

BAB II

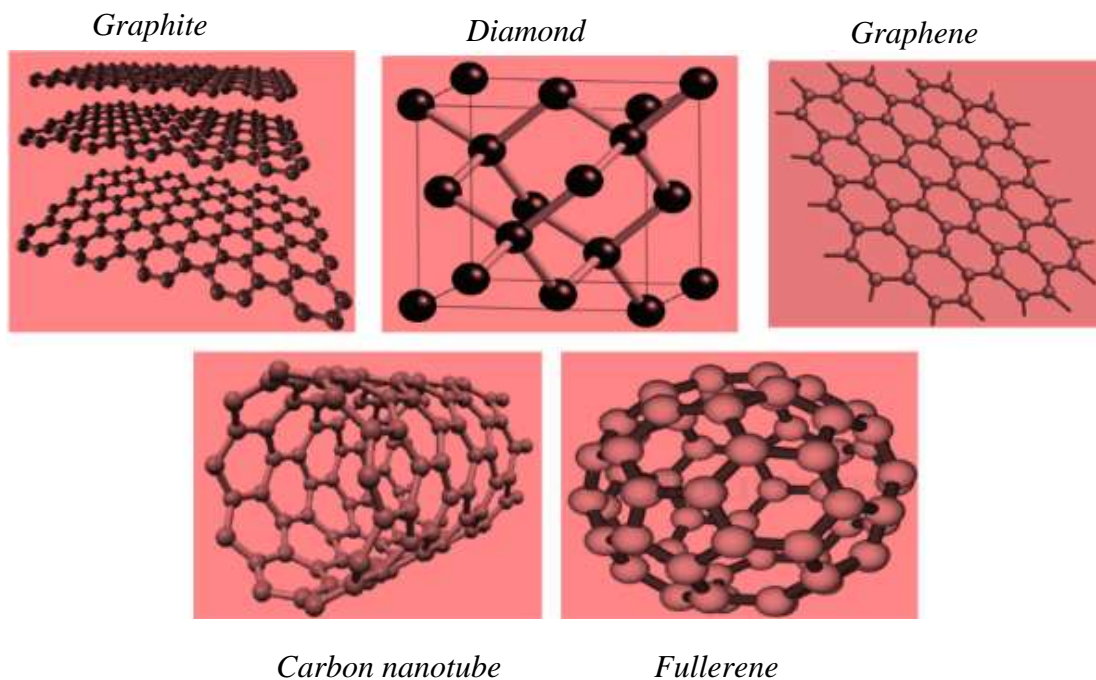
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon

Karbon merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C dengan nomor atom 6 dan termasuk unsur golongan IV A pada tabel periodik. Karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi 4 (tetravalen), yang berarti bahwa terdapat empat elektron yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan kovalen (Ratna, 2008). Karbon adalah unik dan elemen yang sangat diperlukan di dunia kita; itu adalah elemen paling umum keenam di alam semesta dan elemen paling umum ke-4 di tata surya dan elemen paling umum ke-17 di kerak bumi. Salah satu sifat atom karbon yang menarik dan istimewa adalah katenasi yaitu kemampuan secara alamiah untuk melakukan ikatan dengan atom sesamanya membentuk rantai atau cincin karbon baik dengan ikatan tunggal maupun dengan ikatan rangkap (Canham, 2000). Alotropi karbon ditemukan di alam dalam tiga bentuk alotropik: amorphous, grafit dan berlian. Semua alotrop karbon berbentuk padat dalam kondisi normal, tetapi grafit merupakan alotrop yang paling stabil secara termodinamik di antara alotrop lainnya (Keenan, 1991).

