



STUDI PENGGUNAAN SUPERKAPASITOR SEBAGAI MEDIA PENYIMPAN ENERGI

Nurhasmia^{1,*}, Kadek Subagiada¹, Adrianus Inu Natalisanto¹

¹⁾ Prodi Fisika, FMIPA Universitas Mulawarman

Jln. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, kota Samarinda 75242 Kalimantan Timur,
Indonesia

*Email : nurhasmia06@gmail.com

Abstract

Supercapacitor is an alternative media for storing electrical energy. That is different from conventional batterie and capasitor. Supercapacitor is capasitor whit capacitance values that are much larger than ordinary capasitor and have longer charging time. The purpose of this research is to find out how long it takes in the process of charging and discharging the voltage on the supercapacitor by using 3 methods of charging and discharging namely charging and discharging single, series and parallel. The series and parallel circuit, a diode is added in the circuit which has a unique function of conducting current in the circuit and reducing the resistance that occurs in the circuit. From the results obtained, charging and discharging a single pair supercapacitor takes time charging for 5 hours and discharging time 11 hours and 30 minutes in the process whit two supercapacitor installed in series requires a charging time of 27 hours and a discharging time of 12 hours, while supercapacitor installed in parallel require a charging time of 5 hours and a discharging time of 15 haour. From the results, it can be concluded that charging and discharging carried out in parallel is faster than charging and discharging single and series requires faster time to charger 5 hours and the discharge time is longer which is 15 hours.

Keywords: Energy, Capacitor, Supercapacitor

PENDAHULUAN

Superkapasitor merupakan teknologi baru yang dikembangkan dari kapasitor konvensional untuk penyimpanan energi yang modern. Superkapasitor adalah sebuah perangkat baru dari media penyimpanan energi, yang memiliki kapasitas penyimpana yang jauh berbeda antara kapasitor biasa dan baterai. Superkapasitor memiliki kapasitansi dan kerapatan energi yang lebih tinggi dibanding kapasitor biasa. Superkapasitor juga memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cepat, serta umur yang panjang.

Dari peneliti sebelumnya, yaitu menggunakan panel surya sebagai sumber energi yang dihasilkan pada superkapasitor [1], superkapasitor digunakan sebagai alternatif untuk menghemat daya listrik dan sebagai pengganti baterai karena superkapasitor tidak melakukan pertukaran ion sehingga lebih baik didandingkan dengan baterai, dan memiliki nilai kapasitansi

yang tinggi maka dapat menyimpan energi cadangan yang lebih baik dan lama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Oktaviani Nur Fauzi pada tahun 2018, superkapasitor memiliki kapasitansi beberapa kali lipat dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Prinsip-prinsip yang digunakan pada superkapasitor mengikuti dasar yang sama dengan yang digunakan pada kapasitor konvensional. Hanya saja, pada superkapasitor permukaan elektroda dibuat lebih besar dan juga memiliki ketebalan yang lebih tipis sehingga jarak antara dua kepingan elektrodanya semakin tipis. Hal ini berdampak pada jumlah kapasitansi dan energi yang mampu disimpan superkapasitor dibandingkan kapasitor konvensional, juga memiliki kerapatan daya lebih tinggi, waktu charging yang lebih pendek dan siklus umur simpan yang lebih lama dibanding baterai biasa. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Vita Lystianingrum pada tahun 2020, dimana superkapasitor digunakan sebagai pengganti baterai pada bus listrik. Hal tersebut dilakukan karena superkapasitor memiliki kerapatan daya tinggi dan durasi pengisian yang pendek dan usia penggunaan yang panjang dan resiko termal yang jauh lebih rendah. Superkapasitor sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada bus listrik, dimana kapasitas energinya dapat memenuhi jarak tempuh/rute yang laluinya dan pengisian sumber energi dapat dilakukan dalam hitungan menit di terminal atau halte. Dalam penelitian ini, peneliti ingin memanfaatkan superkapasitor sebagai media penyimpanan cadangan energi alternatif dengan menghubungkannya dengan *power supply* sebagai sumber tegangan DC, kapasitor dihubungkan secara seri, paralel dan tunggal untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pengisian dan pengosongan pada kapasitor. Oleh karena itu, atas dasar pertimbangan dan alasan tersebut maka dilakukan penelitian ini untuk memungkinkan digunakan sebagai alternatif pengganti baterai, memberikan putaran listrik pada dinamo mesin cuci, kipas angin dengan memparalelkan kapasitor tersebut, sebagai filter pada rangkaian dan sebagai pembangkit frekuensi.

