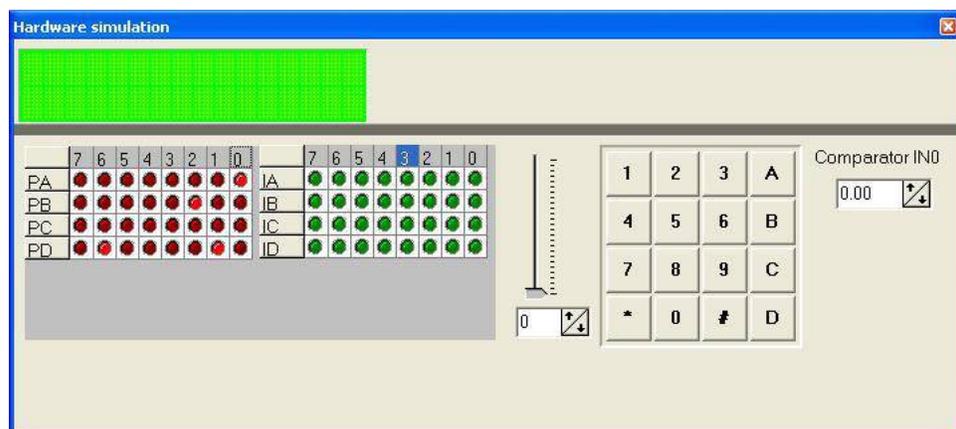


Gambar 2.24 Jendela Variabel

Sumber: Armansyah,2018

2. Simulasi *Hardware*

Selain itu Untuk dapat melihat perubahan data pada setiap port atau ketika kita ingin memberikan input pada pin-pin tertentu dari mikrokontroller, maka gunakan tombol  untuk menampilkan jendela sebagai berikut:



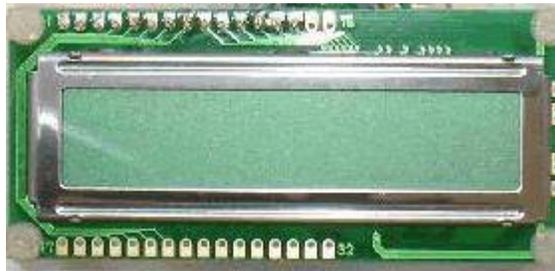
Gambar 2.25 Jendela Simulasi Hardware

Sumber: Armansyah,2018

2.10 *Liquid Cristal Display (LCD)*

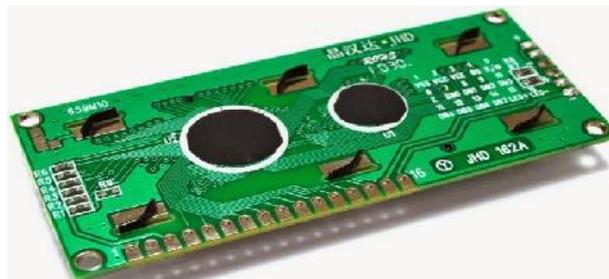
LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD (liquid crystal display) bisa memunculkan gambar atau dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun Kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri.

Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD (liquid crystal display) adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetic yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring.



Gambar: 2.26 Liquid Crystal Display 2x16 Tampak Depan
Sumber: Penulis,2020

Pada gambar diatas terlihat gambar tampilan bagian depan dari LCD 2X16, sedangkan pada gambar dibawah adalah gambar tampilan bagian belakang pada LCD 2X16 yang dilengkapi dengan modul.



Gambar: 2.27 Liquid Crystal Display 2x16 Tampak Belakang
Sumber: Penulis,2020

2.10.1 Fungsi Dan Konfigurasi Pin

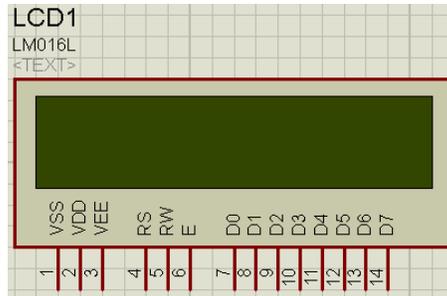
Fungsi pin yang terdapat pada LCD 16x2 dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Fungsi pin LCD 16x2

No	Simbol	Level	Fungsi
1	Vss	-	0 Volt
2	Vcc	-	5 + 10% Volt
3	Vee	-	Penggerak LCD
4	RS	H/L	H = memasukan data L = memasukan Ins
5	R/W	H/L	H = baca L = tulis
6	E		Enable Signal
7	DB 0	H/L	Data Bus
8	DB 1	H/L	
9	DB 2	H/L	
10	DB 3	H/L	
11	DB 4	H/L	
12	DB 5	H/L	
13	DB 6	H/L	
14	DB 7	H/L	
15	V + BL		Kecerahan LCD
16	V - BL		

