

SISTEM DETEKSI HILANG DAYA PADA GARDU TRAFU TIANG JARINGAN TEGANGAN RENDAH PELANGGAN PLN

Sujito, S.T., M.T.

Abstrak: Gardu trafo tiang merupakan peralatan distribusi tenaga listrik yang mensuplai langsung energi listrik pada pelanggan. Kapasitas energi listrik terpasang disesuaikan dengan kapasitas gardu trafo tiang. Dengan sangat banyaknya jumlah konsumen yang memakai energi listrik, tidak jarang konsumen yang melakukan tindakan kecurangan terhadap pemakai energi listrik. Kecurangan yang dilakukan salah satunya adalah memakai energi listrik tanpa melalui prosedur yang berlaku, ini dinamakan pencurian arus listrik. Akibat dari terjadinya pencurian arus listrik, gardu trafo tiang mengalami kehilangan daya (tidak tercatat/terbayar), sehingga Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menjadi penyedia listrik di Indonesia mengalami banyak kerugian. Penelitian ini bertujuan membuat detektor hilang daya (pencurian arus listrik) pada gardu trafo tiang (GTT). Prinsip kerja sistem deteksi hilang daya pada GTT adalah dengan cara membaca arus keluaran GTT kemudian dibandingkan dengan hasil penjumlahan arus pada konsumen. Sistem deteksi hilang daya ini berbasis mikrokontroler ATMEGA16 sebagai control unit. Guna merealisasikan sistem tersebut, dilakukan beberapa tahap yaitu: perancangan sistem, perancangan tiap blok (*Hardware*) yang meliputi: sensor arus, minimum sistem mikrokontroler ATMEGA16, LCD (*Liquid Crystal Display*) M1632, *buzzer*, dan perancangan perangkat lunak (*Software*) pada mikrokontroler dan langkah pengujian. Setelah dilakukan tahap perancangan, pembuatan dan pengujian maka diperoleh hasil bahwa sistem deteksi hilang daya menggunakan tiga sensor arus, ACS712-05B dan ACS712-20A. Sensor pertama dipasang pada terminal output GTT, dan 2 sensor arus dipasang pada pelanggan. Prinsip kerja dengan cara mendeteksi arus yang mengalir ke pelanggan yang kemudian dijumlahkan dan dibandingkan dengan arus yang mengalir keluar dari terminal GTT. Apabila arus yang terdeteksi dari GTT lebih kecil atau sama dengan jumlah arus yang terdeteksi ke pelanggan maka alat ini akan menampilkan kondisi normal, sebaliknya apabila arus yang terdeteksi dari GTT lebih besar dari jumlah arus yang terdeteksi ke pelanggan maka alat ini akan menampilkan adanya pencurian serta ada *alarm* dari *buzzer* sebagai tanda adanya pencurian arus listrik. Setelah dilakukan pengujian, maka diperoleh kesimpulan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja hanya pada arus dengan nilai faktor daya 1, perbedaan tipe sensor arus yang digunakan menyebabkan algoritma penjumlahan arus menjadi lebih rumit dan perbedaan sudut fasa dapat dihitung dengan menambahkan sistem deteksi beda fasa.

Kata kunci: Hilang daya, Gardu Trafo Tiang (GTT)

Gardu trafo tiang merupakan peralatan listrik yang dipasang guna mengubah sistem tegangan menengah menjadi sistem tegangan rendah. Gardu Trafo tiang sering disebut GTT umumnya mengubah sistem tegangan 20 kV menjadi sistem tegangan rendah 220/380 Volt. GTT dipasang guna melayani beberapa konsumen (pelanggan) pada area tertentu. Jumlah daya pelanggan harus disesuaikan dengan kapasitas daya GTT yang terpasang. Dengan sangat banyaknya jumlah konsumen yang memakai energi listrik,

tidak jarang konsumen yang melakukan tindakan kecurangan terhadap pemakain energi listrik. Kecurangan yang dilakukan salah satunya adalah memakai energi listrik tanpa melalui prosedur yang berlaku, ini dinamakan pencurian arus listrik.

Pemakaian energi listrik dengan tanpa melalui prosedur, menyebabkan hilang daya pada GTT. Energi listrik yang digunakan konsumen tercatat ada Kwh meter dan dibayar pada setiap bulannya. Sedangkan penggunaan energi listrik dengan cara diluar prosedur, menyebabkan energi yang digunakan pelanggan (konsumen) tidak tercatat. Sehingga merugikan pihak pensuplai energi listrik.

Akibat dari terjadinya pencurian arus listrik, Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menjadi penyedia listrik di Indonesia mengalami banyak kerugian. Di Sragen Jawa Tengah sebanyak 123 oknum Kepala Keluarga (KK) terancam denda jutaan rupiah dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Pasalnya, mereka kedapatan melakukan kecurangan dengan tujuan untuk mencuri aliran listrik. Pelanggaran itu terbongkar ketika dilakukan penertiban terhadap instalasi rumah tangga yang mencurigakan.

