

BAB IV

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian pengosongan modul superkapasitor adalah tahapan yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengosongan modul superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya yang digunakan untuk mencatu berbagai jenis beban. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 12 hingga Tabel 16.

Tabel 12. Hasil pengujian pengosongan superkapasitor 240F/16.2V

Kapasitor 240 F/16.2V										
Waktu (Menit)	Daya HPL									
	5W		8W		10W		12W		15W	
	(1W+1W+3W)		(1W+1W+3W+3W)		(1W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W+3W)	
	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)
0	13.11	50	13.03	90	11.92	70	13.21	120	12.3	160
15	12.13	50	12.56	90	10.47	80	11.9	120	11.56	160
30	11.36	50	11.44	90	9.69	90	10.36	130	10.07	180
45	10.83	60	10.21	110	9.26	100	9.32	150	8.88	200
60	10.16	60	9.43	110	8.95	90	8.66	160	7.97	220
75	9.61	60	8.93	120	8.54	90	7.73	170	6.94	240
90	9.42	70	8.42	130	7.82	110	6.98	190	5.72	290
105	9.02	70	7.94	140	7.25	130	6.02	210	4.24	370
120	8.64	70	7.46	140	6.62	150	4.94	260	3.35	90
135	8.26	70	6.98	150	5.94	150	3.72	220		
150	7.88	80	6.41	170	5.31	140	3.38	60		
165	7.5	80	5.88	180	4.39	250				
180	7.11	80	5.28	190	3.56	110				
195	6.71	90	4.67	220	3.36	50				
210	6.3	90	3.95	250						
225	5.86	100	3.59	120						
240	5.39	110	3.46	90						
255	4.9	120								
270	4.36	130								
285	3.75	150								
300	3.44	60								

Tabel 13. Hasil pengujian pengosongan superkapasitor 400F/16.2V

Kapasitor 400 F/16.2V										
Daya HPL										
Waktu (Menit)	5W		8W		10W		12W		15W	
	(1W+1W+3W)		(1W+1W+3W+3W)		(1W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W+3W)	
	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)
0	12.43	40	12.25	80	11.7	120	11.95	100	11.9	190
15	12.11	40	11.44	90	10.12	130	11.36	100	10.35	190
30	11.86	40	10.72	100	9.94	140	10.24	110	9.7	190
45	10.87	50	10.21	110	9.42	130	9.99	120	9.2	190
60	10.23	50	9.87	110	9.07	150	9.34	140	8.87	240
75	9.89	50	9.53	110	8.55	150	8.67	150	8.23	250
90	9.57	50	9.12	110	8.22	150	8.35	160	7.49	300
105	9.25	50	8.93	120	7.87	160	8.04	160	7.18	320
120	9	50	8.42	130	7.58	170	7.41	180	6.74	320
135	8.75	50	8.18	130	7.35	180	7.11	180	6.23	330
150	8.51	60	7.94	140	6.95	180	6.75	190	5.89	400
165	8.27	60	7.46	140	6.6	200	6.47	190	5.37	400
180	8.03	60	7.16	140	6.23	200	6.17	190	4.76	390
195	7.8	60	6.98	150	5.85	220	5.56	180	4.38	380
210	7.57	70	6.41	170	5.68	230	5.02	200	3.51	190
225	7.33	70	6.07	170	5.05	250	4.45	210	3.36	90
240	7.1	70	5.88	180	4.04	320	3.99	190		
255	6.88	70	5.28	190	3.65	160	3.6	110		
270	6.62	70	5.03	200	3.31	120	3.47	70		
285	6.4	70	4.67	220	3.47	80				
300	6.17	70	4.21	230						
315	5.94	80	3.95	250						
330	5.69	90	3.59	120						
345	5.4	100	3.46	70						
360	5.1	100								
375	4.8	100								
390	4.5	110								
405	4.19	120								
420	3.87	120								
435	3.65	80								

