

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

4.1 Pengujian dan Analisa Alat

Untuk memastikan alat yang dibuat bekerja secara optimal, dilakukan rangkaian pengujian dan analisis mendalam setelah proses produksi berakhir. Evaluasi ini menyangkut seluruh komponen, mulai dari fisik perangkat hingga logika perangkat lunaknya. Inti dari kegiatan ini adalah untuk mencocokkan performa aktual sistem dengan standar rancangan awal. Dengan demikian, setiap temuan dalam pengujian dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi untuk menyempurnakan kualitas alat secara berkelanjutan.

4.1.1 Pengujian LCD TFT- 2,4 Inch

Pengujian pada LCD yang dilakukan seperti pada **Tabel 4.1** terdapat 3 indikator yaitu:

a. **Good (Baik / Bagus)**

Menunjukkan kondisi atau kualitas baterai masih dalam keadaan sangat baik atau masih memenuhi standar dari pabrikan, range nilai resistansinya 0 sampai ≤ 45 .

b. **Fair (Cukup / Sedang)**

Menunjukkan kualitas baterai berada di tengah-tengah. Tidak bisa dibilang bagus, tapi tidak rusak atau jelek juga. Baterai masih bisa berfungsi dengan standar minimal, range nilai resistansinya >45 sampai ≤ 90 .

a. **Poor (Kurang / Buruk)**

Menunjukkan kualitas baterai yang sudah jauh di bawah standar pabrikan, range nilai resistansinya >90 .

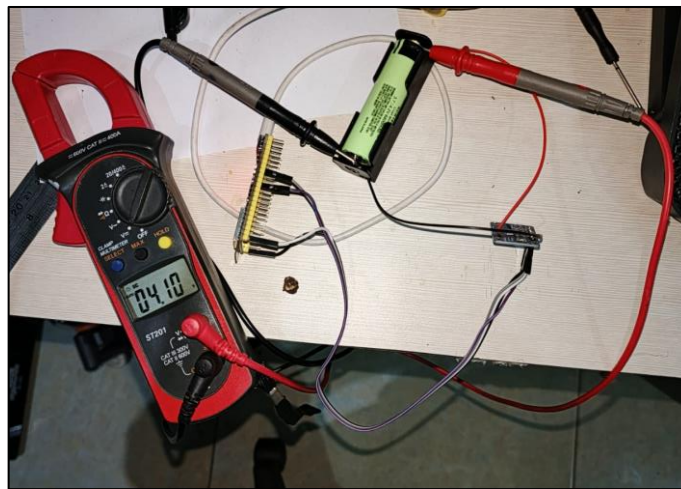
Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah LCD dapat menampilkan informasi data pada “Alat Pengujian Kapasitas Real Baterai Dengan Cara Charge dan Discharge Otomatis”.

Tabel 4. 1 Pengujian LCD

No	Tampilan LCD	Dokumentasi Pengujian	Keterangan
1	<i>Good</i>		Berdasarkan hasil pengujian menggunakan baterai baru didapatkan hasil baterai dalam kategori “ Good ” karena alat membaca resistansi baterai 41 m Ω
2	<i>Fair</i>		Berdasarkan hasil pengujian menggunakan baterai usia 1 tahun didapatkan hasil baterai dalam kategori “ Fair ” karena alat membaca resistansi baterai < 45mR.
3	<i>Poor</i>		Berdasarkan hasil pengujian menggunakan baterai usia 2 tahun didapatkan hasil baterai dalam kategori “ Poor ” karena alat membaca resistansi baterai >90mR.

4.1.2 Pengujian Sensor INA219

Pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.2** Pengujian Sensor INA219 dilakukan pengujian paralel di mana sensor INA219 membaca data arus dan tegangan secara digital untuk diproses oleh ESP32-S3 N16R8, sementara di saat yang sama, *multimeter digital* digunakan secara manual untuk memverifikasi secara langsung bahwa tegangan nyata pada rangkaian memang benar sebesar 4.10V. Jika hasil pembacaan pada tampilan LCD TFT-2,4” menunjukkan angka yang sama (atau sangat mendekati 4.10V, maka sensor INA219 dinyatakan bekerja dengan akurat.



