BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siwalan

Borassus flabellifer umumnya dikenal sebagai *Palmyra palm* mendapatkan namanya dari bahasa Yunani yaitu '*Borassus*' yang berarti ‘buah dengan penutup kulit’ dan '*flabellifer*' yang memliki arti ‘pembawa kipas’. *Borassus flabellifer* ditemukan di subkontinen India dan Asia Tenggara. Tanaman ini berkembang dengan baik di gersang dan kondisi semi-kering, juga bisa bertahan kondisi iklim yang buruk (Krishnaveni, et al., 2020). Di kawasan Indonesia tanaman ini disebut sebagai siwalan atau lontar daerah seperti Sunda, Jawa, dan Bali dikenal dengan sebutan *ental*, *etal*, *lontar*, *tal*, *lonta* (Minangkabau), *taal* (Madura), *dun tal* (Saksak), *jun tal* (Sumbawa), *tala* (Sulawesi Selatan), *lontara* (Toraja), *lontoir* (Ambon), atau *manggitu* di Pulau Sumba (Apriyanti, 2018).

Gambar 2.1 Buah Siwalan

(dokumen pribadi)

Dari segi fisik tanaman siwalan memiliki ciri bentuk daun lebar yang memusat dibagian ujung batang, menyerupai kelapa atau tanaman palem raja, berbatang tunggal dan mampu tumbuh hingga mencapai ketinggian (15-30 meter) dengan diameter batangnya sekitar 60 cm. Tiap helai daunnya menyerupai kipas dengan diameter pertumbuhan hingga 150 cm, dan tangkai daunnya memanjang sampai dengan satu meter. Penampakan buahnya bulat dengan diameter antara 7-

20 cm dan dilapisi kulit berwarna hitam kecoklatan ditunjukkan Gambar 2.1 (Apriyanti, 2018).

Daunnya digunakan untuk atap jerami, sebagai pagar, seperti tikar, keranjang, kipas angin, topi, payung, ember, sandal dll. Pada mesocarp memiliki warna oranye-kuning lembut dari buah matangnya dengan rasa manis, padat dan bisa dimakan kaya vitamin A dan C. Bagian luar berserat yang matang lapisan buahnya juga bisa dimakan mentah, direbus atau dipanggang.

Tangkai batangnya yang berserat digunakan sebagai tali, dari tangkai perbungaanya digunakan sebagai pembuatan minuman air nira yang dapat diolah menjadi gula, cuka, atau tuak. Siwalan bisa bertahan hidup dan berproduksi selama 80 tahun, berbeda dengan kelapa dan aren yang tumbuh menyendiri, siwalan tumbuh membentuk rumpun (Sastrapradja, 2012).

Kualitas serat dari siwalan dapat diketahui dari segi warna, aroma, keutuhan serat, dan kadar air yang terkandung didalamnya. Serat buah siwalan berkualitas memiliki ciri fisik warna serat yang putih atau krem, tidak memiliki bau asam yang menyengat, serat yang utuh/tidak patah dan pecah, dan bersih dari serangga/kotoran lainnya. Selain ciri fisik, serat siwalan mempunyai ciri kimia yaitu bagian dari serat yang mempunyai unsur dan kandungan tertentu yang mempengaruhi kekuatan ataupun kelemahan dalam serat. Kandungan kimia serta buah siwalan diantaranya mengandung selulosa (Apriyanti, 2018).

Menurut informasi yang telah dirangkum oleh (Singh, et al., 2021) serat buah siwalan mentah memiliki selulosa, hemiselulosa, lignin dan beberapa konten lainnya. rata-rata serat buah siwalan berkisar antara 45- 70% selulosa, 14-32% hemiselulosa dan 5-21% lignin. Pada penelitian (Fariha, et al., 2020) mengemukakan bahwa pada serat siwalan memiliki kandungan selulosa sebesar 29.24% dan Lignin sebesar 13.37%. Dari kandungan ini mampu mendukung proses pembentukan karbon aktif.

2.2 Karbonisasi

Untuk membuat suatu karbon aktif dapat dilakukan melalui tiga tahap yakni dehidrasi, aktivasi dan karbonisasi. Proses dehidrasi berfungsi

menghilangkan kandungan air yang terkandung pada bahan baku. Sedangkan karbonisasi yaitu proses pembakaran material organik pada bahan baku yang menyebabkan terjadinya dekomposisi material dan penghilangan materi pengotor (Mentari, et al., 2018).