Tabel 14. Hasil pengujian pengosongan superkapasitor 560F/16.2V

Kapasitor 560 F/16.2V										
Daya HPL										
Waktu (Menit)	5W		8W		10W		12W		15W	
	(1W+1W+3W)		(1W+1W+3W+3W)		(1W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W+3W)	
	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)
0	13.71	90	12.68	100	12.64	120	12.95	90	13.54	140
15	12.95	90	12.34	100	12.27	150	12.32	100	13.15	140
30	12.32	110	11.75	130	11.65	190	11.76	100	12.74	150
45	11.41	110	11.42	120	11.34	200	11.38	110	12.16	170
60	11.11	110	11.06	120	11.07	200	10.76	110	11.8	180
75	10.84	120	10.82	130	10.85	220	10.27	110	11.11	190
90	10.33	130	10.54	130	10.51	200	9.61	110	10.54	200
105	9.93	130	10.22	130	10.27	210	9.34	110	9.64	210
120	9.61	130	9.85	120	9.93	210	8.96	110	9	210
135	9.41	140	9.51	130	9.64	220	8.41	130	8.63	210
150	9.06	140	9.36	130	9.25	260	8.15	130	8.3	220
165	8.72	150	9.01	130	8.93	280	7.69	140	7.88	230
180	8.44	150	8.75	130	8.51	280	7.21	150	7.38	250
195	8.21	160	8.43	140	8.27	290	6.87	160	6.54	280
210	8.08	170	8.11	140	7.95	310	6.41	170	6.11	300
225	7.86	170	7.88	140	7.56	310	5.95	170	5.54	330
240	7.45	180	7.54	140	7.24	320	5.54	170	4.69	390
255	7.11	180	7.33	150	6.91	320	5.11	220	4.21	340
270	6.79	200	7.06	150	6.64	310	4.76	220	3.77	280
285	6.43	200	6.77	160	6.43	330	4.58	220	3.65	140
300	6.14	210	6.48	170	5.7	380	4.15	200	3.58	110
315	5.82	220	6.17	180	5.37	400	3.8	170	3.48	100
330	5.51	240	5.79	180	4.87	420	3.62	110	3.4	70
345	5.21	240	5.57	200	4.45	490	3.52	80		
360	5.04	250	4.96	230	3.91	250				
375	4.82	270	4.55	200	3.63	130				
390	4.43	270	4.36	180	3.54	90				
405	4.12	310	3.94	210						
420	3.9	240	3.68	130						
435	3.72	160	3.57	90						
450	3.63	110								
465	3.56	80								

