

PENGEMBANGAN BATERAI TIPE VOLDRANT DENGAN PEMANFAATAN MATERIAL KOMPOSIT NANOKARBON GRAPHENE OXIDE PADA APLIKASI PENYIMPAN ENERGI (STUDI KOMPARASI DENGAN AKI KONVENSIIONAL TIPE KERING)

Hanafi Agustian 1, Budhi Mulyawan Suyitno¹, Dwi Rahmalina¹
Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta
Email: agusbuluran@yahoo.com, budhi.suyitno@univpancasila.ac.id drahmalina@yahoo.com ,

Abstrak

Semua kebutuhan sekarang tidak bisa lepas dari penyimpanan energi (PE)/Energy Storage (ES). Mulai dari gadget/handphone, perlombaan kontes robot hingga kendaraan listrik/Electrical Vehicle (EV) penyimpanan energi saat ini masih kurang efektif dengan arus yang kurang kuat. Maka dari itu terciptalah penyimpanan energi tipe Voldrant dengan arus listrik yang sangat besar berkat adanya material komposit nano karbon Graphene Oxide (GO) yang disanding dengan Poly-Vinylidene-Fluoride (PVDF). Penelitian ini mengkaji secara eksperimental proses sintesis grafit menuju graphene oxide yang dimodifikasi. Dan kemudian dibanding dengan penyimpanan energi konvensional. Hasil eksperimen dibahas dan dianalisa yang didapat hasil menunjukkan bahwa tipe Voldrant untuk pengisian (charging) menggunakan charger pada 20 amper mempunyai DOD 8,65 Volt pada 4,2 amper menuju SOC 14,23 volt di 2,2 amper dalam 6 menit dibanding konvensional DOD 10,54 V pada 7 amper menuju SOC 11,25 volt di 5 amper dalam 60 menit. Untuk pengosongan (discharge) dengan pembebanan 100 watt tipe voldrant dari awal SOC 14,23 Volt, pada 3,8 amper dalam 15 menit menjadi DOD 8,65 V, di 3 amper. Sedangkan pengosongan (discharge) konvensional dengan pembebanan 100 watt dari SOC 12,4 Volt, pada 3,4 amper dalam 15 menit menjadi 11,81 Volt di 3,1 amper

Kata kunci : Voldrant, Graphene Oxide (GO), Poly-Vinylidene-Fluoride (PVDF), DOD, SOC

Abstract

All current needs cannot be separated from energy saving (PE) / Energy Storage (ES). Starting from the gadget/handphone, the robot contest to the energy-saving electric vehicle (EV) is currently less effective with less powerful currents. Therefore it creates a Voldrant type energy storage with very large electric current thanks to the presence of carbon nano composite material Graphene Oxide (GO) which is compared with Poly-Vinylidene-Fluoride (PVDF). This study examines experimentally the process of graphite synthesis towards modified graphene oxide. And then compared to conventional energy storage. The experimental results are discussed and analyzed, the results show that the type Voldrant for charging using a charger at 20 amperes has a DOD of 8.65 Volt at 4.2 amperes towards a 14.23 volt SOC at 2.2 amperes in 6 minutes compared to a conventional DOD 10.54 V at 7 amperes towards SOC 11.25 volts at 5 amperes in 60 minutes. For discharge with a load of 100 watts of voldrant type from the beginning of SOC 14.23 Volts, at 3.8 amperes in 15 minutes to DOD 8.65 V, at 3 amperes. While the conventional discharge with a load of 100 watts from SOC 12.4 Volt, at 3.4 amperes in 15 minutes to 11.81 Volt at 3.1 amperes

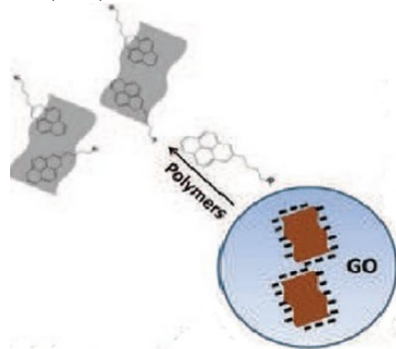
Keywords : Voldrant, Graphene Oxide (GO), Polyvinylidene-Fluoride (PVDF), DOD, SOC

