

RANCANGAN SENSOR ARUS PADA PENGISIAN BATERAI DARI PANEL SURYA

Fathoni

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

pakfapyrus@yahoo.com

Abstrak

Daya listrik dari panel surya umumnya disimpan kedalam baterai 12 V atau 24 V. Untuk menjaga umur pakai baterai yang lama, perlu dilakukan pengaturan pengisiannya. Ada beberapa cara pengisian baterai yang tergantung pada jenis baterai, kapasitas dan faktor lain yang berhubungan dengan sifat fisik dan kimiawi. Pengisian baterai asam timbal yang baik menggunakan cara bertahap, yaitu dari arus pengisian besar ke rendah dalam waktu tertentu dan batas arus pengisiannya ditentukan dari kapasitas serta suhu baterai.

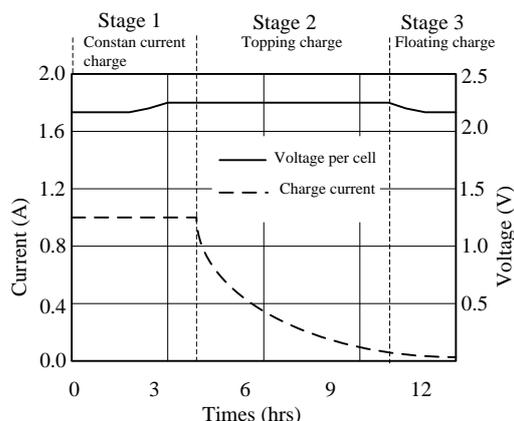
Pada pengaturan pengisian baterai asam timbal dengan kendali microcontroller, naik turunnya arus pengisian dapat dikendalikan melalui konverter buck dengan cara pengaturan tegangan pengisian baterai. Dengan pengaturan kendali PWM pada saklar daya konverter buck, tegangan pengisian dapat diatur dan dengan tegangan pengisian yang dapat diatur, maka arus pengisian juga akan dapat diatur. Diperlukan sensor arus pengisian yang dapat dibaca oleh ADC microcontroller agar dapat digunakan sebagai dasar pengaturan konverter. Dengan memasang sensor arus dalam jangkah tertentu, batas arus pengisian baterai dapat ditetapkan bervariasi melalui input microcontroller.

Sensor arus dalam penelitian ini dirancang untuk jangkah pengukuran 0,5A sampai lebih dari 2A. Konfigurasi rangkaian sederhana, menggunakan optocoupler dan dengan rugi daya yang rendah.

Kata kunci : Sensor arus, pengisian, baterai, microcontroller

1. Pendahuluan

Salah satu jenis baterai yang biasa digunakan sebagai penyimpan energi listrik pada panel surya asam timbal (lead acid) karena harga yang murah dan mudah didapat. Cara pengisian baterai asam timbal dapat menggunakan cara cepat dengan arus yang besar, tegangan konstan, arus konstan atau pengisian berpulsa (pulsed charging).



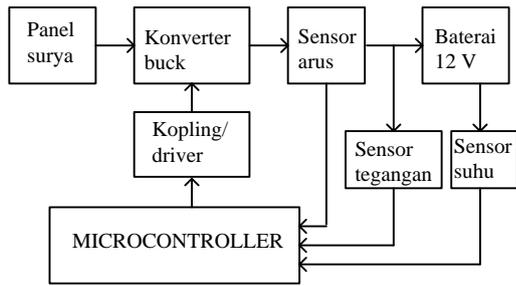
Gambar 1 Prosedur pengisian baterai asam timbal per sel

Cara pengisian yang baik harus memperhatikan batas arus pengisian, suhu baterai saat diisi dan tegangan baterai maksimal. Besarnya

arus pengisian ditentukan dari kapasitas baterai atau nilai amper-jam dan waktu seperti yang terlihat dalam Gambar 1.

Langkah pengisian bertahap tersebut adalah, arus pengisian awal dibuat konstan hingga waktu tertentu dan kemudian diturunkan bertahap hingga nol saat baterai terisi penuh. Pengisian baterai bertahap dapat dilakukan dengan praktis dan mudah menggunakan microcontroller sekaligus memperhatikan suhu serta tegangan baterai.

