

Sistem Kontrol Otomatik Pembatasan Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler PIC18F4520

N.A Aprianti¹, I.W Fathona¹, Suprijadi², M. Budiman¹, dan Khairurrijal^{1,#}

¹KK Fisika Material Elektronik,

²KK Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesa 10, Bandung 40132

#krijal@fi.itb.ac.id

Received date : 5 November 2010

Accepted date : 8 November 2010

Abstrak

Sistem kontrol otomatis yang diterapkan untuk membatasi daya listrik telah dirancang dan dikembangkan berbasis mikrokontroler PIC18F4520. Dalam melakukan pengendalian, sistem tersebut menggunakan aksi kontrol on-off. Sebagai aktuator digunakan Triac beserta drivernya sedangkan sensornya menggunakan sensor arus berbasis efek Hall. Sistem tersebut dilengkapi keypad untuk memasukkan set point arus dan peraga LCD untuk memantau arus yang terukur. Dari pengujian yang telah dilakukan, ditunjukkan bahwa sistem telah berjalan baik. Aksi kontrol PID (proporsional-integral-diferensial) disarankan menggantikan on-off untuk pengendalian yang lebih baik.

Kata kunci: Aksi kontrol on-off, Kontrol otomatis, Mikrokontroler PIC18F4520, Pembatas Daya, Sensor efek Hall, Triac

Abstract

Automatic control system for controlling the electronic power has been designed and developed based on microcontroller PIC18F4520 and on-off control action. This system uses Triac and its driver as an actuator and Hall Effect-based current sensor. This system also provided with a keypad to enter the set point current and LCD display to monitor the flow measured. From the testing that has been conducted, it was showed that the system has been running well. PID (proportional-integral-differential) controller is suggested to replace the on-off controller for better controlling.

Keywords: on-off control action, Automatic control, Microcontroller PIC18F4520, Power restrain, Hall Effect sensor, Triac

1 Pendahuluan

Kontrol otomatis pada umumnya sangat diperlukan dalam bidang industri. Di samping dibutuhkan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudian pesawat, dan sebagainya, kontrol otomatis juga telah menjadi bagian penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern, seperti pengendalian tekanan, temperatur, kelembaban, viskositas, dan aliran dalam industri proses, pengerjaan dengan mesin perkakas, penanganan, dan perakitan bagian-bagian mekanik dalam industri manufaktur [1]. Selain itu kontrol otomatis pun kini telah banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari [2][3].

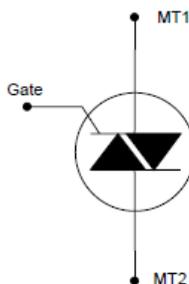
Solusi yang biasa digunakan masyarakat untuk membatasi daya yang mengalir dalam suatu alat listrik termasuk lampu adalah menggunakan *mini circuit breaker* (MCB). Dengan MCB,

arus yang mengalir akan diputus bila melampaui arus maksimum yang diizinkan oleh MCB tersebut. Ada keperluan di masyarakat untuk menyalakan minimum satu dan maksimum lima lampu, dengan daya lampu berbeda-beda dari kelima lampu tersebut, di dalam jaringan listrik yang sama dengan daya total yang dibatasi secara otomatis. Solusi konvensional dengan memasang lima buah MCB biasa pada setiap lampu tidak menjawab keperluan masyarakat tersebut. Yang diperlukan dengan demikian suatu sistem MCB cerdas dengan daya maksimum yang dapat diatur.

Makalah ini melaporkan rancangan sistem MCB cerdas untuk lima lampu menggunakan sebuah mikrokontroler PIC18F4520. Dari rancangan tersebut, sistem kemudian dibangun dan diuji.