Dari 2.891 KK yang dicurigai tidak beres, 123 di antaranya positif melakukan pelanggaran pencurian dengan berbagai modus. 123 KK yang terdeteksi tersebut, melakukan pencurian dari kabel utama atau nyoblos adalah yang paling banyak ditemukan. Operasi penertiban sendiri dilakukan atas dasar laporan dari petugas serta masyarakat. Pencurian itu semuanya dilakukan oleh rumah tangga. Jika dikonversikan, pendapatan yang

hilang akibat pencurian tersebut sebesar Rp 261 juta. Sebagai sanksinya, 123 KK tersebut akan diputus sambungan listriknya. (Joglo Semar *Online*, 2011)

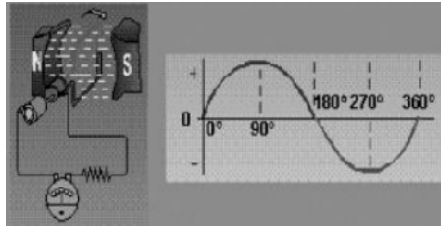
PLN mensuplai energi listrik ke pelanggan menggunakan Gardu Trafo Tiang (GTT). GTT yang dipasang pada jaringan umumnya bertegangan 20 Kilo Volt (KV) ke tegangan 380 Volt (V). Satu GTT dapat mensuplai energi listrik ke pelanggan untuk sejumlah pelanggan. Jika ada pelanggan yang melakukan pencurian energi listrik, maka GTT akan terbebani lebih dari yang seharusnya. Pencurian energi listrik pada GTT bisa dideteksi apabila setiap GTT dan pelanggan dipasang sensor arus. Besar arus yang terdeteksi pada GTT kemudian dibandingkan dengan penjumlahan arus yang mengalir pada tiap pelanggan.

Berdasarkan penjelasan di atas timbul suatu ide untuk membuat detektor pencurian arus listrik. Dengan digunakannya alat ini diharapkan dapat membantu PLN untuk menanggulangi masalah pencurian. Tujuan dari detektor pencurian arus listrik adalah mempersempit area pencarian yang melakukan pencurian arus listrik, sehingga wilayah yang melakukan pencurian ini segera bisa ditemukan dan ditindak lanjuti.

Arus Dan Tegangan Bolak-balik

Arus bolak-balik atau *alternating current* (AC) adalah arus dan tegangan listrik yang besarnya berubah terhadap waktu dan dapat mengalir dalam dua arah. Arus bolak-balik (AC) digunakan secara luas untuk penerangan maupun peralatan elektronik. Generator arus bolak-balik akan menghasilkan te-

gangan yang besarnya berubah secara periodik dalam bentuk fungsi sinus atau cosinus terhadap waktu.



Gambar 1 Generator AC dan Bentuk Fungsi Cosinus Terhadap Waktu
(Sumber: data.tp.ac.id, 2005)

Besarnya tegangan sesaat yang dihasilkan oleh generator arus bolak-balik adalah:

$$V_t = V_m \cdot \sin \omega t$$

dimana:

V_t = tegangan sesaat (Volt)

V_m = tegangan maksimum (GGL maksimum)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

t = waktu (s)

Besarnya GGL maksimum atau tegangan maksimum yang dihasilkan oleh generator adalah:

$$V_m = N \cdot B \cdot A \cdot \omega$$

dimana:

N = jumlah lilitan kumparan

B = induksi magnet (T)

A = luas bidang kumparan (m^2)

Jika generator dihubungkan dengan beban berupa hambatan maka pada rangkaian tersebut mengalir arus bolak-balik sebesar:
dimana:

I_t = kuat arus listrik sesaat (A)

$I_m = k I_t = I_m \cdot \sin \omega t$ (A)

Nilai Maksimum Dan Efektif Tegangan Dan Arus Bolak-Balik

Tegangan dan arus efektif adalah nilai tegangan dan arus bolak-balik yang memberi efek

panas (kalor) yang sama dengan suatu nilai tegangan / arus searah.

Nilai efektif disebut juga dengan nilai akar rata-rata kuadrat (*root mean square*). Nilai efektif dari tegangan atau arus bolak-balik ditunjukkan oleh alat ukur listrik, seperti Voltmeter dan Ampere meter. Selain nilai efektif dan nilai maksimum, pada arus bolak-balik juga dikenal nilai rata-rata (*average value*) dan tegangan puncak-puncak (*peak to peak*).

Hubungan antara nilai efektif, nilai maksimum dan nilai rata-rata dari tegangan dan arus bolak-balik adalah:

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$V_r = \frac{2 \cdot V_m}{\pi}$$

$$I_r = \frac{2 \cdot I_m}{\pi}$$

$$V_{PP} = 2 \cdot V_m$$

dimana:

V_{ef} = tegangan efektif (Volt)

V_m = tegangan maksimum (V)

I_{ef} = kuat arus efektif (A)

I_m = kuat arus maksimum (A)

V_r = tegangan rata-rata (V)

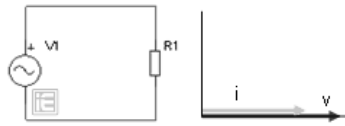
I_r = kuat arus rata-rata (A)

V_{PP} = tegangan puncak ke puncak (V)

Rangkaian Arus Bolak-Balik

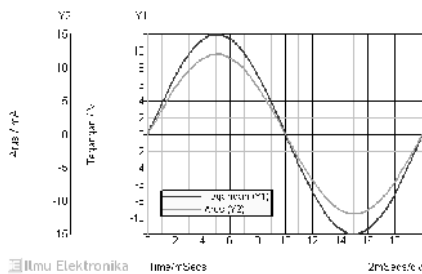
Rangkaian arus bolak-balik adalah sebuah rangkaian listrik yang terdiri dari satu atau beberapa komponen elektronika yang dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik. Komponen elektronika tersebut dapat berupa resistor (hambatan murni), induktor atau kapasitor.

1. Rangkaian Resistor (R)



Gambar 2. Rangkaian Resistor (Sumber: Mukti, 2010)

Resistor pada rangkaian arus bolak-balik (AC) sederhana secara langsung menahan aliran elektron pada setiap periode waktu, sehingga bentuk gelombang tegangan yang melewati resistor akan se-fasa dengan bentuk gelombang arusnya. Jika digambarkan dalam diagram fasor, maka arus (I) ke arah sumbu 'X' positif (kanan) dan tegangan juga ke arah sumbu 'X' positif (kanan).