Sumber:

Sedangkan untuk konfigurasi pin dari LCD dapat dilihat pada gambar 2.20 berikut ini:



Gambar: 2.28 Konfigurasi PIN LCD

Sumber: Penulis,2020

2.10.2 Karakteristik

Modul LCD 16x2 memiliki karakteristik sebagai berikut : Terdapat 16 x 2 karakter huruf yang bisa ditampilkan. Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor, Terdapat 192 macam karakter. Terdapat 80 x 8 bit display RAM (maksimal 80 karakter). Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit. Dibangun dengan osilator lokal. Satu sumber tegangan 5 volt. Otomatis reset saat tegangan dihidupkan. Bekerja pada suhu 0°C sampai 55°C. (I Made Darma Udayana, dkk 2017)

2.10.3 Spesifikasi

Untuk LCD 16x2 yang di lengkapi dengan modul I²C/TWI yang di desain untuk meminimalkan penggunaan pin pada saat menggunakan display LCD 16x2. Normalnya sebuah LCD 16x2 akan membutuhkan sekurang-kurangnya 8 pin untuk dapat diaktifkan. Namun LCD 16x2 jenis ini hanya membutuhkan 2 pin saja. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:

1. I²C Address : 0x27
2. *Back lit (Blue with char color)*
3. Supply voltage : 5 V
4. Dimensi : 82x35x18 mm
5. Berat : 40 gram
6. Interface : I²C

BAB 3

PERANCANAGAN SISTEM DAN ALAT

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, rancangan alat, metode penelitian, dan prosedur penelitian. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk mengetahui cara kerja pada rangkaian alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi Berbasis Mikrokontroler ini. Penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 Jl. Kemuning Raya, Helvetia, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20124

3.2 Perancangan *Hardware* dan *Software*

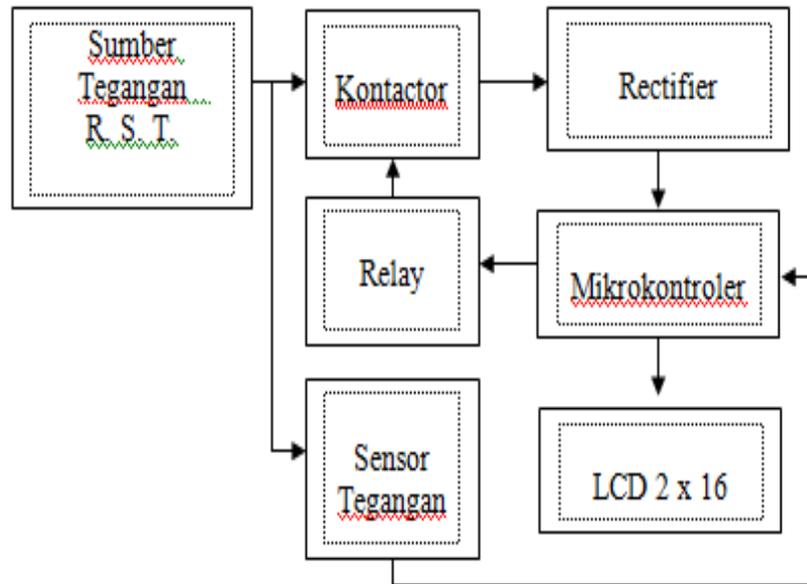
Perancangan alat detektor gangguan grounding dan netral pada gardu distribusi Berbasis Mikrokontroler ini terbagi atas dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* terbagi atas perancangan sistem control, perancangan unit masukan, perancangan unit keluaran dan perancangan uni. Sedangkan perancangan *software* terdiri dari perancangan program bahasa basic.

3.2.1 *Hardware*

Adapun yang dimaksud dengan sistem adalah sekumpulan elemen yang saling berkaitan yang memproses masukan (*input*) yang satu dengan masukan yang lain

sehingga mampu menghasilkan keluaran (*output*) berupa informasi yang dapat digunakan dalam mengambil suatu keputusan.

