

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Cangkang Buah Kelapa Sawit (*Palm Kernel Shell*)**

##### **2.1.1 Pengertian Cangkang Buah Kelapa Sawit**

Cangkang buah kelapa sawit adalah bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit, dan merupakan bahan bakar padat kelas tinggi yang dapat diperbarui untuk pembakaran, baik bersama-sama dengan uap batubara atau dibakar di biomassa pembangkit tenaga listrik, yang biasanya dicampur dengan tingkatan lain dari biomassa, seperti potongan kayu.



Gambar 2.1. Cangkang buah Kelapa Sawit

Cangkang buah kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550<sup>0</sup>C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi SII, kecuali kadar abu. Tingkat keaktifan arang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari daya serap iodnya sebesar 28,9%, (Husin, 2007)

##### **2.1.2 Komposisi Cangkang Buah Kelapa Sawit**

Cangkang buah sawit seperti halnya kayu diketahui mengandung komponen-komponen serat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut (Widiarsi & Fahrurrozi, 2008) cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan

selulosa (26,27 %), hemiselulosa (12,61 %), dan lignin (42,96 %). Ketiga komponen ini apabila mengalami kondensasi dari pirolisanya akan menghasilkan asap cair yang mengandung senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam.

Ditinjau dari karakteristik bahan baku, jika dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, cangkang kelapa sawit memiliki banyak kemiripan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh cangkang kelapa sawit.

### **2.1.3 Manfaat Cangkang Buah Kelapa Sawit**

Adapun yang menjadi kegunaan dari cangkang buah sawit ialah sebagai berikut:

#### **1. Bahan Baku Arang**

Limbah cangkang buah Sawit, pertama dapat dijadikan sebagai bahan baku arang. Atau yang lebih populer dengan istilah charcoal. Arang yang dihasilkan dari tempurung kelapa Sawit ini memiliki kualitas tinggi. Hal ini disebabkan karena tempurung Sawit memiliki kandungan zat lignoselulosa. Kelebihan lain yang ditonjolkan oleh arang Sawit ini ialah masalah beratnya yang dapat mencapai 1,4 gram/ml. Serta energi panas yang dihasilkan dari pembakaran arang lebih besar, yakni sejumlah 20.093 kJ/Kg. Perbedaan yang sangat mencolok ini, akan sangat ketara apabila dibandingkan dengan arang yang berbahan dasar dari kayu ataupun tempurung kelapa biasa pada umumnya. Salah satu alternatif yang ramah terhadap daya energi panas.

#### **2. Bahan Bakar Boiler**

Kedua, cangkang buah Sawit berguna sebagai bahan bakar Boiler. Yakni mengubah limbah menjadi uap yang dapat menggerakkan mesin turbin. Selain itu, berfungsi pula untuk mengoperasikan segala mesin yang berbasis uap. Alasan mengapa tempurung Sawit ini digunakan sebagai salah satu bahan bakar alternatif ialah karena barangnya yang berupa limbah bersifat gratis. Selain itu, tekanan api yang dihasilkan juga lebih memiliki tingkat daya panas yang maksimal dan lebih

besar. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat menghemat persediaan minyak bumi.

### **3. Campuran Pakan Ternak**

Yang ketiga, cangkang Sawit dapat pula dijadikan sebagai campuran pakan ternak anda. Dimana yang dimanfaatkan ialah bagian lapisan luar (kulit daging) kelapa Sawit. Kabar gembiranya, justru perpaduan antara kulit luar dengan tempurung, dapat mempercepat tingkat metabolisme tubuh sekaligus pertumbuhan binatang-binatang. Khususnya seperti Sapi, Kambing, bebek, ikan sampai dengan ternak ayam. Yang harus diperhatikan selanjutnya, ialah penggunaan cangkang Sawit sebagai campuran pakan ternak ini harus melalui prosedur yang baik dan benar. Menggunakan proses pengolahan yang aman dan memudahkan binatang untuk memakannya.

### **4. Bahan Pengeras Jalan**

Umumnya pengerasan jalan kerap menggunakan aspal. Namun berbeda halnya dengan kawasan atau daerah-daerah tertentu yang mengelola perkebunan kelapa Sawit. Justru mereka melapisi jalan raya dengan menggunakan cangkang Sawit. Hal ini dilakukan dengan berpijak pada beberapa hal. Mulai dari tingkat harga yang lebih jauh ekonomis. Berkebalikan dengan harga aspal. Sampai dengan tingkatan kualitas yang tidak kalah kuat. Berbanding lurus, bahkan lebih bagus daripada aspal.

