

Prototipe Manajemen Beban Otomatis Pada Sistem Tenaga Listrik Tegangan Rendah 1 Phasa

Chairul Sholeh

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

Abstrak : Penggunaan tenaga listrik saat ini sudah menjadi suatu kebutuhan yang mendasar bagi masyarakat modern, bukan hanya pada industri dan perkantoran saja, tetapi juga pada perumahan. Masalah pada distribusi tenaga listrik adalah daya yang dikonsumsi tidak boleh melebihi pembatas arus yang dipasang karena bertambahnya beban menyebabkan naiknya arus. Akan timbul masalah jika kontinuitas suplai tenaga listrik dari PLN padam yang disebabkan beban lebih (*over load*), yang akan berakibat aktifitas tersebut terhenti. Padamnya suplai tenaga listrik dari PLN yang disebabkan beban lebih (*over load*) menyebabkan para pengguna peralatan listrik rugi waktu dan biaya. Efek dari listrik padam mendadak yang disebabkan beban lebih (*over load*) ini bisa merusak alat-alat elektronik. Sistem dibuat dengan menggunakan Mikrokontroler AT89S51. Hasil pengujian menunjukkan pengujian pada setiap titik menunjukkan bahwa ada hubungan yang linier antara arus yang diukur dengan keluaran pada setiap titik. Jika ada group beban yang sudah dipadamkan tetapi tampilan ampere meter masih menunjukkan 2.00 maka group beban lain akan dipadamkan dalam waktu tunda 60 detik, sampai tampilan ampere meter menunjukkan angka dibawah 2.00.

Kata kunci: Prototipe, Sensor, Manajemen, Tegangan Rendah.

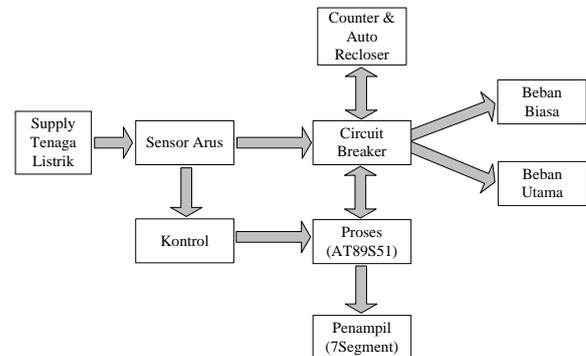
Masalah pada distribusi tenaga listrik adalah daya yang dikonsumsi tidak boleh melebihi pembatas arus yang dipasang karena bertambahnya beban menyebabkan naiknya arus. Selama kontinuitas suplai tenaga listrik untuk perangkat elektronik terjamin, pemakai akan bisa menikmatinya dengan nyaman. Namun akan timbul masalah jika kontinuitas suplai tenaga listrik dari PLN padam yang disebabkan beban lebih (*over load*), yang akan berakibat aktifitas tersebut terhenti.

Padamnya suplai tenaga listrik dari PLN yang disebabkan beban lebih (*over load*) menyebabkan para pengguna peralatan listrik rugi waktu dan biaya. Efek dari listrik padam mendadak yang disebabkan beban lebih (*over load*) ini bisa merusak alat-alat elektronik. Kasus pemakaian listrik melebihi daya lazim ditemukan pada pelanggan PLN skala rumahan atau industri kecil.

Dasar Teori

Perancangan prototipe manajemen beban otomatis pada sistem tenaga listrik tegangan rendah 1 phasa ini menggunakan sensor arus ACS712. Keluaran sensor arus ACS712 digunakan sebagai masukan Analog to Digital Converter (ADC) 0809. ADC0809 berfungsi sebagai pengubah isyarat analog keluaran dari ACS712 menjadi isyarat digital sebagai masukan mikrokontroler.

Mikrokontroler berfungsi menampilkan nilai arus dan memerintahkan circuit breaker untuk menyalakan dan memadamkan salah satu atau semua group beban biasa supaya arus yang keluar tidak melebihi setting arus.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

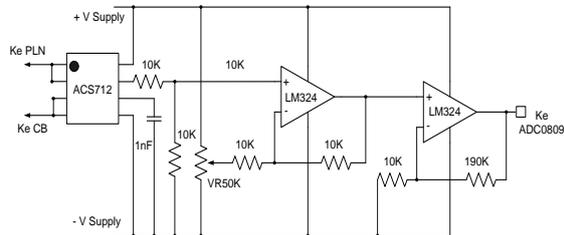
Prinsip kerja secara umum alat yang direncanakan dan yang dibuat. Sensor arus mendeteksi terjadinya kenaikan atau penurunan arus. Sensor arus memberikan sinyal pada ADC (*Analog to Digital Converter*) yang selanjutnya masuk pada mikrokontrol AT89S51 untuk menampilkan nilai arus pada penampil (*display 7segment*).