Gambar 4. 1 Pengujian Sensor INA 219 I2C

Tabel 4. 2 Data Pembacaan Sensor INA 219 I2C

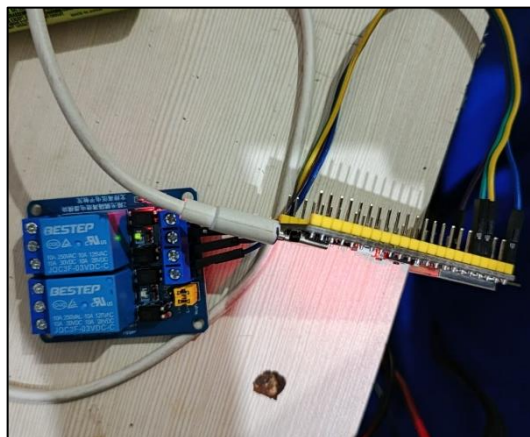
No	Tegangan Beban	Arus Terukur
1	4.13V	-0.20 mA
2	4.13V	-0.10 mA
3	4.13V	0.00 mA
4	4.13V	-0.30 mA
5	4.13V	-0.20 mA
6	4.13V	0.00 mA
7	4.13V	-0.10 mA
8	4.13V	-0.40 mA
9	4.13V	0.10 mA
10	4.13V	-0.20 mA

11	4.13V	0.10 mA
12	4.13V	-0.10 mA
13	4.13V	-0.20 mA

Berdasarkan **Tabel 4.2**, hasil pengujian sensor INA219 I2C menunjukkan bahwa nilai tegangan beban yang terbaca tetap konstan sebesar 4,13 V pada seluruh pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu melakukan pembacaan tegangan dengan tingkat kestabilan yang baik. Sementara itu, nilai arus yang terukur berada pada rentang -0,40 mA hingga 0,10 mA, dengan variasi yang sangat kecil di sekitar nilai nol. Fluktuasi tersebut kemungkinan disebabkan oleh noise pengukuran, *offset* sensor, atau gangguan lingkungan yang masih berada dalam batas toleransi alat ukur. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor INA219 memiliki kinerja yang baik dan mampu memberikan pembacaan tegangan serta arus secara stabil sehingga layak digunakan dalam sistem monitoring baterai yang dikembangkan.

4.1.3 Pengujian Relay

Pada **Gambar 4.2** pengujian relay ini dilakukan dengan menggunakan multimeter, saat kondisi tanpa *trigger off*/mati, hubungkan power ke terminal COM (tengah) dan NC (*Normally Close*). Pindahkan dari COM ke NO (*Normally Open*). *Multimeter* harus diam (terputus).



Gambar 4. 2 Pengujian *Relay*

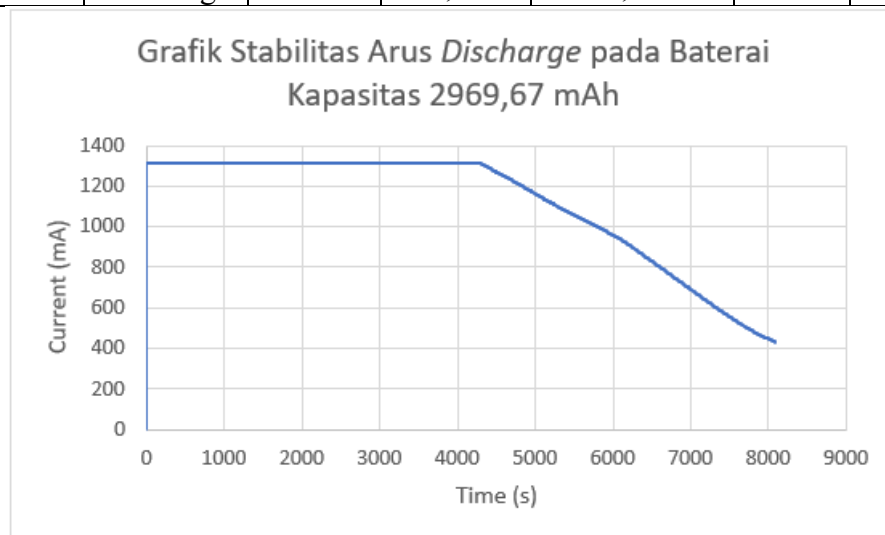
4.1.4 Pengujian Baterai

Pengujian baterai pada **Tabel 4.3** sampai **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.3**

sampai **Gambar 4.11** Pengujian ini dilakukan menggunakan 3 baterai dengan kondisi baru, usia 1 tahun, dan usia 2 tahun untuk menguji kondisi pada baterai.