## **2.2 Biomassa**

Biomassa didefinisikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. (Ndraha, 2009). Biomassa merupakan bahan baku yang paling banyak digunakan untuk pembuatan karbon aktif. Pengaktifan dilakukan dengan pemanasan pada suhu sekitar  $600^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $2000^{\circ}\text{C}$  pada tekanan tinggi. Pada kondisi ini akan terbentuk rongga-rongga halus yang berjumlah sangat banyak, sehingga luas permukaan pada karbon tersebut menjadi besar. Karbon aktif mempunyai sifat sangat aktif dan menyerap apa saja yang kontak dengannya baik dalam air maupun di udara (Tangkuman & Aritonang, 2019).

Karbon aktif yang digunakan berbentuk nanopartikel yang mempunyai ukuran sekitar 1–1000 nm. Ukuran nanopartikel yang semakin kecil akan memperluas ukuran kontak sehingga daya serapnya tinggi. Parameter polutan yang terkandung dalam limbah yang dikaji adalah COD. Arang adalah suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung unsur karbon, sedangkan arang aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori bahan menjadi lebih terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/g. (Lempang, 2014).

### **2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif (Arang Aktif)**

Arang aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu arang aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk powder yang sangat halus, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baju. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas dan mempunyai struktur yang lemah. Permukaan arang aktif yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan. Daya serap arang aktif sangat besar.

### **2.2.2 Kegunaan Arang Aktif**

Tempurung kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Karbon/arang aktif adalah arang yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia atau dengan cara mengalirkan uap panas ke dalam bahan, sehingga pori – pori bahan menjadi lebih terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 hingga 2000 m<sup>2</sup>/g (Rahmawati & Yuanita, 2013). Arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben, pemurnian gas, penjernihan air dan sebagainya. Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung arang, baik arang organik maupun

anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori (Ruchiyat, 2018).

Beberapa kegunaan arang aktif :

**a. Untuk Gas**

1. Pemurnian gas.
2. Desulfurisasi, menghilangkan gas racun, bau busuk, asap, menyerap racun.
3. Pengolahan LNG.

Desulfurisasi dan penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.

4. Katalisator.

Reaksi katalisator atau pengangkut vinil klorida dan vinil acetate.

5. Lain-lain.

Menghilangkan bau dalam kamar pendingin dan mobil.

**b. Untuk Zat Cair**

1. Industri obat dan makanan.
2. Menyaring dan menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak pada makanan.
3. Minuman ringan dan minuman keras.
4. Menghilangkan warna dan bau pada arak/minuman keras dan
5. Minuman ringan.
6. Kimia Perminyakan.
7. Penyulingan bahan mentah, zat perantara.
8. Pembersih air.
9. Menyaring atau menghilangkan bau, warna dan zat pencemar dalam air sebagai pelindung atau penukar resin dalam penyulingan air.
10. Pembersih air buangan.
11. Mengatur dan membersihkan air buangan dan pencemaran.
12. Penambakan udang dan benur.
13. Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.
14. Pelarut yang digunakan Kembali.
15. Penarikan kembali berbagai pelarut, sisa methanol, etil acetate dan lainlain.

### 2.3 Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi (proses pengarangan), adalah proses mengubah bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara terbatas atau seminimal mungkin. Karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar  $275^{\circ}\text{C}$ . (Tutik & Faizah, 2001).

1. Pada suhu  $100-120^{\circ}\text{C}$  terjadi penguapan air dan sampai suhu  $270^{\circ}\text{C}$  mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu  $200-270^{\circ}\text{C}$ .
2. Pada suhu  $270-310^{\circ}\text{C}$  reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligan, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri CO dan  $\text{CO}_2$ .
3. Pada suhu  $310-500^{\circ}\text{C}$  terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas  $\text{CO}_2$  menurun sedangkan gas CO dan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$  meningkat.
4. Pada suhu  $500-1000^{\circ}\text{C}$  merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

#### 2.3.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Karbonasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonisasi yaitu:

1. Waktu karbonisasi.
2. Bila waktu karbonisasi diperpanjang maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. (Rahman et al., 2015).
3. Suhu karbonisasi
4. Suhu karbonisasi yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh semakin berkurang tetapi hasil cairan dan

gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan. (Asip et al., 2014).

## 2.4 Proses Aktivasi

Proses aktivasi adalah perubahan secara fisik luas permukaan dari karbon aktif meningkat tajam dikarenakan adanya penghilangan yang tajam dari senyawa tar dan sisa senyawa penggaraman.

Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Proses aktivasi pada arang secara umum ada tiga, antara lain proses. Proses pengaktifan secara kimia dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia tertentu pada arang. fisika, kimia dan kombinasi fisika – kimia. Proses pengaktifan secara fisika dilakukan dengan cara pembakaran arang dalam furnace dengan suhu  $900^{\circ}\text{C}$  (Hendra, 2006).

Daya serap karbon akan semakin meningkat disebabkan dengan meningkatkan konsentrasi dari bahan aktivator yang diberikan, hal ini akan memberi pengaruh terhadap pengikatan senyawa/ zat tar yang akan keluar dari mikro pori-pori dari karbon aktif, sehingga permukaan karbon aktif tersebut semakin kuat dan luas yang menyebabkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut (Munandar et al., 2016).