Tabel 15. Hasil pengujian pengosongan superkapasitor 720F/16.2V

Kapasitor 720 F/16.2V										
Daya HPL										
Waktu (Menit)	5W		8W		10W		12W		15W	
	(1W+1W+3W)		(1W+1W+3W+3W)		(1W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W+3W)	
	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)
0	13.55	50	12.43	60	13.31	60	12.86	100	13.12	160
15	13.13	50	12.04	60	13.02	60	12.53	100	12.74	170
30	12.78	50	11.73	60	12.77	60	12.23	110	12.26	210
45	12.21	50	11.45	70	12.54	60	11.91	120	11.75	300
60	11.84	60	11.14	70	12.03	60	11.5	150	11.22	350
75	11.41	60	10.84	70	11.82	90	11.12	140	10.76	380
90	11.04	60	10.56	70	11.44	90	10.73	150	10.43	390
105	10.67	70	10.23	70	11.17	110	10.36	160	10.16	400
120	10.43	70	9.73	70	10.73	110	10.09	160	9.72	420
135	10.24	80	9.33	70	10.47	120	9.72	150	9.5	440
150	9.96	80	8.98	70	10.22	110	9.46	130	9.21	450
165	9.64	80	8.65	80	9.93	140	8.99	150	8.94	480
180	9.39	80	8.4	80	9.56	150	8.63	150	8.63	530
195	9.12	90	8.08	80	9.22	150	8.49	160	8.24	560
210	8.92	90	7.84	90	8.95	150	8.02	180	7.83	600
225	8.7	90	7.65	90	8.61	170	7.84	190	7.41	620
240	8.45	90	7.4	80	8.32	170	7.61	190	7.01	640
255	8.25	100	7.14	80	8.02	180	7.31	180	6.73	640
270	7.98	100	6.96	80	7.66	180	6.94	190	6.21	620
285	7.73	100	6.71	80	7.34	180	6.87	200	5.83	610
300	7.56	100	6.55	90	7.1	190	6.56	200	5.41	600
315	7.44	110	6.38	80	6.74	200	6.18	210	5.19	600
330	7.33	110	6.18	90	6.58	200	5.74	210	4.87	400
345	7.12	110	5.91	100	6.21	200	5.55	210	4.43	290
360	6.9	120	5.74	100	6.03	200	5.29	220	4.11	190
375	6.63	120	5.54	100	5.83	210	4.99	180	3.88	130
390	6.36	130	5.27	100	5.44	210	4.66	190	3.69	160
405	6.08	140	5.04	100	4.99	220	4.29	210	3.5	120
420	5.82	140	4.94	100	4.57	220	3.91	230	3.41	70
435	5.55	150	4.76	100	4.2	240	3.6	160		
450	5.2	160	4.52	100	3.82	220	3.47	100		
465	4.95	140	4.31	130	3.61	130	3.42	70		
480	4.67	150	4.05	140	3.54	100				
495	4.42	150	3.82	130	3.47	70				
510	4.04	140	3.68	100						
525	3.92	110	3.66	90						
540	3.89	100								
555	3.8	110								
570	3.77	90								

Tabel 16. Hasil pengujian pengosongan superkapasitor 880F/16.2V

Kapasitor 880 F/16.2V										
Daya HPL										
Waktu (Menit)	5W		8W		10W		12W		15W	
	(1W+1W+3W)		(1W+1W+3W+3W)		(1W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W)		(3W+3W+3W+3W+3W)	
	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)	V (volt)	I (mA)
0	13.24	60	13.46	70	13.51	130	13.37	120	13.21	120
15	13.02	60	13.17	70	13.32	120	13.04	120	12.86	120
30	12.86	60	12.88	70	13.04	130	12.87	130	12.46	130
45	12.6	60	12.5	70	12.85	150	12.64	130	12.35	130
60	12.45	70	12.35	70	12.54	150	12.35	140	12.05	140
75	12.1	70	12.16	80	12.1	180	12.04	140	11.85	140
90	11.74	80	11.87	80	11.87	180	11.76	150	11.43	150
105	11.55	80	11.65	80	11.53	190	11.45	150	11.14	150
120	11.35	80	11.49	80	11.15	190	11.16	160	10.87	160
135	11.04	80	11.15	90	10.84	190	10.86	170	10.56	160
150	10.84	100	10.87	90	10.53	200	10.58	180	10.23	170
165	10.62	100	10.74	80	10.25	200	10.25	190	9.99	180
180	10.46	110	10.5	90	9.85	280	9.92	180	9.5	190
195	10.21	110	10.23	100	9.54	280	9.6	170	9.03	190
210	10.04	100	10.02	100	9.22	300	9.12	170	8.81	190
225	9.74	110	9.86	100	8.97	300	8.83	170	8.6	200
240	9.54	100	9.54	100	8.86	310	8.69	170	8.33	210
255	9.35	110	9.23	110	8.58	310	8.2	220	8.16	230
270	9.06	120	9.06	110	8.26	320	7.95	230	7.76	210
285	8.87	120	8.83	110	7.99	340	7.7	240	7.53	220
300	8.75	120	8.47	120	7.74	340	7.4	230	7.34	240
315	8.44	120	8.31	120	7.54	350	7.08	240	6.94	250
330	8.18	130	8.03	120	7.25	370	6.84	250	6.51	250
345	7.91	130	7.75	120	6.98	380	6.65	250	6.09	280
360	7.76	130	7.46	130	6.65	400	6.26	250	5.84	300
375	7.64	140	7.19	130	6.32	400	6	250	5.61	310
390	7.38	130	6.92	130	6.02	410	5.88	260	5.34	320
405	7.12	140	6.67	140	5.88	450	5.53	290	5.08	340
420	6.86	150	6.42	140	5.57	460	5.38	300	4.87	350
435	6.7	150	6.23	150	5.02	530	4.9	350	4.58	380
450	6.52	150	5.97	150	4.87	530	4.67	350	3.98	400
465	6.34	160	5.68	160	4.53	540	4.29	360	3.69	220
480	6.14	160	5.39	170	4.23	530	3.97	270	3.55	140
495	5.84	170	5.1	170	4.04	530	3.79	180	3.47	100
510	5.54	180	4.79	190	3.87	470	3.67	130	3.42	70
525	5.24	190	4.49	210	3.69	260	3.59	100		
540	4.94	210	4.16	220	3.53	150	3.53	80		
555	4.61	210	4	170	3.46	110				
570	4.43	210	3.75	130	3.4	80				
585	4.29	220	3.63	100						
600	4	190	3.56	80						
615	3.82	120								
630	3.71	100								
645	3.66	90								