Sensor arus juga memberikan sinyal pada mikrokontrol AT89S51 untuk memerintahkan *circuit breaker* (CB) perlu tidaknya melakukan pelepasan beban. Daerah beban yang dilepas didasarkan pada tingkat kepentingan bebannya, beban yang kurang penting (biasa) akan dilepas lebih dulu.

Pada saat terjadi pelepasan beban, *auto recloser* akan memerintahkan *circuit breaker* (CB) untuk menyambung kembali beban yang telah dilepas. Jika sampai 3 kali terjadi penyambungan dan pelepasan, maka beban tersebut akan dilepas terus sampai ada *reset manual*.

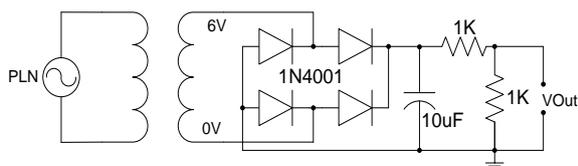
Prototipe ini menggunakan Sensor Hall effect dari Allegro dengan ukuran yang relatif kecil. Aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet yang menginduksi bagian dynamic offset cancellation dari ACS712.

Bagian dynamic offset cancellation dari ACS712 dikuatkan oleh amplifier dan melalui filter sebelum dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7, modul tersebut membantu penggunaan untuk mempermudah instalasi arus ini ke dalam sistem.



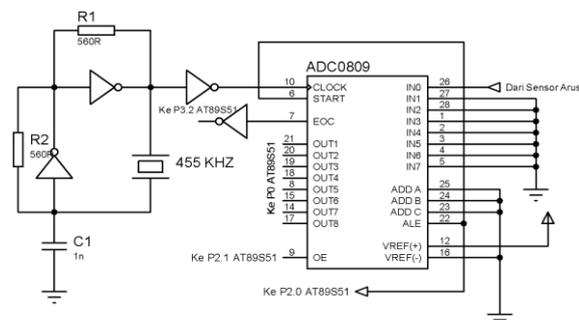
Gambar 2. Rangkaian Sensor Arus

Sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi tegangan jala-jala listrik setiap saat. Hal ini diperlukan untuk mengukur tegangan setiap saat. Sensor tegangan ini berupa rangkaian pembagi tegangan. Tegangan yang dihasilkan masih berupa sinyal sinusoidal. Tegangan ini akan diteruskan ke input rangkaian penyearah.



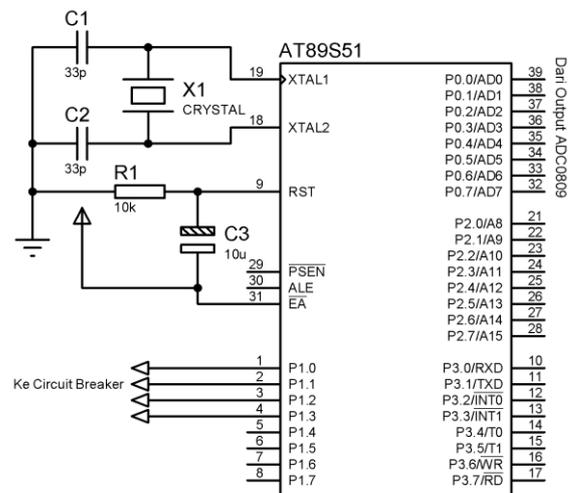
Gambar 3. Rangkaian Sensor Tegangan

Analog To Digital (ADC) digunakan untuk mengkonversi besaran analog menjadi besaran digital yang dimengerti oleh mikrokontroler. ADC yang digunakan adalah ADC 0809 dari National Semiconductor. ADC tipe ini merupakan komponen akuisisi data dengan 8 bit A/D converter, 8 bit channel multiplexer dan kompatibel dengan control logika mikroprocessor. Dengan adanya fasilitas 8 channel multiplexer memungkinkan untuk mengakses secara langsung 8 buah sinyal atau masukan analog.

