

SISTEM PEMBATAS DAYA PADA STOP KONTAK BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51

Muhammad Rofiq, ST
Dosen STMIK ASIA Malang

Abstraksi

Pelanggan listrik umumnya tidak memperhatikan batas maksimum pemakaian daya listrik pada sebuah stop kontak. Hal ini dapat mengakibatkan kebakaran. Untuk itu diperlukan alat untuk membatasi penggunaan daya listrik pada stop kontak.

Sistem pembatas daya ini terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, ADC multi kanal (ADC 0809), pengolah data (MCS51), penampil daya (LCD TM162ABC), tombol masukan (keypad matrik 3x4), pemutus arus, dan buzzer. Data daya maksimum ditentukan melalui tombol keypad. Nilai tegangan dan arus diperoleh dari sensor tegangan dan sensor arus yang diubah menjadi data digital oleh ADC sebagai data masukan bagi mikrokontroler. Perhitungan daya diperoleh dari perkalian tegangan dan arus. Sedangkan nilai tegangan dan arus berdasarkan akar kuadrat dari integral nilai sesaat kuadrat dibagi periode. LCD akan menampilkan daya maksimum dan sisa daya. Buzzer akan berbunyi jika daya terukur melebihi daya maksimumnya dan pemutus arus bekerja jika daya terukur masih lebih. Dari pengujian yang telah dilakukan, alat ini mampu mengukur daya hingga 500 W dengan nilai kesalahan rata-rata 1,6% - 6,1%.

LATAR BELAKANG

Saat ini listrik bisa dikategorikan sebagai kebutuhan pokok manusia karena baik industri besar maupun kecil sangat bergantung dengan adanya pasokan listrik, begitu pula dengan rumah tangga. Hampir bisa dipastikan bahwa setiap rumah tangga mempunyai aliran listrik dari PLN, terutama di kota-kota besar.

Namun, konsumen umumnya tidak pernah memperhatikan penggunaan energi listrik dengan tepat. Salah satu contohnya adalah pemakaian stop kontak. Sering kali kita melihat pemakaian stop kontak dengan beban berlebih. Misalnya, sebuah stop kontak digunakan untuk televisi, komputer, lemari es, *rice cooker*, mesin AC atau kadang-kadang dengan memakai kabel perpanjangan digunakan pula untuk beban dengan daya yang besar. Dengan demikian, bisa dipastikan kabel dalam stop kontak tersebut akan panas karena kapasitas kabel dalam mengalirkan arus tidak mencukupi. Hal ini bisa mengakibatkan kabel tersebut terbakar. Dan apabila tempat di sekitar kabel tersebut merupakan bahan yang mudah terbakar, seperti kayu, plastik, dan kertas, kebakaran yang lebih besar dapat terjadi.

Melihat kenyataan tersebut, diperlukan suatu alat yang mampu membatasi besar daya maksimum yang dapat dicatu dari sebuah stop kontak. Jika daya yang terpakai sudah melebihi batas daya yang diperbolehkan secara otomatis sambungan listrik untuk stop kontak tersebut akan terputus tanpa harus memutuskan aliran listrik utama. Dengan demikian resiko kecelakaan terutama kebakaran yang diakibatkan oleh kelebihan beban arus listrik dapat diperkecil.

PERUMUSAN MASALAH

Penelitian ini ditekankan pada: (1) bagaimana merancang dan membuat rangkaian untuk membatasi daya pada stop kontak secara otomatis, (2) bagaimana me-rancang

dan membuat rangkaian pengubah sinyal analog menjadi digital sebagai masukan dari mikrokontroler, (3) bagaimana menyusun dan menerapkan perangkat lunak sistem, (4) bagaimana merancang driver untuk mengendalikan *relay* dan buzzer

PEMBATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Peralatan hanya untuk membatasi pemakaian daya efektif pada stop kontak sedangkan energi listrik dan biaya penggunaan tidak dibahas.
3. Tidak membahas sistem tenaga secara keseluruhan
4. Tidak membahas catu daya

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat pembatas daya efektif pada stop kontak dengan menggunakan mikrokontroler

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam suatu rangkaian listrik, daya merupakan suatu besaran yang penting. Ukuran komponen dan pengelompokan komponen dalam peralatan elektronika terutama ditentukan karena kebutuhan untuk menghilangkan tenaga listrik yang berubah menjadi panas. Daya yang dipergunakan dalam rangkaian listrik dapat diperoleh dari tegangan dan arusnya. Karena menurut

definisi $v = dw/dq$ dan $i = dq/dt$, maka daya adalah: $p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$