Berdasarkan Tabel 12 hingga Tabel 16, dapat dibuat tabel hubungan antara kapasitansi dan durasi/waktu pengosongan yang diperlihatkan pada Tabel 17 hingga Tabel 21.

Tabel 17. Hasil uji pengosongan untuk HPL (*High Power LED*) 5W

LED 5 Watt	
Kapasitansi (C)	Waktu pengosongan (t)
Farad	Menit
240	285
400	420
560	450
720	555
880	630

Tabel 18. Hasil uji pengosongan untuk HPL (*High Power LED*) 8W

LED 8 Watt	
Kapasitansi (C)	Waktu pengosongan (t)
Farad	Menit
240	225
400	330
560	420
720	510
880	585

Tabel 19. Hasil uji pengosongan untuk HPL (*High Power LED*) 10W

LED 10 Watt	
Kapasitansi (C)	Waktu pengosongan (t)
Farad	Menit
240	180
400	270
560	375
720	480
880	555

Tabel 20. Hasil uji pengosongan untuk HPL (*High Power LED*) 12W

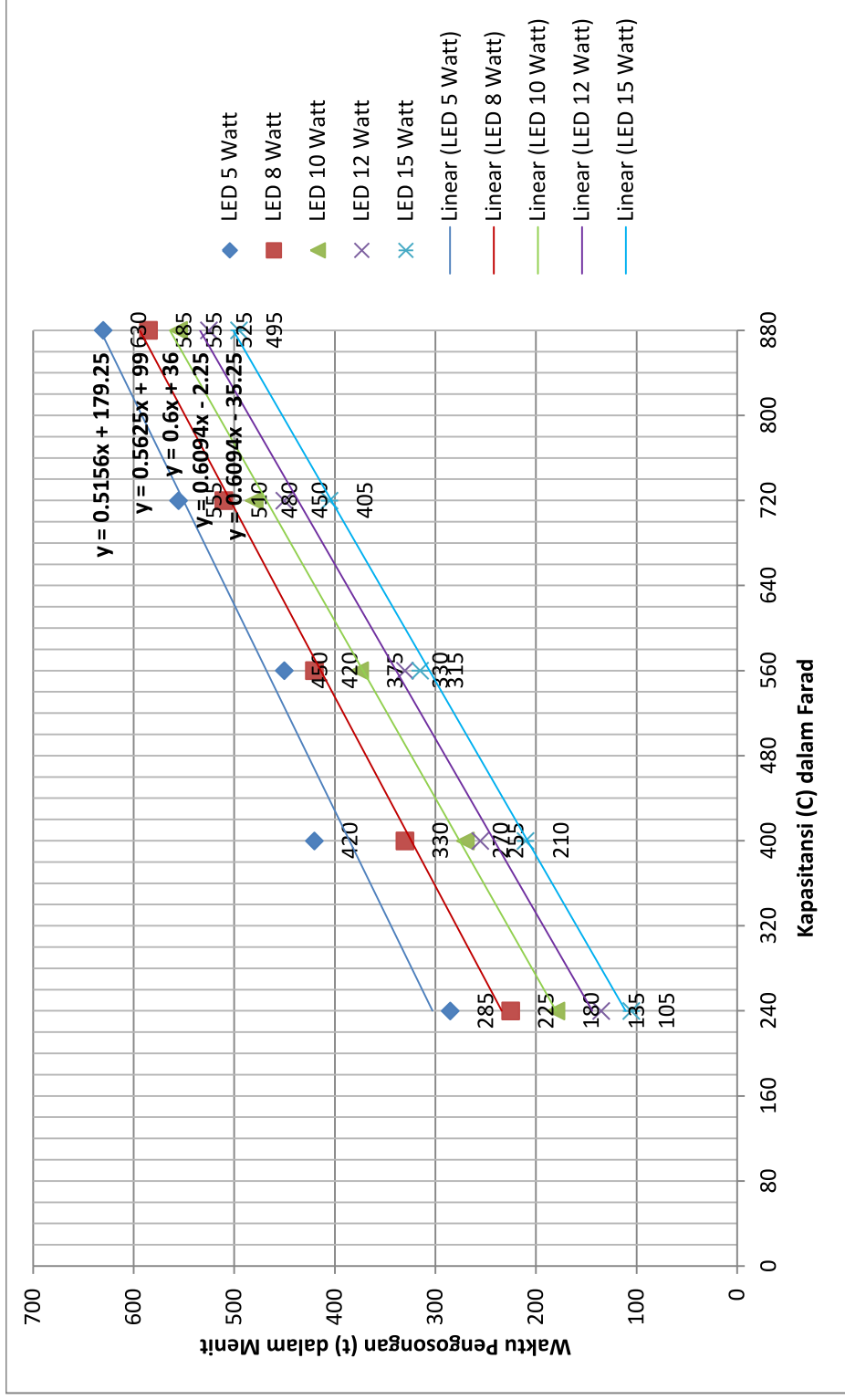
LED 12 Watt	
Kapasitansi (C)	Waktu pengosongan (t)
Farad	Menit
240	135
400	255
560	330
720	450
880	525

Tabel 21. Hasil uji pengosongan untuk HPL (*High Power LED*) 15W

LED 15 Watt	
Kapasitansi (C)	Waktu pengosongan (t)
Farad	Menit
240	105
400	210
560	315
720	405
880	495

Dari data Tabel 17 hingga Tabel 21 tersebut dapat dibuat grafik dengan data C (kapasitansi) di sumbu x dan data t (waktu pengosongan) di sumbu y.