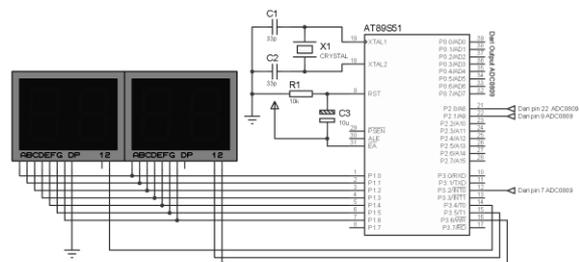


Gambar 4. Rangkaian Proses ADC0809

Rangkaian kontrol adalah rangkaian yang berfungsi untuk menampilkan nilai arus dan memberikan perintah pada circuit breaker untuk on atau off salah satu atau semua group beban.



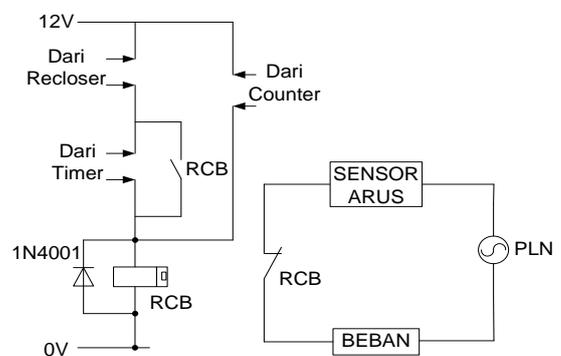
Gambar 5. Rangkaian Kontrol



Gambar 6. Rangkaian Penampil 7 Segment

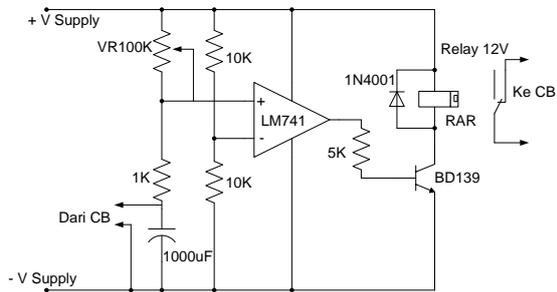
Pada perancangan alat ini, circuit breaker adalah susunan dari beberapa relay yang berfungsi untuk memadamkan dan menyalakan salah satu atau semua group beban melalui perintah dari mikrokontroler AT89S51 atau recloser dan counter.

Relay yang digunakan adalah relay DPDT (Double Pole Double Throw) dengan tegangan koil 12V dan tahanan koil 400Ω. Relay DPDT (Double Pole Double Throw) mempunyai dua saklar (kutub) dengan dua arah.



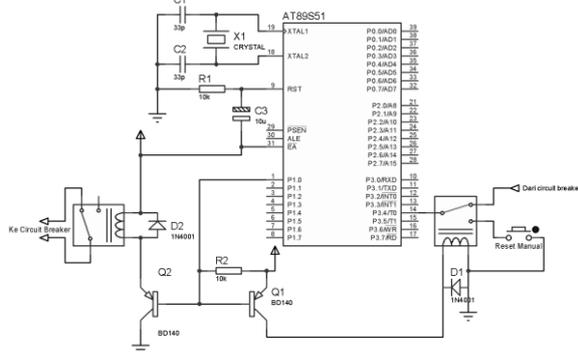
Gambar 7. Rangkaian Circuit Breaker

Recloser berfungsi untuk menormalkan kembali saat terjadi pelepasan beban dari circuit breaker, dengan waktu tunda sekitar 60 detik.

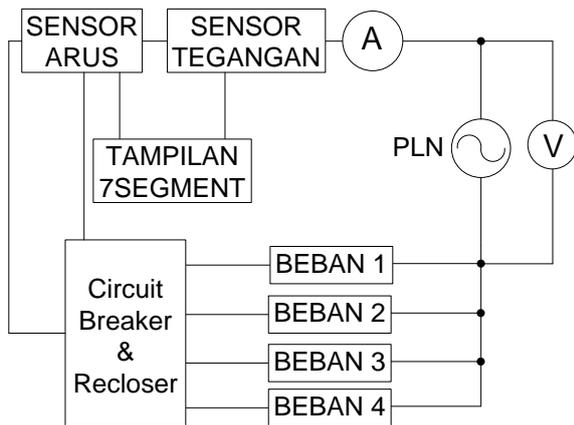


Gambar 8. Rangkaian Recloser

Counter berfungsi untuk menghitung terjadinya pelepasan oleh circuit breaker jika sudah terjadi pelepasan beban sebanyak tiga kali maka beban tersebut akan dilepas terus menerus sampai ada reset manual.