Gambar 3 Simulasi Tegangan Dan Arus Yang Melewati Resistor (Sumber: Mukti, 2010)

Hubungan antara tegangan dan kuat arus adalah sesuai dengan hukum ohm, yaitu :

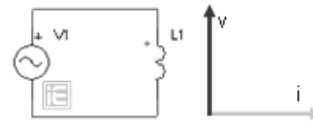
$$V = I.R$$

$$V_m = I_m.R$$

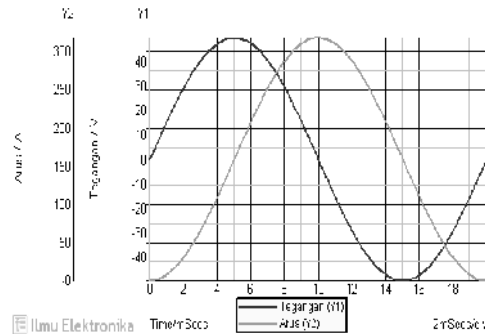
dimana: $V_{ef} = I_{ef}.R$ batan resistor (ohm)

2. Rangkaian Induktor (L)

Pada rangkaian AC induktif phasa tegangan mendahului 90° terhadap arus. Jika digambarkan diagram fasor-nya maka arus mengarah ke sumbu 'X' positif (kanan) dan tegangan mengarah ke sumbu 'Y' positif (atas).



Gambar 4. Rangkaian Induktor (Sumber: Mukti, 2010)



Arus Yang Melewati Induktor (Sumber: Mukti, 2010)

Hambatan aliran elektron ketika melewati induktor pada rangkaian AC disebut sebagai 'Reaktansi Induktif', reaktansi dihitung dalam satuan Ohm () sama halnya seperti resistansi. Simbol reaktansi induktif adalah 'XL', pada rangkaian AC sederhana, reaktansi induktif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

dimana :

X_L = Reaktansi induktif (Ohm /)

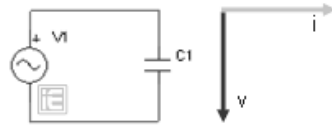
= Pi 3,14

f = Frekuensi (Hertz / Hz)

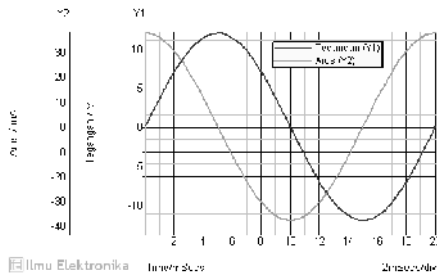
L = Induktansi (Henry / H)

3. Rangkaian Kapasitor (C)

Ketika arus dan tegangan melewati kapasitor pada rangkaian AC, phasa arus mendahului 90° phasa tegangan. Jika digambarkan diagram fasor-nya maka arus (I) ke arah sumbu 'X' positif (kanan) dan tegangan ke arah sumbu 'Y' negatif (bawah).



Gambar 6. Rangkaian Kapasitor
(Sumber: Mukti, 2010)



Gambar 7. Simulasi Tegangan Dan Arus Yang Melewati Kapasitor
(Sumber: Mukti, 2010)

Hambatan aliran elektron ketika melewati kapasitor pada rangkaian AC disebut sebagai 'Reaktansi Kapasitif', reaktansi kapasitif dihitung dalam satuan Ohm (Ω) sama halnya seperti resistansi dan reaktansi induktif. Simbol reaktansi kapasitif adalah 'X_C', pada rangkaian AC sederhana, reaktansi kapasitif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

dimana :

X_C = Reaktansi kapasitif (Ohm / Ω)
= Pi 3,14

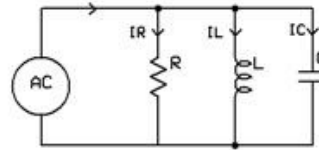
F = Frekuensi (Hertz / Hz)

C = Kapasitansi (Farad / F)

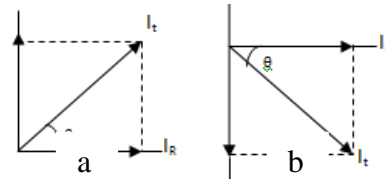
Komponen R, L, dan C Dihubung Paralel Dialiri Arus Bolak-Balik

Prinsip dasar rangkaian R, L, dan C yang dihubungkan paralel mempunyai sifat yang sama dengan R dan L dihubungkan paralel maupun R dan C dihubungkan paralel, yaitu tegangan pada setiap elemen / cabang adalah sama dan besarnya arus total juga merupakan jumlah

dari pasor arus pada tiap-tiap elemen.



Gambar 8. Skema Rangkaian R, L, dan C



Gambar 9.