Tabel 4. 3 Pengujian Baterai Baru

Battery Capacity 2969,67 mAh						
Time (Second)	Condition	Bat1	Current	Capacity(Ah)	IR	Main Bat
0	Initiating	0,492	0,32	0	0	12,49
1000	Discharge	3.840	0,32	1,3	0	12,35
2000	Discharge	3.916	0,2	1,3	0	12,34
3000	Discharge	3.972	0,2	1,3	0	12,32
4000	Discharge	4.020	0	1,3	0	12,32
5000	Discharge	4.056	0,4	1,19	0	12,3
6000	Discharge	4.108	0	0,9	0	12,3
7000	Discharge	4.144	0,12	0,7	0	12,3
8000	Discharge	4.156	0,12	0,42	0	12,29



Gambar 4. 3 Grafik Stabilitas Arus *Discharge* pada Baterai Kapasitas 2969,67 mAh

Grafik pada **Gambar 4.3** menunjukkan hubungan antara **arus discharge (mA)** terhadap **waktu (s)** pada baterai dengan **kapasitas 2969,67 mAh**

1. Fase Stabil (0-4300s)

- Pada awal pengujian hingga sekitar 4300 detik, arus discharge berada pada nilai yang relatif konstan, yaitu sekitar 1300 mA.
- Kondisi ini menunjukkan bahwa baterai mampu memasok arus secara stabil tanpa mengalami penurunan yang signifikan.

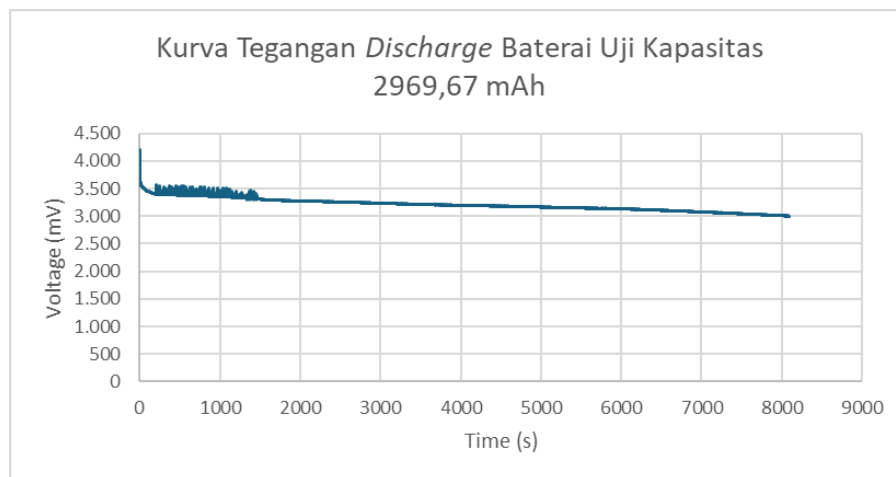
- c. Stabilitas arus pada fase ini mengindikasikan performa baterai yang baik dalam mempertahankan suplai energi selama sebagian besar proses pelepasan muatan.

2. Fase Penurunan Arus (4300-6200s)

- a. Setelah mencapai sekitar 4300 detik, arus mulai menurun secara bertahap dari 1300 mA menjadi sekitar 900 mA.
- b. Penurunan ini terjadi karena energi yang tersimpan di dalam baterai mulai berkurang sehingga kemampuan baterai dalam mempertahankan arus maksimum mulai menurun.