Prinsip pengaturan arus pengisian baterai adalah dengan mengatur tegangan output konverter buck menggunakan kendali PWM. Perubahan duty cycle (DC) PWM diatur oleh microcontroller berdasarkan pembacaan, suhu baterai, tegangan baterai dan waktu dari awal pengisian. Penghitungan waktu dari awal pengisian digunakan untuk menurunkan besarnya arus pengisian. Pengisian dihentikan jika tegangan baterai mencapai nilai maksimalnya. Penggunaan konverter buck dalam pengaturan pengisian baterai ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Pengisian baterai dengan konveter buck

2. Permasalahan

Bagaimanakah membuat sensor arus yang mempunyai jangkah pembacaan lebar dan dengan rugi daya yang rendah serta dengan biaya yang murah. Jangkah lebar pembacaan arus diperlukan untuk variasi pengendalian batas pengisian untuk kapasitas baterai yang berbeda-beda.

3 Sensor Arus Pengisian

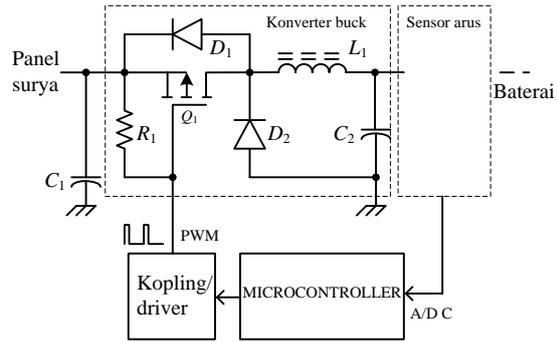
Sensor arus direncanakan dapat membaca jangkah perubahan arus pengisian baterai (I_{CHR}) dari 0,5A hingga 2A. Digunakan rangkaian optocoupler/ optoisolator karena pentanahan atau grounding microcontroller tidak boleh berhubungan dengan pembaca arus. Dipilih jenis optoisolator yang mempunyai tegangan jatuh maju yang rendah dengan dengan perubahan yang kecil agar rugi daya yang dipakai sensor suhu juga kecil. Letak sensor arus dalam rangkaian pengisian baterai ditunjukkan dalam Gambar 4. Bagian penerima dari optocoupler disusun dengan konfigurasi common collector (CC) agar tegangan yang dibangkitkan pada R_3 tidak ada pembalikan terhadap perubahan arus pengisian.

pemilihan jenis optocoupler juga berdasar pada nilai CTR yang rendah. Perbandingan arus LED terhadap arus kolektor ditunjukkan dalam prosen.

$$CTR = I_C/I_F \times 100\% \tag{1}$$

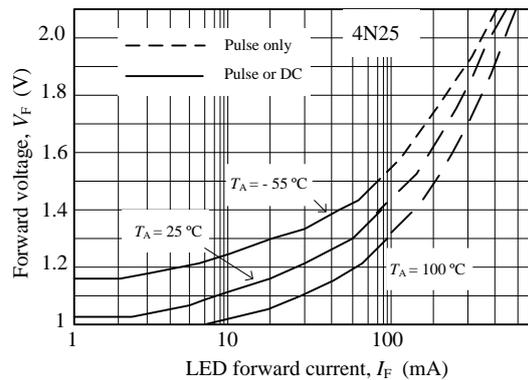
Pada nilai CTR yang rendah, perubahan arus LED (I_F) tidak menjadikan perubahan besar pada arus kolektor (I_C) atau bukan penguatan sehingga transistor Q_1 tidak cepat menjadi jenuh dan berakibat jangkah pengukuran arus pengisian baterai menjadi sempit. Berdasarkan data beberapa jenis optocoupler, ditetapkan 4N25 sebagai komponen sensor arus dengan CTR = 20% - 70%.

Untuk mengurangi rugi daya pada sensor, optocoupler dikerjakan pada tegangan maju minimal namun dapat menjadikan transistor ON.



Gambar 3 Blok diagram pengaturan pengisian baterai

Dalam skema rangkaian pengatur arus pengisian Gambar 4, ditunjukkan penggunaan dioda Schottky B360 (D_3) untuk pengaman aliran balik dari baterai ke kapasitor. Arus pengisian baterai menjadi arus maju bagi dioda atau $I_{CHR} = I_{FM}$. Berdasarkan karakteristik arus dan tegangan maju dioda dalam datasheet, untuk perubahan arus maju 0,5 hingga 3A nilai V_{FM} adalah 0,5 volt - 0,7 volt. V_{FM} dan I_{FM} adalah parameter tegangan maju dan arus maju dioda B360.

