BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pendahuluan

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan Internasional (SI) daya listrik adalah watt. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Piranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (loudspeaker). Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpan energi seperti baterai.

Listrik arus bolak-balik *(Alternating Current/AC)* adalah arus listrik dimana besar dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan listrik arus searah *(Direct Current/DC)* dimana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoida, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga *(triangular wave)* atau bentuk gelombang segi empat *(square wave).*

Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC) ada tiga jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi, yaitu:

1. Daya aktif

   Pada rangkaian listrik AC bentuk gelombangnya berubah-ubah setiap waktu, dan besarnya daya setiap saat tidak sama. Daya yang merupakan daya rata-rata diukur dengan satuan watt (W), daya ini membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu.

2. Daya semu

   Daya semu dinyatakan dengan satuan volt-ampere (VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator dan transformator.

3. Daya reaktif

   Pada suatu instalasi, khususnya di pabrik/industri juga terdapat beban tertentu seperti motor listrik, yang memerlukan bentuk lain dari daya yaitu daya reaktif (VAR) untuk membuat medan magnet, atau dengan kata lain daya reaktif adalah daya yang terpakai sebagai energi pembangkitan *flux* magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini dikembalikan ke sistem karena efek induksi elektromagnetik itu sendiri, sehingga daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.

Daya listrik dilambangkan oleh huruf P dalam persamaan listrik. Pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan hukum joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya.

$P = V I$

Dimana:

P adalah daya, dengan satuan watt (W)

V adalah tegangan, dengan satuan volt (V)

I adalah arus, dengan satuan ampere (A)

Dari rumus dasar tersebut, dapat disangkutkan dan disimpulkan dengan tugas akhir yang dikerjakan, bahwa jika beban yang digunakan memiliki tegangan V dan arus I, maka akan menghasilkan suatu besaran daya W.

Untuk penggunaan daya yang sering di gunakan yaitu seperti yang tertera di MCB yaitu 450 watt, 900 watt dan 1300 watt. Jika daya yang digunakan sebesar 450 watt dengan asumsi tegangan sebesar 220 volt, maka arus yang didapat sebesar 2 ampere. Begitupun dengan daya 900 watt dan 1300 watt dengan menggunakan asumsi tegangan 220 volt maka dapat diketahui juga berapa besar arusnya.

Dari keterangan diatas, disimpulkan bahwa jika beban yang digunakan melebihi batas daya yang tertera di MCB maka listrik akan secara seketika memutuskan aliran arusnya. Untuk itu agar aliran listrik tidak putus secara seketika, diperlukan suatu sistem pengontrol untuk membatasi jumlah penggunaan daya dan juga mampu diterapkan untuk membantu mengefisiensi penggunaan daya listrik.

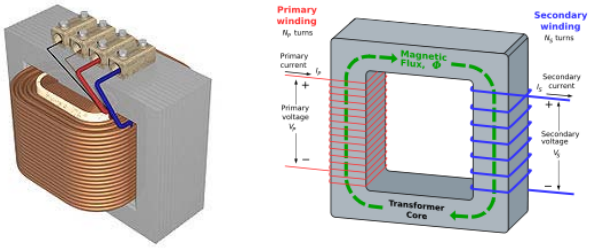
2.2 Komponen-komponen Pendukung

Dalam pengaplikasian suatu sistem, diperlukan instrumentasi pendukung untuk mewujudkannya. Pada subbab ini selanjutnya akan dibahas mengenai rangkaian dan komponen-komponen pendukung yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

2.2.1 *Transformator*

Transformator atau lebih dikenal dengan nama *transformer* atau *trafo* adalah suatu komponen elektromagnetik yang dapat mengubah daya listrik AC pada satu level tegangan yang satu ke level tegangan lain berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tranformator biasa digunakan untuk mentransformasikan tegangan (menaikkan atau menurunkan tegangan AC). Selain itu, *transformator* juga dapat digunakan untuk *sampling* tegangan, *sampling* arus, dan juga mentransformasi impedansi.

Transformator terdiri dari dua atau lebih kumparan yang membungkus inti besi feromagnetik. Kumparan-kumparan tersebut biasanya satu sama lain tidak dihubungkan secara langsung. Kumparan yang satu dihubungkan dengan sumber listrik AC (kumparan primer) dan kumparan yang lain mensuplai listrik ke beban (kumparan sekunder). Bila terdapat lebih dari dua kumparan maka kumparan tersebut akan disebut sebagai kumparan tersier, kuarter, dan lainnya.