### 2.4.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Aktivasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi yaitu:

1. Waktu perendaman

Perendaman dengan bahan aktivasi ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Waktu perendaman untuk bermacam-macam zat tidak sama. Misalnya Cangkang

buah kelapa sawit dengan aktivator Alkohol 95% direndam selama 24 jam. (Elly, 2008).

## 2. aktivator

Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin poros yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Arang atau karbon semakin banyak mempunyai mikropori setelah dilakukan aktivasi, hal ini terjadi karena aktivator telah mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi keluar dari mikropori arang, sehingga permukaannya semakin poros.

## 3. Ukuran bahan

Semakin kecil ukuran bahan semakin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan sempurna. Pada pirolisis tempurung kelapa cangkang sawit 2-3 mm.

## 2.5 Karbonisasi Hidrotermal (HTC)

Karbonisasi hidrotermal (HTC) adalah proses termo-kimiawi untuk meningkatkan berbagai bahan baku biomassa. HTC mensimulasikan kualifikasi alami dalam petrologi batubara, yang melibatkan dekomposisi dan karbonisasi material biomassa dalam media air pada suhu dan tekanan autogenous yang diinginkan.

Bahan baku yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal berisi air yang telah dicampurkan dengan variasi *activating agent* yaitu  $\text{CaCl}_2$ . Rasio bahan baku : air sebesar 1:3 dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal. Proses hidrotermal dilakukan pada temperatur  $275^\circ\text{C}$ , dengan variasi *activating agent* dan rasio *activating agent* terhadap bahan baku yang telah ditentukan. Reaktor kemudian dipanaskan hingga temperatur yang telah ditetapkan. Setelah tercapai, temperatur reaktor dijaga konstan selama 60 menit. *Bio-char* yang diperoleh kemudian disaring untuk dipisahkan cairannya. Setelah itu *bio-char* dikeringkan pada temperatur  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

Selama HTC, biomassa diubah dalam air sub-kritis sebagai media reaksi pada suhu sedang (180-250<sup>0</sup>C) dan tekanan yang dihasilkan sendiri (hingga 2 MPa) selama beberapa jam untuk menghasilkan tiga produk: produk karbon padat (hydrochar), fraksi organik yang larut dalam air (gula, asam asetat dan lainnya asam organik) dan fraksi gas (terutama CO<sub>2</sub>). Bahan baku yang berbeda, kondisi proses, dan teknologi produksi dapat mengakibatkan perbedaan sifat hidrokar (Kambo & Dutta, 2015).

Sedangkan selama aktivasi kimiawi, karbonisasi dan aktivasi terjadi dalam satu langkah dengan melakukan dekomposisi termal bahan baku diresapi dengan bahan kimia, seperti seng klorida, kalium hidroksida (KOH) atau asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) (Hidayatullah, 2016).

## 2.6 Nanomaterial Karbon

Nanomaterial karbon membentuk kelas bahan yang dipelajari secara intensif dan bernilai komersial yang digunakan dalam aplikasi seluas-luasnya seperti produksi dan penyimpanan energi, elektronik, biomedis, komposit, air purification dan lainnya. Penemuan fullerene pada tahun 1985, CNT pada tahun 1991 dan graphene pada tahun 2004 menunjukkan kemajuan yang sangat pesat dalam kemampuan kita untuk memahami, mensintesis, dan mengeksploitasi bahan-bahan ini.

Penemuan mereka mewakili suatu signifikan bagian dari portofolio yang berkembang dari nanomaterial dan teknik nanofabrikasi yang menjanjikan untuk merevolusi teknologi dalam waktu dekat. Di antara yang paling signifikan tidak bisa aplikasi yang muncul dari nanomaterial ini dalam pemisahan dan purifikasi teknologi, paling tidak karena secara global, proses pemisahan industri mencakup 10% -15% dunia yang mengejutkan penggunaan energi.