Meskipun, unsur karbon jarang ditemukan di kerak bumi dengan hanya 0,2% dari total massa planet ini namun fungsinya sangat penting karena dapat membentuk ikatan dengan cahaya lain elemen dan dirinya sendiri. Dengan demikian, ilmu karbon sangat

trendi saat ini dan di bidang nanosains, ilmu material, teknik dan teknologi, struktur nano karbon diidentifikasi terdiri dari alotrop dimensi rendah dari karbon termasuk grafit, karbon aktif, *nanotube* karbon, dan keluarga *buckyballs* C₆₀, molekul poliaromatik dan grafena. *Irectionality* yang unggul, luas permukaan yang tinggi, dan fleksibilitas membuat struktur nano cocok untuk berbagai aplikasi. Kemampuan ini membuka banyak bidang kimia baru untuk desain bahan nano, termasuk pertumbuhan fungsional susunan nanopartikel untuk aplikasi katalitik, sekuestrasi selektif bahan kimia untuk obat pengiriman, pencairan bahan perubahan fasa (PCM) oleh penambah konduktivitas termal (TCE) (Nasir, 2018). Beberapa jenis alotrop pada karbon dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis Alotrop Karbon

2.2 Grafena

Grafena adalah susunan atom karbon monolayer dua dimensi, yang membentuk struktur kristal heksagonal seperti sarang lebah. Dibandingkan dengan bahan lain, grafena memiliki sifat yang unik dan unggul. Grafena tidak memiliki celah pita. Grafena dapat dibuat dengan mensintesis grafit atau bahan berkarbon dalam grafena. Menurut Geim (2007), grafit adalah material yang tersusun dari lembar grafena bertumpuk. Lembaran grafena disatukan oleh ikatan van der Waals. Jarak antara lembaran grafena adalah 0,335 nm dan jarak antara lembaran grafena paralel adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antara atom C dalam lembaran grafena adalah 0,142 nm. Grafena termasuk dalam kelompok karbon. Karena grafena memiliki mobilitas elektron yang tinggi ($10.000 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$), luas permukaan spesifik yang besar ($2.630 \text{ m}^2/\text{g}$), modulus elastisitas yang tinggi (1 TPa), dan konduktivitas termal yang tinggi 3000 W/mK (S. M. Choi, 2011). Grafena adalah lapisan tipis atom karbon, yang dapat diperoleh dengan metode pengelupasan atau pertumbuhan kimia. Metode pertumbuhan kimia dengan mereduksi grafena oksida menjadi oksida grafena tereduksi telah banyak digunakan untuk produksi grafena skala besar. Reagen yang saat ini digunakan sebagai reduktor meliputi natrium hidrida, hidrogen, sulfida, hidrazin hidrat, NaBH_4 , dimetilhidrazin, dan H_2SO_4 . Proses reduksi grafena oksida menggunakan hidrazin murni dalam fase larutan dapat menghasilkan grafena oksida tereduksi yang mengandung sedikit oksigen dan hidrogen (Feng, 2013).

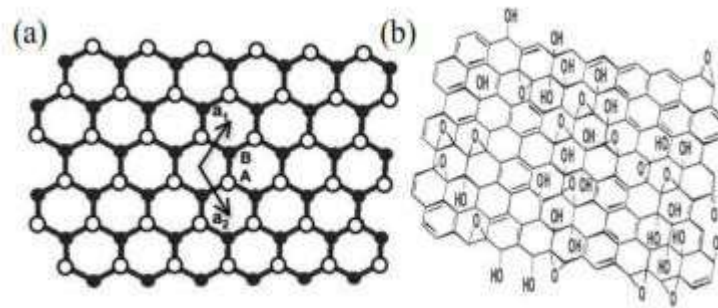
Tabel 2.1 Sifat Grafena (Khalid dkk, 2017)

Sifat	Nilai
Konduktivitas Listrik	$0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Konduktivitas Termal	$4840-3000 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Sifat Optis	$>97,7\%$
Luas Permukaan	$0,052 \text{ nm}^2$
Massa Jenis	$0,77 \text{ mg/m}^2$

Lembaran grafena yang ditumpuk akan membentuk grafit, dimana lembaran-lembaran tersebut memiliki jarak antar lembaran sebesar 0,34 nm yang diikat oleh ikatan Van der Walls. Grafena memiliki jarak antar atom 0,14 nm dan memiliki ikatan kovalen (Geim, 2007).

2.2.1 Grafena Oksida

Grafena oksida merupakan senyawa turunan grafena dengan karakteristik yang serupa serta struktur yang mirip dengan grafena. Perbedaan tersebut yaitu pada struktur grafena yang berbentuk planar, sedangkan pada struktur grafena oksida terdapat adanya gugus oksigen di dalamnya sehingga membuat strukturnya terdapat lengkungan. Perbedaan grafena dengan grafena oksida dapat dilihat pada Gambar 2.2. Secara umum terlihat perbedaan antara grafena (a) dengan grafena oksida (b) yang ditandai hadirnya gugus hidroksil dan karbonil.