3. Fase Penurunan Tajam (6200-8100s)

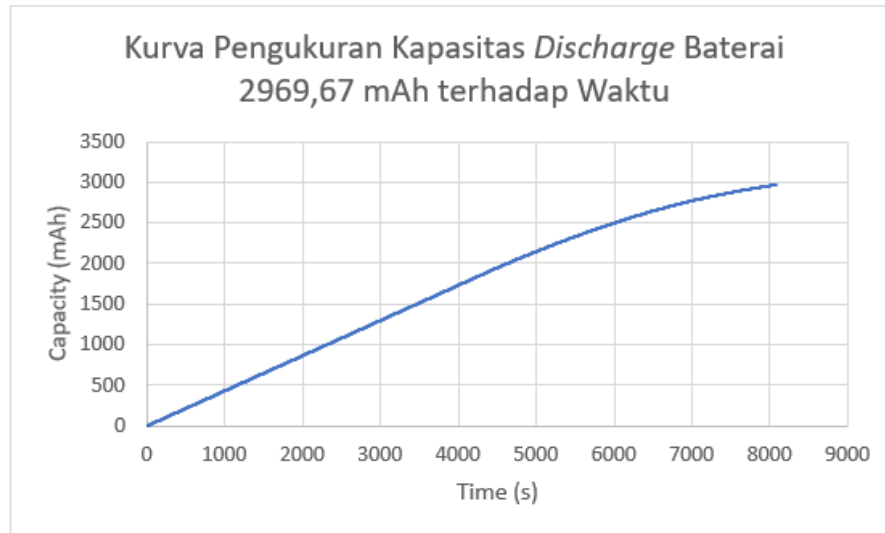
- a. Pada rentang waktu ini, arus discharge terus menurun hingga mencapai sekitar 430-450 mA.
- b. Penurunan yang lebih signifikan menunjukkan bahwa baterai telah memasuki kondisi mendekati habis (*discharge* akhir).
- c. Fenomena ini umum terjadi pada baterai karena tegangan dan kapasitas efektif yang tersisa semakin kecil.



Gambar 4. 4 mAh Kurva tegangan Discharge Baterai Uji Kapasitas 2969,67 mAh

Berdasarkan **Gambar 4.4**, tegangan baterai selama proses *discharge* menunjukkan tren penurunan yang relatif stabil terhadap waktu. Pada awal pengujian, tegangan berada pada kisaran 3,5-3,6 V dengan fluktuasi kecil akibat proses adaptasi baterai terhadap beban *discharge*. Seiring bertambahnya waktu,

tegangan menurun secara bertahap hingga mencapai sekitar 3,0 V pada akhir pengujian. Penurunan tegangan yang landai menunjukkan bahwa baterai mampu mempertahankan kestabilan tegangan selama sebagian besar proses pelepasan muatan. Hasil ini mengindikasikan bahwa baterai memiliki karakteristik *discharge* yang baik dan mampu menyediakan energi secara konsisten hingga mendekati kondisi habis.



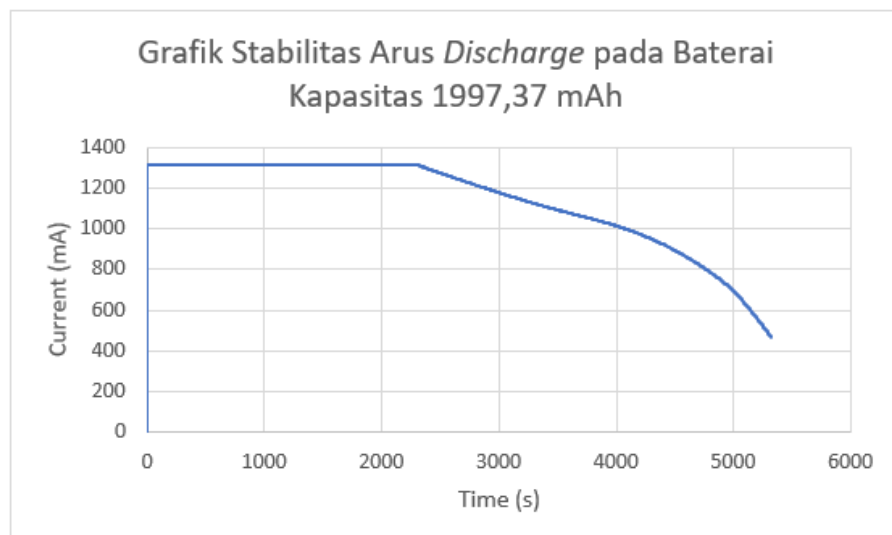
Gambar 4. 5 Kurva Pengukuran Kapasitas Discharge Baterai 2969,67 mAh terhadap Waktu