### 2.6.1 Struktur

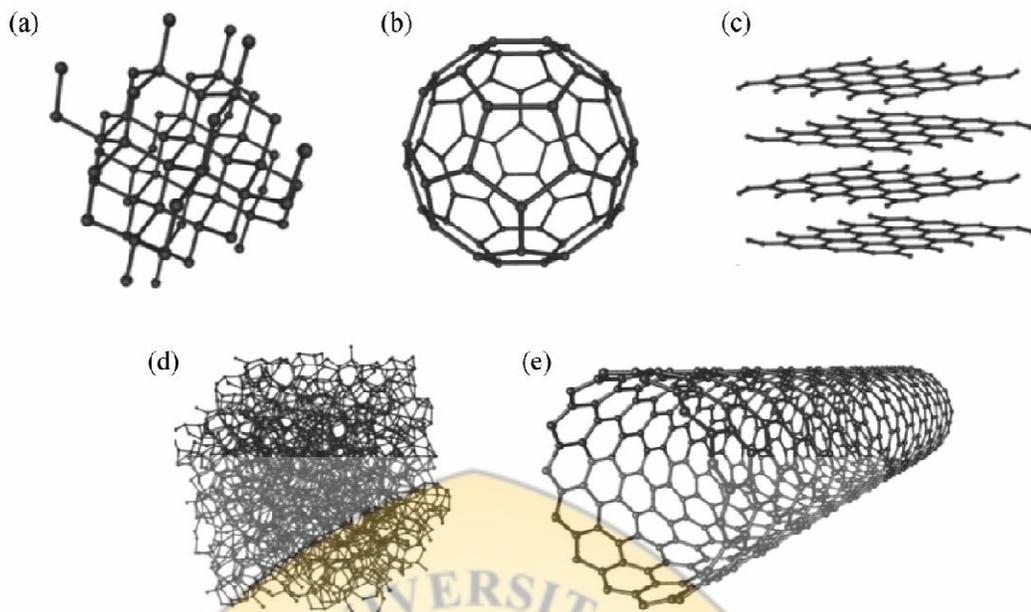
Atom karbon, dengan struktur elektroniknya 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>2</sup>, bisa ada dalam berbagai bentuk atau alotrop. Ketika orbital luar menjalani sp<sup>3</sup>-hibridisasi, struktur tetragonal yang dihasilkan memunculkan bahan isolasi elektronik yang keras, transparan, konduktif termal: intan. Sedangkan sp<sup>2</sup>- struktur ikatan hibridisasi dapat

menghasilkan bahan berlapis yang dikenal sebagai grafit, bahan konduktor lunak, buram, termal dan elektronik yang lapisannya ditumpuk lemah di atas satu sama lain oleh gaya Van der Waals. Salah satu lapisan ini, graphene, transparan (karena ketebalannya), kuat, fleksibel (di luar bidang), kaku (dalam bidang), dan sangat konduktif karena gas 2 dimensi dari fermion Dirac tanpa massa yang sangat bergerak di atas permukaannya .

Gulung material ini ke dalam silinder dan hasilnya adalah tabung nano karbon, kawat kuantum satu dimensi dengan kekuatan yang mirip dengan graphene yang dapat berupa semikonduktor atau logam, tergantung pada kiralitasnya. Saat sp 2 dan sp 3 ikatan keduanya ada, karbon dapat mengadopsi bentuk seperti sepak bola yang dikenal sebagai fullerene (atau buckyball). Ini adalah titik kuantum dimensi nol yang dapat disintesis dalam berbagai ukuran, yang mengandung jumlah atom karbon yang berbeda. Euler Teorema untuk polihedra sederhana mensyaratkan tidak kurang dari 12 pentagon dalam setiap struktur fullerene dengan C60 menjadi yang terkecil (12 pentagon + 20 segi enam). Nanomaterial yang menerima elektron ini telah dieksplorasi secara luas untuk aplikasi fotovoltaik dan sel bahan bakar (Reich et al., 2006).

### 2.6.2 Properti Membran

Banyaknya bentuk karbon menimbulkan beragam sifat fisika-kimia yang dapat dieksploitasi. Dalam aplikasi komposit misalnya, dimensi rendah dan spesiasi tinggi per luas permukaan fullerene, nanotube dan graphene dapat menyebabkan peningkatan sifat dramatis pada beban yang relatif rendah, asalkan dispersi yang baik terbentuk dan aglomerasi dari bahan nano dicegah. Fungsionalisasi kimiawi dari bahan-bahan ini adalah pendekatan umum untuk memodifikasi properti mereka, meningkatkan interaksi matriks dan kemampuan proses solusi serta memungkinkan produksi skala besar (Punetha et al., 2017).



Gambar 2.2 Struktur lima alotrop karbon utama: (a) intan; (b) fullerene; (c) grafit; (d) karbon amorf; dan (e) tabung nano karbon (modified di bawah lisensi Creative Commons, situs Wikipedia).

Simulasi dinamika molekul dari simplified semacam itu Sistem telah menunjukkan bahwa jarak antar lapisan kecil antara lembaran graphene memberikan tekanan yang sangat tinggi (ca. 1 GPa) pada molekul air, yang mengarah ke nanoco-finement. Kondisi ini dapat mengakibatkan gerakan terkoordinasi dari molekul air kutub dan, jika digabungkan dengan slip yang luar biasa pada antarmuka graphene yang halus secara atom, dapat menimbulkan tanda yang signifikan flow tidak bisa memiliki faktor peningkatan 100-1000 dibandingkan dengan non-slip Poiseuille konvensional flow (Xie, 2018).

## 2.7 Komposit

Material komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih fasa yang berbeda baik secara fisika ataupun kimia memiliki karakteristik yang lebih unggul dari masing-masing komponen penyusunnya.