Sehingga daya sesaat merupakan hasil kali tegangan sesaat dengan arus sesaat. Secara matematika, arus efektif dinyatakan sebagai :

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$

Pernyataan serupa berlaku pula untuk tegangan. Dengan mengganti i dengan v akan diperoleh nilai efektif untuk tegangan yang berupa fungsi berulang terhadap waktu. Nilai efektif juga dikenal sebagai nilai *rms-root mean square* sesuai dengan definisinya, yang jika dibaca dari belakang akan memberikan garis besar proses perhitungannya; mula-mula ordinat gelombang dipangkatduakan, kemudian dihitung nilai rata-rata ordinat gelombang yang telah dipangkatduakan itu, dan akhirnya hasil tersebut diambil akar pangkat-duanya. (Budiono, 1995)

Transformator adalah suatu peralatan listrik yang tidak berputar yang meneruskan tenaga listrik dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain dengan frekuensi yang sama dan dengan tegangan yang berubah melalui sirkit magnetik (Kong Tse, 2002)

Transformator arus dipergunakan dengan dihubungkannya dalam seri kumparan primernya dengan beban, kumparan sekundernya dihubungkan dengan sirkit arus dari alat pengukur amper atau alat pengukur watt. Pada dasarnya prinsip kerja dari transformator arus sama dengan transformator tegangan. Arus beban sama dengan arus yang mengalir pada kumparan primer. Dengan adanya impedansi pada kumparan primer maka akan timbul tegangan. Sesuai dengan perbandingan transformasi maka nilai tegangan yang timbul pada kumparan sekunder tergantung dari perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder. (Soejana, 2000)

Rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai kalibrasi tegangan keluaran dari sensor tegangan dengan *range* tegangan masukan ADC. Bentuk umumnya dinyatakan sebagai berikut: Dalam suatu rangkaian yang terdiri dari n buah resistor yang dihubungkan seri dengan suatu sumber

v_k , tegangan v_k yang terdapat antara kutub resistor R_k adalah $v_k = \frac{R_k}{R_1 + R_2 + \dots + R_k} \cdot v$ (Mismail, 1995)

Penyearah presisi memancarkan satu polaritas isyarat masukan dan membalik yang lain. Jadi dua siklus-setengah dari suatu arus bolak-balik dipancarkan tapi diubah menjadi berpolaritas tunggal pada keluaran rang-kaiannya. Penyearah presisi disebut juga rangkaian harga mutlak. Harga mutlak dari sebuah bilangan (atau tegangan) sama dengan besarnya tanpa memperdulikan tandanya. (Coughlin, 1994)

ADC bekerja berdasarkan prinsip komparator dengan membandingkan analog V_{in} -nya dengan V_{out} DAC. Jika analog V_{in} -nya lebih besar dari V_{out} DAC maka keluaran op-amp (komparator) akan tinggi. Apabila masukan analog V_{in} -nya lebih kecil dari output DAC maka keluaran op-amp rendah. Dengan kata lain pengkonversian sinyal analog pada ADC akan terus dibandingkan sampai didapat nilai yang sesuai dengan nilai masukan yang sesungguhnya. (Malvino, 1993)

Mikrokontroler AT89C51 yang diproduksi oleh ATMEL Company merupakan salah satu anggota keluarga dari MCS-51. IC jenis ini berorientasi pada kontrol yang dapat diprogram ulang. Mikrokontroler AT89C51 mempunyai karakteristik utama yaitu CPU dengan lebar data 8 bit, prosesor Boole untuk operasi logika 1 bit, ruang memori program sebesar 64 *kbyte*, ruang memori data sebesar 64 *kbyte*, EPROM sebesar 4 *kbyte* untuk memori program pada *chip*, RAM sebesar 256 *byte* untuk memori data pada *chip*, 32 jalur bidirectional (dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran) dan setiap jalur bit dapat dialamati, 2 buah *counter/timer* 16 bit, UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter full duplex*), 5 jalur interupsi dengan 2 tingkat prioritas yang dapat deprogram, osilator internal terdapat dalam *chip* (Atmel, 1997)