Dengan menggunakan Microsoft Excel maka dapat dianalisis bahwa hasil plot dari Tabel 17 hingga Tabel 21 akan lebih tepat jika didekati dengan persamaan garis linear dan dapat diperoleh persamaan garis karakteristik untuk beban 5W, 8W, 10W, 12W dan 15W seperti pada Gambar 24.



Gambar 24. Grafik karakteristik pengosongan superkapasitor dengan beban 5W, 8W, 10W, 12W dan 15W

Dilihat dari Gambar 24 bahwa semakin besar kapasitansi superkapasitor dan daya beban yang digunakan maka semakin cepat waktu pengosongan superkapasitor begitupun sebaliknya. Dari Gambar 24 juga diperoleh persamaan garis karakteristik pengosongan modul superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya, yaitu:

$$t = 0.5156C + 179.25 \text{ (beban 5W)}$$

$$t = 0.5625C + 99 \text{ (beban 8W)}$$

$$t = 0.6C + 36 \text{ (beban 10W)}$$

$$t = 0.6094C - 2.25 \text{ (beban 12W)}$$

$$t = 0.6094C - 35.25 \text{ (beban 15W)}$$

Besarnya gradien kelima garis tersebut jika dirata-rata yaitu 0.57938 atau jika dibulatkan menjadi 0.6. Sehingga persamaan garis karakteristik pengosongannya menjadi:

$$t = 0.6C + 180 \text{ (beban 5W)}$$

$$t = 0.6C + 99 \text{ (beban 8W)}$$

$$t = 0.6C + 36 \text{ (beban 10W)}$$

$$t = 0.6C - 2 \text{ (beban 8W)}$$

$$t = 0.6C - 35 \text{ (beban 8W)}$$

Dari Gambar 24 juga terlihat bahwa kecenderungan kurva kelima grafik tersebut selain linear juga sejajar.