Gambar 2.2 (a) Grafena dan (b) Grafena Oksida (Murat, dkk.2011)

2.3 Sintetis Grafena Oksida (Metode *Hummers*)

Sintesis grafena dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu *chemical exfoliation*, *chemical synthesis*, dan *chemical vapor deposition* (Bhuyan, 2016). *Chemical exfoliation* adalah metode sintesis grafena yang mudah dan murah serta dapat untuk memproduksi grafena untuk skala besar, dengan menggunakan reagen kimia sebagai agen pereduksi grafit. Namun, grafena yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang relatif rendah. *Chemical synthesis* merupakan metode yang hampir sama dengan *chemical exfoliation*, namun terdapat penambahan *hydrazine* yang bertujuan untuk mereduksi grafena yang terbentuk (Kim et al., 2009).

Sintesis grafena yang telah berkembang sampai saat ini yaitu metode Hummers yang dikembangkan oleh Hummers dan Offeman pada tahun 1958. Adanya modifikasi dan pengembangan yang dilakukan menjadikan metode Hummers paling banyak digunakan untuk proses sintesis grafena. Parameter penting yang dikembangkan oleh Hummers yaitu pada waktu reaksi yang lebih cepat dibandingkan metode sebelumnya.

Proses ini biasanya digunakan pada skala laboratorium untuk menghasilkan grafena yang lebih efisien dan murah. Grafena oksida dihasilkan dengan penambahan bahan-bahan kimia seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3) serta potassium permanganat (KMnO_4) (Wan et al, 2011).

2.4 Seng Oksida

Seng oksida (ZnO) merupakan material yang berbentuk serbuk putih tak berbau dan tak dapat larut dalam air serta alkohol, dengan rumus kimia ZnO . Sebagai salah satu material keramik ZnO memiliki titik lebur yang mencapai 1977°C , meskipun ZnO akan terlebih dulu mengalami dekomposisi pada suhu mendekati titik leburnya. Walaupun termasuk material keramik, ZnO tidak tergolong material keras, dengan nilai kekerasan hanya 4,5 pada skala kekerasan Mohs. Material ZnO memiliki struktur heksagonal dengan tipe kristal wurtzite, dan memiliki parameter kisi pada sumbu $a = 3,2495 \text{ \AA}$ dan sumbu $c = 5,2069 \text{ \AA}$. Sifat-sifat yang menarik dari material ZnO lainnya adalah anisotropi dalam struktur kristal, struktur cacat nonstoichiometric, transparansi optik dalam daerah cahaya tampak, dan indeks biasnya cukup tinggi. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, lapisan tipis ZnO dapat dimanfaatkan sebagai window layer dan elektroda depan yang sangat konduktif dan transparan pada sel surya. ZnO juga termasuk ke dalam material semikonduktor tipe-n dengan struktur wurtzite karena nonstoichiometric dan bersifat transparan serta konduktif (Goldsmith dkk., 2006). Konduktivitas listrik dalam ZnO dapat ditimbulkan karena nonstoichiometric yang disebabkan oleh kelebihan ion-ion seng (Zn^{2+}). Kelebihan kation ini diimbangi oleh

muatan negatif dengan jumlah yang sama, yaitu dua elektron. Elektron-elektron ini bebas bergerak di dalam kristal di bawah pengaruh medan listrik luar. ZnO memiliki energi celah yang besar $\sim 3,37$ eV pada temperatur rendah dan 3,30 eV pada temperatur ruang (Liewhiran dkk., 2007).