2 Rancang - Bangun Sistem

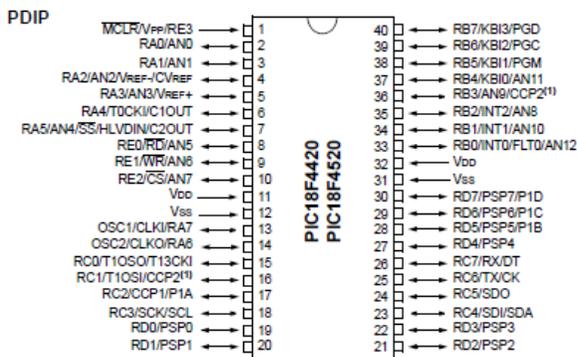
Untuk merancang MCB cerdas, cara kerja MCB konvensional harus diketahui. Sesungguhnya MCB adalah sebuah saklar on-off yang akan membuat saklar tersebut menjadi off bila arus yang melalui MCB tersebut sama dengan atau lebih besar dari yang diizinkan. Saklar elektronik triac digunakan untuk menggantikan MCB konvensional tersebut. Triac memiliki 3 buah kaki: MT1 (*main terminal 1*) dan MT2 (*main terminal 2*) yang dihubungkan ke jaringan listrik serta G (*gate*) yang bertindak memicu sehingga MT1 dan MT2 terhubung (saklar on).



Gambar 1 Skema triac

Agar saklar elektronik triac menjadi cerdas, maka harus ada sebuah sensor yang mampu membaca arus yang mengalir dan memberitahukan kepada sistem kontrol utama untuk mengambil tindakan memberi tegangan kepada kaki G agar membuka saklar elektronik tersebut. Sistem kontrol utama dirancang berasal dari mikrokontroler. Aksesoris lain yang membantu fungsi mikrokontroler sebagai sistem kontrol utama adalah (1) sebuah keypad sehingga parameter kontrol dapat dimasukkan, (2) peraga LCD yang digunakan untuk memantau parameter yang telah dimasukkan maupun besar arus yang mengalir, dan (3) sistem komunikasi serial (RS 232) yang memudahkan komunikasi antar mikrokontroler tersebut dan sebuah komputer.

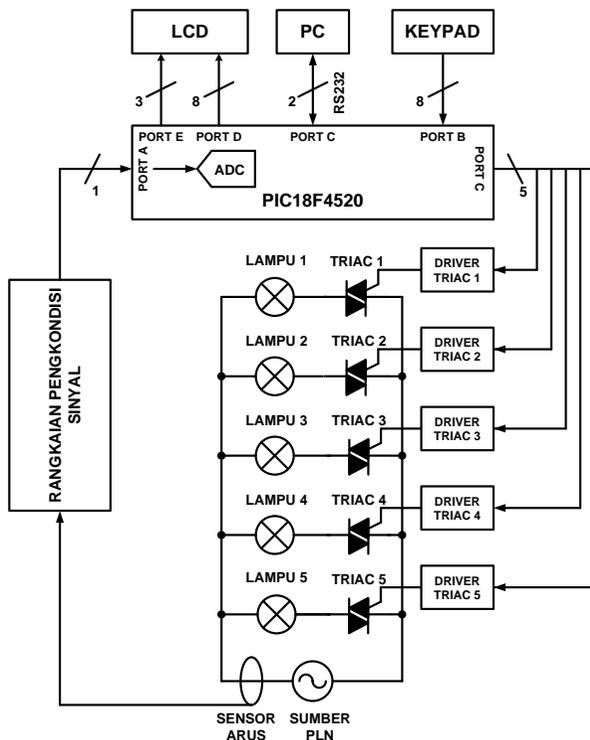
Karena mikrokontroler pada umumnya mengalirkan arus yang lemah sehingga tidak mungkin secara langsung dapat memicu triac, maka penggerak (*drive*) bagi triac tersebut diperlukan. Kemudian, pada umumnya keluaran sensor arus adalah analog dan harus diubah menjadi digital oleh analog to digital converter (ADC) agar dapat dibaca oleh mikrokontroler tersebut. Seringkali juga antara sensor dan ADC harus disediakan rangkaian pengkondisi sinyal agar level tegangan siap diterima oleh ADC tersebut. Dengan memilih mikrokontroler PIC18F4520, seluruh keperluan dalam rancangan tersebut tersedia.