Tipe LCD yang digunakan adalah TM 162ABC buatan *Seiko Instruments Inc.* Tipe ini mempunyai konsumsi daya rendah dengan menggunakan teknologi CMOS dengan spesifikasi yaitu 16 karakter dengan 5x7 dot matrik dan kursor, rasio kerja: 1/16, *power On Reset* secara otomatis, karakter generator ROM 8320 Bits, karakter generator RAM 512 Bits, antarmuka dengan MPU empat bit dan delapan bit, tegangan masukan sebesar $5V \pm 10\%$

Transistor merupakan suatu komponen aktif semikonduktor yang bekerja menggunakan aliran elektron di dalam bahannya. Transistor terdiri dari tiga daerah semikonduktor. Untuk transistor tipe NPN terdiri dari daerah emitor tipe n, daerah basis tipe p, dan daerah kolektor tipe n. Sedangkan tipe PNP, terdiri dari daerah emitor tipe p, daerah kolektor tipe p, dan daerah basis tipe n. Transistor menggunakan 2 persambungan pn yaitu persambungan emiter basis (EBJ) dan kolektor basis (CBJ). (Malvino, 1996)

Relay merupakan actuator elektromekanis yang bekerja menggunakan elektromagnet. *Relay* pada sistem ini digunakan sebagai sebagai penghubung dan pemutus arus beban. *Relay* sebenarnya adalah saklar yang dikendalikan secara elektronik. (Soejana, 2000)

Untuk proses pengintegralan digunakan pendekatan dengan menggunakan metode aturan trapesium. Untuk perhitungan akar kuadrat digunakan metode *Newton Raphson*. Secara lebih umum kita mempunyai algoritma yang disebut juga suatu *rumus rekursi* atau suatu *skema iterasi*

$$x_{r+1} = x_r - \frac{f(x_r)}{f'(x_r)} \quad (\text{Purcell, 1999})$$

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan alat pada dasarnya menggunakan data sekunder dari literatur tetapi jika data sekunder ini tidak tersedia, percobaan awal dilakukan untuk memperoleh data primer. Perancangan dilakukan dengan menggunakan pendekatan moduler mulai dari masukan menuju keluaran. Metode ini digunakan baik untuk perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak.

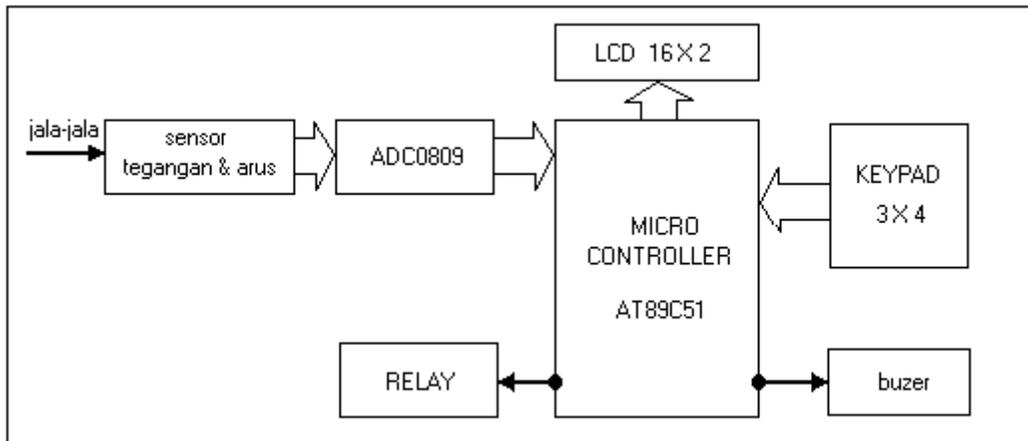
Hasil rancangan yang berupa rangkaian per blok diimplementasikan menjadi satu kesatuan pada sebuah PCB (*Printed Circuit Board*). Layout PCB tersebut dibuat dengan menggunakan Program Protel 98. Perangkat lunak yang dirancang dalam bentuk diagram alir diimplementasikan sebagai program Assembler dengan menggunakan Program Pinnacle. Untuk memasukkan program ini ke mikrokontroler digunakan emulator HB2000.

Pengujian dilakukan terhadap modul-modul sistem dengan cara mengevaluasi hasil keluaran tiap modul untuk masukan-masukan tertentu berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Setelah masing-masing blok bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, dilakukan pengujian keseluruhan sistem yang berupa alat yang sudah jadi.