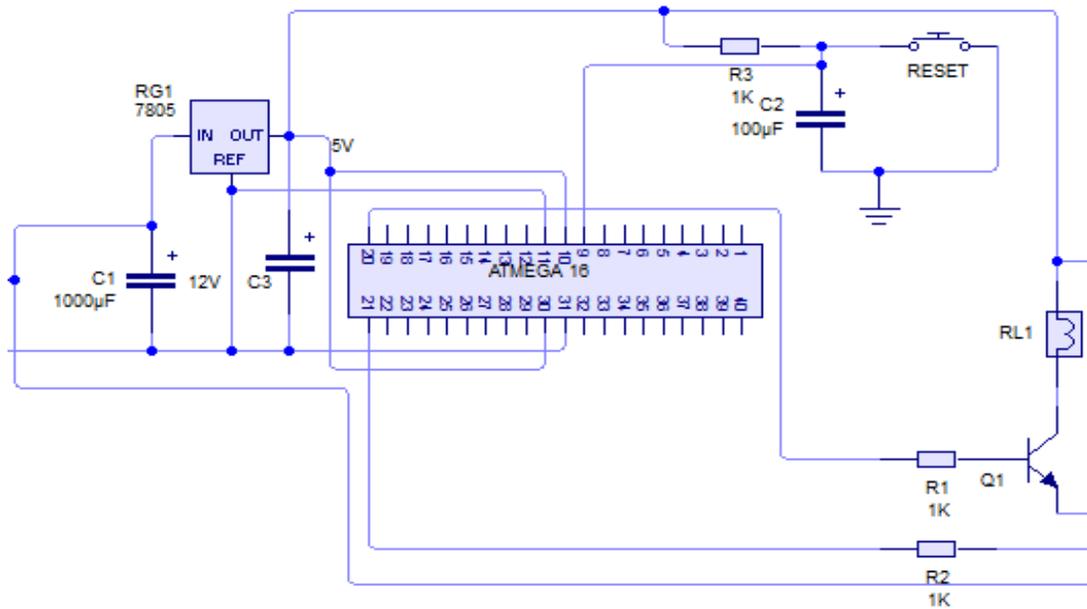
3.2.2 Blok Diagram



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian
Penulis, 2020

Dari gambar blok diagram diatas penulis menjelaskan bahwa, dari sumber tegangan 3 phasa R S T menuju kontaktor sebagai *switch* tegangan dan mengkonfersikan tegangan AC menggunakan rangkaian *rectifier* menjadi DC untuk menyuplay mikrokontroler. Sedangkan tegangan AC telah dipantau menggunakan sensor tegangan untuk membatasi tegangan maksimal tegangan dan minimum tegangan masuk. Dari sesnsor tegangan member informasi kepada mikrokontroler sebagai pengontrol jika tegangan kurang dari 350 V dan lebih dari 390 V maka otomatis mikrokontroler akan mengirim perintah kepada relay dan kontaktor untuk memutuskan tegangan masuk pada rangkaian.

3.2.3 Rangkaian Minimum ATmega 16



Gambar 3.2 Rangkaian Minimum ATmega16
Penulis,2019

Rangkaian sistem minimum adalah rangkaian minimal dimana *chip* mikrokontroler dapat bekerja (*running*). Chip AVR Atmega dilengkapi dengan osilator internal sehingga, untuk menghemat biaya (*cost*), tidak perlu menggunakan kristal/resonator eksternal untuk sumber *clock* CPU.

Untuk membuat rangkaian sistem minimum diperlukan beberapa komponen yaitu :

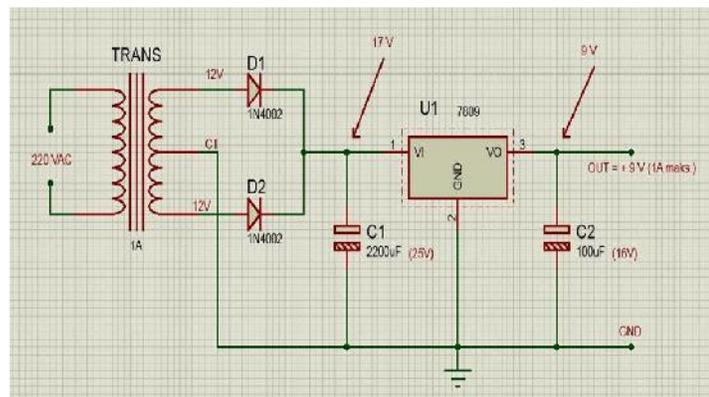
1. IC mikrokontroler ATmega16
2. 3 kapasitor kertas yaitu 22 pF (C2 dan C3) serta 100 nF(C4)
3. 1 kapasitor elektrolit 4.7 uF (cl2) 2 resistor yaitu 100 ohm (R1) dan 10 Kohm (R3)
4. 1 tombol reset pushbutton (PB1)

5. Rangkaian sistem minimum ATMeaga16 dapat dilihat pada gambar diatas.

Program memori adalah memori *Flash PEROM* yang bertugas menyimpan program (software) yang kita buat dalam bentuk kode-kode program (berisi alamat beserta kode program dalam ruangan memori alamat tersebut) yang kita *compile* berupa bilangan heksa atau biner.