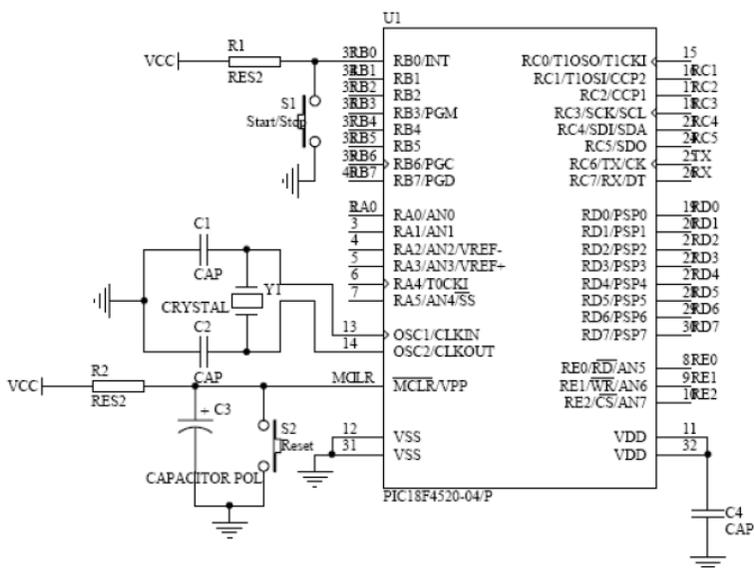
Gambar 2 Mikrokontroler PIC18F4520 dan lambang fungsi 40 kakinya

Mikrokontroler PIC18F4520 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) dengan hanya 75 instruksi yang dapat beroperasi hingga frekuensi 40 MHz. Ia memiliki teknologi *flash memory* sehingga dapat diprogram-hapus hingga seratus ribu kali bahkan fungsinya sebagai EEPROM hingga satu juta kali baca-tulis dengan kapasitas memori program 32 kB/16 ribu lebih instruksi dan memori data lebih dari 1,5 kB. Ia juga dilengkapi 5 port I/O dengan fungsi pokok sebagai input/output dan fungsi tambahan lainnya dan mampu menangani 20 sumber *interrupt* dengan tingkat prioritasnya. Dari segi arsitekturnya, mikrokontroler ini teroptimasi compiler C. Selain itu, ia telah dilengkapi dengan berbagai macam modul internal yang memiliki kemampuan yang cukup baik seperti: 13 kanal ADC 10 bit, modul *Enhanced Addressable USART* (*Universal Synchronous-Asynchronous Receiver Transmitter*) yang mendukung komunikasi serial RS 485, RS 232 dan protocol bus LIN 1.2, modul MSSP (*Master Synchronous Serial Port*) yang mendukung komunikasi 3-wire SPI 4 modus dan I²C modus *master* dan *slave*, modul ECCP (*Enhanced Capture/Compare/PWM*), dan 4 buah *Timer*. Gambar mikrokontroler PIC18F4520 40 kaki dan lambang fungsional kakinya diberikan dalam Gambar 2 [4].

Akhirnya, blok rancangan sistem kontrol otomatis pembatasan daya listrik lima buah lampu berbasis mikrokontroler PIC18F4520 ditunjukkan dalam Gambar 3. Karena prototipe sistem ini hanya membatasi daya kelima lampu tersebut hingga 200 watt, maka triac yang digunakan adalah BT136 dari Philips Semiconductors [5], driver yang cocok adalah MOC3020 yang terisolasi secara optik dari Fairchild Semiconductors [6], dan sensor arusnya adalah UGN 3503 yang memanfaatkan efek Hall dari Allegro Microsystems [7]. Rangkaian pengkondisi sinyal, yang sesungguhnya adalah sebuah penguat, dibuat untuk menyesuaikan tegangan keluaran sensor arus UGN 3503 dengan ADC dari mikrokontroler PIC18F4520.



Gambar 3 Diagram blok sistem kontrol pembatasan daya listrik



Gambar 4 Rangkaian baku untuk menjalankan mikrokontroler PIC18F4520

Pada rangkaian baku yang diberikan dalam Gambar 4, terdapat saklar tekan S1 yang berfungsi untuk menstart/menstop aksi hasil pemograman dengan mengaktifkan *interrupt* di kaki RBO/INT dan saklar tekan lain S2 untuk mereset program (MCLR).