Bahan organik mentah kering seperti: kulit kenari, kayu, tulang, dan batu bara pada awalnya harus dikarbonisasi pada suhu tinggi. Secara keseluruhan, proses karbonisasi adalah proses pirolitik dan produknya dikenal sebagai materi terkabonisasi, *char* atau *biochar*. Setelah diaktifkan karbonnya, berbagai metode aktivasi digunakan untuk lebih meningkatkan porositas dan membuat struktur yang mengarah untuk pembentukan rongga padat halus dalam karbon aktif. Pori-pori yang terbentuk pada permukaan karbon aktif dapat dikategorikan sebagai makropori >25 nm, 1 nm<mesopori<25 nm, mikropori<1 nm (Heidarinejad, et al., 2020).

Aktivasi adalah proses mengubah bahan berkarbon ke *Activated Carbon*. Kedua cara aktivasi fisik dan kimia dapat digunakan. Aktivasi fisika biasanya dilakukan segera setelah langkah pirolisis pada suhu tinggi (sampai 1200 °C) di atmosfer netral dan kemudian aktivasi dalam gas pengoksidasi atmosfer seperti uap, karbon dioksida, dan nitrogen atau udara. Aktivasi kimia, yang dikenal sebagai oksidasi basah, biasanya digunakan untuk bahan baku yang mengandung selulosa, seperti kayu, serbuk gergaji atau lubang buah. Bahan-bahan ini juga disebut biomassa.

Dalam aktivasi kimia untuk pembuatan karbon aktif, prekursor organik diaktifkan dengan adanya bahan kimia pada suhu, biasanya berkisar antara 400-900°C pada selulosa mana yang terdegradasi (Heidarinejad, et al., 2020). Sehingga, karbon aktif diperoleh dari pencucian berulang dari campuran yang dihasilkan. Tujuan lain dari bilasan akhir adalah untuk memulihkan zat aktif. Bahan kimia yang umum digunakan agen aktivasi termasuk KOH, NaOH, $ZnCl_2$, $FeCl_3$, H_3PO_4, dan K_2CO_3 (Lu & Zhao, 2017)

Menurut SNI 06-3730-1995, arang aktif adalah arang yang telah diaktifkan sehingga memiliki daya serap yang tinggi baik terhadap warna, bau, zat beracun

dan zat kimia lainnya yang tidak digunakan sebagai bahan baku obat, dengan memiliki syarat mutu pada serbuk dengan kadar air sebesar maksimal 15%, dan kadar abu yang sebesar maksimal 10%

2.3 Material *Graphene*

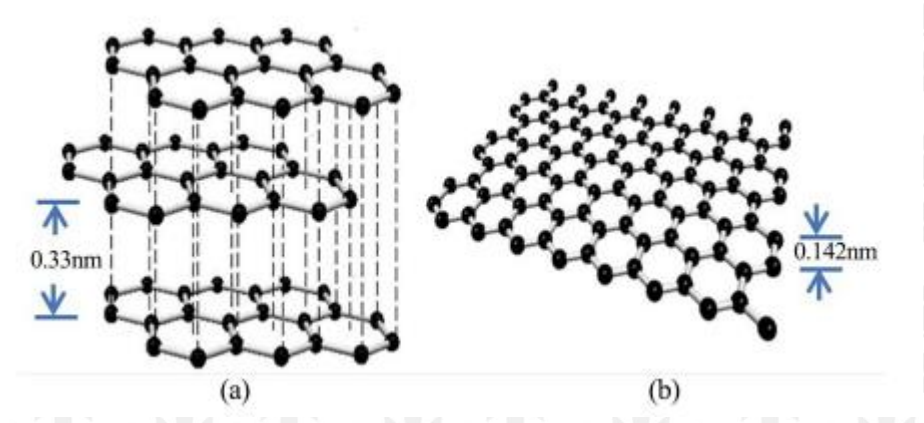
2.3.1 *Graphene*

Pada Tahun 2004, Graphene ditemukan oleh (Novoselov, et al., 2004) ketika mereka mengisolasi graphene dengan mengupas grafit dengan pita perekat. Hal ini dapat menghasilkan graphene berukuran mikron berkualitas baik. Graphene adalah struktur lapisan tunggal dua dimensi (2D) secara kovalen sp^2 terikat atom karbon hibridisasi yang tersusun dalam jaringan sarang lebah heksagonal. Graphene adalah alotrop karbon tebal atom tunggal yang berfungsi sebagai dasar unit struktural untuk bentuk alotropik karbon lainnya:

1) Fullerenes 0D dibentuk oleh membungkus lembaran graphene untuk membentuk bola (bola Bucky),

2) nanotube karbon 1D (CNT) yang dibentuk dengan menggulung lembaran graphene untuk membentuk struktur silinder,

3) Grafit 3D yang dibentuk dengan menumpuk beberapa lapisan lembaran graphene individu yang disatukan oleh ikatan van der Waals



Gambar 1.2 Diagram Skematik dari a.) *Graphite* dan b.) *Single Layer Graphene* (Adetayo & Runsewe, 2019)