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman Semua kebutuhan sekarang tidak bisa lepas dari *Energy Storage* (ES). Mulai dari *gadget/handphone*, perlombaan kontes robot hingga kendaraan listrik/*Electrical Vehicle* (EV) maupun untuk lingkungan industri untuk ruang lingkup yang lebih luas. Dan semua itu terkendala pada ES yang terbatas. Dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pemerintah menetapkan pembauran Energi Baru Terbarukan (EBT) pada 2025 sebesar 1,95%. Sehingga dalam 10 tahun di tahun 2028 sebesar 2,64%, dan yang baru dicapai ditahun 2019 ini hanya 0,27%. Sedangkan selisih sebesar 2,37% harus dapat kita capai dalam waktu kurang dari sepuluh tahun.

Dalam beberapa dekade terakhir pencarian material komposit untuk mencapai *high efficiency low emission* (HELE) sebagai pengganti sumber energi yang berasal dari fosil penyimpanan energi yang harus lebih baik dari sekarang. Akhirnya ditemukan yaitu berjenis nanokarbon grafit. Dan grafit ini butuh proses lagi untuk mencapai *Graphene Oxide* dengan metode pengelupasan/*exfoliating* yang bernama *Hummers* yang termodifikasi, dalam pengembangan dari material komposit nanokarbon kemudian digabung dengan *PVDF/graphene* dengan konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, konstanta dielektrik tinggi, dan kehilangan rendahnya. Namun, yang menjadi hal utama adalah material voltdrant ini dengan meneliti bahasan mengenai komparasi yaitu proses pengisian (*charging*) dan proses pengosongan (*discharge*) yang optimal salah satunya dengan memanfaatkan material nano karbon yaitu *Graphene Oxide*.

Penyimpanan Energi yang dibahas adalah berasal dari Proses Elektro-kimia. Sumber Energi/*Energy Source* (ESo) bisa didapat dari energi potensial yang berasal dari alam kemudian dialirkan ke Penyimpanan Energi (PE)/*Energy Storage* (ES). Ada berbagai jenis (PE)/(ES)[17]. Manfaat penggunaan *Graphene Oxide* (GO) – *poly-Vinylidene- Fluoride* (PVDF) yaitu sebagai material komposit nanokarbon mempunyai metode pengisian (*charging*) yang cepat saat DOD menuju SOC dengan siklus cas/strum berulang-ulang yang awet dan ramah lingkungan dari aki konvensional saat ini. Dan juga sangat aman untuk manusia karena arusnya yang searah (DC)

