

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Harmonisa

Harmonisa adalah pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berdeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang terbentuk pada gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya (Arrillaga, 1986).

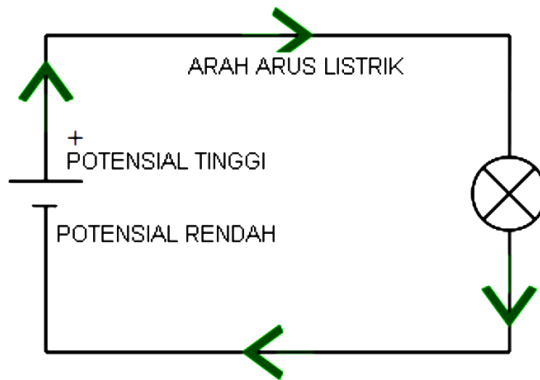
Distorsi Harmonisa terjadi setiap perubahan dalam bentuk sinyal yang tidak disengaja dan secara umum tidak diinginkan. Harmonisa menyebabkan distorsi pada bentuk gelombang pada tegangan dan arus. Distorsi harmonisa timbul akibat karakteristik *non linier* alat dan beban pada sistem tenaga. Peralatan ini dapat diartikan sebagai sumber arus yang menginjeksikan arus harmonisa kedalam sistem tenaga (Wang, 2003).

2.2 Arus

Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu disimbolkan i (dari kata Prancis : *intensite*), dengan kata lain arus merupakan muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus akan tetapi jika muatan tersebut diam maka arus akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang mempengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom, dimana dalam teori atom *modern* menyatakan atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan + dan neutron bersifat netral) yang dikelilingi oleh muatan elektron (-) normalnya atom bermuatan netral. Muatan terdiri dari dua jenis yaitu muatan positif (arah arus listrik) atau berlawanan dengan arah aliran elektron. Suatu partikel dapat menjadi muatan positif apabila menerima elektron dari partikel lain. Secara matematis arus didefinisikan seperti persamaan 2.1, dimana Q merupakan muatan listrik dan t merupakan waktu.

$$i = \frac{dQ}{dt} \text{ atau } i = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

Satuan dari arus adalah *Ampere* (A) dalam teori rangkaian arus merupakan pergerakan muatan positif. Ketika terjadi beda potensial disuatu elemen atau komponen maka akan muncul arus yang arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arah arus negatif mengalir sebaliknya seperti pada Gambar 2.1 (Ramdhani, 2005).



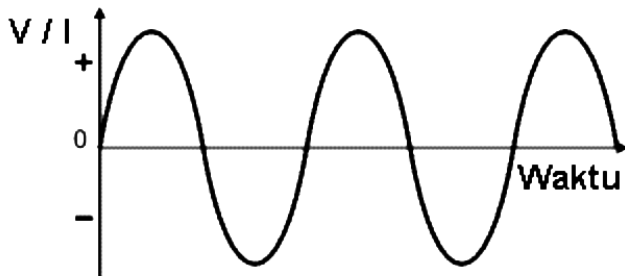
Gambar 2.1 Arah laju arus (Monochrome, 2013)

Muatan listrik yang bergerak disebut sebagai arus listrik. Besar dari arus listrik didefinisikan sebagai banyaknya muatan yang lewat dari potensial tinggi ke potensial rendah per satuan waktu. Arus listrik dinyatakan dengan lambang i , jika arus yang keluar dari suatu rangkaian lebih kecil daripada arus yang masuk ke rangkaian itu, maka muatan di rangkaian itu akan terus bertambah banyak (Blocher, 2004).

2.2.1 Arus Bolak – Balik

Arus bolak-balik sering disebut dengan arus AC (*Alternating Current*) merupakan arus yang mempunyai polaritas berubah-ubah terhadap satuan waktu. Pada satu waktu polaritasnya dapat bernilai negatif dan polaritasnya bisa bernilai positif di selang waktu berikutnya.