(a) Diagram Pasor Arus Saat I_C > I_L

(b) Diagram Pasor Arus Saat I_C < I_L

Besarnya arus pada cabang tahanan (I_R) adalah sefasa dengan tegangan dan dapat dituliskan:

$$I_R = I_R \angle 0^\circ = I_R + j0$$

Arus pada induktor (I_L) adalah tertinggal oleh tegangan dengan sudut 90° dan dapat dituliskan:

$$I_L = I_L \angle -90^\circ = 0 - jI_L$$

Arus pada cabang kapasitor (I_C) adalah mendahului tegangan dengan sudut 90° dan dapat dituliskan:

$$I_C = I_C \angle 90^\circ = 0 + jI_C$$

Berdasarkan pada hukum kirchoff arus yang menyatakan bahwa besar arus yang masuk sama dengan jumlah dari arus yang keluar pada tiap percabangan, jadi besar arus total adalah:

$$\begin{aligned} I_t &= I_R + I_L + I_C \\ &= I_R + j0 + 0 - jI_L + 0 + jI_C \\ &= I_R + j(I_C - I_L) \end{aligned}$$

Pada gambar 2.10a atau 2.10b dapat dicari besarnya factor daya (cos ϕ) dan sudut pergeseran fasa (ϕ), yaitu:

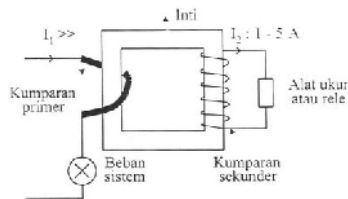
$$\begin{aligned} \cos \phi &= I_R / I_t \\ &= \text{arc cos } I_R / I_t \end{aligned}$$

Sensor Arus

Sensor arus adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi besaran arus listrik. Ada beberapa macam jenis sensor arus, diantaranya transformator arus dan paket IC ACS712.

1. Transformator arus

Transformator arus atau *Current Transformer* (CT) adalah alat pembaca arus yang konstruksinya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Prinsip kerjanya adalah primer CT berupa sebatang kawat. Arus yang akan disensor dilewatkan melalui kawat ini. Jika primer dialiri arus maka pada kumparan sekunder diinduksikan arus yang sebanding dengan arus primer.



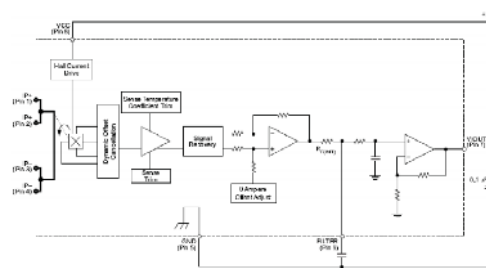
Gambar 10 Transformator Arus (Sumber: Viklund, 2002)

2. ACS712

ACS712 merupakan solusi untuk pembacaan arus listrik, baik AC maupun DC didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear hall* dengan

satu lintasan yang terbuat dari tembaga.

Cara kerja sensor ACS712 adalah dengan cara mendeteksi arus yang mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalam ACS712. Kabel tembaga ini menghasilkan medan magnet yang kemudian ditangkap oleh *integrated Hall IC*. Medan magnet ini kemudian diubah menjadi tegangan proporsional terhadap perubahan arus. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan *BiCMOS Hall IC* di dalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi.



Gambar 11. Blok Diagram ACS712 (Sumber: Allegro Microsystems, Inc, 2006)

Pin-out Diagram



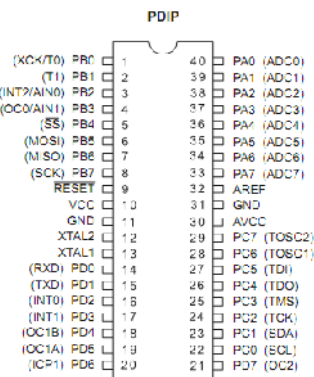
Gambar 12 Konfigurasi Pin ACS712 (Sumber: Allegro Microsystems, Inc, 2006)

Mikrokontroler AVR ATMEGA16

AVR ATMEGA16 adalah IC program yang dapat diisikan program-program serta menjalankannya sesuai dengan penggunaannya. AVR

ATMEGA16 merupakan seri mikro-kontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR ATMEGA16 mempunyai fitur yang lengkap diantaranya: ADC internal, EEPROM internal, *Timer / Counter*, *Watchdog timer*, PWM, *Port I/O*, Komunikasi serial, Komparator, dan lain-lain. Dengan fasilitas yang lengkap ini *programmer* dan desainer dapat menggunakannya untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti: robot, otomatisasi industri, peralatan telekomunikasi, dan berbagai kepentingan lain.

AVR ATMEGA16 juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram berulang-ulang.



Gambar 13. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMEGA16
(Sumber: Atmel Corporation, 2007)

Fungsi dari masing-masing pin ATMEGA16 adalah sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *Ground*.
3. *Port A* (PA0..PA7) merupakan pin input / output dua arah dan pin masukan ADC.

4. *Port B* (PB0..PB7) merupakan pin input / output dua arah dan pin fungsi khusus.

5. *Port C* (PC0..PC7) merupakan pin input/ output dua arah dan pin fungsi khusus.

6. *Port D* (PD0..PD7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin khusus.

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

8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock eksternal*.

9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.

10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

LCD (*Liquid Crystal Display*) Sebagai Tampilan Data

LCD adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan system *dot* matriks. Berbagai macam type dari LCD, salah satunya adalah LCD M1632, yang memiliki tampilan 16 karakter sebanyak 2 baris. Setiap karakter terdiri dari 5 x 7 dot *matrix* ditambah dengan kursor. LCD ini menggunakan catu daya sebesar 5V DC.



Gambar 14 Modul LCD M1632
(Sumber: toko-elektronika.com, 2008)

LCD M1632 terdiri dari dua bagian yaitu: bagian panel LCD yang berfungsi untuk menampilkan informasi sepanjang 16 karakter sebanyak 2 baris, dan bagian sistem mikrokontroler yang terdapat pada balik panel LCD yang

berfungsi untuk tampilan informasi dan komunikasi keluar.

Buzzer

Buzzer adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Cara kerjanya didasarkan pada suatu alat penggetar yang terdiri atas bahan lempengan (*disk*) *buzzer* yang tipis (membran) dan lempengan logam tebal (*piezzo elektrik*). Bila kedua lempengan diberi tegangan maka elektron akan mengalir dari lempengan satu ke lempengan lain, demikian juga dengan proton. Bila *buzzer* diberi tegangan maka lempengan 1 dan lempengan 2 bermuatan listrik.