3.2.4 Regulator Tegangan

Rangkaian regulator tegangan adalah rangkaian pengatur tegangan agar tegangan yang keluar dari rangkaian ini tetap pada satu nilai meskipun masukannya lebih besar dari nilai yang diinginkan. Pada rancangan ini digunakan LM7809 sebagai regulator tegangan dikarenakan LM7809 bisa menerima tegangan masukan antara 8V-18V tetapi tegangan keluarannya bernilai 9V yang sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler sebagai catu dayanya.

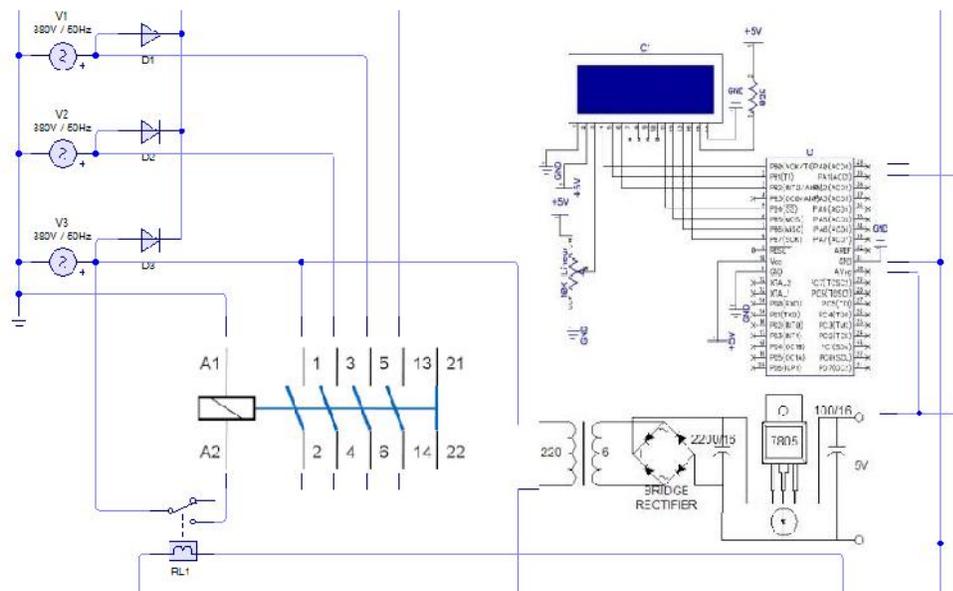


Gambar 3.3 Rangkaian Regulator Tegangan
Penulis,2019

3.2.5 Rangkaian Relay dan Kontaktor

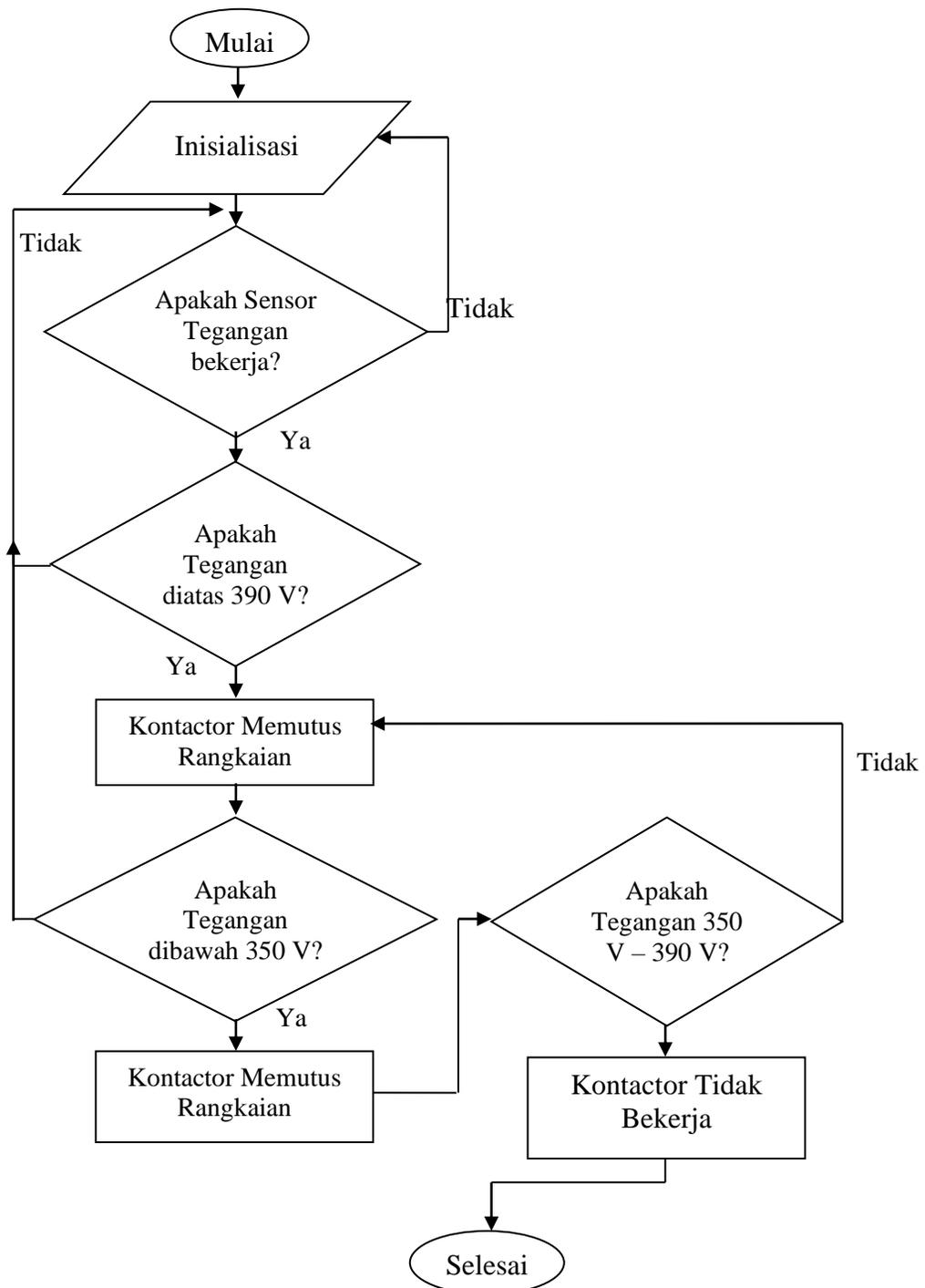
Rangkaian relay dan kontaktor bekerja sebagai saklar pada suatu rangkaian listrik. Relay dan kontaktor bisa digunakan pada rangkaian AC maupun DC sesuai