Arus AC akan membentuk suatu gelombang yang dinamakan dengan gelombang sinus atau nama lengkapnya gelombang sinusoidal, seperti pada Gambar 2.2. Arus listrik di Indonesia dinaungi dan di *supply* oleh PLN. Indonesia menerapkan listrik bolak-balik dengan frekuensi 50 Hz. Tegangan standar yang diterapkan di Indonesia untuk arus listrik AC 1 fasa adalah 220 Volt. Salah satu contoh arus AC adalah generator AC baik dengan PLTA dan PLTU (Ramdhani, 2002).

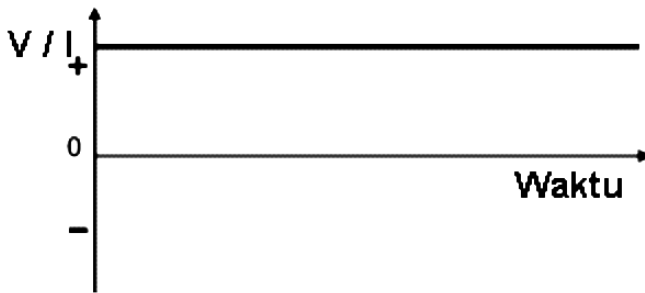


Gambar 2.2 Arus AC (Gunawan, 2013)

2.2.2 Arus Searah

Arus searah terjadi disebabkan oleh sumber arus berkutub tetap. Pada arus searah dikenal kutub positif dan kutub negatif tidak seperti arus listrik bolak-balik. Pada umumnya sumber arus listrik searah adalah baterai seperti aki dan sebagainya. Selain dari aki sumber arus searah juga didapat melalui arus bolak-balik yang diubah menjadi arus searah menggunakan penyearah (*rectifier*). Arus searah biasanya mengalir pada sebuah konduktor dari kutub negatif ke kutub positif. Aliran-aliran ini yang menyebabkan munculnya elektron-elektron bermuatan positif yang mengalir dari polaritas positif ke negatif (Jati dan Tri, 2010).

Arus searah atau biasa disebut arus DC (*Direct Current*) mempunyai polaritas yang tetap atau tidak berubah – ubah terhadap satuan waktu. Meskipun arus dilihat dari waktu tertentu atau pada waktu yang berbeda maka didapatkan nilai polaritas yang sama, artinya nilai polaritas bisa selalu bernilai positif, nol selalu bernilai negatif seperti pada Gambar 2.3 (Amri, 2010).



Gambar 2.3 Arus DC (Gunawan, 2013)

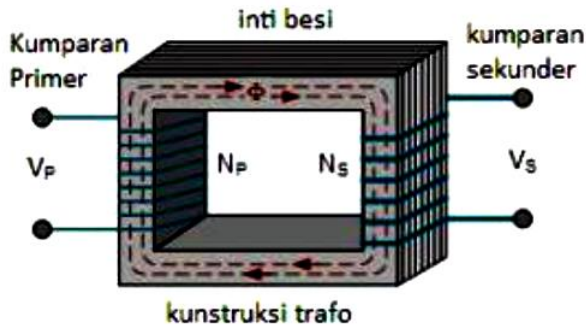
2.3 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain, untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak balik antara rangkaian (Zuhail, 1977).

Prinsip kerja dari transformator berdasarkan induksi elektromagnetik. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan primer dan sekunder seperti pada Gambar 2.4 yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu alur induksi. Kedua kumparan tersebut saling berinduksi, jika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka akan mengalir arus yang menimbulkan *fluks magnetic* di dalam inti besi kemudian menginduksi kumparan sekunder sehingga menyebabkan gaya gerak listrik (GGL) dari gaya gerak listrik ini yang akan menghasilkan arus dan tegangan. Sesuai dengan induksi elektromagnet dari hukum Faraday (Areva, 2008).

Berdasarkan perbandingan antara jumlah kumparan primer dan jumlah kumparan sekunder, transformator dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu transformator *step up* dan *step down*. Transformator *step up* digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik yang bernilai rendah menjadi bernilai tinggi. Jenis ini mempunyai jumlah lilitan yang lebih banyak pada kumparan sekunder dari pada jumlah lilitan di kumparan

primer ($N_s > N_p$). Sedangkan transformator *step down* digunakan untuk mengubah tegangan bolak balik bernilai tinggi menjadi bernilai rendah. Transformator jenis ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan di kumparan sekunder ($N_p > N_s$) (Vike dkk., 2015).