Pada **Gambar 4.5**, kapasitas *discharge* baterai meningkat seiring bertambahnya waktu pengujian hingga mencapai nilai akhir sebesar 2969,67 mAh. Pada fase awal hingga pertengahan pengujian, peningkatan kapasitas berlangsung hampir linier yang menunjukkan bahwa baterai melepaskan energi secara stabil dengan arus *discharge* yang relatif konstan. Setelah sekitar 5000 detik, laju pertambahan kapasitas mulai menurun yang ditunjukkan oleh kemiringan kurva yang semakin landai. Kondisi ini disebabkan oleh menurunnya arus *discharge* pada tahap akhir pengosongan baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai mampu mencapai kapasitas aktual sebesar 2969,67 mAh, sehingga dapat disimpulkan bahwa baterai memiliki kemampuan penyimpanan dan pelepasan energi yang baik selama proses *discharge*.

Tabel 4. 4 Pengujian Baterai Usia 1 Tahun

Battery Capacity 1997,37 mAh						
Time (second)	Condition	Bat1	Current	Capacity(Ah)	IR	Main Bat
0	Initiating	0,984	0,2	0	0	12,6
1000	Discharge	4.208	0,12	1,3	13	12,55
2000	Discharge	3.272	1310,68	1,3	13	12,62
3000	Discharge	3.208	1310,68	1,2	13	12,6
4000	Discharge	3.172	1222,32	1	13	12,59
5000	Discharge	3.148	1053,32	0,7	13	12,58

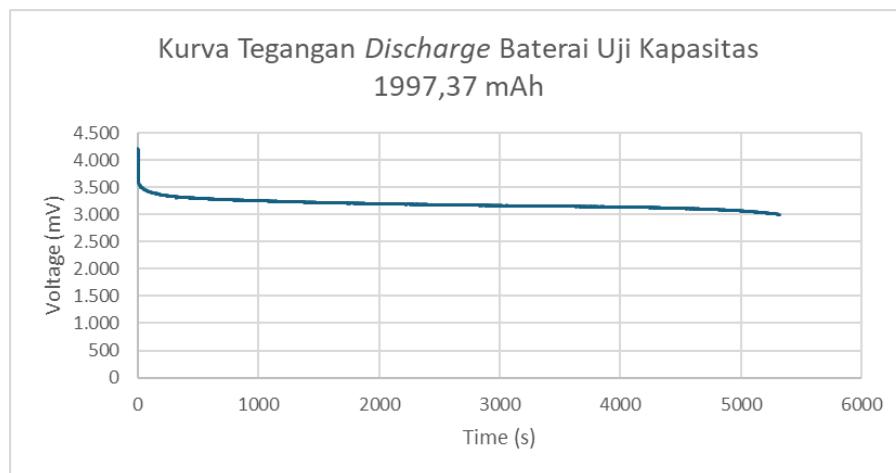
Berdasarkan **Tabel 4.4**, hasil pengujian baterai usia satu tahun menunjukkan kapasitas aktual sebesar 1997,37 mAh dengan waktu discharge mencapai 7000 detik. Selama proses pengujian, arus discharge pada awalnya berada pada kisaran 1310,68 mA dan kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga mendekati nol pada akhir pengujian. Kapasitas baterai meningkat secara kontinu hingga mencapai nilai maksimum 1997,37 mAh. Nilai internal resistance (IR) tercatat stabil sebesar 13 m Ω , yang menunjukkan kondisi internal baterai masih relatif baik. Dibandingkan dengan kapasitas baterai baru sebesar 2969,67 mAh, kapasitas baterai usia satu tahun mengalami penurunan menjadi 67,26% atau berkurang sekitar 32,74%, yang mengindikasikan adanya degradasi kapasitas akibat proses penuaan dan penggunaan baterai.