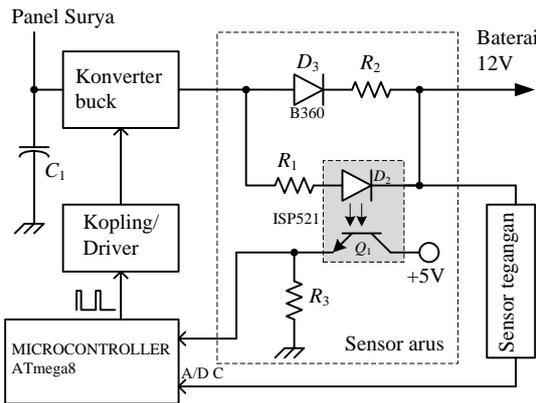


Gambar 4 Data V_F terhadap I_F 4N25

Digunakan ATmega8 sebagai komponen pengatur utama pengisian baterai dengan cara pengaturan tegangan output konverter buck. Input ADC memiliki resolusi 10 bit sehingga untuk skala penuh 5 volt, step-size dapat dihitung,

$$\text{Step size} = \text{Full scale}/1024 \tag{2}$$

$$\text{Step size} = 5V/1024 \approx 5 \text{ mV}$$



Gambar 5 Letak sensor arus

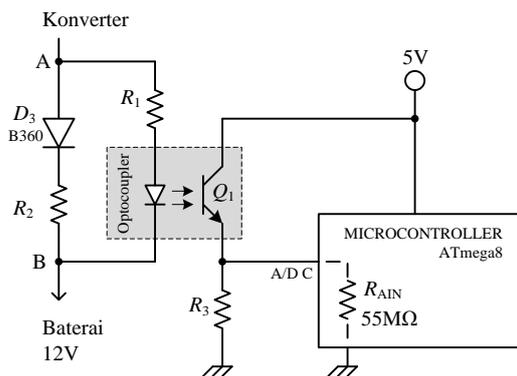
4. Perhitungan Rancangan

Nilai resistor emittor R_3 dihitung berdasar pengaruh pembebanan input ADC. Berdasar datasheet ATmega8, resistansi input atau R_{AIN} minimal $55\text{ M}\Omega$ sehingga pada tegangan input analog 5 volt, arus yang mengalir masuk ADC sangat kecil, kurang dari $1\ \mu\text{A}$. Agar tegangan sensor tidak dipengaruhi oleh arus input tersebut maka dibuat arus R_3 jauh lebih besar dari $1\ \mu\text{A}$. Sensor arus dalam Gambar 5 disusun lagi dengan memasukkan resistansi input ADC dan ditunjukkan dalam Gambar 6.

Arus pengisian yang melewati D_3 dan R_2 akan membangkitkan tegangan diantara titik A dan B yang merupakan tegangan bias maju optoisolator.
 $V_{AB} = V_{FM} + V_{R2} = V_{R1} + V_F$ (4)

$$V_{R2} = V_{sense}$$

$$V_{R2} = V_{AB} - V_{FM} \quad (5)$$



Gambar 6 Pembacaan sensor arus oleh ADC

Pada arus maju 4N25, $I_F = 1\ \text{mA}$, tegangan drop LED optocoupler (V_F) adalah 1 volt. Jika ditetapkan tegangan pada R_1 sebesar 0,5 volt. Nilai R_1 dapat dihitung.

$$V_{R1} + V_F = V_{AB} = 1,5\ \text{volt}$$

$$R_1 = V_{R1}/I_F = 0,5\text{V}/1\text{mA} = 500\ \Omega$$

Jika pada arus maju dioda B360, $I_{FM} = 0,5\text{A}$, nilai $V_{FM} = 0,7$ volt maka R_2 dapat dihitung.