Komposit tersusun dari dua fasa, satu disebut sebagai matriks, dimana matriks bersifat kontinyu dan mengelilingi fasa yang satunya yang disebut penguat. Sifat dari komposit merupakan fungsi dari fasa penyusunnya, komposisinya serta geometri dari

fasa penguat. Geometri fasa penguat disini adalah bentuk dan ukuran partikel, distribusi, dan orientasinya. Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibagi menjadi 3 macam, yaitu komposit dengan penguat partikel, fiber dan struktural.

Berdasarkan sifat penguatnya, maka komposit dibagi menjadi dua yaitu:

1. Komposit isotropik, merupakan komposit yang penguatnya memberikan penguatan yang sama untuk berbagai arah sehingga segala pengaruh tegangan atau regangan dari luar akan mempunyai nilai kekuatan yang sama baik arah transversal maupun longitudinal.
2. Komposit anisotropik, merupakan komposit yang penguatnya memberikan penguatan yang tidak sama terhadap arah yang berbeda, sehingga segala pengaruh tegangan atau regangan dari luar akan mempunyai nilai kekuatan yang tidak sama baik arah transversal maupun longitudinal.

Pengisi (filler) adalah bahan yang ditambahkan pada komposit untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat fisik, pengisi juga berfungsi sebagai penguat pada matrik. Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat sehingga penguat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastis yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Latief et al., 2019).

Ikatan yang terjadi pada material komposit di antara matriks dan penguatnya antara lain:

- a. Ikatan Mekanik Matrik cair menyebar ke seluruh permukaan pengisi (filler) dan mengisi setiap lekuk dari permukaan sehingga terjadi mekanisme saling mengunci. Semakin kasar permukaan penguat semakin kuat ikatan yang terbentuk.
- b. Ikatan Elektrostatis Ikatan ini terjadi antara matrik dan penguat ketika salah satu permukaan mempunyai muatan positif dan permukaan lainnya

mempunyai muatan negatif sehingga akan terjadi tarik menarik antar kedua permukaan.

- c. Ikatan Kimia Ikatan kimia adalah ikatan yang terbentuk antara kelompok kimia pada permukaan penguat dan kelompok yang sesuai pada matrik sehingga kekuatan ikatannya tergantung pada jumlah ikatan perluasan dan tipe dari ikatan itu.
- d. Ikatan Reaksi Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi dan membentuk lapisan permukaan yang mempunyai sifat berbeda dari kedua komponen komposit tersebut. Ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit yang terjadi pada suhu tinggi (Wathoniyah, 2016)

## 2.8 Nanokomposit

Nanokomposit merupakan bagian ilmu nanoteknologi, apabila komposit yang dihasilkan merefleksikan keunggulan nanomaterial yaitu kinerja yang meningkat secara signifikan. Dikatakan nanokomposit dikarenakan salah satu komponen yang digunakan memiliki ukuran berkisar 1-100 nm. (Khairurrijal, 2008)

Beberapa jenis komposit telah dikembangkan dengan cara memperkuat senyawa komposit tersebut ke polimer untuk meningkatkan sifat ketahanannya terhadap panas, mekanis dan hambatan lainnya. Namun kebanyakan materi komposit yang sudah diperkuat ini masih ada kelemahan pada kedua sisi antar muka komponen-komponen tersebut (De Azeredo, 2009). Beberapa jenis komposit telah dikembangkan dengan cara memperkuat senyawa komposit tersebut ke polimer untuk meningkatkan sifat ketahanannya terhadap panas, mekanis dan hambatan lainnya. Namun kebanyakan materi komposit yang sudah diperkuat ini masih ada kelemahan pada kedua sisi antar muka komponen-komponen tersebut (De Azeredo, 2009).

Pembuatan nanokomposit terbentuk berkat ikatan-ikatan yang terjadi antara antara atom C, O, dan atom lainnya. Karena ikatan sudah dilakukan mulai dari ukuran

nanometer, maka akan menghasilkan suatu material yang lebih kuat pada saat menjadi material yang berukuran besar (tampak oleh mata). Nanokomposit digunakan pada plastik, plastik akan lebih tahan gores, ringan-kuat sehingga mengurangi biaya bahan bakar, umur pemakaian lebih panjang. Nanokomposit dapat meningkatkan ketahanan dan permeabilitas sehingga bagus dari keuntungan dari penggunaan nanokomposit ini. Nanokomposit dapat meningkatkan ketahanan dan permeabilitas sehingga bagus untuk penggunaan pengemas makanan dan minuman. Selain itu nanokomposit juga dapat digunakan untuk mengurangi kemudahan plastik untuk terbakar (Kusuma et al., 2010)

Polimer nano-komposit adalah campuran antara senyawa polimer dengan bahan pengisi (filler) senyawa organik atau anorganik dalam bentuk geometri tertentu (Misalnya dalam bentuk serat/fiber, flakes, spheres dan particulate). Bila bahan pengisi (filler)nya ini mengandung partikel nano, maka akan menghasilkan suatu bahan matriks komposit nano polimerik (Alexandre & Dubois, 2000).