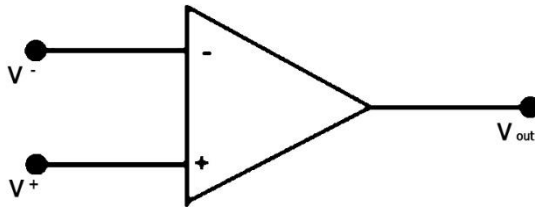
Gambar 2.4 Kontruksi transformator
(Mukharom, 2015)

2.4 Zero Crossing

Pendeteksi *Zero Crossing* adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengukur frekuensi atau periode sinyal periodik. Ketika mengukur frekuensi sinyal, biasanya jumlah siklus dari sinyal referensi diukur selama satu atau lebih periode waktu sinyal yang diukur. Mengukur beberapa periode membantu mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh kebisingan fase yang membuat gangguan pada *zero crossing* relatif kecil dibandingkan dengan total periode pengukuran dan hasil akhirnya adalah pengukuran yang akurat. *Zero crossing* mendeteksi transisi bentuk dari gelombang sinyal positif dan negatif, idealnya menyediakan pulsa yang bertepatan persis dengan kondisi tegangan nol (Gupta dkk., 2012).

2.5 Op - Amp Komparator

Op-amp banyak digunakan sebagai rangkaian simulasi dengan mikrokontroler karena karakteristiknya yang memungkinkan untuk merencanakan rangkaian dengan persamaan matematis. Simbol *op-amp* seperti pada Gambar 2.5 memiliki 2 masukan yaitu *inverting* (-) dan masukan *non inverting* (+) dengan satu keluaran (Samuel, 2008).

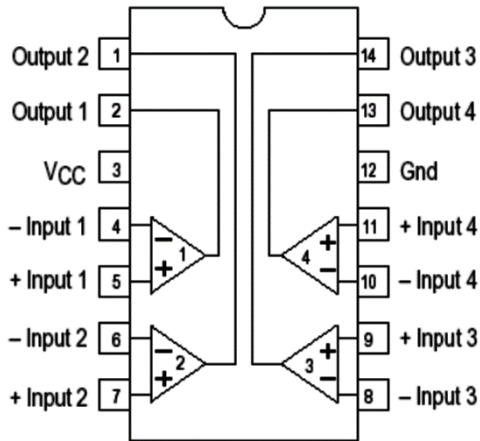


Gambar 2.5 Simbol Penguat operatif (Samuel, 2008)

2.6 IC LM339

IC LM339 merupakan komparator yang mempunyai empat buah *op-amp* komparator dalam 1 chip IC. LM339 memiliki 14 pin seperti pada Gambar 2.6, yang terdiri dari 1 pin *ground*, 1 *positive supply*, 4 *output*, 4 *inverting input* dan 4 *non inverting input*. Fungsi dari IC LM339 yaitu digunakan untuk membandingkan antara tegangan masukan dengan tegangan referensi (Andani dan Ejah, 2011).

Suatu komparator memiliki dua masukan yang terdiri atas tegangan *input* (V_{in}) dan tegangan *reference* (V_{ref}) serta satu keluaran yaitu tegangan *output* (V_{out}). Pada prinsip kerjanya, sebuah rangkaian komparator pada *op-amp* akan membandingkan tegangan yang masuk pada satu saluran input dengan tegangan pada saluran *input* lain, yang disebut tegangan referensi. Tegangan *output* berupa tegangan *high* atau *low* sesuai dengan perbandingan V_{in} dan V_{ref} (Langi dkk., 2014).