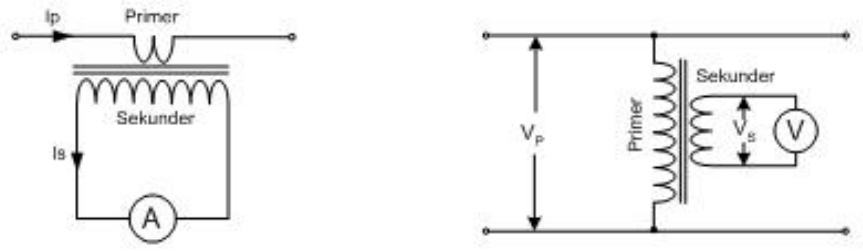
Gambar 2.1 *Transformator*

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan perubahan medan magnet. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi. Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan *fluks* yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan, sehingga *fluks* magnet yang timbulkan akan mengalir ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*). Bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan sekunder.

Pada instrumentasinya *transformator* terdiri dari *Current Transformer (CT)* dan *Potential Transformer (PT). Current Transformer (CT)* adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi menurunkan arus yang besar menjadi arus dengan ukuran yang lebih kecil. *Current transformer* atau disebut juga dengan trafo arus digunakan karena dalam pengukuran arus tidak mungkin dilakukan langsung pada arus beban atau arus gangguan, hal ini disebabkan arus sangat besar dan bertegangan sangat tinggi. Karakteristik CT ditandai oleh *Current Transformer*

Ratio (CTR) yang merupakan perbandingan antara arus yang dilewatkan oleh sisi primer dengan arus yang dilewatkan oleh sisi sekunder.

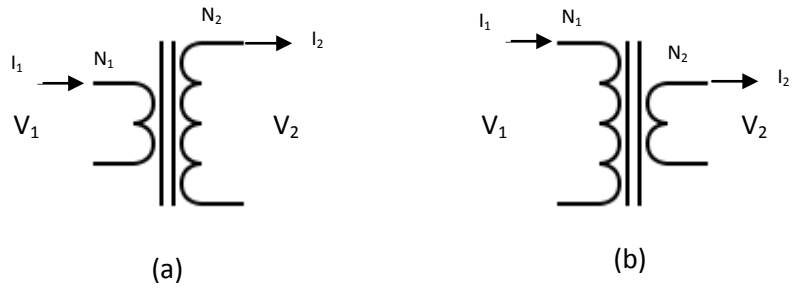
Potential Transformer (PT) adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi menurunkan tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah yang sesuai dengan *setting* relay. Trafo ini juga memiliki angka perbandingan lilitan/tegangan primer dan sekunder yang menunjukkan kelasnya.



(a) (b)

Gambar 2.2 *Transformator* Berdasarkan Instrumentasinya
(a) *Transformator* Arus (b) *Transformator* Tegangan

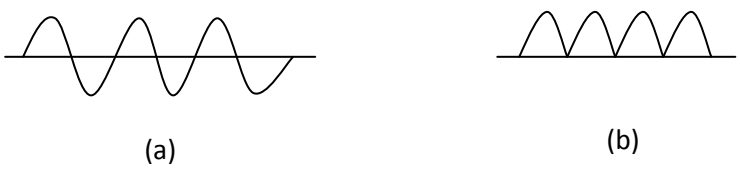
Adapun jenis-jenis *transformator* berdasarkan penggunaan masukan tegangannya yaitu *transformator step-up* dan *transformator step-down*. *Transformator step-up* (penaik tegangan) adalah *transformator* yang memiliki jumlah lilitan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primernya. Akibat dari tegangan ini adalah akan banyaknya tegangan yang dibangkitkan pada sisi sekunder lebih besar atau N2:N1 lebih besar dari 1. Sedangkan *transformator step-down* (penurun tagangan) adalah kebalikan dari *transformator step-up*, dimana jumlah lilitan sekundernya lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah lilitan primer. Sehingga tegangan yang dibangkitkan pada sisi sekunder lebih kecil atau N2:N1 lebih kecil dari 1.