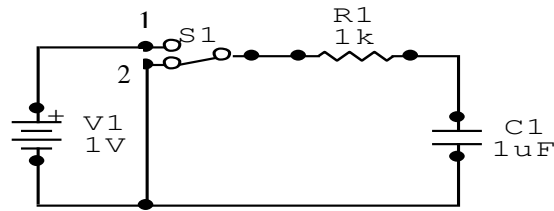
TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Superkapasitor

Superkapasitor merupakan media alternatif penyimpanan energi listrik yang berbeda dari baterai dan kapasitor konvensional. Media alternatif penyimpanan energi telah menarik perhatian banyak peneliti [2]. Superkapasitor merupakan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang jauh lebih besar daripada kapasitor biasa. Hal yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor biasa adalah pada strukturnya. Pada superkapasitor, elektroda yang dipakai berbasis pada material karbon, tidak seperti kapasitor biasa yang menggunakan metal. Selain itu, tidak seperti kapasitor konvensional, kedua elektroda pada superkapasitor tidak dipisahkan oleh dielektrik. Efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua *layer* substrat karbon yang terpisah pada jarak sangat kecil di skala nanometer. Luas permukaan elektroda dapat diperbesar karena *range* dari jarak antar *layer* superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga didapat suatu kapasitansi yang besar untuk ukuran alat yang sama dengan kapasitor konvensional [1].

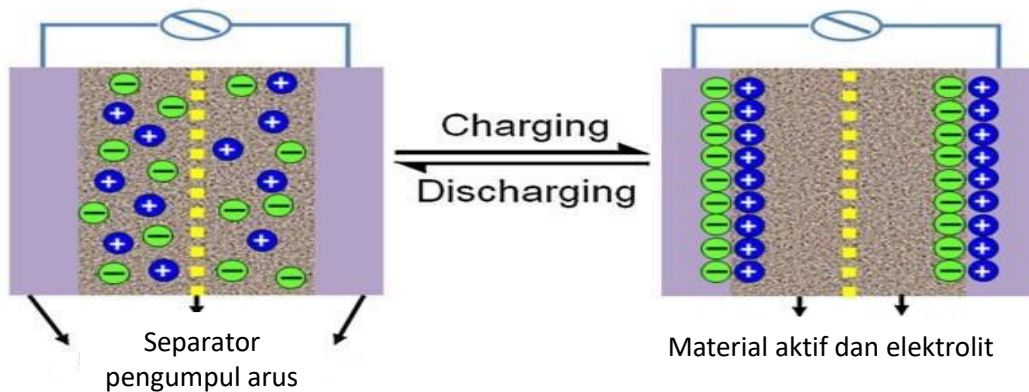
B. Proses pengisian dan pengosongan kapasitor

Saat pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor, durasi pengisian dan pengosongan muatannya bergantung pada besarnya nilai resistansi dan kapasitansi yang digunakan pada rangkaian. Pada saat saklar dihubungkan ke titik 1 (Gambar 1) arus listrik mengalir dari sumber-sumber tegangan melalui komponen R menuju komponen C. Tegangan pada kapasitor meningkat dari 0 Volt sampai sebesar tegangan sumber, kemudian tak terjadi aliran, dan ketika saklar dipindahkan posisinya ke titik 2 maka terjadi proses pengosongan Seperti yang ditunjukkan oleh (Gambar 1) di bawah ini.



