

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI GRAPHENE SUPERCAPACITOR PADA MOTOR KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN SEPARATOR YANG BERBEDA

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

FAIRUZ ROUZY
1407220012



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

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI GRAPHENE SUPERCAPACITOR PADA MOTOR
KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN SEPARATOR YANG
BERBEDA

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas-tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Teluh Ditaji dan Disidangkan Pada Tanggal :
28 September 2018

Oleh :

Fairuz Rouzy
1407220012

Pembimbing I

(Indra Rizka, S.T., M.T.)

Pembimbing II

(Faisal Idris Pasaribu, S.T., M.T.)

Penguji I

(Noorly Kvalita, S.T., M.T.)

Penguji II

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

Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro
(Faisal Idris Pasaribu, S.T., M.T.)

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Fairuz Rouzy
NPM : 1407220012
Tempat / Tgl Lahir : Medan / 10 Septmber 1996
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

“ IMPLEMENTASI GRAPHENE SUPERCAPACITOR PADA MOTOR KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN SEPARATOR YANG BERBEDA ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



ABSTRAK

Bahan dielektrik sangat penting dalam pembuatan kapasitor. Keberadaan bahan dielektrik dalam kapasitor dapat menghasilkan kapasitas kapasitor yang lebih besar. Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik tidak mempunyai elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Untuk menentukan bahan dielektrikum baik digunakan pada kapasitor maka dilakukan pengujian bahan dielektrikum pada kapasitor dengan bahan material kapasitor dari graphene. Pada penelitian ini sampel dielektrikum pada superkapasitor yaitu tissu, poliuretan, dan polietilen. Pengujian diimplementasikan langsung pada motor kapasitor. Dari penelitian diperoleh, tissu 7.50 μF sebesar 0.47 A dengan putaran pada motor 322.5 Rpm, poliuretan 12.7 μF sebesar 0.91 A dengan putaran pada motor 290.1 Rpm, polietilen 0.30 μF sebesar 1.84 A dengan putaran pada motor 110.5 Rpm. maka bahan dielektrikum dengan jenis tissu adalah bahan yang tepat untuk dijadikan sebagai bahan dielektrikum.

Kata kunci : bahan dielektrikum, *graphene supercapacitor*, separator, motor kapasitor

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 **“Implementasi Graphene Supercapacitor Pada Motor Kapasitor Dengan Menggunakan Separator Yang Berbeda”**. 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 terima 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. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir da studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Almarhum Ibu tersayang Fauziah, dan Ayah Syahril sebagai keluarga penulis yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan memberi nasihat, materi,dan do'a.

3. Bapak Dr. Agussani MAP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal M.Sc, P.hd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Indra Roza, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T ,selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro A1 Pagi Stambuk 14 yang telah saling bahu membahu & memberi semangat untuk berjuang selama 4 tahun terakhir.
12. Dan semua yang telah terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.

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, September 2018

Penulis,

Fairuz Rouzy

1407220012

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| KATA PENGANTAR..... | ii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ixx |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa..... | 4 |
| 1.5.2 Manfaat Bagi Perguruan Tinggi..... | 5 |
| 1.6 Metode Penelitian..... | 5 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan | 7 |
| 2.2 Graphene | 10 |
| 2.3 Karbon Aktif (Activated Carbon) | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Polyurethane..... | 12 |
| 2.5 Asam Fosfat (Phosphoric Acid) | 14 |
| 2.6 Super Kapasitor | 15 |
| 2.7 Motor Kapasitor | 23 |
| 2.7.1 Prinsip Kerja Motor Kapasitor | 23 |
| 2.7.2 Jenis Motor Kapasitor | 24 |
| 2.7.3 Kapasitansi kapasitor pada motor | 26 |
| 2.8 Polietilen..... | 27 |
| 2.9 Dielektrik Pada Kapasitor | 29 |
| 2.10 Aluminium Foil..... | 30 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 32 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 32 |
| 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian..... | 32 |
| 3.2.1 Bahan- Bahan Penelitian | 32 |
| 3.2.2 Peralatan Penelitian | 33 |
| 3.3 Tahapan Perancangan Material | 34 |
| 3.3.1 Plat Aluminium | 34 |
| 3.3.1 Graphene | 35 |
| 3.3.3 Poly Urethane..... | 37 |
| 3.3.4 Activated Carbon | 38 |
| 3.3.5 Phosporic Acid..... | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.6 Separator | 40 |
| 3.3.7 Aluminium Foil..... | 41 |
| 3.3.8 Plastik Vakum | 42 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 44 |
| 4.1 Umum..... | 44 |
| 4.2 Pengujian Peralatan..... | 44 |
| 4.2.1 Pengujian Energi Listrik yang Tersimpan pada <i>Graphene Supercapacitor</i> dengan Separator Berbeda..... | 45 |
| 4.2.2 Pengujian Nilai Muatan yang Tersimpan pada <i>Graphene Supercapacitor</i> dengan Separator Berbeda..... | 47 |
| 4.2.3 Pengujian Nilai Arus pada <i>Graphene Supercapacitor</i> dengan Separator Berbeda | 49 |
| 4.2.4 Pengujian Waktu Yang Diperlukan Pada <i>Graphene Supercapacitor</i> Untuk Memperoleh Muatan Dengan Berbeda Separator. | 51 |
| BAB V KESIMPULAN | 56 |
| 5.1 Kesimpulan | 56 |
| 5.2 Saran..... | 57 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan antara HDPE dan LDPE..... | 28 |
| Tabel 2.2 Harga Permittivitas Relatif Beberapa Bahan | 30 |
| Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Kapasitansi Separator Sebelum Pengujian Pada Motor Kapasitor | 45 |
| Tabel 4.2 Data Pengujian Separator Setelah Pengujian Pada Motor Kapasitor.... | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur pori-pori <i>graphene Oksida</i> | 11 |
| Gambar 2.2 Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan Polyurethane | 13 |
| Gambar 2.3 Kontruksi Tipikal <i>Super kapasitor</i> | 17 |
| Gambar 2.4 Sturktur dan Fungsi Kapasitor Lapisan Ganda | 19 |
| Gambar 2.5 Kapasitor Konvensional | 21 |
| Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor [17]..... | 23 |
| Gambar 2.7 Rangkaian Motor Kapasitor <i>Start</i> | 24 |
| Gambar 2.8 Rangkaian Motor Kapasitor Dengan Dua Nilai Kapasitansi | 25 |
| Gambar 2.9 Rangkaian Motor Kapasitor <i>Permanent Split</i> | 26 |
| Gambar 2.10 Susunan Struktur Molekul Polietilen | 27 |
| Gambar 3.1 Plat Aluminium | 34 |
| Gambar 3. 2 Lempengan Elektoda <i>Graphene</i> | 35 |
| Gambar 3. 3 Cairan Polyurethane | 37 |
| Gambar 3. 4 <i>Activated Carbon</i> | 38 |
| Gambar 3. 5 Phosforic Acid Analisis | 40 |
| Gambar 3.6 Separator..... | 41 |
| Gambar 3.7 Alumunium Foil | 41 |
| Gambar 3.8 Plastik Vakum | 42 |
| Gambar 4. 1 Grafik Energi Pada Masing-masing Separator Berbeda | 47 |
| Gambar 4.2 Grafik Nilai Muatan Pada Separator Berbeda..... | 49 |
| Gambar 4.3Grafik Nilai Arus Separator Pada Motor Kapasitor | 51 |
| Gambar 4.4 Grafik Waktu Untuk Memperoleh Muatan Pada Berdeda Separator | 53 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.5 Grafik nilai besaran separator pada kapasitor terhadap arus nominal motor kapasitor..... | 54 |
| Gambar 4.6 Grafik perubahan besaran kapasitor pada pengujian separator terhadap putaran pada motor kapasitor | 55 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi saat ini sangat berkembang dengan pesat diberbagai bidang ilmu, baik dibidang kesehatan, industri, ataupun elektronik. Hal itu dibuktikan dengan berkembangnya perangkat-perangkat elektronik yang canggih seperti *superkapasitor* dan *transistor*. Akan tetapi, seiring dengan berkembangnya teknologi yang pesat, dibutuhkan suatu material baru yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Seperti suatu material berukuran kecil dan ringan akan tetapi memiliki konduktivitas listrik, konduktivitas termal, dan kekuatan yang baik.

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 ($\sim 3000 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$). Pengelupasan kulit adalah metode persiapan yang paling sederhana dan yang mengejutkan adalah metode yang dibuat sendiri.

Superkapasitor yang juga dikenal sebagai kapasitor elektrokimia merupakan salah satu solusi untuk penyimpanan energi karena memiliki densitas daya dan densitas energi yang tinggi, yaitu sekitar 10 kali lebih besar dibanding kapasitor dan baterai konvensional. Performa superkapasitor bergantung pada elektroda, elektrolit dan kondisi operasinya. *Supercapacitor* tidak mengalami reaksi kimia seperti pertukaran ion seperti baterai, sehingga dalam kondisi operasi normal dapat stabil hingga ribuan siklus tanpa mengalami degradasi. Superkapasitor dapat memiliki densitas daya yang tinggi yaitu sekitar $10^3 - 10^4$ W/Kg karena memiliki elektroda yang luas permukaannya besar namun memiliki jarak antar ion yang rendah pada antarmuka double layer.

Bahan dielektrik sangat penting dalam pembuatan kapasitor. Keberadaan bahan dielektrik dalam kapasitor dapat menghasilkan kapasitas kapasitor yang lebih besar. Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik tidak mempunyai elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik. Dalam bahan dielektrik semua elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan, bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga pada tiap aliran massa tidak disertai perpindahan muatan.

Penelitian ini membahas mengenai implementasi *Graphene Supercapacitor* pada motor listrik serta pengaruh penggunaan separator yang berbeda terhadap nilai kapasitansi *graphen supercapacitor*.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana memilih separator yang tepat pada *graphene supercapacitor*.
2. Bagaimana pengaruh nilai kapasitansi *graphene supercapacitor* apabila separator berbeda pada kipas angin.
3. Bagaimana aplikasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik dalam hal ini motor yang digunakan adalah kipas angin.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Separator yang tepat untuk digunakan pada *graphene supercapacitor* untuk diaplikasikan pada motor kapasitor
2. Pengaruh nilai kapasitansi akan mempengaruhi putaran pada kipas angin.
3. Aplikasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik adalah untuk melihat kemampuan material *graphene* dalam hal ini digunakan pada kipas angin.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Mengetahui kemampuan separator yang baik digunakan pada penggunaan *graphene supercapacitor*
2. Mengetahui berapa kapasitansi yang turun setelah digunakan pada motor listrik
3. Mengetahui berapa lama *graphene supercapacitor* bekerja bila diimplementasikan pada motor listrik

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di ambil dalam penulisan skripsi ini adalah :

1.5.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Dapat merancang *graphene supercapacitor* dengan secara sederhana.
2. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang di dapat dengan membuat *graphene supercapacitor* sebagai saving energi dan dapat menerapkan *graphene super kapasitor* pada alat yang membutuhkan kapasitor sebagai saving energi .
3. Dapat merancang *graphene supercapacitor* dengan separator lain untuk mengembangkan dan membuat *graphene supercapacitor* menjadi lebih baik

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.
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa untuk mengetahui pengaruh separator pada nilai kapasitansi *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 berisikam 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 20) [1].

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 [2].

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 [3].

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* [4].

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 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 [5].

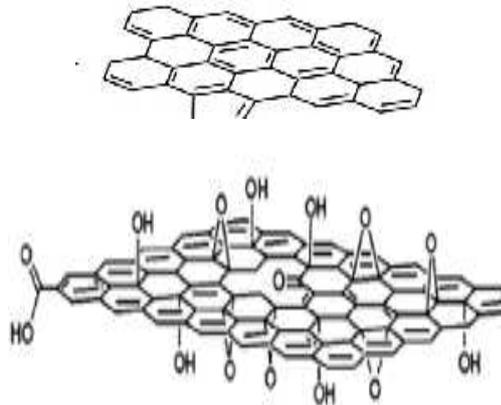
Material elektroda baik positif maupun negatif dibuat dengan mencampurkan 80%wt karbon berpori, 10%wt *carbon black*, dan 10%wt *polivinilalkohol* (PVA) menggunakan etanol 70% untuk menghasilkan campuran yang homogen. Hasil pasta yang di peroleh keudian dilapiskan ke Cu sebagai pngumpul muatan (*collector*) 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/cm² dengan menggunakan KOH 30% sebagai elektrolit [4].

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 °C dengan direndam dalam air es. Untuk menjaga suhu sistem yang lebih rendah dari 20 °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) [6].

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 [7].



Gambar 2.1 Struktur pori-pori *graphene Oksida*

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 terjadi dikendalikan 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 [7].

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 [8]).

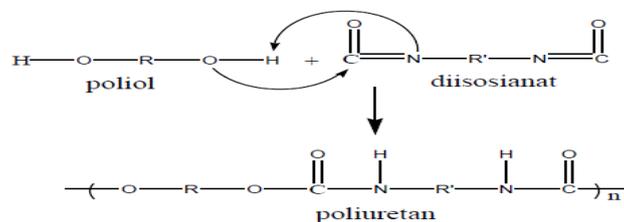
Kebutuhan karbon aktif di Indonesia semakin meningkat seiring berkembangnya era industrialisasi. Jika ditinjau dari sumber daya alam di Indonesia, sangatlah mungkin kebutuhan karbon aktif dapat dipenuhi dengan produksi dari dalam negeri. Cangkang buah karet merupakan limbah padat yang sangat berpotensi untuk beragam kegunaan, diantaranya adalah untuk bahan baku pembuatan karbon aktif. Dalam penelitian ini, limbah cangkang buah karet tersebut diolah menjadi arang aktif [9].