Dengan adanya muatan tersebut maka kedua lempengan mengalami beda potensial. Adanya beda potensial menyebabkan lempengan 1 bergerak saling bersentuhan dengan lempengan 2 (bergetar). Diantara lempengan 1 dan lempengan 2 terdapat rongga udara, sehingga apabila terjadi proses bergetar akan menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. Proses bergetarnya lempengan 1 dan lempengan 2 terjadi sangat cepat sehingga jeda suara tidak bisa terdengar oleh telinga.



Gambar 15 *Buzzer* dan Penampang Lempengan Dalam (Sumber: Anggraini, 2010)

METODE

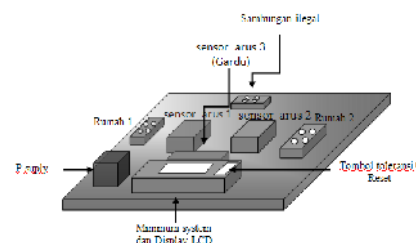
Pada bab ini membahas metode perancangan pembuatan alat yang meliputi: (1) Spesifikasi produk (2) perancangan sistem, (3) perancangan perangkat keras

(*hardware*), (4) perancangan perangkat lunak (*software*), dan langkah pengujian.

Spesifikasi Produk

Produk yang dihasilkan adalah Detektor Pencurian Arus Listrik Pada Pelanggan PLN, dengan spesifikasi sebagai berikut:

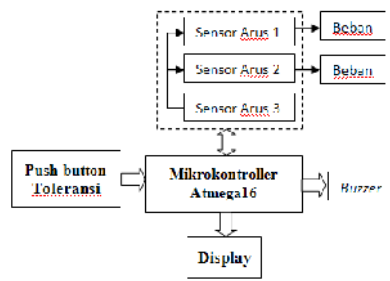
1. Catu daya alat menggunakan tegangan jala-jala 220V.
2. Arus yang dideteksi maksimal 5A untuk ACS712-05B, dan 20A untuk ACS712-20A.
3. Stop kontak 1 dan 2 adalah stop kontak sebagai suplai pada pelanggan 1 dan 2, sedangkan stop kontak 3 adalah sambungan ilegal.
4. Batas toleransi dimasukkan dengan *push-button* (+) untuk menambah dan *push-button* (-) untuk mengurangi toleransi.
5. Tampilan menggunakan LCD M1632.
6. *Buzzer* sebagai peringatan adanya kecurangan.



Gambar 16. Produk yang akan didesain

Perancangan Sistem

Pada Detector Pencurian Arus Listrik pada Pelanggan PLN terdiri dari beberapa blok yang meliputi: (a) sensor arus ACS712, (b) beban, (c) mikrokontroler AT-MEGA16, (d) *display* LCD (*Liquid Crystal Display*) M1632, (e) *buzzer*, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 17. Blok diagram Rangkaian Keseluruhan

Fungsi masing-masing blok pada gambar 3.2 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sensor arus 1 dan 2 mendeteksi besarnya arus yang mengalir pada tiap-tiap rumah pelanggan listrik, sedangkan sensor arus 3 mendeteksi arus pada GTT sekaligus sebagai pembanding dari sensor arus 1 dan 2.
- b. Mikrokontroler berfungsi sebagai ADC internal sekaligus sebagai pengendali utama rangkaian kontrol.
- c. LCD berfungsi sebagai *display* untuk menampilkan apakah terjadi pencurian atau dalam kondisi normal.
- d. *Push-button* berfungsi untuk menambah dan mengurangi toleransi.
- e. *Buzzer* berfungsi sebagai peringatan ketika ada kecurangan.

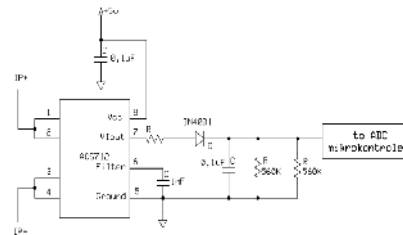
Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada perancangan perangkat keras yaitu terdiri dari rangkaian sensor arus, rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATMEGA16, *push-button*, *display* LCD dan *buzzer*.

1. Rangkaian Sensor Arus ACS712

Untuk mendapatkan besar arus yang mengalir pada pelang-

gan listrik digunakan IC ACS712 yang dirancang khusus sebagai sensor arus. Agar dapat diproses pada mikrokontroler maka output sensor diharapkan berupa variabel tegangan atau logika digital. Arus yang dapat dideteksi dengan sensor arus ACS712-05B ini mulai dari -5 A sampai dengan +5A, dengan output berupa tegangan linier. Sedangkan untuk sensor arus ACS712-20A mulai dari -20 A sampai dengan +20A, dengan output berupa tegangan linier, sehingga output dari sensor arus ini sudah dapat langsung diproses pada ADC mikrokontroler. Gambar rangkaian sensor arus ACS712 dapat dilihat dalam Gambar 18.