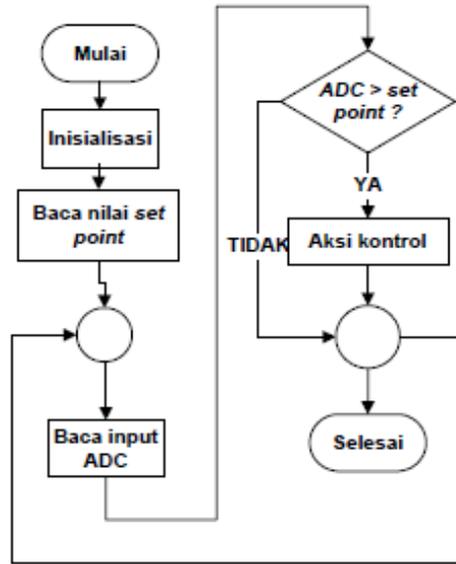
Tabel 1 Peruntukan port mikrokontroler PIC18F4520

Port	Kaki	I/O	Fungsi
A	A0	I	Dari keluaran sensor
B	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	I	Dari keypad 3x4
C	C1, C2, C3, C4, C5 C6, C7	O	Ke 5 driver triac
		O/I	Komunikasi serial
D	D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7	O	Ke LCD 2x16 (data)
E	E0, E1, E2	O	Ke LCD (kontrol)

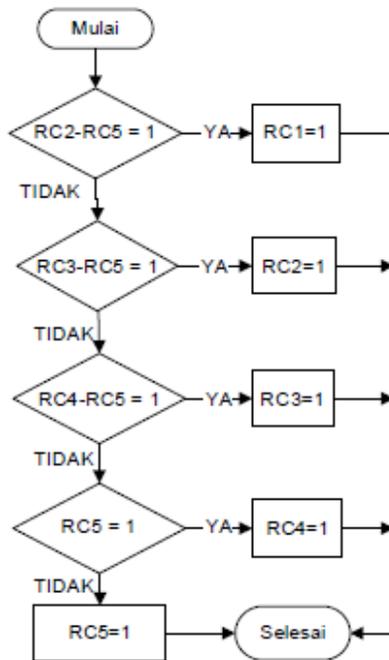
Rancangan juga telah mendefinisikan peruntukan port mikrokontroler dalam Gambar 5 seperti diperlihatkan dalam Tabel 1. Kaki RA0 (port A kaki A0) dipilih untuk menerima keluaran sensor arus UGN 3503 setelah melalui rangkaian pengkondisi sinyal. Kaki RB1 hingga RB7 (port B kaki B0 sampai dengan B7) menerima sinyal dari keypad. Kaki RC1 hingga RC5 mengeluarkan sinyal yang diberikan ke masing-masing driver triac MOC3020, sedangkan kaki RC6 dan RC7 terhubung langsung dengan modul USART yang digunakan untuk komunikasi serial RS-232 dengan computer (PC). Untuk menampilkan huruf/angka (alfanumerik) pada LCD, port D (RDO sampai dengan RD7) digunakan untuk memberikan data alfanumerik tersebut dan jalur kontrolnya menggunakan port E yang hanya tiga kaki RE0 sampai dengan RE2. Rancangan program utama untuk menjalankan fungsi mikrokontroler tersebut sebagai pengontrol lampu dengan aksi kontrol on-off diberikan oleh diagram alir dalam Gambar 5.

Karena ada lima lampu dan penyalanya dibuat sesuai dengan keinginan yang memenuhi aturan berikut:

1. Lampu yang memiliki daya terbesar merupakan prioritas pertama yang tidak boleh padam
2. Apabila terdapat beberapa lampu yang memiliki nilai daya yang sama maka urutan prioritas bergantung pada urutan lampu tersebut (urutan lampu yang paling awal memiliki prioritas paling tinggi diantara lampu lainnya).
3. Aturan tersebut dituangkan dalam diagram alir yang diberikan dalam Gambar 6 yang digunakan untuk menggantikan blok "Aksi kontrol" dalam diagram alir di Gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir program utama pengontrolan dengan aksi kontrol of-off



Gambar 6 Diagram alir program pembuatan prioritas penyalan lampu



Gambar 7 Rangkaian lengkap sistem kontrol yang dibangun. Lampu A, B, C, D, E diurut dari kiri ke kanan

Akhirnya, rangkaian lengkap sistem kontrol otomatis pembatasan daya listrik untuk 5 lampu yang telah dibangun berdasarkan rancangan sebelumnya diperlihatkan dalam Gambar 7. Lima lampu yang telah dipasang berdaya total 160 watt seperti diberikan dalam Tabel 2, sehingga dengan aturan yang dibuat prioritas lampu juga ditunjukkan dalam tabel yang sama.