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 [10].

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. Poliuretana polimer secara tradisional dan paling umum dibentuk dengan mereaksikan di atau poli isosianat dengan poliol dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ikatan Uretan dan Reaksi Pembentukan Polyurethane

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 [11].

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 [12].

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. [13].

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 [12].

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 [12].

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 mencapaikapasitansi yang tinggi. [14]

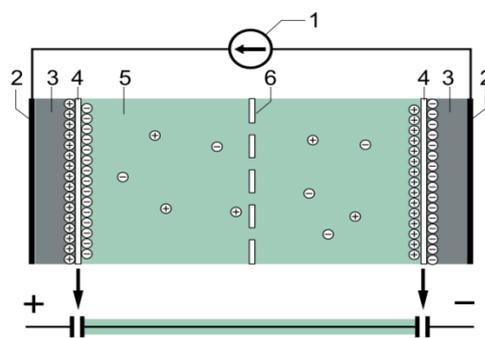
Super kapasitor digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan banyak siklus pengisian / pengosongan cepat daripada penyimpanan energi kompak jangka panjang: di dalam mobil, bus, kereta api, derek dan lift, di mana mereka digunakan untuk pengereman regeneratif, penyimpanan energi jangka pendek atau pengiriman 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 [6].
- *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 [15].

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*

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

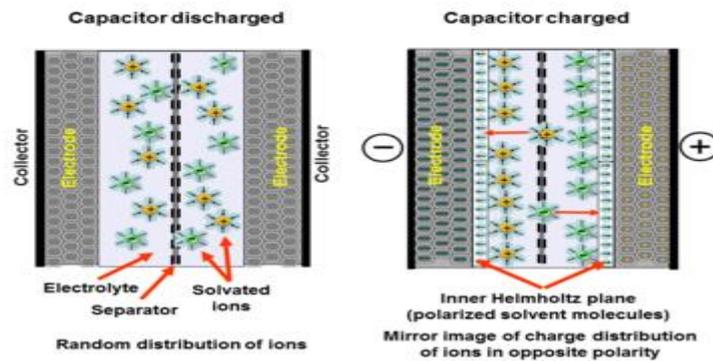
Kapasitor elektro kimia (*super kapasitor*) terdiri dari dua elektroda yang di pisahkan oleh membran permeable ion (pemisah), dan elektrolit yang menghubungkan kedua elektroda secara elektrik. Ketika elektroda terpolarisasi oleh tegangan yang diberikan, ion dalam bentuk elektrolit membentuk lapisan

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.

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

$$C_{total} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (2.1)$$

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

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

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

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. Kapasitansi didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan yang tersimpan dalam kapasitor (Q) dengan potensial listrik (V) yang di berikan

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.3)$$

$$Q = C \times V \quad (2.4)$$

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

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{D} \quad (2.5)$$

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 :

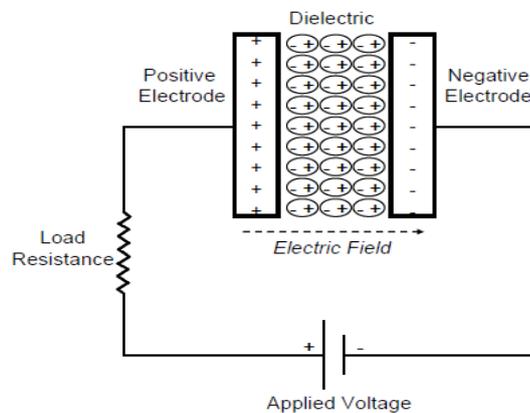
$$E = \frac{1}{2} C(V)^2 \quad (2.6)$$

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

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:

$$P_{maksimum} = \frac{V^2}{4 \times ESR} \quad (2.7)$$

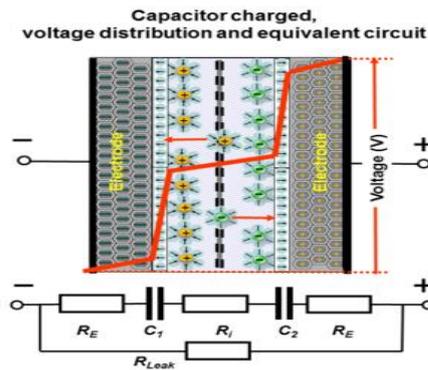
$P_{maksimum}$ = Daya maksimum (Watt)

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 [16]. 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 [17].



Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor [17]

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[18]. Pada gambar 2.5 menggambarkan ilustrasi dasar fungsi *super kapasitor*, distribusi tegangan di dalam kapasitor dan rangkaian DC ekivalennya yang disederhanakan.

2.7 Motor Kapasitor

2.7.1 Prinsip Kerja Motor Kapasitor

Jika motor kapasitor diberi sumber tegangan (suplay 220 Volt AC) pada belitan start, maka terjadi pengaliran arus pada belitan tersebut. Dengan adanya kapasitor yang terhubung seri dengan belitan bantu sehingga arus belitan bantu mendahului (*leading*) terhadap arus belitan utama, kondisi tersebut menyebabkan terbentuk suatu medan magnet putar. Medan magnet putar ini memotong batang-batang konduktor dari belitan rotor yang menyebabkan pada ujung-ujung belitan

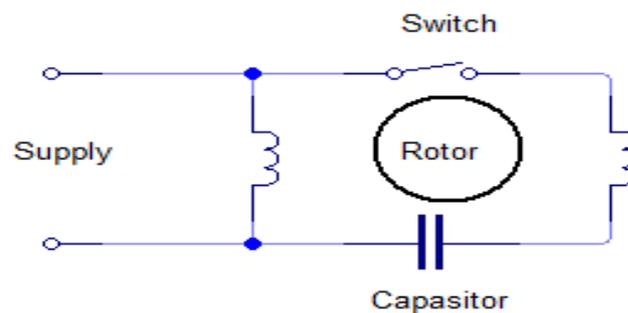
rotor timbul gaya gerak listrik, karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga menghasilkan arus pada rotor dan kedua fluks magnet antara fluks belitan stator dan rotor akan berinteraksi sedemikian yang membuat rotor motor kapasitor berputar [19].

2.7.2 Jenis Motor Kapasitor

Motor kapasitor terbagi atas tiga jenis yaitu :

a. Motor Kapasitor *Start*

Motor kapasitor start adalah motor kapasitor dimana kapasitor dan belitan bantu yang terhubung dalam rangkaian hanya digunakan pada saat *starting*. Motor ini mempunyai momen starting yang relatif lebih tinggi, umumnya menggunakan kapasitor elektrolit. Kapasitor harus diputuskan dari rangkaian motor ketika motor sudah mencapai putaran tertentu, karena kapasitor ini bukan untuk *continuous duty* [19].

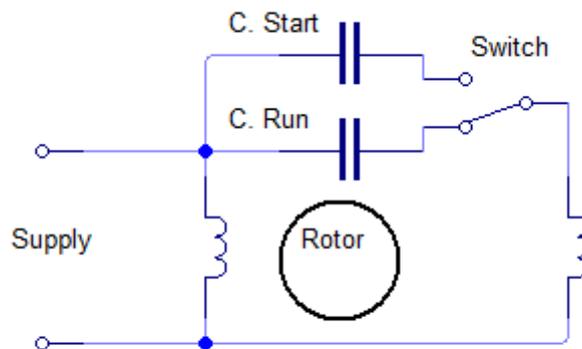


Gambar 2.7 Rangkaian Motor Kapasitor *Start*

b. Motor kapasitor dengan dua nilai kapasitansi

Motor kapasitor dengan dua nilai kapasitansi adalah motor kapasitor yang menggunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi yang berbeda baik untuk

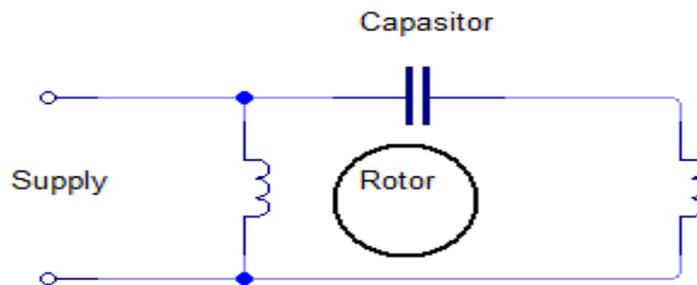
starting maupun untuk running. Motor ini mempunyai torsi starting yang tinggi dan menggunakan kapasitor minyak serta kapasitor elektrolit dihubungkan paralel dan digunakan pada saat starting. Ketika putaran motor mencapai nilai tertentu, kapasitor elektrolit diputuskan dari rangkaian sehingga motor beroperasi sebagai motor kapasitor *permanent split* [19].



Gambar 2.8 Rangkaian Motor Kapasitor Dengan Dua Nilai Kapasitansi

c. Motor Kapasitor Permanent Split

Motor kapasitor permanent split adalah motor kapasitor yang menggunakan kapasitor dan kumparan bantu secara terus menerus baik pada saat starting maupun running. Motor ini mempunyai torsi starting yang relatif rendah dan menggunakan kapasitor tipe kertas berisi minyak (*oil – impregnate paper*) [19].



Gambar 2.9 Rangkaian Motor Kapasitor *Permanent Split*

2.7.3 Kapasitansi kapasitor pada motor

Kapasitor terbentuk jika dua buah konduktor dipisahkan dengan satu bahan isolator seperti kertas digulung bersama menjadi satu unit dan ditempatkan dalam selubung logam atau wadah plastik serta berbentuk segiempat atau silindris. Kapasitor pada motor ini berfungsi sebagai penyimpan tenaga listrik dan menyuplay *Leadding Current* pada belitan bantu sebelum belitan utama, diupayakan sebesar 90° listrik [19].

Kapasitor mempunyai satuan mikrofarad, kapasitor yang digunakan pada motor kapasitor biasanya mempunyai nilai kapasitansi sebesar 2 sampai 800 mikrofarad bahkan lebih besar lagi. Tergantung dari ukuran, tipe dan tujuan penggunaannya. Kapasitansi suatu kapasitor dapat mengalami penurunan, karena over heating atau sebab lain [19].

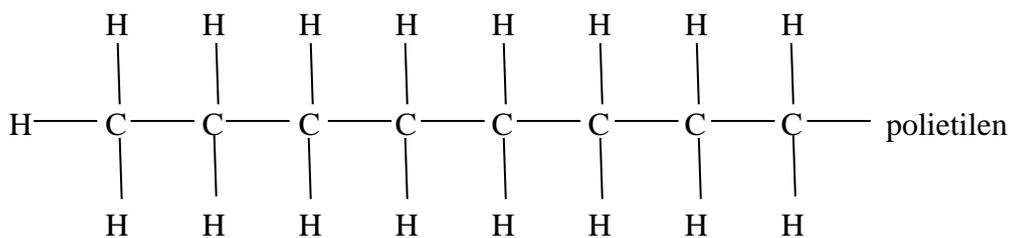
Gangguan kapasitor disebabkan oleh :

1. Kapasitor selalu tersuplay secara terus menerus.

2. Bearing yang terkupas atau saling melekat.
3. Kapasitansi kapasitor tidak sesuai.
4. Beban motor terlalu berlebihan.
5. Rating tegangan tidak sesuai.
6. Tegangan jaringan rendah.
7. Hubung singkat dengan wadah kapasitor

2.8 Polietilen

Polietilen (PE) merupakan produk polimer plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Pada dasarnya struktur molekul polietilen adalah sederhana yaitu gandingan atom karbon yang membentuk rantai panjang di mana masing masing atom karbon mengandung dua ikatan karbon dengan atom hidrogen.



Gambar 2.10 Susunan Struktur Molekul Polietilen

Polietilen sendiri masih terbagi atas beberapa jenis seperti *high density polyethylene*(HDPE), *medium density polyethylene*(MDPE), *low density polyethylene*(LDPE) , *linear low density polyethylene*(LLDPE) *very low density*

polyethylene(VLDPE), dan *ultra high molecular weight density polyethylene*(UHMWPE) . dari sekian jenis polietilen, LDPE dan HDPE yang paling banyak diproduksi [36].

Tabel 2.1 Perbandingan antara HDPE dan LDPE

| Deskripsi | LDPE | HDPE |
|----------------|---|--|
| Aplikasi | Tas plastik, botol susu, taplak meja, sarung atau cover mobil dan lain-lain | Isolator,kabel,pipa,freezer bag dan lain-lain |
| Suhu pelelehan | 115°C | 135°C |
| Kristalinitas | Kristalinitas relatif rendah(50°C-60°C) | Kristalinitas bisa mencapai 90°C |
| Kelenturan | Relatif lentur karena kristalinitas rendah | Kurang lentur dibanding LDPE |
| Kekuatan | Kurang kuat dibanding HDPE | Lebih kuat karen rapinya struktur rantai polimer |
| Transparansi | Relatif transparan karena cukup banyak struktur amorfnya | Kurang begitu transparan karena sebagian besar berstruktur kristalin |
| Densitas | 0,91 0,93 g/cm ³ | 0,94 0,97 g/cm ³ |
| Sifat kimia | Tahan terhadap bermacam pelarut dan senyawa asam maupun basa | Tahan terhadap bermacam pelarut dan senyawa asam maupun basa |

2.9 Dielektrik Pada Kapasitor

Di antara dua keping pada kapasitor biasanya disisip/dipasang suatu bahan isolator yang disebut *dielektrik*. Bahan ini digunakan karena dapat membesar nilai kapasitas kapasitor. Contoh bahan dielektrik adalah kaca mika, kertas, dan karet.