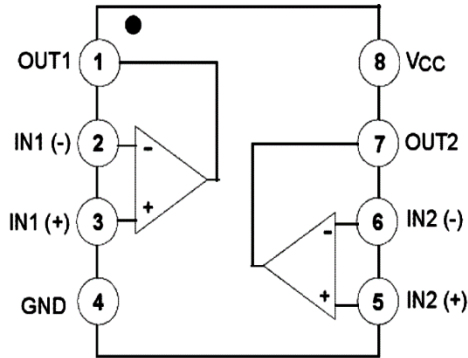


Gambar 2.6 Konfigurasi pin ICLM339 (Instrumen, 2012)

Karakteristik dari IC LM339 mempunyai tegangan kerja dari 2 V hingga 36 V, pemakaian arus yang rendah habis dengan sendirinya untuk *supply* tegangan (0,8 mA), masukan tegangan *offset* (2 mV), *output* tegangan saturasi rendah dan mempunyai maksimal tegangan *output* 36 V (Instrumen, 2012).

2.7 IC LM358N

IC LM358N merupakan *op-amp* yang mempunyai tiga terminal yaitu dua terminal masukan *inverting* (-) dan *non inverting* (+) dan satu keluaran sebagai *output*. Kebanyakan penguat *op-amp* menggunakan catu daya DC dengan dua polaritas untuk beroperasi, terminal 4 disambungkan ke tegangan *ground* (GND) dan terminal 8 disambungkan ke VCC. Gambar 2.7 menunjukkan konfigurasi pin LM358N yang mempunyai dua *op-amp* pada satu paket IC dan catu daya. Adapun spesifikasi dari IC LM358N mempunyai frekuensi internal yang dapat diubah untuk penguatan, penguatan tegangan yang besar (100 dB), memiliki besar *range* tegangan antara 3 V samapai 32 V, arus bias input rendah (20nA), tegangan *offset* input rendah (2 mV) (Krisdianto dan Bachtiar, 2009).



Gambar 2.7 Konfigurasi pin LM358N
(Krisdianto dan Bachtiar, 2009)

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan keluarga mikroprosesor yang dapat melakukan pemrosesan data secara digital sesuai dengan perintah bahasa *assembly* yang diberikan perusahaan pembuatnya dalam bentuk *chips*. Banyak aplikasi yang dapat dibangun menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan bagian dari keluarga mikrokontroler buatan Atmel. AVR memiliki arsitektur 8-bit dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga Atiny, keluarga AT 90Sxx, keluarga Atmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan antar keluarga adalah memori, *peripheral*, dan fungsinya (Sunardi dkk., 2009).

2.9 Arduino Mega

Arduino merupakan platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino mega menggunakan *chip* Atmega2560 yang lebih canggih dibandingkan dengan arduino uno. Seperti pada Gambar 2.8 menunjukkan arduino mega memiliki pin digital sebanyak 54 pin dengan 15 pin PWM dan memiliki 16 pin analog.

komponen harmonik dari bentuk gelombang tegangan (v) maupun arus (i) yang dibandingkan dengan komponen harmonik *fundamentals* dari tegangan atau arus. Harmonisa terjadi disebabkan oleh banyak hal antara lain ketidakseimbangan sistem seperti saturasi *transformator* dan disebabkan oleh beban elektronik yang tidak linier. Untuk menghitung *total harmonic distortion* tegangan (THD_v) digunakan persamaan 2.2 (Nasiraghdam dkk., 2014).

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{k \text{ rms}}^2}}{V_{1 \text{ rms}}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dari persamaan 2.3 dapat dijelaskan bahwa k merupakan komponen data harmonisa, $V_{k \text{ rms}}$ merupakan nilai tegangan harmonisa, dan $V_{1 \text{ rms}}$ merupakan nilai tegangan fundamental.

Tabel 2.1 IEEE standard 519-1992, standard batas distorsi tegangan harmonisa maksimum

Voltage at PCC	Individual Component Voltage distortion	Total Voltage Distortion (THD)
$V \leq 69 \text{ kV}$	3 %	5 %
$69 \text{ Kv} < v \leq 161 \text{ kV}$	1,5 %	2,5 %
$V \leq 161 \text{ kV}$	1 %	1,5 %

Menurut standar IEEE-519 tahun 1992 harmonisa untuk tegangan atau arus mempunyai batasan. Batasan untuk harmonisa yang terjadi pada tegangan yaitu 5 % seperti yang terlihat pada Tabel 2.1. (Rinas, 2010).