Gambar 4. 6 Grafik Stabilitas Arus *Discharge* pada Baterai Kapasitas 1997,37 mAh

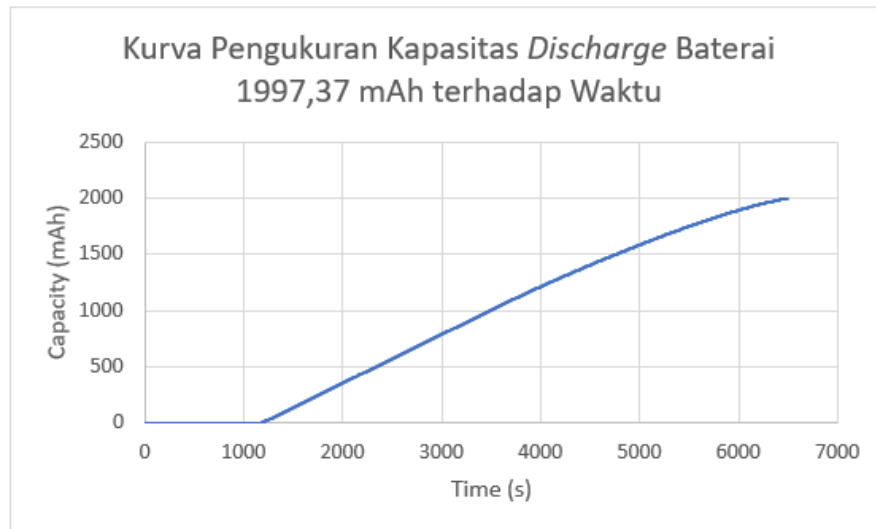
Pada **Gambar 4.6**, arus discharge baterai dengan kapasitas 1997,37 mAh

menunjukkan karakteristik yang relatif stabil pada kisaran 1300 mA hingga sekitar 2000 detik. Setelah itu, arus mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai sekitar 1000 mA pada 4000 detik. Pada fase akhir pengujian, penurunan arus menjadi lebih signifikan dan mencapai sekitar 500 mA pada waktu sekitar 5200 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan baterai dalam mempertahankan arus discharge menurun seiring berkurangnya energi yang tersimpan. Dibandingkan dengan baterai baru, baterai usia satu tahun menunjukkan waktu discharge yang lebih singkat dan penurunan arus yang lebih cepat, yang mengindikasikan adanya degradasi kapasitas akibat proses penuaan dan penggunaan baterai.



Gambar 4. 7 Kurva Tegangan Baterai Uji Kapasitas 1997,37 mAh

Pada **Gambar 4.7**, tegangan baterai selama proses *discharge* menunjukkan tren penurunan terhadap waktu. Pada awal pengujian, tegangan berada pada kisaran 3,5 V dan mengalami penurunan cepat hingga sekitar 3,3 V akibat respons awal baterai terhadap beban yang diberikan. Setelah itu, tegangan menurun secara perlahan dan relatif stabil pada rentang 3,2–3,1 V selama sebagian besar proses *discharge*. Menjelang akhir pengujian, tegangan kembali mengalami penurunan hingga mendekati 3,0 V yang menandakan baterai telah mencapai kondisi hampir habis. Dibandingkan dengan baterai baru berkapasitas 2969,67 mAh, baterai usia satu tahun dengan kapasitas 1997,37 mAh menunjukkan durasi *discharge* yang lebih singkat dan penurunan tegangan yang lebih cepat. Kondisi ini mengindikasikan adanya degradasi performa baterai akibat proses penuaan dan penggunaan selama masa operasionalnya.



Gambar 4. 8 Kurva Pengukuran Kapasitas *Discharge* Baterai 1997,37 mAh terhadap waktu