Analisis lebih dalam lagi terhadap Gambar 24 adalah, estimasi persamaan garis karakteristik pengosongan untuk beban yang lain antara 5W sampai 15W yaitu untuk beban 6W, 7W, 9W, 11W, 13W, 14W (*inside*

estimation). Untuk mendapatkan persamaan karakteristik ke-6 beban tersebut dapat digunakan pendekatan sebagai berikut:

- Dicari titik potong terhadap sumbu t

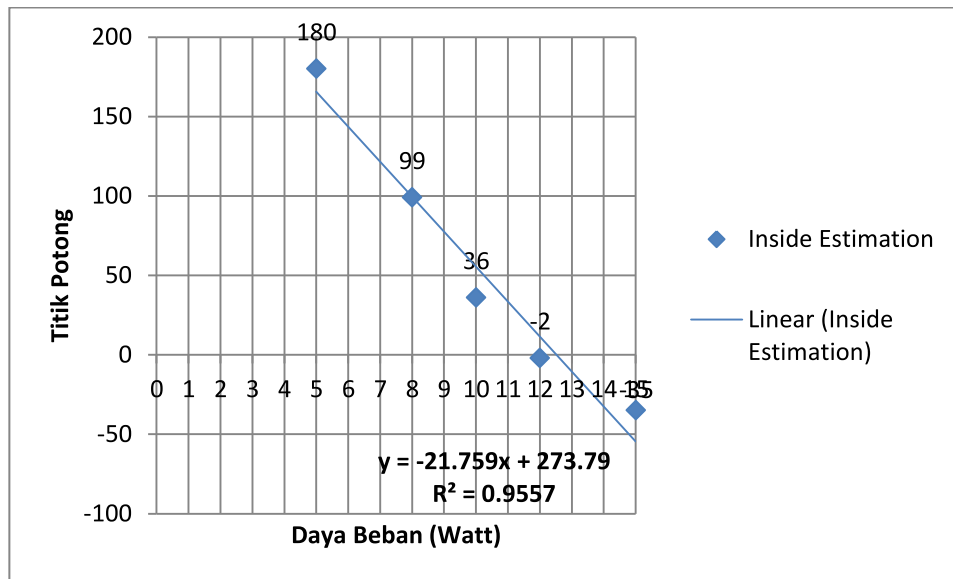
Dari Gambar 23 diperoleh data titik potong terhadap sumbu t dari grafik 5W, 8W, 10W, 12W dan 15W yakni $t = 180$, $t = 99$, $t = 36$, $t = -2$ dan $t = -35$. Kemudian dari data tersebut dapat dibuat tabel hubungan antara daya beban (watt) dan titik potong yang diperlihatkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Hubungan antara daya beban dengan titik potong terhadap sumbu t

Beban (Watt)	Titik potong terhadap sumbu t
5	180
8	99
10	36
12	-2
15	-35

- Membuat grafik hubungan antara daya beban (watt) dan titik potong

Dari Tabel 22 tersebut dapat dibuat grafik dengan daya beban (watt) di sumbu x dan titik potong di sumbu y. Dengan menggunakan Microsoft Excel maka dapat dianalisis bahwa hasil plot dari Tabel 22 akan lebih tepat jika didekati dengan persamaan garis linear dan diperoleh persamaan seperti pada Gambar 25.