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

1. Blok diagram sistem

Blok diagram sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Blok diagram sistem pembatas daya pada stop kontak

2. Perencanaan Perangkat Keras

Sensor tegangan

Rangkaian sensor tegangan ini terdiri dari transformator *step down*, rangkaian pembagi tegangan, dan penyearah presisi atau rangkaian harga mutlak. Pada sisi primer transformator digunakan tegangan pada 0–220V sedangkan pada sisi sekunder digunakan tegangan 0 – 6V. Untuk meng kalibrasi tegangan agar sesuai tegangan masukan ADC maka digunakan rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan resistor variabel yang direncanakan sebesar 10kΩ. Besar tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan diperoleh dengan memperhatikan perancangan ADC.

Sensor arus

Rangkaian sensor arus ini terdiri dari trafo arus dan rangkaian penyearah presisi-rangkaian harga mutlak. Dengan daya efektif maksimum 1300W maka arus efektif maksimum yang mengalir pada beban sebesar 6,95A. Perhitungan nilai arus efektif maksimum diatas diperoleh dengan asumsi nilai tegangan efektif sebesar 220V dan faktor daya ($\cos \theta$) sebesar 0,85. Nilai faktor daya sebesar 0,85 ini merupakan nilai standar PLN dalam perkiraan beban untuk rumah tangga.

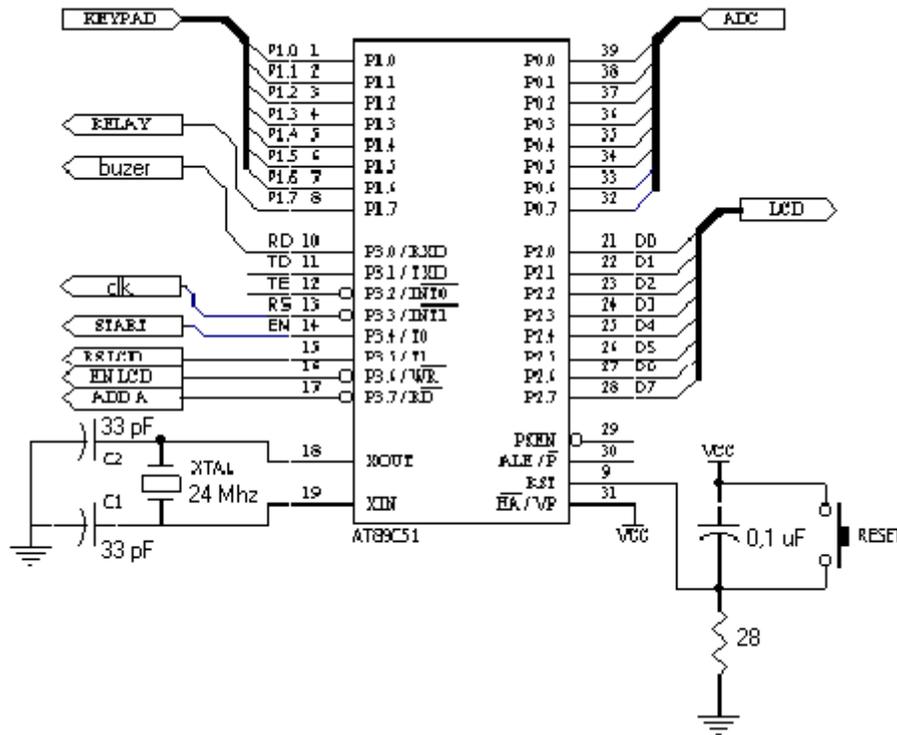
ADC 0809

Rangkaian ADC berfungsi sebagai data masukan bagi mikrokontroler dalam pembacaan sinyal analog dari sensor tegangan maupun sensor arus. Tipe yang dipakai dalam perancangan ini

adalah ADC 0809. Masukan analog yang digunakan sebanyak 2 buah yaitu IN₀ untuk rangkaian sensor tegangan dan IN₁ untuk rangkaian sensor arus.

Mikrokontroler AT89C51

Sistem mikrokontroler beserta komponen pendukungnya secara lengkap ditunjukkan dalam Gambar 2



Gambar 2 Rangkaian sistem mikrokontroler beserta komponen pendukungnya

LCD

Jalur data LCD dihubungkan dengan p2 mikrokontroler. Sedangkan sebagai sinyal-sinyal kontrol, p3.5 sebagai jalur kontrol RS (*Register Selection*) dan p3.6 sebagai jalur EN (*enable*). Jalur kontrol R/W dihubungkan langsung ke *ground* sebab mode operasi yang dilakukan selalu operasi penulisan ke register instruksi maupun register data internal modul LCD. Dengan mengubah nilai V_{EE} menggunakan potensiometer akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD. Dioda dipasang antara V_{CC} dan terminal BL+ untuk mencatu lampu latar tampilan LCD pada tegangan 4,3 V. Sehingga akan diperoleh tingkat kecerahan yang sesuai dengan yang diinginkan.