Gambar 9. Rangkaian Counter



Gambar 10. Pengujian Rangkaian keseluruhan

Prosedur pengujian ini dilakukan dengan cara beban (lampu pijar) ditambahkan secara bertahap. Instrumen yang dibutuhkan adalah: (1) ampere meter AC, (2) multimeter dan (3) lampu pijar 15 W sebanyak 10 buah, 60 W sebanyak 10 buah dan 100 W 5 buah.

Hasil

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Arus

No.	Arus Terukur (A)	Tegangan Keluaran (VDC)
1	0,0	0,00
2	0,2	0,53
3	0,5	1,22
4	0,8	1,48
5	1,1	1,66
6	1,3	1,86
7	1,6	1,98
8	1,9	2,14
9	2,1	2,32
10	2,4	2,43

Hasil pengujian rangkaian sensor arus dapat dilihat dari tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa rangkaian sensor arus ini bekerja dengan baik. Rangkaian ini mendeteksi terjadinya kenaikan dan penurunan arus yang disebabkan oleh bertambah atau berkurangnya beban.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No.	Tegangan Primer (VAC)	Tegangan Sekunder / Setelah Penyearah (VDC)	Vout Pembagi Tegangan (VDC)
1	225	6	3
2	200	5,5	2,75
3	180	5	2,5

Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan dapat dilihat dari tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa tegangan primer (tegangan dari PLN) setara dengan tegangan setelah melalui penyearah, apabila tegangan primer mengalami penurunan maka tegangan sekunder juga mengalami penurunan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Penampil 7 segment

Arus		Tegangan	
Terukur	Tampilan	Terukur	Tampilan
0,0	0,00	220	224
0,2	0,12	220	224
0,5	0,32	220	224
0,8	0,69	220	224
1,1	0,98	220	224
1,3	1,28	220	224
1,6	1,68	220	224
1,9	1,88	220	224
2,1	2,08	220	224
2,4	2,28	220	224

Hasil pengujian rangkaian penampil 7 segment dapat dilihat dari tabel 4.4. perbedaan antara arus yang terukur dengan tampilan 7 segment pada tabel 4.4 disebabkan oleh *input offset voltage* dari op-amp LM324 yang yang mencapai 1 V, terjadi ketidakseimbangan pada kedua terminal inputnya 7 mV sehingga berpengaruh pada outputnya.

Tabel 4. Pengujian Rangkaian Keseluruhan

No	Beban Lampu (W)	Arus Terukur (A)	Tampilan Arus	Tegangan Terukur (V)	Tampilan Tegangan	Status Timer
1	0	0,0	0,00	220	224	Off
2	60	0,2	0,12	220	224	Off
3	120	0,5	0,32	220	224	Off
4	180	0,8	0,69	220	224	Off
5	240	1,1	1,98	220	224	Off
6	300	1,3	1,28	220	224	Off
7	360	1,6	1,68	220	224	Off
8	420	1,9	1,88	220	224	Off
9	480	2,1	2,08	220	224	Off
10	540	2,4	2,28	220	224	On

Dari tabel 4.8 memperlihatkan hasil pengujian rangkaian keseluruhan. Timer akan *On* saat arus yang terukur telah mencapai 2,1 Ampere. Pada saat *timer On* berarti *timer* telah memerintahkan *circuit breaker* untuk melakukan pelepasan beban dengan waktu tunda 60 detik.

Tabel 5. Pengujian Rangkaian tampilan 7 segment

No.	Arus Terukur (A)	Tampilan Arus	Error	% Error
1	0,0	0,00	0,00	0,00
2	0,2	0,12	0,08	0,67
3	0,5	0,32	0,18	0,56
4	0,8	0,69	0,11	0,16
5	1,1	0,98	0,12	0,12
6	1,3	1,28	0,02	0,02
7	1,6	1,68	0,08	0,05
8	1,9	1,88	0,02	0,01
9	2,1	2,08	0,02	0,01
10	2,4	2,28	0,12	0,05
Error Rata-rata			0,075	1,65

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa alat ukur yang dibuat ini memiliki kelas 2,5. Golongan dari kelas 1,5, 2,5, dan 5 berarti alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian. Alat ukur ini dapat dipergunakan di laboratorium untuk

pengukuran yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi.