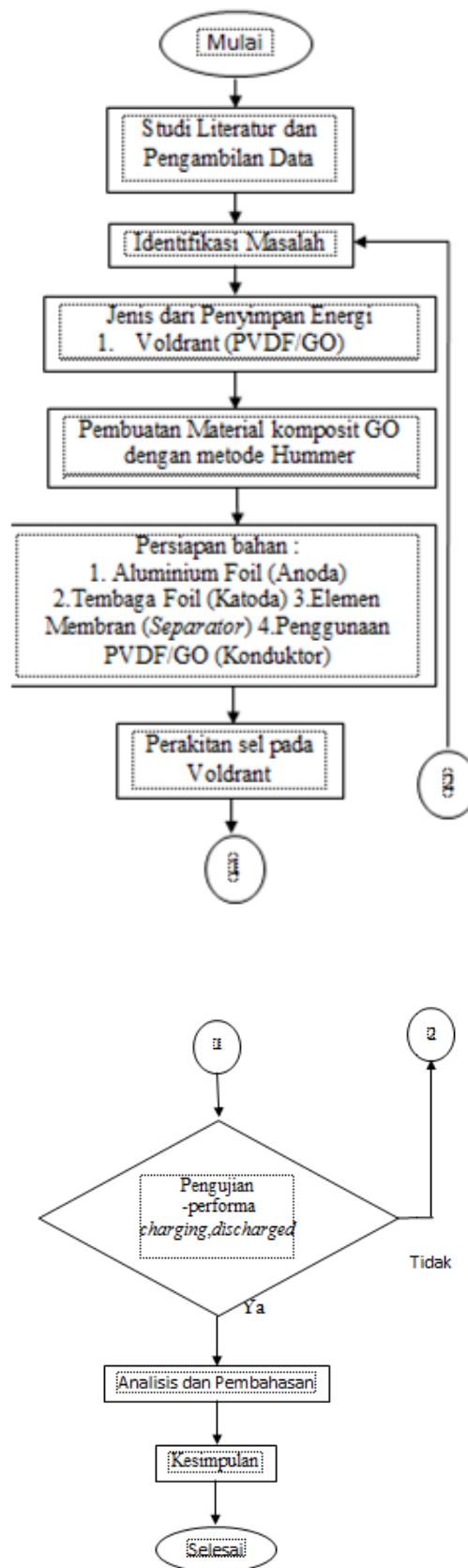


Gambar 1 Skema *Graphene Oxide* (GO) dan *poli-vinylidene-flouride* (PVDF) diatas elemen berpolimer membran

2. METODE PENELITIAN

Dalam menyelesaikan Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan secara teoritis dan struktural. Kajian secara teoritis untuk mendapatkan parameter-parameter

Berikut ini adalah tahapan-tahapan kegiatan rancang olah proses *Top Down* material Voldrant dengan pengolahan metode *hummer*



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Studi literatur dan pengambilan data dilakukan pencarian referensi dari buku-buku dan jurnal-jurnal untuk mendapatkan data-data tentang penyimpanan energi baik itu tentang penggunaan material komposit nanokarbon *Graphene Oxide* (GO) - *poly-vinylidene-flouride* (PVDF) dan GO sebagai nanokarbon aktifnya yang berawal dari grafit menuju *Graphene* dengan metode *Hummer* dengan pengolahan sistem *Top Down*, serta proses manufakturnya. Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat menghasilkan *Graphene Oxide* dengan biaya yang terjangkau untuk pemakaian dalam penyimpanan energi sehari-hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan analisis dengan menjelaskan kedua model penyimpanan energi yang umum disebut baterai kering. Dari pengujian dan pembuatan model yang dilakukan telah diambil data dengan beberapa kondisi yaitu pengisian dan pengosongan energi dari kedua model ini. Dijelaskan secara detail analisa data dan model ini sehingga bisa dilihat kelebihan dan kekurangan dari kedua model ini.

A. Hasil Pengujian Konvensional VS Voldrant

Tipe Voldrant sebagai berikut :

- a. Model/Jenis : Voldrant
- b. Dimensi : 21 x 14,5 x 18,5 cm³
- c. Berat : 4,185 kg
- d. Jumlah sel : 6 pcs, @ 1 sel = 2,37 Volt
- e. Total Voltase : 14,23 Volt
- f. Tipe Sel : Maintenance Free (MF)



Gambar.3. Penyimpan Energi Tipe Voldrant

Sedangkan untuk spesifikasi Penyimpan Energi Konvensional adalah sebagai berikut:

- a. Model/Jenis: INCOE
- b. Dimensi : 19,5 x 12,5 x 20,5 cm³
- c. Berat : 10,26 kg
- d. Jumlah Sel : 6 pcs, @ 1 sel = 2,07 Volt
- e. Total voltase : 12,4 Volt
- f. Arus : 35 Ah
- g. Tipe sel : Maintenance Free (MF)



Gambar.4.Penyimpan Energi Model Konvensional

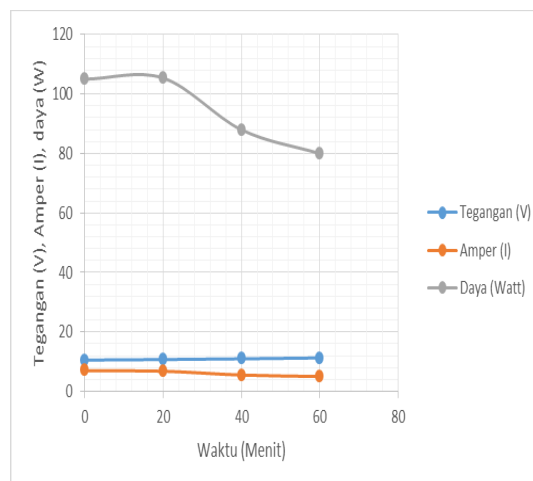
Berdasarkan analisis karakteristik yang dilakukan dari hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel. 1. Model Konvensional pada 20 A (*charging*)

No	Waktu	Tegangan (V)	Amper (I)	Daya (Watt)
1	0	10.54	7	105
2	20	10.73	6.8	105
3	40	10.98	5.5	88
4	60	11.25	5	80

Pada tabel .1 diatas terdapat angka awal tegangan sebesar 10,54 V (DOD) pada penyimpanan energi konvensional saat pengisian (*charging*) dalam capaian 60 menit atau satu jam di angka 11,25 V meningkat sebesar 0,71 V atau meningkat tiap 20 menitnya rata-rata sebesar 0,20 V dengan arus awal di angka 7 dan dalam 60 menit menjadi 5 A yang diikuti dengan daya dari 105 watt dalam 60 menit menjadi 80 watt. Maka dibutuhkan waktu lebih dari 60 menit untuk mencapai 12,4 V (SOC). Hal ini lebih disebabkan pada penyimpanan energi konvensional membutuhkan hambatan/tahanan sebesar 2,25 Ω.

Maka berdasarkan dari tabel 1 dan penjelasan diatas maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Perbedaan antara Tegangan (V), Amper (I), daya (W) Konvensional (*charging*).

Pada gambar diatas terlihat jelas tegangan (V) dengan garis biru berada ditengah-tengah dengan angka awal 10,54 V menjadi 11,25 V tepat pada waktu 60 menit dengan arus amper (I)

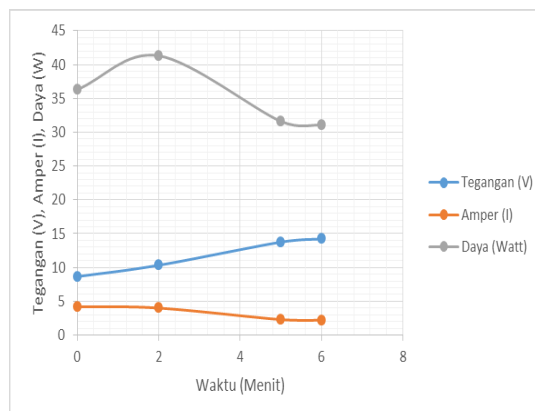
angka awal 7 A dan berakhir diangka 5 dalam 60 menit dengan daya 105 watt dalam 60 menit menjadi 80 watt

Tabel. 2. Tipe Voldrant pada 20 A (*charging*)

No	Waktu	Tegangan (V)	Amper (I)	Daya (Watt)
1	0	8.65	4.2	36.33
2	2	10.33	4	41
3	5	13.75	2.3	32
4	6	14.23	2.2	31

Pada tabel 2 diatas terdapat angka awal tegangan sebesar 8,65 V (DOD) pada penyimpan energi voldrant saat pengisian (*charging*) hanya dalam 6 menit telah tercapai batas maksimumnya yaitu diangka 14,23 V meningkat sebesar 5,58 V dengan arus awal diangka 4,2 A dalam 6 menit menjadi 2,2 A yang diikuti dengan daya dari 36,33 watt menjadi 31 watt. Hanya butuh 6 menit untuk mencapai 14,23 V (SOC).

Hal ini terjadi karena adanya nanokarbon *graphene oxide* (GO) yang termasuk material komposit yang menjadi aktif pada penggunaan divoldrant sehingga saat disandingkan dengan *Polivinylidene fluoride* (PVDF) sebagai konduktor diatas elemen berpolimer membran menjadi sangat aktif dan sensitif setiap ada partikel ion elektron yang masuk yang menjadi kapasitansi pada kedua elektroda yaitu aluminium foil (-) dan tembaga foil (+). Berdasarkan dari tabel 2 diatas maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 6



Gambar 6. Perbedaan antara Tegangan (V), Amper (I), daya (W) Voldrant (*Charging*)

Dari analisis saat proses pengisian untuk tegangan (V) terhadap waktu dapat dilihat perbedaan yang cukup jauh signifikan dibanding konvensional bahwa tipe Voldrant lebih cepat. Hal ini disebabkan voldrant mempunyai hambatan/tahanan sebesar 6,46 Ω pada pengisian 20 Amper. Dan ini sesuai dengan gambar 1.3 bahwa perbedaan antara sebelum adanya aktifitas elektron dan setelah adanya aktifitas terlihat sangat jauh berbeda karena tingkat *mobility electron* yang sangat cepat seperti pada tabel 1.4.

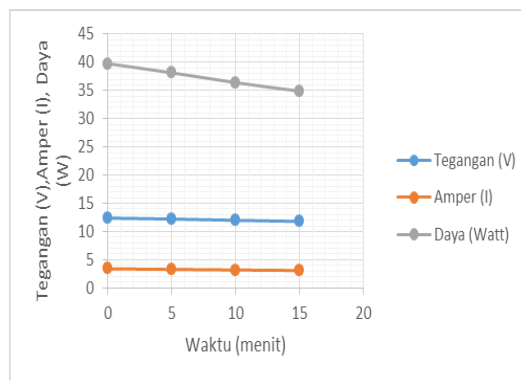
Tabel. 3 .Model Konvensional dengan pembebanan 100 Watt (*Discharge*)

No	Waktu	Tegangan (V)	Amper (I)	Daya (Watt)
1	0	12.4	3.4	39.78
2	5	12.22	3.3	38
3	10	12	3.2	36

4	15	11.81	3.1	35
---	----	-------	-----	----

Pada tabel 3 diatas untuk penyimpan energi konvensional saat diberi beban terlihat yang awalnya mempunyai tegangan 12,4 V (SOC) terjadi penurunan yang signifikan yaitu menjadi 11,81 V atau menurun sebesar 0,59 V dalam 15 menit dengan rata-rata 0,2 V tiap 5 menitnya. Sedangkan arus ampernya dari awal 3,4 A menjadi 3,1 pada menit ke-15 pembebanan. (untuk penyimpan energi konvensional dibatasi tegangan pada > 10,5 V untuk menjaga rusak/bocornya sel yang akan terjadi). Hal ini disebabkan konvensional mempunyai daya hambat sebesar 2,5 Ω. Dan sesuai dengan pembahasan di bab 2 masuk kategori (*storage*) penyimpan energi yang lama.

Maka berdasarkan hasil tabel.3 diatas maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7. Perbedaan antara Tegangan (V), Amper (I), daya (W) Konvensional (*Discharge*)

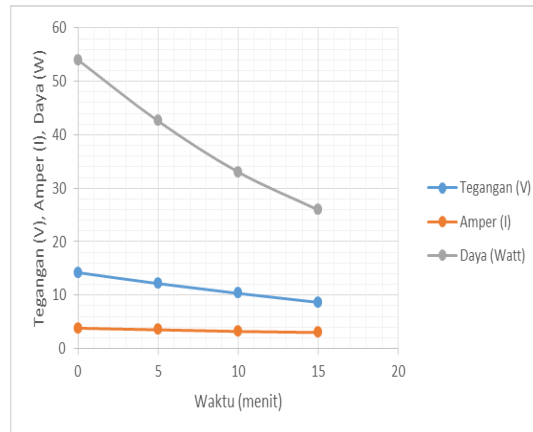
Pada gambar diatas terlihat jelas saat pembebanan 100 watt maka tegangan (V) dengan garis biru yang berada ditengah-tengah pada angka awal 12,4 V menjadi 11,81 V dalam waktu 15 menit dengan arus amper (I) angka awal 3,4 A dan berakhir diangka 3,1 dalam 15 menit dengan daya awal 39,78 watt dalam 15 menit menjadi 35 watt. Dan ini sesuai dengan dengan teori bahwa konvensional termasuk jenis penyimpan energi sekunder yaitu dengan masa pengosongan yang lama (dengan tetap menjaga minimal tegangannya)

Tabel.4. Tipe Voldrant dengan pembebanan 100 Watt (*Discharge*)

No	Waktu	Tegangan (V)	Amper (I)	Daya (Watt)
1	0	14.23	3.8	54
2	5	12.17	3.5	43
3	10	10.33	3.2	33
4	15	8.65	3	26

Pada tabel 4 analisis saat proses pengosongan pada Voldrant untuk tegangan (V) terhadap waktu terdapat waktu yang cukup tajam dibanding konvensional bahwa tipe Voldrant lebih cepat. Hal ini disebabkan voldrant mempunyai hambatan/tahanan sebesar 2,8 Ω pada pengosongan 100 watt. Dan sesuai seperti pada gambar 1.3 yang berlaku untuk pengosongan juga bahwa perbedaan antara sebelum adanya aktifitas elektron dan setelah adanya aktifitas terlihat sangat jauh berbeda karena tingkat *mobility electron* yang sangat cepat seperti pada tabel 4.

Berdasarkan dari tabel diatas maka dapat dibuat grafik pada gambar 8



Gambar 8. Perbedaan antara Tegangan (V), Amper (I), daya (W) Voldrant (Discharge)

Dan untuk gambar 8 saat pengosongan baterai dengan menggunakan beban 100 watt dapat dilihat bahwa tegangan pada Voldrant yang awalnya pada angka 14,23 V SOC hanya dalam waktu 10 menit saja telah mencapai diangka 8,65 Volt (DOD) karena saat pengisian (*charging*) diatas karena fungsi dari GO adalah menyerap ion-ion elektron yang masuk (pengisian) dan berlaku juga pada pengosongan maka akan dengan cepat pula melepaskan ion-ion elektron saat terjadi pembebanan (pengosongan).

Pengolahan Data Pengosongan Tipe Voldrant

Tabel.5. Hasil Rata-rata Total Pengujian Pengosongan Voldrant

No	Suhu (Celcius)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Daya (Watt)	Kapasitas Baterai (Ah)
Rata-rata Uji 1	28.33	11.00	3.33	5.00	0.08	36.77	0.28
Rata-rata Uji 2	28.33	10.83	3.37	5.00	0.08	36.56	0.28
Rata-rata Uji 3	26.67	9.08	3.37	5.00	0.08	30.53	0.28
Rata-rata Total Uji	27.78	10.30	3.36	5.00	0.08	34.62	0.28

Pengolahan Data Pengosongan Model Konvensional

Tabel.6. Hasil Rata-rata Total Pengujian Pengosongan Konvensional

No	Suhu (Celcius)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Daya (Watt)
Rata-rata Uji 1	28.5	11.465	3	7.5	0.125	34.395
Rata-rata Uji 2	28.5	12.03	3	7.5	0.125	36.09
Rata-rata Uji 3	28.5	11.8625	3	7.5	0.125	35.5875
Rata-rata Total Uji	28.50	11.79	3.00	7.50	0.13	35.36

Pengolahan Data Pengisian Tipe Voldrant

Tabel .7.Pengolahan Data Pengisian Tipe Voldrant

Nomor	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Daya (Watt)	Kapasitas Baterai (Ah)
1	10.33	4	0	0	41.32	0.00
2	13.75	2.3	5	0.08	31.625	0.19
3	14.23	2.2	6.5	0.11	31.306	0.24
Rata-rata	12.77	2.83	3.83	0.06	34.75	0.14

Pengolahan Data Pengisian Model Konvensional

Tabel.8. Pengolahan Data Pengisian model Konvensional

No	Suhu (Celcius)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Daya (Watt)
Rata-rata Uji 1	28.5	11.465	3	7.5	0.125	34.395
Rata-rata Uji 2	28.5	12.03	3	7.5	0.125	36.09
Rata-rata Uji 3	28.5	11.8625	3	7.5	0.125	35.5875
Rata-rata Total Uji	28.50	11.79	3.00	7.50	0.13	35.36

Penggunaan tembaga foil (Cu) katoda (+) sebagai ion elektron positif yang melalui *polyvinylidene-flouride* (PVDF) sebagai katalis dan *Graphene Oxide* (GO) sebagai karbon aktif yang diikat pada elemen berpolimer membran sebagai separator akan menghasilkan ion elektron yang berupa lompatan listrik yang terjadi dari proses elektrokimia yang menjadikan PVDF sebagai kapasitansi (daya simpan) pada aluminium foil melalui GO dengan sangat cepat pada saat pengisian. Begitu pula saat pengosongan bila tanpa alat untuk pengisi (charger) ataupun tanpa tambahan alat sensor temperatur dan sensor pengisian dan pengosongan maka voldrant dengan adanya GO maka ion elektron yang terdapat pada PVDF akan dengan cepat terjadi pengosongan.

Terdapat beberapa poin perbedaan penyimpanan energi tipe Voldrant dan model Konvensional yaitu sebagai berikut :

Tabel 9. Perbandingan Voldrant Dengan Konvensional

Voldrant	Konvensional
Berat total = 4,185 kg	Berat total = 10,26 kg
Waktu pengisian yang cepat DOD 8,65 V ke SOC diperlukan dalam waktu 6 menit	Waktu pengisian yang lama untuk mencapai SOC lebih 30 menit untuk mencapai 11 V
Bentuk kemasannya yang compact dan praktis	Bentuk kemasannya yang tidak praktis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari uji penelitian yang dilakukan hasil yang didapat dari penyimpanan energi (PE) antara tipe Voldrant dan model Konvensional maka ditarik kesimpulan Pada Voldrant untuk

mendapatkan material komposit *graphene oxide* (GO) sebagai karbon aktif harus dilakukan proses sintesis yang bernama Hummer yang dimodifikasi dan ditambah *poli-vinylidene-fluoride* (PVDF) diatas elemen berpolimer membran. Tipe Voldrant mempunyai 2,37 V/sel total 14,23 V (SOC) saat pengosongan dengan pembebanan 100watt dalam 15 menit mencapai 8,65 V (DOD) dengan kuat arus 3 amper dan daya 26 Watt dan 2,8 Ω . Dibanding model konvensional mempunyai 2,07 V/sel total 12,4 V (SOC) saat pengosongan dengan pembebanan 100watt dalam 15 menit mencapai 11,61 V (DOD) dengan kuat arus 3,1 amper dan daya 35 Watt dan 3,8 Ω Untuk pengisian Voldrant dengan nilai DOD 8,65 V saat di *charge* pada kapasitas 20 amper dalam 6 menit mencapai SOC diangka 14,23 V dengan kuat arus 2,2 amper dan daya 31 Watt dan 6,46 Ω Sedangkan pengisian pada konvensional pada DOD 10,54 V saat di *charge* pada kapasitas 20 amper dalam 60 menit mencapai SOC diangka 11,25 V dengan kuat arus 5 amper dan daya 80 Watt dan 2,25 Ω (Konvensional posisi DOD dibatasi <10,50 untuk menghindari kerusakan sel) Tipe Voldrant sebagai penyimpan energi yang mempunyai arus yang tinggi/besar di awal (*Starting*) sehingga sangat baik dan stabil untuk penggunaan pembangkit listrik pada kendaraan yang membutuhkan energi/arus listrik yang besar, industri dan penggerak/pembangkit mesin pada kapal selam di militer dengan penyesuaian-penyesuaian tertentu. Sedangkan untuk penyimpan energi Konvensional masuk kategori penyimpan daya yang lama/awet (*Storage*).

DAFTAR PUSTAKA

- A.S. Arico, P. Bruce, B. Scrosati, J.-M. Tarascon, W. van Schalkwijk, Nanostructured materials for Advanced Energy Conversion and Storage devices. Nat. Mater. 4, (2005) 366–377
- B.E. Conway, Transition from Supercapacitor to Battery Behavior in Electrochemical Energy-Storage. J. Electrochem. Soc. 138, (1991), 1539–1548
- Dale A.C. Brownson, Craig E. Banks, The Handbook of Graphene Electrochemistry, Manchester Metropolitan University Manchester, UK (2014)
- Dr. Jilei Liu, Graphpene-Based Composites for Electrochemical Energy Storage, Nanyang Technological University Singapore, (2017)
- Gerard M Crawley, Professor, Marcus Enterprise LLC, Energy Storage, Dean Emeritus, University of South Carolina (2017)
- G. Eda, M. Chhowalla, Adv. Mater. 22, (2010), 2392
- <http://www.djk.esdm.go.id/pdf/RUPTL/RUPTL%20PLN%202019-2028.pdf>
- <http://www.mineralszone.com/mineralsgraphite.html>
- <https://www.rumusrumus.com/rumus-hambatan-listrik/>
- J. K. Kaldellis and D. Zafirakis, Optimum Energy Storage Techniques for the improvement of Renewable Energy Sources-based Electricity Generation Economic Efficiency, Energy 32, (2007), pp. 2295–2305.

