

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN GRAPHENE BUATAN PADA MEDIA SUPER
KAPASITOR SEBAGAI SAVING ENERGI**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

SASRI IMAM PANJI ALAM

NPM : 1407220021



**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA
MEDAN
2018**

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN GRAPHENE BUATAN PADA MEDIA SUPER
KAPASITOR SEBAGAI SAVING ENERGI**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)*

Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal :

8 Maret 2018

Disusun Oleh :

SASRI IMAM PANJI ALAM

NPM : 1407220021

Disetujui Oleh

Pembimbing I



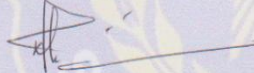
(Solly Ariza Lubis, S.T., M.Eng)

Pembimbing II



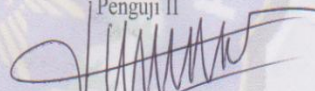
(Faisal Irsan Pasaribu, S.T., MT)

Penguji I



(ir. Abdul Azis Hutasuhut, MM)

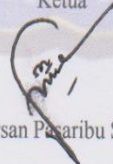
Penguji II



(Zulfikar, S.T., M.T)

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sasri Imam Panji Alam
Tempat/tgl. Lahir : Pangkalan Brandan, 11 Maret 1995
NPM : 1407220021
Bidang Keahlian : Sistem Listrik Industri Dan Instrumentasi
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

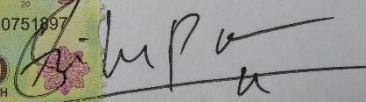



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“Perancangan *Graphene* Buatan Pada Media *Super kapasitor* Sebagai *Saving Energi*”

Dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No, 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Medan, 15 Maret 2018
Saya yang menyatakan,

SASRI IMAM PANJI ALAM



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul berjudul **“Perancangan Graphene Buatan Pada Media Super Kapasitor Sebagai Saving Energi”**. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana Strata Satu di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Penulisan mengucapkan rasa terimah kasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah di berikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada:

1. Ibunda tersayang Sri Astaty Harahap, Ayahanda tercinta Sabaruddin Orang tua penulis telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik motivasi, nasihat, materi maupun do'a.
2. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

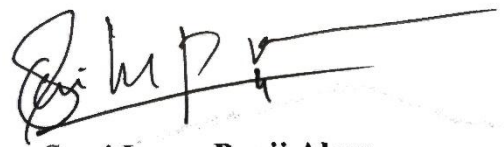
5. Bapak Partaonan Harahap S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Solly Ariza Lubis, S.T., M.Eng , selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Sahabat A1 Pagi yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu-persatu, semua teman-teman saya yang telah banyak memberikan saya semangat, dukungan, motivasi dan do'a.

Penulis menyadari adanya kemungkinan terjadi kekeliruan ataupun kelebihan dan kekurangan kesalahan-kesalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini, mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh sebab itu saya mengharapkan kritik dan saran. Semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi penulis sendiri maupun bagi dunia pendidikan pada umumnya, khususnya untuk Fakultas Teknik Elektro. Terimah kasih atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terimah kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, Januari 2018

Penulis,



Sasri Imam Panji Alam

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| KATA PENGANTAR..... | i |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |
| ABSTRAK | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa | 4 |
| 1.5.2 Manfaat bagi Perguruan Tinggi..... | 4 |
| 1.6 Metode Penelitian | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan..... | 7 |
| 2.2 <i>Graphene</i> | 12 |
| 2.3 Karbon Aktif (Activated Carbon) | 16 |
| 2.4 Polyurethane | 19 |
| 2.5 Asam Fosfat (Phosporic Acid)..... | 20 |
| 2.6 Super Kapasitor..... | 21 |

| | |
|--|-----------|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 31 |
| 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian..... | 31 |
| 3.2.1 Bahan – bahan Penelitian | 31 |
| 3.2.2 Peralatan penelitian | 32 |
| 3.3 Tahapan Perancangan Material..... | 32 |
| 3.3.1 Plat Aluminium | 32 |
| 3.3.2 Graphene..... | 33 |
| 3.3.3 Polyurethane | 35 |
| 3.3.4 Activated Carbon | 37 |
| 3.3.5 Phosporic Acid..... | 37 |
| 3.3.6 Separator | 38 |
| 3.3.7 Plastik Vakum..... | 39 |
| 3.4 Diagram Alir Sistem | 40 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 41 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 41 |
| 4.2 Pengujian Peralatan..... | 41 |
| 4.2.1. Pengujian Lama Waktu Tegangan Listrik Habis | 41 |
| 4.2.2. Pengujian Energi Listrik Yang Tersimpan Pada Super Kapasitor <i>Graphene</i> | 45 |
| 4.2.3. Pengujian Nilai Muatan Yang Tersimpan Pada Super Kapasitor <i>Graphene</i> | 48 |
| 4.2.4. Pengujian Nilai Arus Yang Ada Pada Super Kapasitor <i>Graphene</i> | 48 |

| | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 52 |
| 5.1 | Kesimpulan | 52 |
| 5.2 | Saran | 53 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data Pengujian Lama Waktu Muatan Listrik Habis | 42 |
|--|----|

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Gambar struktur pori-pori <i>graphene Oksida</i> | 12 |
| Gambar 2.2 Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan Polyurethane | 19 |
| Gambar 2.3 Kontruksi Tipikal Super kapasitor | 24 |
| Gambar 2.4 Sturktur dan Fungsi Kapasitor Lapisan Ganda | 25 |
| Gambar 2.5 Kapasitor Konvensional | 28 |
| Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor | 29 |
| Gambar 3.1 Plat Aluminium..... | 33 |
| Gambar 3.2 Lempengan Elektroda <i>graphene</i> | 34 |
| Gambar 3.3 <i>Graphene</i> dan Activated Carbon Yang Telah Terekat Dengan Aluminium | 36 |
| Gambar 3.4 Lempengan Activated Carbon..... | 37 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem..... | 40 |
| Gambar 4.1 Grafik Tegangan Yang Terisi Terhadap Lama Waktu Tegangan Yang Terbuang..... | 43 |
| Gambar 4.2 Grafik Tegangan Yang Terisi Terhadap Waktu Pengisian | 44 |
| Gambar 4.3 Grafik Energi Listrik Terhadap Nilai Kapasitansi Super Kapasitor (Farad)..... | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik Joule Terhadap Tegangan (V)..... | 47 |
| Gambar 4.5 Grafik Arus terhadap Waktu Pengisian..... | 50 |
| Gambar 4.6 Grafik Batang Arus terhadap Waktu Pengisian | 50 |

ABSTRAK

Graphene adalah material baru yang ditemukan tahun 2004 secara sederhana oleh Andre Geim dan Konstantin Novoselov dengan menggunakan selotip yang direkatkan dengan karbon sehingga didapat lapisan dengan orde nanometer dari karbon tersebut. Graphene memiliki keunggulan mobilitas muatan yang tinggi dan memiliki konduktivitas listrik dan panas lebih baik dari material yang lain. Terutama dalam pembuatan super kapasitor yang dapat menyimpan muatan listrik. Penelitian ini Bertujuan untuk merancang superkapasitor dengan bahan dari graphene, activated carbon, polyurethane dan phosphoric acid (H₃PO₄) dan menganalisis muatan listrik dan tegangan yang tersimpan selama pengecasan berlangsung, pada percobaan pertama pengecasan selama 1 menit dengan tegangan yang tersimpan 1,8volt dan tegangan akan habis selama 50:20,2 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.0006^v s pada percobaan ke dua pengecasan selama 2 menit dengan tegangan yang tersimpan 1,8volt dan tegangan akan habis selama 58:28,8 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.0005^v s, pada percobaan ketiga pengecasan selama 60:24 menit dengan tegangan yang tersimpan 2volt dan tegangan akan habis selama 180:18,4 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.000185^v s. penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa superkapasitor memiliki muatan tegangan yang kecil tetapi memiliki daya simpan yang lama.

Kata Kunci : *Graphene, activated carbon, polyurethane, phosphoric acid (H₃PO₄), super kapasitor, lama tegangan habis.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tidak bisa dipungkiri bahwa semakin banyaknya populasi manusia di bumi, akan semakin banyak pula teknologi dan sumber energi yang dipakai. Pada era global ini, banyak sekali isu mengenai energi bermunculan, mulai dari sumber energi baru, terobosan energi alternatif, sampai pengembangan media penyimpanan energi. Media penyimpan energi yang dipakai pada alat elektronik sehari-hari adalah baterai dan kapasitor. Selama ini baterai memang dianggap efektif untuk menjadi sumber daya bagi alat yang membutuhkan voltase rendah. Namun, terdapat kelemahan jika sering dipakai maka baterai akan mengalami *voltage drop*. Adanya super kapasitor yang dipasang pada baterai akan meningkatkan performa dan umur pakai baterai (Rahman Faiz Suwandana, 2015).

Super kapasitor merupakan terobosan yang menarik di bidang energi karena piranti ini memiliki kapasitas penyimpanan yang jauh lebih besar dari kapasitor biasa, proses pengisian muatan yang cepat, serta tahan lama. Prinsip kerja dari superkapasitor ini adalah memanfaatkan bahan-bahan yang memiliki permukaan aktif sangat luas sebagai pengisi elektroda sehingga bisa meningkatkan performanya (Rahman Faiz Suwandana dan Diah Susanti, 2015).

Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah *graphene*. *Graphene* adalah salah satu keluarga unsur karbon, yang A. K. Geim dan K. S.

Novoselov pada tahun 2004. Para fisikawan, kimiawan, dan ilmuwan material saat ini telah berfokus pada aplikasi dari graphene untuk beberapa bidang penelitian dan industri karena memiliki sifat yang sangat baik antara lain mobilitas elektron yang tinggi ($\sim 10.000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$), efek Quantum Hall pada temperatur ruang, transparansi optik yang baik (97,7%), luas permukaan spesifik yang besar ($2.630 \text{ m}^2/\text{g}$), modulus Young yang tinggi ($\sim 1 \text{ TPa}$), dan konduktivitas panas yang tinggi ($\sim 3000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Pengelupasan kulit adalah metode persiapan yang paling sederhana dan yang mengejutkan adalah metode yang dibuat sendiri

graphene menjadi kenyataan dan menyebabkan Geim dan Novoselov dianugerahi Hadiah Nobel pada tahun 2010 (Geim AK, 2011). Dalam teknik ini, sepotong grafit mengalami pengelupasan pita berulang dan kemudian dipindahkan ke substrat. Jumlah lapisan kemudian dapat dievaluasi dengan metode yang berbeda dengan menggunakan mikroskop optik sederhana, spektroskopi Raman, mikroskop kekuatan atom dan / atau pemindaian mikroskop tunneling Metode preparasi ini masih membuat kristal kualitas tertinggi, namun hanya berguna untuk lab scale percobaan dan prototyping karena tidak mungkin untuk meningkatkan proses (K. S. Novoselov, 2004)

Pada tahun 2014, *graphene* berhasil disintesis menggunakan metode Hummer dengan melakukan variasi pada waktu ultrasonikasi dan waktu tahan proses *hydrothermal* dan mendapatkan hasil *graphene* yang memiliki konduktivitas listrik terbaik (0.00021 S/cm) dengan waktu ultrasonikasi 120 menit dan waktu tahan *hydrothermal* 12 jam (Y Pradesar Dan D. Susanti, 2014). Pada tahun yang sama, *graphene* juga berhasil disintesis dengan metode Hummer dan reduksi Zn dan melakukan variasi pada waktu ultrasonikasi dan temperatur Hidrotermal terhadap

sifat kapasitif *graphene*. Hasil yang didapatkan adalah sifat kapasitansi tertinggi diperoleh pada waktu ultrasonifikasi 90 menit dan temperatur *hydrothermal* 160° C yaitu sebesar 491,36 F/gr (H. Nurdiansyah dan D. Susanti, 2014).

Penelitian ini membahas mengenai *graphene superkapasitor* dengan pengaruhnya terhadap lama pengisian charging, serta kapasitansi listrik material *graphene*, dan lama waktu daya yang terbuang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan di teliti yaitu:

1. Bagaimana proses yang baik untuk digunakan *graphene*.
2. Bagaimanakah cara pembuatan super kapasitor dengan *graphene*.
3. Bagaimanakah tahan tegangan listrik super kapasitor *graphene*.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin di capai pada penulisan skripsi ini adalah sebagai :

1. Proses yang akan digunakan adalah dengan metode hummer's.
2. *Graphene* akan menyimpan muatan listrik sesuai dengan kapasitasnya.
3. *Graphene* super kapasitor akan menahan tegangan listrik

1.4. Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya cakupan permasalahan yang terdapat pada perancangan alat ini, maka penulis perlu untuk membatasi batasan masalah yaitu:

1. Membahas mengenai sintesis *graphene*.
2. Mengetahui nilai arus dan tegangan pada *graphene* super kapasitor.
3. Mengetahui berapa kapasitas muatan listrik pada *graphene* super kapasitor.
4. Mengetahui energi listrik yang di dapat pada super kapasitor *graphene*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di ambil dalam penulisan skripsi ini adalah :

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat merancang *graphene* super kapasitor dengan secara sederhana.
2. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang di dapat dengan membuat *graphene* super kapasitor sebagai saving energi.
3. Dapat mengintegrasikan *graphene* super kapasitor sebagai saving energi.

1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi

1. Alat serta bahan yang telah di buat dapat di aplikasikan dalam sehari-hari sebagai pengganti baterai untuk menghidupkan lampu dc apabila terjadi mati lampu.
2. Penelitian ini di harapkan dapat membantu mahasiswa dalam praktikum tentang adanya *graphene* super kapasitor.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi, menggunakan beberapa metode untuk mengumpulkan data-data yang akan diperlukan untuk menyelesaikan skripsi ini.

1. Metode Studi Pustaka

Penulis melakukan studi pustaka untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan skripsi dari berbagai sumber bacaan seperti: Jurnal, dan website yang berkaitan dengan judul yang di angkat sebagai referensi.

2. Metode Eksperimen

Yaitu membuat alat dan bahan secara langsung dan menguji apakah alat dan bahan tersebut bekerja sesuai dengan keinginan.

3. Metode Pengujian sistem

Yaitu melakukan pengujian alat dan bahan yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja alat yang di buat sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

1.7 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan secara garis besar tentang, *graphene*, karbon aktif, asam fosfat, polyurethane, dan super kapasitor.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasa masalah dan metodologi penelitian

BAB II : TINJAUN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan pembahasan secara garis besar tentang, *graphene*, karbon aktif, asam fosfat, polyurethane, dan superkapasitor.

BAB III : METODOLOGI

Pada bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, diagram alir/*flowchart* serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses perancangan.

BAB IV : ANALISA DAN PENGUJIAN

Pada bab ini berisi hasil perancangan material dan pengujiannya.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Elektroda *super kapasitor* material *graphene* di buat dengan cara mencelupkan *nickle foam* ukuran 10 cm x 1 cm di dalam larutan grafena (40 mg/ml). Bagian yang tercelup adalah sebesar 1 cm². Setelah itu, sepesimen di drying di dalam *muffle furnace* pada T= 110°C selama 12 jam. Setelah kering sepsimen di press dengan menggunakan mesin pengepres dengan waktu 10 detik, lalu di rendam dalam larutan elektrolit Na₂SO₄ Selama 10 jam. Untuk mengetahui pengaruh waktu hidrotermal 12, 19, dan 24 jam, dapat dilihat bahwa dengan perubahan waktu tahan hidrotermal; 12 jam, 18 jam, dan 24 jam menunjukkan *grapahene* memiliki puncak 2θ. (Achmad Azmy Adhytiawan dan Diah Susanti, 2013).

Sintesis *graphene* menggunakan metode reduksi grafit oksida 40mg grafit oksida dilarutkan dalam 40ml aquades. Proses ini dilakukan hingga larutan menjadi homogen. Setelah larutan menjadi homogen, larutan di ultrasonikasi dengan *ultrasonic cleaner* yang memiliki kemampuan memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 50/60 Hz. Ultrasonikasi dilakukan dalam waktu 90 menit. Akibat gelombang ultrasonik maka grafit oksida akan terkelupas menjadi *graphene* oksida (GO). Lalu di tambahkan 37% HCl ke laruutan GO dan di stirring. Selanjutnya di tambahkan Zn, sehingga terjadi gelembung-gelembung gas karena terjadi reduksi. Ketika gelembung berhenti, kembali ditambahkan HCl

untuk menghilangkan ZnO yang merupakan pengotor, dari proses sintesis ini dihasilkan *graphene* oksida tereduksi. (Rahman Faiz Suwandana dan Diah Susanti, 2015).

Pada penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kapasitansi dari kapasitor sebesar 491.36 F/gram. Nilai tersebut didapatkan ketika temperatur hidrotermal 160 °C dan waktu ultrasonikasi 1.5 jam. Pada penelitian ini dilakukan reduksi grafit oksida menjadi *graphene* dengan variasi waktu tahan hidrotermal 12, 18, dan 24 jam. Setelah didapatkan *graphene*, penelitian ini dilanjutkan dengan diaplikasikannya *graphene* sebagai elektroda *super kapasitor* sehingga diharapkan dengan penambahan *graphene* tersebut akan meningkatkan kapasitansi elektroda superkapasitor (Achmad Azmy Adhytiawan dan Diah Susanti, 2013).

Siklus voltameteri elektroda *super kapasitor* pada rentang potensial dari 0,0 V sampai 0,8 V dengan laju scan 100mV/s secara bolak-balik pada temperatur ruang. Dapat diketahui bahwa elektroda memiliki kurva histerisis yang reversible. Elektroda menunjukkan memiliki kurva histerisis dengan loop yang sangat sempit, dan dapat diketahui nilai kapasitansi elektroda dengan menggunakan persamaan :

$$C_{sel} (F) = \int i dV \Delta V \times V_s \quad (1)$$

$$C_s (Fg^{-1}) = 2 C_{sel} m \quad (2)$$

Dengan C_{sel} = kapasitansi sel (F),

I = arus pengosongan (A),

V_s = laju scan (mV/s),

ΔV = rentang potensial (V),

C_s = kapasitansi spesifik (Fg⁻¹),

m = massa elektroda (g),

x = tebal elektroda (cm).

Elektroda yang telah dibuat memiliki nilai kapasitansi 10 F/g. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan yaitu sebesar 39,8 F/g. Kecilnya nilai kapasitansi dikarenakan luas permukaan karbon aktif yang masih rendah. Hal ini dikarenakan pada saat sintesis karbon aktif kemungkinan pori-pori masih banyak yang belum terbuka dan tertutup oleh impuritas lainnya. Serta penyimpanan dari karbon aktif ini harus diletakkan dalam tempat penyimpanan kedap udara, karena pori-pori karbon aktif bersifat adsorben. Sehingga dalam pembuatan elektroda karbon aktif ini memerlukan perlakuan khusus agar luas permukaannya bisa ditingkatkan kembali. (Genduk Alkurnia Wati, Dkk, 2015).

Pada penelitian ini, pengaruh struktur pori dari karbon nanopori terhadap kapasitansi spesifik *super kapasitor* telah dipelajari. Karbon berpori dengan berbagai struktur pori dibuat dengan cara karbonisasi *phenolic* resin yang dibuat dengan cara polimerisasi kondensasi senyawa *phenolic* dengan *formaldehyde*. Selain itu, etilen glikol sebagai filler ditambahkan pada saat polimerisasi *phenolic* resin untuk meningkatkan mesoporositas dari karbon nanopori. Karbon yang diperoleh dikarakterisasi berupa morfologi permukaan, luas permukaan spesifik (metode BET), dan struktur pori. Uji kapasitansi *super kapasitor* menunjukkan bahwa meningkatnya mesoporositas karbon nanopori akan meningkatkan nilai kapasitansi spesifik. Kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 336 F/g diperoleh jika menggunakan karbon mesopori hasil karbonisasi resorcinol phenol formaldehyde ethylene glycol (CRPFEG2) sebagai material elektroda *super kapasitor*. (Teguh Ariyanto, Dkk, 2012).

Untuk mempelajari pengaruh persentase boron terhadap sifat elektrokimia, digunakan uji elektrolisis dengan sistem 3-elektroda. Elektroda test menggunakan boron *doped graphene* yang telah dikuatkan dengan *Ni foam*. Berdasarkan pengamatan, *graphene* dimuat secara *uniform* pada *Ni foam*, akan tetapi besar kemungkinan *Ni foam* akan ikut bereaksi pada saat pengujian. (Nurlia pramita Sari, Dkk, 2017).

Super kapasitor, menjanjikan penyimpanan energi elektro kimia dengan kelebihan kerapatan daya tinggi dan panjang siklus hidup. Berdasarkan muatan yang berbeda mekanisme penyimpanan, *super kapasitor* dapat di bagi menjadi listrik double layer kapasitor (EDLC) dan *pesudokapasitor*. Itu mekanisme penyimpanan muatan EDLC bergantung pada pemisahan biaya di antara elektrolit dan elektroda. Bahan karbon seperti *graphene* di gunakan untuk membuat super kapasitor elektroda, karena biaya rendah, konduktivitas listriknya dan luas permukaannya yang tinggi. Konduktivitas yang tinggi dari *graphene* dengan ukuran pori rata-rata 4,27nm, yang memungkinkan elektrolit untuk dengan mudah mengakses permukaan. Dari bidang komposit *graphene Mn3O4* pada timah oksida indium (ITO) dengan metode *aerosolisasi*. Yang di dapat elektroda menunjukkan kapasitansi spesifik 1027 F g⁻¹ pada kerapatan arus 5 A g⁻¹ dan 404 F g⁻¹ pada kerapatan arus tinggi 40 A g⁻¹. Pengujian untuk 1000 siklus pada kerapatan arus 20 A g⁻¹, elektroda masih di pertahankan 78% kapasitansi. (Xiehong Cao, Dkk, 2014).

Material elektroda baik positif maupun negatif dibuat dengan mencampurkan 80%wt karbon berpori, 10%wt *carbon black*, dan 10%wt *polivinilalkohol* (PVA) menggunakan etanol 70% untuk menghasilkan campuran yang homogen. Hasil

pasta yang di peroleh keudian dilapiskan ke Cu sebagai pngumpul muatan (*collector*) dengan tebal $0,2 \pm 0,1$ mm dan berat material aktif 10-20 mg. Ukuran elektroda dibuat 1cm x 1cm dan lembaran polipropilen digunakan sebagai *separator*. Diagram sederhana *super kapasitor*. Kapasitansi *super kapasitor* dilakukan dengan metode *galvanostatik* yaitu memberi dan melepaskan muatan pada arus konstan dengan kerapatan sebesar 1 mA/cm^2 dengan menggunakan KOH 30% sebagai elektrolit. (Teguh ariyanto, Dkk, 2012).

Kapasitansi masing-masing perangkat dihitung dari *galvanostatik* (CC) pada kerapatan arus yang berbeda dengan menggunakan rumus :

$$C_{\text{device}} = i / (-dV/dt) \quad (3)$$

Dimana yang saya terapkan (dalam ampli, A) dan dv/dt adalah kemiringan kurva debit (dalam volt per detik, V / s). Kapasitansi spessifik di hitung berdasarkan luas atau volume tumpukan perangkat sesuai dengan rumus berikut:

$$\text{Kapasitansi Areal} = C_{\text{device}} / A \quad (4)$$

$$\text{Volumetrik tumpukan kapasitansi} = C_{\text{device}} / V \quad (5)$$

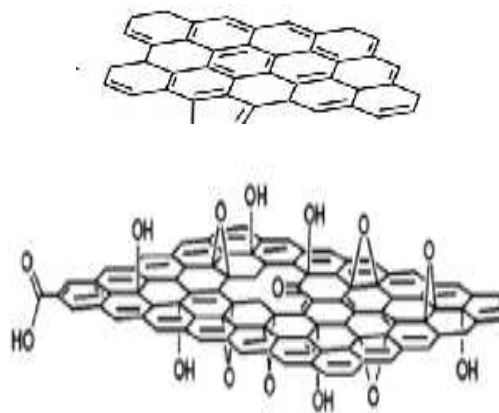
Dimana A dan V mengacu pada area (cm^2) dan volume (cm^3) perlu di sebutkan bahwa kapasitansi volumetrik di hitung. Ini termasuk bahan aktif, fleksibel substrat (kolektor arus) dan pemisah dengan elektrolit. (Maher F. El-Kady, Dkk, 2012).

graphene oksida dibuat dengan metode *Hummers* yang dimodifikasi seperti yang dilaporkan di tempat lain. Secara singkat, grafit (5,0 g) ditambahkan ke asam sulfat pekat (115 ml) aduk pada suhu kamar; kemudian menambahkan natrium nitrat (2,5 g), lalu campurannya didinginkan sampai $0 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan direndam dalam air es. Untuk menjaga suhu sistem yang lebih rendah dari $20 \text{ }^\circ\text{C}$, kalium

permanganat (9.0 g) ditambahkan perlahan ke arah sistem di bawah agitasi yang kuat. Berturut-turut, sistem reaksi dipindahkan ke air 35 °C selama sekitar 2 jam, kemudian 400 ml air dan 20 ml H₂O₂ (30%) adalah ditambahkan bersama ke sistem, dan kemudian agitasi yang kuat selama sekitar 1 jam. Campurannya disaring dan dicuci dengan larutan air HCl 5% (2000 ml) diikuti oleh diulang mencuci dengan air untuk menghilangkan asam. Padatan yang dihasilkan tersebar di air dengan ultrasonication untuk membuat dispersi berair GO (2 g / L). (Ji-Lei shi, Dkk, 2014).

2.2 Graphene

Graphene adalah material yang paling tipis yang dapat kita bayangkan sekaligus yang paling kuat di antaranya. *Graphene* bersifat seperti karet dan tahan dari liquid dan gas. Karena strukturnya yang begitu rapi *graphene* dapat di gunakan sebagai saringan super detail, karena atom-atom besar tidak lewat di antaranya. Ini adalah bagian dari teknologi nano. Strukturnya yang tipis dan juga seperti sarang lebah yang membuatnya menjadi material yang merekat satu sama lain (Efelina, 2015).



Gambar 2.1. Struktur pori-pori *graphene Oksida* (Efelina, 2015)

Struktur sarang lebah GO mengandung beberapa kelompok fungsional seperti karboksilat dan karbonil terletak di tepinya, serta gugus hidroksil dan epoksi di permukaannya. Ini fungsional kelompok berkontribusi terhadap sifat pengisolasian hidrofilik dan elektrik GO yang unik, yang dapat terjadidikendalikan dengan memanipulasi kandungan oksigen. Aplikasi GO dalam Photonics termasuk penggunaannya sebagai SA pada laser serat berdenyut, dan sebagai elemen fungsional pada polarisasi pandu gelombang optik dan modulator.

1. Kelebihan *Graphene*

Keunggulan yang dimiliki dalam sifat kelistrikannya yaitu *graphene* memiliki mobilitas pembawa muatan mencapai $15000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada suhu 300 K dan $\sim 60000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada suhu 4 K (Novoselov, 2004). Selain itu, konduktivitas optik universal *graphene* ($\sigma_0 = \pi e^2 / 2h$) pada rentang energi inframerah sampai cahaya tampak (*visible*) (Efelina, 2015). efisien untuk mendeteksi molekul yang diadsorpsi. Graphene telah menjadi bahan yang paling menggembirakan untuk aplikasi penyimpanan energi karena konduktivitas listriknya yang tinggi, konduktivitas termal, stabilitas kimia unggul, kekuatan mekanik yang unik dan besar rasio permukaan terhadap volume dibandingkan bahan karbon lainnya (T. Zhu dan E. Ertekin, 2016).

Sejak ditemukan pada tahun 2004, *graphene*, satu atom tebal lapisan karbon tunggal, adalah salah satu bahan yang paling banyak dipelajari hari ini. Sifat dasar *graphene* membuatnya sangat menjanjikan di sejumlah aplikasi seperti elektronik, mekanik, optik, dan lain-lain. Secara khusus, *graphene* Lembar memiliki luas

permukaan spesifik teoritis $2630 \text{ m}^2 / \text{g}$, yang telah menarik minat besar dalam penyimpanan energi aplikasi termasuk *super capacitors* dan baterai. Disorder in konfigurasi atom *graphene* dapat memiliki efek dramatis pada sifat elektronik, termal, magnetik dan lainnya. Lokasi dari adsorpsi mengalami dalam tahanan listrik. Saat efek dalam material lain terjadi, *graphene* memiliki keunggulan karena mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi dan rendahnya gangguan, yang membuat *graphene* ini tidak mengalami perubahan dalam mendeteksi (Yang Gao, 2017).

Graphene juga dapat memperbaiki sendiri lubang pada lembaran, ketika terkena molekul yang mengandung karbon seperti *hidrokarbon*. *Graphene* adalah material yang terkuat yang pernah dikenal atau di uji hingga saat ini. Kemajuan teknologi hingga saat ini telah menunjukkan bahwa bahan berbasis *graphene* dapat memiliki dampak besar pada perangkat elektronik dan *optoelektronik*, sensor kimia, nanokomposit, dan penyimpanan energi. Aplikasi *graphene* dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal. *Graphene* dalam bidang sumber energi dimanfaatkan menjadi sel surya dan super kapasitor baterai. *Graphene* sebagai film tipis TCO (*transparent conductive oxide*) menjadi panel layar sentuh yang fleksibel. *Graphene* sebagai semikonduktor menjadi transistor RFIC (*Radio Frequency Integrated Circuits*) berkecepatan tinggi juga dimanfaatkan sebagai sensor. *Graphene* sebagai tinta dan perekat menjadi tinta konduktif atau tinta layar EMI (*electromagnetic interference*). Kemudian *graphene* sebagai pembatas, dimanfaatkan sebagai sensor kimia seperti pada pemurnian air. *Graphene* sebagai penyebar panas, yaitu *LED Lighting ECUPC*. *Graphene* sebagai komposit

digunakan sebagai komponen pada pesawat terbang, mobil, dan kendaraan lainnya (Dimitrios G. Papageorgiou, dkk, 2017).

2. Kekurangan Pada *Graphene*

Salah satu tantangan penting produksi grafena adalah cara material itu dikembangkan. Material itu masih harus diisolasi menggunakan teknik Scotch Tape, diisolasi dari grafit yang digunakan dalam batang pensil dengan teknik yang rumit dan kompleks menggunakan selotip. Lembar graphene yang tumbuh melalui pengendapan uap kimia (CVD) secara langsung tembaga atau nikel foil (Yang Gao, 2017). *Graphene* memiliki kualitas tertinggi dan paling tidak cacat Namun, itu tidak akan menjadi kandidat yang baik untuk bersaing melawan karbon aktif untuk *super kapasitor* aplikasi, karena terlalu mahal untuk diproduksi dan itu tidak terukur. Hari ini, kebanyakan studi tentang graphene berbasis supercapacitors fokus pada graphene nanoplatelet, nanoparna *graphene* dan lainnya turunan graphene seperti *graphene oxide*, *graphene* yang dimodifikasi secara kimia, dan sebagainya Bentuk graphene biasanya terdiri dari dua atau beberapa tumpukan *nanosheets graphene*. Tidak seperti *graphene* Dari proses CVD, bentuk *graphene* ini dibuat dengan pengelupasan kimia, mekanis, atau termal yang relatif murah proses grafit Ada lebih banyak cacat permukaan dalam turunan graphene ini dibandingkan dengan CVD graphene counterpart, dan ini bisa mencegahnya untuk digunakan sebagai high-end elektronik, fotonik / optoelektronik perangkat seperti transistor, photodetectors, berskala besar transparan melakukan elektroda, dan lain-lain Namun, peningkatan kepadatan cacat permukaan lebih menguntungkan untuk aplikasi *super kapasitor* dan sering menyebabkan peningkatan dalam kapabilitas kapasitansi elektrokimia. Di Selain

itu, biayanya merupakan salah satu faktor terpenting pertimbangan untuk perangkat supercapacitor praktis. Juga konduktivitasnya yang tidak dapat diubah, yang berarti bahwa sebagai semikonduktor, grafena tak berguna, meskipun peneliti bereksperimen dengan substansi untuk mencari cara mengatasi masalah ini. Salah satu solusi yang mungkin dilakukan adalah dengan menggunakan proses kimia. Jika kekurangan ini bisa diatasi, grafena bisa digunakan dalam berbagai perangkat sebagai pengganti transistor silikon super cepat, yang sudah mencapai kapasitas maksimal mereka. Grafena punya kemampuan seratus kali mobilitas elektron silikon (Quinlan RA, Dkk, 2013).

Keterbatasan lain datang dalam bentuk produksi, saat ini hanya dapat disintesis dalam bentuk kristal kecil. Meskipun ini cukup bagi para peneliti untuk menguji sifat-sifat dan memahami manfaatnya, belumlah cukup memproduksinya untuk penggunaan komersial secara massal.

2.3 Karbon Aktif (Activated Carbon)

Arang aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon dan terutama yang memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang aktif. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi arang dengan cara fisika atau kimia di dalam retort. Perbedaan bahan baku dan cara aktivasi yang digunakan dapat menyebabkan sifat dan mutu arang aktif berbeda pula. Arang aktif digunakan antara lain dalam sektor industri (pengolahan air, makanan dan minuman, rokok, bahan kimia, sabun, lulur, sampo, cat dan perekat, masker,

alat pendingin, otomotif), kesehatan (penyerap racun dalam saluran cerna dan obat-obatan), lingkungan (penyerap logam dalam limbah cair, penyerap residu pestisida dalam air minum dan tanah, penyerap emisi gas beracun dalam udara, meningkatkan total organik karbon tanah. (Mody Lempang, 2014).

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia semakin meningkat seiring berkembangnya era industrialisasi. Jika ditinjau dari sumber daya alam di Indonesia, sangatlah mungkin kebutuhan karbon aktif dapat dipenuhi dengan produksi dari dalam negeri. Cangkang buah karet merupakan limbah padat yang sangat berpotensi untuk beragam kegunaan, diantaranya adalah untuk bahan baku pembuatan karbon aktif. Dalam penelitian ini, limbah cangkang buah karet tersebut diolah menjadi arang aktif (Joko Murtono dan Iriany, 2017).

1. Sifat Arang Aktif

A. Sifat Kimia

Nanopori karbon merupakan karbon aktif yang memiliki pori dalam skala nanometer. Distribusi pori yang besar pada nanopori, luas permukaan yang sangat besar, dan kapasitas yang besar menyebabkan bahan ini dipilih sebagai bahan elektroda pada superkapasitor (Genduk Alkurnia Wati Dkk, 2015). Karbon aktif juga digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik, sifat anti korosif, sifat fisis, dan komposisi baja JIS 415 (Izahyanti, 2013). Arang aktif tidak hanya mengandung atom karbon saja, tetapi juga mengandung sejumlah kecil oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus-gugus fungsi yang bervariasi, misalnya gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus eter. Oksigen pada permukaan arang aktif, kadang-kadang berasal dari

bahan baku atau dapat juga terjadi pada proses aktivasi dengan uap (H_2O) atau udara.

B. Sifat Fisika

Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori sehingga luas permukaan persatuan massa besar serta mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik atau kimiawi (Nurhasni Dkk, 2012). Arang aktif mempunyai beberapa karakteristik, antara lain berupa padatan yang berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa ataupun pelarut-pelarut organik.

C. Struktur

Karbon aktif merupakan karbon amorf dengan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m^2/gr . Luas permukaan yang sangat besar ini karena mempunyai struktur pori-pori, pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat karbon aktif (Mariana olivia Esterlita dan Netti Herlina, 2015).

D. Daya Serap

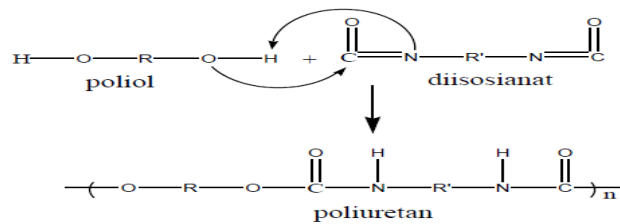
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak. Daya serap arang aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya. Karbon dan karbon aktif nanotube menunjukkan kapasitansi lapisan ganda listrik yang baik karena konduktivitas yang sangat baik dan luas permukaannya yang tinggi, dimana

penyimpanannya Prosesnya non-Farada dan penyimpanan energinya bersifat elektrostatik. Kunci untuk mencapai kapasitansi tinggi akan meningkatkan permukaan daerah dan konduktivitas listrik material (Murugan Saranya Dkk, 2016).

2.4 Polyurethane

Polyurethane adalah suatu bahan campuran atau hasil pengisolvenan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan haus, tahan terhadap beberapa kimia ringan, stabil dalam suhu dingin dan panas. Kimia suatu bahahan atau campuran yang didaalamnya terdapat kandungan nitrogen, karbon dioksida dan oksigen, *polyurethane* merupakan bahan *polymeric* yang mengandung berbagai kumpulan urethane (-NH-CO-O-) yang terbentuk dari reaksi antara polyol (alkohol dengan lebih dari dua grup hidrotoksil reaktif per molekul) dengan *diisocyanate* atau *polymeric isocyanate* dengan ketersediaan katalis yang sesuai serta bahan-bahan tambahan. Poliuretan memberikan termoplastik dan termoset untuk banyak aplikasi seperti perekat, sealant, pelapis, komoditas, otomotif, kemasan, dan insulasi bahan (Keren Zhang Dkk, 2016).

Polyurethane (PUR dan PU) adalah polimer yang terdiri dari unit organik yang bergabung dengan karbamat (uretan). Sementara kebanyakan *polyurethane* adalah polimer thermosetting yang tidak meleleh saat dipanaskan, poliuretan termoplastik juga tersedia (Delebecq Dkk, 2013). Poliuretana polimer secara tradisional dan paling umum dibentuk dengan mereaksikan di atau poli isosianat dengan polioliol dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan Polyurethane (Javni Dkk, 2013)

Baik isosianat dan poliol yang digunakan untuk membuat poliuretan mengandung, rata-rata, dua atau lebih gugus fungsional per molekul. Beberapa upaya baru-baru ini patut dicatat telah didedikasikan untuk meminimalkan penggunaan isosianat untuk mensintesis poliuretan, karena isosianat menimbulkan masalah toksisitas berat. Poliuretan berbasis non-isosianat (NIPU) baru-baru ini dikembangkan sebagai kelas baru polimer poliuretan untuk mengurangi masalah kesehatan dan lingkungan (Javni Dkk, 2013).

Karakteristik Polyurethane

Koefisien rambatan panas yang dihasilkan oleh *polyurethane* hanya sekitar 0,017. Itu pertanda bahwa setelah ditempel *polyurethane*, kapasitas panas yang diteruskan ke suatu bangunan sangat sedikit (Dimitrios G. Papageorgiou 2017). Poliuretan terfluorinasi dua komponen yang dibuat dengan mereaksikan poliol terionisasi FEVE dengan poliisocianat telah digunakan untuk membuat cat dan pelapis. Karena poliuretan terfluorinasi mengandung persentase yang tinggi dari ikatan fluorin-karbon, yang merupakan ikatan terkuat di antara semua ikatan kimia, poliuretan terfluorinasi menunjukkan ketahanan terhadap UV, asam, alkali, garam, bahan kimia, pelarut, pelapukan, korosi, jamur dan serangan mikroba. Ini telah digunakan untuk pelapis dan cat yang berkinerja tinggi (Rajput Dkk, 2014).

2.5 Asam Fosfat (Phosphoric Acid)

Asam fosfat (dikenal sebagai asam ortofosfat atau asam fosfat *phosphoric acid*, *ortho phosphoric acid*, merupakan asam mineral (organik) yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Asam ortofosfat mengacu pada asam fosfat, yang merupakan IUPAC untuk senyawa ini. Awalan orto digunakan untuk membedakan asam ini dari asam fosfat yang terkait, yang disebut asam polifosfat.

Selain menjadi reagen kimia, asam fosfat memiliki berbagai macam kegunaan, termasuk sebagai inhibitor karat, aditif makanan, *etchant* gigi dan ortopedik, elektrolit, fluks, pendispersi, *etchant* industri, bahan baku pupuk, dan komponen produk pembersih rumah. Asam fosfat dan fosfat juga penting dalam biologi.

Selain menjadi reagen kimia, asam fosfat memiliki berbagai macam kegunaan, termasuk sebagai inhibitor karat, aditif makanan, *etchant* gigi dan ortopedik, elektrolit, fluks, pendispersi, *etchant* industri, bahan baku pupuk, dan komponen produk pembersih rumah. Asam fosfat dan fosfat juga penting dalam biologi.

Sumber yang paling umum dari asam fosfat adalah larutan air 85%; larutan tersebut tidak berwarna, tidak berbau, dan non-volatil. Larutan 85% adalah cairan seperti-sirup, tetapi masih dapat dituang. Meskipun asam fosfat tidak memenuhi definisi yang ketat dari asam kuat, larutan 85% cukup asam untuk menjadi korosif. Karena tingginya persentase asam fosfat dalam reagen ini, setidaknya beberapa dari asam ortofosfat terkondensasi menjadi asam polifosfat. Demi pelabelan dan kesederhanaan, 85% merepresentasikan H_3PO_4 seolah-olah

itu semua asam ortofosfat. Larutan asam fosfat encer ada dalam bentuk orto.
Adapun

2.6 Super Kapasitor

Super kapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional (Fitria Puspitasari Dkk, 2014). Kemampuan penyimpanan energi pada *super kapasitor* dipengaruhi oleh struktur pori yang berhubungan dengan proses difusi ion ke dalam pori elektroda dimana proses ini merupakan faktor penting yang mempengaruhi *charge-discharge* energi listrik. Satunya dapat ditentukan oleh sifat elektroda yang digunakan. Secara umum elektroda dapat dikelompokkan menjadi *pseudokapasitif* dan lapisan ganda. *Pseudokapasitif* elektroda menghasilkan sifat kapasitif berdasarkan reaksi reduksi dan oksidasi pada bahan-bahan tertentu, seperti logam oksida (RuO₂, MnO₂, CuO, NiO, V₂O₅ dll) dan polimer penghantar. Penyimpanan energi berdasarkan lapisan ganda yang terakumulasi oleh muatan ion yang terjadi di antarmuka elektroda/elektrolit, sehingga luas permukaan spesifik yang tinggi dan volume pori yang besar pada elektroda merupakan persyaratan dasar yang untuk mencapai kapasitansi yang tinggi (Sri Yanti, Dkk, 2014).

Super kapasitor digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan banyak siklus pengisian / pengosongan cepat daripada penyimpanan energi kompak jangka panjang: di dalam mobil, bus, kereta api, derek dan lift, di mana mereka digunakan untuk pengereman regeneratif, penyimpanan energi jangka pendek atau pengiriman tenaga burst-mode . Unit yang lebih kecil digunakan sebagai memori

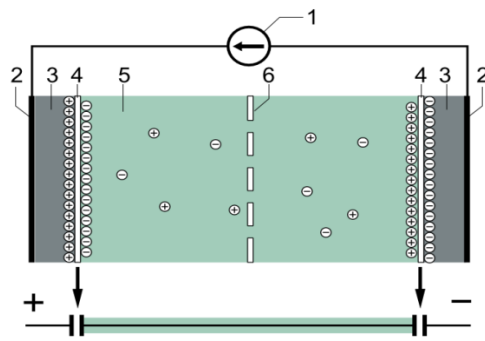
cadangan untuk memori random-access statis (SRAM). Tidak seperti kapasitor biasa, *super kapasitor* tidak menggunakan dielektrik padat konvensional, namun sebaliknya, mereka menggunakan kapasitansi lapisan ganda elektrostatik dan pseudocapacitance elektrokimia, yang keduanya berkontribusi terhadap kapasitansi total kapasitor, dengan beberapa perbedaan:

- Kapasitor lapisan ganda elektrostatik menggunakan elektroda karbon atau turunannya dengan kapasitansi lapisan ganda elektrostatik yang jauh lebih tinggi daripada pseudocapacitance elektrokimia, mencapai pemisahan muatan dalam lapisan ganda Helmholtz Pada permukaan antara permukaan elektroda konduktif dan elektrolit. Dalam pengertiannya Pemisahan muatan adalah dari urutan beberapa ångströms (0,3-0,8 nm), jauh lebih kecil daripada pada kapasitor konvensional (Yu. M. Volkovich Dkk, 2012).
- *Pseudokapasitor* elektro kimia menggunakan oksida logam atau melakukan elektroda polimer dengan pseudocapacitance elektro kimia yang tinggi dengan tambahan pada kapasitansi lapisan logam
- Kapasitor hibrida, seperti kapasitor lithium-ion, menggunakan elektroda dengan karakteristik yang berbeda: satu menunjukkan sebagian besar kapasitansi elektrostatik dan sebagian besar kapasitansi elektrokimia lainnya (Farhadi Dkk, 2015).

Elektrolit membentuk sambungan konduktif ionik antara dua elektroda yang membedakannya dari kapasitor elektrolit konvensional dimana lapisan dielektrik selalu ada, dan yang disebut elektrolit (misalnya MnO_2 atau polimer konduksi) yang sebenarnya adalah bagian dari elektroda kedua (katoda atau lebih tepatnya

elektrode positif). *Super kapasitor* terpolarisasi dengan desain elektroda asimetris, atau untuk elektroda simetris, dengan potensi yang di terapkan selama pembuatan.

Pada tahun 1966, para periset di Standard Oil of Ohio (SOHIO) mengembangkan versi lain dari komponen ini sebagai "perangkat penyimpanan energi listrik", sambil mengerjakan desain sel bahan bakar eksperimental. Sifat penyimpanan energi elektrokimia tidak dijelaskan dalam paten ini. Bahkan pada tahun 1970, kapasitor elektrokimia yang di patenkan oleh Donald L. Boos terdaftar sebagai kapasitor elektrolit dengan elektroda karbon aktif.



Gambar 2.3 Kontruksi Tipikal *Super kapasitor* (Palaniselvam Dkk, 2015)

Kontruksi tipikal Superkapasitor yaitu :

1. Sumber daya
2. Kolektor
3. Elektroda terpolarisasi
4. Lapisan ganda Helmholtz
5. Elektrolit yang memiliki ion positif dan negatif
6. Separator

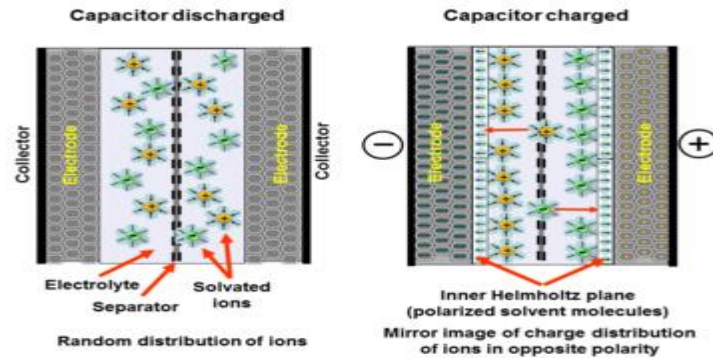
Kapasitor elektro kimia (*super kapasitor*) terdiri dari dua elektroda yang di pisahkan oleh membran permeable ion (pemisah), dan elektrolit yang menghubungkan kedua elektroda secara elektrik. Ketika elektroda terpolarisasi oleh tegangan yang diberikan, ion dalam bentuk elektrolit membentuk lapisan ganda elektrik dari polaritas berlawanan dengan polaritas elektroda. Sebagai contoh, elektroda terpolarisasi positif akan memiliki lapisan ion negatif pada antar muka elektroda atau elektrolit bersama dengan lapisan penyeimbang muatan ion positif yang teradsorpsi ke lapisan negatif. Kebalikannya berlaku untuk elektroda yang terpolarisasi secara negatif. (J.chen, Dkk 2013).

Selain itu, tergantung pada bahan elektroda dan bentuk permukaan, beberapa ion dapat menembus lapisan ganda menjadi ion yang teradsorpsi secara khusus dengan berkontribusi dengan pseudocapacitance terhadap total kapasitansi *super kapasitor*. Distribusi pada kapasitor dengan dua elektroda membantuk rangkaian dua kapasitor individual C_1 dan C_2 . Total kapasitansi C_{total} diberikan dengan rumus

$$C_{total} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (6)$$

Super kapasitor mungkin memiliki elektroda simetris atau asimetris. Simetris menyiratkan bahwa elektroda memiliki nilai kapasitansi yang sama, menghasilkan total kapasitansi setengah nilai setiap elektroda tunggal (jika $C_1 = C_2$, maka $C_{total} = 0,5 \cdot C_1$). Untuk kapasitor asimetris, kapasitansi total dapat diambil seperti elektroda dengan kapasitansi yang lebih kecil (jika $C_1 \gg C_2$, maka $C_{total} \approx C_2$). Struktur dan fungsi kapasitor lapisan ganda yang ideal, menerapkan tegangan ke kapasitor pada kedua elektroda, lapisan ganda Helmholtz akan

terbentuk memisahkan ion-ion dalam elektrolit dan juga dalam distribusi muatan cermin dengan polaritas yang berlawanan. Seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur dan Fungsi Kapasitor Lapisan Ganda (Palaniselvam Dkk, 2015)

Jadi, rumus standar untuk kapasitor pelat konvensional dapat di gunakan untuk menghitung kapasitansi superkapasitor :

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (7)$$

C = Kapasitansi (F)

ϵ = Permittivitas dielektrik (C/Nm²)

A = Luas penampang plat (m²)

d = Jarak pemisah kedua lempengan (m)

Super kapasitor, juga dikenal sebagai ultrakapasitor atau kapasitor elektrokimia, memanfaatkan permukaan elektroda dan larutan elektrolit dielektrik tipis untuk mencapai kapasitansi beberapa kali lipat lebih besar dibandingkan kapasitor konvensional. Kapasitor konvensional terdiri dari dua elektroda yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Saat tegangan listrik diberikan pada kapasitor,

muatan berlawanan (berbeda) akan terakumulasi pada setiap permukaan elektroda. Muatan-muatan tersebut akan tetap terpisah oleh bahan dielektrik yang mengisi ruang antar plat kapasitor, sehingga menghasilkan medan listrik yang menyebabkan kapasitor dapat menyimpan energi. Kerapatan energi dan daya sebuah *super kapasitor* ditentukan oleh jenis elektroda yang digunakan. Salah satu elektroda yang digunakan pada piranti superkapasitor adalah elektroda karbon (Afdhal Rizky Dkk, 2015). Kapasitansi didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan yang tersimpan dalam kapasitor (Q) dengan potensial listrik (V) yang di berikan

$$C = \frac{Q}{V} \quad (8)$$

$$Q = C \times V \quad (9)$$

C = Kapasitansi (F)

Q = Muatan Listrik (Columb)

V = Tegangan (Volt)

Untuk Kapasitor konvensional berbanding lurus dengan luas pada setiap permukaan dan berbanding terbalik dengan jarak antara muatan

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{D} \quad (10)$$

C = Kapasitansi (F)

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa (C/Nm²)

ϵ_0 = permittivitas statis (C/Nm²)

Dengan ϵ_0 ialah konstanta dielektrik atau permittivitas ruang vakum dan ϵ_r ialah konstanta dielektrik bahan isolasi antara elektroda. Untuk mengukur kerapatan

dapat dihitung sebagai jumlah per satuan massa atau per unit volume. Energi E yang tersimpan dalam kapasitor berbanding lurus dengan kapasitansi :

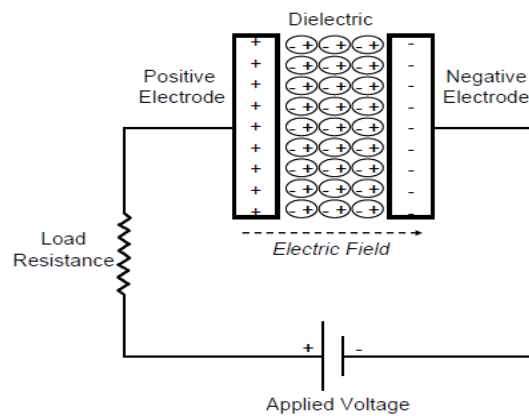
$$E = \frac{1}{2} C(V)^2 \quad (11)$$

E = Energi listrik (Joule)

C = Kapasitansi (F)

V = Tegangan listrik (Volt)

Secara umum, daya P adalah energi yang di keluarkan per satuan waktu. Untuk menentukan daya kapasitor, kita harus mempertimbangkan bahwa kapasitor umumnya direpresentasikan sebagai sirkuit seri dengan hambatan eksternal R , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kapasitor Konvensional (M. Farhadi dan O. mohammed, 2014)

Komponen internal kapasitor (misalnya kolektor, elektroda, dan bahan dielektrik) juga berkontribusi terhadap resistansi (hambatan), yang diukur secara akumulatif dengan kuantitas yang dikenal sebagai *equivalent series resistance* (ESR). Tegangan selama tidak dalam proses pengisian ditentukan oleh resistensi

ini. Ketika diukur pada impedansi penyesuaian ($R=ESR$), yang daya maksimum untuk sebuah kapasitor diberikan oleh:

$$P_{maksimum} = \frac{V^2}{4 \times ESR} \quad (12)$$

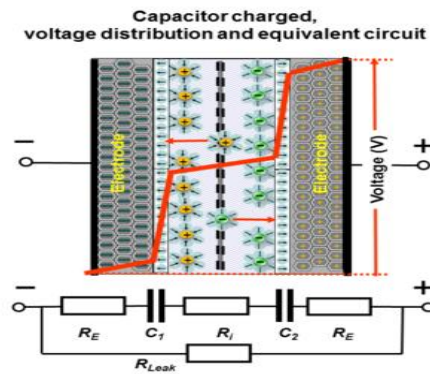
$P_{maksimum}$ = Daya maksimum (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

ESR = equivalent series resistance (ohm)

Hubungan ini menunjukkan bagaimana ESR dapat membatasi daya maksimum sebuah kapasitor. Kapasitor konvensional memiliki kerapatan daya yang relatif tinggi, namun relatif rendah kepadatan energi bila dibandingkan dengan baterai elektrokimia dan baterai. Baterai dapat menyimpan lebih banyak energi dibandingkan kapasitor, tetapi tidak dapat dilakukan pengisian (pengecasan) secara cepat, yang berarti bahwa kerapatan daya rendah (M. Farhadi dan O. mohammed, 2014). Disisilain kapasitor menyimpan energi persatuan massa atau volume relatif lebih kecil tetapi energi listrik dapat disimpan dengan cepat untuk menghasilkan banyak daya, sehingga kerapatan dayanya tinggi relatif lebih tinggi.

Super kapasitor mengikuti prinsip-prinsip dasar yang sama seperti konvensional kapasitor. Namun, pada *super kapasitor* luas area permukaan elektroda A di buat lebih besar dan ketebalan dielektriknya di buat jauh lebih tipis sehingga menurunkan jarak D antara elektroda. Dengan demikian menurut persamaan 7 dan 8 hal ini akan menyebabkan peningkatan kapasitansi dan energi pada super kapasitor (Palaniselvam Dkk, 2015).



Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor (Palaniselvam Dkk, 2015)

Super kapasitor memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah waktu hidup lebih lama, prinsip dan model sederhana, kapasitas penyimpanan energi lebih besar, rapat daya tinggi, dan waktu *re-charge* pendek serta aman dalam penggunaannya dibandingkan dengan baterai elektrokimia dan baterai, kerapatan daya lebih tinggi pengisian lebih pendek (Fitria Puspitasari Dkk, 2014). Pada gambar 2.5 menggambarkan ilustrasi dasar fungsi *super kapasitor*, distribusi tegangan di dalam kapasitor dan rangkaian DC ekivalennya yang disederhanakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Bahan- Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk perancangan Alat Penukar Botol Plastik Bekas Ditukar Dengan Air Minum Cup Mineral Berbasis Arduino ini yaitu :

1. Plat Aluminium dengan ketebalan 2mm sebagai media kolektor.
2. Serbuk *graphene* sebagai elektroda.
3. Polyurethane resin sebagai perekat antara plat aluminium dengan *graphene*.
4. Aaktivated Carbon (karbon aktif) di gunakan untuk penunjang daya serap energi listrik sebagai elektroda.
5. Phosphoric Acid (Asam Fosfat) sebagai elektrolit
6. Tisu digunakan sebagai separator untuk pemisah antara elektroda positif dan negatif.

7. Kabel digunakan sebagai kaki kolektor negatif dan positif.
8. Pembungkus Plastik sebagai cover superkapasitor.
9. Lakban sebagai lapisan kover kedua dan sebagai perekat superkapasitor.
10. Paku tembak sebagai penghubung kabel dan plat aluminium.

3.2.2 Peralatan Penelitian

peralatan penunjang yang di gunakan untuk membuat *graphene super kapasitor* sebagai pengganti baterai, kapasitor konvensional dan sebagai saving energi.

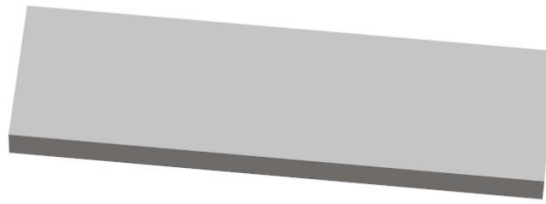
1. Dc Power Suply bertujuan untuk memberikan tegangan dan arus listrik ke *super kapasitor*.
2. Multimeter sebagai pengukur dan pengetesan komponen yang mengacu pada besaran arus, tegangan dan farad.
3. LCR bertujuan untuk mengukur capasitansinya.
4. Bor digunakan untuk membuat lubang pada plat aluminium.
5. Tang rivet untuk menembakkan paku tembak ke plat aluminium.
6. Tang digunakan untuk memotong maupun mengelupas kabel.

3.3 Tahapan Perancangan Material

3.3.1 Plat Aluminium

Plat aluminium digunakan sebagai colector antara anoda dan katodanya, yang

sebagai double layer atau plat kanan kiri *super kapasitor*, yang akan menerima energi listrik dan kemudian di hantar ke elektroda.

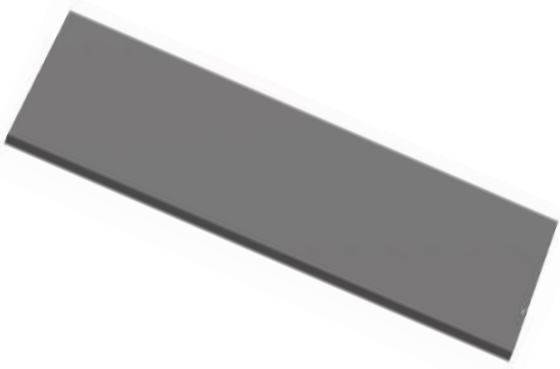


Gambar 3.1 Plat Aluminium

Plat aluminium yang digunakan adalah berdiameter 2mm dengan luas 4x7 cm, permukaan aluminium harus bersih agar *graphene* dapat melekat pada permukaan aluminium, untuk membersihkannya aluminium harus di amplas dengan kertas amplas 500, agar kotoran yang melengket di plat terangkat atau terkikis, kemudian plat kembali di amplas dengan kertas amplas 1000 untuk menghaluskan permukaan yang kasar tadi setelah itu ratakan pinggiran plat dan haluskan kembali. Kemudian lubangi ujung plat, lubang pada plat tersebut berfungsi mengikat kabel dengan paku tembak, agar kabel tidak terlepas. Lubang untuk paku tembak tersebut dengan diameter 3-4 mm tergantung dari diameter paku tembak yang kita gunakan.

3.3.2 Graphene

Graphene berfungsi sebagai elektroda katoda dan anoda *double layer super kapasitor* yang akan menerima energi listrik dari kolektor dan kemudian menyimpan muatan listrik tersebut sementara setelah itu muatan listrik terbang.



Gambar 3.2 Lempengan Elektoda *Graphene*

Pembuatan *graphene* dari serbuk graphite powder yaitu dengan cara sintesis kimia dengan banyak cara metode salah satunya adalah dengan metode hummer's :

1. Siapkan graphite powder
2. Potassium permanganate
3. Sulphuric acid
4. Hydrogen peroxide
5. Distilled water
6. Hot plate magnetic stirrer
7. Ice bath
8. Jar atau gelas ukur kimia

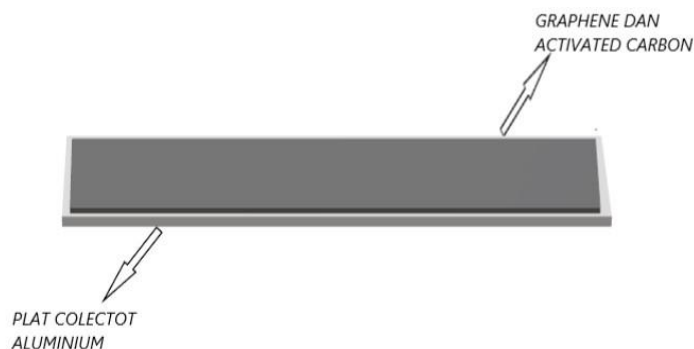
PROSEDUR PEMBUATAN

Letakkan ice bath di atas hot plate magnetic stirrer, dan masukan jar ke dalam ice bath tersebut, kemudian masukan 50 ml *sulphuric acid* kedalam jar, setelah

satu jam masukan 1.5gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.5gr *pottasium permanganate* secara perlahan lahan, karena akan ada reaksi kimia, suhu plat harus terjaga di bawah 20 °C dan stirrer selama 3 jam, angkat ice batch setelah 20 menit stirrer, setelah 3 jam stirrer, tambahkan 55ml air destilisasi ke dalam jar setetes demi setetes agar tidak terjadi reaksi kimia yang berlebihan yang mengakibatkan panas, sehingga kita harus mengatur suhu plat 50 °C untuk memulai proses oksidasi. Kemudian stirrer hingga berubah warna menjadi kecoklatan yang menunjukkan pembentukan *graphene* oksida. Tambahkan lagi 100ml air destilisasi untuk mengoksidasi *graphite* jika ada yang tertinggal. Pada langkah terakhir, tambahkan 5ml hidrogen peroksida untuk menghilangkan jumlah *potassium permanganat* yang berlebihan atau dengan sederhana untuk menghentikan reaksi. Kemudian diamkan sampai serbuk *graphene* mengendap kebawah, setelah mengendap buang air tersebut dan kemudian di keringkan sehinggal menjadi bubuk *graphene*.

3.3.3 Poly Urethane

Poly urethane berfungsi sebagai perekat antara *graphene*, *activated carbon* dan lempengan aluminium. selain itu, *Poly urethane* juga berfungsi sebagai pelindung agar cairan elektrolit tidak bisa mententuh plat colector aluminium dan juga agar tidak terjadi kehilangan kapasitansi yang akan membuat elektron bergerak ke colector.



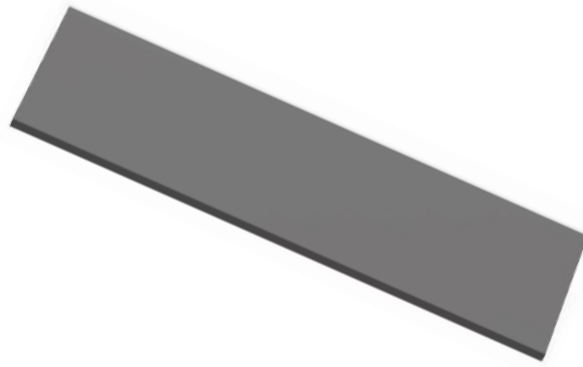
Gambar 3.3 *Graphene* dan Activated carbon yang telah terikat dengan aluminium

PROSEDUR KEGUNAAN

Poly urethane akan di campurkan dengan *graphene* powder dengan perbandingan 2 mili polyurethane dan 1,5 gr *graphene* powder yang kemudian di stirrer sampai merata, setelah merata kemudian campurkan *graphene* dan polyurethane setelah itu langsung di oleskan, karena sifat *polyurethane* yang mudah cepat mengering dan sangat melekat, diamkan atau keringkan sekitar 1 sampai 2 jam agar mendapatkan hasil yang maksimal, pengeringan juga harus di tempat yang terhindar dari debu atau di tempat yang bersih agar kotoran-kotoran tersebut tidak merusak struktur konduktivitas *graphene*. Terlihat Pada gambar 3.3 *Polyurethane* telah mengikat serbuk *graphene* dan activated carbon ke plat collector aluminium dan kemudian akan di berikan cairan elektrolit *phosphoric acid*. Jepit kedua plat tersebut, maka akan ada tetesan cairan elektrolit *phosphoric acid*, biarkan tetesan tersebut jatuh, gunanya agar tidak terlalu banyak cairan elektrolit yang memuai jika terjadi panas.

3.3.4 Activated Carbon

Activated carbon berfungsi sebagai anoda dan katoda sama seperti *graphene* fungsinya tetapi activated carbon hanya sebagai penyimpan muatan listrik juga sebagai lapisan kedua setelah *graphene* yang akan di berikan cairan elektrolit.



Gambar 3.4 Lempengan *Activated Carbon*

PROSEDUR PEMBUATAN

Activated carbon atau di sebut juga sebagai arang aktif seperti yang telah di jelaskan, arang aktif yang berukuran krikil di haluskan dengan blander kemudian di saring dengan ayakan mesh 200 dan 100 mesh di ayak secara bersamaan. Setelah di ayak arang aktif di taburkan di atas *graphene* yang masih basah agar arang aktif tersebut menyerap *graphene* sebagai pengikatnya.

3.3.5 Phosporic Acid

Phosporic acid berfungsi sebagai elektrolit pada *super capasitor* yang akan mereaksi ion positif dan negatif yang akan dipisah oleh separator, ion positif dan negatif akan bergerak bebas ketika sebelum di beri tegangan dan ketika di beri tegangan ion positif dan negatif akan tertarik ke elektroda.

PROSEDUR KEGUNAAN

Phosporic acid ada dua jenis yaitu :

1. Phosporic acid analis
2. Phosporic acid teknis

Dalam penelitian ini menggunakan *phosporic acid* analis karena memiliki kemurnian yang sangat tinggi di bandingkan dengan *phosporic acid* teknis dengan konsntrat 85%, dengan konsentrat yang tinggi ini bisa kita manfaatkan sebagai cairan elektrolit pada media super capasitor. Tuangkan 5ml cairan *phosporic acid* kedalam wadah kemudian ambil kuas dengan ukuran yang kecil dan halus, oleskan cairan *phosporic* tersebut ke kertas tisu sebagai separator dan kemudian oles kan ke salah satu plat yang telah di oleskan dengan *graphene* pengolesan cairan *phosporic* tersebut harus sesuai jangan sampai kelebihan karena cairan tersebut juga bisa membuat aluminium menjadi korosit.

Setelah selesai jepit aluminium dengan penjepit supaya cairan *phosporic* yang berlebihan menetes keluar, tunggu 1-2 jam lepaskan penjepit secara perlahan agar plat tidak tergeser yang bisa merusak tisu tersebut sebagai separator.

3.3.6 Separator

Sebagai pemisah antara anoda dan katoda yang tercampur dengan cairan elektrolit dan sebgai jembatan polaritas. Ketebalan separator sangat beragam tergantung dari ketebalan elektorda.

PROSEDUR KEGUNAAN

Dalam penelitian ini separator yang di gunakan adalah jenis tisu kitchen towel yang memiliki tebal 2 ply sehingga membuat tisu tersebut kuat dan tidak mudah koyak dan juga menyerap cairan elektrolit. Ukuran yang di gunakan adalah sesuai ukuran plat aluminium yaitu 4x7cm maka tisu yang kita gunakan adalah 4x7cm dengan tebal 4ply atau di lipat menjadi dua.

Setelah itu potong tisu dengan ukuran 4x7cm dan letakkan tisu berada di salah satu elektroda kemudian tisu di beri cairan elektrolit dengan perlahan-lahan. Jepit tisu dengan elektroda yang lain.

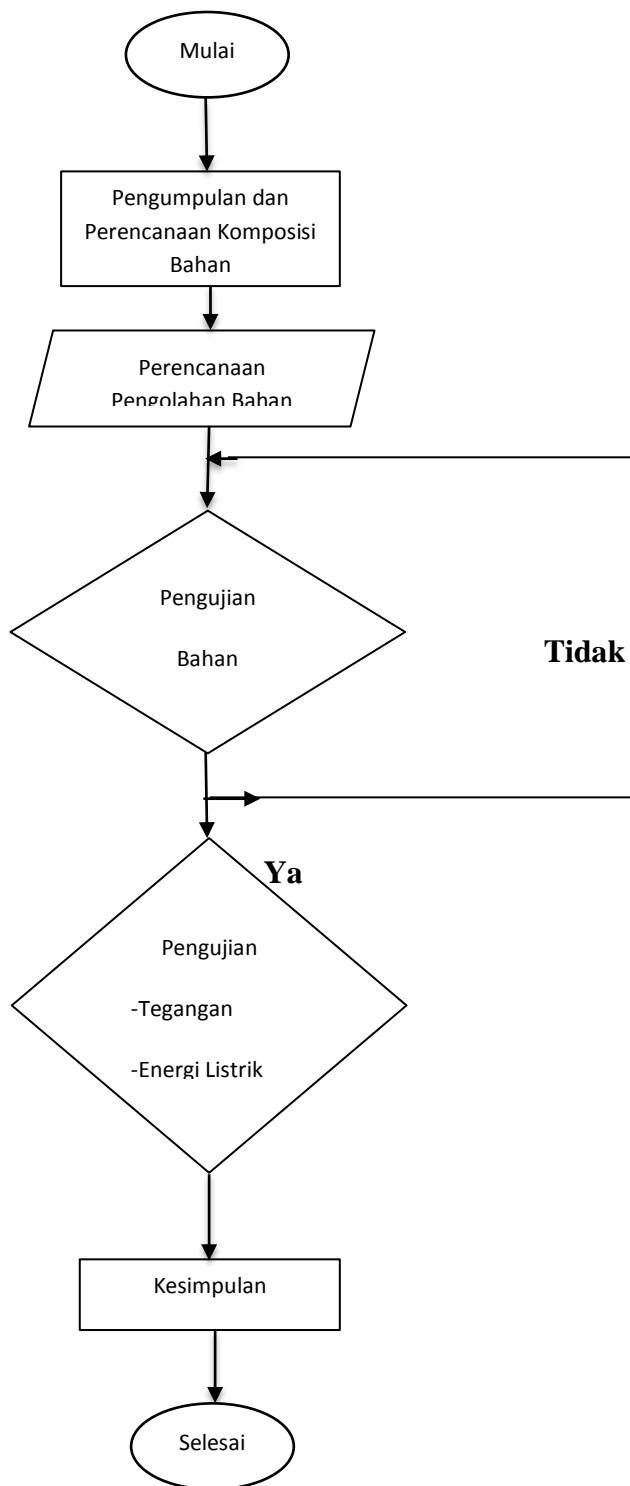
3.3.7 Plastik Vakum

Plastik vakum berfungsi untuk membungkus plat super kapastior agar udara tidak masuk dan mengganggu kapasitansi, di karenakan sifat permitivitasnya sehingga vakuman harus sesuai dan di uji berulang agar di pastikan udara tidak masuk kedalam, pengujian ini harus di kompaksi atau di tekan dan di beri aliran listrik, apakah sesuai dengan yang di inginkan atau tidak, jika tidak maka kembali lagi memeriksa vakuman apakah benar-benar sudah tidak ada lubang sedikit pun.

Jika masih ada maka harus membuat vakuman lain atau di doble menjadi dua kemudian di berikan kembali plastik tebal agar kapasitor tertekan dan menjadi padat. Plastik tebal di panaskan dengan heat gun agar plastik tersebut juga membantu menekan kapasitor tersebut. Setelah itu di uji kembali apakah sudah sesuai atau tidak.

3.4 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan perencanaan dari yang telah dibuat. pengujian disimulasikan di suatu sistem yang sesuai. Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kehandalan dari sistem dan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari alat yang di buat. Pengujian pertama-tama dilakukan secara terpisah, dan kemudian dilakukan ke dalam sistem yang telah terintegrasi.

4.2 Pengujian Peralatan

Pengujian yang dilakukan di bab ini yaitu antara lain :

1. Pengujian lama waktu tegangan listrik yang akan habis
2. Pengujian energi listrik yang tersimpan pada *super kapasitor graphene*
3. Pengujian nilai muatan yang tersimpan pada *super kapasitor graphene*
4. Pengujian nilai arus yang ada pada *super kapasitor graphene*

4.2.1 Pengujian Lama Waktu Tegangan Listrik Habis

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui sebera lama waktu tegangan listrik yang akan habis di dalam *super kapasitor graphene* dalam waktu

pengecasan yang berbeda-beda dengan ini akan di dapat nilai voltase yang akan turun di setiap menitnya. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Pengujian Lama Waktu Muatan Listrik Habis

| NO | VOLTASE | WAKTU | NILAI | VOLTASE | LAMA WAKTU |
|----|-----------------|---------------|-------------|----------------|------------------|
| | SUMBER TEGANGAN | PENGECASAN | CAPASITANSI | YANG TERSIMPAN | HABIS / TERBUANG |
| 1 | 3VDC | 1 Menit | 230 μ F | 1.8 v | 50 : 20,2 Menit |
| 2 | 3VDC | 2Menit | 230 μ F | 1.8 v | 58 : 28,8 Menit |
| 3 | 3VDC | 60 : 24 Menit | 230 μ F | 2 v | 180 : 18,4 Menit |

Dari tabel di atas dapat kita cari berapa voltase yang turun di setiap detiknya dan juga kita dapat mengetahui berapa tegangan yang terisi setiap detiknya, maka dapat kita tentukan dengan persamaan :

$$\text{voltase yang turun setiap detik} = \frac{\text{voltase yang tersimpan}}{\text{waktu habis/terbuang}}$$

$$\text{voltase yang terisi setiap detik} = \frac{\text{voltase yang tersimpan}}{\text{waktu pengecasan}}$$

Percobaan 1

$$\text{voltase yang turun setiap detik} = \frac{1.8}{3012.2} = 0.0006 \text{ } v_s$$

$$\text{voltase yang terisi setiap detik} = \frac{1.8}{60} = 0.03 \text{ } v_s$$

Percobaan 2

$$\text{voltase yang turun setiap detik} = \frac{1.8}{3496.8} = 0.0005 \text{ } v_s$$

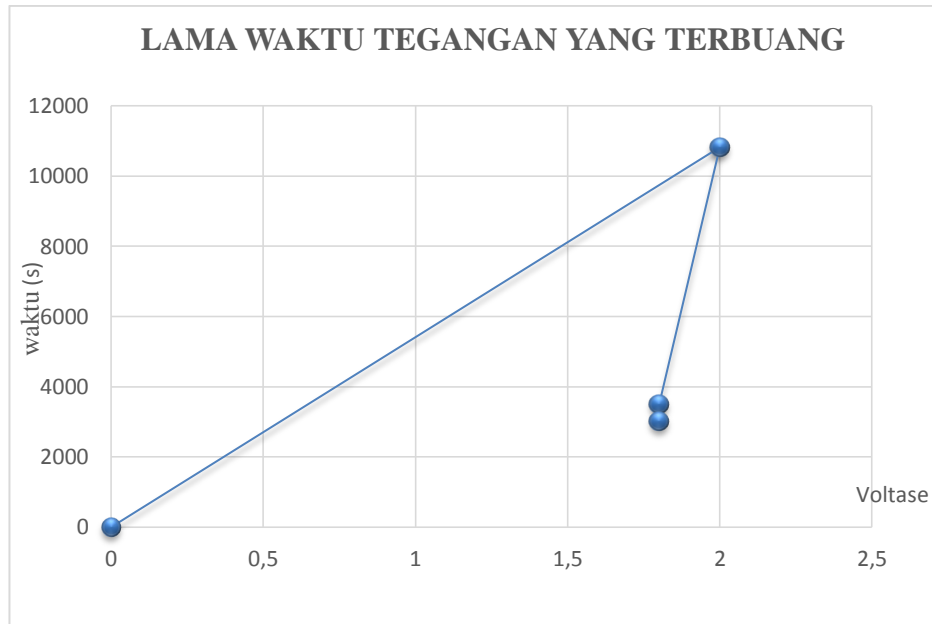
$$\text{voltase yang terisi setiap detik} = \frac{1.8}{120} = 0.015 \text{ } v_s$$

Percobaan 3

$$\text{voltase yang turun setiap detik} = \frac{2}{10810.8} = 0.000185 \text{ } v_s$$

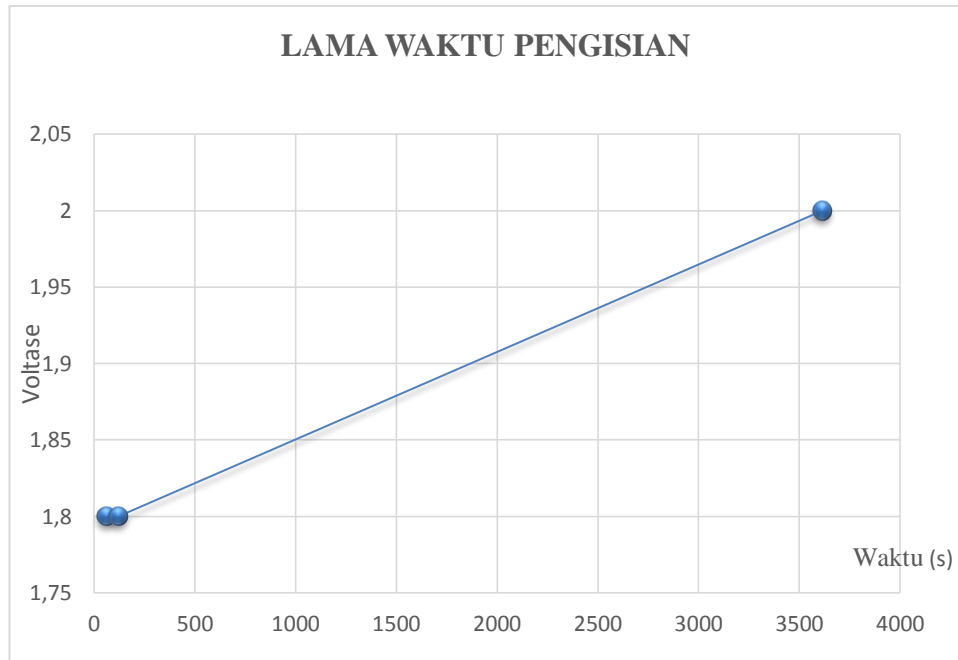
$$\text{voltase yang terisi setiap detik} = \frac{2}{3614.4} = 0.00055 \text{ } v_s$$

Dari persamaan di atas dapat kita lihat semakin lama pengisian nya maka semakin lama tegangan yang akan habis di lihat dari percobaan 1, 2, dan 3. maka kita bisa melihatnya dari grafik 4.1



Gambar 4.1 Grafik tegangan yang terisi terhadap lama waktu tegangan yang terbangun

Dari grafik di atas dapat dilihat selisih dari percobaan 1, 2 adalah sekitar 0.0001 dan selisih 1,2 terhadap 3 adalah sekitar 0.0004. pada percobaan selanjutnya kita dapat melihat grafik 4.2 tegangan yang terisi setiap detiknya dan dapat kita lihat dari persamaan di atas jarak dan perbedaannya.



Gambar 4.2 Grafik tegangan yang terisi terhadap waktu pengisian

Pada grafik di atas dapat di lihat waktu dan tegangan yang terisi, pada 0 dan 1,8 terlihat jarak yang jauh dan semakin mengkerucut di angka 3614,4 detik dan mencapai 2 volt.

4.2.2 Pengujian Energi Listrik Yang Tersimpan Pada *Super kapasitor Graphene*

pengujian ini adalah untuk melihat nilai energi listrik yang tersimpan pada super kapasitor *graphene* dalam satuan joule dengan tegangan yang berbeda-beda dapat di lihat dari tabel percobaan 4.1. untuk mencari nilai energi listrik yang tersimpan maka dapat kita cari dengan persamaan :

$$E = \frac{C}{2}(V)^2$$

E= energi listrik (*joule*)

C = muatan listrik (Farad)

V = tegangan (V)

Percobaa 1

$$E = \frac{1}{2}C(V)^2$$

$$E = \frac{1}{2}230 \times 10^{-6}(1.8)^2$$

$$E = \frac{0.0007452}{2}$$

$$E = 0.0003726 \text{ joule}$$

Percobaan 2

$$E = \frac{1}{2}C(V)^2$$

$$E = \frac{1}{2}230 \times 10^{-6}(1.8)^2$$

$$E = \frac{0.0007452}{2}$$

$$E = 0.0003726 \text{ joule}$$

Pada percobaan ke dua nilai w sama dengan nilai percobaan yang pertama di karenakan nilai tegangannya yang sama 1.8 Volt.

Percobaan ke 3

$$E = \frac{1}{2} C(V)^2$$

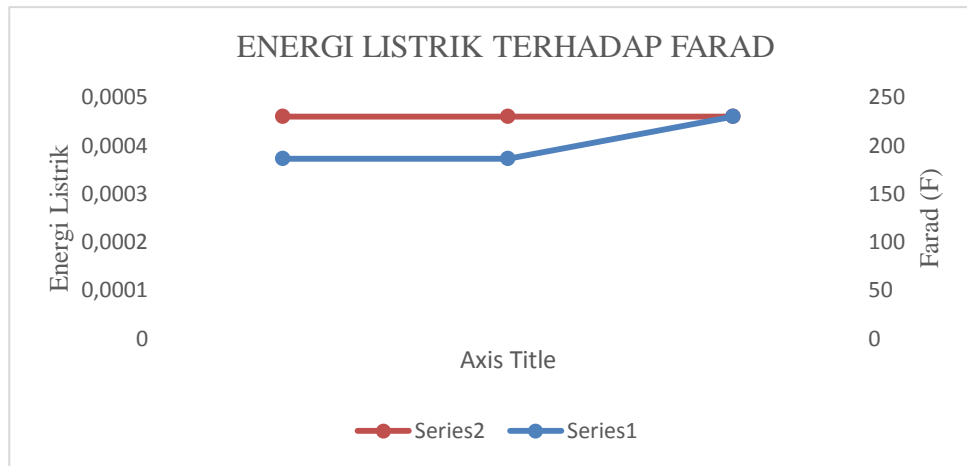
$$E = \frac{1}{2} 230 \times 10^{-6} (2)^2$$

$$E = \frac{0.00092}{2}$$

$$E = 0.00046 \text{ joule}$$

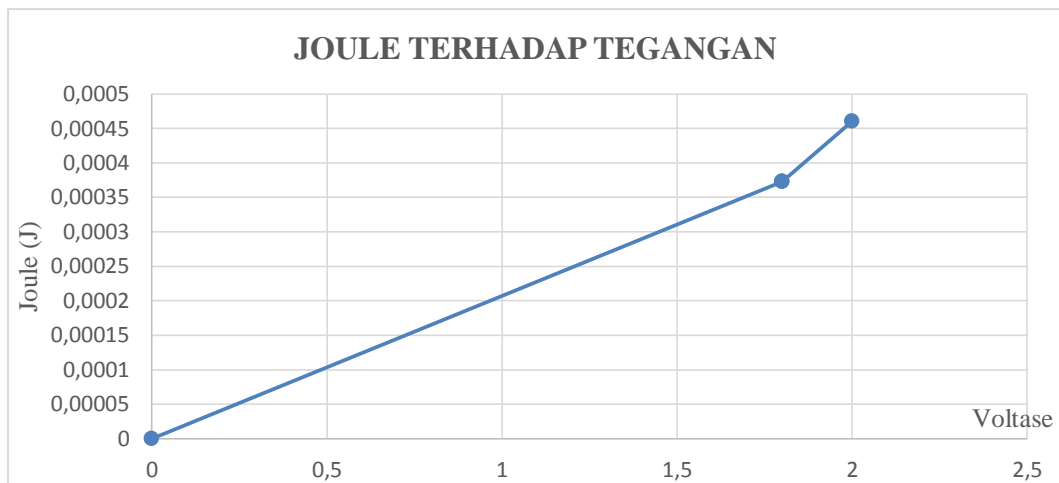
Dari tiga percobaan di atas dapat di lihat perbedaannya dimana 1 dan 2 nilainya sama di karenakan nilai tegangannya juga sama dan berbeda dengan percobaan ketiga yang nilai tegangannya tidak sama dengan percobaan 1 dan 2, semakin besar tegangannya maka semakin besar juga nilai joule yang di dapat dan juga semakin besar nilai faradnya maka semakin besar juga nilai joule yang di

dapat. Perbedaan ini dapat di lihat dari grafik terhadap nilai kapasitas *super kapasitor*.



Gambar 4.3 Grafik Energi Listrik Terhadap nilai kapasitansi *super kapasitor* (farad)

Pada grafik di atas menunjukkan kenaikan pada nilai energi terhadap kapasitansi *super kapasitor*, dari grafik dapat di lihat selisih yang sangat jauh dengan perbedaan 0.2v. Pada grafik selanjutnya bisa di lihat perbedaan terhadap tegangannya seperti di grafik 4.4.



Gambar 4.4 Grafik joule terhadap tegangan (v)

Pada grafik 4.4 dapat di lihat tegangan naik berbanding lurus dengan nilai joule, dapat di simpulkan semakin besar tegangan maka semakin besar nilai joulenya di lihat dari grafik dengan perbedaan tegangan 0.2 v.

4.2.3 Pengujian Nilai Muatan Yang Tersimpan Pada *Super kapasitor Graphene*

Pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai Q atau muatan listrik pada *super kapasitor graphene* dengan sumber pengecasan yang sama di lihat dari tabel percobaan 4.1 dimana tegangan sumber adalah 3v dari DC power supply. Untuk mencari nilai muatan listrik pada *super kapasitor graphene* adalah dengan persamaan :

$$C = \frac{Q}{v} = \text{sehingga } Q = C \times V$$

C = Kapasitansi (F)

Q = Muatan listrik (Coulomb)

V = Tegangan Listrik (Volt)

$$Q = C \times V$$

$$Q = 230 \times 10^{-6} \times 3$$

$$Q = 0.00069 \text{ Coulomb}$$

4.2.4 Pengujian Nilai Arus Yang Ada Pada *Super Kapasitor Graphene*

Pengujian ini untuk mengetahui berapa nilai arus yang ada di *dalam super capasitor graphene* dan juga mengetahui nilai joulenya, di lihat dari tabel percobaan 4.1 dengan persamaan :

$$I_1 = \frac{Q}{t}$$

I = kuat arus listrik (A *ampere*)

Q = nuatan listrik (C *columb*)

t = waktu (*secon*)

satuan kuat arus lainnya sebagi berikut :

- a. Miliampere (mA), 1 mili Ampere = 10×10^{-3}
- b. Mikroampere μ A, 1 μ Ampere = 10×10^{-6}

Percobaan 1

$$I_2 = \frac{Q}{t}$$

$$I_2 = \frac{0.00069}{60} = 1.15 \times 10^{-5} \text{ Ampere}$$

Percobaan 2

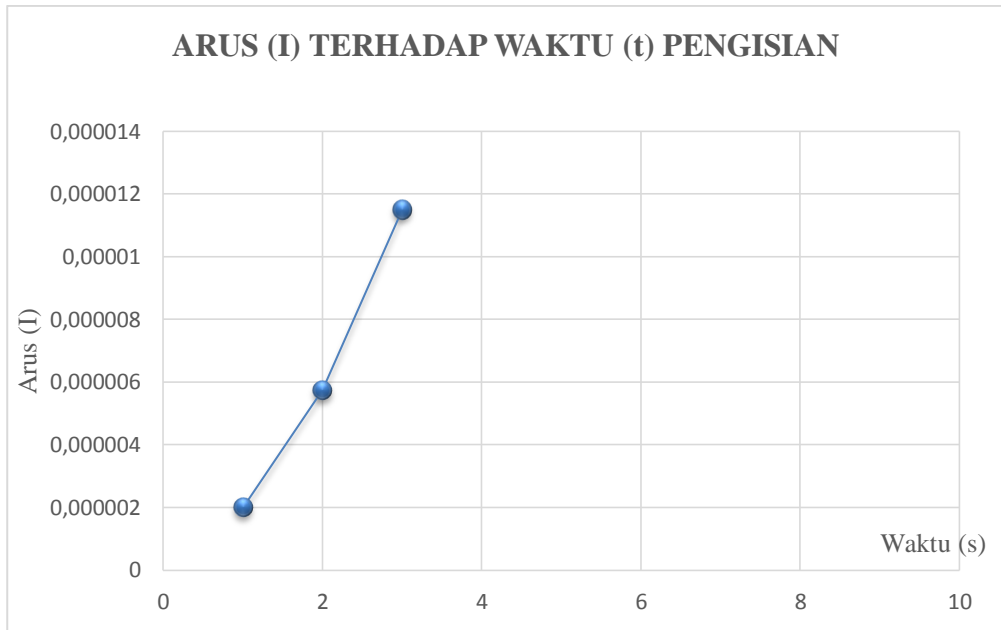
$$I_2 = \frac{Q}{t}$$

$$I_2 = \frac{0.00069}{120} = 5.75 \times 10^{-6} \text{ Ampere}$$

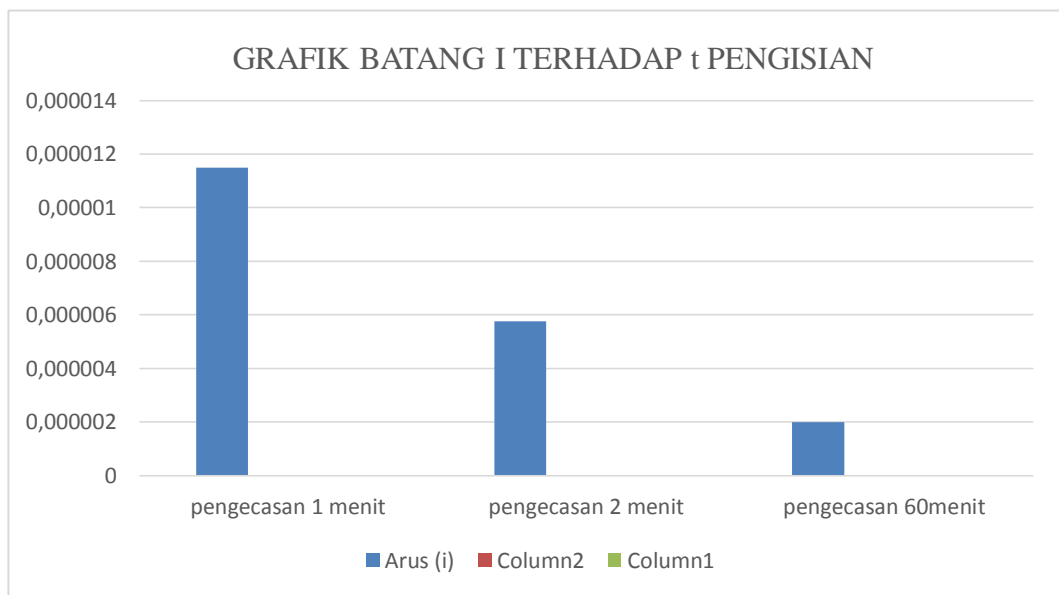
Percobaan 3

$$I_3 = \frac{Q}{t}$$

$$I_3 = \frac{0.00069}{3614.4} = 2 \times 10^{-6} \text{ Ampere}$$



Gambar 4.5 Grafik arus terhadap waktu pengisian



Gambar 4.6 Grafik batang arus terhadap waktu pengisian

Dari grafik di atas dapat kita lihat semakin lama pengecesannya maka arus yang mengalir akan semakin kecil di karena kan sifat konstan dari *super kapasitor* agar

tidak terjadi panas yang berlebihan sesuai dengan kemampuan karbon aktif dan *graphene*. Pada awal pengecasan arus tidak stabil di lihat dari garis Y dari 5 sampai 0.00000115 dan mulai stabil di detik 120 di angka 0,00000575. Pengujian selanjutnya dengan mengecas *super kapasitor* sampai 60 : 24 menit dan di rubah ke detik sekitar 3614,4 detik, dari grafik di atas arus mulai menurun sampai sampai 5 garis ke bawah di angka 0,000002 dan pada saat itu juga arus stabil selama pengecasan. Dapat kita lihat lebih jelas di grafik batang semakin lama pengecasan semakin kecil arusnya yang di hasilkan tetapi semakin lama arus yang terbuang di lihat dari grafik 4.1.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah di rencanakan dan di rancang dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu

1. Perancangan material *super kapasitor graphene* pada penelitian ini menggunakan elektroda yang berbahan dasar dari *graphene* dan menggunakan karbon aktif, penggunaan karbon aktif supaya membantu *graphene* untuk meningkatkan daya serap yang tinggi untuk kapasitansi dan energi listrik, plat aluminium sebagai kolektor, *polyurethane* sebagai perekat antara karbon dan plat aluminium tingkat kepadatan inilah yang mempengaruhi daya simpan muatan, *phosphoric acid* sebagai elektrolit antara muatan positif dan muatan negatif, penggunaan *phosphoric acid* ini adalah yang jenis food grade karena aman dan tidak terlalu asam apabila terkena tangan mau pun plat aluminium di bandingkan dengan yang teknis yang memiliki korosi yang tinggi juga sangat tidak aman bagi tangan.
2. Pembuatan *graphene* memiliki beberapa tahap salah satunya dengan menggunakan metode hummer's dengan takaran 25ml H₂SO₄, 1gr *graphene*, 3gr KMnO₄, 150 air destilasi. Setelah *graphene* terbentuk penggunaan *polyurethane* sebagai perekat harus sesuai dengan takaran 2mili *polyurethane* dan di campurkan dengan 1gr *graphene*. Setelah itu sebagai cairan elektrolitnya menambahkan 2 ml *phosphoric acid* ke separator dan nantinya akan di apid dua elektroda.

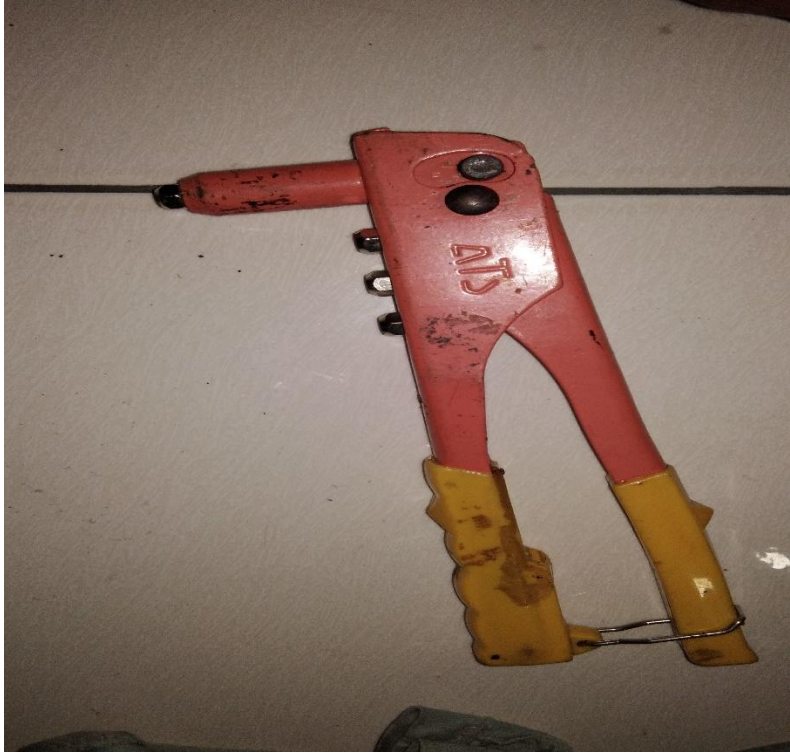
3. Tingkat daya serap dari penelitian ini masih kecil tetapi memiliki daya pengecasan yang singkat. Dengan pengecasan 1 menit dan memiliki nilai kapasitas 230 μF dapat memuat tegangan sebesar 1,8v dan tegangan yang habis selama 3012.2 detik atau 50 : 20,2 menit, selama itu tegangan yang turun 0.0005 %/s dan tegangan yang terisi 0.0015 %/s. Untuk memastikan dengan pengecasan selama 60 menit dan mendapat tegangan 2v dan tegangan yang habis selama 180 : 18,4 menit. Dapat di simpulkan semakin lama pengecasan maka semakin besar tegangan yang tersimpan dan semakin lama tegangan yang habis maka demikian dengan arus, dan energi listrik tersebut.

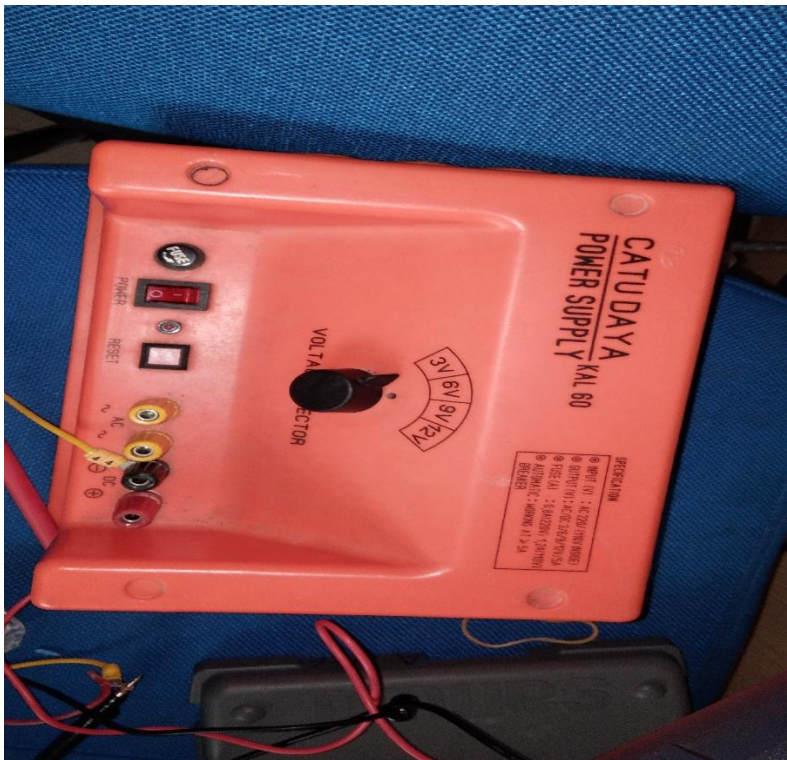
5.2 Saran

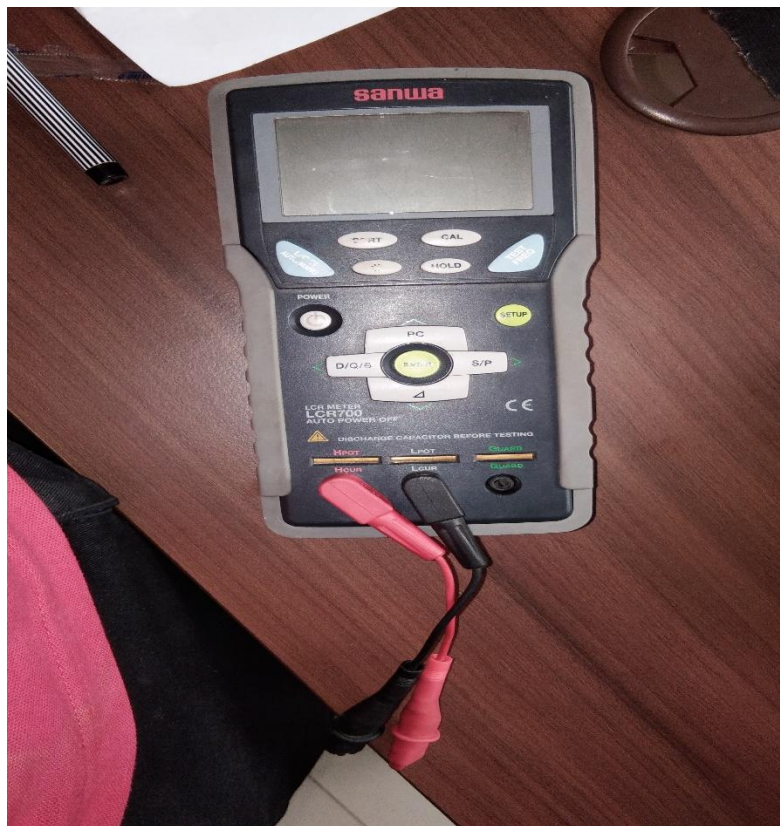
Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap ada penyempurnaan bahan dan campuran dengan menggunakan *polyurethane* jenis clear sebagai perekat antara elektroda *graphene* dan plat aluminium, menambahkan *polyvinyl alcohol* (PVA) pada *phosporic acid* supaya menetralkan asam pada *phosporic acid* sehingga aluminium tidak cepat korosi, juga melakukan sterilisasi agar *graphene* memiliki kualitas yang jauh lebih tinggi, pemakuman di tambah dengan plastik film yang memiliki ketebalan 2mm sebagai lapisan vakum yang terakhir supaya meminimalkan kebocoran, penggunaan bahan dan campuran harus di cek ke asliannya.

LAMPIRAN



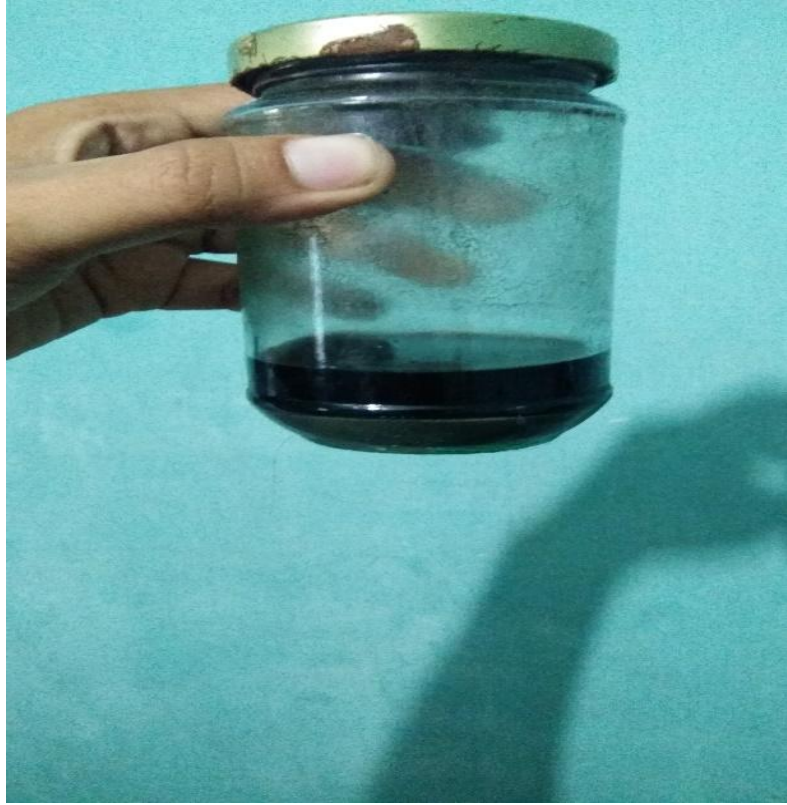


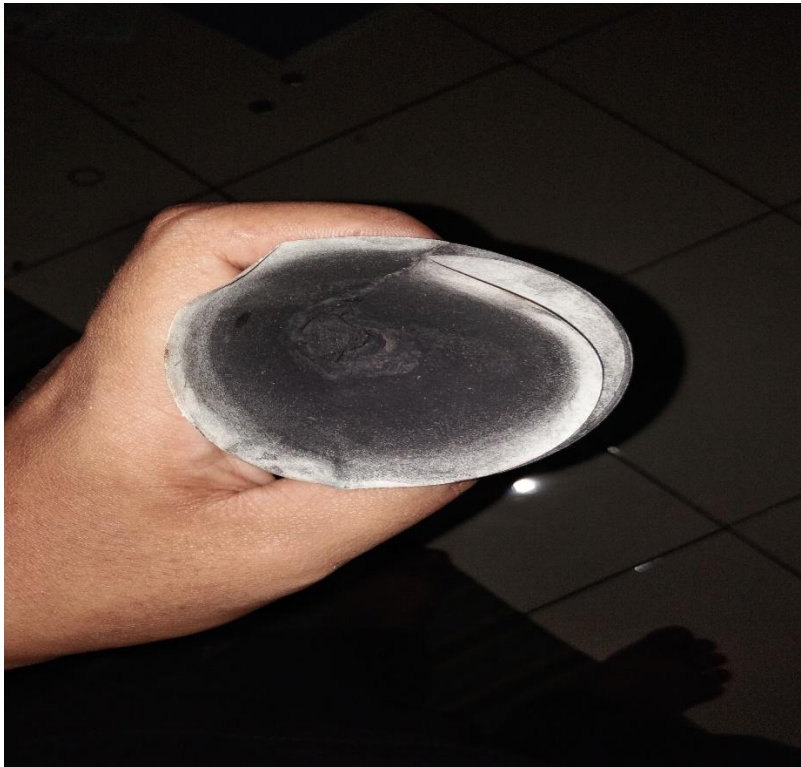






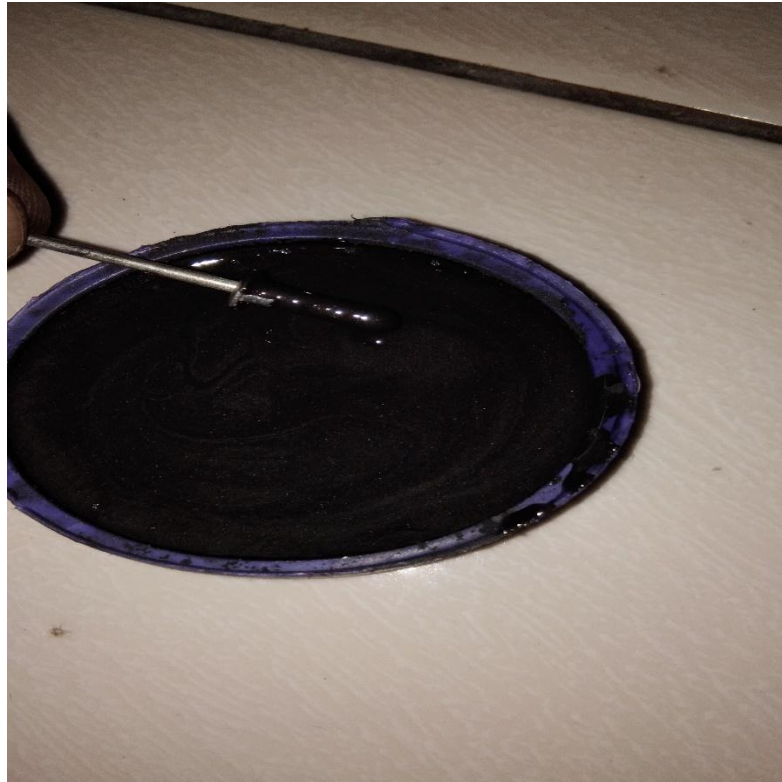


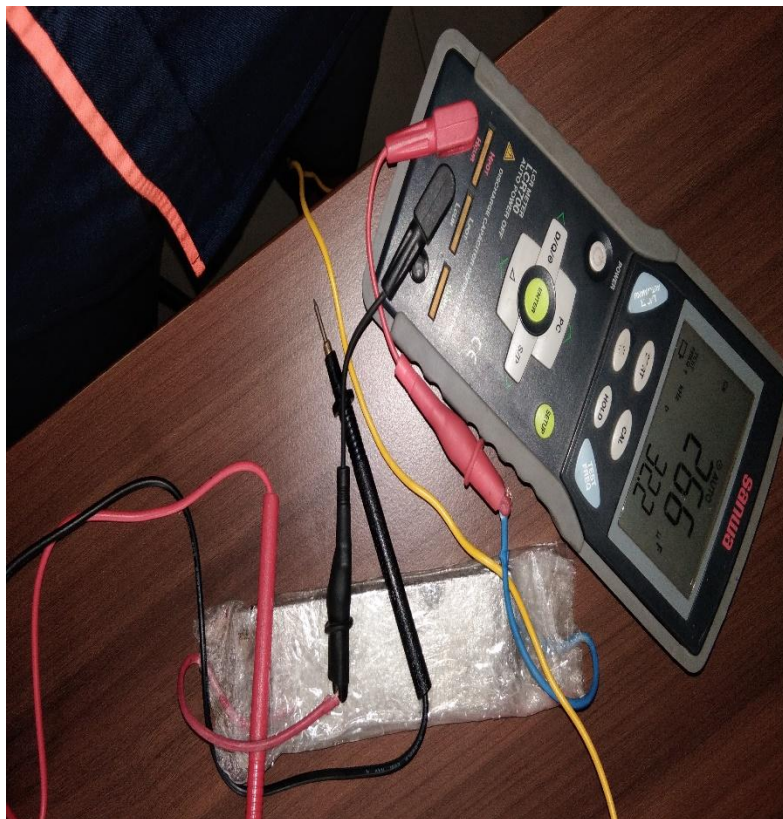
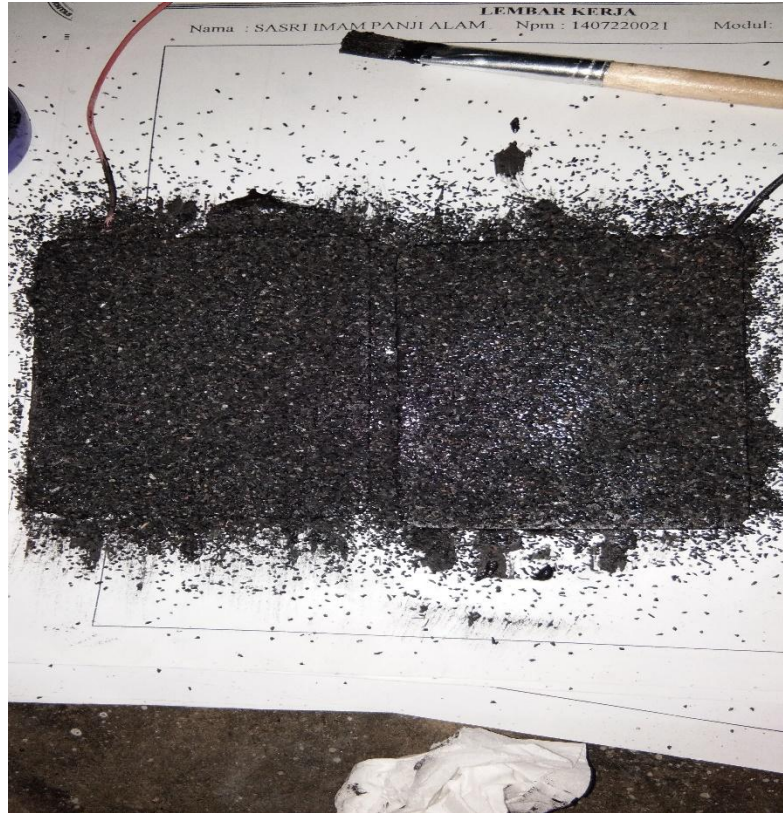


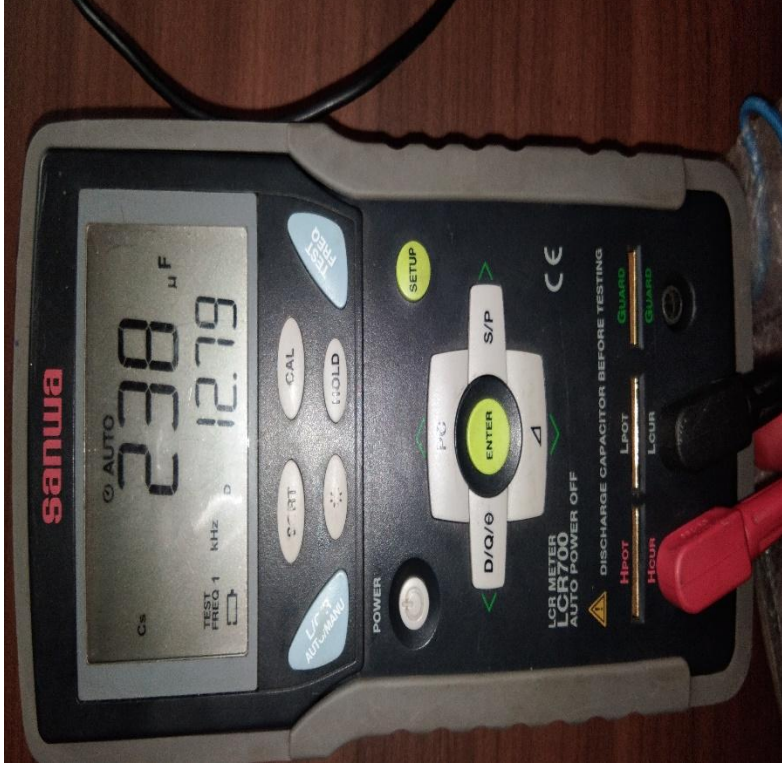
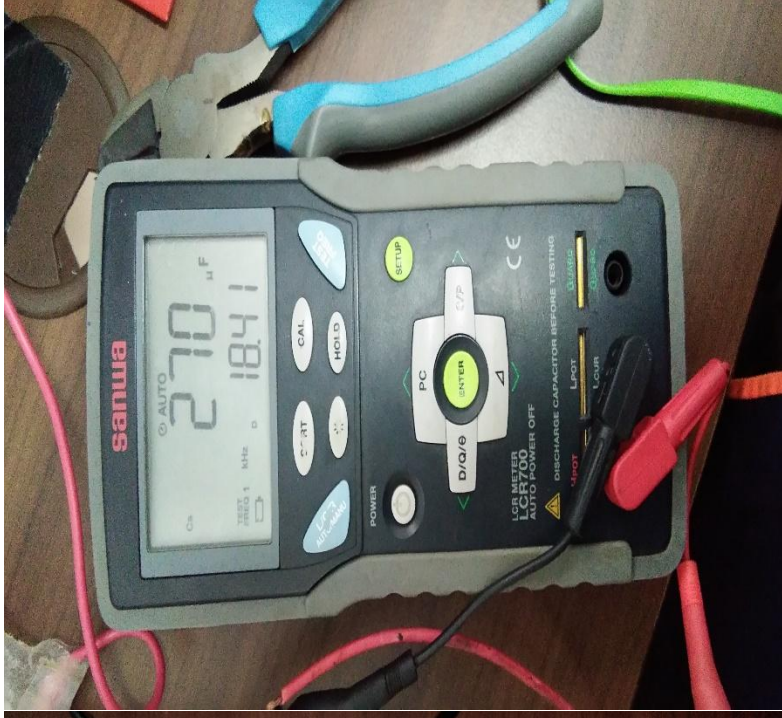


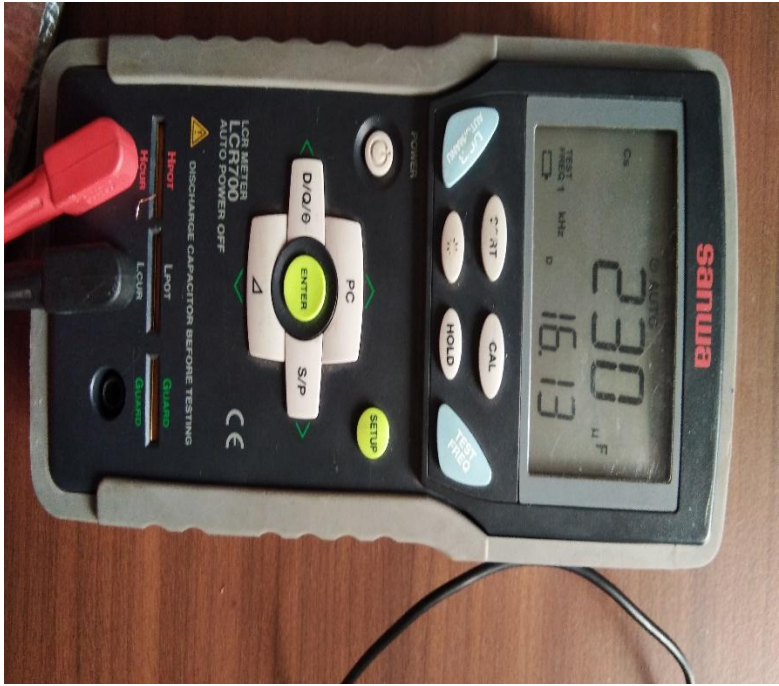












DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Azmy Adhytiawan, Diah Susanti, (2013). "*Pengaruh Variasi Waktu Tahan Hidrotermal terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene*". JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1
- Afdhal Rizky, dkk, (2015). "*Kebolehulangan (Reproducibility) Dalam Pembuatan Sel Superkapasitor Dari Kayu Karet*". JOM FMIPA Volume 2 No. 1
- Andre K. Geim, (2011). "*Nobel Lecture: Random walk to graphene*". REVIEWS OF MODERN PHYSICS, Volume 83
- Delebecq, dkk, (2013). "*On the Versatility of Urethane/Urea Bonds: Reversibility, Blocked Isocyanate, and Non-isocyanate Polyurethane*", Chemical Reviews. 113
- Dimitrios G. Papageorgiou, dkk, (2017). "*Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites*". Journal of Elsevier. Progress in Materials Science
- Efelina, V, (2015). "*Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinil Alcohol) yang difabrikasi Menggunakan Teknik Electrosponing*", Tesis. Yogyakarta : FMIPA UGM
- Farhadi, dkk, (2015). "*Performance enhancement of actively controlled hybrid DC microgrid and pulsed power load*". IEEE Trans. Ind. Appl. 51
- Fitria Puspitasari, dkk, (2014). "*Efek variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel SuperKapasitor Berbasis Karbon*". JOM FMIPA Volume 1 No. 2
- Genduk Alkurnia Wati, dkk, (2015). "*Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Dari Tempurung Kelapa*". Jurnal Fisika. Volume 04 Nomor 01
- Javni, dkk, (2013). "*Polyurethanes from soybean oil, aromatic, and cycloaliphatic diamines by nonisocyanate route*". Journal of Applied Polymer Science

- Ji-Lei shi, Dkk, (2014). "*Hydrothermal reduction of three-dimensional graphene oxide for binder-free flexible supercapacitors*". Electronic Supplementary Material (ESI) for Journal of Materials Chemistry A. Journal is The Royal Society of Chemistry
- Joko Murtono, Iriany, (2017). "*Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator H_3PO_4 dan Aplikasinya Sebagai Penjerap Pb(II)*". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 6, No. 1
- Keren Zhang dkk, (2016). "*Non-isocyanate poly(amide-hydroxyurethane)s from sustainable resources*". Journal is The Royal Society of Chemistry. Green Chemistry
- K. S. Novoselove (2004). "*Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*" VOL 306 SCIENCE
- Maher F. El-Kady, Dkk, (2012). "*Laser Scribing of High-Performance and Flexible Graphene-Based Electrochemical Capacitors*". Science 335, 1326 DOI:10.1126/science.1216744
- Mariana olivia Esterlita, Netti Herlina, (2015). "*pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH, dan H_3PO_4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnato)*". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 1
- M. Farhadi and O. Mohammed,(2014). "*Real-time operation and harmonic analysis of isolated and non-isolated hybrid DC microgrid*". IEEE Trans. Ind. Appl., vol.50, no.4, pp.2900–2909
- Murugan Saranya, dkk, (2016). "*Graphene-zinc oxide (G-ZnO) nanocomposite for electrochemical supercapacitor applications*". Journal of Science: Advanced Materials and Devices
- Mody Lempang, (2014). "*Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*". Info teknis EBONI VOL. 11 No. 2
- Nurhasni, dkk, (2012). "*Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon aktif*". Valensi Vol. 2 No. 4 (516-525)
- Nurlia Pramita Sari, dkk, (2017). "*Boron Doped Grephene 3-Dimensi untuk Superkapasitor Kapasitas Tinggi*". Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.2
- Palaniselvam, dkk, (2015). "*Graphene based 2D-materials for supercapacitors*". Iop science. 2D Materials. 2: 032002.

- Quinlan RA, dkk, (2013). "*Investigation of defects generated in vertically oriented graphene*". Elsevier Jurnal Carbon 64:92–100
- Rahman Faiz Suwandana, Diah Susanti, (2015). "*Analisis Pengaruh Massa Redoktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene*". JURNAL TEKNIK ITS VOL. 4 No. 1
- Rajput, dkk, (2014). "*Fatty acids based transparent polyurethane films and coatings*". Progress in Organic Coatings. 77
- Sri Yanti, dkk, (2014). "*Efek Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Monolit Terhadap Sifat Fisi dan Elektrokimia Sel Superkapasitor*". JOM FMIPA Volume 1 No. 2
- Teguh ariyanto, dkk, (2012). "*Pengaruh Struktur pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Yang Dibuat Dari Karbon Nanopori*". Reaktor, Vol. 14 No. 1
- T. Zhu E., Ertekin, (2016). "*Generalized Debye-Peierla/Allen-Feldman model for the lattice thermal conductivity of low-dimensional and disordered materials*", Phys. Rev. 93
- T. Zhu, E. Ertekin, (2016). "*Phonons, localization and thermal conductivity of diamond nano threads and amorphous graphene*", Nano Lett. 16
- Xiehong Cao, Dkk, (2014). "*Three-dimensional graphene materials: preparation, structures and application in supercapacitors*". journal is The Royal Society of Chemistry. Energy and Environmental Science
- Yang Gao, (2017). "*Graphene and Polymer Composites for Supercapacitor Applications: a Review*". Gao Nanoscale Research Letters 12:387 DOI 10.1186/s11671-017-2150-5
- Yu. M. Volfkovich, dkk (2012). "*Studies of Supercapacitor Carbon Electrodes with High Pseudocapacitance*". Recent Trend in Electrochemical Science and Technology, Dr. Ujjal Kumar Sur (Ed)

PERANCANGAN GRAPHENE BUATAN PADA MEDIA SUPER KAPASITOR SEBAGAI SAVING ENERGI

Sasri Imam Panji Alam¹⁾, Solly Ariza Lubis²⁾, Faisal Irsan Pasaribu³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara

^{2,3)} Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara

ABSTRAK - Graphene adalah material baru yang ditemukan tahun 2004 secara sederhana oleh Andre Geim dan Konstantin Novoselov dengan menggunakan selotip yang direkatkan dengan karbon sehingga didapat lapisan dengan orde nanometer dari karbon tersebut. Graphene memiliki keunggulan mobilitas muatan yang tinggi dan memiliki konduktivitas listrik dan panas lebih baik dari material yang lain. Terutama dalam pembuatan super kapasitor yang dapat menyimpan muatan listrik. Penelitian ini Bertujuan untuk merancang superkapasitor dengan bahan dari graphene, activated carbon, polyurethane dan phosphoric acid (H₃PO₄) dan menganalisis muatan listrik dan tegangan yang tersimpan selama pengecasan berlangsung, pada percobaan pertama pengecasan selama 1 menit dengan tegangan yang tersimpan 1,8volt dan tegangan akan habis selama 50:20,2 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.0006 v_s pada percobaan ke dua pengecasan selama 2 menit dengan tegangan yang tersimpan 1,8volt dan tegangan akan habis selama 58:28,8 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.0005 v_s , pada percobaan ketiga pengecasan selama 60:24 menit dengan tegangan yang tersimpan 2volt dan tegangan akan habis selama 180:18,4 menit, maka voltase yang turun setiap detiknya 0.000185 v_s . penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa superkapasitor memiliki muatan tegangan yang kecil tetapi memiliki daya simpan yang lama.

Kata Kunci : Graphene, activated carbon, polyurethane, phosphoric acid (H₃PO₄), super kapasitor, lama tegangan habis.

ABSTRACT - Graphene is a new material that was discovered in 2004 simply by Andre Geim and Konstantin Novoselov using tape that is glued to carbon to obtain a layer of nanometer order from the carbon. Graphene has the advantage of high charge mobility and has better electrical and thermal conductivity than other materials. Especially in the manufacture of super capacitors that can store electrical charges. This study aims to design a supercapacitor with materials of graphene, activated carbon, polyurethane and phosphoric acid (H₃PO₄) and analyzing the electrical charge and the voltage stored during the fitting, in the first experiment of 1 minute retention with 1.8volt stored voltage and voltage discharged for 50: 20.2 minutes, then the voltage drops every second 0.0006 v/s in the experiment to two chargers for 2 minutes with 1.8 volts voltage and the voltage will be exhausted for 58: 28.8 minutes, then the voltage drops every

second 0.0005 v/s, in the third experiment the 60:24 minute charger with 2volt stored voltage and the voltage will run out for 180: 18.4 minutes, then the voltage drops every second 0.000185 v/s. the research can be concluded that the supercapacitor has a small voltage charge but has a long shelf life

Keywords: *Graphene, activated carbon, polyurethane, phosphoric acid (H₃PO₄), supercapacitor, long voltage runs out.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tidak bisa dipungkiri bahwa semakin banyaknya populasi manusia di bumi, akan semakin banyak pula teknologi dan sumber energi yang dipakai. Pada era global ini, banyak sekali isu mengenai energi bermunculan, mulai dari sumber energi baru, terobosan energi alternatif, sampai pengembangan media penyimpanan energi. Media penyimpan energi yang dipakai pada alat elektronik sehari-hari adalah baterai dan kapasitor. Selama ini baterai memang dianggap efektif untuk menjadi sumber daya bagi alat yang membutuhkan voltase rendah. Namun, terdapat kelemahan jika sering dipakai maka baterai akan mengalami *voltage drop*. Adanya super kapasitor yang dipasang pada baterai akan meningkatkan performa dan umur pakai baterai (Rahman Faiz Suwandana, 2015). Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah *graphene*. *Graphene* adalah salah satu keluarga unsur karbon, yang A. K. Geim dan K. S. Novoselov pada tahun 2004. *graphene* menjadi kenyataan dan menyebabkan Geim dan Novoselov dianugerahi Hadiah Nobel pada tahun 2010 (Geim AK, 2011). Dalam teknik ini, sepotong grafit

mengalami pengelupasan pita berulang dan kemudian dipindahkan ke substrat. Jumlah lapisan kemudian dapat dievaluasi dengan metode yang berbeda dengan menggunakan mikroskop optik sederhana, spektroskopi Raman, mikroskop kekuatan atom dan / atau pemindaian mikroskop tunneling Metode preparasi ini masih membuat kristal kualitas tertinggi, namun hanya berguna untuk labscale percobaan dan prototyping karena tidak mungkin untuk meningkatkan proses (K. S. Novoselov, 2004). Penelitian ini membahas mengenai *graphene superkapasitor* dengan pengaruhnya terhadap lama pengisian charging, serta kapasitansi listrik material *graphene*, dan lama waktu daya yang terbuang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Elektroda *super kapasitor* material *graphene* di buat dengan cara mencelupkan *nickle foam* ukuran 10 cm x 1 cm di dalam larutan grafena (40 mg/ml). Bagian yang tercelup adalah sebesar 1 cm². Setelah itu, sepesimen di drying di dalam *muffle furnace* pada T= 110°C selama 12 jam. Setelah kering sepsimen di press dengan menggunakan mesin pengepres dengan

waktu 10 detik, lalu di rendam dalam larutan elektrolit Na₂SO₄ Selama 10 jam. Untuk mengetahui pengaruh waktu hidrotermal 12, 19, dan 24 jam, dapat dilihat bahwa dengan perubahan waktu tahan hidrotermal; 12 jam, 18 jam, dan 24 jam menunjukkan *graphene* memiliki puncak 2θ. (Achmad Azmy Adhytiawan dan Diah Susanti, 2013).

Sintesis *graphene* menggunakan metode reduksi grafit oksida 40mg grafit oksida dilarutkan dalam 40ml aquades. Proses ini dilakukan hingga larutan menjadi homogen. Setelah larutan menjadi homogen, larutan di ultrasonikasi dengan *ultrasonic cleaner* yang memiliki kemampuan memancarkan gelombang ultrasonik sebesar 50/60 Hz. Ultrasonikasi dilakukan dalam waktu 90 menit. Akibat gelombang ultrasonik maka grafit oksida akan terkelupas menjadi *graphene* oksida (GO). Lalu di tambahkan 37% HCl ke larutan GO dan di stirring. Selanjutnya di tambahkan Zn, sehingga terjadi gelembung-gelembung gas karena terjadi reduksi. Ketika gelembung berhenti, kembali ditambahkan HCl untuk menghilangkan ZnO yang merupakan pengotor, dari proses sintesis ini dihasilkan *graphene* oksida tereduksi. (Rahman Faiz Suwandana dan Diah Susanti, 2015). penelitian ini dilanjutkan dengan diaplikasikannya *graphene* sebagai elektroda *super kapasitor* sehingga diharapkan dengan penambaha *grapheme* tersebut akan meningkatkan kapasitansi elektroda superkapasitor (Achmad Azmy Adhytiawan dan Diah Susanti, 2013).

Siklus voltameteri elektroda *super kapasitor* pada rentang potensial dari 0,0 V sampai 0,8 V dengan laju scan 100mV/s secara bolak-balik pada temperatur ruang dapat diketahui nilai kapasitansi elektroda dengan menggunakan persamaan :

$$C_{sel} (F) = \int i dV \Delta V x V_s \quad (1)$$

$$C_s (Fg-1) = 2 C_{sel} m \quad (2)$$

Dengan C_{sel}= kapasitansi sel (F),

I = arus pengosongan (A),

V_s = laju scan (mV/s),

ΔV = rentang potensial (V),

C_s = kapasitansi spesifik (Fg-1),

m = massa elektroda (g),

x= tebal elektroda (cm).

uji kapasitansi *super kapasitor* menunjukkan bahwa meningkatnya mesoporositas karbon nanopori akan meningkatkan nilai kapasitansi spesifik. Kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 336 F/g diperoleh jika menggunakan karbon mesopori hasil karbonisasi resorcinol phenol formaldehyde ethylene glycol (CRPFEG2) sebagai material elektroda *super kapasitor*. (Teguh Ariyanto, Dkk, 2012).

Berdasarkan pengamatan, *graphene* dimuat secara *uniform* pada *Ni foam*, akan tetapi besar kemungkinan *Ni foam* akan ikut bereaksi pada saat pengujian . (Nurlia pramita Sari, Dkk, 2017). *Super kapasitor*, menjanjikan penyimpanan energi elektro kimia dengan kelebihan

kerapatan daya tinggi dan panjang siklus hidup. Berdasarkan muatan yang berbeda mekanisme penyimpanan, *super kapasitor* dapat di bagi menjadi listrik double layer kapasitor (EDLC) dan *pesudokapasitor* (Xiehong Cao, Dkk, 2014). Kapasitansi *super kapasitor* dilakukan dengan metode *galvanostatik* yaitu memberi dan melepaskan muatan pada arus konstan dengan kerapatan sebesar 1 mA/cm² dengan menggunakan KOH 30% sebagai elektrolit. (Teguh ariyanto, Dkk, 2012).

Kapasitansi masing-masing perangkat dihitung dari *galvanostatik* (CC) pada kerapatan arus yang berbeda dengan menggunakan rumus :

$$C_{device} = i / (-dV/dt) \quad (3)$$

Dimana yang saya terapkan (dalam ampli, A) dan dv/dt adalah kemiringan kurva debit (dalam volt per detik, V / s). Kapasitansi spessifik di hitung berdasarkan luas atau volume tumpukan perangkat sesuai dengan rumus berikut:

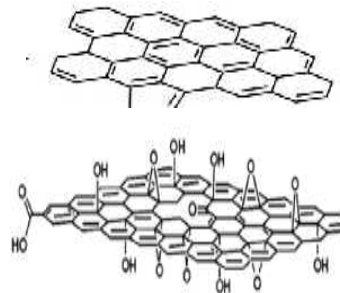
$$\text{Kapasitansi Areal} = C_{device} / A \quad (4)$$

$$\text{Volumetrik tumpukan kapasitansi} = C_{device}/V \quad (5)$$

Dimana A dan V mengacu pada area (cm²) dan volume (cm³) perlu di sebutkan bahwa kapasitansi volumetrik di hitung. Ini termasuk bahan aktif, fleksibel substrat (kolektor arus) dan pemisah dengan elektrolit. (Maher F. El-Kady, Dkk, 2012).

2.2 Graphene

Graphene adalah material yang paling tipis yang dapat kita bayangkan sekaligus yang paling kuat di antaranya. *Graphene* bersifat seperti karet dan tahan dari liquid dan gas. Karena strukturnya yang begitu rapi *graphene* dapat di gunakan sebagai saringan super detail, karena atom-atom besar tidak lewat di antaranya. Ini adalah bagian dari teknologi nano. Strukturnya yang tipis dan juga seperti sarang lebah yang membuatnya menjadi material yang merekat satu sama lain (Efelina, 2015).



Gambar 2.1. Struktur pori-pori *graphene Oksida* (Efelina, 2015)

3. Kelebihan Graphene

Keunggulan yang dimiliki dalam sifat kelistrikannya yaitu *graphene* memiliki mobilitas pembawa muatan mencapai 15000 cm²V⁻¹s⁻¹ pada suhu 300 K dan ~60000 cm²V⁻¹s⁻¹ pada suhu 4 K (Novoselov, 2004). Selain itu, konduktivitas optik universal *graphene* ($\sigma_0 = \pi e^2 / 2h$) pada rentang energi inframerah sampai cahaya tampak (*visible*) (Efelina, 2015). Graphene telah menjadi bahan yang paling menggembirakan untuk aplikasi penyimpanan energi karena konduktivitas listriknya yang tinggi, konduktivitas termal, stabilitas kimia unggul, kekuatan mekanik yang unik (T. Zhu dan E. Ertekin, 2016).

graphene memiliki keunggulan karena mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi dan rendahnya gangguan, yang membuat *graphene* ini tidak mengalami perubahan dalam mendeteksi (Yang Gao, 2017). *Graphene* sebagai komposit digunakan sebagai komponen pada pesawat terbang, mobil, dan kendaraan lainnya (Dimitrios G. Papageorgiou, dkk, 2017).

4. Kekurangan Pada *Graphene*

Salah satu tantangan penting produksi grafena adalah cara material itu dikembangkan. Material itu masih harus diisolasi menggunakan teknik Scotch Tape, diisolasi dari grafit yang digunakan dalam batang pensil dengan teknik yang rumit dan kompleks menggunakan selotip. Lembar *graphene* yang tumbuh melalui pengendapan uap kimia (CVD) secara langsung tembaga atau nikel foil (Yang Gao, 2017). . Di Selain itu, biayanya merupakan salah satu faktor terpenting pertimbangan untuk perangkat supercapacitor praktis Juga konduktivitasnya yang tidak dapat diubah, yang berarti bahwa sebagai semikonduktor, grafena tak berguna, Jika kekurangan ini bisa diatasi, grafena bisa digunakan dalam berbagai perangkat sebagai pengganti transistor silikon super cepat, yang sudah mencapai kapasitas maksimal mereka. Grafena punya kemampuan seratus kali mobilitas elektron silikon (Quinlan RA, Dkk, 2013). Keterbatasan lain datang dalam bentuk produksi, saat ini hanya dapat disintesis dalam bentuk kristal kecil. Meskipun ini cukup bagi para

peneliti untuk menguji sifat-sifat dan memahami manfaatnya, belumlah cukup memproduksinya untuk penggunaan komersial secara massal.

2.3 Karbon Aktif (Activated Carbon)

Arang aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon dan terutama yang memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang aktif. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi arang dengan cara fisika atau kimia di dalam retort (Mody Lempang, 2014). Cangkang buah karet merupakan limbah padat yang sangat berpotensi untuk beragam kegunaan, diantaranya adalah untuk bahan baku pembuatan karbon aktif. Dalam penelitian ini, limbah cangkang buah karet tersebut diolah menjadi arang aktif (Joko Murtono dan Iriany, 2017).

2. Sifat Arang Aktif

C. Sifat Kimia

Nanopori karbon merupakan karbon aktif yang memiliki pori dalam skala nanometer. Distribusi pori yang besar pada nanopori, luas permukaan yang sangat besar, dan kapasitansi yang besar menyebabkan bahan ini dipilih sebagai bahan elektroda pada superkapasitor (Genduk Alkurnia Wati Dkk, 2015). Karbon aktif juga digunakan untuk memperbaiki sifat

mekanik, sifat anti korosif, sifat fisis, dan komposisi baja JIS 415 (Izahyanti, 2013).

D. Sifat Fisika

Karbon aktif digunakan sebagai adsorben karena mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori sehingga luas permukaan persatuan massa besar serta mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik atau kimiawi (Nurhasni Dkk, 2012).

E. Struktur

Karbon aktif merupakan karbon amorf dengan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m²/gr (Mariana olivia Esterlita dan Netti Herlina, 2015).

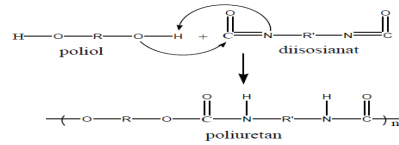
F. Daya Serap

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak Daya serap arang aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya (Murugan Saranya Dkk, 2016).

2.4 Polyurethane

Polyurethane adalah suatu bahan campuran atau hasil pengisolvenan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan haus, tahan terhadap beberapa kimia ringan, stabil dalam suhu dingin dan panas (Keren Zhang Dkk, 2016). *polyurethane* adalah polimer thermosetting yang tidak

meleleh saat dipanaskan, poliuretan termoplastik juga tersedia (Delebecq Dkk, 2013).



Gambar 2.2 Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan Polyurethane (Javni Dkk, 2013)

Poliuretan berbasis non-isosianat (NIPU) baru-baru ini dikembangkan sebagai kelas baru polimer poliuretan untuk mengurangi masalah kesehatan dan lingkungan (Javni Dkk, 2013).

Karakteristik Polyurethane

Koefisien rambatan panas yang dihasilkan oleh *polyurethane* hanya sekitar 0,017. Itu pertanda bahwa setelah ditempeli *polyurethane*, kapasitas panas yang diteruskan ke suatu bangunan sangat sedikit (Dimitrios G. Papageorgiou 2017). Karena poliuretan terfluorinasi mengandung persentase yang tinggi dari ikatan fluorin-karbon, yang merupakan ikatan terkuat di antara semua ikatan kimia (Rajput Dkk, 2014).

2.5 Asam Fosfat (Phosphoric Acid)

Asam fosfat (dikenal sebagai asam ortofosfat atau asam fosfat *phosphoric acid*, *ortho phosphoric acid*, merupakan asam mineral (organik) yang memiliki rumus kimia H₃PO₄. Sumber yang paling umum dari asam fosfat

adalah larutan air 85%; larutan tersebut tidak berwarna, tidak berbau, dan non-volatil. Larutan 85% adalah cairan seperti-sirup, tetapi masih dapat dituang. Meskipun asam fosfat tidak memenuhi definisi yang ketat dari asam kuat, larutan 85% cukup asam untuk menjadi korosif.

2.6 Super Kapasitor

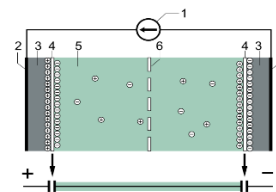
Super kapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional (Fitria Puspitasari Dkk, 2014). Penyimpanan energi berdasarkan lapisan ganda yang terakumulasi oleh muatan ion yang terjadi di antarmuka elektroda/elektrolit, sehingga luas permukaan spesifik yang tinggi dan volume pori yang besar pada elektroda merupakan persyaratan dasar yang untuk mencapai kapasitansi yang tinggi (Sri Yanti, Dkk, 2014).

Tidak seperti kapasitor biasa, *super kapasitor* tidak menggunakan dielektrik padat konvensional, namun sebaliknya, mereka menggunakan kapasitansi lapisan ganda elektrostatis dan pseudocapacitance elektrokimia, yang keduanya berkontribusi terhadap kapasitansi total kapasitor, dengan beberapa perbedaan:

- Kapasitor lapisan ganda elektrostatis menggunakan elektroda karbon atau turunannya dengan kapasitansi lapisan ganda elektrostatis yang jauh lebih tinggi daripada

pseudocapacitance elektrokimia, Pemisahan muatan adalah dari urutan beberapa ångströms (0,3-0,8 nm), jauh lebih kecil daripada pada kapasitor konvensional (Yu. M. Volkovich Dkk, 2012).

- *Pseudokapasitor* elektrokimia menggunakan oksida logam atau melakukan elektroda polimer dengan pseudocapacitance elektrokimia yang tinggi dengan tambahan pada kapasitansi lapisan logam
- Kapasitor hibrida, seperti kapasitor lithium-ion, menggunakan elektroda dengan karakteristik yang berbeda: satu menunjukkan sebagian besar kapasitansi elektrostatis dan sebagian besar kapasitansi elektrokimia lainnya (Farhadi Dkk, 2015).



Gambar 2.3 Kontruksi Tipikal *Super kapasitor* (Palaniselvam Dkk, 2015)

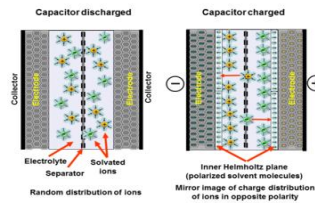
Kontruksi tipikal Superkapasitor yaitu :

7. Sumber daya
8. Kolektor
9. Elektroda terpolarisasi
10. Lapisan ganda Helmholtz
11. Elektrolit yang memiliki ion positif dan negatif
12. Separator

Kapasitor elektro kimia (*super kapasitor*) terdiri dari dua elektroda yang di pisahkan oleh membran permeable ion (pemisah), dan elektrolit yang menghubungkan kedua elektroda secara elektrik. Ketika elektroda terpolarisasi oleh tegangan yang diberikan, ion dalam bentuk elektrolit membentuk lapisan ganda elektrik dari polaritas berlawanan dengan polaritas elektroda. Sebagai contoh, elektroda terpolarisasi positif akan memiliki lapisan ion negatif pada antar muka elektroda atau elektrolit bersama dengan lapisan penyeimbang muatan ion positif yang teradopsi ke lapisan negatif. Kebalikannya berlaku untuk elektroda yang terpolarisasi secara negatif. (J.chen, Dkk 2013). Distribusi pada kapasitor dengan dua elektroda membantuk rangkaian dua kapasitor individual C_1 dan C_2 . Total kapasitansi C_{total} diberikan dengan rumus

$$C_{total} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (6)$$

Super kapasitor mungkin memiliki elektroda simetris atau asimetris. Simetris menyiratkan bahwa elektroda memiliki nilai kapasitansi yang sama, menghasilkan total kapasitansi setengah nilai setiap elektroda tunggal (jika $C_1 = C_2$, maka $C_{total} = 0,5 \cdot C_1$). Untuk kapasitor asimetris, kapasitansi total dapat diambil seperti elektroda dengan kapasitansi yang lebih kecil (jika $C_1 \gg C_2$, maka $C_{total} \approx C_2$). terbentuk memisahkan ion-ion dalam elektrolit dan juga dalam distribusi muatan cermin dengan polaritas yang berlawanan. Seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur dan Fungsi Kapasitor Lapisan Ganda (Palaniselvam Dkk, 2015)

Jadi, rumus standar untuk kapasitor pelat konvensional dapat di gunakan untuk menghitung kapasitansi superkapasitor :

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (7)$$

C = Kapasitansi (F)

ϵ = Permittivitas dielektrik (C/Nm²)

A = Luas penampang plat (m²)

d = Jarak pemisah kedua lempengan (m)

Salah satu elektroda yang digunakan pada piranti superkapasitor adalah elektroda karbon (Afdhal Rizky Dkk, 2015). Kapasitansi didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan yang tersimpan dalam kapasitor (Q) dengan potensial listrik (V) yang di berikan

$$C = \frac{Q}{V} \quad (8)$$

$$Q = C \times V \quad (9)$$

C = Kapasitansi (F)

Q = Muatan Listrik (Columb)

V = Tegangan (Volt)

Untuk Kapasitor konvensional berbanding lurus dengan luas pada setiap permukaan dan berbanding terbalik dengan jarak antara muatan

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{D} \quad (10)$$

C = Kapasitansi (F)

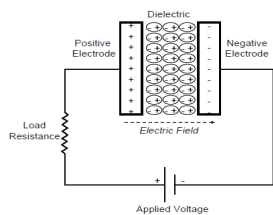
ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa (C/Nm^2)
 ϵ_r = permitivitas statis (C/Nm^2)

Dengan ϵ_0 ialah konstanta dielektrik atau permitivitas ruang vakum dan ϵ_r ialah konstanta dielektrik bahan isolasi antara elektroda. Untuk mengukur kerapatan dapat dihitung sebagai jumlah per satuan massa atau per unit volume. Energi E yang tersimpan dalam kapasitor berbanding lurus dengan kapasitansi :

$$E = \frac{1}{2} C(V)^2 \tag{11}$$

E = Energi listrik (Joule)
 C = Kapasitansi (F)
 V = Tegangan listrik (Volt)

Secara umum, daya P adalah energi yang di keluarkan per satuan waktu. Untuk menentukan daya kapasitor, kita harus mempertimbangkan bahwa kapasitor umumnya direpresentasikan sebagai sirkuit seri dengan hambatan eksternal R , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



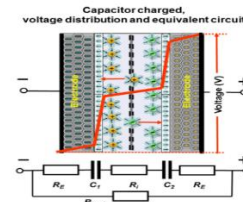
Gambar 2.5 Kapasitor Konvensional (M. Farhadi dan O. mohammed, 2014)

Tegangan selama tidak dalam proses pengisian ditentukan oleh resistensi ini. Ketika diukur pada impedansi penyesuaian ($R=ESR$), yang daya maksimum untuk sebuah kapasitor diberikan oleh:

$$P_{maksimum} = \frac{V^2}{4 \times ESR} \tag{12}$$

$P_{maksimum}$ = Daya maksimum (Watt)
 V = Tegangan listrik (Volt)
 ESR = equivalent series resistance (ohm)

Hubungan ini menunjukkan bagaimana ESR dapat membatasi daya maksimum sebuah kapasitor. Baterai dapat menyimpan lebih banyak energi dibandingkan kapasitor, tetapi tidak dapat dilakukan pengisian (pengecasan) secara cepat, yang berarti bahwa kerapatan daya rendah (M. Farhadi dan O. mohammed, 2014). Dengan demikian menurut persamaan 7 dan 8 hal ini akan menyebabkan peningkatan kapasitansi dan energi pada super kapasitor (Palaniselvam Dkk, 2015).



Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor (Palaniselvam Dkk, 2015)

Super kapasitor memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah waktu hidup lebih lama, prinsip dan model sederhana, kapasitas penyimpanan energi lebih besar, rapat daya tinggi, dan waktu *re-charge* pendek serta aman dalam penggunaannya dibandingkan dengan baterai elektrokimia dan baterai, kerapatan daya lebih tinggi pengisian lebih pendek (Fitria Puspitasari Dkk, 2014). Pada gambar 2.5 menggambarkan ilustrasi dasar fungsi *super kapasitor*,

distribusi tegangan di dalam kapasitor dan rangkaian DC ekivalennya yang disederhanakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian di laksanakan di Laboratorium Kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Medan. Waktu Penelitian di rencanakan berlangsung selama lebih kurang 4 (empat) bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian, dan pengambilan data pengujian.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.2.1 Bahan- Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk perancangan Alat Penukar Botol Plastik Bekas Ditukar Dengan Air Minum Cup Mineral Berbasis Arduino ini yaitu :

1. Plat Aluminium dengan ketebalan 2mm sebagai media kolektor.
2. Serbuk *graphene* sebagai elektroda.
3. Polyurethane resin sebagai perekat antara plat aluminium dengan *graphene*.
4. Aktivated Carbon (karbon aktif) di gunakan untuk penunjang daya serap energi listrik sebagai elektroda.
5. Phosphoric Acid (Asam Fosfat) sebagai elektrolit

6. Tisu digunakan sebagai separator untuk pemisah antara elektroda positif dan negatif.

7. Kabel digunakan sebagai kaki kolektor negatif dan positif.

8. Pembungkus Plastik sebagai cover superkapasitor.

9. Lakban sebagai lapisan kover kedua dan sebagai perekat superkapasitor.

10 Paku tembak sebagai penghubung kabel dan plat aluminium.

3.3 Tahapan Perancangan Material

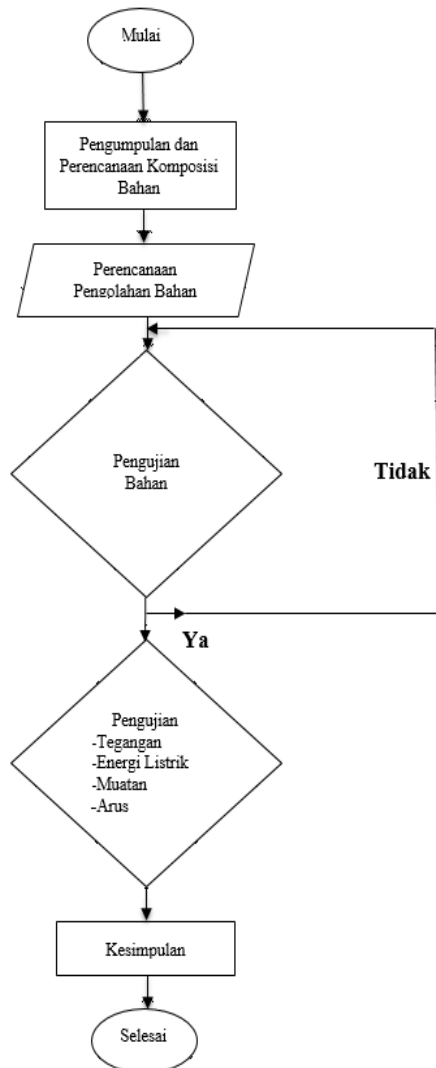
PROSEDUR PEMBUATAN

Letakkan ice bath di atas hot plate magnetic stirrer, dan masukan jar ke dalam ice batch tersebut, kemudian masukan 50ml *sulphuric acid* kedalam jar, setelah satu jam masukan 1.5gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.5gr *pottasium permanganate* secara perlahan lahan, karena akan ada reaksi kimia, suhu plat harus terjaga di bawah 20°C dan stirrer selama 3 jam, angkat ice batch setelah 20 menit stirrer, setelah 3 jam stirrer, tambahkan 55 ml air destilisasi ke dalam jar setetes demi setetes agar tidak terjadi reaksi kimia yang berlebihan yang mengakibatkan panas, sehingga kita harus mengatur suhu plat 50°C untuk memulai proses oksidasi. Kemudian stirrer hingga berubah warna menjadi kecoklatan yang menunjukkan pembentukan *graphene* oksida. Tambahkan lagi 100ml air destilisasi untuk mengoksidasi *graphite* jika ada yang tertinggal. Pada langkah terakhir, tambahkan 5 ml hidrogen peroksida

untuk menghilangkan jumlah *potassium permanganat* yang berlebihan atau dengan sederhana untuk menghentikan reaksi. Kemudian diamkan sampai serbuk *graphene* mengendap kebawah, setelah mengendap buang air tersebut dan kemudian di keringkan sehingga menjadi bubuk *graphene*.

3.4 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram alir (flowchart diagram) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem

3.5 Pengujian Lama Waktu Tegangan Listrik Habis

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui sebera lama waktu tegangan listrik yang akan habis di dalam *super kapasitor graphene* dalam waktu pengecasan yang berbeda-beda dengan ini akan di dapat nilai voltase yang akan turun di setiap menitnya. Di lihat pada tabel pengujian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Pengujian Lama Waktu Muatan Listrik Habis

| NO | VOLTASE SUMBER TEGANGAN | WAKTU PENGECASAN | NILAI CAPASITANSI | VOLTASE YANG TERSIMPAN | LAMA WAKTU HABIS / TERBUANG |
|----|-------------------------|------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1 | 3VDC | 1 Menit | 230 μ F | 1.8 v | 50 : 20,2 Menit |
| 2 | 3VDC | 2Menit | 230 μ F | 1.8 v | 58 : 28,8 Menit |
| 3 | 3VDC | 60 : 24 Menit | 230 μ F | 2 v | 180 : 18,4 Menit |

Dari tabel di atas dapat kita cari berapa voltase yang turun di setiap detiknya dan juga kita dapat mengetahui berapa tegangan yang terisi setiap detiknya, maka dapat kita tentukan dengan persamaan :

$$\text{voltase yang turun setiap detik} = \frac{\text{voltase yang tersimpan}}{\text{waktu habis/terbuang}}$$

$$\text{voltase yang terisi setiap detik} = \frac{\text{voltase yang tersimpan}}{\text{waktu pengecasan}}$$

Percobaan 1

$$\begin{aligned} \text{voltase yang turun setiap detik} &= \frac{1.8}{3012.2} \\ &= 0.0006 \text{ v}_s \end{aligned}$$

voltase yang terisi setiap detik

$$= \frac{1.8}{60} = 0.03 \text{ } v_s$$

Percobaan 2

voltase yang turun setiap detik

$$= \frac{1.8}{3496.8} = 0.0005 \text{ } v_s$$

voltase yang terisi setiap detik

$$= \frac{1.8}{120} = 0.0015 \text{ } v_s$$

Percobaan 3

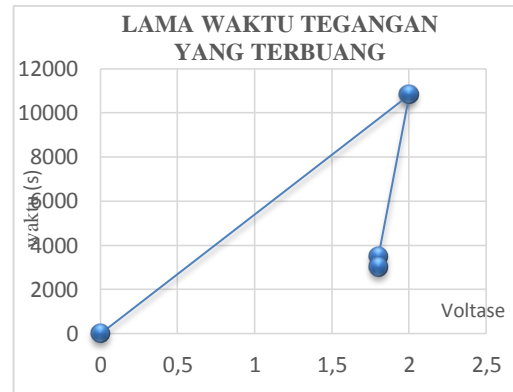
voltase yang turun setiap detik

$$= \frac{2}{10810.8} = 0.000185 \text{ } v_s$$

voltase yang terisi setiap detik

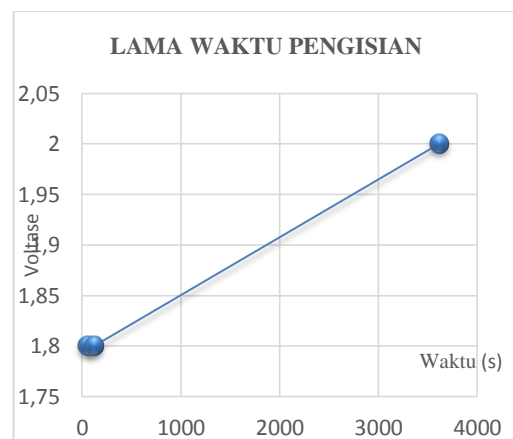
$$= \frac{2}{3614.4} = 0.00055 \text{ } v_s$$

Dari persamaan di atas dapat kita lihat semakin lama pengisian nya maka semakin lama tegangan yang akan habis di lihat dari percobaan 1, 2, dan 3. maka kita bisa melihatnya dari grafik 3.2



Gambar 3.2 Grafik tegangan yang terisi terhadap lama waktu tegangan yang terbangun

Dari grafik di atas dapat dilihat selisih dari percobaan 1, 2 adalah sekitar 0.0001 dan selisih 1,2 terhadap 3 adalah sekitar 0.0004. pada percobaan selanjutnya kita dapat melihat grafik 3.3 tegangan yang terisi setiap detiknya dan dapat kita lihat dari persamaan diatas jarak dan perbedaannya.



Gambar 3.3 Grafik tegangan yang terisi terhadap waktu pengisian

Pada grafik di atas dapat di lihat waktu dan tegangan yang terisi, pada 0 dan 1,8 terlihat jarak yang jauh dan semakin mengkerucut di angka 3614,4 detik dan mencapai 2 volt.

3.6 Pengujian Energi Listrik Yang Tersimpan Pada Super kapasitor Graphene

pengujian ini adalah untuk melihat nilai energi listrik yang tersimpan pada super kapasitor *graphene* dalam satuan joule dengan tegangan yang berbeda-beda dapat di lihat dari tabel percobaan 4.1. untuk mencari nilai energi listrik yang tersimpan maka dapat kita cari dengan persamaan :

$$E = \frac{C}{2}(V)^2$$

E= energi listrik (*joule*)

C = muatan listrik (Farad)

V = tegangan (V)

Percobaa 1

$$E = \frac{1}{2}C(V)^2$$

$$E = \frac{1}{2}230 \times 10^{-6}(1.8)^2$$

$$E = \frac{0.0007452}{2}$$

$$E = 0.0003726 \text{ joule}$$

Percobaan 2

$$E = \frac{1}{2}C(V)^2$$

$$E = \frac{1}{2}230 \times 10^{-6}(1.8)^2$$

$$E = \frac{0.0007452}{2}$$

$$E = 0.0003726 \text{ joule}$$

Pada percobaan ke dua nilai w sama dengan nilai percobaan yang pertama di karenakan nilai tegangannya yang sama 1.8 Volt.

Percobaan ke 3

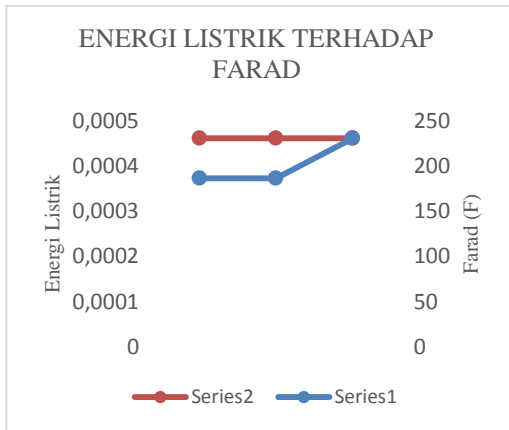
$$E = \frac{1}{2}C(V)^2$$

$$E = \frac{1}{2}230 \times 10^{-6}(2)^2$$

$$E = \frac{0.00092}{2}$$

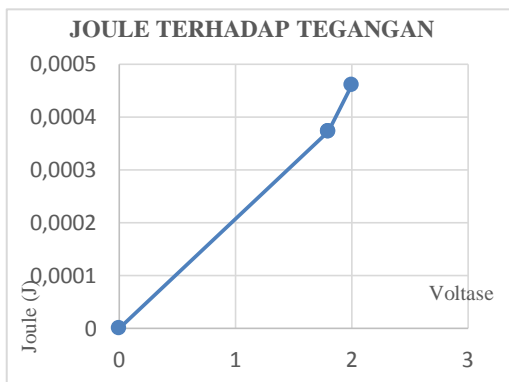
$$E = 0.00046 \text{ joule}$$

Dari tiga percobaan di atas dapat di lihat perbedaannya dimana 1 dan 2 nilainya sama di karenakan nilai tegangannya juga sama dan berbeda dengan percobaan ketiga yang nilai tegangannya tidak sama dengan percobaan 1 dan 2, semakin besar tegangannya maka semakin besar juga nilai joule yang di dapat dan juga semakin besar nilai faradnya maka semakin besar juga nilai joule yang di dapat. Perbedaan ini dapat di lihat dari grafik terhadap nilai kapasitas *super kapasitor*.



Gambar 3.4 Grafik Energi Listrik Terhadap nilai kapasitansi *super kapasitor* (farad)

Pada grafik di atas menunjukkan kenaikan pada nilai energi terhadap kapasitansi *super kapasitor*, dari grafik dapat di lihat selisih yang sangat jauh dengan perbedaan 0.2v. Pada grafik selanjutnya bisa di lihat perbedaan terhadap tegangannya seperti di grafik 3.5.



Gambar 3.5 Grafik joule terhadap tegangan (v)

Pada grafik 3.5 dapat di lihat tegangan naik berbanding lurus dengan nilai

joule, dapat di simpulkan semakin besar tegangan maka semakin besar nilai joulanya di lihat dari grafik dengan perbedaan tegangan 0.2 v.

3.7. Pengujian Nilai Muatan Yang Tersimpan Pada *Super kapasitor Graphene*

Pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai Q atau muatan listrik pada *super kapasitor graphene* dengan sumber pengecasan yang sama di lihat dari tabel percobaan 4.1 dimana tegangan sumber adalah 3v dari DC power supply. Untuk mencari nilai muatan listrik pada *super kapasitor graphene* adalah dengan persamaan :

$$C = \frac{Q}{v} = \text{sehingga } Q = C \times V$$

C = Kapasitansi (F)

Q = Muatan listrik (Coulomb)

V = Tegangan Listrik (Volt)

$$Q = C \times V$$

$$Q = 230 \times 10^{-6} \times 3$$

$$Q = 0.00069 \text{ Coulomb}$$

3.8. Pengujian Nilai Arus Yang Ada Pada *Super Kapasitor Graphene*

Pengujian ini untuk mengetahui berapa nilai arus yang ada di *dalam super kapasitor graphene* dan juga mengetahui nilai joulanya, di lihat dari tabel percobaan 3.1 dengan persamaan :

$$I_1 = \frac{Q}{t}$$

I = kuat arus listrik (A *ampere*)

Q = muatan listrik (C columb)
 t = waktu (secon)
 satuan kuat arus lainnya sebagai berikut
 :

- c. Miliampere (mA), 1 mili Ampere = 10×10^{-3}
- d. Mikroampere μA , 1 μ Ampere = 10×10^{-6}

Percobaan 1

$$I_2 = \frac{Q}{t}$$

$$I_2 = \frac{0.00069}{60} = 1.15 \times 10^{-5} \text{ Ampere}$$

Percobaan 2

$$I_2 = \frac{Q}{t}$$

$$I_2 = \frac{0.00069}{120} = 5.75 \times 10^{-6} \text{ Ampere}$$

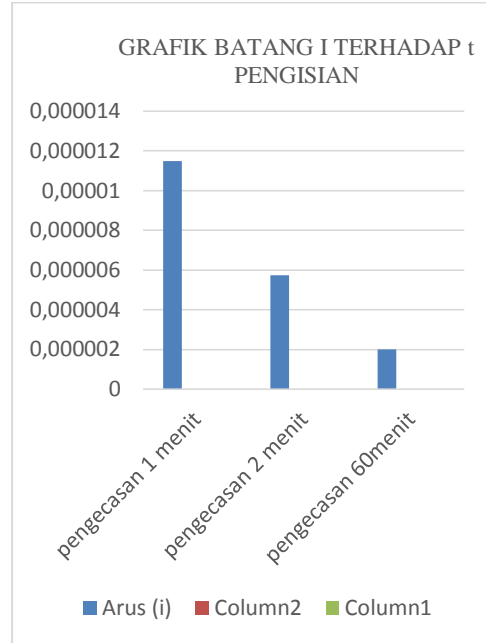
Percobaan 3

$$I_3 = \frac{Q}{t}$$

$$I_3 = \frac{0.00069}{3614.4} = 2 \times 10^{-6} \text{ Ampere}$$



Gambar 3.6 Grafik arus terhadap waktu pengisian



Gambar 3.7 Grafik batang arus terhadap waktu pengisian

Dari grafik di atas dapat kita lihat semakin lama pengecesannya maka arus yang mengalir akan semakin kecil di karena kan sifat konstan dari *super kapasitor* agar tidak terjadi panas yang berlebihan sesuai dengan kemampuan karbon aktif dan *graphene*. Pada awal pengecasan arus tidak stabil di lihat dari garis Y dari 5 sampai 0.00000115 dan mulai stabil di detik 120 di angka 0,00000575. Pengujian selanjutnya dengan mengecas *super kapasitor* sampai 60 : 24 menit dan di rubah ke detik sekitar 3614,4 detik, dari grafik di atas arus mulai menurun sampai sampai 5 garis ke bawah di angka 0,000002 dan pada saat itu juga arus stabil selama pengecasan. Dapat kita

lihat lebih jelas di grafik batang semakin lama pengecasan semakin kecil arusnya yang di hasilkan tetapi semakin lama arus yang terbuang di lihat dari grafik 3.2.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1.Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah di rencanakan dan di rancang dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu

4. Perancangan material *super kapasitor graphene* pada penelitian ini menggunakan elektroda yang berbahan dasar dari *graphene* dan menggunakan karbon aktif, penggunaan karbon aktif supaya membantu *graphene* untuk meningkatkan daya serap yang tinggi untuk kapasitansi dan energi listrik, plat aluminium sebagai kolektor, *polyurethane* sebagai perekat antara karbon dan plat aluminium tingkat kepadatan inilah yang mempengaruhi daya simpan muatan, *phosporic acid* sebagai elektrolit antara muatan positif dan muatan negatif, penggunaan *phosporic acid* ini adalah yang jenis food grade karena aman dan tidak terlalu asam apabila terkena tangan mau pun plat aluminium di bandingkan dengan yang teknis yang memiliki korosit yang tinggi juga sangat tidak aman bagi tangan.
5. Pembuatan *graphene* memiliki beberapa tahap salah satunya dengan menggunakan metode hummer's dengan takaran 25ml H₂so₄, 1gr *graphene*, 3gr kmno₄, 150 air destilisai. Setelah *graphene* terbentuk penggunaan *polyurethane*

sebagai perekat harus sesuai dengan takaran 2mili *polyurethane* dan di campurkan dengan 1gr *graphene*. Setelah itu sebagai cairan elektrolitnya menambahkan 2 ml *phosporic acid* ke separator dan nantinya akan di apid dua elektroda.

3. Tingkat daya serap dari penelitian ini masih kecil tetapi memiliki daya pengecasan yang singkat. Dengan pengecasan 1 menit dan memiliki nilai kapasitas 230 μ F dapat memuat tegangan sebesar 1,8v dan tegangan yang habis selama 3012.2 detik atau 50 : 20,2 menit, selama itu tegangan yang turun 0.0005 %/s dan tegangan yang terisi 0.0015 %/s. Untuk memastikan dengan pengecasan selama 60 menit dan mendapat tegangan 2v dan tegangan yang habis selama 180 : 18,4 menit. Dapat di simpulkan semakin lama pengecasan maka semakin besar tegangan yang tersimpan dan semakin lama tegangan yang habis maka demikian dengan arus, dan energi listrik tersebut.

3.1.Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap ada penyempurnaan bahan dan campuran dengan menggunakan *polyurethane* jenis clear sebagai perekat antara elektroda *graphene* dan plat aluminium, menambahkan *polyvinyl alcohol* (PVA) pada *phosporic acid* supaya menetralkan asam pada *phosporic acid* sehingga aluminium tidak cepat korosit, juga melakukan sterilisasi agar *graphene* memiliki kualitas yang jauh lebih tinggi, pemakuman di tambah

dengan plastik film yang memiliki ketebalan 2mm sebagai lapisan vakum yang terakhir supaya meminimalkan kebocoran, penggunaan bahan dan campuran harus di cek ke aslinya.

Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinil Alcohol) yang difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning”, Tesis. Yogyakarta : FMIPA UGM

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Azmy Adhytiawan, Diah Susanti, (2013). “Pengaruh Variasi Waktu Tahan Hidrotermal terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene”. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1
2. Afdhal Rizky, dkk, (2015). “Kebolehulangan (Reproducibility) Dalam Pembuatan Sel Superkapasitor Dari Kayu Karet”. JOM FMIPA Volume 2 No. 1
3. Andre K. Geim, (2011). “Nobel Lecture: Random walk to graphene”. REVIEWS OF MODERN PHYSICS, Volume 83
4. Delebecq, dkk, (2013). "On the Versatility of Urethane/Urea Bonds: Reversibility, Blocked Isocyanate, and Non-isocyanate Polyurethane", Chemical Reviews. 113
5. Dimitrios G. Papageorgiou, dkk, (2017). “Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites”. Journal of Elsevier. Progress in Materials Science
6. Efelina, V, (2015). “Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinil Alcohol) yang difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning”, Tesis. Yogyakarta : FMIPA UGM
7. Farhadi, dkk, (2015). "Performance enhancement of actively controlled hybrid DC microgrid and pulsed power load". IEEE Trans. Ind. Appl. 51
8. Fitria Puspitasari, dkk, (2014). “Efek variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel SuperKapasitor Berbasis Karbon”. JOM FMIPA Volume 1 No. 2
9. Genduk Alkurnia Wati, dkk, (2015). “Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Dari Tempurung Kelapa”. Jurnal Fisika. Volume 04 Nomor 01
- 10 Javni, dkk, (2013). "Polyurethanes from soybean oil, aromatic, and cycloaliphatic diamines by nonisocyanate route". Journal of Applied Polymer Science
- 11 Ji-Lei shi, Dkk, (2014). “Hydrothermal reduction of three-dimensional graphene oxide for binder-free flexible supercapacitors”. Electronic Supplementary Material (ESI) for Journal of Materials Chemistry A. Journal is The Royal Society of Chemistry

- 12 Joko Murtono, Iriany, (2017). "Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Aktivator H_3PO_4 dan Aplikasinya Sebagai Penjerap $Pb(II)$ ". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 6, No. 1
- 13 Keren Zhang dkk, (2016). "Non-isocyanate poly(amide-hydroxyurethane)s from sustainable resources". Journal of The Royal Society of Chemistry. Green Chemistry
- 14 K. S. Novoselove (2004). "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films" VOL 306 SCIENCE
- 15 Maher F. El-Kady, Dkk, (2012). "Laser Scribing of High-Performance and Flexible Graphene-Based Electrochemical Capacitors". Science 335, 1326 DOI:10.1126/science.1216744
- 16 Mariana olivia Esterlita, Netti Herlina, (2015). "pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnato)". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 1
- 17 M. Farhadi and O. Mohammed, (2014). "Real-time operation and harmonic analysis of isolated and non-isolated hybrid DC microgrid". IEEE Trans. Ind. Appl., vol.50, no.4, pp.2900–2909
- 18 Murugan Saranya, dkk, (2016). "Graphene-zinc oxide (G-ZnO) nanocomposite for electrochemical supercapacitor applications". Journal of Science: Advanced Materials and Devices
- 19 Mody Lempang, (2014). "Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif". Info teknis EBONI VOL. 11 No. 2
- 20 Nurhasni, dkk, (2012). "Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon aktif". Valensi Vol. 2 No. 4 (516-525)
- 21 Nurlia Pramita Sari, dkk, (2017). "Boron Doped Graphene 3-Dimensi untuk Superkapasitor Kapasitas Tinggi". Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.2
- 22 Palaniselvam, dkk, (2015). "Graphene based 2D-materials for supercapacitors". Iop science. 2D Materials. 2: 032002.
- 23 Quinlan RA, dkk, (2013). "Investigation of defects generated in vertically oriented graphene". Elsevier Jurnal Carbon 64:92–100
- 24 Rahman Faiz Suwandana, Diah Susanti, (2015). "Analisis Pengaruh Massa Redoktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene". JURNAL TEKNIK ITS VOL. 4 No. 1
- 25 Rajput, dkk, (2014). "Fatty acids based transparent polyurethane

- films and coatings*". Progress in Organic Coatings. 77
- 26 Sri Yanti, dkk, (2014). "Efek Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Monolit Terhadap Sifat Fisi dan Elektrokimia Sel Superkapasitor". JOM FMIPA Volume 1 No. 2
- 27 Teguh ariyanto, dkk, (2012). "Pengaruh Struktur pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Yang Dibuat Dari Karbon Nanopori". Reaktor, Vol. 14 No. 1
- 28 T. Zhu E., Ertekin, (2016). *Generalized Debye-Peierls/Allen-Feldman model for the lattice thermal conductivity of low-dimensional and disordered materials*, Phys. Rev. 93
- 29 T. Zhu, E. Ertekin, (2016). *Phonons, localization and thermal conductivity of diamond nano threads and amorphous graphene*, Nano Lett. 16
- 30 Xiehong Cao, Dkk, (2014). "Three-dimensional graphene materials: preparation, structures and application in supercapacitors". journal is The Royal Society of Chemistry. Energy and Environmental Science
- 31 Yang Gao, (2017). "Graphene and Polymer Composites for Supercapacitor Applications: a Review". Gao Nanoscale Research Letters 12:387 DOI 10.1186/s11671-017-2150-5
- 32 Yu. M. Volkovich, dkk (2012). "Studies of Supercapacitor Carbon Electrodes with High Pseudocapacitance". Recent Trend in Electrochemical Science and Technology, Dr. Ujjal Kumar Sur (Ed)

Biodata Penulis

Nama : Sasri Imam Panji Alam

NPM : 1407220021

TTL : Pkl. Berandan, 11 Maret 1995

Alamat: JL. Besitang Lk V Alur Dua Pasar

Email : imampanji48@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

1999 – 2001 : TK Swasta RGM

2001 – 2007 : SDN 050757

2007 – 2010 : SMP Swasta Dharma Patra

2010 – 2013 : SMK Swasta YPT

2014 – Sekarang : S1 Teknik Elektro-Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 17 Maret 2018