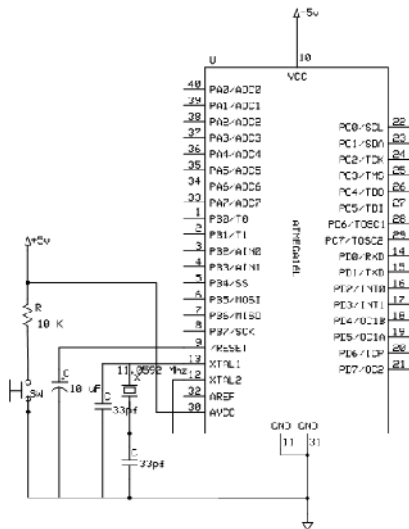
Gambar 18. Skema rangkian sensor arus ACS712

Pada proyek ini digunakan 3 rangkaian sensor arus. Ketiga sensor arus ini mempunyai fungsi yang sama yaitu menyensor arus. Rangkaian sensor arus yang digunakan semuanya sama, namun kapasitas maksimal sensor arusnya berbeda. 1 sensor dengan kapasitas ± 5 ampere dan 2 sensor dengan kapasitas ± 20 ampere.

2. Rangkaian Minimum Sistem

Rangkaian kontrol utama yang digunakan alat ini adalah mikrokontroler ATMEGA16. Mikrokontroler ini berfungsi untuk mengolah data yang diterima dari rangkaian sensor. Agar dapat di-

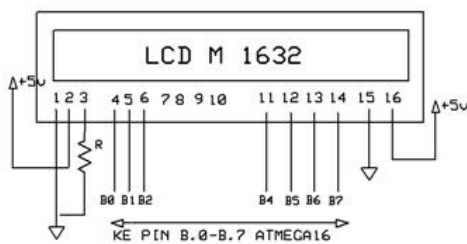
fungsikan sebagai rangkaian kontrol mikrokontroler ini dirancang dengan rangkaian minimum sistem.



Gambar 19. Skema rangkaian minimum sistem ATMEGA16

3. Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display)

Display yang digunakan dalam perancangan yaitu LCD M1632 yang dapat menampilkan 2 baris dengan 16 karakter. Baris pertama LCD ini digunakan untuk menampilkan kondisi apakah "NORMAL" atau "ADA PENCURIAN". Sedangkan baris kedua digunakan untuk menampilkan "Toleransi %".

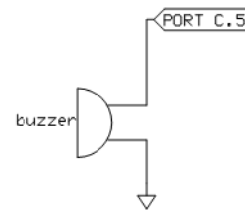


Gambar 20. Rangkaian LCD M1632

4. Rangkaian Buzzer

Buzzer direalisasikan sebagai alarm. Buzzer yang digunakan membutuhkan input 5-12 VDC, sehingga ON-OFFnya buzzer da-

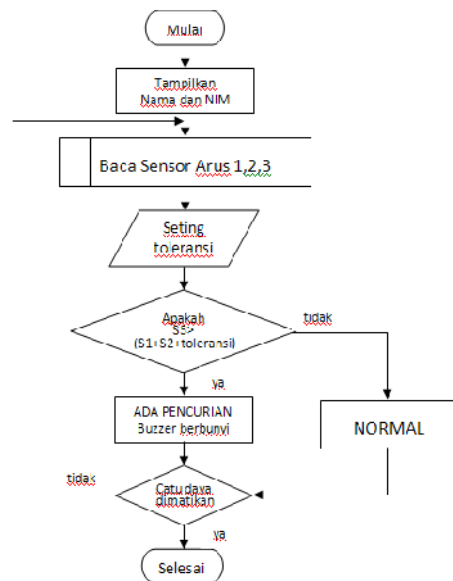
pat langsung dikontrol dengan cara memutus dan menyambung catu daya yang menuju buzzer.



Gambar 21. Rangkaian Buzzer

D. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak merupakan susunan perintah-perintah program di dalam memori yang mengatur alur kerja dari mikrokontroler. Pada perancangan perangkat lunak sistem ini menggunakan bahasa pemrograman C dengan menggunakan program Codevision AVR. Gambar 22. menjelaskan diagram alir untuk keseluruhan sistem.



Gambar 22. Diagram Alir Sistem Kerja Keseluruhan

E. Pengujian Perangkat Keras (Hardware)

1. Pengujian Sensor arus ACS712

a. Tujuan

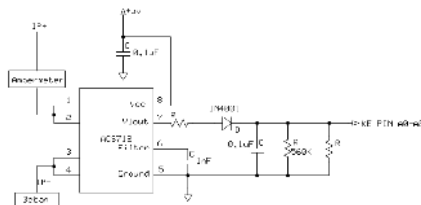
Pengujian sensor arus ACS-712 bertujuan untuk menguji apakah output dari rangkaian sensor sudah sesuai dengan teori serta menganalisa hasil dari pengukuran rangkaian sensor arus ACS712.

b. Alat dan Bahan

- 1) Power suplai +5 Vol DC.
- 2) Modul rangkaian sensor arus 3 buah.
- 3) Multimeter digital.
- 4) Ampermeter digital.
- 5) Beban bohlamp.

c. Langkah Uji

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Susunlah rangkaian sensor arus seperti Gambar 23.



Gambar 23. Rangkaian Pengujian Sensor Arus

- 3) Beri beban dengan bermacam-macam bohlamp yang akan di sensor.
- 4) Ukur output rangkaian sensor arus menggunakan multimeter digital.
- 5) Ulangi langkah c dan d dengan mengganti bohlamp dengan daya mulai dari yang kecil hingga yang besar.
- 6) Catat hasil pengujian dalam tabel hasil pengujian.