2.3.2 *Graphene Oxide* (GO)

GO memiliki struktur 2D sebagai graphene tetapi lapisan tunggal atom karbon secara kovalen dengan gugus yang mengandung oksigen (hidroksil, epoksida, karbonil, dan lain-lain) di bidang basal dan di bagian tepinya (Tarcan, et al., 2020). Berupa lembaran yang terkelupas hanya mengandung satu atau beberapa lapisan karbon atom seperti graphene, lembaran ini bernama graphene oxide (GO) yang berasal dari Grafit oksida yang memiliki struktur berlapis yang mirip dengan grafit, tetapi bidang atom karbon dalam grafit oksida sangat berat yang mengandung oksigen, yang tidak hanya memperluas jarak interlayer tetapi juga membuat atom menjadi lebih tebal dengan lapisan hidrofilik. (Pei & Cheng, 2011).

2.3.3 *Reduced Graphene Oxide* (rGO)

Reduced Graphene Oxide (rGO) adalah hasil reduksi *Graphene Oxide* (GO) yang memiliki struktur 2D sebagai *graphene*, rGO material graphene yang kehilangan atom oksigen dan hidrogennya didalam strukturnya (Jayanti, et al., 2017). rGO menunjukkan sifat seperti graphene, termasuk sifat yang relatif baik dari hal konduktivitas, dan juga karena rGO mudah dibuat sesuai jumlah yang diinginkan (Tarcan, et al., 2020).

2.4 Sintesis Material *Graphene*

2.4.1 Eksfoliasi Mekanis

Mechanical Exfoliation adalah metode ekstraksi graphene pertama yang mengambil serpihan pada substrat. Dalam nanoteknologi, ini adalah metode sintesis graphene top-down, di mana tegangan (longitudinal atau transversal) diterapkan pada permukaan grafit berlapis menggunakan pita perekat sederhana (*pita scotch*) atau ujung AFM. Struktur grafit terdiri dari beberapa lapisan atom tunggal graphene ditumpuk dan disatukan oleh gaya van der Waals yang lemah. Metode ini membutuhkan kekuatan eksternal sekitar ~ 300 $nN\mu m^{-2}$ untuk memisahkan satu graphene lapisan dari grafit. Eksfoliasi mekanis dapat dicapai dengan menggunakan beberapa cara termasuk pita *scotch*, medan listrik, dan ultrasonikasi. (Adetayo & Runsewe, 2019).

2.4.2 Ultrasonikasi

Dispersi ultrasonik (USD) adalah teknik persiapan yang populer dalam mengkarakterisasi sistem partikel. Ini karena penggunaan luas peralatan ultrasonik, seperti *bath ultrasonic* atau menggunakan daya tinggi *probe sonicators*, dan efek dispersi ultrasonik yang relatif tinggi mendisintegrasi agregat submikron. Oleh karena itu, dispersi ultrasonik memiliki relevansi khusus untuk persiapan suspensi bahan berstruktur nano yang stabil dan homogen (Marín, et al., 2017). Ultrasonik generator mengubah energi listrik menjadi energi ultrasonik, yang merupakan energi mekanik. Efisiensi transformasi energi tidak hanya tergantung pada peralatan itu sendiri, tetapi juga pada kondisi aplikasi ultrasound (Nascentes, et al., 2001).

Efek *ultrasound* intensitas tinggi tergantung pada banyak variabel. Variabel yang paling penting adalah (viskositas, tegangan permukaan,tekanan uap, sifat dan konsentrasi gas terlarut, keberadaan partikel padat, dll) parameter perawatan (tekanan dan suhu), kinerja generator ultrasound (frekuensi, input daya), ukuran dan geometri dari bejana. Ultrasonik digunakan untuk menghindari kondisi reaksi yang keras termasuk penggunaan suhu tinggi dan hidrazin yang sangat beracun yang diperlukan untuk metode persiapan rGO. Suhu tinggi yang dihasilkan selama iradiasi *ultrasound* pada suhu rendah dan waktu reaksi yang singkat memungkinkan untuk mereduksi *graphene oxide* (GO) menjadi rGO tanpa menggunakan bahan kimia beracun.

(Soltani & Lee, 2016).

2.4.3 Sintesis Kimia

Metode pertama yang mendemonstrasikan graphene sintesis dengan jalur kimia. Pada tahun 1962, pertama kali mendemonstrasi serpihan monolayer dari *Reduced Graphene Oxide* (rGO), Metode ini melibatkan oksidasi grafit, *Graphene Oxide*, dan mendispersi serpihan dengan sonikasi. Ada tiga metode populer yang tersedia untuk sintesis GO, yaitu metode Brodie, metode Staudenmaier, dan metode Hummers dan Offeman. Ketiga metode ini terdiri dari oksidasi grafit menggunakan asam kuat dan oksidan. Metode Brodie Menggunakan GO dengan mencampur grafit dengan kalium klorat dan asam nitrat. Namun, prosesnya berisi beberapa langkah-langkah yang memakan waktu dan berbahaya (Lu, Baek, & Dai, 2015).