dengan petunjuk pemakaian dan penggunaannya. Biasanya, pada relay tertulis jenis relay tersebut apakah untuk listrik AC atau listrik DC. Saat ini, tersedia relay dengan berbagai bentuk dan ukuran. Namun demikian, untuk lebih mudah biasanya dibedakan berdasarkan jumlah kaki rela yang ada. Untuk relay 5 kaki, setiap kaki relay akan memiliki kode yang biasanya ditandai dengan angka untuk membedakan fungsi kaki relay tersebut. Setiap kaki relay akan memiliki fungsi yang berbeda antara satu dan lainnya. Sehingga bila terjadi pemasangan kaki dengan konfigurasi yang berbeda maka akan membuat fungsi relay menjadi berbeda pula.



Gambar 3.4 Rangkaian Relay
Penulis,2019

3.3 Flowchart



Gambar 3.6 Flowchart
Penulis, 2020

Dari gambar flowchart diatas penulis dapat menjelaskan

1. Mulai
2. Inisialisasi port pada program
3. Apakah sensor tegangan pada rangkaian bekerja? Jika tidak maka lakukan pemeriksaan ulang pada inisialisasi port atau data, jika alat sensor bekerja
4. Apakah tegangan pada rangkaian diatas 390 V? jika tidak maka contactor tidak akan bekerja untum memutus rangkaian jika tegangan diatas 390 v maka
5. Kontactor akan memutus tegangan secara otomatis
6. Apakah tegangan pada rangkaian dibawah 350 v? jika tidak maka kontaktor tidak akan bekerja, jika tegangan dibawah 350 v maka
7. Kontactor akan memutus rangkaian secara otomatis
8. Apakah tegangan pada rangkaian 350-390 v? jika tidak maka kontaktor akan memutus rangkaian secra otomatis, jika tegangan stabil 350-390 v amaka
9. Kontaktor tidak akan bekerja dan rangkaian dianggap aman
10. Selesai

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Sesuai dengan garis besar pada tujuan penelitian ini adalah membuat Rancangan Alat Detektor Gangguan Grounding Dan Netral Pada Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler Di Pt.Pln (Persero) Ulp. Medan Selatan. Ada beberapa langkah yang dipakai dalam pembuatan alat sebelum melakukan pengujian.

4.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian catu daya bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran catu daya yang akan digunakan sebagai tegangan input kerja rangkaian mikrokontroler ATmega16. Pengujian ini dilakukan untuk menghindari tegangan yang tidak diharapkan. Sistem pengujian rangkaian catu daya dapat dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dari rangkaian dengan cara menggunakan Voltmeter.

