

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Baterai 9 Volt Sebagai Catu Daya

Rangkaian catu daya merupakan rangkaian pokok yang berperan penting dalam setiap pembuatan rangkaian elektronika, sehingga rangkaian catu daya perlu dikontrol tegangan keluarannya. Dalam hal ini tegangan keluaran catu daya pada rangkaian pengisi baterai cerdas berbasis mikrokontroler AT89C51 memerlukan tegangan sebesar 5 Volt DC. Ketepatan tegangan ini diperlukan karena komponen yang digunakan pada rangkaian ini sangat sensitif terhadap tegangan yang terlalu tinggi, dan jika keluaran catu daya ini melebihi dari kemampuan komponen tersebut, maka akan merusak komponen itu terutama pada komponen aktif seperti pada komponen mikrokontrolernya.

Pada rangkaian power suplai untuk sistem rangkaian utama mikrokontroler digunakan regulator tegangan LM7805 sebagai pencatu +5 volt. Berdasarkan data IC regulator LM7805 mempunyai karakteristik seperti pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data regulator tegangan

Jenis Regulator	Tegangan Input(V)	Tegangan Output(V)		
		Min	Type	Max
LM7805	10	4.8	5	5.2

Berdasarkan hasil pengamatan baterai 9 volt sebagai penyedia daya utama pada sistem rangkaian utama diperoleh data seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tegangan pada rangkaian penyedia daya utama

Jenis Regulator	Tegangan Input(V)	Tegangan Output(V)
LM7805	8,9	4,8

Dari data diatas dapat diketahui bahwa input dari LM7805 mempunyai nilai tegangan masukan 8,9 volt. Tegangan keluaran LM7805 adalah 4,8 volt DC.

4.2 Sensor Arus dan Sensor Tegangan

Arus pengisian baterai diukur dengan mengukur tegangan pada R5, yaitu bernilai 1Ω , digunakan resistor 1Ω supaya tidak mengurangi arus pengisian namun cukup menghasilkan tegangan yang dideteksi oleh ADC 0809 seperti pada Gambar 3.2. Potongan program yang dipergunakan untuk membaca arus diperlihatkan seperti di bawah ini:

```

UKUKARUS:
CLR    A0
CLR    A1
CALL   BACAADC
MOV    ARUS,A
RET

```

Seperti terlihat juga pada Gambar 3.2 tegangan baterai dipantau melalui ADC IN 1. Dalam hal ini dipergunakan R3 $10k\Omega$ dan R4 $1k\Omega$ sehingga didapatkan tegangan yang masuk pada ADC IN 1 adalah setengah dari tegangan baterai. Subrutin untuk membaca tegangan baterai diperlihatkan sebagai berikut:

```

UKURTEGANGAN:
SETB   A0
CLR    A1
CALL   BACAADC
MOV    TEGANGAN,A
RET

```

4.3 Pengamatan LED Indikator Status Pengisian

Pada kondisi pertama adalah saat pengisian baterai terjadi, pada keadaan ini LED akan berkedip-kedip. Sedangkan keadaan ketiga adalah saat baterai penuh, LED akan mati. Berdasarkan pengamatan didapatkan hasil bahwa LED sebagai indikator status pengisian baterai memiliki perilaku seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan LED indikator status pengisi baterai

Status Pengisi Baterai	Nyala LED
Mengisi	Kedip-kedip
Penuh	Mati

4.4 Pengujian Kinerja Rangkaian Secara Umum

Sebelum fungsi-fungsi *software* dibuat hal pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan kaki-kaki (pin) yang dihubungkan dari mikrokontroler ke komponen aktif dan komponen pasif. Jika pendefinisian pin tidak sesuai perancangan *interface* pada *hardware* maka instruksi *software* yang telah di *compile* pada mikrokontroler tidak bisa dijalankan pada komponen karena terjadi kesalahan data instruksi yang dikirim. Alat yang dibuat ini menggunakan 3 buah *port* kerja pada IC AT89C51 . Prosedur awal yang dipanggil setelah interupsi *mulai* adalah preparasi dimana prosedur ini terletak pada memori program.