Gambar 2.3 *Transformator* Berdasarkan Jenis Penggunaan Masukan Tegangannya (a) *Transformator Step-Up* (b) *Transformator Step-Down*

2.2.2 Pengkondisi sinyal

Fungsi rangkaian pengkondisi sinyal adalah untuk menyesuaikan sinyal yang dihasilkan sensor arus (dalam hal ini adalah trafo arus) menjadi sinyal yang mudah untuk diolah dan terpilah dari sinyal gangguan. Sinyal yang dapat diolah dalam rangkaian elektronika terutama IC adalah sinyal yang searah, sehingga apabila sinyal yang dihasilkan oleh sensor tidak atau belum searah, maka perlu disearahkan menggunakan penyearah.



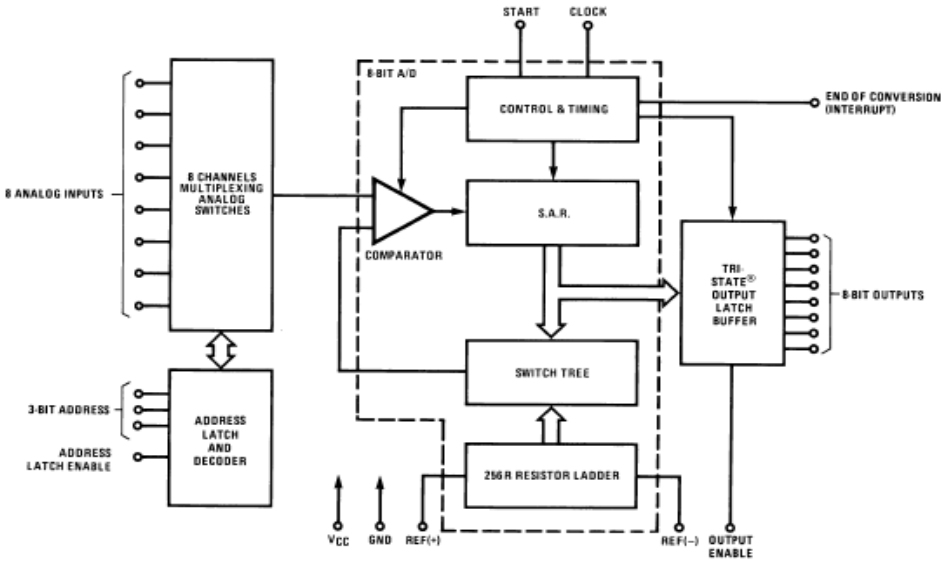
Gambar 2.4 Penyearah Sinyal (a) Sinyal dari Sensor (b) Sinyal yang Disearahkan

Sinyal yang telah disearahkan, selanjutnya disaring agar terpisah dari gangguan. Proses penyaringan ini dapat dilakukan sebelum proses penyearahan maupun setelah proses penyearahan, namun pada umumnya rangkaian *filter* telah terintegrasi beserta rangkaian penguat. Sedangkan pemasangan rangkaian penguat diawal penerimaan sinyal dari sensor dikhawatirkan akan menyebabkan

penguatan terhadap *noise*. Rangkaian penguat diperlukan karena keluaran dari sensor umumnya dalam orde milivolt, sedangkan rangkaian elektronik pengolah data dan IC yang digunakan bekerja pada tegangan dengan orde volt atau tegangan TTL 0-5 volt.

2.2.3 *Analog to Digital Converter (ADC)*

Setelah sinyal diproses, pengolahan selanjutnya yang berhubungan dengan kepentingan tujuan sistem adalah mengkonversinya kedalam sinyal atau data digital karena sinyal yang dihasilkan masih berupa sinyal analog. Karena data yang dapat diolah oleh mikrokontroler berupa sinyal atau data digital maka untuk melakukan proses konversi ini digunakan *Analog to Digital Converter* (ADC). ADC berfungsi mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital, dimana ADC yang digunakan dalam tugas akhir ini sudah memiliki multiplekser didalamnya.