$$V_{AB} = V_{D3} + V_{R2} = 1,5\ \text{V}$$

$$V_{R2} = 1,5\ \text{V} - V_{FM} = 0,8\ \text{V}$$

Tegangan pada R_2 dibangkitkan dari arus pengisian baterai (I_{R2}) sehingga nilai R_2 minimal diukur saat arus pengisian minimal. Dissipasi daya maksimal transistor sensor arus, R_2 terjadi pada arus pengisian 2A

$$R_2 = V_{R2}/I_{R2}$$

$$R_2 = 0,80\text{V}/0,5\text{A} = 1,6\ \Omega$$

$$P_{DR2} = (I^2 \times R) \approx 7\ \text{W}$$

Resistor emittor R_3 dihitung berdasarkan CTR, V_{CC} dan $V_{CE(sat)}$ optocoupler 4N25. Jika CTR rata-rata adalah 50% maka arus pada R_3 atau arus kolektor transistor penerima di dalam optocoupler dapat dihitung. Arus kolektor, I_C dihitung pada nilai I_F minimal, yaitu 1mA.

$$CTR = I_C / I_F = 50\%$$

$$I_C = CTR \times I_F \text{ atau } I_C = 0,5\ \text{mA}$$

Penentuan nilai R_3 berdasarkan pada pembacaan microcontroller ATmega8 dan jangkah tegangan kolektor-emittor phototransistor Q_1 . Jika resolusi ADC adalah 10 bit maka nilai terendah yang dapat dibaca adalah kira-kira 5 mvolt. Berdasar datasheet dari 4N25, tegangan kolektor-emittor jenuh, $V_{CE(sat)}$ tipikal adalah 0,15 volt dan maksimal = 0,5 volt. Persamaan tegangan jatuh R_3 dalam rangkaian common-collector adalah,

$$V_{R3} = V_{CC} - V_{CE} \quad (6)$$

$$V_{R3} = I_C \times R_3 \quad (7)$$

Karena ADC dapat membaca dari nilai yang rendah maka tegangan pada R_3 dihitung berdasar nilai maksimal arus kolektor dengan menggunakan persamaan CTR.

Nilai arus kolektor maksimal terjadi saat arus LED maksimal sedangkan arus LED maksimal terjadi pada saat arus pengisian maksimal. Jika arus pengisian maksimal yang direncanakan adalah 2A maka tegangan jatuh pada terminal A terhadap B adalah,

$$V_{AB(max)} = V_{FM} + V_{R2(max)} \quad (8)$$

$$V_{AB(max)} = V_{FM} + [R_2 \cdot I_{CHR(max)}]$$

$$V_{AB(max)} = 0,7V + (1,6 \times 2)V = 3,9 \text{ volt}$$

Arus LED maksimal atau $I_{F(max)}$ dapat dihitung pada saat tegangan pada R_1 maksimal.

$$I_{F(max)} = V_{R1(max)}/R_1$$

$$V_{R1(max)} = V_{AB(max)} - V_F = (3,6 - 1)\text{volt}$$

$$V_{R1(max)} = 2,9 \text{ volt dan}$$

$$I_{F(max)} = 2,9V/500\Omega = 5,8 \text{ mA}$$

Jika tegangan kolektor-emittor saturasi adalah 0,5 volt (maksimal) maka, maka V_{R3} maksimal adalah 4,5 volt dan nilai R_3 maksimal adalah,

$$R_{3(max)} = 4,5V/I_C \quad R_3 \text{ maksimal} \approx 1k5 \Omega$$

Nilai R_3 minimal dapat dihitung dari arus LED maksimal dan pada nilai CTR tertinggi. Berdasar data sheet 4N25 arus LED maksimal = 60 mA dan pada CTR 70%.

$$I_C = 0,7 \times 60 \text{ mA} = 42 \text{ mA.}$$

$$R_3 \text{ minimal} = 4,5V/I_C \quad R_3 \text{ minimal} = 107 \Omega$$

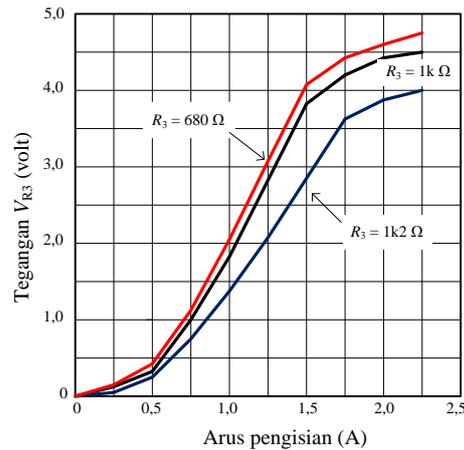
Ditetapkan nilai R_3 dalam percobaan adalah, 680Ω , 1kΩ dan 1k2Ω.