2.5 Filtrasi Vakum

Dalam filter vakum, kekuatan pendorong untuk filtrasi dihasilkan dari penerapan hisap pada sisi filtrat media. Meskipun penurunan tekanan teoretis yang tersedia untuk filtrasi vakum adalah 100 kPa, dalam praktiknya seringkali dibatasi hingga 70 atau 80 kPa atau bahkan kurang. Dalam aplikasi di mana fraksi partikel halus dalam padatan rendah, filter vakum yang sederhana dan relatif murah dapat menghasilkan endapan dengan kadar air yang sebanding dengan yang dikeluarkan oleh filter tekanan. Lebih jauh lagi, kategori ini mencakup satu-satunya filter yang benar-benar kontinu yang dibuat dalam ukuran besar yang dapat digunakan untuk kebutuhan pencucian, pengeringan, dan proses lainnya (Svarovsky, 2001). Keuntungan-keuntungan dari proses filtrasi vakum adalah sebagai berikut(Svarovsky, 2001):

1. Pengendapan gravitasi dapat terjadi sebelum vakum diterapkan. Dalam banyak kasus, ini dapat mencegah kebutaan berlebihan pada kain karena aksi pra-lapisan yang dibentuk oleh partikel yang lebih kasar.
2. Bahan berat atau kasar dapat disaring karena jika mengendap dari umpan, bahan tersebut akan menempel pada permukaan saringan.

3. Penetrasi partikel halus melalui media dapat ditoleransi karena filtrat awal dapat didaur ulang kembali ke sabuk.
4. Filter umpan atas ideal untuk pencucian kue, pengeringan kue, dan operasi proses lainnya seperti pencucian.
5. Tingkat kontrol yang tinggi dapat dilakukan atas pembentukan kue. Tunjangan dapat dibuat untuk pakan yang diubah dan/atau persyaratan kualitas kue yang berbeda. Hal ini terutama berlaku untuk filter vakum sabuk horizontal. Dengan unit ini, proporsi relatif sabuk yang dialokasikan untuk penyaringan, pencucian, pengeringan, dll., serta kecepatan vakum dan kualitas vakum, dapat dengan mudah diubah untuk menyesuaikan dengan perubahan proses.



Gambar 2.3 Skema Proses Pembuatan Membran GO dengan Filtrasi Vakum(Wang, 2015)

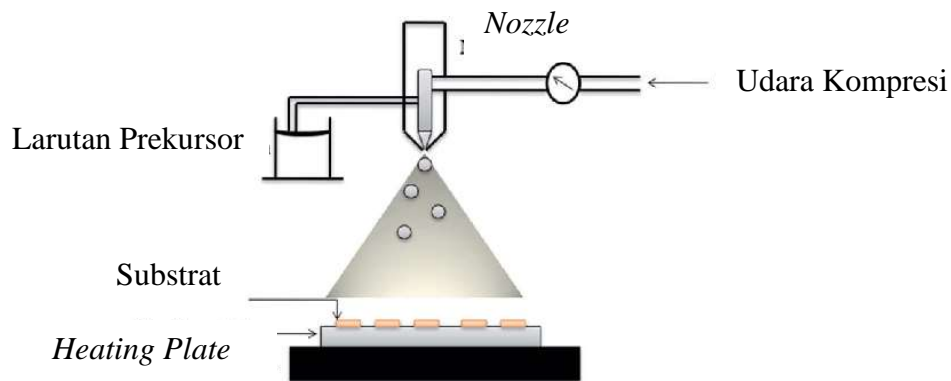
2.6 Spray Pyrolysis

Spray pyrolysis adalah metoda yang sangat umum digunakan dibanyak industri. Metode ini diinisiasi oleh atomisasi larutan dalam bentuk droplet ke dalam pemanas, dan akan menghasilkan partikel padatan. *Spray pyrolysis* adalah teknik serbaguna dan efektif untuk deposit lapisan logam oksida. *Spray pyrolysis* sangat terkenal dalam perancangan bentuk dan sifat partikel nanostruktur. Sehingga banyak partikel nanostruktur yang dapat dipabrikasi dengan menggunakan metode *spray pyrolysis* seperti pada semikonduktor, nanokristalin, *carbon nanotube*, dan sel surya. Peralatan *spray pyrolysis* terdiri dari alat penyemprot, precursor, pemanas substrat, dan suhu pengontrol (Perednis, 2003).