Gambar 25. Grafik hubungan antara daya beban dan titik potong

- Menghitung titik potong grafik karakteristik beban 6W, 7W, 9W, 11W, 13W dan 14W

Dari Gambar 25 diperoleh persamaan yang digunakan untuk mencari titik potong grafik karakteristik beban 6W, 7W, 9W, 11W, 13W, 14W yaitu dengan cara mensubstitusi variabel x dengan nilai daya beban, seperti berikut:

$t = -21.759(W) + 273.79$, nilai (W) disubstitusi dengan nilai daya beban 6W sehingga menjadi $t = -21.759(6) + 273.79 = 143.236$, demikian seterusnya hingga mencapai $t = -35$ (beban 15W).

Sehingga diperoleh persamaan garis untuk semua beban tersebut seperti diperlihatkan pada Tabel 23.

Tabel 23. Hasil *inside estimation* persamaan matematis karakteristik pengosongan superkapasitor

Beban	Persamaan matematis karakteristik pengosongan superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya
5W	$t = 0.6C + 180$
6W	$t = 0.6C + 143.236$
7W	$t = 0.6C + 121.477$
8W	$t = 0.6C + 99$
9W	$t = 0.6C + 77.959$
10W	$t = 0.6C + 36$
11W	$t = 0.6C + 34.441$
12W	$t = 0.6C - 2.25$
13W	$t = 0.6C - 9.077$
14W	$t = 0.6C - 30.836$
15W	$t = 0.6C - 35$

Sebenarnya, jika dilihat dari karakteristik superkapasitor itu sendiri dan juga hasil pengujian yang linear di atas, dapat pula dilakukan *outside estimation* untuk persamaan matematis dengan beban di atas 15W, hasilnya seperti pada Tabel 24.

Tabel 24. Hasil *outside estimation* persamaan matematis karakteristik pengosongan superkapasitor

Beban	Persamaan matematis karakteristik pengosongan superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya
15W	$t = 0.6C - 35$
16W	$t = 0.6C - 74.354$
17W	$t = 0.6C - 96.113$
18W	$t = 0.6C - 117.872$
19W	$t = 0.6C - 139.631$
20W	$t = 0.6C - 161.39$

Dari hasil estimasi persamaan garis yang diperlihatkan pada Tabel 23 dan Tabel 24 di atas, dapat dilihat bahwa setiap persamaan hanya berbeda pada titik potong terhadap sumbu t nya saja. Dari Tabel 23 dan Tabel 24 juga dapat diturunkan sebuah persamaan umum untuk

karakteristik pengosongan modul superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya yaitu sebagai berikut:

Perhatikan persamaan garis paling awal (5W):

$$t = 0.6C + 180$$

Untuk mendapatkan persamaan garis berikutnya:

$$6W \rightarrow 0.6C - 21.759(6) + 273.79$$

$$7W \rightarrow 0.6C - 21.759(7) + 273.79$$

$$8W \rightarrow 0.6C - 21.759(8) + 273.79$$

.....

$$20W \rightarrow 0.6C - 21.759(20) + 273.79$$

Atau secara umum: $t = 0.6C - 21.759(W) + 273.79$

Di mana W adalah daya beban yang digunakan untuk beban pengosongan modul superkapasitor. Sehingga diperoleh persamaan umumnya adalah sebagai berikut:

$t = 0.6C - 21.759(W) + 273.79$

Di mana:

t : waktu pengosongan dengan beban W, dalam satuan menit

C : kapasitansi modul superkapasitor yang merupakan kelipatan dari 80F/16.2V

W : daya beban yang terpasang

Dari persamaan umum di atas, jika kapasitas superkapasitor dan daya beban yang digunakan semakin besar, maka waktu pengosongan (t) akan semakin cepat begitupun sebaliknya. Persamaan umum tersebut

hanya dapat digunakan untuk memperkirakan waktu pengosongan pada superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya saja, belum bisa digunakan untuk superkapasitor diluar kelipatan 80F/16.2V karena perlu penelitian lebih lanjut.