5. Data Pengujian dan Analisis

Dari perhitungan rancangan dilakukan percobaan pada arus pengisian 0,25A hingga 2,25. Tegangan pada R_3 dan pada LED (V_F) diamati dan hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 1. Grafik data percobaan ditunjukkan dalam Gambar 7.

Tabel 1 Data percobaan

I_{CHR} (A)	V_{AB} (volt)	V_{R3} (volt)		
		680 Ω	1k Ω	1k2 Ω
0,25	1,20	0,06	0,08	0,08
0,50	1,50	0,25	0,35	0,45
0,75	1,90	0,72	1,00	1,23
1,00	2,30	1,30	1,75	2,16
1,25	2,75	2,00	2,75	3,20
1,50	3,20	2,60	3,75	4,20
1,75	3,60	3,60	4,15	4,42
2,00	4,00	3,80	4,40	4,60
2,25	4,40	4,00	4,50	4,70



Gambar 7 Arus pengisian terhadap V_{R3}

Berdasar Grafik data percobaan Gambar 7 diketahui bahwa transistor dalam optocoupler mulai jenuh berbeda-beda untuk resistor nilai R_3 yang berbeda. Pada nilai R_3 yang rendah, keadaan mulai jenuh terjadi pada arus pengisian yang lebih besar daripada nilai R_3 yang tinggi. Pada nilai R_3 1kΩ dan 1k2Ω, garis linier pada arus pengisian 0,5A hingga 1,5 A sedangkan pada $R_3 = 680\Omega$ mulai dari 0,5A hingga 1,75A. Walaupun demikian, untuk pembacaan dengan perubahan per 0,25A, microcontroller masih dapat membaca dengan baik. Sebagai contoh, pada penggunaan $R_3 = 1k2\Omega$, arus pengisian 1,75A menghasilkan $V_{R3} = 4,42$ volt dan pada arus pengisian 2A menghasilkan $V_{R3} = 4,6$ volt. Jangkah $V_{R3} = 0,18$ volt atau 180 mvolt. Nilai tersebut setara dengan 36 bit (untuk resolusi ADC = 10 bit atau 5 mV per step).

Dari data percobaan diperoleh data, $V_{CE(sat)}$ transistor pada optoisolator bisa mencapai 0,3 volt, yaitu terjadi pada arus pengisian 2,25A dan $R_3 = 680\Omega$. Berdasar lembar data $V_{CE(sat)}$ minimal adalah 0,15 volt sehingga memungkinkan penggunaan R_3 dengan nilai yang lebih rendah dari 680Ω. Pada nilai R_3 yang lebih kecil, titik awal jenuh transistor terjadi pada arus pengisian yang lebih besar.

Berdasarkan data percobaan diketahui bahwa sensor arus pengisian menggunakan optoisolator dapat bekerja sesuai dengan perhitungan rancangan.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

- 1) Semakin rendah nilai R_3 maka tegangan jenuh transistor terjadi arus pengisian yang lebih besar. Berdasar perhitungan rancangan, untuk jangkah arus pengisian 0,5 hingga 2A dapat menggunakan resistor emittor, $R_3 = 107\Omega$ hingga 1k5Ω.
- 2) Grafik yang tidak linier untuk seluruh jangkah pengukuran menunjukkan nilai CTR optocoupler yang tidak tetap.

6.2 Saran

- 1) Untuk pembacaan arus pengisian yang lebih teliti, sebaiknya digunakan batas garis liner.
- 2) Karena nilai CTR tidak dapat ditetapkan berdasarkan data semata, untuk pembacaan yang presisi perlu diukur CTR dengan percobaan pada arus LED (I_F) tertentu.

Daftar Pustaka:

- Anonim, (1995): *6-Pin DIP Optoisolator Transistor Output 4N25*, Motorola Inc.
- Anonim, (2010): *8-bit AVR with 8Kbytes In-System Programmable Flash Atmega8A*, Atmel Corporation, San Jose
- Anonim, *3.0A Schottky Barrier Rectifier B320/A/B - B360/A/B*, Dioda Incorporated
- Fathoni. (2012): *Modul Ajar Praktikum Komponen Elektronika*, Politeknik Negeri Malang.
- Gerald E William. (1976): *Practical Transistor Circuit Design and Analysis*, Tata McGraw Hill Company Ltd, New Delhi.