- Jian Ru Gong, Graphene–Synthesis, Characterization, Properties and Applications. Croatia (2011)
- Jian Liu, San Ping Jiang, Mesoporous Materials for Advanced Energy Storage and Conversion Technologies 139, (2017),7814-9874
- L. Xiang, Preparation of titanium dioxide films on etched aluminum foil by vacuum infiltration and anodizing, Applied Surface Science (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.01.166>
- Liming dai, Functionalization of Graphene for Efficient Energy Conversion and Storage, Acc, Chem. Res., 46 (1), (2012): 31-42. USA
- M. Pumera, Graphene-based nanomaterials and their electrochemistry. Chem. Soc. Rev. 39, (2010), 4146–4157
- M. Aatur Rahman, G.-S. Chung, J. Alloy. Compd. 2013, 581,724.
- P. Simon, Y. Gogotsi, Nat. Mater. 7, (2008), 845
- P. Fan, L. Wang, J. Yang, F. Chen, M. Zhong, Nanotechnology, 23, 2012, 365702.
- Pumera, M. Graphene-Based Nanomaterials for Energy Storage. Energy Environ. Sci. 4, 2011, 668–674
- S. Watcharotone, D.A. Dikin, S. Stankovich, R. Piner, I. Jung, G.H.B. Dommett, G. Evmenenko, S.E. Wu, S.F. Chen, C.P. Liu, S.T. Nguyen, R.S. Ruoff, Nano Lett. 7, (2007)
- S.-Y. Yang, W.-N. Lin, Y.-L. Huang, H.-W. Tien, J.-Y. Wang, C.-C. M. Ma, S.-M. Li, Y.-S. Wang, Carbon 2011, 49, 793.
- S. Wang, J. Pu, D.S.H. Chan, B.J. Cho, K.P. Loh, Appl. Phys. Lett. 96 (2010), 143109
- Shao, G. et al., Graphene Oxide: The Mechanisms of Oxidation and Exfoliation. Journal of Materials Science, 47 (10), 2012, pp. 4400 – 4409
- T. Beierlein, O. Hagenbruch, Taschenbuch Mikroprozessortechnik Fachbuchverlag Leipzig, Germany, (1999)
- Uwa O. Uyor, Abimbola P. Popoola, Olawale Popoola, Victor S. Aigbodion, Energy storage and loss capacity of graphene-reinforced poly (vinylidene fluoride) nanocomposites from electrical and dielectric properties perspective: A review. Department of Chemical, Metallurgical and Materials Engineering, Tshwane University of Technology, Pretoria West, Pretoria, South Africa.(2018)
- W.-B. Zhang, Z.-X. Zhang, J.-H. Yang, T. Huang, N. Zhang, X.-T. Zheng, Y. Wang, Z.-W. Zhou, Carbon 2015, 90, 242.

- X. Wu, M. Sprinkle, X. Li, F. Ming, C. Berger, W.A. de Heer, Phys. Rev. Lett. 101, (2008), 026801.
- X.B. Lu, J.Y. Dai, Appl. Phys. Lett. 88, (2006), 113104
- Y. Zhu, M.D. Stoller, W. Cai, A. Velamakanni, R.D. Piner, D. Chen, R.S. Ruoff, ACS Nano. 4, (2010), 1227
- Y. Zhu, S. Murali, M.D. Stoller, A. Velamakanni, R.D. Piner, R.S. Ruoff, Carbon 48, (2010), 2118.
- Y. Zhu, S. Murali, W. Cai, X. Li, J.W. Suk, J.R. Potts, R.S. Ruoff, Adv. Mater. (2010)
- Y. Jinhong, H. Xingyi, W. Chao, J. Pingkai, IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 2011, 18, 478.
- Yeti Rafitasari, dkk, Sintesis Graphene oxide and reduced graphene oxide, Dept Fisika UGM (2016)
- Y.-J. Xiao, W.-Y. Wang, X.-J. Chen, T. Lin, Y.-T. Zhang, J.-H. Yang, Y. Wang, Z.-W. Zhou, Compos. Part A: Appl. Sci. Manufact. 2016, 90, 614.
- Z. Luo, P.M. Vora, E.J. Mele, A.T.C. Johnson, J.M. Kikkawa, Appl. Phys. Lett. 94, (2009), 111909.