Sumber tegangan yang digunakan sebagai tegangan kerja pada rangkaian Alat Detektor Gangguan Grounding Dan Netral Pada Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler ini memiliki sumber berasal dari DC12 V. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap rangkaian catu daya yaitu dengan cara mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan oleh masing-masing sumber tegangan yang dialirkan ke rangkaian mikrokontroler ATmega16. Berikut adalah tabel hasil dari pengukuran rangkaian catu daya ke mikrokontroler.

Tabel 4.1 Uji kesetabilan catu daya

Percobaan	Diharapkan berdasarkan data sheet	Hasil Pengukuran
	Vcc	Vcc
Ke-1	12 V	11,98 V
Ke-2	12 V	11,98 V
Ke-3	12 V	11,98 V
Ke-4	12 V	11,98 V
Ke-5	12 V	11,98 V
Nilai Rata-rata	12 V	11,98 V

Penulis,2019

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Aktual} - \text{Terbaca}}{\text{Aktual}}$$

$$\% \text{ Rata-rata Kesalahan DC } 12 \text{ V} = \frac{12 \text{ V} - 11,98 \text{ V}}{12 \text{ V}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,02 \text{ v}}{12 \text{ v}} \times 100\%$$

$$= 0,17 \%$$

Berbasis Mikrokontroler difungsikan untuk memberikan tegangan konstan pada rangkaian sistem minimum alat. Berdasarkan *datasheet* terdapat beberapa tipe IC regulator yang menandakan tegangan keluaran yang dihasilkan. Pada pembuatan alat Detektor Gangguan Grounding Dan Netral Pada Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler yang dibuat menggunakan IC regulator 7805, menurut *data shet* pada IC regulator 7805 ini mengeluarkan teganga sebesar 5 volt DC yang mana tertera pada dua digit angka dari belakang pada *body* regulator

Sistem pengujian pada IC regulator 7805 dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan oleh IC regulator 7805. Alasan pemilihan penggunaan IC regulator 7805 dikarenakan pada setiap sistem mikrokontroler bekerja berdasarkan tegangan 5V DC. Hasil pengujian IC regulator dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian IC Regulator

Percobaan	Diharapkan	Hasil Pengukuran	Presentase Kesalahan
Ke-1	5 V	4,96V	0,8%
Ke-2	5 V	4,96 V	0,8%
Ke-3	5 V	4,96V	0,8%
Ke-4	5 V	4,96V	0,8%
Ke-5	5 V	4,96V	0,8%
Nilai rata-rata	5 V	4,96 V	0,8%

Penulis,2019

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kesalahan IC 7805} &= \frac{5 \text{ V} - 4,96}{5 \text{ V}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,04 \text{ V}}{5 \text{ V}} \times 100\% \\
 &= 0,8 \%
 \end{aligned}$$

Pada percobaan ini penulis menggunakan relay jenis normalisasi open 12 volt 5 kaki sebagai driver. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan positif dan negative pada relay. Pada gambar dibawah ini terdapat kabel yang terhubung dari catu daya ke kaki positif pada relay yang memberikan tegangan sebesar 12V dan

kabel yang terhubung dari portc.0 dan portc.1 dari mikrokontroler ke kaki portc.0 dan kaki portc.1 kepada IC yang memberikan tegangan 5V, dan keluaran dari IC ke relay adalah tegangan negative. Sehingga tegangan yang diterima relay adalah 12V.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tegangan Relay

Percobaan Ke	Atmega 16	Nilai logic	Output	Hasil Ukur
I	Port.0	0	Pin 1	0 Volt
	Port.1	1	Pin 2	12,25 Volt
II	Port.0	1	Pin 1	12,25 Volt
	Port.1	0	Pin 2	0 Volt
III	Port.0	0	Pin 1	0 Volt
	Port.1	0	Pin 2	0 Volt

Penulis, 2019

4.4 Pengujian Sensor Tegangan AC

Pengujian sensor tegangan AC dimaksudkan untuk memastikan bahwa sensor tersebut bekerja dengan baik dalam membaca tegangan AC yang diukur. Tegangan maksimum yang bisa masuk ke PIN ADC mikrokontroler adalah sekitar 5VDC. Sehingga tegangan dari PLN sebesar yaitu sekitar 220VAC – 380 VAC perlu dikondisikan dan diubah menjadi VDC sehingga dapat diproses oleh mikrokontroler.

Berdasarkan hasil perancangan sensor tegangan dengan menggunakan nilai didapatkan V_{out} sebesar 2.03VDC. Nilai tegangan sebesar 2.03 VDC merupakan nilai aktual hasil perhitungan, namun dalam pengukuran menggunakan multimeter

tegangan keluar dapat kurang atau lebih dari 2.03VDC dikarenakan komponen resistor memiliki toleransi sebesar 5%.