Ketika larutan precursor hasil proses atomisasi disemprotkan pada permukaan substrat, maka akan terjadi tumbukan dengan permukaan substrat dan mengakibatkan atom mengalami kehilangan energi. Setelah tumbukan, atom-atom akan menyebar pada permukaan substrat dan terjadi interaksi antar atom yang teradsorpsi. Fraksi dari atom akan menginisiasi terbentuknya suatu ikatan yang akan tumbuh dan bersatu membentuk suatu lapisan. Gambar 2.3 menggambarkan skema pembentukan pembentukan lapisan pada *spray pyrolysis* (Perednis, 2003).

Metode *spray pyrolysis* memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan teknik lain, seperti *sol-gel*, *spin-coating*, dan *dip-coating*. Kelebihan dari teknik ini yaitu proses yang sederhana dan biaya proses yang murah, serta efektif, hal ini terjadi karena peralatan yang digunakan sederhana. Proses ini tidak membutuhkan kualitas reagen dan substrat yang tinggi. Komposisi dari lapisan yang terbentuk dapat

dikendalikan melalui larutan precursor yang digunakan. Berbagai jenis lapisan telah banyak diproduksi menggunakan teknik spray pyrolysis dan teknik ini telah digunakan dalam skala industri hampir sepuluh tahun untuk memproduksi kaca, *solar cells*, dan *electrical conductive electrodes* (Perednis, 2003).



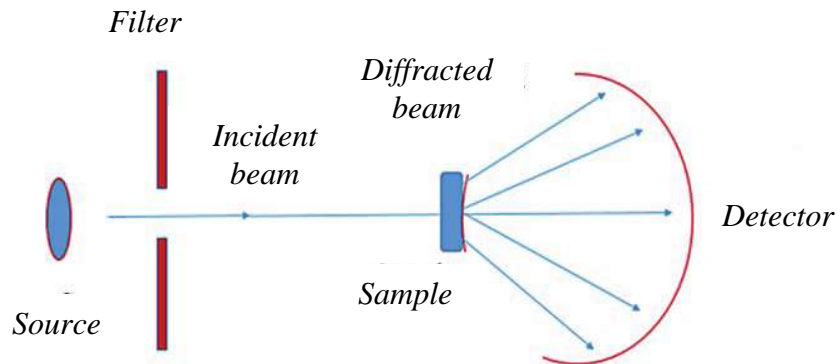
Gambar 2.4 Skema Proses *Spray Pyrolysis*(Fidha, 2021)

2.7 Karakterisasi Membran

2.7.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sampai saat ini, metode difraksi sinar-X digunakan untuk mendapatkan informasi struktur kristal material logam maupun paduan, mineral, polimer, material organik, dan superkonduktor (Barbero dkk, 2014). X-Ray Diffraction (XRD) memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut- sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012). Pola

difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu.



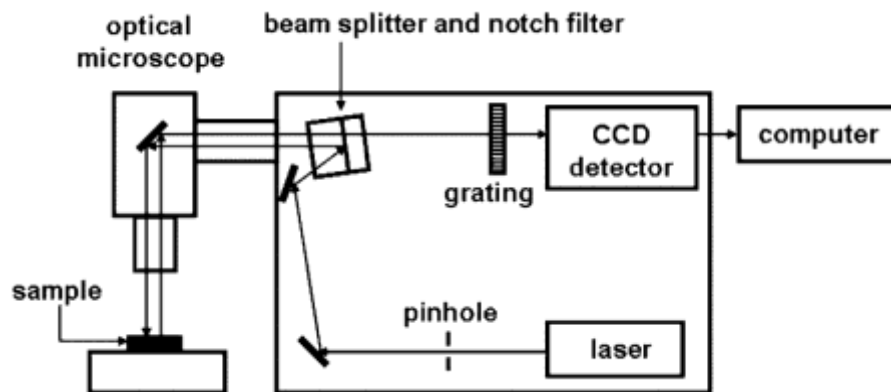
Gambar 2.5 Skema Proses X-Ray Diffraction

Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter, dan panjang gelombang sinar X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Widyawati, 2012).

2.7.2 Raman Spectroscopy

Spektroskopi Raman berkaitan dengan fenomena perubahan frekuensi ketika cahaya dihamburkan oleh molekul. Jika frekuensi cahaya datang adalah ν_0 dan komponen dari cahaya tersebar adalah ν'' maka pergeseran frekuensi $\nu_r - \nu_0 = L\nu$ dapat berupa tanda positif atau negatif. Besarannya disebut sebagai

frekuensi Raman Himpunan frekuensi Raman dari spesies yang berhamburan membentuk spektrum Ramannya. Pergeseran frekuensi Llv ekuivalen dengan perubahan energi Llv/ jam . Lebih mudah dan biasa untuk mengungkapkan hasil pengamatan dalam bentuk bilangan gelombang daripada frekuensi. Frekuensi ν , tentu saja, adalah sejumlah getaran per detik. Kuantitas yang sesuai yang dinyatakan dalam bilangan gelombang (yang dalam buku ini akan digunakan simbol pembeda ν) adalah jumlah gelombang per sentimeter, dan berhubungan dengan ν dengan persamaan $\nu = \nu c$, di mana c adalah kecepatan cahaya. Merupakan secara terus-menerus mengacu pada "frekuensi" dari sebuah garis spektrum (Szymanski H. A, 1967).



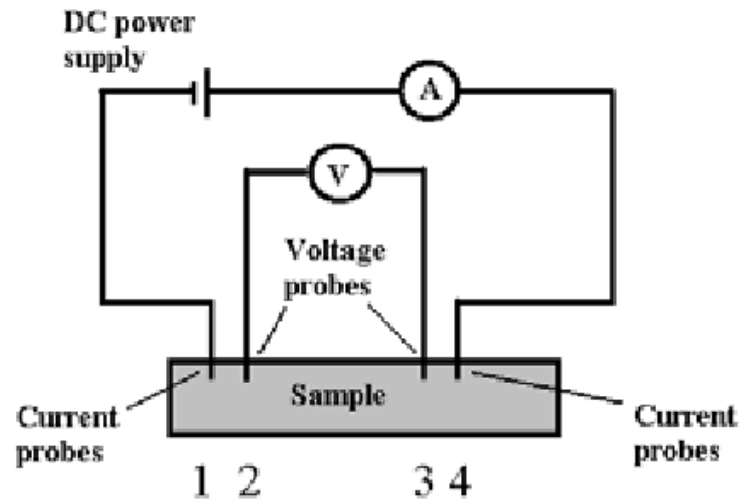
Gambar 2.6 Skema Proses *Raman Spectroscopy* (Regionini, 2008)

Penemuan Raman terdiri dari pengamatan bahwa, ketika cahaya monokromatik frekuensi ν_0 digunakan, spektrum cahaya yang tersebar menunjukkan (selain garis Rayleigh) pola garis frekuensi bergeser-spektrum Raman. Pergeseran (frekuensi Raman) tidak bergantung pada frekuensi menarik ν_0 dan

merupakan karakteristik spesies yang menimbulkan hamburan. Pola pada sisi frekuensi rendah dari garis menarik (L1v negatif) "dicerminkan" oleh pola yang identik pada sisi frekuensi tinggi (L1v positif), tetapi intensitas untuk L1v negatif lebih besar daripada untuk L1v positif, dan yang terakhir menunjukkan penurunan yang cepat saat JL1vJ meningkat (Szymanski H. A, 1967).

2.7.3 Konduktivitas Listrik (*Four Point Probe*)

Metode four point probe terdiri dari dua kontak bias yang menginjeksikan arus ke dalam sampel dan dua probe kontak yang mengukur penurunan tegangan yang dihasilkan di seluruh sampel. Pengukuran dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material memiliki sifat resistif, dimana material-materialnya memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik. Probe merupakan komponen utama pada system pengukuran resistivitas. Probe berfungsi sebagai perantara untuk mengalirkan arus listrik ke bahan dan juga sebagai perantara untuk mengalirkan sinyal tegangan hasil pengukuran ke pembaca tegangan (Arief, 2019).



Gambar 2.7 Skema Proses *Four Point Probe* (Alami, 2022)

Tahanan jenis atau resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang direpresentasikan dengan ρ (rho). Resistivitas sendiri memiliki satuan ohm-meter. Material terdiri dari kumpulan sejumlah besar atom atau molekul. Molekul terdiri atas banyak atom, sementara atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bersifat negatif sehingga material umumnya memiliki sifat kelistrikan (Arief, 2019).