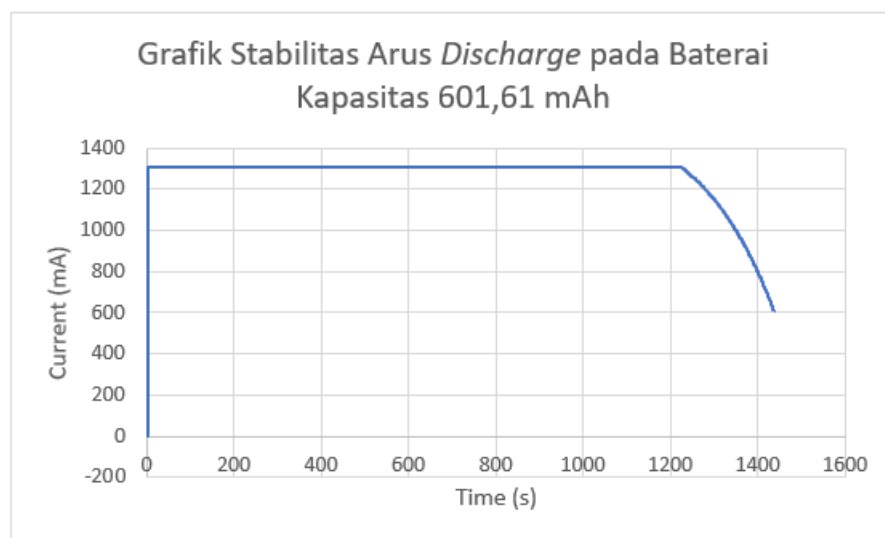
Pada **Gambar 4.8**, kapasitas *discharge* baterai meningkat seiring bertambahnya waktu pengujian hingga mencapai nilai maksimum sebesar 1997,37 mAh. Pada rentang waktu sekitar 1000 hingga 5000 detik, peningkatan kapasitas berlangsung hampir linier yang menunjukkan bahwa baterai mampu melepaskan energi secara relatif stabil. Setelah melewati 5000 detik, laju pertambahan kapasitas mulai menurun yang ditunjukkan oleh kurva yang semakin landai. Kondisi ini disebabkan oleh penurunan arus *discharge* pada fase akhir pengosongan baterai. Dibandingkan dengan kapasitas baterai baru sebesar 2969,67 mAh, kapasitas aktual baterai usia satu tahun mengalami penurunan menjadi 1997,37 mAh atau sekitar 67,26% dari kapasitas awal. Hasil tersebut menunjukkan adanya degradasi kapasitas akibat proses penuaan dan penggunaan baterai selama masa operasionalnya.

Tabel 4. 5 Pengujian Baterai Usia 2 Tahun

Battery Capacity 601,61 mAh						
Time (s)	Condition	Bat1	Current	Capacity(Ah)	IR	Main Bat
0	Initiating	0,984	0,12	0	0	12,64
200	Discharge	4.200	0,4	1,3	40,5	12,59
400	Discharge	3.392	1310,68	1,3	40,5	12,64
600	Discharge	3.300	1310,68	1,3	40,5	12,65
800	Discharge	3.272	1310,68	1,3	40,5	12,66
1000	Discharge	3.252	1310,68	1,3	40,5	12,66
1200	Discharge	3.232	1310,68	1,3	40,5	12,65

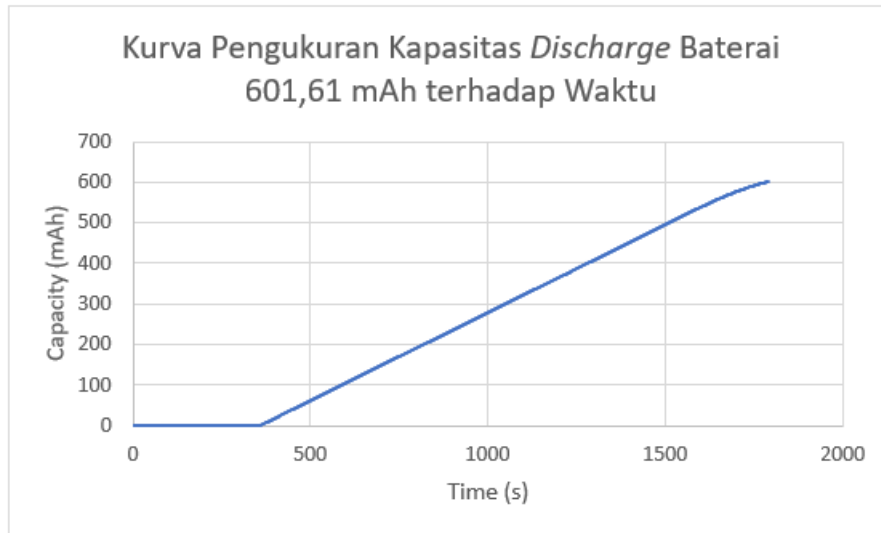
1400	Discharge	3.212	1310,68	0,8	40,5	12,65
------	-----------	-------	---------	-----	------	-------