Keypad Matrik 3x4

Keypad matrik 3x4 disini artinya terdapat 3 jalur kolom dan 4 jalur baris sehingga akan membentuk matriks 3X4 sama dengan menghasilkan 12 kode yang berbeda. Rangkaian keypad dihubungkan dengan p1.0–p1.6 pada mikrokontroler.

Rangkaian Buzer

Rangkaian buzzer berfungsi sebagai tanda bahwa daya efektif yang terukur melebihi batas daya efektif maksimum yang telah ditentukan. Rangkaian buzzer ini menggunakan transistor serta aktif-tidaknya transistor dikendalikan oleh mikrokontroler pada pin p3.0.

Relay

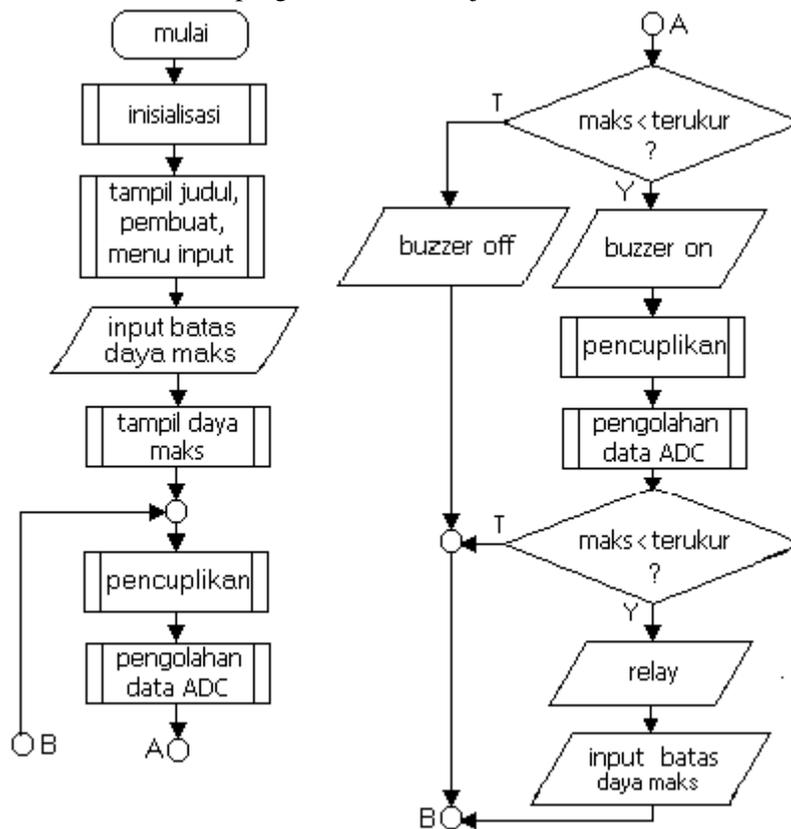
Rangkaian *relay* ini berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus beban yang terdiri dari transistor dan *relay*. Basis transistor ini dihubungkan dengan p1.7 sebagai pengendali dari aktif tidaknya transistor. *Relay* yang digunakan adalah jenis SPDT dengan kondisi normal terbuka. Spesifikasi *relay* seperti yang tertera adalah tegangan koil 12 V_{DC}, arus koil 50 mA, dan mampu dibebani arus sampai 10 A, serta tegangan AC sampai 220 V

3. Perancangan Perangkat Lunak

Pusat pengendali dari alat ini adalah mikrokontroler Atmel AT89C51. Dalam perancangan perangkat lunaknya menggunakan bahasa assembler.

Diagram Alir Program Utama

Pada diagram alir program utama menjelaskan secara keseluruhan proses sistem mulai dari awal dihidupkan. Flow chart untuk program utama ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Flow chart program utama

PENGUJIAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancangan alat. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian tiap blok rangkaian dan keseluruhan sistem. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan perancangan, dan selanjutnya dianalisa.