Menurut (Luduena et al., 2007), dinyatakan bahwa polimer nano-komposit mempunyai keunggulan interaksinya yang lebih antara senyawa (bahan) polimer dengan bahan pengisinya daripada komposit konvensional. Hal ini disebabkan karena larutan dispersi yang didalamnya terdapat partikel nano yang seragam menyebabkan luas area antar muka matriks bahan pengisi menjadi luas dan besar, sehingga akan mengubah sifat mobilitas/pergerakan molekuler, tingkah laku yang lebih fleksibel serta sifat-sifat thermal dan mekanis materialnya.

### **2.8.1. Membran Nanokomposit Matriks Polimer**

Membran nanokomposit matriks polimer adalah membran canggih dengan bahan nano yang tersebar dalam matriks polimernya. Mereka bisa digunakan untuk bensin - gas, cairan - cair, dan cair - pemisahan yang solid.

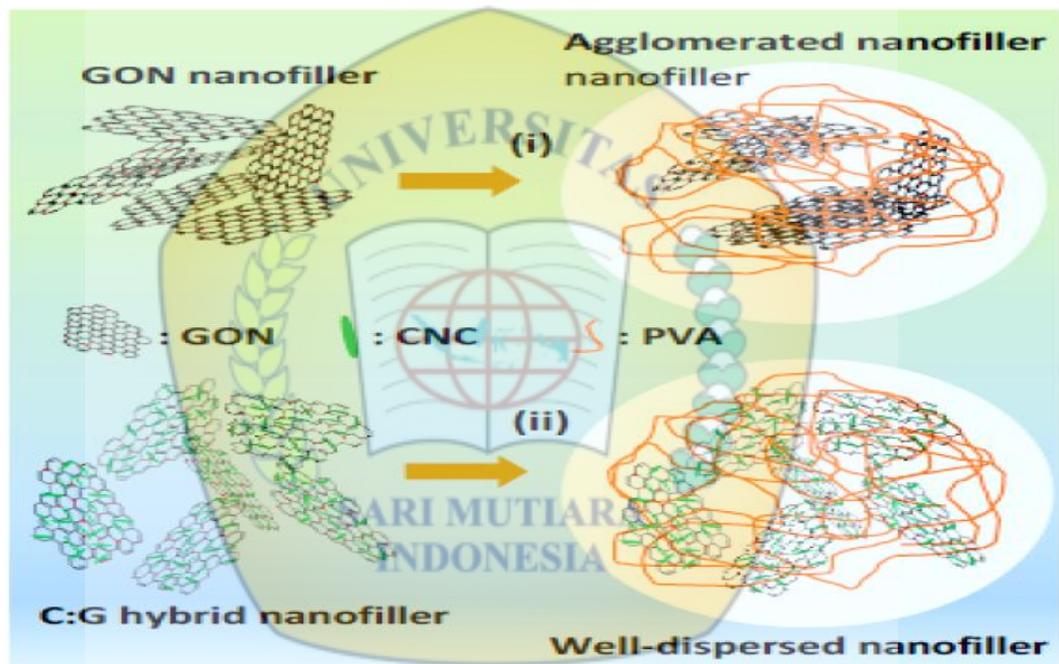
Menurut struktur membran dan lokasi nanomaterial, membran nanokomposit dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori:

1. Nanokomposit konvensional.
2. Tipis-film nanocomposite (TFN).

3. Tipis- film komposit (TFC) dengan substrat nanokomposit.
4. Nanokomposit yang terletak di permukaan.

### 2.8.2 Nanokomposit berbasis PVA

Nanokomposit berbasis PVA telah dikembangkan menggunakan berbagai nanofiller. Sifat, bentuk, dan isi nanofiller dapat mempengaruhi sifat nanokomposit berbasis PVA. Sifat organik atau anorganik nanofiller seperti nanopartikel oksida leleh atau nanokarbon (carbon nanotube, graphene, dll.) Memodifikasi sifat fisik PVA sesuai dengan efisiensi penguatannya.



Gambar 2.3 Skema keadaan dispersi (i) GON dan (ii) C: G nanofillers hybrid dalam matriks PVA

Nanokomposit PVA / graphene dan PVA / graphene oxide telah dirancang. Dalam hal ini, berbagai metode sintesis telah digunakan untuk mendapatkan nanokomposit PVA berkinerja tinggi dengan nanofiller graphene atau graphene oxide. El Miri N et. Al. membentuk nanofiller hibrida dengan nanocrystals selulosa (CNC) dan nanosheets graphene oxide (GON) disebut sebagai C:G dalam berbagai rasio (2:1, 1:1 dan 1:2). Nanokomposit PVA dengan 5wt.% Hybrid nanofiller (1: 2) meningkatkan modulus Young dan kekuatan tarik masing-masing sebesar 320% dan 124%, relatif terhadap PVA yang rapi (Leaper et al., 2021).