Kesimpulan

- Pengujian pada setiap titik menunjukkan bahwa ada hubungan yang linier antara arus yang diukur dengan keluaran pada setiap titik.
- Penggunaan ADC dengan output 7-segment mempermudah mikrokontroler untuk membaca dan menampilkan outputnya.
- Pada saat tampilan ampere meter menunjukkan 2.00 maka salah satu group beban akan dipadamkan dalam waktu tunda 60 detik.
- Jika ada group beban yang sudah dipadamkan tetapi tampilan ampere meter masih menunjukkan 2.00 maka group beban lain akan dipadamkan dalam waktu tunda 60 detik, sampai tampilan ampere meter menunjukkan angka dibawah 2.00.
- Alat ukur pada prototipe ini memiliki klasifikasi kelas 2,5 yang artinya dapat dipergunakan di laboratorium untuk pengukuran yang tidak terlalu tinggi ketelitiannya.
- Rangkaian counter dalam perancangan ini tidak bisa secara optimal meng-counter terjadinya pelepasan dan penormalan pada circuit breaker karena adanya *bouncing* pada kontak relay peng-counter.

Saran

- Perlu adanya penyempurnaan pada rangkaian *amplifier* sensor arus sehingga rangkaian ini bisa menampilkan nilai arus yang lebih teliti seperti yang dijelaskan dalam Bab II, yaitu adanya error keluaran 1,5% pada $T_A = 25^\circ C$, dan 4% pada $-40^\circ C - 85^\circ C$.
- Untuk memperbaiki performa kerja dari perancangan ini perlu adanya perubahan dalam rangkaian *counter*-nya baik pada *hardware* atau pada program mikrokontroler AT89S51. Perubahan pada *hardware* dimaksudkan untuk mencegah terjadinya *bouncing* pada kontak relay peng-counter. Perubahan pada program dimaksudkan untuk jika terjadi *bouncing* pada kontak relay peng-counter maka mikrokontroler tidak meng-counter atau mengabaikannya.
- Untuk mendapatkan daya keluaran yang besar maka relay pada circuit breaker bisa diganti dengan relay yang mempunyai kemampuan hantar arus besar.
- Untuk mendapatkan ampere meter yang bisa mengukur lebih dari 2 ampere maka program pada mikrokontroler AT89S51 bisa dimodifikasi untuk mendapatkan keluaran yang diinginkan.

Daftar Pustaka

- Stevenson, William D., Jr. *Analisa Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga, 3996, p.40.
- Kadir, Abdul. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia, 1998, p. 101.
- Kendall, Webster. 1985. *1001 Rangkaian Elektronika*. Terjemahan Mas'udi, Mukhlison. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Malvino, A. L. 1985. *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor*. Terjemahan Barmawi, M dan Tjia, M.O. Jakarta: Erlangga.
- Setiyo. Tanpa tahun. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Malang: Universitas Brawijaya
- No. Name. 2000. *ADC 0809 Datasheets*, (online), (www.national.com, diakses 17 Pebruari 2014)
- No. Name. 2012. *ACS 712 Datasheets*, (online), (www.allegromicro.com, diakses tanggal 2 Maret 2014).
- No. Name. 2008. *AT89S51 Datasheets*, (online), (www.atmel.com, diakses tanggal 17 Pebruari 2014).
- No. Name. 2008. *Konsep Dasar Timer/Counter AT89S51*, (online), (www.robometricschool.com, diakses tanggal 17 Pebruari 2014).
- No. Name. 2007. *Rangkaian Pembagi Tegangan*, (online), (www.talkingelectronics.com, diakses tanggal 2 Maret 2014).
- No. Name. 2002. *Komponen Elektronika*, (online), (www.elektronika-dasar.web.id, diakses tanggal 17 Pebruari 2014).
- Tumbelaka, H. H. 1992. Pengukuran Listrik. Diktat Kuliah. Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Putra, Agfianto Eko. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Gava Media.
- Iswanto. 2008. *Belajar Mikrokontroler AT89S51 Dengan Bahasa C*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Petruela, Frank. D. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- Waluyanti, Sri. 2008. *Alat Ukur Dan Teknik Pengukuran Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.