B. Pembahasan

Untuk menguji keabsahan persamaan umum di atas, maka dibuat tabel perbandingan waktu pengosongan superkapasitor secara *real* dan perhitungan dengan persamaan umum di atas yang diperlihatkan pada Tabel 25 hingga Tabel 29.

Tabel 25. Perbandingan waktu pengosongan superkapasitor beban 5W

Beban 5W			
Superkapasitor (Farad)	t pengosongan rumus (menit)	t pengosongan <i>real</i> (menit)	Error (%)
240	309.0	285	7.8%
400	405.0	420	3.6%
560	501.0	450	10.2%
720	597.0	555	7.0%
880	693.0	630	9.1%
Rata-rata persentase kesalahan			7.5%

Tabel 26. Perbandingan waktu pengosongan superkapasitor beban 8W

Beban 8W			
Superkapasitor (Farad)	t pengosongan rumus (menit)	t pengosongan <i>real</i> (menit)	Error (%)
240	243.7	225	7.7%
400	339.7	330	2.9%
560	435.7	420	3.6%
720	531.7	510	4.1%
880	627.7	585	6.8%
Rata-rata persentase kesalahan			5.0%

Tabel 27. Perbandingan waktu pengosongan superkapasitor beban 10W

Beban 10W			
Superkapasitor (Farad)	t pengosongan rumus (menit)	t pengosongan <i>real</i> (menit)	Error (%)
240	200.2	180	10.1%
400	296.2	270	8.8%
560	392.2	375	4.4%
720	488.2	480	1.7%
880	584.2	555	5.0%
Rata-rata persentase kesalahan			6.0%

Tabel 28. Perbandingan waktu pengosongan superkapasitor beban 12W

Beban 12W			
Superkapasitor (Farad)	t pengosongan rumus (menit)	t pengosongan <i>real</i> (menit)	Error (%)
240	156.7	135	13.8%
400	252.7	255	0.9%
560	348.7	330	5.4%
720	444.7	450	1.2%
880	540.7	525	2.9%
Rata-rata persentase kesalahan			4.8%

Tabel 29. Perbandingan waktu pengosongan superkapasitor beban 15W

Beban 15W			
Superkapasitor (Farad)	t pengosongan rumus (menit)	t pengosongan <i>real</i> (menit)	Error (%)
240	91.4	105	12.9%
400	187.4	210	10.8%
560	283.4	315	10.0%
720	379.4	405	6.3%
880	475.4	495	4.0%
Rata-rata persentase kesalahan			8.8%

Dari hasil perbandingan waktu pengosongan superkapasitor secara *real* dan perhitungan dengan persamaan umum seperti pada Tabel 25 hingga 29, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *error* tidak stabil yaitu mengalami kenaikan dan penurunan, tetapi rata-rata nilai *error* setiap daya beban tidak melebihi 10%. Ketidakstabilan nilai *error* tersebut disebabkan karena rumus persamaan umum di atas merupakan pendekatan. Selain itu, selisih *error* yang cukup tinggi disebabkan pada saat pengujian, multimeter tidak dapat membaca dengan baik dan beberapa kali *error* karena 15 menit sekali harus melakukan pembacaan tegangan yang

membuat multimeter tidak dapat terkalibrasi dengan baik. Maka dari itu perlu alat monitoring untuk membantu dalam pengambilan data pengosongan superkapasitor, yaitu berupa alat yang dapat mengukur tegangan dan arus pengosongan setiap 15 menit dan dapat menyimpan data tersebut dengan otomatis sehingga mempermudah peneliti.

Penerapan persamaan umum di atas masih terbatas, hanya dapat digunakan untuk memperkirakan waktu pengosongan pada superkapasitor 80F/16.2V dan kelipatannya saja, belum bisa digunakan untuk superkapasitor diluar kelipatan 80F/16.2V. Perlu dilakukan pengujian dengan kapasitansi superkapasitor yang lebih banyak dan daya beban yang lebih bervariasi serta daya beban di atas 15W agar mendapat hasil akhir persamaan yang valid dengan nilai *error* yang rendah.