Nanofillers berbasis graphene telah digunakan secara efisien untuk meningkatkan sifat termal dan mekanik dari nanokomposit PVA, relatif terhadap matriks PVA yang tidak terisi. Graphene juga ditemukan menguntungkan dalam peningkatan properti PVA, dibandingkan dengan nanotube karbon.

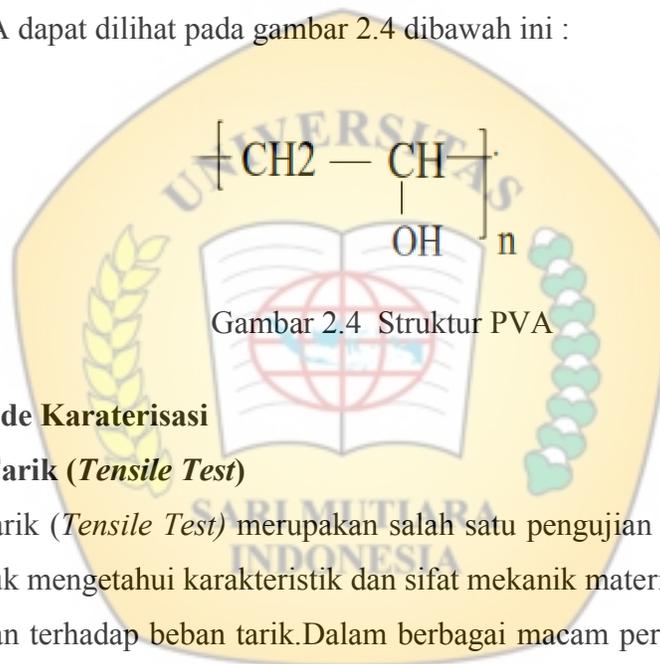
MWCNT fungsional PVA dan poli (vinil pyrrolidone) (PVP). Penambahan MWCNT yang diolah PVT meningkatkan sifat mekanik nanokomposit. PVA rapi memiliki kekuatan tarik 1,8MPa. Penambahan 1wt.% PVPMWCNT meningkatkan kekuatan tarik menjadi 4,2 MPa. Dimasukkannya nanofiller 0,5-2% berat meningkatkan modulus elastisitas dari 1,5 menjadi 2,5 MPa. Penggunaan nanofiller karbon nanotube fungsional cukup menguntungkan untuk meningkatkan sifat mekanik. Namun, dibandingkan dengan nanofillers graphene, nanotube karbon terkadang ditemukan kurang efisien. Alasan nyata penurunan sifat fisik relatif terhadap polimer / graphene adalah agregasi nanotube dalam matriks PVA (Sirait, 2018).

## **2.9 Polivinil alkohol (PVA)**

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer termoplastik sintetis tidak berbau berwarna putih. Itu ada dalam bentuk bubuk atau butiran. Ini adalah polimer tidak beracun dan biokompatibel. Ia memiliki sifat penyimpanan dielektrik, optik, dan penyimpanan muatan yang sangat baik. Polimer ini memiliki aplikasi yang luas dalam perekat, pelapis, elektronik, konstruksi, tekstil, kertas, dan industri biomedis. Biasanya, monomer vinil asetat digunakan untuk produksi komersial PVA. Dalam kondisi basa, gugus ester polivinil asetat disubstitusi dengan gugus hidroksil untuk membentuk PVA. Polimerisasi polivinil asetat terjadi pada suhu rendah (-80 °C hingga -20 °C). Selama degradasi termal, penurunan berat PVA diamati antara 100-200°C karena hilangnya kelembaban dan pembelahan tulang punggung. Doping PVA dengan nanofillers telah menghasilkan peningkatan signifikan pada karakteristik perekat, optik, listrik, dan mekanik dari nanokomposit (Nasution, 2016).

PVA memiliki rumus kimia  $[(C_2H_4OH)_n]$  dengan berat molekul antara 26.300-30.000, titik leleh 180-190<sup>0</sup>C, dan derajat hidrolisis 86,5-89%, dapat terdegradasi secara alami. Hal ini menyebabkan PVA banyak digunakan sebagai bahan kemasan alternatif yang menjanjikan karena sifatnya yang sangat baik dalam pembentukan kemasan, tahan terhadap minyak dan lemak, memiliki kekuatan tarik dan fleksibilitas tinggi. Namun sifat ini sangat tergantung pada kelembaban, semakin tinggi kelembaban maka akan semakin banyak air yang diserap dari lingkungan sekitar. Akibatnya akan mengurangi kekuatan tarik, meningkatkan elongasi dan kekuatan sobek dari film PVA (Tang & Alavi, 2011).