Bahan dielektrik memiliki harga permitivitas yang berbeda dengan harga permitivitas vakum. Berdasarkan **Persamaan (2.16)** dapat diketahui bahwa permitivitas bahan $\epsilon = \epsilon_1 \epsilon_0$ sehingga kapasitas kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik adalah

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.16)$$

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad \text{atau} \quad C = \epsilon_1 \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.17)$$

Dengan memperhatikan **Persamaan (2.16)** dan **Persamaan (2.17)** didapat hubungan kapasitor tanpa dielektrik dan kapasitor dengan bahan dielektrik adalah sebagai berikut [35].

$$C = \epsilon_1 C_0 \quad (2.18)$$

Tabel 2.2 Harga Permittivitas Relatif Beberapa Bahan

| Bahan Penyekat | ϵ_r | Bahan Penyekat | ϵ_r |
|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Vakum | 1,00000 | Parafin | 2,2 |
| Udara | 1,00054 | Karet | 6,7 |
| Air | 78,5 | Plastik | 2 - 4 |
| Minyak Transformator | 2,22 | Kertas | 3,2 |
| Silika Campuran | 3,78 | Kaca | 5 |
| Mika | 7,00 | Porselen | 6 - 8 |

2.10 Aluminium Foil

Foil adalah bahan tipis dari logam yang digulung dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm dan memiliki lebar 1,52 meter hingga 4,06 meter. Umumnya foil tidak murni berbasis logam. Karakteristik aluminum foil kuat, ringan, tahan panas, dan hampir kedap udara, tidak mengandung magnet. Kekedapan terhadap oksigen membuat aluminum foil merupakan kemasan ideal [20].

Kemasan aluminium foil adalah bahan kemasan berupa lembaran logam aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan <0.15 mm. Kemasan ini memiliki sifat – sifat seperti hermetis, fleksibel, tidak tembus cahaya sehingga dapat digunakan untuk mengemas bahan-bahan yang berlemak dan bahan-bahan yang peka terhadap cahaya seperti permen karamel susu. Aluminium foil menempati posisi yang penting dalam produk kemas fleksibel karena memiliki barriers yang memuaskan dan penampilan yang baik. Foil yang biasa digunakan dengan ketebalan antara 6 mikron sampai dengan 150 mikron baik *soft temper*

maupun *hard temper*. *Soft* maupun *hard temper*, tergantung dari komposisi dari *alloy* dan *treatment* terhadap foil tersebut. Umumnya untuk kepentingan kemas fleksibel foil yang digunakan tebalnya kurang dari 25 mikron. *Aluminium foil* adalah kemasan yang tak berbau, tak ada rasa, tak berbahaya dan higienis, tak mudah membuat pertumbuhan bakteri dan jamur. Karena harganya yang cukup mahal, maka aplikasi dari aluminium foil sekarang ini banyak disaini oleh *metalized aluminium film* [21].

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 5 bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian pada motor kapasitor, pengambilan beberapa sampel separator 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 1mm 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, polierutan, dan polietilen digunakan sebagai media uji coba pemisah antara elektroda positif dan elektroda negatif.
7. Kabel digunakan sebagai kaki kolektor negatif dan positif.
8. Aluminium foil sebagai pembungkus pertama superkapasitor.
9. Pembungkus Plastik sebagai lapisan pembungkus penguat setelah aluminium foil.
10. Lakban sebagai perekat superkapasitor.
11. Paku tembak sebagai penghubung kabel dan plat aluminium.
12. Motor kapasitor sebagai alat yang akan diuji.

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. Bor digunakan untuk membuat lubang pada plat aluminium.
4. Tang rivet untuk menembakkan paku tembak ke plat aluminium.
5. Tang digunakan untuk memotong maupun mengelupas kabel.
6. Gunting digunakan untuk memotong lembaran separator.

3.3 Tahapan Perancangan Material

3.3.1 Plat Aluminium

Plat aluminium digunakan sebagai collector 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.



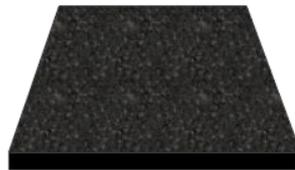
Gambar 3.1 Plat Aluminium

Plat aluminium yang digunakan adalah berdiameter 2mm dengan luas 3x3 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.

3.3.1 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 terbuang.



Gambar 3. 2 Lempengan Elektroda *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 1.6gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.6gr *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 bath 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 menyentuh plat collector aluminium dan juga agar tidak terjadi kehilangan kapasitansi yang akan membuat elektron bergerak ke collector.



Gambar 3. 3 Cairan Polyurethane

PROSEDUR KEGUNAAN

Polyurethane akan di campurkan dengan *graphene* powder dengan perbandingan 2 mili polyurethane dan 1,6 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

colector aluminium dan kemudian akan di berikan cairan elektrolit *phosphoric acid*. Jepit kedua plat tersebut, maka akan ada tetesan cairan elektrolit *phosporic 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 *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 capacitor* 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 capacitor. 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 phosphoric yang berlebihan menetes keluar, tunggu 1-2 jam lepaskan penjepit secara perlahan agar plat tidak tergeser yang bisa merusak separator.



Gambar 3. 5 Phosforic Acid Analis

3.3.6 Separator

Sebagai pemisah antara anoda dan katoda yang tercampur dengan cairan elektrolit dan sebagai jembatan polaritas. Ketebalan separator sangat beragam tergantung penggunaan yang mau diuji.

PROSEDUR KEGUNAAN

Dalam penelitian ini separator yang di gunakan adalah jenis tisu kitchen towel tebal 2 ply, poliuretan tebal 2mm, dan polietilen tebal 2mm.

Separator disesuaikan dengan ukuran plat aluminium, plat aluminium yang digunakan adalah ukuran 3x3cm, setelah separator disesuaikan selanjutnya letakkan separator disalah satu plat kemudian yang telah diberi cairan elektrolit dengan perlahan-lahan.

Setelah selesai separator diletakkan diantara kedua plat alumunium kemudian kedua plat aluminium dijepit diantara dua bagiannya dengan penjepit.



Gambar 3.6 Separator

3.3.7 Aluminium Foil

Aluminium foil berfungsi sebagai pembungkus pertama plat super kapasitor agar udara tidak masuk dan mengganggu nilai kapasitansi karena karakteristik aluminium foil kuat, ringan, tahan panas, dan hampir kedap udara, tidak mengandung magnet. Kekedapan terhadap oksigen membuat aluminium foil merupakan kemasan ideal sebagai pelapis pertama pada plat super kapasitor namun dipastikan bahwa pembungkusan merata dan tidak ada celah udara yang masuk yang mengakibatkan nilai kapasitansi menjadi turun..



Gambar 3.7 Alumunium Foil

3.3.8 Plastik Vakum

Plastik vakum merupakan pembungkus penguat plat super kapastior setelah aluminium foil, fungsinya sama agar udara tidak masuk dan mengganggu kapasitansi, di karenakan sifat permitivitasnya sehingga vemakuman harus sesuai dan di uji berulang agar di pastikan udara tidak masuk kedalam, pengujian ini harus dicoba langsung pada motor kapasitor atau 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.

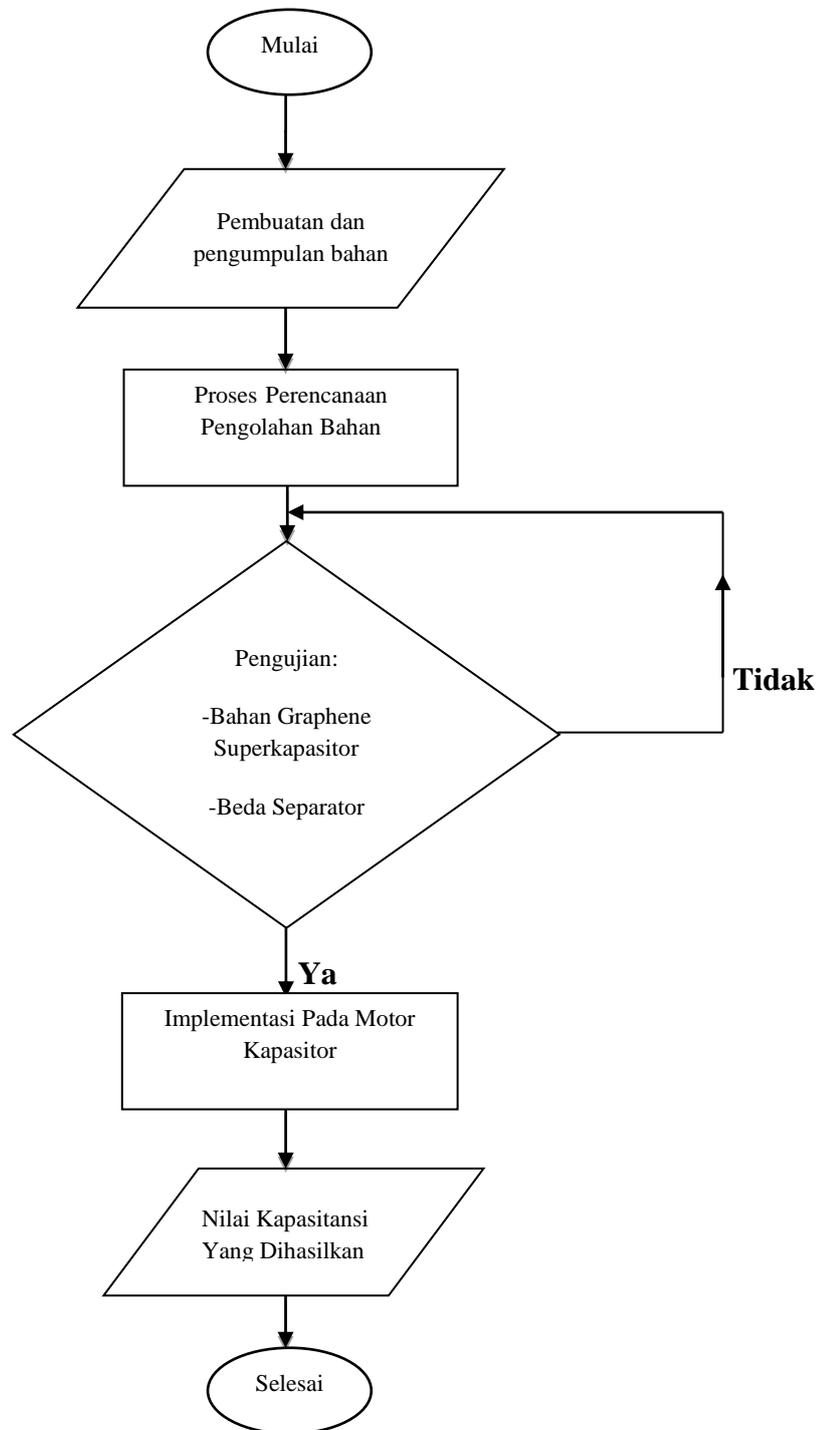
Jika masih ada maka harus membuat vakuman lain atau di lipatkan menjadi dua kemudian di berikan kembali plastik tebal agar kapasitor tertekan dan menjadi padat.



Gambar 3.8 Plastik Vakum

Diagram Alir Sistem

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian *Implementasi graphene supercapacitor* dengan *Berbeda Separator* pada *Motor listrik* yang diharapkan pada hasil pengujian didapat nilai kapasitansi dari berbeda separator yang diinginkan dan perbandingan dari separator yang baik nilai kapasitansinya. 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 energi listrik yang tersimpan pada *graphene supercapacitor* dengan separator berbeda
- 2 Pengujian nilai muatan yang tersimpan pada *graphene supercapacitor* dengan separator berbeda
- 3 Pengujian nilai arus yang ada pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator
- 4 Pengujian waktu yang diperlukan untuk memperoleh muatan pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator

Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Kapasitansi Separator Sebelum Pengujian Pada Motor Kapasitor

| No | Sumber Tegangan | Jenis Separator | Nilai Kapasitansi Awal | Nilai Kapasitansi Setelah Pengisian Selama 15 menit |
|----|-----------------|-----------------|------------------------|---|
| 1 | 5VDC | Tissue | 7.50 μF | 8 μF |
| 2 | 5VDC | Polieurethane | 12.7 μF | 13.2 μF |
| 3 | 5VDC | Polietilen | 0.30 μF | 0.38 μF |

4.2.1 Pengujian Energi Listrik yang Tersimpan pada *Graphene Supercapacitor* dengan Separator Berbeda

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui Energi Listrik Yang Tersimpan Pada Graphene Supercapacitor Dengan Separator Yang Berbeda dapat dilihat pada tabel percobaan 4.1 untuk mencari nilai energi yang tersimpan maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

E = Energi Listrik (Joule)

C = Kapasitansi (Farad)

V = Tegangan (Volt)