Tabel 2 Urutan dan skala prioritas rangkaian lampu

Lampu	A	B	C	D	E
Daya (W)	15	40	15	75	15
Prioritas	3	2	4	1	5

3 Hasil Uji Sistem dan Pembahasan

Hasil pengujian terhadap sistem kontrol otomatis pembatasan daya listrik pada lima lampu dengan daya total 160 watt telah dilakukan. Bila *set point* dibuat sama dengan 160 watt, maka seluruh lampu menyala seperti diperlihatkan dalam Gambar 8. Hasil pengamatan ini sesuai dengan rancangan karena daya total 160 watt dan *set point* juga 160 watt.

Untuk *set point* sama dengan 110 watt, yang menyala hanya lampu B dan D dengan daya 115 watt seperti diperlihatkan dalam Gambar 9. Ini berarti bahwa daya total lampu 115 watt sedikit lebih tinggi dari *set point* sebesar 110 watt. Kesalahan ini karena sifat dari aksi kontrol on-off yang digunakan. Namun demikian kesalahan tersebut masih dalam toleransi yang diperkenankan dalam aksi kontrol tersebut.



Gambar 8 Penyalan sistem lima lampu untuk set point sama dengan atau lebih dari 160 watt



Gambar 9 Penyalan sistem lima lampu untuk *set point* sama dengan dari 110 watt

Untuk *set point* sama dengan 110 watt, yang menyala hanya lampu B dan D dengan daya 115 watt seperti diperlihatkan dalam Gambar 9. Ini berarti bahwa daya total lampu 115 watt sedikit lebih tinggi dari *set point* sebesar 110 watt. Kesalahan ini karena sifat dari aksi kontrol on-off yang digunakan. Namun demikian kesalahan tersebut masih dalam toleransi yang diperkenankan dalam aksi kontrol tersebut.

Tabel 3 Aksi kontrol daya listrik pada penggunaan daya sebesar 160 watt

Set point (W)	160	140	130	110	90	50
Lampu A (15 W)	1	1	1	0	0	0
Lampu B (40 W)	1	1	1	1	0	0
Lampu C (15 W)	1	1	0	0	0	0
Lampu D (75 W)	1	1	1	1	1	0
Lampu E (15 W)	1	0	0	0	0	0

Untuk nilai *set point* lain, lampu-lampu mana saja yang teramati menyala ditunjukkan dalam Tabel 3. Dengan demikian, aksi kontrol on-off yang digunakan telah berfungsi baik. Untuk pencapaian yang lebih baik terhadap nilai *set point*, aksi kontrol sebaiknya diganti menjadi PID (proporsional-integral-diferensial).

4 Kesimpulan

Kami telah merancang dan membangun prototipe sistem kontrol otomatis pembatasan daya listrik berbasis mikrokontroler PIC18F4520. Dalam melakukan pengontrolan, sistem tersebut menggunakan aksi kontrol on-off. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa sistem telah berjalan baik. Untuk pengontrolan yang lebih baik disarankan menggunakan aksi kontrol PID.

5 Daftar Pustaka

- [1] K. Ogata, Teknik Kontrol Otomatik, Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga, (1985).
- [2] I. Suryadi and R. J. Widodo, "Control Systems in Our Daily Life", in IFIP Advances in Information and Communication Technology (D. Li, ed.), Volume 258, 2008.
- [3] F. Silva, V. Filipe, and A. Pereira, "Automatic Control of Students' Attendance in Classrooms Using RFID", 3rd Int. Conf. Systems and Networks Commun. 2008 (ICSNC '08) (Sliema, October 26-31, 2008), pp. 384-389.
- [4] Microchip Technology Inc., "PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet", 2004.
- [5] Philips Semiconductors, "Product Specification Triac BT 136 Series", 1997.
- [6] Fairchild Semiconductors, "Optoisolators Triac Driver Output (250/400 Volt Peak)", 2002.
- [7] Allegro Microsystems, "Linear Hall-Effect Sensors, Application Note 27702A, 1998.