Gambar 1. Rangkaian RC hubungan seri dicatu oleh tegangan DC [3]

Berdasarkan (Gambar 1) pada saat tegangan kapasitor menurun, maka arah arus berlawanan dari arah pengisian. Tegangan pada R menjadi negatif dan berangsur-angsur tegangannya menjadi 0 Volt. Pengisian dan pengosongan masing-masing memerlukan $5 RC$ (*time constan*) [3].



Gambar 2. Proses charge/discharge pada superkapasitor [4].

Berdasarkan pada Gambar 2, proses pengisian elektron bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif dan dalam elektrolit kation bergerak menuju elektroda negatif, sementara anion bergerak menuju elektroda positif selama proses pengosongan terjadi. Dalam kapasitor elektrokimia tidak ada transfer muatan di antarmuka elektroda/elektrolit dan tidak ada pertukaran ion yang terjadi antara elektroda dan elektrolit. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi elektrolit tetap konstan selama proses pengisian dan pengosongan. Dengan cara ini, energi disimpan dalam antarmuka lapisan ganda [6].

Rumus pengisian kapasitor

$$Vc(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (1)$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2)$$

Rumus pengosongan kapasitor

$$Vc(t) = -\varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

Ket:

- V_c = Tegangan di kapasitor (Volt)
 - ϵ = Nilai tegangan input (Volt)
 - e = Nilai Euler (2.7182818)
 - t = Waktu pengisian dan pengosongan (Menit)
 - R = Nilai resistor (Ohm)
 - C = Nilai kapasitor (Farad)
- [5]

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan selama kurang lebih 1 tahun yaitu pada bulan Februari 2020 hingga Januari 2021 di kediaman peneliti dan Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman.

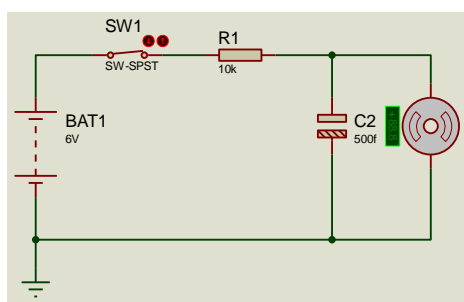
Alat Penelitian

Adapun alat dan bahan dalam penelitian ini yaitu 2 buah superkapasitor 500F 2,7 Volt, resistor 1200 Ω , dioda 0,4 volt, *Power supply*/ baterai, kabel, solder dan timah.

Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap yaitu: tahap pertama diawali dengan studi literatur, tahap kedua dilakukan persiapan alat dan bahan dan tahap ketiga adalah proses penelitian dimana proses ini dilakukan dengan melakukan pengisian dan pengosongan pada superkapasitor dengan 3 proses. Proses yang pertama yaitu dengan pengisian dan pengosongan secara tunggal dilanjutkan dengan proses pengisian dan pengosongan secara seri dan yang terakhir yaitu secara paralel.

1. Tahap studi literatur, tahap studi literatur dilakukan pengumpulan literatur tentang superkapasitor sebagai media penyimpanan energi.
2. Tahap persiapan alat dan bahan, pada tahap persiapan alat dan bahan alat dirangkai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkain pengisian dan pengosongan superkapasitor

3. Prosedur penelitian, pada tahap ini dilakukan dua proses yaitu proses pengisian dan pengosongan. Pada proses pengisian yang dilakukan secara tunggal, seri, dan paralel seperti yang di tunjukkan pada Gambar 3 yang dimana saklar dihubungkan pada ujung resistor sehingga aliran listrik dapat mengalir rangkaian tersebut, dan ketika saklar di lepas maka terjadi proses pengosongan pada rangkaian. Pengambilan data dilakukan 30 menit sekali selama proses pengisian dan pengosongan dengan sumber tegangan 6 volt. Pada proses pengisian secara tunggal pengambilan data pengisian dilakukan sebanyak 10

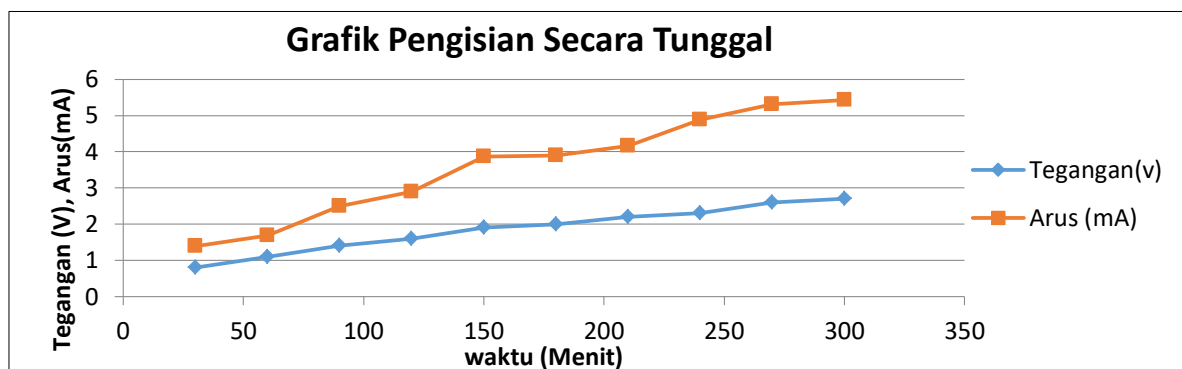
kali sampai superkasitor terisi penuh dan pengambilan data pada proses pengosongan sebanyak 24 kali pengukuran. Sama halnya dengan pengisian yang dilakukan secara seri dan paralel pengambilan data dilakukan sampai tegangan pada superkapasitor terisi penuh dan pengambilan data pengosongan dilakukan sampai tegangan pada superkapasitor habis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan prosedur-prosedur yang dilakukan, didapatkan hasil pengukuran tegangan dan waktu yang dibutuhkan superkasitor dalam melakukan proses pengisian dan pengosongan, diperoleh data Sebagai Berikut.

Tabel 1. Pengisian Superkapasitor Secara Tunggal

No	Waktu(Menit)	Vs(Volt)	Vp(Volt)	Arus(mA)
1	30	6	0.8	1.39
2	60		1.1	1.68
9	270		2.6	5.31
10	300		2.7	5.43

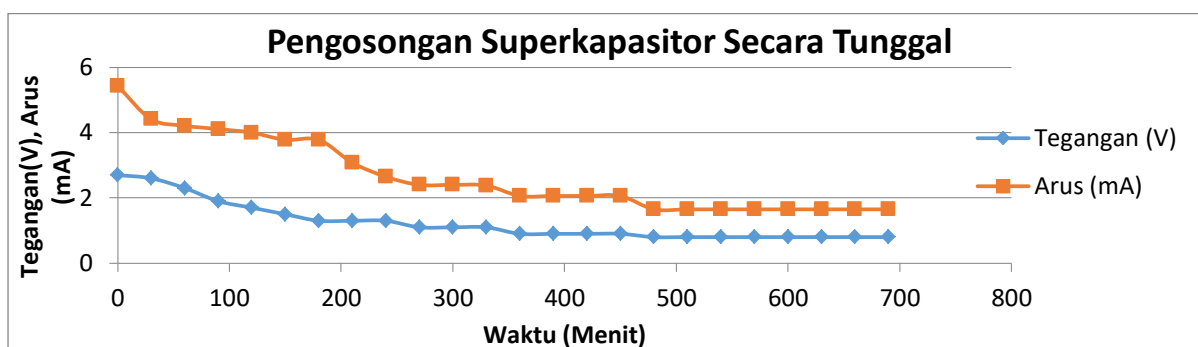


Gambar 4. Grafik Pengisian Superkasitor Secara Tunggal Terhadap Tegangan Dan Waktu

Berdasarkan dari pengisian superkapasitor yang dilakukan secara tunggal dengan pengambilan data 10 kali sampai superkapasitor terisi penuh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 4 menunjukkan semakin besar nilai tegangan maka arus yang dihasilkan juga semakin besar, dan pada pengisian superkapasitor yang dilakukan secara tunggal memerlukan waktu 5 jam untuk superkasitor terisi secara penuh. Pada proses pengisian elektron bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif

Tabel 2. Pengosongan Superkasitor Secara Tunggal

No	Waktu(Menit)	V(volt)	Arus(mA)
1	0	2.7	5.43
2	30	2.6	4.41
23	660	0.8	1.65
24	690	0.8	1.65

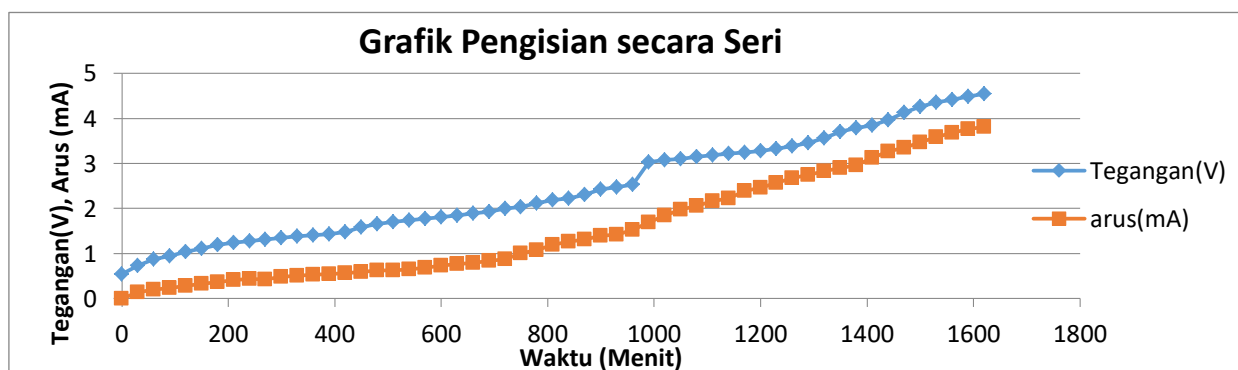


Gambar 5. Grafik Pengosongan Superkapasitor Secara Tunggal Terhadap Tegangan Dan Waktu

Pada proses pengosongan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 4, elektrolit kation bergerak menuju elektroda negatif, sementara anion bergerak menuju elektroda positif selama proses pengosongan terjadi. Pada proses ini dilakukan pengambilan data sebanyak 24 kali sampai tegangan pada superkapasitor menjadi 0 volt, dan waktu yang dibutuhkan untuk superkapasitor sampai 0 volt yaitu 11 jam 30 menit.

Tabel 3. Pengisian Superkapasitor Secara Seri

No	Waktu(Menit)	Vs(Volt)	Vp(Volt)	Arus(mA)
1	0	6	0.54	0
2	30		0.73	0.14
54	1590		4.48	3.76
55	1620		4.54	3.81

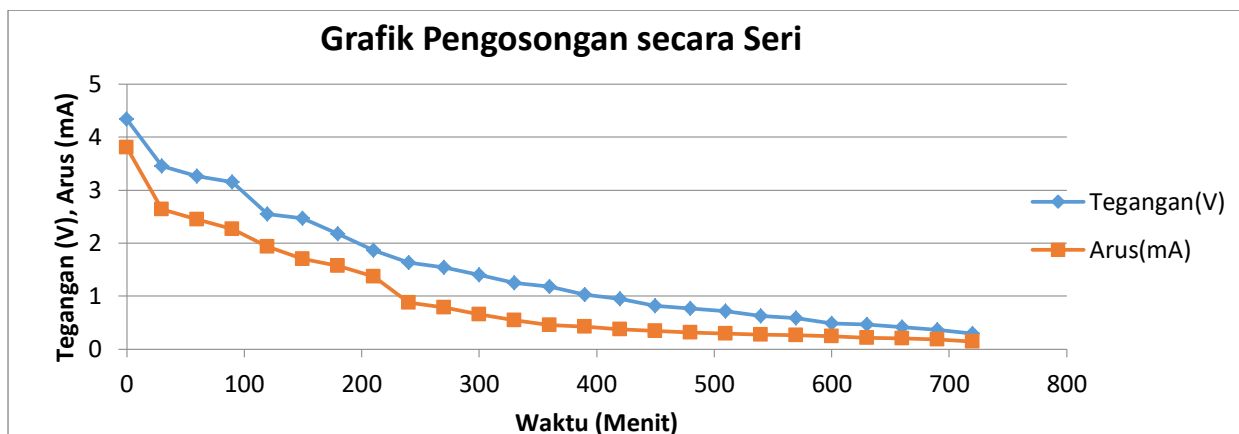


Gambar 6. Grafik Pengisian Superkapasitor Secara Seri terhadap Tegangan dan Waktu