Percobaan 1 Pada Separator Tissue

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(8 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{200 \times 10^{-6}}{2}$$

$$E = 100 \times 10^{-6} \text{ J atau } 100 \text{ } \mu\text{J}$$

Percobaan 2 Pada Separator Polieurethane

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(13.2 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{330 \times 10^{-6}}{2}$$

$$E = 165 \times 10^{-6} \text{ J atau } 165 \text{ } \mu\text{J}$$

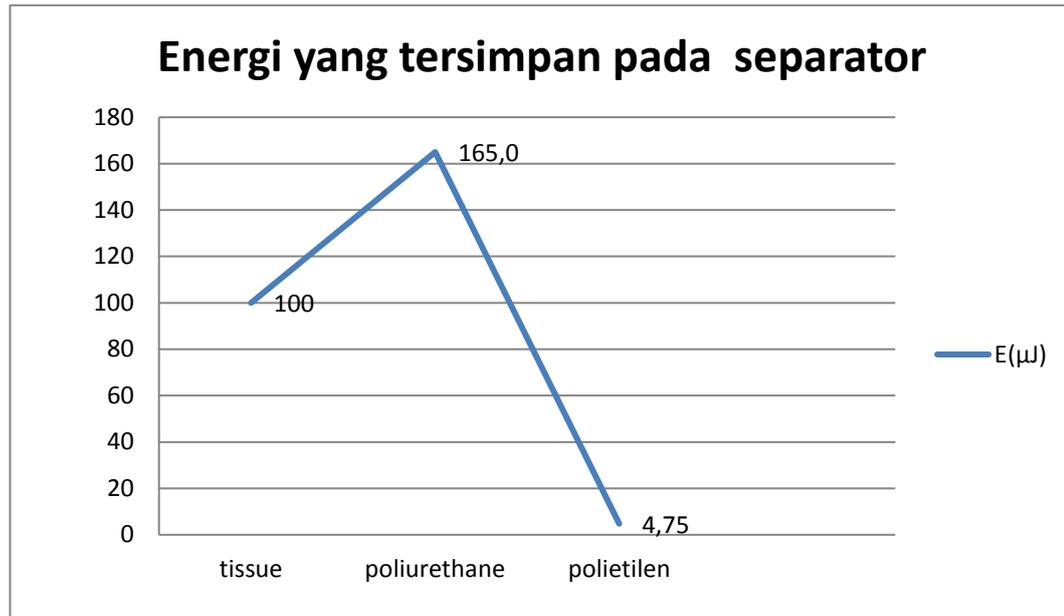
Percobaan 3 Pada Separator Polietilen

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(0.38 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{9.5 \times 10^{-5}}{2}$$

$$E = 4.75 \times 10^{-5} \text{ J atau } 4.75 \text{ } \mu\text{J}$$



Gambar 4. 1 Grafik Energi Pada Masing-masing Separator Berbeda

4.2.2 Pengujian Nilai Muatan yang Tersimpan pada *Graphene Supercapacitor* dengan Separator Berbeda

Pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai muatan listrik pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator seperti yang terlihat pada tabel percobaan 4.1 dimana tegangan sumber adalah 5v dari DC power supply. Untuk mencari nilai muatan listrik adalah dengan persamaan :

$$C = \frac{Q}{V} \text{ Atau } Q = CV$$

C = Kapasitansi (Farad)

Q = Muatan (Coulumb)

V = Tegangan (Volt)

Percobaan 1 Separator tissue

$$Q = CV$$

$$Q = (8 \times 10^{-6})(5)$$

$$Q = 40 \mu\text{C}$$

Percobaan 2 Separator Polieurethane

$$Q = CV$$

$$Q = (13.2 \times 10^{-6})(5)$$

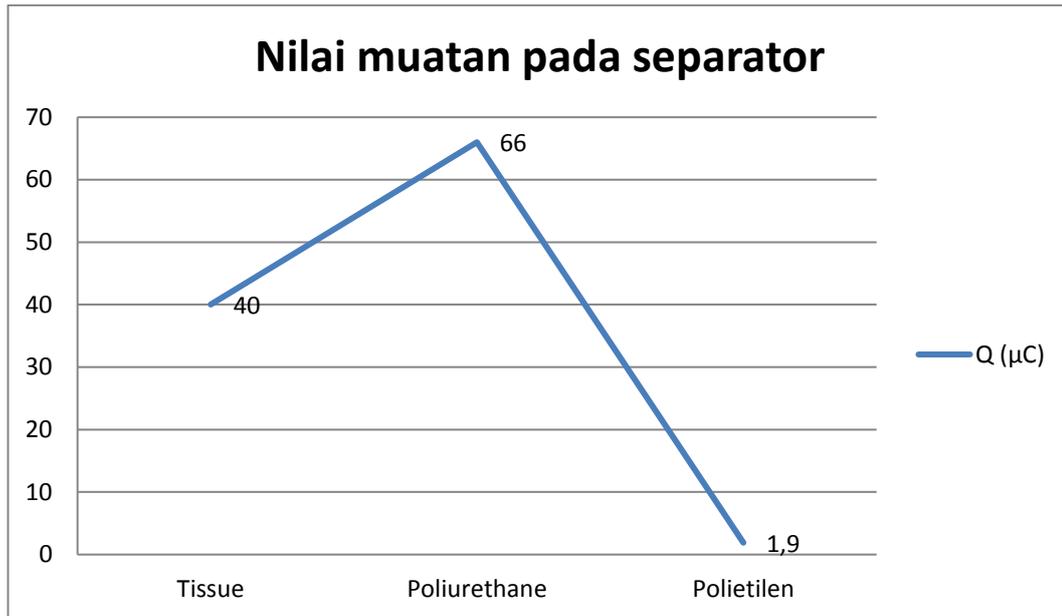
$$Q = 66 \mu\text{C}$$

Percobaan 3 Separator Polietilen

$$Q = CV$$

$$Q = (0.38 \times 10^{-6})(5)$$

$$Q = 1.9 \mu\text{C}$$



Gambar 4.2 Grafik Nilai Muatan Pada Separator Berbeda

4.2.3 Pengujian Nilai Arus pada *Graphene Supercapacitor* dengan Separator Berbeda

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai arus pada *Graphene Supercapacitor* dengan berbeda separator, Dalam rangkaian kapasitor pada arus AC mempunyai sifat bahwa arus mendahului tegangan dengan beda sudut fase sebesar 90° , untuk mencari nilai arusnya maka harus diketahui X_c (reaktansi kapasitif) dari kapasitor. .

$$I = \frac{V}{X_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

I = Kuat arus listrik (A)

V = Tegangan (V)

X_c = Reaktansi Kapasitif (Ω)

Percobaan 1 pada Separator Tissue

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$I = \frac{220}{464.68}$$

$$X_C = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(8)}$$

$$I = 0.47 \text{ A}$$

$$X_C = 464.68 \Omega$$

Percobaan 2 pada Separator Poliurethane

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$I = \frac{220}{241.26}$$

$$X_C = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(13.2)}$$

$$I = 0.91 \text{ A}$$

$$X_C = 241.26 \Omega$$

Percobaan 3 pada Separator Polietilen

$$I = \frac{V}{X_C}$$

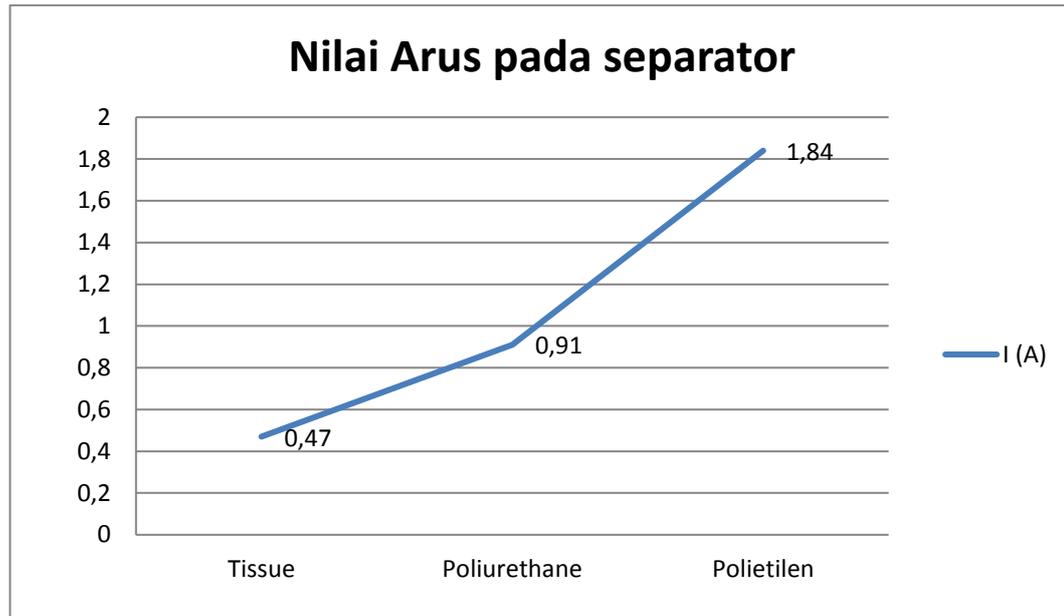
$$X_C = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$I = \frac{220}{119.32}$$

$$X_C = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(0.38)}$$

$$I = 1.84 \text{ A}$$

$$X_C = 119.32 \Omega$$



Gambar 4.3 Grafik Nilai Arus Separator Pada Motor Kapasitor

4.2.4 Pengujian Waktu Yang Diperlukan Pada Graphene Supercapacitor Untuk Memperoleh Muatan Dengan Berbeda Separator.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan pada *Graphene Supercapacitor* dengan berbeda separator untuk memperoleh muatan . waktu yang diperlukan bagi sebuah kapasitor untuk memperoleh muatan sebanding dengan kapasitansi dan resistansi pada rangkaian. Nilai kapasitansi dan resistansi masing-masing separator dapat dilihat pada tabel 4.1. untuk mencari besarnya tetapan waktu dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_c = R \cdot C$$

T_c = Waktu (s)

R = Resistansi (Ω)

C = Kapasitansi (F)

Percobaan 1 pada Separator Tissue

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (0.78) \times (8 \times 10^{-6})$$

$$Tc = 6.24 \mu s$$

$$Tc = 6.24 \times 5 = 31.2 \mu s \text{ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh}$$

hasil diatas adalah waktu yang diperlukan untuk mengisi muatan kapsitor sampai dengan 63% dari tegangan sumber.

Percobaan 2 pada Separator Poliuerethane

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (4.44) \times (13.2 \times 10^{-6})$$

$$Tc = 58.60 \mu s$$

$$Tc = 58.60 \times 5 = 293.04 \mu s \text{ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh}$$

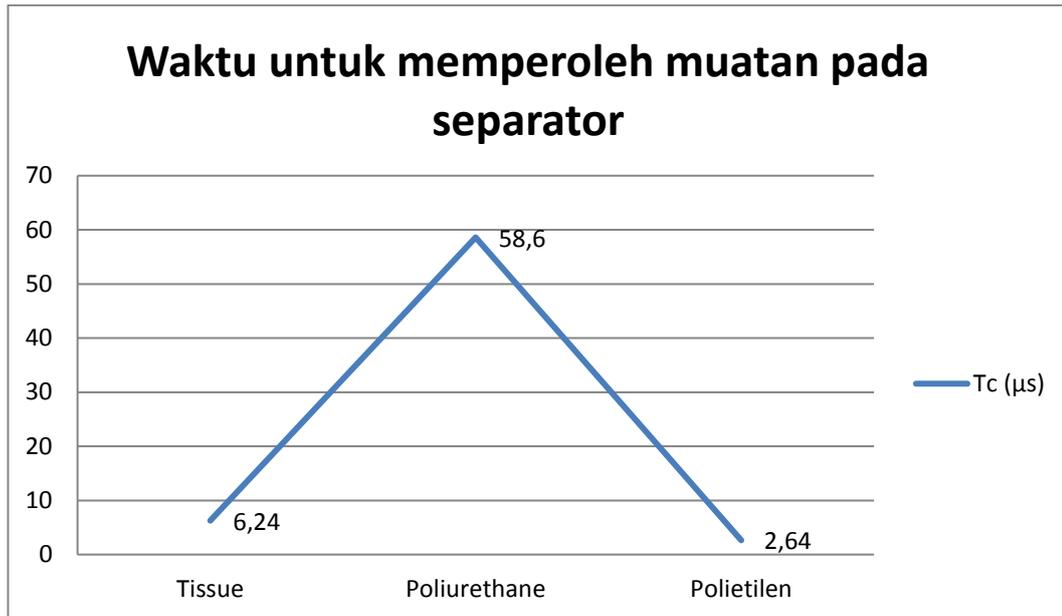
Percobaan 3 pada Separator Polietilen

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (7.10) \times (0.38 \times 10^{-6})$$

$$Tc = 2.698 \mu s$$

$$Tc = 2.698 \times 5 = 13.49 \mu s \text{ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh}$$



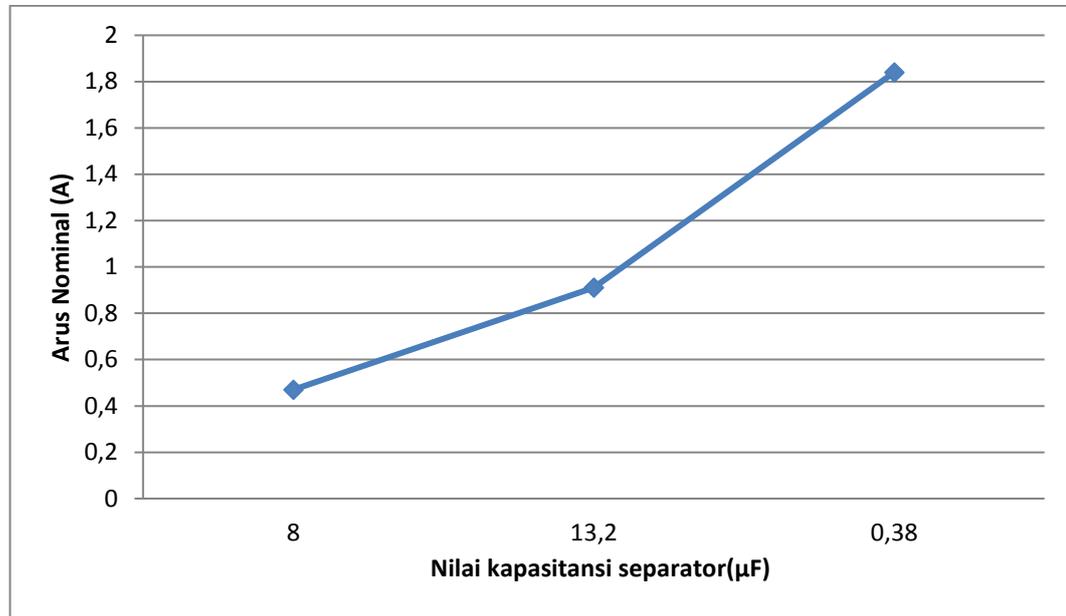
Gambar 4.4 Grafik Waktu Untuk Memperoleh Muatan Pada Berdeda Separator