2. Pengujian Alat Keseluruhan

a. Tujuan

Tujuan pengujian alat keseluruhan adalah untuk mengetahui prinsip kerja sistem yang telah dibuat secara lebih jelas. Untuk

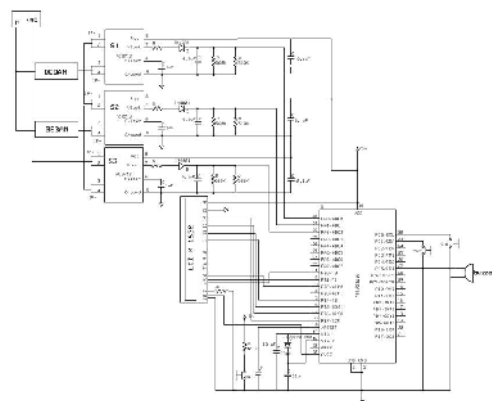
pengujian keseluruhan sistem akan dilakukan pengujian secara bersamaan antara *Hardware* dan *Software*.

b. Alat dan Bahan

- 1) Perangkat keras dengan semua *input* dan *output*.
- 2) Perangkat komputer/ laptop.
- 3) *Downloader AVR 910*.
- 4) Catu daya PLN.
- 5) Macam-macam Beban
- 6) *Test-pen*.

c. Langkah Pengujian

- 1) Susunlah rangkaian seperti Gambar 24.
- 2) Gunakan *test-pen* untuk mengetahui mana catu daya (+) dan mana yang (0).
- 3) Pasang catu daya pada rangkaian.
- 4) Masukkan angka toleransi.
- 5) Pasanglah beban *bohlamp* 100 W pada S1 dan *bohlamp* 100 W pada S2, serta *bohlamp* 100 W pada S3.
- 6) Amati hasilnya.



Gambar 24. Pengujian Rangkaian Keseluruhan

HASIL

Hasil pengujian Perangkat Keras (*hardware*)

Pengujian Rangkaian Sensor Arus ACS712

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Arus 1

No	Arus (A)	Output sensor (V) pengujian ke-					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	0	2.149	2.139	2.154	2.144	2.142	2.1456
2	0.43	2.183	2.173	2.186	2.178	2.175	2.179
3	0.83	2.261	2.250	2.267	2.255	2.253	2.2572
4	1.29	2.358	2.348	2.363	2.353	2.351	2.3546
5	1.72	2.451	2.441	2.454	2.445	2.443	2.4468
6	2.14	2.539	2.530	2.543	2.534	2.532	2.5356
7	2.58	2.637	2.627	2.641	2.629	2.628	2.6321

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Arus 2

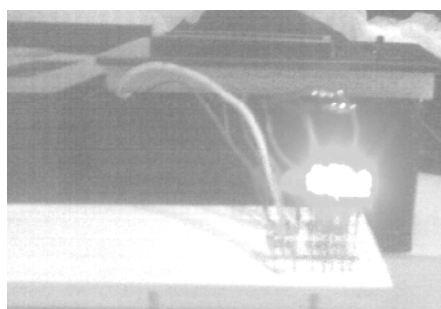
No	Arus (A)	Output sensor (V) pengujian ke-					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	0	2.139	2.138	2.135	2.141	2.143	2.1398
2	0.43	2.153	2.151	2.148	2.158	2.157	2.1534
3	0.83	2.181	2.181	2.179	2.189	2.188	2.184
4	1.29	2.222	2.221	2.217	2.228	2.228	2.2232
5	1.72	2.266	2.265	2.262	2.271	2.271	2.267
6	2.14	2.310	2.308	2.307	2.316	2.315	2.3112
7	2.58	2.368	2.367	2.365	2.374	2.373	2.3694

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Arus 3

No	Arus (A)	Output sensor (V) pengujian ke-					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	0	2.148	2.146	2.138	2.149	2.153	2.1458
2	0.43	2.163	2.161	2.152	2.164	2.158	2.1616
3	0.83	2.192	2.191	2.181	2.192	2.197	2.1906
4	1.29	2.231	2.231	2.221	2.232	2.235	2.23
5	1.72	2.280	2.277	2.271	2.281	2.285	2.2788
6	2.14	2.324	2.322	2.313	2.326	2.329	2.3228
7	2.58	2.378	2.377	2.369	2.379	2.383	2.3772

2. Pengujian Minimum Sistem ATMEGA16

Dari pengujian Minimum Sistem ATMEGA16 dengan ditambahkan rangkaian LED didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 25. Hasil Percobaan Minimum Sistem ATMEGA16

3. Pengujian LCD (Liquid Crystal Display)

Dari pengujian LCD menggunakan mikrokontroler ATMEGA 16 didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 26. Tampilan Pengujian LCD M1632

LCD dapat menampilkan karakter yang diisikan dalam pemrograman mikrokontroler ATMEGA16.

4. Pengujian Buzzer

Dari pengujian *buzzer* dengan memberikan tegangan suplai 5 V DC, *buzzer* dapat mengeluarkan suara dengan jelas.

5. Pengujian Keseluruhan

Sistem ini mengacu pada perbandingan besar arus yang terdeteksi pada sensor utama (sensor 3) dengan penjumlahan dari besar arus yang terdeteksi sensor pada pelanggan (sensor 1 + sensor 2). Pada saat besar arus yang dideteksi oleh sensor utama sama dengan jumlah dari besar arus yang dideteksi pada sensor di pelanggan, maka keadaan ini dinyatakan dalam kondisi NORMAL, sedangkan apabila besar arus yang dideteksi oleh sensor utama lebih besar daripada jumlah dari besar arus yang dideteksi oleh sensor di pelanggan maka dalam keadaan ini dinyatakan dalam kondisi ADA PENCURIAN.

PEMBAHASAN

1. Pembahasan Pengujian Sensor Arus ACS712

Dari pengujian rangkaian sensor arus didapat hasil seperti tabel hasil pengujian rangkaian sensor arus. Bahwa keluaran tegangan dari sensor arus ACS712 menunjukkan kelinieran terhadap arus masukannya. Sehingga untuk pembuatan sensor arus bisa dinyatakan sesuai dengan karakteristiknya.