Sama halnya dengan proses pengisian secara tunggal, proses pengisian superkapasitor juga mengalami hal yang sama. Pada proses pengisian secara seri memerlukan waktu pengisian selama 27 jam, dan dilakukan 55 kali pengambilan data dan tegangan pada proses ini mengalami penjumlahan.

Tabel 4. Pengosongan Superkapasitor Secara Seri

No	Waktu(Menit)	V(volt)	Arus(mA)
1	0	4.54	3.81
2	30	3.45	2.64
24	690	0.36	0.18
25	720	0.29	0.14

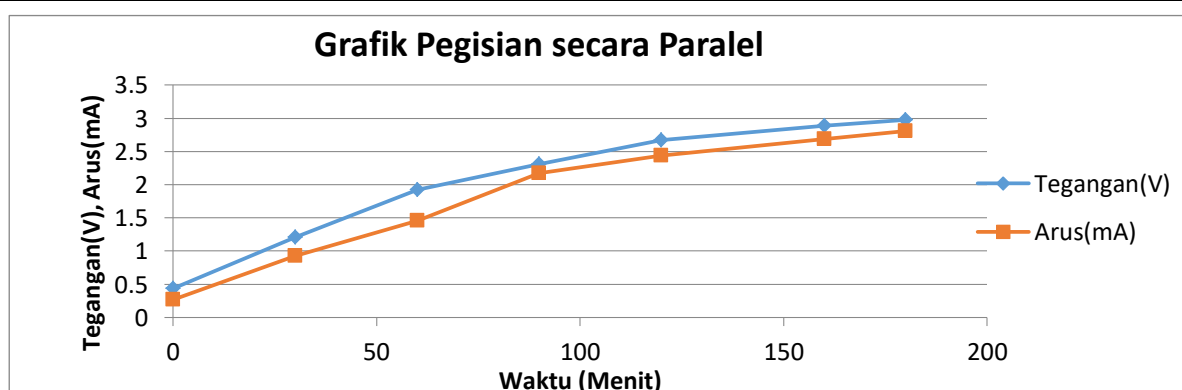


Gambar 7. Grafik Pengosongan Superkapasitor Secara Seri terhadap Tegangan dan Waktu

Untuk proses pengosongan sendiri memerlukan waktu 12 jam dan pengambilan data dilakukan sebanyak 25 kali selang waktu 30 menit sekali. Pada proses pengosongan secara seri lebih cepat jika di bandingkan dengan pengosongan secara tunggal, mengingat waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian lebih lama di bandingkan pengisian secara tunggal.

Tabel 5. Pengisian Superkapasitor Secara Paralel

No	Waktu(Menit)	Vs(Volt)	Vp(Volt)	Arus(mA)
1	0		0.44	0.27
2	30		1.21	0.93
		6		
6	150		2.69	2.89
7	180		2.98	2.81