Tabel 4.2 Data Pengujian Separator Setelah Pengujian Pada Motor Kapasitor

| No | Jenis separator | Nilai kapasitansi kapasitor setelah pengisian selama 15 menit | Kecepatan putaran pada motor kapasitor | Resistansi didapat setelah dilakukan pengujian |
|----|-----------------|---|--|--|
| 1 | Tissue | 8 μF | 322.5 Rpm | 0.78 Ω |
| 2 | Poliuretan | 13.2 μF | 290.1 Rpm | 4,44 Ω |
| 3 | Polietilen | 0.38 μF | 110.5 Rpm | 7.10 Ω |

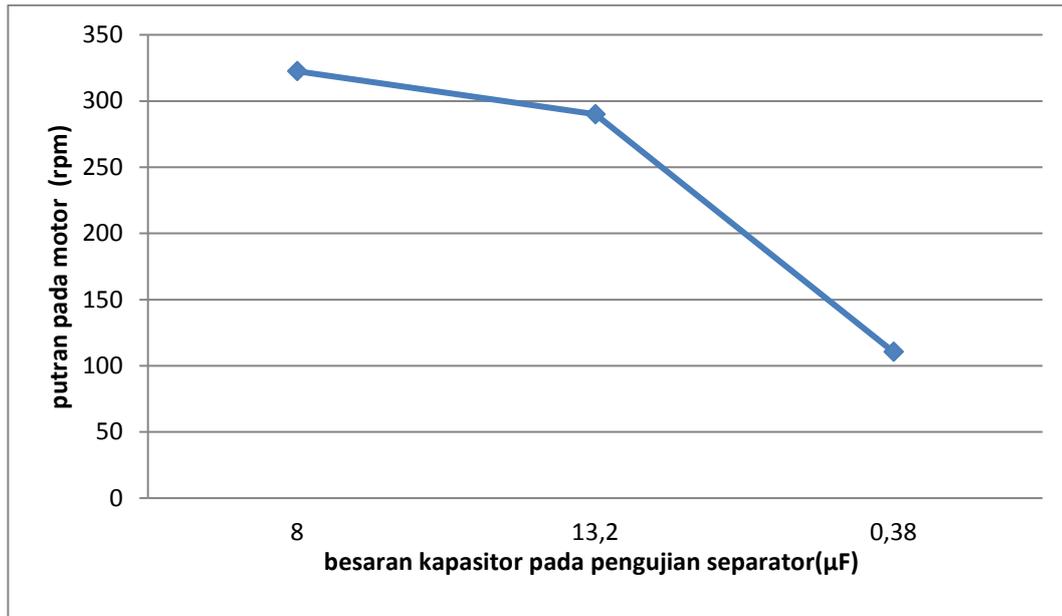
Nilai arus dari kapasitor dengan sampel separator yang berbeda didapat hasil, pada separator tissue dengan nilai kapasitansi 8 μF dengan arus (I) 0.47 A,

separator poliuretan nilai kapasitansi 13.2 μF dengan arus (I) 0.91 A, separator polietilen nilai kapasitansi 0.38 μF dengan arus(I) 1.84 A



Gambar 4.5 Grafik nilai besaran separator pada kapasitor terhadap arus nominal motor kapasitor

Perubahan besaran kapasitor pada motor kapasitor pada pengujian, apabila besaran kapasitor diperbesar akan mengakibatkan arus nominal semakin besar dan kecepatan motor kapasitor akan berkurang. Bentuk grafik kecepatan rotor kapasitor dengan perubahan besaran kapasitor seperti Gambar 4.5



Gambar 4.6 Grafik perubahan besaran kapasitor pada pengujian separator terhadap putaran pada motor kapasitor

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Implementasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik dengan menggunakan separator yang berbeda pada penelitian ini menggunakan beberapa sampel yaitu tissu, poliurethane, dan polietilen, setelah perancangan yang dilakukan pada setiap separator didapat hasil nilai kapasitansi dari separator yaitu : tissue 7.20 μF , poliuretane 12.7 μF , dan polietilen 0.30 μF , separator dengan lembaran poliuretan memiliki kapasitansi terbesar diantara separator yang lain yaitu sebesar 12.7 μF . Separator dengan jenis tissue kecepatan putaran yang didapat sebesar 322.5 rpm, separator dengan jenis poliuretan kecepatan putaran yang didapat sebesar 290.1 rpm, dan separator jenis polietilen memiliki kecepatan putaran yang didapat sebesar 110.5 rpm. Separator dengan jenis tissu mampu menggerakkan motor kapasitor dengan kecepatan sebesar 248.5 rpm lebih besar dibanding dengan separator yang lain. Dari pengujian, untuk keluaran dari penggunaan separator pada motor kapasitor . separator dengan jenis tissu memiliki keluaran lebih besar daripada yang lain
2. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan motor listrik sebagai media uji coba untuk mengukur putaran motor pada *graphene*

supercapacitor dengan separator berbeda menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kapasitansi yang didapat tidak menentukan keluaran putaran pada motor itu sendiri besar namun dengan nilai kapasitansi yang tidak terlalu tinggi mampu menggerakkan motor kapasitor lebih cepat dibanding dengan kapasitansi yang lebih besar. Pengaruh dari itu semua karena arus yang dimiliki separator poliuretan lebih besar dari dari separator lain Nilai arus dari kapasitor dengan sampel separator yang berbeda didapat hasil, pada separator tisu dengan nilai kapasitansi $7.50 \mu\text{F}$ dengan arus (I) 0.47 A , separator poliuretan nilai kapasitansi $12.7 \mu\text{F}$ dengan arus (I) 0.91 A , separator polietilen nilai kapasitansi $0.30 \mu\text{F}$ dengan arus(I) 1.84 A

3. Aplikasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik dengan material *graphene* pada penelitian ini yaitu *graphene* juga memiliki kemampuan tahanan yang baik dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahuinya.

5.2 Saran

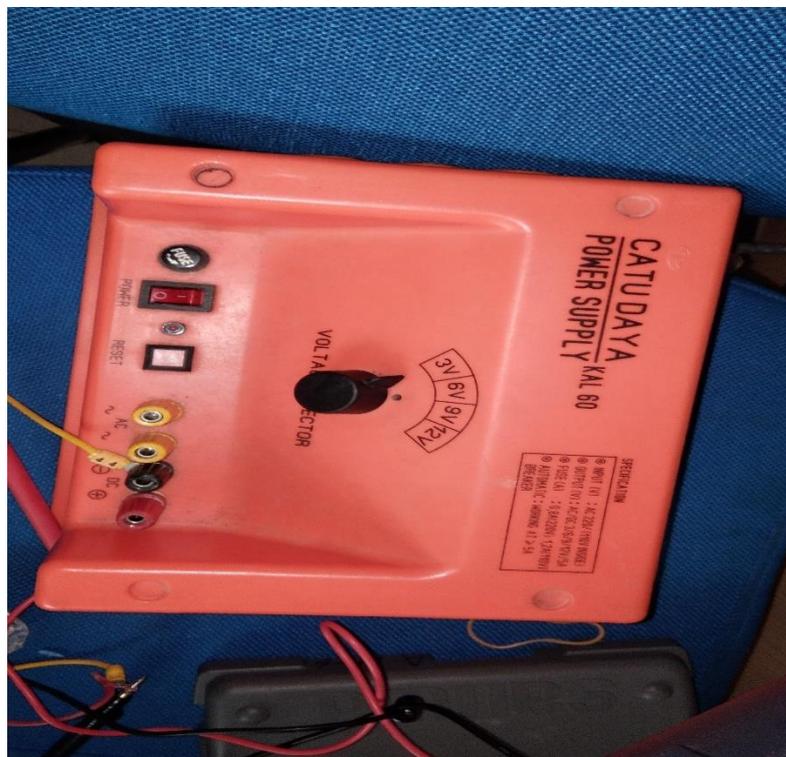
Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap separator akan diuji menggunakan sampel lembaran apakah mempengaruhi nilai kapasitansi atau tidak, menggunakan plastik tahan panas yang diakibatkan rugi rugi panas yang timbul pada *graphene supercapacitor*, permasalahan yang timbul dalam hal ini *graphene supercapacitor* yaitu pada pemvakuman adalah hal yang terpenting untuk menjaga agar nilai kapasitansi dari *graphene supercapacitor* tetap sama tidak menurun.

Penelitian selanjutnya mampu mengembangkan kembali pengaruh separator terhadap *graphene supercapacitor* dengan lebih banyak sampel yang diujikan, penggunaan bahan pengujian masih penggunaan pada kipas angin diharapkan pada penelitian selanjutnya dikembangkan pada motor kapasitor lainnya .

LAMPIRAN





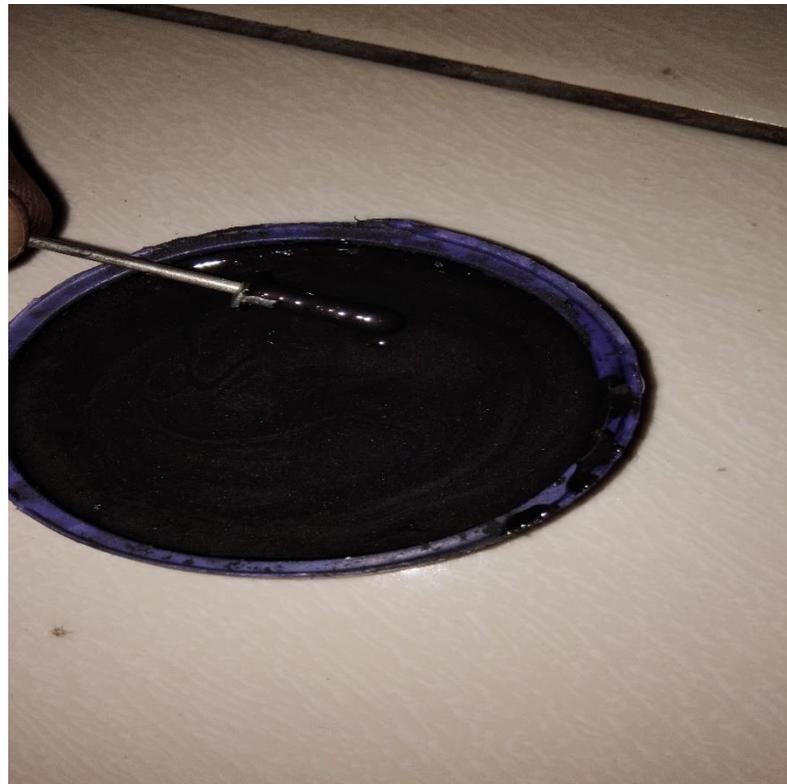


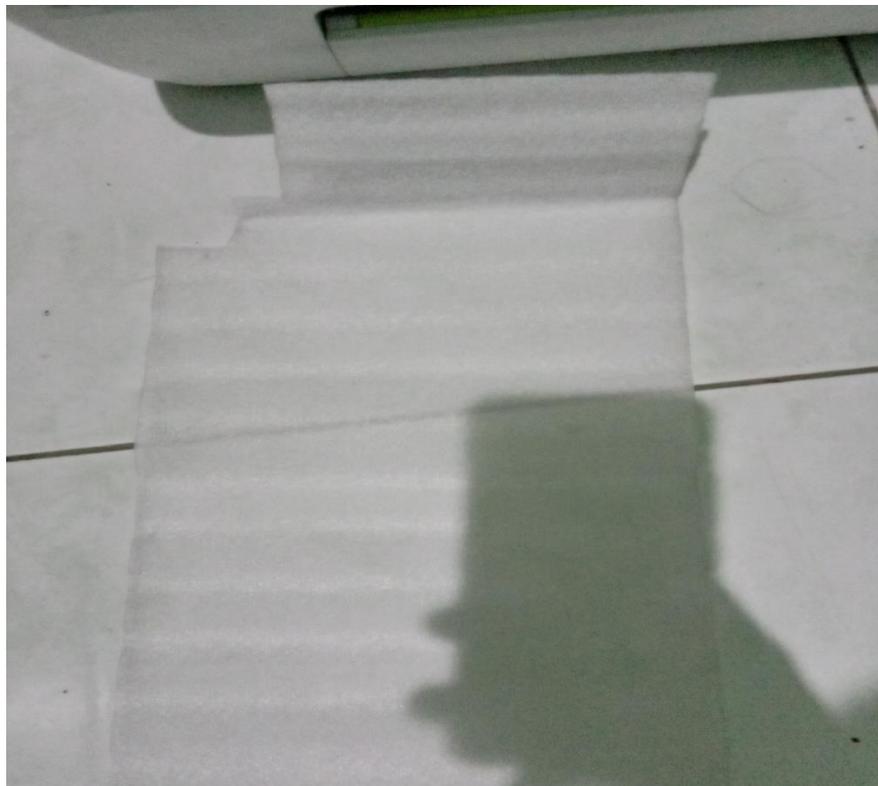


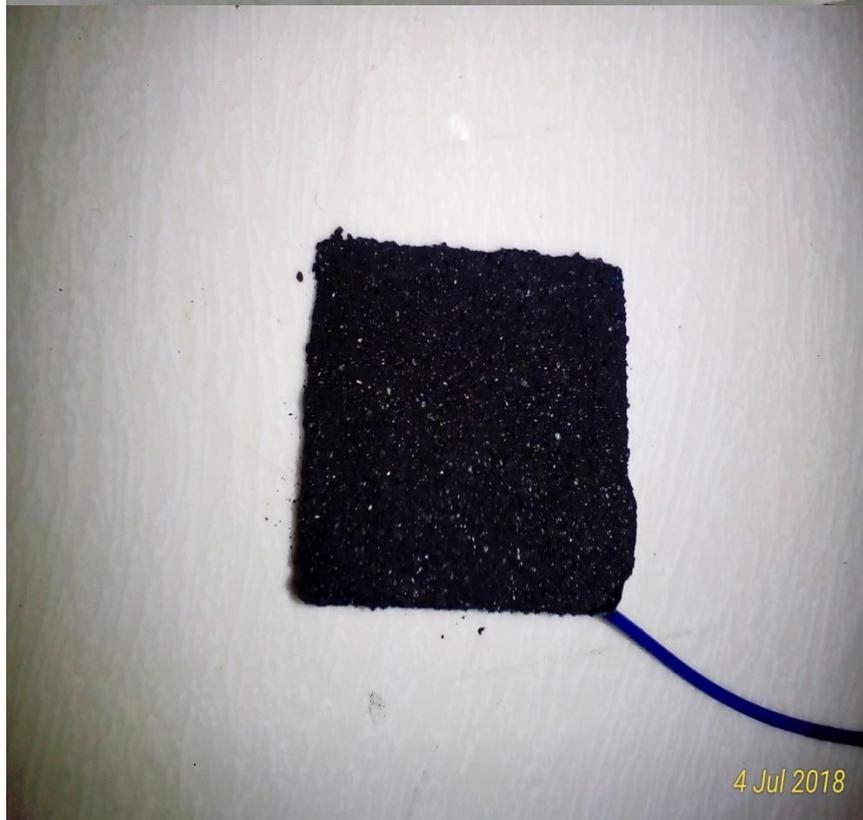


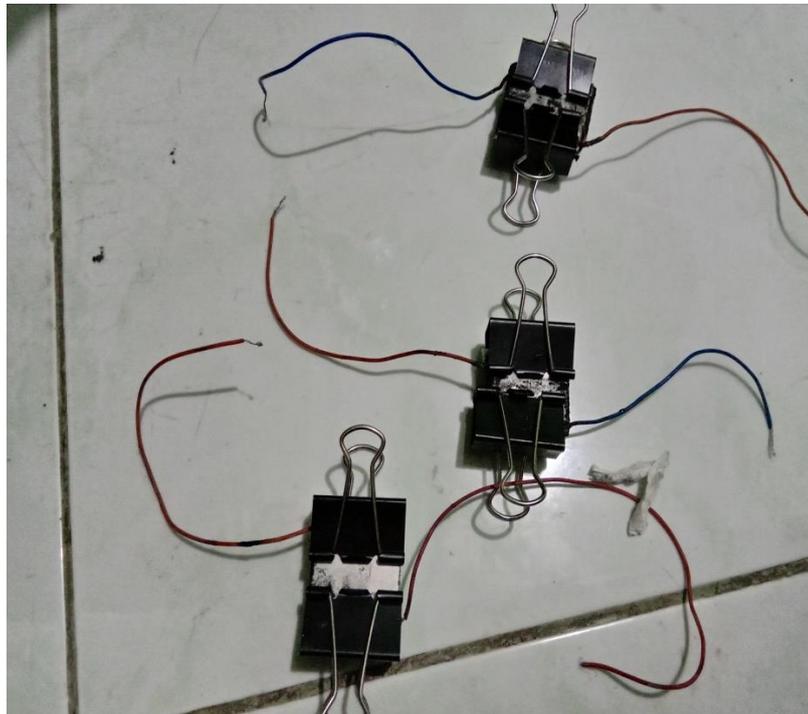














4 Jul 2018



4 Jul 2018





IMPLEMENTASI GRAPHENE SUPERCAPACITOR PADA MOTOR KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN SEPARATOR YANG BERBEDA

Fairuz Rouzy¹⁾, Indra Roza²⁾, 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 - Bahan dielektrik sangat penting dalam pembuatan kapasitor. Keberadaan bahan dielektrik dalam kapasitor dapat menghasilkan kapasitas kapasitor yang lebih besar. Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik tidak mempunyai elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Untuk menentukan bahan dielektrik baik digunakan pada kapasitor maka dilakukan pengujian bahan dielektrik pada kapasitor dengan bahan material kapasitor dari graphene. Pada penelitian ini sampel dielektrik pada superkapasitor yaitu tisu, poliuretan, dan polietilen. Pengujian diimplementasikan langsung pada motor kapasitor. Dari penelitian diperoleh, tisu $7.50 \mu\text{F}$ sebesar 0.47 A dengan putaran pada motor 322.5 Rpm , poliuretan $12.7 \mu\text{F}$ sebesar 0.91 A dengan putaran pada motor 290.1 Rpm , polietilen $0.30 \mu\text{F}$ sebesar 1.84 A dengan putaran pada motor 110.5 Rpm . Maka bahan dielektrik dengan jenis tisu adalah bahan yang tepat apabila yang dituju adalah keluarannya namun untuk hal lain maka poli uretan lebih baik daripada separator lainnya.

Kata kunci : bahan dielektrik, *graphene supercapacitor*, separator, motor kapasitor

I. PENDAHULUAN

Superkapasitor yang juga dikenal sebagai kapasitor elektrokimia merupakan salah satu solusi untuk penyimpanan energi karena memiliki densitas daya dan densitas energi yang tinggi, yaitu sekitar 10 kali lebih besar dibanding kapasitor dan baterai konvensional. Performa superkapasitor bergantung pada elektroda, elektrolit dan kondisi operasinya. *Supercapacitor* tidak mengalami reaksi kimia seperti pertukaran ion seperti baterai, sehingga dalam kondisi operasi normal dapat stabil hingga ribuan siklus tanpa mengalami degradasi. Superkapasitor dapat memiliki densitas daya yang tinggi yaitu sekitar 10^3 - 10^4 W/Kg karena memiliki elektroda yang luas permukaannya besar namun memiliki jarak antar ion yang rendah pada antarmuka double layer.

Bahan dielektrik sangat penting dalam pembuatan kapasitor. Keberadaan bahan dielektrik dalam kapasitor dapat menghasilkan kapasitas kapasitor yang lebih besar. Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan tidak ada. Bahan dielektrik tidak mempunyai elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik. Dalam bahan dielektrik semua elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan, bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga pada tiap aliran massa tidak disertai perpindahan muatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

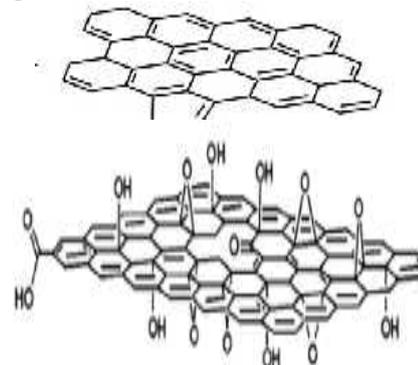
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.

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. [5].

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 [7].



Gambar 2.1. Struktur pori-pori *graphene Oksida*

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 terjadi dikendalikan 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 [7].

2.3 Karbon Aktif (Activated Carbon)

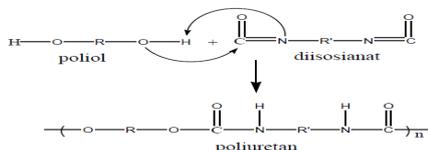
Arang aktif adalah suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Beberapa bahan yang mengandung banyak karbon dan terutama yang memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang 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 [8].

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 didalamnya 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 [10].

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

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 [12].

Selain menjadi reagen kimia, asam fosfat memiliki berbagai macam kegunaan, termasuk sebagai inhibitor karat, aditif makanan, *etchant* gigi dan ortopedik, elektrolit [13].

2.6 Super Kapasitor

Super kapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional [14]. 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 *psudokapasitif* dan lapisan ganda. *Psudokapasitif* elektroda menghasilkan sifat kapasitif berdasarkan reaksi reduksi dan oksidasi pada bahan-bahan tertentu, seperti logam oksida (RuO_2 , MnO_2 , CuO , NiO , V_2O_5 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 kapasitas yang tinggi. [14]

Super kapasitor, juga dikenal sebagai ultrakapasitor atau kapasitor elektrokimia, memanfaatkan permukaan elektroda dan larutan elektrolit dielektrik tipis untuk mencapai kapasitas 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.

Kapasitansi didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan yang tersimpan dalam kapasitor (Q) dengan potensial listrik (V) yang di berikan

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.3)$$

$$Q = C \times V \quad (2.4)$$

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

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{D} \quad (2.5)$$

C = Kapasitansi (F)

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

ϵ_r = permittivitas statis (C/Nm^2)

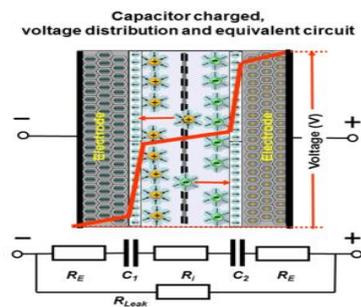
Dengan ϵ_0 ialah konstanta dielektrik atau permittivitas ruang vakum dan ϵ_r ialah konstanta dielektrik bahan isolasi antara elektroda. Untuk mengukur kerapatan dapat dihitung sebagai jumlah per satuan massa atau per unit volume. Energi E yang tersimpan dalam kapasitor berbanding lurus dengan kapasitansi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

$$E = \frac{1}{2} C (V)^2 \quad (2.6)$$

E = Energi listrik (Joule)

C = Kapasitansi (F)

V = Tegangan listrik (Volt)



Gambar 2.6 Ilustrasi Distribusi Super kapasitor [17]

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 *me-recharge* pendek serta aman dalam penggunaannya

dibandingkan dengan baterai elektrokimia dan baterai, kerapatan daya lebih tinggi pengisian lebih pendek[18]. Pada gambar 2.5 menggambarkan ilustrasi dasar fungsi *super kapasitor*, distribusi tegangan di dalam kapasitor dan rangkaian DC ekuivalennya yang disederhanakan.

2.7 Motor Kapasitor

2.7.1 Prinsip Kerja Motor Kapasitor

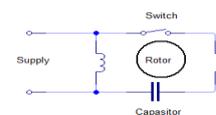
Jika motor kapasitor diberi sumber tegangan (suplay 220 Volt AC) pada belitan start, maka terjadi pengaliran arus pada belitan tersebut. Dengan adanya kapasitor yang terhubung seri dengan belitan bantu sehingga arus belitan bantu mendahului (leading) terhadap arus belitan utama, kondisi tersebut menyebabkan terbentuk suatu medan magnet putar. Medan magnet putar ini memotong batang-batang konduktor dari belitan rotor yang menyebabkan pada ujung-ujung belitan rotor timbul gaya gerak listrik, karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga menghasilkan arus pada rotor dan kedua fluks magnet antara fluks belitan stator dan rotor akan berinteraksi sedemikian yang membuat rotor motor kapasitor berputar [19].

2.7.2 Jenis Motor Kapasitor

Motor kapasitor terbagi atas tiga jenis yaitu :

a. Motor Kapasitor *Start*

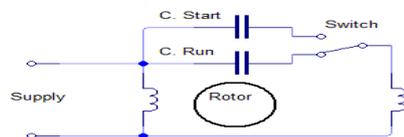
Motor kapasitor start adalah motor kapasitor dimana kapasitor dan belitan bantu yang terhubung dalam rangkaian hanya digunakan pada saat *starting*. Motor ini mempunyai momen starting yang relatif lebih tinggi, umumnya menggunakan kapasitor elektrolit. Kapasitor harus diputuskan dari rangkaian motor ketika motor sudah mencapai putaran tertentu, karena kapasitor ini bukan untuk *continuous duty* [19].



Gambar 2.7 Rangkaian Motor Kapasitor *Start*

b. Motor kapasitor dengan dua nilai kapasitansi

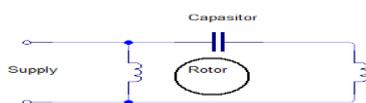
Motor kapasitor dengan dua nilai kapasitansi adalah motor kapasitor yang menggunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi yang berbeda baik untuk starting maupun untuk running. Motor ini mempunyai torsi starting yang tinggi dan menggunakan kapasitor minyak serta kapasitor elektrolit dihubungkan paralel dan digunakan pada saat starting. Ketika putaran motor mencapai nilai tertentu, kapasitor elektrolit diputuskan dari rangkaian sehingga motor beroperasi sebagai motor kapasitor *permanent split* [19].



Gambar 2.8 Rangkaian Motor Kapasitor Dengan Dua Nilai Kapasitansi

c. Motor Kapasitor Permanent Split

Motor kapasitor permanent split adalah motor kapasitor yang menggunakan kapasitor dan kumparan bantu secara terus menerus baik pada saat starting maupun running. Motor ini mempunyai torsi starting yang relatif rendah dan menggunakan kapasitor tipe kertas berisi minyak (*oil – impregnate paper*) [19].