Pengujian rangkaian meliputi :

- Pengujian keypad, LCD, dan mikrokontroler
- Pengujian sensor tegangan
- Pengujian sensor arus

- Pengujian ADC
- Pengujian *driver buzzer*
- Pengujian *driver relay*
- Pengujian keseluruhan

Analisis

1. Dari hasil pengujian keypad, LCD, dan mikrokontroler didapatkan bahwa tampilan pada LCD sesuai dengan penekanan tombol pada keypad. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi keypad-LCD berfungsi dengan baik.
2. Pengujian sensor tegangan sesuai dengan data masukan pada ADC
3. Pengujian sensor arus menunjukkan bahwa tegangan pada sisi sekunder trafo arus mengalami perubahan sesuai dengan perubahan arus pada sisi primernya. Dalam hal ini tegangan tidak selalu linier dengan perubahan arus pada sisi primer sehingga hasil dari pengukuran merupakan hasil pendekatan yang akan dikompensasi pada perangkat lunaknya.
4. Pada pengujian ADC, dengan membandingkan hasil pengujian dan perhitungan, maka didapatkan kesalahan maksimumnya sebesar 1 LSB.
5. Pada pengujian *driver buzzer*, sudah sesuai dengan hasil perhitungan pada perancangannya dan buzzer bekerja saat ada perubahan pada p3.0.
6. Pada pengujian *relay, relay* bekerja saat ada perubahan logika pada p1.7
7. Pada pengujian keseluruhan, ketelitian alat berkisar 1,6% - 6,1%. Hal ini diakibatkan oleh perubahan arus yang tidak linier dengan perubahan tegangan pada sisi sekunder trafo arus. Serta perubahan arus yang kecil mengakibatkan tegangan pada sisi primer trafo arus juga mengalami perubahan yang kecil sehingga tegangan induksi yang dihasilkan juga kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN HASIL PENELITIAN

1. KESIMPULAN

- a. Buzzer akan berbunyi jika hasil pengukuran melebihi nilai yang telah ditentukan.
- b. Relay bekerja setelah ada tanda peringatan buzzer apabila nilai terukur melebihi nilai yang ditentukan.
- c. Ketelitian alat berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan berkisar antara 1,6% -6,1%.

2. SARAN

- a. Karena arus beban yang mengalir kecil sehingga tegangan induksi yang dihasilkan juga kecil. Akibatnya perubahan daya dibawah 50 W kurang terdeteksi. Untuk itu lebih baik digunakan sensor arus yang lebih bagus.
- b. Dalam pengembangan selanjutnya perlu dipertimbangkan analisis pada kondisi hubung singkat karena metode perhitungan yang tidak memungkinkan untuk menganalisis kondisi hubung singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel, 1997. *AT89C51 8-bit Mikrokontroler with 4K Byte flash* :
<http://www.atmel.com>
- Coughlin, Robert F dan Frederick F. Driscoll. 1994. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear, Edisi kedua, Terjemahan Herman Widodo S.* Jakarta: Erlangga
- Kong Tse, Chi. 2002. *Analisis Rangkaian Linear.* Jakarta : Erlangga

- Malvino, Albert Paul. 1993. *Elektronika Komputer Digital Pengantar Mikrokomputer, Edisi kedua, Alih bahasa Tjia may On*. Jakarta: Erlangga
- Malvino, Albert Paul. 1996. *Prinsip-Prinsip Elektronik, Edisi kedua, Terjemahan Hanapi Gunawan*. Jakarta: Erlangga
- Mismail, Budiono. 1995. *Rangkaian Listrik*, jilid 1. Bandung : ITB
- Nalwan, Paulus Andi. 2003. *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo
- National Semiconductor. 1999. *ADC0808,ADC0809 8-bit μ P compatible A/D Converter with 8-Channel Multiplexer*.
<http://www.national.com>
- Purcell, Edwin J dan Dale Varberg. 1999. *Kalkulus dan Geometri Analitis*, jilid 1. Jakarta : Erlangga
- Seiko Instruments. 1987. *Liquid Crystal Display Module TM162ABC6 User Manual*.
<http://www.alldatasheet.com> /TM162ABC.pdf, 1987
- Soejana. 2000. *Pengukuran Alat-alat Listrik*. Jakarta : Erlangga
- Wakeman, Larry. 2002. *Using the ADC 0808/0809 Compatible A/D Converter with 8-Channel Analog Multiplexer*: National Semiconductor.