Sensor tegangan AC mengeluarkan sinyal analog yang hasil pembacaan oleh sensor secara langsung diterima mikrokontroler melalui pin ADC (*Analog Digital Converter*), dimana dalam penelitian ini menggunakan pin A1 pada board mikrokontroler. Pengujian sensor tegangan AC pada alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara yang terbaca oleh alat monitoring dibandingkan dengan pembacaan oleh voltmeter yang terstandar kalibrasi. Hasil yang didapatkan pada perbandingan pembacaan tegangan yang dilakukan oleh alat monitoring dengan voltmeter, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan AC

No	Tegangan yang diamati		Error (%)
	Sensor Tegangan AV	Volt Meter	
1	379	380	0.45
2	380	380	0
3	381	379	0.9
4	380	379	0.45
5	375	375	0
6	383	387	0.45
7	381	381	0
8	379	380	0.45
Error Rata-Rata (%)			0.33

Sumber: Penulis,2020

Data kesalahan atau error yang didapat dari pengamatan tabel diatas dilakukan perhitungan persentase kesalahan yang didapatkan, dengan perhitungan.

$$\% \text{ Error Kesalahan} = \left| \frac{V_{out} \text{ Perhitungan} - V_{out} \text{ Pengukuran}}{V_{out} \text{ Perhitungan}} \right| \times 100 \%$$

$$\% \text{ Kesalahan Rata-Rata} = \frac{\Sigma \% \text{ Kesalahan}}{n}$$

Dimana n merupakan banyaknya pengujian yang dilakukan, Perhitungan persentase kesalahan pembacaan tegangan (% error) terhadap hasil pengukuran voltmeter sebagai berikut:

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{380 - 379}{380} \times 100 \% = 0.0045 = 0.45 \%$$

Terdapatnya sebuah persentase kesalahan dapat diakibatkan resolusi pembacaan antara sensor tegangan AC dengan alat ukur yang berbeda, dan dapat juga disebabkan ketidakstabilan tegangan saat proses pengukuran sehingga terdapat selisih pembacaan yang masih dalam tahap wajar. Persentase kesalahan dalam mengukur tegangan pada alat monitoring ini sebesar 0.45% dan dapat dikategorikan sebagai alat ukur cermat atau presisi.

4.5 Pengujian Kontaktor



Gambar 4.1 Pemasangan Pin Kontaktor
Sumber: Penulis,2020



Gambar 4.2 Pengujian Tegangan Kontaktor
Sumber: Penulis,2020

Dalam pengujian ini penulis menggunakan komponen Kontaktor untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC yang terpasang pada rangkaian alat. Pada suatu contactor terdapat beberapa saklar dengan jenis NO (*Normaly Open*) dan NC (*Normaly Close*) dan sebuah kumparan atau coil elektromagnetik untuk mengendalikan saklar tersebut. Apabila coil elektromagnetik contactor diberikan sumber tegangan listrik AC 350 v – 390 v sesuai dengan perintah program yang dirancang maka saklar pada contactor akan terhubung, Apabila coil elektromagnetik contactor diberikan sumber tegangan listrik AC lebih kecil dari 350 v dan lebih besar dari 390 v sesuai dengan perintah program yang dirancang maka saklar pada contactor akan memutus rangkaian. Hasil pengujian kontaktor dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian NO (*Normaly Open*) dan NC (*Normaly Close*) Kontaktor pada alat

No	Tegangan (V)	Kondisi Kontaktor
1	340 v	OFF
2	330 v	OFF
3	320 v	OFF
4	310 v	OFF
5	350 v	ON
6	360 v	ON
7	370 v	ON
8	380 v	ON

9	390 v	ON
10	400 v	OFF

Sumber: Penulis,2020

Dari hasil pengujian tabel diatas bahwa tegangan yang dilakukan untuk pengujian rangkaian menggunakan tegangan 3 phasa 350 v – 390 v yang telah ditentukan pada program, namun penulis menggunakan tegangan 350 v – 390 v Karena sesuai standart tegangan yang berfungsi pada gradu distribusi.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perancangan dan pengujian Alat Detektor Gangguan Grounding Dan Netral Pada Gardu Distribusi Berbasis Mikrokontroler dapat dilihat jika tegangan lebih kecil dari 350 v dan lebih besar dari 390 v maka dapat merusak rangkaian gardu distribusi dan dapat merugikan pelanggan.
2. Hasil dari perancangan alat ini telah dibuktikan bahwa Sensor tegangan AC yang digunakan oleh penulis dalam perancangan alat dapat bekerja dengan baik dan hanya memiliki error sekitar 0.45 %.
3. Dalam perancangan alat skripsi ini penulis sudah membuktikan bahwa alat yang dirancang dapat dioperasikan dengan baik.