Program charger diawali dengan melakukan inisialisasi bit yang dipakai oleh mikrokontroler dan variabel untuk program. Pengendalian yang dipakai adalah bit P3.7 untuk memicu PWM, bit P0.7 untuk menghidupkan LED, bit P3.0

sampai bit P3.5 untuk mengatur ADC sedangkan data keluaran ADC dilewatkan pada port P1.

```

PWM    bit    P3.7
LED    bit    P0.7

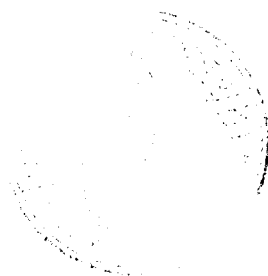
;Variabel
ARUS   equ    21H
TEGANGAN equ 22H
REFARUS equ 24H
REFTEG equ 25H

;kontrol ADC
OEADC  bit    P3.5
SCONV  bit    P3.4
EOC    bit    P3.2
A0     bit    P3.0
A1     bit    P3.1
DATAADC equ    P1

INTR   bit    20H.2
STAGE  bit    20H.3

```

Saat catu mulai dihidupkan maka program dimulai dari alamat 00h. Program pada alamat ini menuju ke program utama. Interupsi Eksternal 0 digunakan untuk mengeset bit INTR sebagai tanda bila ADC telah selesai konversi. Tanda ini ditangkap oleh bit P3.2 yang dihubungkan dengan pin EOC ADC yang aktif bila ada sinyal dari high ke low. Interupsi Timer 0 dan Timer 1 digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM pada bit P3.7. Timer 0 akan menghasilkan sinyal high setiap 255 clock kemudian akan mengaktifkan Timer 1 yang aktif selama lebar pulsa PWM pada TH1 kemudian akan membuat PWM low. Program interupsinya adalah sebagai berikut :



```
;***** alamat interupsi *****
```

```
org    0000h
```

```
ljmp   mulai
```

```
org    0003h
```

```
setb   INTR
```

```
reti
```

```
;***** Interupsi Timer0 *****
```

```
;***** setiap 255 clock *****
```

```
;Setiap 255 clock output PWM diset 1
```

```
;*****
```

```
org    000bh
```

```
setb   PWM
```

```
setb   tr1
```

```
reti
```

```
org    0013h
```

```
reti
```

```
;***** Interupsi Timer 1 *****
```

```
;***** setiap nilai pulsa *****
```

```
;Untuk menghasilkan pulsa 1 selama nilai
```

```
;dalam variabel pulsa
```

```
org    001bh
```

```
clr    tr1
```

```
clr    PWM
```

```
reti
```

Program utama charger ini dengan melakukan inisialisasi Timer 0 dan Timer 1 dalam mode 8 bit isi ulang. Konstanta yang digunakan adalah REFARUS untuk membatasi arus pengisian dan REFTEG untuk membatasi tegangan pengisian. Sebelum program dilanjutkan interupsi diaktifkan dahulu dengan perintah SETB EA. Interupsi eksternal 0 diaktifkan dengan SETB EX0 dan SETB IT0 untuk aktifasi tepian sisi negatif.

PWM dimulai dengan perintah SETB TR0. Tahapan selanjutnya adalah pengisian baterai dengan tanda LED blink memakai perintah CPL P0.7

```

;*****
;***** Program Utama *****
;*****
mulai:
    MOV    TMOD,#22h
    MOV    TH0,#00H
    MOV    TL0,#00H
    MOV    TH1,#80H
    MOV    TL1,#80H
    MOV    REFARUS,#48h
    MOV    REFTEG,#90h
    SETB   EA
    SETB   EX0
    SETB   IT0
    SETB   ET0
    SETB   ET1    1
    SETB   PTI
    CLR    PWM

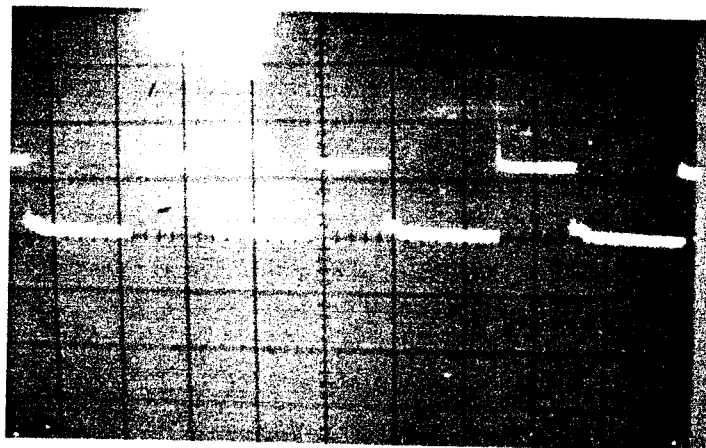
```

```

chZBAT:   CLR   LED
          MOV   R4,#50
LAGI:     CALL  DELAY
          DJNZ  R4,LAGI
          setb  Tr0
loop:     CALL  PWMTURUN
          CALL  DELAY
          CALL  DELAY
          CALL  UKURTEGANGAN
          SUBB  A,#90h
          JNC   loop

```

Pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, PWM memiliki *duty cycle* semakin mengecil dengan tegangan pada baterai yang semakin naik. Ini menunjukkan bahwa energi yang dialirkan ke baterai semakin lama semakin mengecil.

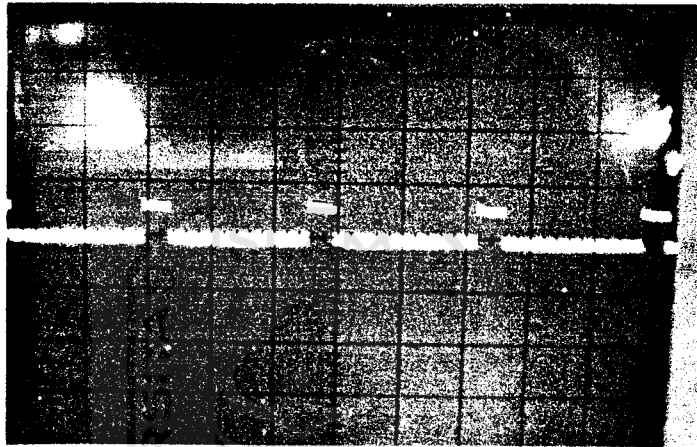


Gambar 4.1 Sinyal PWM pada awal pengisian

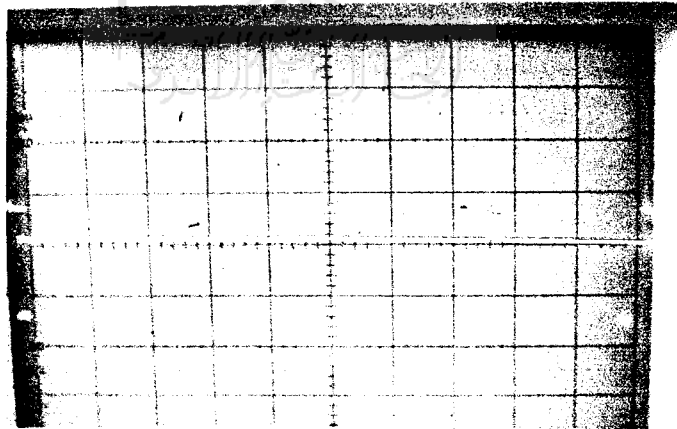
Dari gambar 4.2 dapat ditentukan besar nilai frekuensi dan nilai V_{pp} adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(\lambda \times \text{time / div})} = f = \frac{1}{(13 \times 50 \text{ms})} = 1.53 \text{Hz}$$

$$V_{pp} = \text{Tinggi} \times \text{Volt / div} = 4 \times 0.1 = 0.4 \text{ Volt}$$



Gambar 4.2 Sinyal PWM setelah beberapa waktu pengisian



Gambar 4.3 Sinyal PWM mendekati penuh

Untuk baterai dengan kapasitas 600mAh maka dilakukan pengisian dengan arus sebesar 200mA. Maka program akan berjalan pada LoopCC yaitu

mengecek arus, jika arus lebih dari REFARUS, maka PWM turunkan dengan memanggil subrutin CALL PWMTURUN dan sebaliknya jika arus kurang dari REFARUS maka PWM dinaikkan dengan memanggil subrutin CALL PWMNAIK. Proses tersebut berjalan terus sampai tegangan baterai mencapai REFTEG. Saat tegangan baterai sudah mencapai REFTEG maka program meloncat ke tahap selanjutnya yaitu tahap tegangan konstan dengan perintah JC LOOPCV.

```
;***** TAHAP ARUS KONSTAN (CC) *****
```

```
LoopCC:
```

```
CALL DELAY
```

```
CPL LED
```

```
CLR P0.0
```

```
SETB P0.1
```

```
CALL DELAY
```

```
setb tr0
```

```
CALL UKURARUS
```

```
SUBB A,REFARUS
```

```
JC naik
```

```
CALL PWMTURUN
```

```
JMP terusCC
```

```
naik:
```

```
CALL PWMNAIK
```

```
terusCC:
```

```
CALL UKURTEGANGAN
```

```
CPL A
```

```

MOV  P2,A
MOV  A,TEGANGAN
SUBB A,REFTEG
JC   LoopCC

```

Pada Tahap tegangan konstan, yang dijaga adalah tegangannya sebesar REFTEG. Untuk baterai sebesar 1,2V, Tegangan Referensi pengisiannya sebesar 1,3V. Program berjalan pada LoopCV jika tegangan lebih dari 1,3V maka PWM diturunkan dan jika tegangan kurang dari 1,3V maka PWM dinaikkan. Dengan menjaga tegangan pengisian tetap konstan maka arusnya akan semakin turun. Saat arusnya sudah 0 maka proses pengisian selesai dan baterai yang diisi kapasitasnya penuh. Setelah penuh maka indikasi LED tidak menyala.

```

***** TAHAP TEGANGAN KONSTAN (CV) *****
LoopCV:
CALL DELAY
CPL  LED
SETB P0.0
CLR  P1.1

CALL DELAY
CALL UKURTEGANGAN
SUBB A,REFTEG
JC   naik2

CALL PWMTURUN
JMP  TERUSCV

naik2:
CALL PWMNAIK

TERUSCV:
CALL UKURARUS
CPL  A
MOV  P2,A
MOV  A,ARUS
SUBB A,#1
JNZ  LoopCV

```

Pengambilan data baterai hari pertama selama 6 jam. Dimulai pada pukul 08:30, selesai pada 14:30. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut

Tabel 4.4 Data pengisian baterai hari pertama

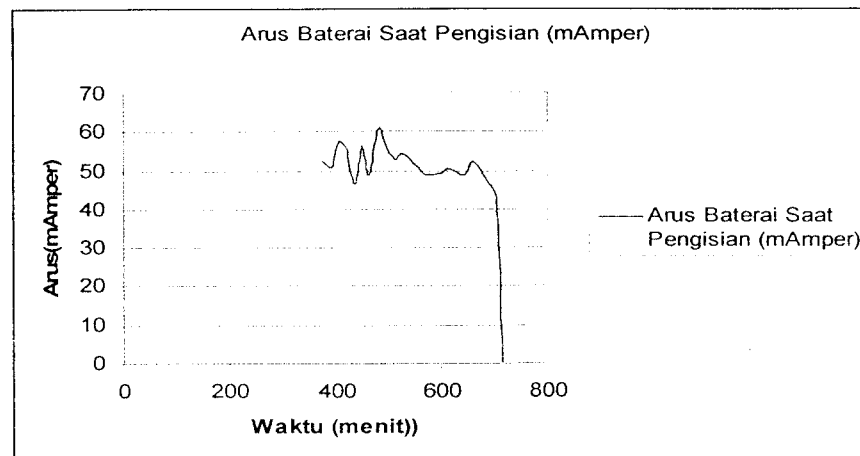
Waktu	Tegangan Solar Cell (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmpere)	Cuaca	Tegangan Baterai (Volt)
15	9.7	1.44	49	Cerah	1.33
30	10.51	1.44	47	Cerah	1.34
45	4.62	1.41	51.7	Berawan	1.34
60	3.4	1.4	46.2	Berawan	1.35
75	6.14	1.42	52.4	Berawan	1.35
90	10.43	1.44	25.5	Berawan	1.36
105	9.86	1.44	49.8	Cerah	1.36
120	3.41	1.4	46.2	Berawan	1.36
135	10.62	1.44	52.4	Cerah	1.37
150	7.33	1.43	56.3	Cerah	1.37
165	5.64	1.41	53.7	Cerah	1.37
180	3.38	1.4	43.4	Cerah	1.37
195	11.82	1.44	48.6	Cerah	1.37
210	10.92	1.44	41.9	Cerah	1.37
225	11.2	1.44	50.6	Cerah	1.37
240	9.65	1.44	53	Cerah	1.38
255	5.42	1.41	49.8	Berawan	1.38
270	4.72	1.41	52.4	Berawan	1.38
285	5.53	1.41	47.5	Berawan	1.38
300	14.06	1.44	44.8	Berawan	1.38
315	12.02	1.44	43.4	Berawan	1.38
330	13.49	1.44	48.8	Berawan	1.38
345	11.4	1.44	52.4	Berawan	1.39
360	15.54	1.45	56.1	Berawan	1.39

Pengambilan data baterai hari kedua selama 6 jam. Dimulai pada pukul 08:00, selesai pada 13:15. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data pengisian baterai hari kedua

Waktu	Tegangan Solar Cell (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmpere)	Cuaca	Tegangan Baterai (Volt)
390	12.16	1.4	50.8	Berawan	1.39
405	11.14	1.41	57.2	Cerah	1.39
420	10.32	1.41	55.8	Cerah	1.39
435	9.2	1.45	46.4	Cerah	1.39
450	12.52	1.46	56.2	Cerah	1.39
465	10.42	1.46	48.6	Berawan	1.39
480	11.36	1.46	60.4	Cerah	1.39
495	12.58	1.46	56.4	Cerah	1.39
510	13.63	1.46	52.7	Cerah	1.39
525	12.46	1.46	54.2	Cerah	1.39
540	8.77	1.46	53.1	Berawan	1.39
555	11.12	1.46	50.6	Cerah	1.39
570	10.68	1.46	48.6	Berawan	1.39
585	10.42	1.46	48.6	Berawan	1.39
600	14.08	1.46	49.1	Berawan	1.39
615	11.16	1.46	50.2	Cerah	1.39
630	10.84	1.46	49.6	Berawan	1.39
645	9.46	1.46	48.8	Berawan	1.39
660	9.82	1.46	52.2	Berawan	1.39
675	10.21	1.46	49.3	Berawan	1.39
690	9.84	1.46	46.4	Berawan	1.39
705	10.52	1.46	43.2	Berawan	1.39
714		0	0	Berawan	1.39

Data arus pengisian baterai AA pada 6 jam terakhir jika direpresentasikan dalam bentuk grafik diperlihatkan pada Grafik 4.2. Terlihat pada grafik arus saat menit ke 705 arus menunjukkan 43,2mA kemudian saat menit ke 714 turun drastis menjadi nol. Hal ini menandai berhentinya proses pengisian baterai, kemudian lampu indikator mati.



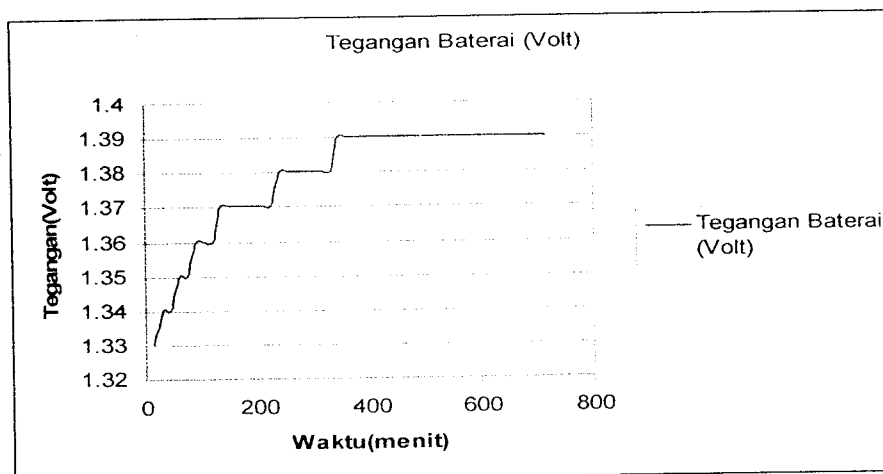
Gambar 4.4 Grafik arus baterai pada 6 Jam Terakhir

Dari Grafik 4.2 arus pengisian baterai berubah-ubah karena arus yang dikeluarkan *solar cell*. Sedangkan arus *solar cell* tergantung dari sinar matahari. Untuk pengecekan arus baterai sudah penuh, dapat melalui perhitungan :

$$Kapasitas = \left(\frac{\text{waktu}}{60} \right) \times \text{Arus} \quad (4.1)$$

Dari persamaan 4.1 didapat dari data pada menit 705 kapasitas baterai yang telah terisi adalah 507.6 mA.

Tegangan pada baterai saat pengisian dipantau dengan melepas hubungannya ke pengisi baterai untuk beberapa saat, kemudian dilakukan pengisian lagi. Data hasil percobaan diperlihatkan pada grafik pada Gambar 4.3.



Gambar 4.5 Grafik tegangan baterai pada proses pengisian

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa tegangan pengisian akan naik dengan cepat pada awal pengisian dan semakin lama kenaikannya akan semakin kecil sampai nilai tegangan nominal baterai.

Pada percobaan ini baterai dikosongkan sampai tegangan 0,02V. Waktu untuk mengisi baterai sampai penuh adalah 714 menit atau 11 jam 59 menit. Waktu hasil pengisian ini dapat berubah-ubah karena tergantung pada intensitas cahaya matahari dan besar tegangan dan arus dari *solar cell*.

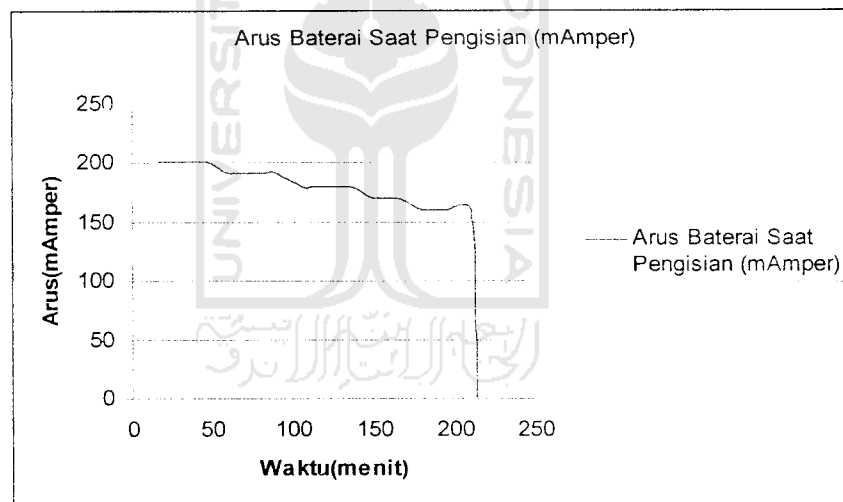
Pengambilan data baterai bila menggunakan sumber tegangan dari PLN, membutuhkan waktu pengisian 213 menit atau 3 jam 33 menit. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.6 sebagai berikut

Tabel 4.6 Data pengisian baterai dengan sumber PLN

Waktu	Tegangan Dari PLN (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmpere)	Tegangan Baterai (Volt)
15	13.06	1.45	200	1.36
30	13.32	1.45	200	1.36
45	13.03	1.45	200	1.38

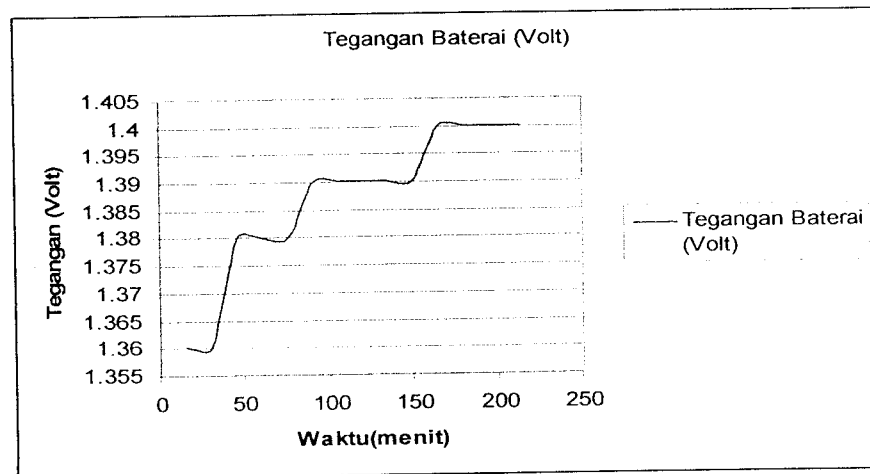
60	13.01	1.46	190	1.38
75	13.02	1.46	190	1.38
90	13.05	1.47	190	1.39
105	13.06	1.48	180	1.39
120	13.06	1.48	180	1.39
135	13.05	1.49	180	1.39
150	13.1	1.5	170	1.39
165	13.24	1.5	170	1.4
180	13.2	1.5	160	1.4
195	13.08	1.5	160	1.4
210	13.06	1.5	160	1.4
213	0	0	0	1.4

Data arus pengisian baterai AA pada jika direpresentasikan dalam bentuk grafik diperlihatkan pada Grafik 4.4. Terlihat pada Tabel 4.6 pada menit ke 210 arus menunjukkan 160mA. Pada menit 213 arus menunjukkan nol.



Gambar 4.6 Grafik arus baterai

Tegangan pada baterai saat pengisian dipantau dengan melepas hubungannya ke pengisi baterai untuk beberapa saat, kemudian dilakukan pengisian lagi. Data hasil percobaan diperlihatkan pada grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Grafik tegangan baterai

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa tegangan pengisian akan naik dengan cepat pada awal pengisian dan semakin lama kenaikannya akan semakin kecil sampai nilai tegangan nominal baterai. Untuk pengecekan kapasitas baterai, digunakan persamaan 4.1. Pada menit ke 210, kapasitas baterai mencapai 560 mA.

Pada percobaan ini baterai dikosongkan sampai tegangan 0,10V. Waktu untuk mengisi baterai sampai penuh adalah 213 menit atau 3 jam 33 menit.

Dari segi ekonomis, dengan menggunakan sumber tegangan dari PLN yang membutuhkan waktu pengisian baterai selama 3 jam 33 menit biaya keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rangkaian} &= \text{Rp } 170.00,00 \\
 \text{Beban operasional} &= V \times I \times t \\
 &= 220 \times 0,4 \times 3,53 \\
 &= 310,64 \text{ Wh} \\
 &= 0,31064 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Dari beban operasional sebesar 0,31064 kWh, maka di dapat biaya operasional, dengan mengalikan biaya per kWh sebesar Rp 420,00 adalah Rp 130,468. Jadi biaya operasional pengisian baterai dengan menggunakan sumber tegangan PLN adalah sebesar $\text{Rp } 170.000,00 + \text{Rp } 130,468 = \text{Rp } 170.130,468$.

Dengan menggunakan sumber tegangan dari *solar cell* yang membutuhkan waktu sebesar 11 jam 59 menit biayanya adalah :

$$\begin{aligned}\text{Biaya solar cell} &= 16 \times \text{Rp } 35.000,00 \\ &= \text{Rp } 560.000,00\end{aligned}$$

$$\text{Biaya rangkaian} = \text{Rp } 110.000,00$$

Jadi biaya operasional pengisian baterai dengan menggunakan sumber tegangan dari *solar cell* selama 11 jam 59 menit adalah sebesar $\text{Rp } 560.000,00 + \text{Rp } 110.000,00 = \text{Rp } 670.000,00$. Biaya ini akan bertambah apabila ada penggantian baterai 9 Volt sebagai penyedia daya bagi rangkaian pengendali karena habis tegangannya.

Battery Chassis an Solar Cell