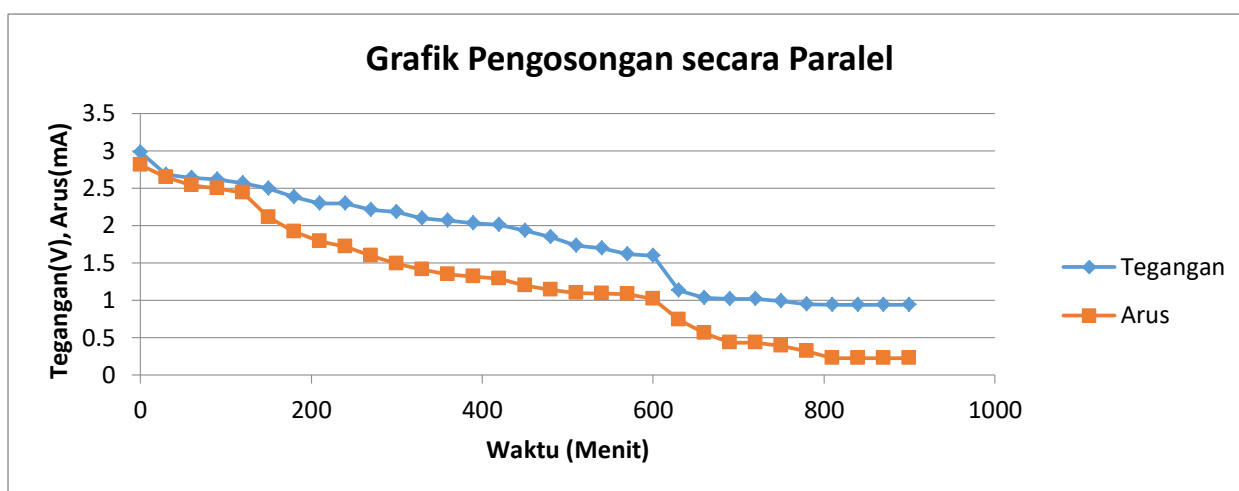


Gambar 8. Grafik Pengisian Superkapasitor Secara Paralel terhadap Tegangan dan Waktu

Dari semua pengisian yang dilakukan, pengisian secara paralel lebih cepat dibandingkan dari tunggal dan seri, yaitu hanya memerlukan waktu 3 jam superkapsitor sudah terisi penuh. Nilai tegangan dan arus juga tidak mengalami nilai perubahan yang cukup jauh, bisa dilihat dari Tabel 5 dan Gambar 8 perbedaan nilai antara tegangan dan arus yang dihasilkan dan nilai arus yang dihasilkan lebih kecil dari nilai tegangan.

Tabel 6. Pengosongan Superkapsitor Secara Paralel

No	Waktu(Menit)	V(volt)	Arus(mA)
1	0	2.98	2.81
2	30	2.68	2.65
30	870	0.94	0.23
31	900	0.94	0.23



Gambar 9. Grafik Pengosongan Superkapsitor Secara Paralel terhadap Tegangan dan Waktu

Dari Tabel 6 dan Gambar 9 menunjukkan jumlah waktu pengambilan data selama 15 jam dengan pengambilan data sebanyak 30 kali, dalam proses ini pada saat tegangan di 1.62 mengalami penurunan yang cukup cepay yaitu 1.13. hal ini di akibatkan pada proses tersebut terjadi kesalahan yang mengakibatkan penurunan yang drastis. Tegangan pada superkapsitor stabil di tegangan 0.94.

Superkapsitor yang dipasang secara tunggal membutuhkan waktu lama pengisian 5 jam dengan menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangannya, dan membutuhkan waktu pengosongan 11 jam 30 menit yang menggunakan dinamo motor DC sebagai beban pengosongannya. Sama halnya dengan pengosongan dan pengisian superkapsitor yang dipasang secara seri dan paralel yang masing-masing membutuhkan waktu pengisian dan pengosongan yang berbeda. Superkapsitor yang dipasang secara seri membutuhkan waktu pengisian sekitar 27 jam dan waktu pengosongan sekitar 12 jam. Untuk pengisian dan pengosongan superkapsitor yang dipasang paralel membutuhkan waktu pengisian sekitar 3 jam dan waktu pengosongan sekitar 15 jam, namun tidak sampai kosong karena membutuhkan waktu yang lebih banyak lagi jika sampai kapasitor kosong sepenuhnya. Dari data yang didapatkan, dapat diketahui bahwa superkapsitor yang dipasang secara paralel memiliki waktu pengisian yang lebih cepat dibandingkan dengan kedua metode yang lain dan waktu pengosongan yang lebih lama.