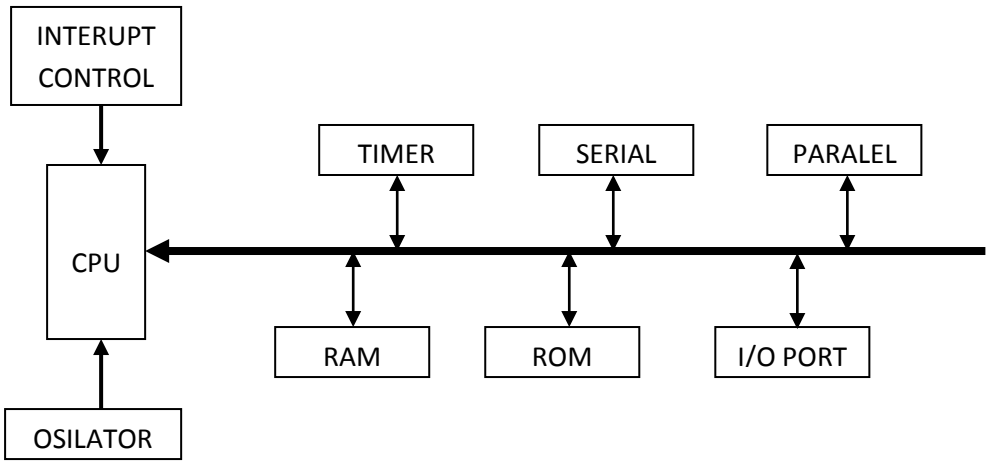
Gambar 2.5 Blok Diagram ADC0809

ADC yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah ADC0809. ADC ini dipilih karena memiliki akuisisi data CMOS 8 bit dan 8 channel multiplekser. ADC0809 memiliki kecepatan tinggi, ketelitian tinggi, temperatur minimal, dan konsumsi energi yang minimal. Konversi ADC0809 ini sekitar 100 mikro detik untuk clock 640 KHz, tegangan input 0-5 volt (1 channel) dan tegangan acuan 2,5 volt dengan ketelitian ±0.5 *Least Significant Bit (LSB)* dan ±1 LSB.

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu piranti yang digunakan untuk pengolahan data-data biner *(digital)* yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam satu *chip IC (Integrated Circuit),* yang aplikasinya berorientasi pada pengontrolan piranti *input/output*. Didalam mikrokontroler terdapat CPU, RAM, ROM, Register-register dan unit-unit penunjang lainnya.

Pada umumnya unit-unit yang terintegrasi dalam mikrokontroler adalah:



Gambar 2.6 Diagram Unit Mikrokontroler

CPU: *Central Processing Unit*, berfungsi untuk memproses dan mengkalkulasi semua data dan program yang dimiliki olek mikrokontroler.

OSILATOR: berfungsi untuk memberi acuan nol/satu pada mikrokontroler.

INTERUPT CONTROL: digunakan untuk menginterupsi program yang sedang berjalan dengan suatu aplikasi.

ROM: *Read Only Memory*, yaitu memori yang disediakan oleh mikrokontroler untuk menyimpan program. ROM hanya bisa dibaca dan tidak bisa ditulis pada saat eksekusi program. ROM ini ada dua macam, yaitu *Eraseable Programable ROM (EPROM)* yang dapat dihapus programnya dengan cara menggunakan sinar ultraviolet dan dapat kembali diisi dengan menggunakan EPROM programmer. Yang kedua adalah *Electric Eraseable Programmable ROM (EEPROM)* yang dapat dihapus dengan memberi tegangan 5 volt selama beberapa menit, dan dapat diisi kembali menggunakan EEPROM maupun EPROM programmer. Program ini tidak hilang ketika mikrokontroler tidak diberi Vcc (tegangan input). Pada tugas akhir ini EEPROM yang digunakan yaitu 24C256.

RAM: *Random Access Memory*, berfungsi sebagai tempat menyimpanan data sementara. Program akan hilang ketika mikrokontroler tidak diberi Vcc.

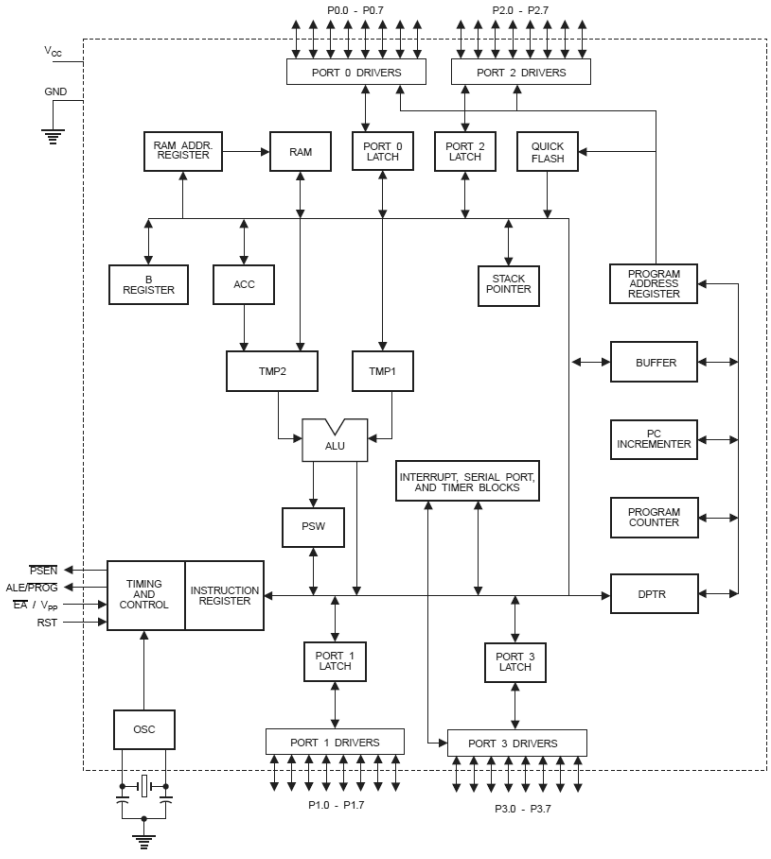
TIMER: timer terbagi menjadi empat macam, yaitu Timer 0, Timer 1, Timer 2 dan Timer 3.

SERIAL INTERFACE: berfungsi untuk melakukan komunikasi serial, yaitu data dikirim secara antri (satu persatu).

PARALEL INTERFACE: berfungsi untuk melakukan komunikasi paralel, yaitu data dikirim secara bersamaan. Selain itu paralel interface ini dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler.

I/O PORT: port input/output ini digunakan untuk melakukan penerimaan atau pengiriman data dari dan keluar mikrokontroler. Pada mikrokontroler terdapat empat buah port, yaitu port 0, port 1, port 2 dan port 3.

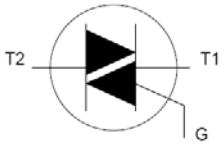
Mikrokontroler yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah mikrokontroler AT89C52. Mikrokontroler AT89C52 memiliki 40 pin yang terbagi atas empat buah port 8 bit, *Program Store Enable* (PSEN), *Address Latch Enable* (ALE), *External Access* (EA), *Reset* (RST), dan *Power Connection*.



Gambar 2.7 Blok Diagram Mikrokontroler AT89C52

2.2.5 Triac dan Opto-triac

Triac *(Triode AC Switch)* merupakan thyristor dengan elektroda picu yang mampu mengalirkan arus bolak-balik (AC). Triac terdiri dari tiga terminal semikonduktor yang terpasang anti paralel yang digunakan untuk mengontrol arus pada salah satu arah. Skematik triac dapat dilihat pada Gambar 2.9, dimana terminal utama/terminal *power* ditunjukkan oleh T1 dan T2.

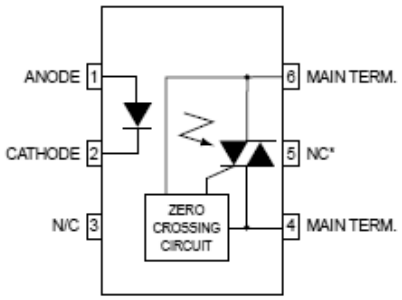


Gambar 2.8 Skematik Triac

Ada dua kaki berfungsi sebagai *anoda* dan *katoda*, sedangkan satu kaki lagi berfungsi sebagai terminal *gate* atau sebagai *trigger* arus. Triac bertindak sebagai sakelar elektronik bergaya tinggi yang mampu untuk mengontrol arus yang bersifat AC.

Triac telah banyak diaplikasikan pada suatu sistem, diantaranya yaitu digunakan sebagai kontrol *fase,* desain *inverter, AC switching,* pengganti relay dan sebagainya. Pada tugas akhir ini triac digunakan sebagai *actuator (AC switching)* untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik di beban. Adapun hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk memilih triac yaitu, tegangan *breakover* maju atau mundur, arus maksimum, arus penyimpanan minimum, tegangan *gate* dan kebutuhan *trigger* arus *gate*, dan kecepatan *switching*.

Adapun untuk opto-triac ini adalah memanfaatkan masukan dengan arus yang kecil untuk menghidupkan LED di dalam kemasan IC tersebut yang akan menyulut triac yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang dapat melewatkan arus bolak balik, keluaran opto-triac inilah yang akan berhubungan langsung dengan sumber tegangan AC pada beban yang akan dikendalikan. Opto-triac pada sistem ini digunakan sebagai *driver* untuk menyulut triac.

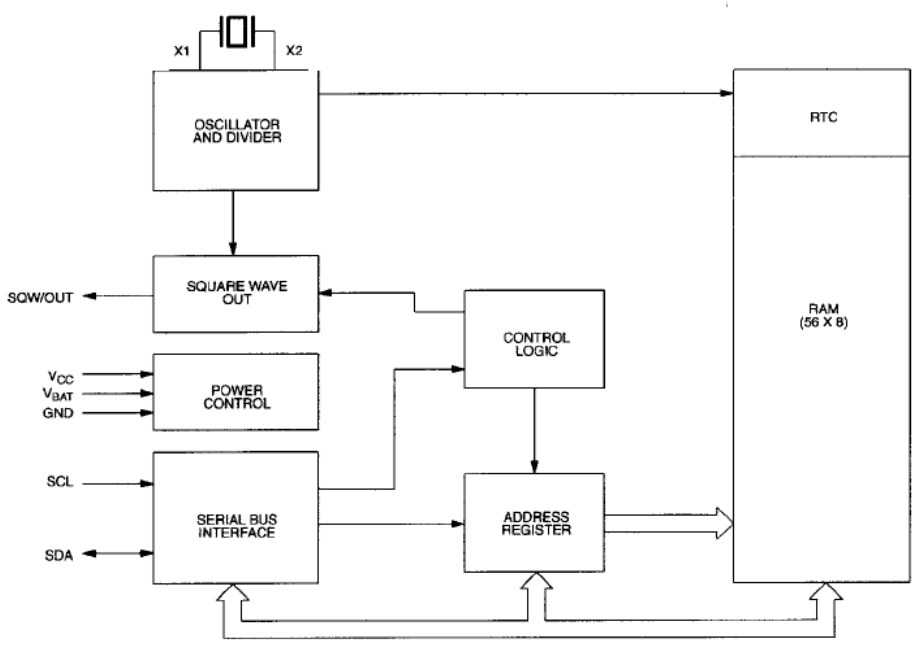


Gambar 2.9 Skematik Opto-triac

Opto-triac yang digunakan yaitu tipe MOC3041 yang dilengkapi dengan rangkaian detektor pelintas nol *(Zero Crossing Detector)* yang mampu membuat *opto*triac ini mulai akan konduksi pada saat siklus tegangan masukannya pada nol. Hal ini akan mencegah terjadinya lonjakan arus yang besar secara tiba-tiba pada beban yang dikendalikan. Keuntungan dengan menggunakan IC ini adalah lebih terjaminnya keamanan rangkaian pengendali dari hubungan langsung terhadap tegangan jala-jala PLN. Hal ini dikarenakan terpisahnya aliran arus antara beban pengendali dengan penggunaan opto-triac. Opto-triac MOC3041 bekerja pada level tegangan AC antara 200-400 Vac dengan tegangan masukan pada LED 2,3 Vdc sedangkan arus kerjanya 200 mA.

2.2.6 *Real-Time Clock (RTC)*

Real-Time Clock (RTC) digunakan untuk menghitung waktu dan penyimpanan data yang kemudian akan ditampilkan melalui LCD. RTC memiliki fitur yang mampu menghitung waktu mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, tahun, dan hari dalam minggu dengan kompensasi tahun kabisat sampai tahun 2100. RTC yang digunakan adalah RTC DS1307 yang memiliki spesifikasi 56 byte memory RAM, 8 pin DIP, 2 kabel serial interface.



Gambar 2.10 Blok Diagram RTC DS1307

Adapun konfigurasi pin-pin dari RTC DS1307 adalah sebagai berikut:

V_{CC} : Primary Power Supply

X1, X2 : Crystal Connection

V_{BAT} : +3V Battery Input

GND : Ground

SDA : Serial Data

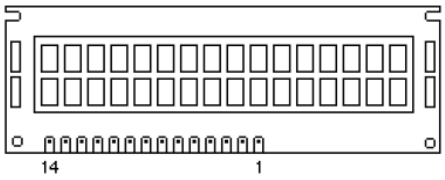
SCL : Serial Clock

SQW/OUT : Square Wave/Output Driver

2.2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan sebuah teknologi layar digital yang menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata *(flat)* dengan memberi sinar pada kristal cair dan *filter* berwarna, yang mempunyai struktur molekul polar, diapit antara dua elektroda yang transparan. Bila medan listrik diberikan, molekul menyesuaikan posisinya pada medan, membentuk susunan kristal yang mempolarisasi cahaya yang melaluinya.

Pada tugas akhir ini LCD digunakan sebagai alat penampil untuk memonitoring seberapa besar daya yang telah digunakan, dan berapa jumlah akumulasi daya perhari dan perbulannya.



Gambar 2.11 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Adapun konfigurasi pin-pin dari LCD dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tablel 2.1 Konfigurasi pin-pin *Liquid Crystal Display (LCD)*

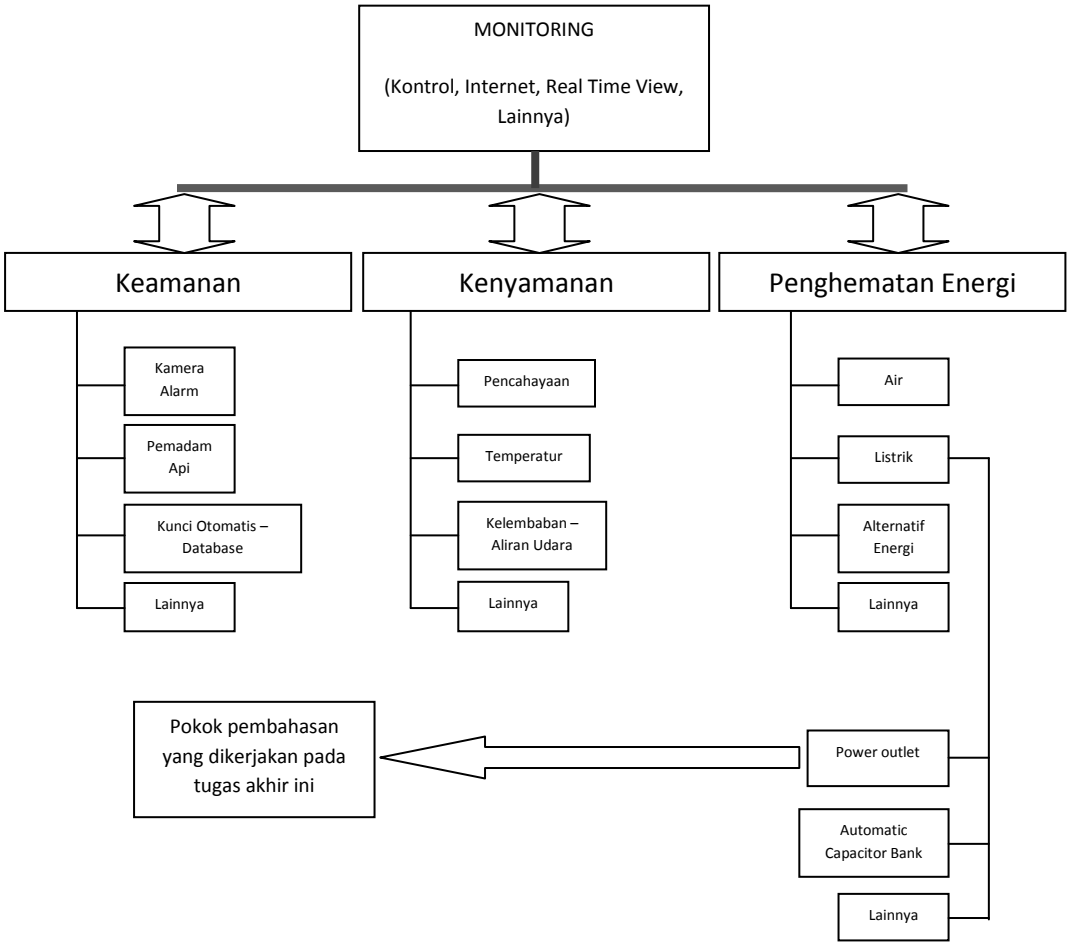
Pin No	Name	I/O	Description
1	Vss	Power	GND
2	Vdd	Power	+5v
3	Vo	Analog	Contrast Control
4	RS	Input	Register Select
5	R/W	Input	Read/Write
6	E	Input	Enable *(Strobe)*
7	D0	I/O	Data *LSB*
8	D1	I/O	Data
9	D2	I/O	Data
10	D3	I/O	Data
11	D4	I/O	Data
12	D5	I/O	Data
13	D6	I/O	Data
14	D7	I/O	Data *MSB*

2.3 Konsep *Smart Home*

Smart home atau rumah cerdas adalah sebuah sistem yang digunakan dan diaplikasikan pada rumah/gedung, bangunan atau ruangan untuk menjamin dan memberi keamanan, kenyamanan pemilik atau penggunanya dengan menggunakan sistem pengontrol otomatis *(automatic control system)*. Dalam kajiannya, *smart home* ini dipaparkan dalam beberapa point, diantaranya mengenai keamanan, kenyamanan dan penghematan energi.

Ketiga point tersebut harus dapat dikontrol dan harus dapat diinformasikan kepada pengguna melalui sistem kontrol dan sistem monitoring. Adapun gambaran umum sistem *smart home* dan pokok bahasan yang dikerjakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Pada gambaran tersebut, dapat dilihat bahwa sistem yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu sistem penghematan energi listrik yang meliputi pengontrolan penggunaan daya serta monitoring penggunaan daya.



Gambar 2.12 Diagram Sistem *Smart Home*

2.3.1 Keamanan

Sistem keamanan yang dibangun dalam suatu sistem *smart home* diantaranya ditujukan untuk melakukan tindakan pencegahan terhadap kejadian yang dapat membahayakan penghuni maupun *property* penghuni. Hal yang dapat membahayakan tersebut seperti pencurian dan kebakaran. Untuk mencegah hal

tersebut dapat dibuat suatu sistem keamanan meliputi sistem kunci otomatis, kamera pengawas, pendeteksi maling maupun pendeteksi kebakaran dan lainnya. Tindak lanjut dari sistem keamanan dapat dilakukan oleh sistem *smart home* itu sendiri maupun diteruskan ke sistem lain, misalnya sistem keamanan lingkungan seperti pihak kepolisian atau satpam.

2.3.2 Kenyamanan

Sistem kenyamanan diantaranya ditujukan untuk membuat penghuni menjadi lebih nyaman berada didalam ruangan dan dapat lebih berkonsentrasi dalam mengerjakan aktifitasnya. Sistem kenyamanan dapat meliputi pengaturan temperatur udara, kelembaban udara, aliran udara dan intensitas cahaya. Proses kontrol dalam sistem ini sangat penting dalam mengatur parameter yang dikontrol agar memlikiki kondisi yang stabil sesuai dengan yang diinginkan.

2.3.3 Penghematan Energi

Selain keamanan dan kenyamanan, penghematan energi menjadi hal yang sangat penting karena semua sistem dalam *smart home* akan menjadi tidak efisien apabila tidak mempertimbangkan penghematan. Diantara objek penghematan yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia adalah listrik dan air, selain itu banyak juga dikaji bagaimana mencari dan menggunakan alternatif energi dalam suatu sistem seperti *smart home*, seperti penggunaan cahaya matahari atau angin.

2.3.4 Monitoring

Sistem keamanan, kenyamanan dan penghematan energi harus dapat diinformasikan dan dikomunikasikan dengan pengguna. Sistem monitoring yang dikembangkan dalam *smart home* dapat berupa penyimpanan data yang sewaktu-waktu dapat dilihat untuk dianalisa atau dapat pula berupa tampilan data dari kondisi keamanan, kenyamanan dan penggunaan energi. Sistem monitoring dalam *smart home* dapat dikembangkan melalui internet dan handphone. Sistem monitoring melalui internet dan handphone ini memungkinkan pengguna untuk dapat mengawasi atau memonitoring keadaan ruangan, bangunan atau tempat tinggalnya walaupun tidak berada ditempat. Sistem monitoring ini pula dapat digunakan sebagai media untuk mengontrol keamanan, kenyamanan maupun penghematan energi.