Pada **Tabel 4.5**, hasil pengujian baterai berusia 2 tahun menunjukkan bahwa kapasitas *discharge* meningkat seiring bertambahnya waktu pengujian, dari 0 mAh pada awal pengujian hingga mencapai 453,06 mAh pada 1400 detik. Sementara itu, tegangan baterai mengalami penurunan dari 4,200 V menjadi 3,212 V akibat proses pengosongan energi. Nilai resistansi internal (IR) relatif stabil pada 40,5 m Ω , yang menunjukkan kondisi baterai masih cukup baik. Hasil ini menunjukkan bahwa baterai masih dapat berfungsi dengan baik, meskipun telah mengalami penurunan kapasitas akibat faktor usia dan penggunaan.



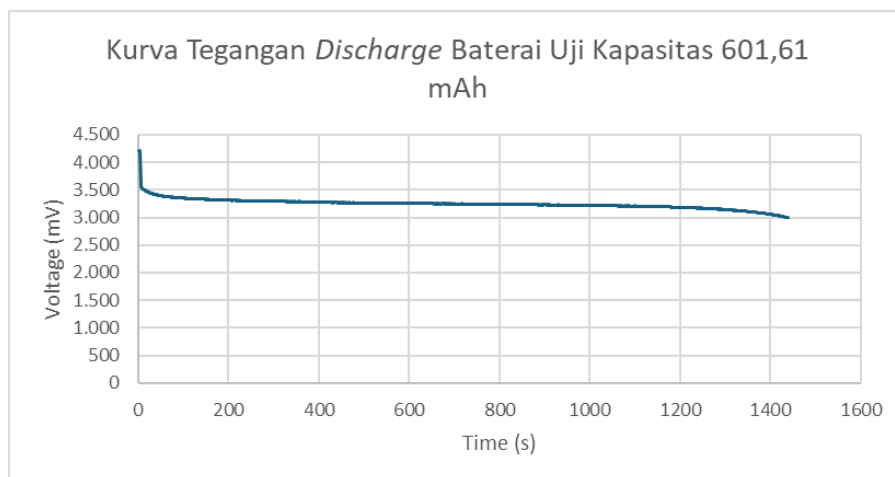
Gambar 4. 9 Grafik Stabilitas Arus *Discharge* pada Baterai Kapasitas 601,61 mAh

Gambar 4.9 menunjukan bahwa arus *discharge* baterai dengan kapasitas 601,61 mAh cenderung stabil pada kisaran 1310,68 mA selama pengujian hingga sekitar 1200 detik. Setelah itu, arus mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai sekitar 600 mA pada akhir pengujian. Kondisi ini menunjukkan bahwa baterai mampu mempertahankan kestabilan arus selama sebagian besar proses *discharge*, kemudian mengalami penurunan ketika kapasitas baterai mulai berkurang dan mendekati batas pengosongan. Hal tersebut menunjukkan karakteristik normal baterai selama proses pelepasan energi.



Gambar 4. 10 Kurva Pengukuran Kapasitas *Discharge* Baterai 601,61 mAh terhadap waktu

Berdasarkan **Gambar 4.10**, kapasitas *discharge* baterai meningkat seiring bertambahnya waktu pengukuran. Pada awal pengujian hingga sekitar 400 detik, kapasitas masih berada pada nilai 0 mAh. Setelah itu, kapasitas meningkat secara hampir linier hingga mencapai 601,61 mAh pada waktu sekitar 1750 detik. Hal ini menunjukkan bahwa proses pelepasan muatan baterai berlangsung secara stabil selama pengujian.



Gambar 4. 11 Kurva Tegangan *Discharge* Baterai Uji Kapasitas 601,61 mAh terhadap waktu

Pada **Gambar 4.11**, tegangan *discharge* baterai mengalami penurunan secara bertahap terhadap waktu. Pada awal pengujian, tegangan berada di sekitar 3,5 V, kemudian menurun perlahan dan relatif stabil selama proses *discharge*. Menjelang akhir pengujian, terjadi penurunan tegangan yang lebih signifikan.

hingga mencapai sekitar 3,0 V. Kondisi ini menunjukkan karakteristik pelepasan energi baterai yang normal selama uji kapasitas. 601,61 mAh