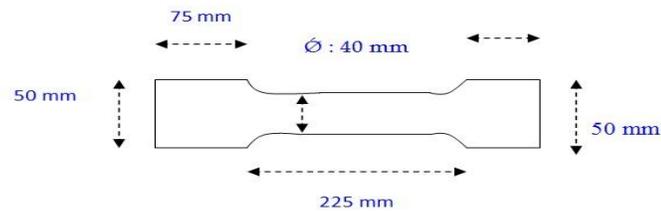
Struktur PVA dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini :



## 2.10 Metode Karakterisasi

### 2.10.1 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik (*Tensile Test*) merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material terutama kekuatan dan ketahanan terhadap beban tarik. Dalam berbagai macam perlakuan material yang ada, salah satu perlakuan material untuk mengetahui kemampuan maksimum tegangan dan regangan material adalah dengan Uji Tarik (*Tensile Test*). Arti dari Uji Tarik sendiri adalah mengacu pada hasil yang keluar dari pengujian suatu material dengan cara menariknya hingga pada titik dimana material tersebut mengalami tegangan dan regangan maksimum hingga patah atau putus. Sifat-sifat yang didapat dari pengujian material akan berbeda apabila jenis material yang diuji berbeda. Sifat material dapat berupa elastic, plastic-elastic, plastic, hyperelastic, visco elastic, dan viscoplastic (DEDDY KRISNAWAN, 2015).



Gambar 2.5 Uji Tarik (Tensile Test)

### 2.10.2 Uji Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah suatu teknik analisis termal yang mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Ketika transisi termal terjadi pada sampel, DSC memberikan pengukuran kalorimetri dari energi transisi dari temperatur tertentu. DSC merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengukur energi untuk membuat perbedaan temperatur antara cuplikan dengan pembanding menjadi nol, yang dianalisis pada daerah yang memiliki kondisi suhu yang sama, dalam lingkungan panas atau dingin dengan kecepatan teratur. Kurva grafik dari DSC disebut dengan termogram, dapat dilihat pada Gambar 2.6

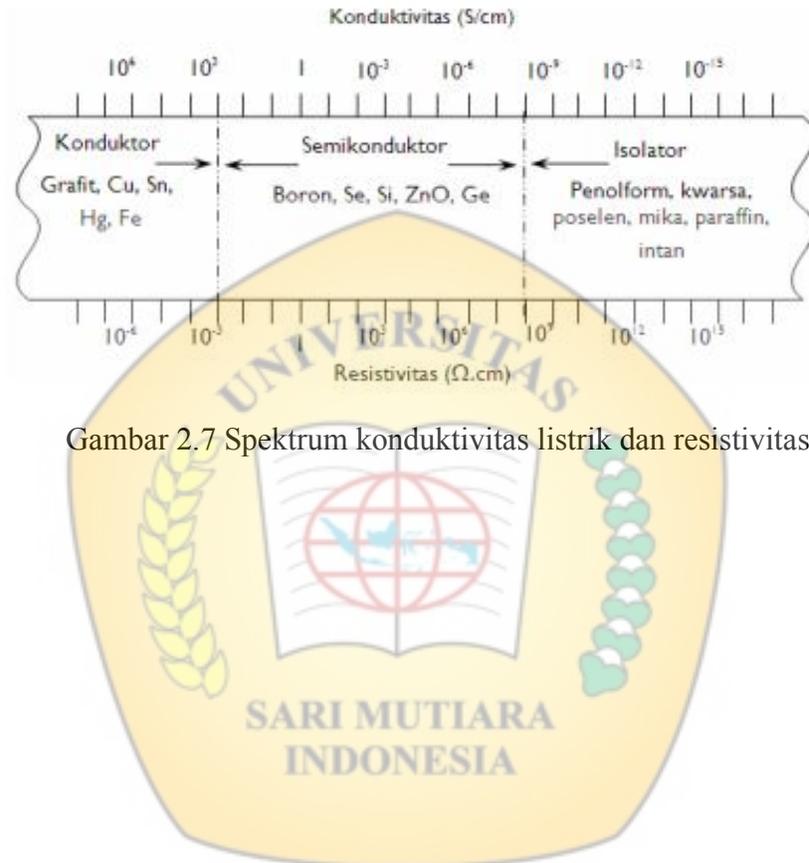


Gambar 2.6 Termogram dari DSC

### 2.10.3 Uji Konduktivitas

Konduktivitas panas yang diartikan sebagai kemampuan suatu materi untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam mendapatkan material dengan konduktivitas panas yang rendah.

Material alami maupun buatan yang terdapat di alam dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu konduktor, isolator dan semikonduktor. Nilai dari konduktivitas listrik ketiga material tersebut berbeda seperti pada Gambar 2.7 yang menunjukkan spektrum konduktivitas listrik.



Gambar 2.7 Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas