BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Teori dan Prinsip Kerja kWh Meter

Sistem kWh meter adalah alat penghitung pemakaian energi listrik. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakan cakram yang terbuat dari alumunium. Pada cakram alumunium itu terdapat poros yang mana poros tersebut akan menggerakkan *counter* digit sebagai tampilan jumlah kWh nya.

kWh meter memiliki 3 kumparan yaitu satu kumparan tegangan dengan koil yang diameternya tipis dan dua kumparan arus dengan *koil* yang diameternya tebal. Pada kWh meter juga terdapat magnet permanen yang tugasnya menetralkan piringan alumunium dari induksi medan magnet, medan magnet memutarkan piringan alumunium. Arus listrik yang melalui kumparan arus mengalir sesuai dengan perubahan arus terhadap waktu. Hal ini menimbulkan adanya medan di permukaan kawat tembaga pada *koil* kumparan arus. Kumparan tegangan membantu mengarahkan medan magnet agar menerpa permukaan alumunium sehingga terjadi suatu gesekan antara piringan alumunium dengan medan magnet disekelilingnya. Dengan demikian maka piringan tersebut mulai berputar dan kecepatan putarnya dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik yang melalui kumparan arus.

Koneksi kWh meter dimana ada empat buah terminal yang terdiri dari dua buah terminal masukan dari jala – jala listrik PLN dan dua terminal lainnya merupkan terminal keluaran yang akan menyuplai tenaga listrik ke rumah. Dua terminal masukan di hubungkan ke kumparan tegangan secara paralel dan antara terminal masukan dan keluaran di hubungkan ke kumparan arus.[1]

2.1.1 Perhitungan KWh Meter

KWh meter berarti *Kilo Watt Hour Meter* dan kalau diartikan menjadi *n* ribu watt dalam satu jamnya. Jika membeli sebuah kWh meter maka akan tercantum *x* putaran per kWh, artinya untuk mencapai 1 kWh dibutuhkan putaran

sebanyak x kali putaran dalam setiap jamnya. Contohnya jika 1200 putaran per kWh maka harus ada 1200 putaran setiap jamnya untuk dikatakan sebesar satu kWh. Jumlah kWh itu secara kumulatif dihitung dan pada akhir bulan dicatat oleh petugas, besarnya pemakaian lalu dikalikan dengan tarif dasar listrik atau TDL ditambah dengan biaya *abodemen* dan pajak menghasilkan jumlah tagihan yang harus dibayarkan setiap bulannya.[1]

2.2 Arus Listrik

Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol i, dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang memepengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Dimana dalam teori atom modern menyatakan bahwa atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan positif dan neutron bersifat netral) yang dikelilingi oleh muatan elektron (-), normalnya atom bermuatan netral.

Muatan terdiri dari dua jenis yaitu muatan positif dan muatan negatif. Arah arus searah dengan arah muatan positif (arah arus listrik) atau berlawanan dengan arah aliran elektron. Suatu partikel dapat menjadi muatan positif apabila kehilangan elektron dan menjadi muatan negatif apabila menerima elektron dari partikel lain. Coulomb adalah unit dasar dari *International System of Units* (SI) yang digunakan untuk mengukur muatan listrik.

Simbol :

Q = muatan konstan

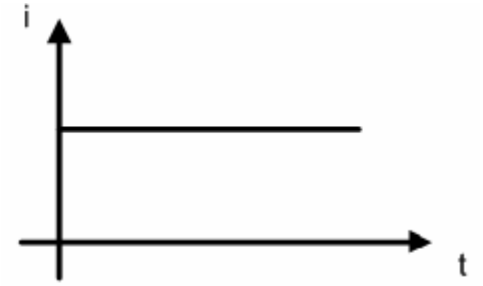
q = muatan tergantung satuan waktu

muatan 1 elektron = -1,6021 x 10-19 coulomb

1 coulomb = -6,24 x 1018 elektron.[2]……(2.1)

2.2.1 Arus searah (Direct Current/DC)

Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya jika ditinjau arus tersebut di mana pun dan pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama.

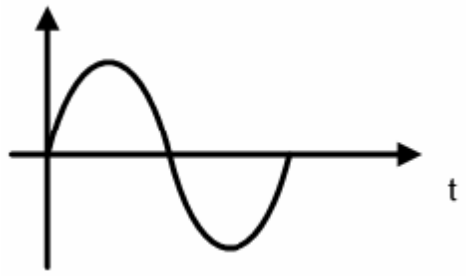


Gambar 2.1 Grafik Perubahan arus searah terhadap waktu [2]

Grafik di atas merupakan perbandingan perubahan arus listrik (i) terhadap waktu (t).

2.2.2 Arus bolak-balik (Alternating Current/AC)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk perioda waktu tertentu (mempunyai perida waktu : T).

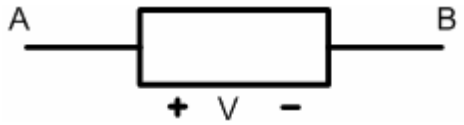


Gambar 2.2 Grafik perubahan arus bolak-balik terhadap waktu

2.3 Tegangan

Tegangan atau beda potensial adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu *coulomb*) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika terjadi perubahan, baik itu

pergerakan atau pemindahan muatan sebesar satu *Coulomb* dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan.



Gambar 2.3 Potensial Tegangan. [2]

Pada gambar 2.3 jika terminal/kutub A mempunyai potensial lebih tinggi daripada potensial di terminal/kutub B. Maka ada dua istilah yang seringkali dipakai pada rangkaian listrik, yaitu :

a. Tegangan turun (*voltage drop*)
   Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah dalam hal ini dari terminal A ke terminal B.

b. Tegangan naik (*voltage rise*)
   Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi dalam hal ini dari terminal B ke terminal A.

2.4 Daya dan Energi Listrik

Daya yang diberikan kepada suatu alat diberikan oleh perkalian tegangan sesaat yang melintasi alat tersebut dan arus sesaat yang melaluinya dapat dilihat secara matematis,

$P = V \times I$ atau.....(2.2)

1 watt = 1 volt × 1 amper

dimana :

p : daya (watt); i : arus (ampere); v : tegangan (volt)

Sedangkan untuk energi listrik adalah banyaknya energi yang terserap (terpakai) oleh hambatan atau beban. Sebagai parameter adalah besarnya daya terpakai terhadap waktu (joule = watt detik).[2]

$W = V \times I \times t = P \times t$ .....(2.3)

dimana :

w : energi listrik (joule); v : tegangan (volt); i : arus (ampere); t : waktu (detik); p : daya (watt). Sedangkan untuk perhitungan ke besaran kilo watt maka *kWh = 1000 watt . 3600 detik.*[5]

2.4.1 Nilai sesaat (Instantaneous value).

Didefinisikan sebagai harga sesaat ketika berputar dimana nilai pada lokasi tertentu, untuk membedakan dengan notasi tegangan dan arus nilai sesaat dinotasikan sebagai e dan i (huruf kecil).

2.4.2 Nilai Puncak (peak value).

Disebut juga nilai maksimum baik Positif (+) maupun negatif (-) baik untuk tegangan maupun arus dan disebut juga sebagai nilai maksimum.

2.4.3 Nilai rata-rata (average value).

Nilai rata-rata yang dihitung secara *arithmetical* satu *cycle*. nilai rata-rata arus dan tegangan bolak-balik yang berbentuk gelombang sinusoidal adalah :

$E_{av} = 0{,}637\ E_m$ .....(2.4)

dan $I_{av} = 0{,}637\ I_m$ ($0{,}637 = 2/\pi$)……(2.5)

2.4.4 Nilai efektif (Effectiv value)

Harga efektif atau harga guna dari arus bolak-balik yang berbentuk sinus adalah suatu harga arus yang lebih penting dari pada harga arus rata-rata. Arus yang mengalir didalam suatu tahanan ”R” selama waktu ’t’, akan melakukan sejumlah usaha yang menurut persamaan :

$A = I^2.R.t$…….....(2.6)

dari bagian yang rata adalah sebagai harga puncak yang jika dihitung merupakan harga efektip dari arus bolak-balik adalah akar dari harga puncak yaitu :

$I_{eff} = \sqrt{½}.\ I^2_m$ .....(2.7)

$I_{eff} = I_m \sqrt{½}$.....(2.8)

atau

$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$.....(2.9)

Sedangkan untuk tegangan efektif dapat diketahui dengan persamaan:

$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$.....(2.10)

Jadi untuk menghitung daya efektif digunakan persamaan sebagai berikut:

$P_{eff} = \frac{V_{eff} \cdot I_{eff}}{2}$.....(2.11)

2.5 Sensor Arus ACS712 ELC-30A

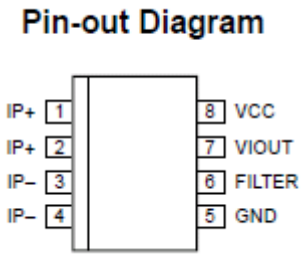
Pengukuran arus biasanya membutuhkan resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan megubah arus menjadi tegangan. Tegangan trsebut biasanya di umpankan ke *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk kerangkaian pengkondisi signal. Teknologi *hall effect* yang diterapkan oleh perusahaan *Allegro* menggantikan *resistor shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor yang ukuran yang relatif jauh lebih kecil.



Gambar 2.4 Sensor Arus ACS712ELC-30A

Istilah *Hall Effect* dikenal setelah Edwin H. Hall (1855-1938) menemukan bahwa jika arus listrik mengalir melalui penghantar yang ditempatkan pada

tranverse medan magnet yang kuat, akan menghasilkan beda potensial yang melewati penghantar pada kedua sudut penghantar itu. *Hall Effect Sensor* adalah suatu transduser yang dapat mengubah besaran medan magnet menjadi besaran listrik yaitu berupa tegangan. Sensor *Hall effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan, keberadaan atau ketiadaan medan magnet dari suatu objek dengan kritis. Sensor *Hall effect* digunakan untuk sensor perpindahan, sensor letak atau jarak, sensor kecepatan dan sensor arus.[8]



Gambar 2.5 Pin Sensor Arus ACS712ELC-30A.

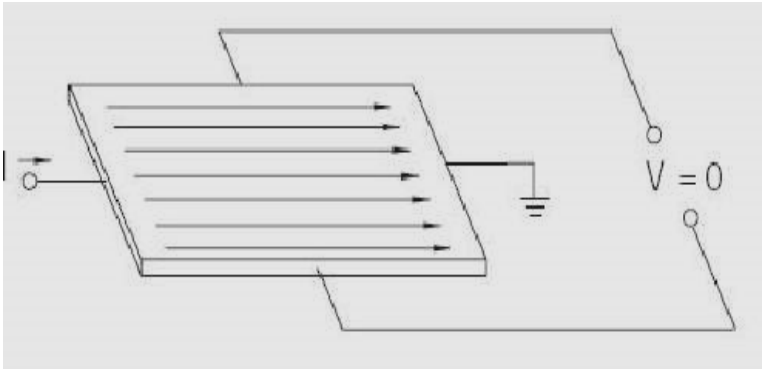
Tabel 2.1 Tabel Deskripsi Pin Sensor Arus ACS712ELC-30A

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

2.5.1 Cara Kerja Hall Effect Sensor

Konduktor atau *Hall Effect* elemen berbentuk lempengan pipih. Pembawa arus di dalamnya didorong ke tepi atas oleh gaya magnet yang bekerja padanya. Gaya ini merupakan gaya nonelektrostatik, besar medan nonelektrostatik sama dengan gaya satuan muatan. Jika pembawa muatan itu elektron, akan ada muatan lebih menumpuk di pinggir atas lempengan dan meninggalkan muatan lebih menumpuk di pinggir bawah, sampai medan elektrostatik *tranverse* dalam konduktor sama dan berlawanan dengan nonelektrostatik.

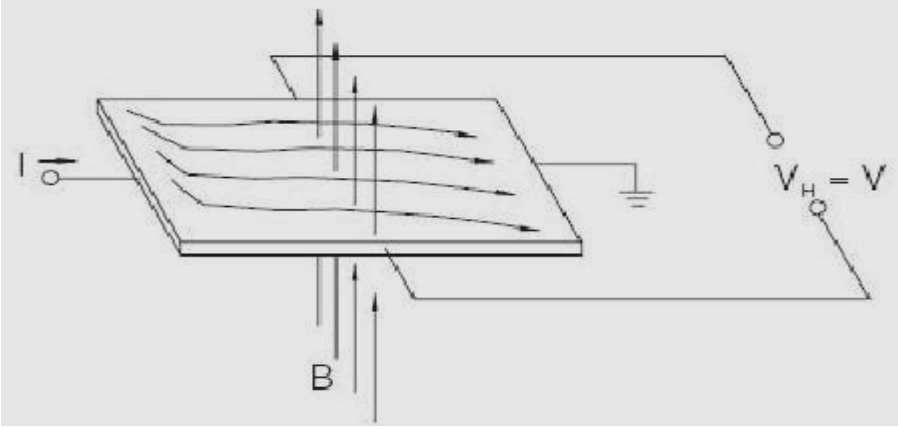
Arus tranversal akhir sama dengan nol, maka konduktor itu berada pada "rangkaian terbuka" dalam arah tranversal, dan beda potensial antara tepi-tepi lempeng, yang dapat diukur dengan meter, sama dengan GGL *Hall* dalam lempeng. Ketika konduktor yang dialiri arus diletakkan di dalam suatu medan magnet, akan dihasilkan tegangan yang tegak lurus dengan arus dan medan magnet.



Gambar 2.6 Prinsip dari Hall Effect.

Material semikonduktor (*Hall Element)* dilewati arus. Tegangan keluaran tegak lurus dengan arah arus. Ketika tidak ada medan magnet, penyaluran arus sama besar dan tidak ada tegangan seperti pada gambar 2.6 Pada saat terdapat medan magnet tegak lurus terhadap bidang seperti gambar 2.7 gaya *Lorentz* mendesak arus. Gaya ini mengganggu penyebaran arus, menghasilkan tegangan pada *output.* Tegangan ini adalah tegangan *Hall(* VH). interaksi antara medan magnet dan arus listrik dapat dirumuskan

Tegangan *Hall* (VH) sebanding dengan *vector cross* (x) antara arus (I) dan medan magnet (B) Perubahannya sebesar 7μV/Vs/gauss dalam silicon sehingga dibutuhkan amplifier dalam aplikasinya.[8]



Gambar 2.7 Prinsip Hall jika terdapat Arus

2.6 MikrokontrollerAtmega32

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan pengontrol utama standar industri dan riset pada saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang yang dimilikinya dibandingkan Mikroprosesor, yaitu murah, dukungan *software* dan dokumentasi yang memadai, dan memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit. Salah satu Mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fasilitas standar ialah Atmega32.

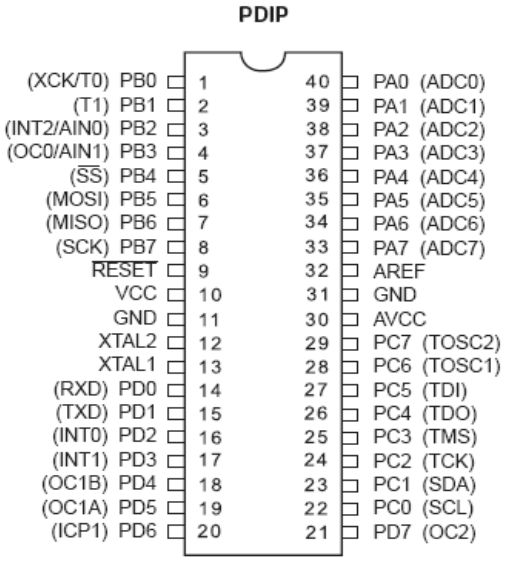
Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroller AVR diantaranya adalah:

a. Ukuran memory mikrokontroler
b. Fasilitas ADC, *Timer*, dan fasilitas komunikasi 12C
c. Fasilitas utama lain seperti pengontrol utama akuisisi data, penampil LCD dan lainnya
d. Kecepatan eksekusi instruksi
e. Dukungan *software* yang dapat digunakan

Mikrokontroler merupakan pengembangan lebih lanjut dari penggunaan mikroprosesor, dimana pada mikroprosesor membutuhkan ROM dan RAM untuk membuat suatu alat sederhana, sedangkan dalam mikrokontroler piranti-piranti tersebut telah cukup lengkap terdapat padanya, bahkan ditambahkan beberapa keunggulan yang lain seperti ADC dan memory yang lebih besar.

Inti dari AVR adalah mengkombinasikan *rich instruction set* dengan menggunakan kerja dari 32 register (*general–purpose register*). Keseluruhan *register* yang ada dapat digunakan sebagai *Arithmetic Logic Unit* (ALU–*Accumulator*), masing-masing dari *register* tersebut hanya memerlukan waktu eksekusi perintah selama satu *clock*. Hasil dari arsitektur tersebut membuatnya lebih cepat sepuluh kali dibandingkan dengan *CISC microcontroller*. [9]

ATmega32 memiliki fasilitas sebagai berikut: 32k *bytes In-System Programmable Flash* dengan kemampuan *Read-While-Write*. Memiliki ADC yang dapat mengindera positif dan negative, 4kbytes EEPROM, 4kbytes SRAM, 32 fungsi umum I/O, *Two-wire Serial Interface*. Mikrokontroler ini diproduksi menggunakan teknologi "*high density nonvolatile memory*" on-*chip ISP flash* yang memungkinkan program yang ada di dalam memori dapat deprogram ulang di dalam sisten melalui serial *interface* SPI dengan menggunakan konvensional *nonvolatile memory programmer* atau *on-chip boot* program yang running padainti AVR. Boot program dapat menggunakan *interface* apa saja untuk men-*download* program pada memori *flash*. *Software* pada *boot system* akan tetap running ketika *flash* aplikasi ini sedang di *update*, hal ini merupakan operasi "*read-while-write*.[9]



Gambar 2.8 Konfigurasi pin AVR ATmega32

Berikut adalah deskripsi dan juga fungsi dari masing-masing pin pada ATmega32:

PA0-PA7: Port A merupakan port I/O 8-bit bi-directional. Disamping itu port A juga dapat berfungsi sebagai analog input untuk ADC (table 2.1). Pin-pin pada port ini dapat diberi resistor pull-up internal secara invidual. *Buffer output port* a memilki karakteristik *drive* yang simetri antara *high sink* dan *source capability*, selain itu buffer port juga dapat mencatu arus hingga 20 mA dan dapat secara langsung men-drive LED. Jika semua pin digunakan sebagai input dan eksternal pullnya *low*, maka semua pin akan menghasilkan sumber arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan. Pin port A merupakan *tri-state* jika kondisi reset dalam keadaan aktif dan jika *clock*-nya tidak berjalan. [9]

Tabel 2.2 Alternatif fungsi Port A

Port Pin	**Alternate Funtion**
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC7 (ADC input channel 6)
PA5	ADC7 (ADC input channel 5)
PA4	ADC7 (ADC input channel 4)
PA3	ADC7 (ADC input channel 3)
PA2	ADC7 (ADC input channel 2)
PA1	ADC7 (ADC input channel 1)
PA0	ADC7 (ADC input channel 0)

PB0-PB7: Port B merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu Port B mempunyai fungsi selain sebagai I/O (tabel 2.3).

Tabel 2.3 Alternatif fungsi Port B

Port Pin	Alternate Funtion
PB7	SCK (SPI bus serial clock)
PB6	MISO (SPI bus master input/slave output)
PB5	MOSI (SPI bus master output/slave input)
PB4	(SPI slave select input)
PB3	AIN1 (Analog comparator negative input) OC0 (Timer/counter0 output compare mach output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

PC0-PC7: Port C merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu *port* C mempunyai fungsi selain sebagai I/O (tabel 2.4).

Tabel 2.4 Alternatif fungsi Port C

Port Pin	Alternate Funtion
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

PD0-PD7: Port D merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu *port* D mempunyai fungsi selain sebagai I/O (tabel 2.5).

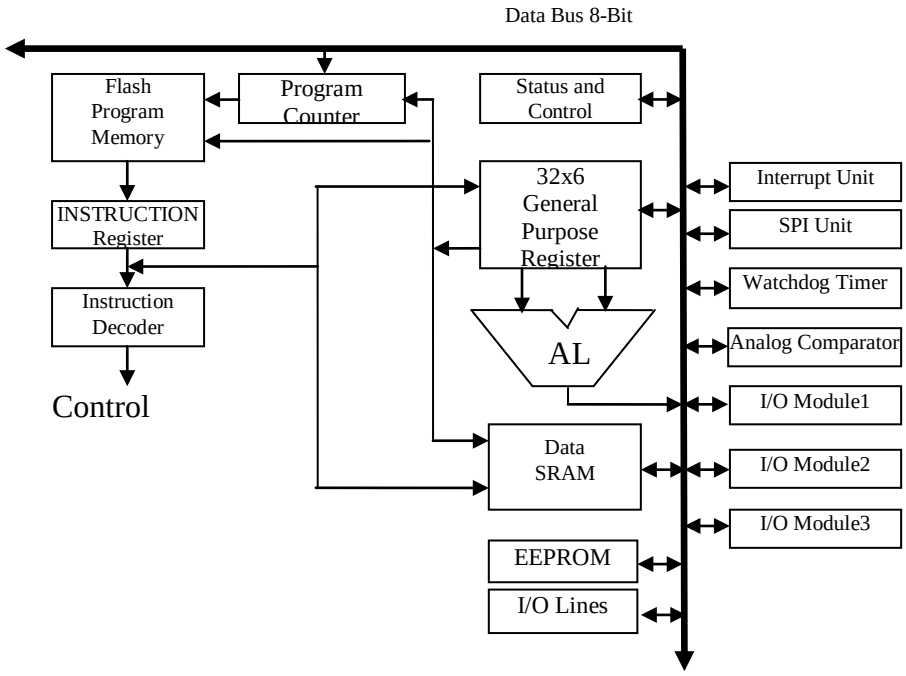
Tabel 2.5 Alternatif fungsi Port D

Port Pin	Alternate Funtion
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

a) VCC : *power suplay*

b) GND : *ground*

1. RESET : reset input. Kondisi logika low “0” lebih dari 50ns pada pin ini akan membuat mikrokontroler masuk ke dalam kondisi reset.
2. XTAL1 : input bagi *inverting oscillator amplifier* dan input bagi *clock internal*.
    a) XTAL2 : *output inverting oscillator amplifier*.
    b) AVCC : pin *power su*play untuk *port* A dan A/D converter. AVCC harus dihubungkan dengan VCC eksternal jika tidak digunakan sebagai ADC. Namun jika digunakan sebagai ADC, mka harus dihubungkan dengan VCC yang dilewati oleh low-pass filter.
    c) AGND : *ground analog* (ADC)
    d) AREF : referensi analog untuk ADC. [9]



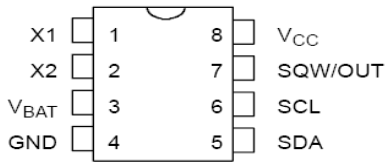
Gambar 2.9 Arsitektur CPU ATMEGA32.

Fungsi utama CPU adalah memastikan pengeksekusian instruksi dilakukan dengan benar. Oleh karena itu CPU harus dapat mengakses memori, melakukan kalkulasi, mengontrol *peripheral*, dan menangani interupsi. [9]

Ada 32 buah *General Purpose Register* yang membantu ALU bekerja. Untuk operasi aritmatika dan logika, operand berasal dari dua buah general

register dan hasil operasi ditulis kembali ke register. *Status and Control* berfungsi untuk menyimpan instruksi aritmatika yang baru saja dieksekusi. Informasi ini berguna untuk mengubah alur program saat mengeksekusi operasi kondisional. Instruksi di jemput dari flash memory. Setiap byte flash memory memiliki alamat masing-masing. Alamat instruksi yang akan dieksekusi senantiasa disimpan Program Counter. Ketika terjadi interupsi atau pemanggilan rutin biasa, alamat di Program Counter disimpan terlebih dahulu di stack. Alamat interupsi atau rutin kemudian ditulis ke Program Counter, instruksi kemudian dijemput dan dieksekusi. Ketika CPU telah selesai mengeksekusi rutin interupsi atau rutin biasa, alamat yang ada di stack dibaca dan ditulis kembali ke Program Counter.[9]

2.7 RTC (DS1307z)



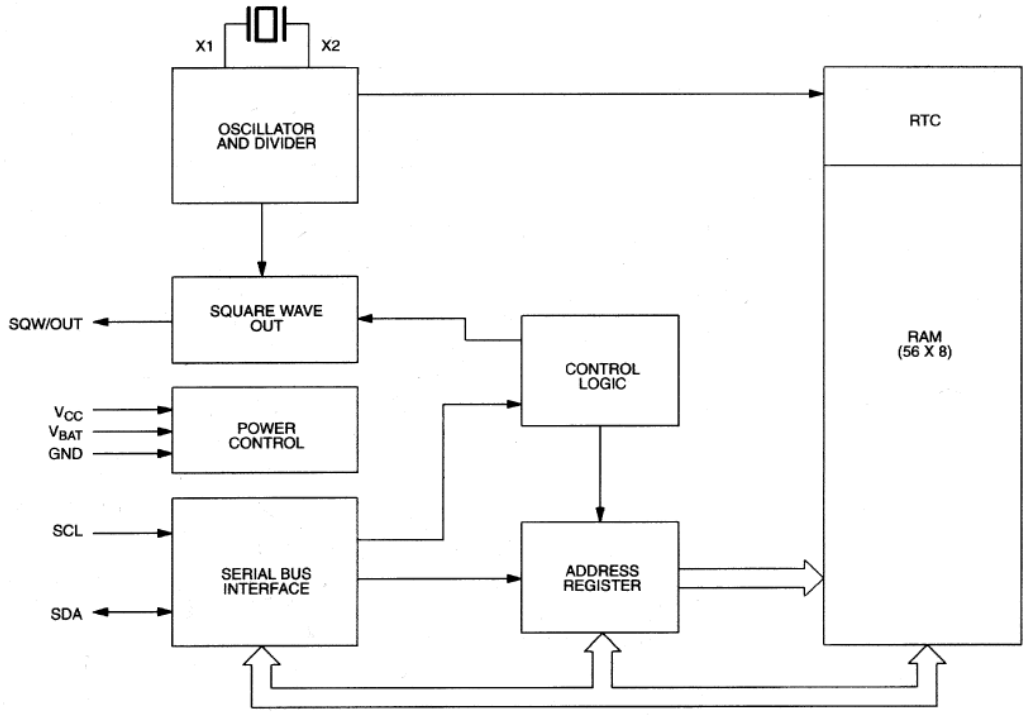
Gambar 2.10 Pin RTC DS1307z

Real Time Clock merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. Dalam subbab ini membahas sebuah IC RTC yaitu DS1307z yang memiliki register yang dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. RTC ini memiliki 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 byte untuk data waktu serta kontrol, dan 113 byte sebagai RAM umum.

RTC DS1307z menggunakan bus yang dapat digunakan bersama untuk menghemat pin. Pewaktuan yang digunakan untuk mengakses RTC dapat menggunakan *intel timing* atau *motorola timing*. RTC ini juga dilengkapi dengan pin IRQ untuk kemudahan dalam proses.[6]

2.7.1 Detil dari RTC DS1307z

Berikut ini gambar 2.10 pin-pin dari RTC DS1307z, jumlah total pin-nya sebanyak 8 buah :



Gambar 2.11 Diagram Blok DS1307z

Terlihat dari gambar 2.11 diagram blok tersebut bahwa RTC terbagi menjadi beberapa bagian utama dengan kontrol maupun I/O untuk operasinya.

Berikut ini keterangan dari fungsi masing-masing pin DS1307z.

1) VCC – Primary Power Supply
2) X1, X2 – 32.768 KHz Crystal Connection
3) VBAT – +3 Volt Battery Input
4) GND – Ground
5) SDA – Serial Data
6) SCL – Serial Clock
7) SQW/OUT – *Square wave/Output Driver*

Penjelasan dari masing-masing pin RTC DS1307z sebagai berikut :

a. SCL (Serial Clock Input), digunakan untuk menyesuaikan pengiriman data kepada interface

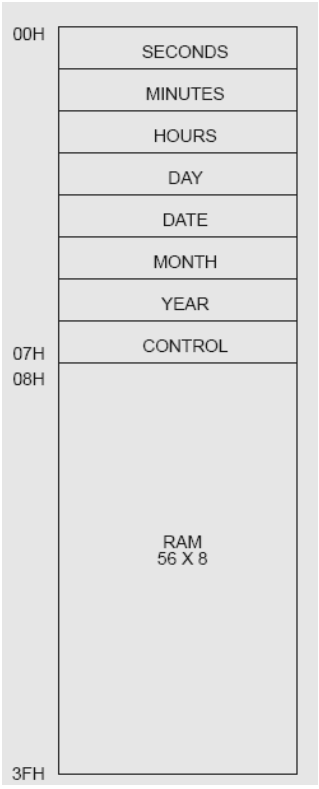
b. SDA (Serial Data Input/Output), digunakan untuk input output dua jalur serial interface, SDA akan aktif atau mengalirkan data apabila ada externa pull-up resistor.

c. SQW/OUT (*Square Wave*/ *Output Driver*), ketika aktif, SQWE di set high (1), SQW/OU pada saat aktif akan menghsilkan gelombang kotak dengan frekuensi (1 Hz, 4 KHz, 8 KHz, 32 KHz). SQWE akan aktif atau mengalirkan data apabila ada *external pull-up resistor*.

d. X1, X2, pin ini dihububgkan pada cristal setandar yaitu sebesar 32.768 KHz, rangkaian osilasi *internal* dibuat untuk mengoperasikan beban kapasitansi sebesar (CL) of 12.5 pF.

2.7.2 Alamat RAM dari RTC DS1307z

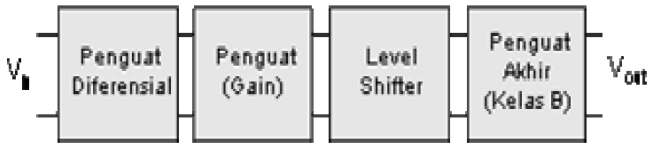
Alamat dari register RAM RTC DS1307z dapat dilihat dari gambar 28. dari gambar 2.12 tersebut dapat diketahui *clock register* berada pada lokasi 00-07h.



Gambar 2.12 Register RAM RTC

2.8 Operational Amplifier (Op-Amp)

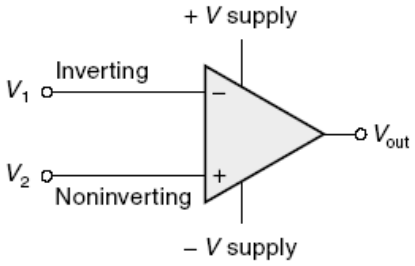
Operational Amplifier atau yang disingkat op-amp merupakan salah satu komponen analog berbentuk IC (*Intergrated Circuit*) yang popular digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Op-amp di dalamnya terdiri dari beberapa bagian, yang pertama adalah penguat diferensial, lalu ada tahap penguatan (*gain*), selanjutnya ada rangkaian penggeser level (*level shifter*) dan kemudian penguat akhir yang biasanya dibuat dengan penguat *push-pull*. Gambar berikut menunjukkan diagram beberapa bagian dari op-amp.



Gambar 2.13 Diagram Block Op-Amp

Pada pokok bahasan ini dipaparkan beberapa aplikasi op-amp yang paling dasar, dimana rangkaian *feedback* (umpan balik) negatif memegang peranan penting. Umpan balik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpan balik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur.

Operasi Amplifier adalah suatu penguat linier dengan penguatan tinggi.



Gambar 2.14 Simbol Op-Amp.[7]

simbol op-amp dengan dua input (V_1 and V_2) dan satu output (V_{out}). Op-amp membutuhkan dua input power-supply, yaitu +12 V dan –12 V. Kebanyakan op-amp sebagai *differential amplifiers*, dimana penguatan dilakukan pada perbedaan (selisih) V_1 and V_2. Berikut adalah persamaan:

$$V_{out} = A(V_2 - V_1)$$ …….(2.12)

Dimana :

V_{out} = tegangan output

A = Penguatan open-loop

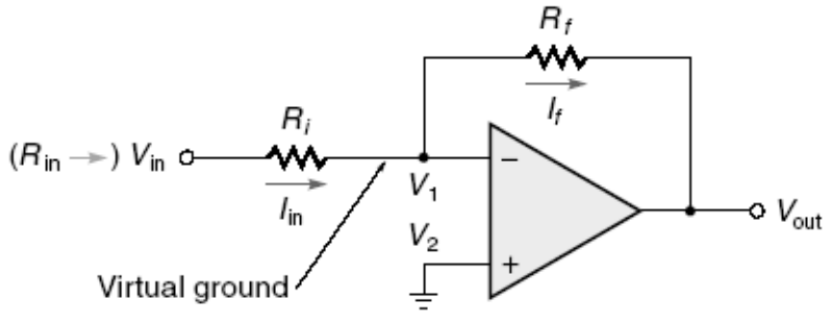
V_1 = input inverting

V_2 = input noninverting. [7]

2.8.1 Inverting Amplifier

Rangkaian dasar penguat *inverting* adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.15, dimana sinyal masukannya dibuat melalui input *inverting*. phase keluaran dari penguat *inverting* ini akan selalu berbalikan dengan inputnya. Pada rangkaian ini, umpan balik negatif di bangun melalui resistor Rf.[7]

Vout = --Vin $\frac{Rf}{Rin}$ ……(2.13)

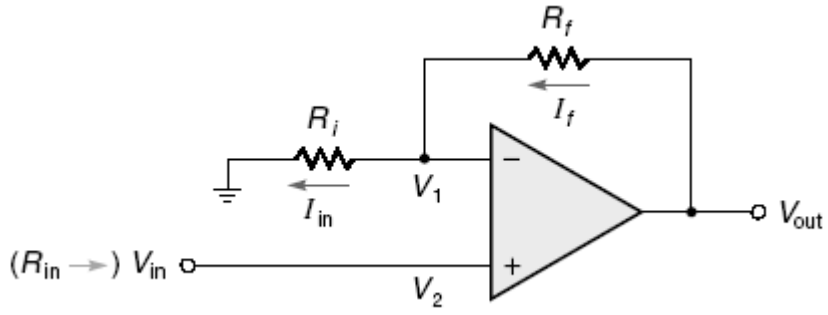


Gambar 2.15 Inverting Amplifier.[7]

2.8.2 Non-Inverting Amplifier

Prinsip utama rangkaian penguat *non-inverting* adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.16 berikut ini. Penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input *non-inverting*, dengan demikian tegangan keluaran rangkaian ini akan menghasilkan phasa yang sama dengan tegangan inputnya.[7]

Vout = Vin (1 + $\frac{R2}{R1}$) …..……..(2.14)



Gambar 2.16 Non-Inverting Amplifier

2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

LMB162A adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris terakhir adalah kursor).

Memori LCD terdiri dari 9.920 bir CGROM, 64 byte CGRAM dan 80x8 bit DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh *Address Counter* dan akses datanya (pembacaan maupun penulisan datanya) dilakukan melalui Register Data.

Pada LMB162A terdapat Register Data dan Register Perintah. Proses akses data ke atau dari Register Data akan mengakses ke CGRAM, DDRAM atau CGROM bergantung pada kondisi Address Counter, sedangkan proses akses data ke atau dari Register Perintah akan mengakses *Instruction Decoder* (dekoder instruksi) yang akan menentukan perintah–perintah yang akan dilakukan oleh LCD. Bentuk LCD LMB162A diperlihatkan pada gambar 2.15.

2.9.1 Deskripsi Pin LCD

Untuk keperluan antar muka suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut.

a. Kaki 1 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
b. Kaki 2 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*Ground*).

c. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada cermet. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
d. Kaki 4 (RS) : *Register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
e. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
f. Kaki 6 (E) : *Enable Clock LCD*, kaki mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
g. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kak LCD ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
h. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki *backlight*)
i. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif backlight LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat pada LCD yang memiliki *backlight*).