2. Pembahasan Pengujian Minimum Sistem ATMEGA16

Pada pengujian mikrokontroler menggunakan LED ini PORT C digunakan sebagai *output*. Pada saat program dijalankan maka semua LED akan mati (PORT C belogika 0), setelah itu setiap jeda 1 detik maka satu persatu LED akan menyala. Setelah semua led menyala maka LED akan kembali mati semua. Proses tersebut akan terus berulang. Setelah program tersebut diisikan pada IC mikrokontroler dan dijalankan pada modulnya, didapat hasil bahwa LED mati kemudian menyala bergantian dengan bergeser ke kanan satu bit. hal ini dapat diambil kesimpulan bahwa Mikrokontroler ATMEGA16 yang digunakan dalam kondisi baik dan dapat diisi perintah lain untuk menjalankan program.

3. Pembahasan Pengujian LCD (Liquid Crystal Display)

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa LCD dapat menampilkan karakter pada baris pertama yaitu "Anang Dedy K" dan pada baris kedua yaitu " =3075323-53210= ", sehingga dari pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa LCD dapat berfungsi dengan baik karena antara program yang di-*download*-kan dengan karakter yang ditampilkan sama.

4. Pembahasan Pengujian Rangkaian keseluruhan

Sistem ini mengacu pada perbandingan besar keluaran sensor utama (sensor 3) dengan penjumlahan dari keluaran sensor pada pelanggan (sensor 1 + sensor 2). Untuk penjumlahan arus AC tidak bisa langsung dijumlahkan seperti pada penjumlahan arus DC, karena penjumlahan arus AC harus dengan cara vektor yaitu dengan mengetahui pergeseran sudutnya.

Sensor arus yang digunakan dalam alat ini hanya dapat mendeteksi arus AC sesaat, sehingga keluaran dari sensor arus ini tidak pasti. Untuk membaca besarnya arus AC yang sesungguhnya agar dapat diolah secara vektor, sensor arus ini harus ditambahkan dengan rangkaian elektronika tertentu agar dapat diketahui pergeseran sudutnya. Oleh karena itu, arus AC yang terdeteksi sensor arus ini belum bisa dijumlahkan, sehingga untuk pembuatan detektor pencurian arus listrik ini belum bisa dimanfaatkan pada arus listrik yang mengalir ke pelanggan PLN.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada masing-masing blok, maka dapat diperoleh kesimpulan antara lain:

1. Pada perancangan Sistem deteksi hilang daya pada GTT menggunakan komponen antara lain: sensor arus ACS712-05B dan ACS712-20A, mikrokontroler ATMEGA16, LCD M 1632, *buzzer*, *push-button* serta komponen-komponen pelengkap lainnya.
2. Pembuatan detektor pencurian arus listrik dimulai dari membuat diagram blok, pembuatan meka-

nik, membuat perangkat keras (*hardware*), membuat perangkat lunak (*software*), serta menggabungkan antara mekanik, perangkat lunak dengan perangkat kerasnya.

3. Pengujian detektor pencurian arus listrik pada pelanggan PLN diawali dari pengujian tiap blok perangkat keras, pengujian perangkat lunak, serta pengujian alat keseluruhan. Sensor arus yang digunakan dalam alat ini hanya dapat mendeteksi arus AC sesaat, sehingga keluaran dari sensor arus ini tidak pasti. Untuk membaca besarnya arus AC yang sesungguhnya agar dapat diolah secara vektor harus ditambahkan dengan rangkaian elektronika tertentu agar dapat diketahui pergeseran sudutnya. Oleh karena itu, arus AC yang terdeteksi sensor arus ini belum bisa dijumlahkan, sehingga untuk pembuatan detektor pencurian arus listrik ini belum bisa dimanfaatkan pada arus listrik yang mengalir ke pelanggan PLN.

DAFTAR RUJUKAN

- Allegro Microsystems, Inc.2006. *ACS712. (online)* URL: <http://alldatasheet.com>, diakses tanggal 9 Maret 2011.
- Anggraini, Dian.2010. Aplikasi Mikrokontroler ATMEGA16 Sebagai Pengontrol Sistem Emergency Dan Lampu Jalan Yang Dilengkapi Dengan Sensor Cahaya (LDR) Pada Miniatur Kompleks Perumahan Modern.
- Andrianto, Heri.2008. Pemrograman Mikrokontroler AVR AT-MEGA16 Menggunakan Bahasa C (*Code Vision AVR*), Bandung: Infomatika.
- Berbagi Pengetahuan.2011. Sensor Arus efek Hall ACS712 (*Hall Effect Allegro ACS712*). (*online*). URL: <http://ilmubawang.blogspot.com>, diakses tanggal 9 Maret 2011.
- EL Eswk Page's.2009. *Mikrokontroler Atmel ATMEGA-16.(online)*. URL:<http://www.el-eswk.co.cc/>, diakses tanggal 9 Maret 2011.
- Mukti, Bayu Kuncoro.2010. Arus Bolak-Balik (*Alternating Current / AC*). (*online*). URL: <http://ilmu-elektronika.co.cc>, diakses tanggal 5 Mei 2011.
- Pradigta,Lucky.2009.Sistem Pengaman Motor Induksi 3 Phasa Terhadap Gangguan Unbalance Voltage Dan Overload. PENS-ITS, Surabaya.
- Toko Elektronika.2008. *LCD 16x2 Karakter.(online)*.URL: <http://www.toko-elektronika.com>, diakses pada tanggal 1 Juni 2010.
- Wardoyo.2011. 123 KK Terancam Denda Jutaan Rupiah (*online*). URL:<http://harianjoglosemar.com>, diakses tanggal 28 April 2011.