Gambar 2.9 Rangkaian Motor Kapasitor *Permanent Split*

2.7.3 Kapasitansi kapasitor pada motor

Kapasitor terbentuk jika dua buah konduktor dipisahkan dengan satu bahan isolator seperti kertas digulung bersama menjadi satu unit dan ditempatkan dalam selubung logam atau wadah plastik serta berbentuk segiempat atau silindris. Kapasitor pada motor ini berfungsi sebagai

penyimpan tenaga listrik dan menyuplay *Leading Current* pada belitan bantu sebelum belitan utama, diupayakan sebesar 90° listrik [19].

Kapasitor mempunyai satuan mikrofarad, kapasitor yang digunakan pada motor kapasitor biasanya mempunyai nilai kapasitansi sebesar 2 sampai 800 mikrofarad bahkan lebih besar lagi. Tergantung dari ukuran, tipe dan tujuan penggunaannya. Kapasitansi suatu kapasitor dapat mengalami penurunan, karena over heating atau sebab lain [19].

Gangguan kapasitor disebabkan oleh :

8. Kapasitor selalu tersuplay secara terus menerus.
9. Bearing yang terkupas atau saling melekat.
10. Kapasitansi kapasitor tidak sesuai.
11. Beban motor terlalu berlebihan.
12. Rating tegangan tidak sesuai.
13. Tegangan jaringan rendah.
14. Hubung singkat dengan wadah kapasitor

2.8 Polietilen

Polietilen (PE) merupakan produk polimer plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Pada dasarnya struktur molekul polietilen adalah sederhana yaitu gandingan atom karbon yang membentuk rantai panjang di mana masing masing atom karbon mengandung dua ikatan karbon dengan atom hidrogen.

Polietilen sendiri masih terbagi atas beberapa jenis seperti *high density polyethylene* (HDPE), *medium density polyethylene* (MDPE), *low density polyethylene* (LDPE), *linear low density polyethylene* (LLDPE) *very low density polyethylene* (VLDPE), dan *ultra high molecular weight density polyethylene* (UHMWPE). dari sekian jenis polietilen, LDPE dan HDPE yang paling banyak diproduksi [36].

Tabel 2.1 Perbandingan antara HDPE dan LDPE

| Deskripsi | LDPE | HDPE |
|-----------|------|------|
|-----------|------|------|

| | | |
|----------------|---|--|
| Aplikasi | Tas plastik, botol susu, taplak meja, sarung atau cover mobil dan lain-lain | Isolator, kabel, pipa, freezer bag dan lain-lain |
| Suhu pelelehan | 115°C | 135°C |
| Kristalinitas | Kristalinitas relatif rendah (50°C-60°C) | Kristalinitas bisa mencapai 90°C |
| Kelenturan | Relatif lentur karena kristalinitas rendah | Kurang lentur dibanding LDPE |
| Kekuatan | Kurang kuat dibanding HDPE | Lebih kuat karena rapinya struktur rantai polimer |
| Transparansi | Relatif transparan karena cukup banyak struktur amorfnya | Kurang begitu transparan karena sebagian besar berstruktur kristalin |
| Densitas | 0,91 - 0,93 g/cm ³ | 0,94 - 0,97 g/cm ³ |
| Sifat kimia | Tahan terhadap bermacam pelarut dan senyawa asam maupun basa | Tahan terhadap bermacam pelarut dan senyawa asam maupun basa |

2.9 Dielektrik Pada Kapasitor

Di antara dua keping pada kapasitor biasanya disisip/dipasang suatu bahan isolator yang disebut *dielektrik*. Bahan ini digunakan karena dapat membesar nilai kapasitas kapasitor. Contoh bahan dielektrik adalah kaca mika, kertas, dan karet.

Bahan dielektrik memiliki harga permitivitas yang berbeda dengan harga permitivitas vakum. Berdasarkan **Persamaan (2.16)**

dapat diketahui bahwa permitivitas bahan $\epsilon = \epsilon_1 \cdot \epsilon_0$ sehingga kapasitas kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik adalah

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.16)$$

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \text{ atau } C = \epsilon_1 \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.17)$$

Dengan memperhatikan **Persamaan (2.16)** dan **Persamaan (2.17)** didapat hubungan kapasitas tanpa dielektrik dan kapasitor dengan bahan dielektrik adalah sebagai berikut [35].

$$C = \epsilon_1 C_0 \quad (2.18)$$

Tabel 2.2 Harga Permitivitas Relatif Beberapa Bahan

| Bahan Penyekat | ϵ_r | Bahan Penyekat | ϵ_r |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Vakum | 1,00000 | Parafin | 2,2 |
| Udara | 1,00054 | Karet | 6,7 |
| Air | 78,5 | Plastik | 2 - |
| Minyak | 2,22 | Kertas | 4 |
| Transformator | 3,78 | Kaca | 3,2 |
| Silika | 7,00 | Porselen | 5 |
| Campuran Mika | | | 6 - 8 |

2.10 Aluminium Foil

Foil adalah bahan tipis dari logam yang digulung dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm dan memiliki lebar 1,52 meter hingga 4,06 meter. Umumnya foil tidak murni berbasis logam. Karakteristik aluminium foil kuat, ringan, tahan panas, dan hampir kedap udara, tidak mengandung magnet. Kedapannya terhadap oksigen membuat aluminium foil merupakan kemasan ideal [20].

Kemasan aluminium foil adalah bahan kemasan berupa lembaran logam aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan <0.15 mm.. Aluminium foil menempati posisi yang penting dalam produk kemasan fleksibel karena memiliki barriers yang memuaskan dan penampilan yang baik. Foil yang biasa digunakan dengan ketebalan antara 6 mikron sampai dengan 150 mikron baik *soft temper* maupun *hard temper* [20].

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 5 bulan, dimulai dari perencanaan bahan, pembuatan material, pengujian pada motor kapasitor, pengambilan beberapa sampel separator dan pengambilan data pengujian.

3.2 Bahan- Bahan Penelitian

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

13. Plat Aluminium dengan ketebalan 1mm sebagai media kolektor.
14. Serbuk *graphene* sebagai elektroda.
15. Polyurethane resin sebagai perekat antara plat aluminium dengan *graphene*.
16. Aktivated Carbon (karbon aktif) di gunakan untuk penunjang daya serap energi listrik sebagai elektroda.
17. Phosphoric Acid (Asam Fosfat) sebagai elektrolit.
18. Tisu, polierutan, dan polietilen digunakan sebagai media uji coba pemisah antara elektroda positif dan elektroda negatif.
19. Kabel digunakan sebagai kaki kolektor negatif dan positif.
20. Aluminium foil sebagai pembungkus pertama superkapasitor.
21. Pembungkus Plastik sebagai lapisan pembungkus penguat setelah aluminium foil.
22. Lakban sebagai sebagai perekat superkapasitor.
23. Paku tembak sebagai penghubung kabel dan plat aluminium.
24. Motor kapasitor sebagai alat yang akan diuji.

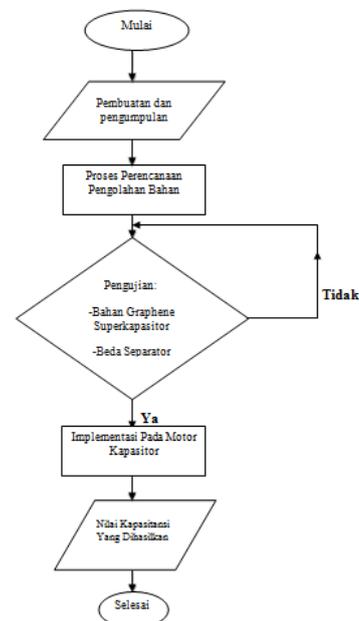
3.3 PROSEDUR PEMBUATAN

Letakkan ice bath di atas hot plate magnetic stirrer, dan masukan jar ke dalam ice batch tersebut, kemudian masukan 50 ml *sulphuric acid* kedalam jar, setelah satu jam masukan 1.6gr *graphite powder* stirrer sampai satu jam, setelah satu jam tambahkan 4.6gr *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 *pottasium 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 sehinggakan menjadi bubuk *graphene*.

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

IV. PEMBAHASAN

4.2 Pengujian Peralatan

Pengujian yang dilakukan di bab ini yaitu antara lain :

- 4 Pengujian energi listrik yang tersimpan pada *graphene supercapacitor* dengan separator berbeda
- 5 Pengujian nilai muatan yang tersimpan pada *graphene supercapacitor* dengan separator berbeda
- 6 Pengujian nilai arus yang ada pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator
- 7 Pengujian waktu yang diperlukan untuk memperoleh muatan pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator

Tabel 4.1 Data Pengujian Nilai Kapasitansi Separator Sebelum Pengujian Pada Motor Kapasitor

7.2.2 Pengujian Energi Listrik yang Tersimpan pada *Graphene Supercapacitor* dengan Separator Berbeda

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui Energi Listrik Yang Tersimpan Pada *Graphene Supercapacitor* Dengan Separator Yang Berbeda dapat dilihat pada tabel percobaan 4.1 untuk mencari nilai energi yang tersimpan maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

E = Energi Listrik (Joule)

C = Kapasitansi (Farad)

V = Tegangan (Volt)

Percobaan 1 Pada Separator Tissue

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(8 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{200 \times 10^{-6}}{2}$$

$$E = 100 \times 10^{-6} \text{ J atau } 100 \mu\text{J}$$

Percobaan 2 Pada Separator Polieurethane

$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(13.2 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{330 \times 10^{-6}}{2}$$

$$E = 165 \times 10^{-6} \text{ J atau } 165 \mu\text{J}$$

Percobaan 3 Pada Separator Polietilen

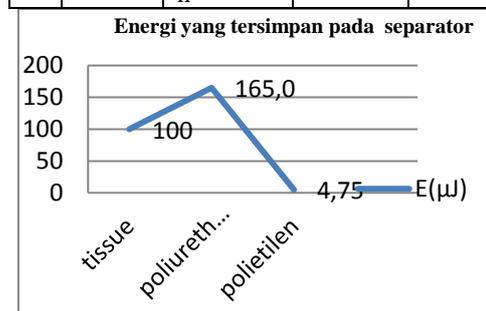
$$E = \frac{cv^2}{2}$$

$$E = \frac{(0.38 \times 10^{-6})(5)^2}{2}$$

$$E = \frac{9.5 \times 10^{-5}}{2}$$

$$E = 4.75 \times 10^{-5} \text{ J atau } 4.75 \mu\text{J}$$

| No | Sumber Tegangan | Jenis Separator | Nilai Kapasitansi Awal | Nilai Kapasitansi Setelah Pengisian Selama 15 menit |
|----|-----------------|-----------------|------------------------|---|
| 1 | 5VDC | Tissue | 7.50 μF | 8 μF |
| 2 | 5VDC | Polieuret hane | 12.7 μF | 13.2 μF |
| 3 | 5VDC | Polietilen | 0.30 μF | 0.38 μF |



Gambar 4.1 Grafik Energi Pada Masing-masing Separator Berbeda

7.2.3 Pengujian Nilai Muatan yang Tersimpan pada Graphene Supercapacitor dengan Separator Berbeda

Pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai muatan listrik pada *graphene supercapacitor* dengan berbeda separator seperti yang terlihat pada tabel percobaan 4.1 dimana tegangan sumber adalah 5v dari DC power supply. Untuk mencari nilai muatan listrik adalah dengan persamaan :

$$C = \frac{Q}{V} \text{ Atau } Q = CV$$

C = Kapasitansi (Farad)

Q = Muatan (Coulumb)

V = Tegangan (Volt)

Percobaan 1 Separator tissue

$$Q = CV$$

$$Q = (8 \times 10^{-6})(5)$$

$$Q = 40 \mu\text{C}$$

Percobaan 2 Separator Polieurethane

$$Q = CV$$

$$Q = (13.2 \times 10^{-6})(5)$$

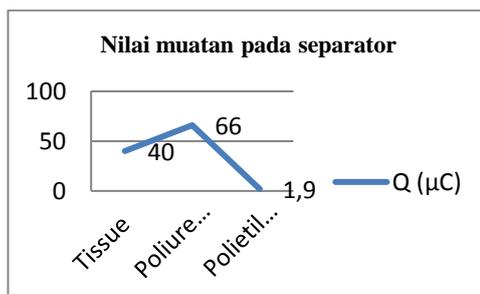
$$Q = 66 \mu\text{C}$$

Percobaan 3 Separator Polietilen

$$Q = CV$$

$$Q = (0.38 \times 10^{-6})(5)$$

$$Q = 1.9 \mu\text{C}$$



Gambar 4.2 Grafik Nilai Muatan Pada Separator Berbeda

7.2.4 Pengujian Nilai Arus pada Graphene Supercapacitor dengan Separator Berbeda

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai arus pada *Graphene Supercapacitor* dengan berbeda separator, Dalam rangkaian kapasitor pada arus AC mempunyai sifat bahwa arus mendahului tegangan dengan beda sudut fase sebesar 90°, untuk mencari nilai arusnya maka harus diketahui X_c (reaktansi kapasitif) dari kapasitor. .

$$I = \frac{V}{X_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

I = Kuat arus listrik (A)

V = Tegangan (V)

X_c = Reaktansi Kapasitif (Ω)

Percobaan 1 pada Separator Tissue

$$I = \frac{V}{X_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$I = \frac{220}{464.68}$$

$$X_c = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(8)}$$

$$I = 0.47 \text{ A}$$

$$X_c = 464.68 \Omega$$

Percobaan 2 pada Separator Poliurethane

$$I = \frac{V}{X_c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$I = \frac{220}{241.26}$$

$$I = 0.91 \text{ A}$$

$$X_c = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(13.2)}$$

$$X_c = 241.26 \Omega$$

Percobaan 3 pada Separator Polietilen

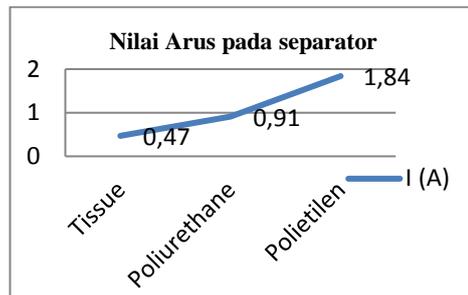
$$I = \frac{V}{Xc}$$

$$I = \frac{220}{119.32}$$

$$Xc = \frac{10^6}{(2)(3.14)(50)(0.38)}$$

$$I = 1.84 \text{ A}$$

$$Xc = 119.32 \Omega$$



Gambar 4.3 Grafik Nilai Arus Separator Pada Motor Kapasitor

7.2.5 Pengujian Waktu Yang Diperlukan Pada Graphene Supercapacitor Untuk Memperoleh Muatan Dengan Berbeda Separator.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan pada *Graphene Supercapacitor* dengan berbeda separator untuk memperoleh muatan. Waktu yang diperlukan bagi sebuah kapasitor untuk memperoleh muatan sebanding dengan kapasitansi dan resistansi pada rangkaian. Nilai kapasitansi dan resistansi masing-masing separator dapat dilihat pada tabel 4.1. Untuk mencari besarnya tetapan waktu dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$Tc = R \cdot C$$

Tc = Waktu (s)

R = Resistansi (Ω)

C = Kapasitansi (F)

Percobaan 1 pada Separator Tissue

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (0.78) \times (8 \times 10^{-6})$$

$$Tc \equiv \frac{6.24}{2\pi f c} \mu s$$

$Tc = 6.24 \times 5 = 31.2 \mu s$ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh

hasil diatas adalah waktu yang diperlukan untuk mengisi muatan kapsitor sampai dengan 63% dari tegangan sumber.

Percobaan 2 pada Separator Poliurethane

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (4.44) \times (13.2 \times 10^{-6})$$

$$Tc = 58.60 \mu s$$

$Tc = 58.60 \times 5 = 293.04 \mu s$ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh

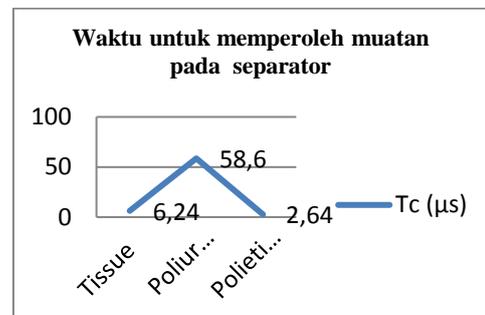
Percobaan 3 pada Separator Polietilen

$$Tc = R \cdot C$$

$$Tc = (7.10) \times (0.38 \times 10^{-6})$$

$$Tc = 2.698 \mu s$$

$Tc = 2.698 \times 5 = 13.49 \mu s$ waktu yang dibutuhkan agar kapasitor bermuatan penuh

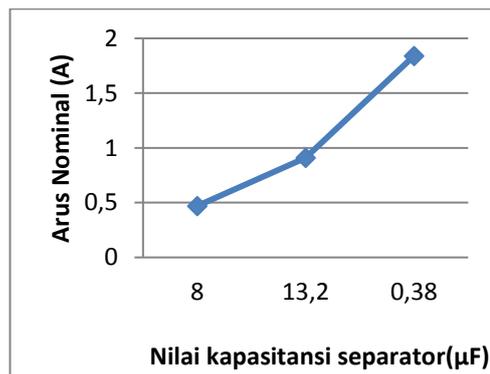


Gambar 4.4 Grafik Waktu Untuk Memperoleh Muatan Pada Berdeda Separator

Tabel 4.2 Data Pengujian Separator Setelah Pengujian Pada Motor Kapasitor

| No | Jenis separator | Nilai kapasitansi kapasitor setelah pengisian selama 15 menit | Kecepatan putaran pada motor kapasitor | Resistansi didapat setelah dilakukan pengujian |
|----|-----------------|---|--|--|
| 1 | Tissue | 8 μF | 322.5 Rpm | 0.78 Ω |
| 2 | Poliuretanan | 13.2 μF | 290.1 Rpm | 4,44 Ω |
| 3 | Polietilen | 0.38 μF | 110.5 Rpm | 7.10 Ω |

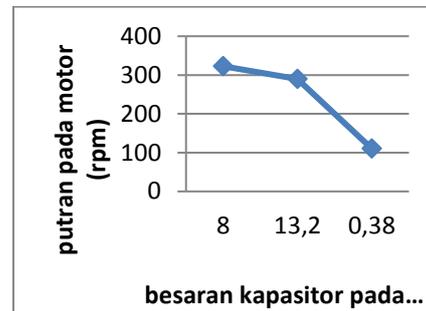
Nilai arus dari kapasitor dengan sampel separator yang berbeda didapat hasil, pada separator tissue dengan nilai kapasitansi 8 μF dengan arus (I) 0.47 A, separator poliuretan nilai kapasitansi 13.2 μF dengan arus (I) 0.91 A, separator polietilen nilai kapasitansi 0.38 μF dengan arus(I) 1.84 A



Gambar 4.5 Grafik nilai besaran separator pada kapasitor terhadap arus nominal motor kapasitor

Perubahan besaran kapasitor pada motor kapasitor pada pengujian, apabila besaran kapasitor diperbesar akan mengakibatkan arus nominal semakin besar dan kecepatan motor kapasitor akan

berkurang. Bentuk grafik kecepatan rotor kapasitor dengan perubahan besaran kapasitor seperti Gambar 4.5



Gambar 4.6 Grafik perubahan besaran kapasitor pada pengujian separator terhadap putaran pada motor kapasitor

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

- Implementasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik dengan menggunakan separator yang berbeda pada penelitian ini menggunakan beberapa sampel yaitu tissu, poliurethane, dan polietilen, setelah perancangan yang dilakukan pada setiap separator didapat hasil nilai kapasitansi dari separator yaitu : tissue 7.20 μF , poliuretane 12.7 μF , dan polietilen 0.30 μF , separator dengan lembaran poliuretanan memiliki kapasitansi terbesar diantara separator yang lain yaitu sebesar 12.7 μF . Separator dengan jenis tissue kecepatan putaran yang didapat sebesar 322.5 rpm, separator dengan jenis poliuretanan kecepatan putaran yang didapat sebesar 290.1 rpm, dan separator jenis polietilen memiliki kecepatan putaran yang didapat sebesar 110.5 rpm. Separator dengan jenis tissu mampu menggerakkan motor kapasitor dengan kecepatan sebesar 248.5 rpm lebih besar

dibanding dengan separator yang lain. Dari pengujian, untuk keluaran dari penggunaan separator pada motor kapasitor . separator dengan jenis tisu memiliki keluaran lebih besar daripada yang lain

5. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kapasitansi yang didapat tidak menentukan keluaran putaran pada motor itu sendiri besar namun dengan nilai kapasitansi yang tidak terlalu tinggi mampu menggerakkan motor kapasitor lebih cepat dibanding dengan kapasitansi yang lebih besar. Pengaruh dari itu semua karena arus yang dimiliki separator poliuretan lebih besar dari dari separator lain Nilai arus dari kapasitor dengan sampel separator yang berbeda didapat hasil, pada separator tisu dengan nilai kapasitansi 7.50 μF dengan arus (I) 0.47 A, separator poliuretan nilai kapasitansi 12.7 μF dengan arus (I) 0.91 A, separator polietilen nilai kapasitansi 0.30 μF dengan arus(I) 1.84 A
6. Aplikasi *graphene supercapacitor* pada motor listrik dengan material *graphene* pada penelitian ini yaitu *graphene* juga memiliki kemampuan tahanan yang baik dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahuinya.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap separator akan diuji menggunakan sampel lembaran apakah mempengaruhi nilai kapasitansi atau tidak, menggunakan plastik tahan panas yang diakibatkan rugi rugi panas yang timbul pada *graphene supercapacitor*, permasalahan yang timbul dalam hal ini *graphene supercapacitor* yaitu pada pemvakuman adalah hal yang terpenting untuk menjaga agar nilai kapasitansi dari *graphene supercapacitor* tetap sama tidak menurun.

Penelitian selanjutnya mampu mengembangkan kembali pengaruh

separator terhadap *graphene supercapacitor* dengan lebih banyak sampel yang diujikan, penggunaan bahan pengujian masih penggunaan pada kipas angin diharapkan pada penelitian selanjutnya dikembangkan pada motor kapasitor lainnya .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Azmy and D. Susanti, "Pengaruh Variasi Waktu Tahan Hidrotermal terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 2337–3539, 2013.
- [2] R. Faiz and D. Susanti, "Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene," vol. 4, no. 1, pp. 95–100, 2015.
- [3] M. D. Habibah, L. Rohmawati, and W. Setyarsih, "Variasi Holding Time Suhu Aktivasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (*Pangium Edule*) Sebagai Elektroda Pada Superkapasitor," vol. 5, pp. 19–22, 2016.
- [4] T. Ariyanto, I. Prasetyo, and R. Rochmadi, "Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Yang Dibuat Dari Karbon Nanopori," *Reaktor*, vol. 14, no. 1, pp. 25–32, 2012.
- [5] X. Cao, Z. Yin, and H. Zhang, "Environmental Science," pp. 1850–1865, 2014.
- [6] J. Shi, W. Du, Y. Yin, Y. Guo, and L. Wan, "Hydrothermal reduction of three-dimensional graphene oxide for binder-free flexible supercapacitors," no. 2000 ml, pp. 1–10, 2014.
- [7] E. Widiyanto *et al.*, "Preparation of graphene oxide/poly (3,4-ethylenedioxytriophene): Poly (styrene sulfonate) (PEDOT:PSS) electrospun nanofibers," in *AIP Conference Proceedings*, 2016, vol. 1725.
- [8] B. Penelitian, K. Makassar, and S. Selatan, "PEMBUATAN DAN KEGUNAAN ARANG AKTIF Mody Lempang *," pp. 65–80.
- [9] I. I. Adsorber and J. Murtono, "PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI CANGKANG BUAH KARET DENGAN AKTIVATOR H

- 3 PO 4 DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENJERAP Pb (II) Activated Carbon Production from Rubber Shell Using H 3 PO 4 Activator and Its Application,” vol. 6, no. 1, pp. 43–48, 2017.
- [10] K. Zhang *et al.*, “from sustainable resources †,” pp. 4667–4681, 2016.
- [11] D. Marlin *et al.*, “PERILAKU CREEP PADA KOMPOSIT POLYESTER YUKALAC 157 BQTN-EX DENGAN FILLER SERAT GELAS Jurnal FEMA , Volume 1 , Nomor 1 , Januari 2013,” vol. 1, pp. 1–7, 2013.
- [12] P. Darmawan, “Pembuatan Asam Fosfat dari Tulang Ayam dan H 2 SO 4 Making of Phosphoric Acid from Chicken Bone and H 2 SO 4,” pp. 10–14.
- [13] D. dan A. M. Dewi Fitrika, “Penyisihan Fosfat Dengan Proses Kristalisasi Media Pasir Silika Phosphate Removal By Crystallization in Fluidized Bed Reactor Using Silica Sand,” pp. 151–156, 2001.
- [14] S. Yanti, E. Taer, F. Matematika, P. Alam, U. Riau, and K. Bina, “Sri Yanti* , Erman Taer , Sugianto Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Kampus Bina widya Pekanbaru, 28293, Indonesia,” vol. 1, no. 2, pp. 161–168, 2014.
- [15] M. G. Kochameshki, A. Marjani, M. Mahmoudian, and K. Farhadi, “Grafting of diallyldimethylammonium chloride on graphene oxide by RAFT polymerization for modification of nanocomposite polysulfone membranes using in water treatment,” *Chem. Eng. J.*, vol. 309, no. May 2018, pp. 206–221, 2017.
- [16] A. H. Al-Marri *et al.*, “Green synthesis of Pd@graphene nanocomposite: Catalyst for the selective oxidation of alcohols,” *Arab. J. Chem.*, vol. 9, no. 6, pp. 835–845, 2016.
- [17] T. Palaniselvam and J. B. Baek, “Graphene based 2D-materials for supercapacitors,” *2D Mater.*, vol. 2, no. 3, p. 32002, 2015.
- [18] S. Fitria Puspita Sari, Erman Taer, “EFEK VARIASI WAKTU BALL MILLING TERHADAP KARAKTERISTIK ELEKTROKIMIA SEL SUPERKAPASITOR BERBASIS KARBON,” pp. 217–227.
- [19] T. Hamdani, “Pengujian Karakteristik Motor Kapasitor Untuk Berbagai Nilai Kapasitansi,” *Mektek*, vol. 7, no. 1, 2005.
- [20] A. Sani *et al.*, “Analisis Perilaku Superkapasitor Susunan Sebagai Pengganti Baterai,” vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [21] Gao, Y. (2017). Graphene and Polymer Composites for Supercapacitor Applications : a Review. <https://doi.org/10.1186/s11671-017-2150-5>
- [22] Atmam, Zulfahri, & Situmeang, U. (2016). Analisi Pengaruh Perubahan Besaran Kapasitor Terhadap Arus Start Motor Induksi Satu Fasa. *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, 1(1), 31–41.