Dari ketiga metode yang dilakukan, pada rangkaian seri dan paralel menggunakan resistor dan dioda. Pada rangkaian tersebut proses pengisian lebih cepat di karenakan hambatan yang bekerja pada rangkaian tersebut kecil. Pada Gambar 6 dimana garfik pengisian superkapasitor yang dipasang secara seri mengalami kenaikan tegangan yang signifikan yaitu dari tegangan 2.53 naik menjadi 3.03 ini diakibatkan karena *power supply* digital yang digunakan mengalami sedikit masalah, maka *power supply* digital diganti dengan *power supply* analog sehingga tegangan pada proses pengisian ketika *power supply* sudah diganti mengalami kenaikan yang signifikan. Dalam penelitian ini memiliki durasi pengisian dan pengosongan yang berbeda-beda, ini diakibatkan tegangan pada setiap metode mengalami perubahan, misalnya pada pengisian dan pengosongan yang dilakukan secara seri, tegangan pada superkapasitor mengalami penjumlahan, maka total tegangan yang berada pada superkapasitor yang di rangkaian secara seri menjadi 5.4 volt .Banyak yang memfaatkan penggunaan superkapasitor yang di rangkaian secara seri. Berbeda dengan kapasitor yang dipasang paralel, tegangan yang berada pada kapasitor tidak mengalami penjumlahan tegangan karena muatan yang masuk pada setiap kapasitor sama dengan tegangan tiap kapasitor. Pada setiap rangkain yang digunakan memiliki nilai hambatan dalam yang dapat diperhitungkan dan tidak diperhitungkan, dan dengan tidak memperhitungkan beberapa komponen yang terdapat pada rangkain tersebut sehingga diperoleh hasil perhitungan yang cukup teliti.

KESIMPULAN

Dari analisis data yang didapatkan bahwa pengisian dan pengosongan tegangan pada superkapasitor memiliki waktu yang berbeda-beda. Pada pengisian dan pengosongan yang dilakukan secara tunggal memerlukan waktu pengisian sekitar 5 jam dan pengosongan 11 jam 30 menit. Untuk pengisian dan pengosongan dipasang secara seri membutuhkan waktu pengisian 27 jam dan waktu pengosonga sekitar 12 jam, sedangkan untuk pengisian dan pengosongan secara paralel memerlukan waktu pengisian sekitar 3 jam dan waktu pengosongan 15 jam. Dari waktu pengisian dan pengosongan yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa superkapasitor yang dipasang paralel lebih baik dimanfaatkan untuk kebutuhan praktek lainnya karena pada proses pengisian yang dipasang paralel membutuhkan waktu yang lebih cepat di bandingan dengan tunggal dan seri, sama halnya dengan waktu pengosongan yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Idris Mandang, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman. Bapak Dr. Djayus, MT selaku Ketua Jurusan Fisika. Bapak Kadek Subagiada, S.Si, M.Si, dan Bapak Dr. Adrianus Inu natalisanto, M.Si, selaku dosen pembimbing I dan II yang banyak memberikan masukan dan pertimbangan serta ide-ide dalam penyusunan skripsi. Bapak Drs. Syahrir. M.Si dan Ibu Devina Rayzy P. S.P.,M.Sc selaku dosen penguji I dan II yang telah memberi masukan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugroho. 2001. *Rancang bangun system sumber daya TAG aktif RFID berbasis tenaga surya dengan superkapasitor sebagai media penyimpan energi*. Fakultas Teknik; Depok
- [2] Patel, Dipesh. 2015. *Battery evaluation modeling and fast charger using superkapasitor as input source*. Pro Guest LLC. University of Massachusetts; Massachusetts
- [3] Ahmad, Jayadi. 2007. *Ilmu Elektronilka*. Jakarta : Wordpress
- [4] Chen, T., dan Dai, Liming. 2013. *Carbon nanomaterials for high-performance supercapacitors*. *Material Today*, 16 (7). 272-283

- [5] David, Hallyday, 1960. *Fundamentals of Physics Edition 2*. John Wiley & Sons, Inc: New Jersey
- [6] Wang, Ying. 2012. *Design of Nanostructured Materials for Advanced Lithium Ion Batteries*. University Of Technology Sydney ; Sydney