5.2. Saran

Adapun saran dari penulisan laporan kerja praktek ini adalah:

1. Untuk merancang sebuah perangkat yang baik tentu perlu dilakukan pengembangan baik dari sisi manfaat maupun dari sisi kerja system sesuai dengan kegunaannya.
2. Untuk pengaplikasian selanjutnya dalam dunia industri sebaiknya dilakukan penambahan komponen seperti pengaman seperti ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) sebagai system proteksi yang lebih baik dan lebih akurat.
3. Dalam perancangan alat penulis menggunakan tegangan minimum

dibawah 350 v dan tegangan maksimum diatas 390 v, namun tegangan tersebut dapat diubah sesuai keinginan jika dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aceng Daud,2019 Jurnal Teknik Energi Vol. 9 No 1 November 2019 ISSN 2089 – 2527

Adhi Kusmantoro, dkk 2015 Media ElektriKA, Vol. 8, No. 2, Desember 2015 ISSN 1979-7451

Armansyah,2018 Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika Volume: 02, Number : 01, April 2018 ISSN 2598-6341 (online)

Bahri, s. (2019). Optimasi cluster k-means dengan modifikasi metode elbow untuk menganalisis disrupsi pendidikan tinggi.

Budi Yanto Husodo,dkk 2018 Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana Vol. 9 No. 3 September 2018 ISSN: 2086-9479

Dedi Mirza,dkk 2018 Jurnal Energi Elektrik Volume 7 Nomor 2 Tahun 2018 ISSN 2303 – 1360

Denny R. Pattiapon,dkk 2017 JURNAL SIMETRIK VOL 7, NO. 2, DESEMBER 2017 p-ISSN: 2302-9579/e-ISSN: 2581-2866

Diantoro, m., maftuha, d., suprayogi, t., iqbal, m. R., mufti, n., taufiq, a., ... & hidayat, r. (2019). Performance of pterocarpus indicus willd leaf extract as natural dye tio2-dye/ito dssc. Materials today: proceedings, 17, 1268-1276.

Eka Permana,dkk 2018 Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi STMIK Subang, April 2018 ISSN: 2252-4517

Faza Abdani Auni Robbi,2019 Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, JTSiskom, e-ISSN: 2338-0403, p-ISSN: 2620-4002

Hamdani, h., tharo, z., & anisah, s. (2019, may). Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir. In seminar nasional teknik (semnastek) uisu (vol. 2, no. 1, pp. 190-195).

- Hariyanto, e., iqbal, m., siahaan, a. P. U., saragih, k. S., & batubara, s. (2019, march). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In journal of physics: conference series (vol. 1196, no. 1, p. 012025). Iop publishing.
- I D.G.Agung Budhi Udiana,dkk 2017 Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 02, Mei - Agustus 2017 p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372
- I Made Darma Udayana,dkk 2017 Gravitasi Vol. 16 No. 1 (Januari-Juni 2017) ISSN: 1412-2375
- Jeandy T. I. Kume,dkk 2016 E-Journal Teknik Elektro dan Komputer vol.5 no.4 Juli – September 2016, ISSN : 2301-8402
- Lubis, a., & batubara, s. (2019, december). Sistem informasi suluk berbasis cloud computing untuk meningkatkan efisiensi kinerja dewan mursyidin tarekat naqsyabandiyah al kholidiyah jalaliyah. In prosiding simantap: seminar nasional matematika dan terapan (vol. 1, pp. 717-723).
- Muhammad Kamal Hamid,dkk 2016 Journal of Electrical Technology, Vol. 1, No. 2, Juni 2016 ISSN : 2502 – 3624
- Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).
- Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Rahmaniar, r. (2019). Model flash-nr pada analisis sistem tenaga listrik (doctoral dissertation, universitas negeri padang).
- Rozali Toyib,dkk 2016 Jurnal Pseudocode, Volume III Nomor 1, Februari 2016, ISSN 2355 – 5920
- Sapta Nugraha,dkk 2016 JURNAL SUSTAINABLE, Vol. 5, No. 01, Mei 2016 ISSN 2087-5347
- Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.

Sulistianingsih, i., suherman, s., & pane, e. (2019). Aplikasi peringatan dini cuaca menggunakan running text berbasis android. *It journal research and development*, 3(2), 76-83.

Sumarsono,dkk 2018 JURNAL TEKNIK INFORMATIKA VOL 11 NO. 1, APRIL 2018 p-ISSN 1979-9160 | e-ISSN 2549- 7901

Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. *Jurnal informasi komputer logika*, 1(3).

Wijaya, rian farta, et al. "aplikasi petani pintar dalam monitoring dan pembelajaran budidaya padi berbasis android." *rang teknik journal* 2.1 (2019).