Metode reduksi kimia adalah metode yang paling berguna karena menghilangkan sebagian besar dari gugus fungsi yang ada dalam GO menengah dengan struktur permukaan graphene dipulihkan setelah reduksi. Namun, graphene yang dihasilkan mengandung beberapa cacat karena adanya oksigen yang tersisa kelompok fungsional (seperti −OH dan −COOH) yang menyebabkan beberapa gangguan pada struktur elektronik graphene. Hal ini mengakibatkan berkurangnya konduktivitas listrik menghasilkan graphene dibandingkan dengan graphene murni (bebas cacat). Gugus fungsional yang tersisa pada graphene dan rGO dapat digunakan untuk memberikan sifat listrik dan kimia untuk aplikasi yang berbeda.

(Adetayo & Runsewe, 2019).

2.4.4 Pirolisis

Pirolisis adalah proses simultan yang mengubah komposisi kedua bahan kimia dan fisika yang bersifat irreversibel. Proses pirolisis sebagian besar diamati ketika bahan terkena suhu yang lebih tinggi. Beberapa pengaruh pirolisis seperti suhu memiliki efek paling signifikan dan kemudian diikuti oleh waktu penahanan, laju pemanasan dan laju aliran nitrogen (Tadda, et al., 2016). Bahan karbon berpori dari biomassa diperoleh dari pirolisis dengan langkah aktivasi berikutnya untuk meningkatkan luas permukaan dan volume pori. Pada proses pirolisis juga dapat membuat bahan elektroda karbon kinerja tinggi dari biomassa tanpa aktivasi selanjutnya (Lu & Zhao, 2017).

2.4.5 Chemical Vapor Deposition (CVD)

Proses *Chemical Vapor Deposition* melibatkan paparan substrat ke prekursor yang terurai secara termal dalam keadaan gas yang mengakibatkan pengendapan produk ke permukaan substrat dalam suhu tinggi. Dalam banyak hal kasus, deposisi pada suhu tinggi tidak diinginkan, reaksi yang dibantu plasma dan deposisi telah digunakan untuk mengurangi suhu. Proses ini tergantung pada kualitas, jenis prekursor, ketebalan produk yang diinginkan, dan struktur, beberapa jenis proses CVD dapat digunakan termasuk termal, *plasma enhanced* (PECVD), reaktif, *hot wall*, *cold wall*, dll (Adetayo & Runsewe, 2019)

2.5 Karakterisasi

2.5.1 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM atau Scanning Electron Microscopy merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menghasilkan sebuah gambar. SEM berupa sebuah instrument yang menggunakan berkas elektron untuk memindai sebuah objek. Objek yang telah terpancar tersebut akan dipindai dan menghasilkan sebuah gambar. Terdapat dua jenis gambar yang dihasilkan yaitu permukaan sampel dan pemetaan komposisi sampel. SEM umumnya digunakan untuk memindai objek bersekala nano (Ngia Masta, 2020)

Gambar 2.3 Alat SEM

(Ngia Masta, 2020).

Komponen SEM terdiri dari beberapa alat yang diperlukan. Secara garis besar terdapat tiga komponen, yaitu komponen pemindai, komponen penyajian gambar dan komponen pendukung. Komponen pemindai teriri dari electron gun, rangkaian lensa magnetic, tempat specimen, *scaning coils* dan *detector*. Kolom SEM berbentuk tabung, kolom ini menjadi tempat dihasilkannya berkas elektron hingga menjadi elektron pemindai. Elektron yang dihasilkan oleh *elektron gun*, diarahkan melalui lenda magnetic. Difokuskan melalui *scanning coil* dan ditembakkan ke sampel (Ngia Masta, 2020).

2.5.2 *X-Ray Diffraction* (XRD)

X-Ray Diffraction atau difraksi sinar-x merupakan analisa yang digunakan untuk mengidentifiki adanya sebuah senyawa yang diamati dengan menggunakan

pola pembiasan cahaya. Difraksi sinar-x merupakan sebuah metode analisa yang menggunakan interaksi antara sinar-x dengan atom yang tersusun dalam sebuah pada sistem kristal. XRD adalah sebuah alat untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Struktur kristal merupakan susunan atom yang teratur, hal ini disebabkan oleh kondisi geometris yang diengaruhi oleh ikan atom yang terarah

(Setiabudi, et al., 2012).

Prinsip kerja dari XRD yaitu setiap senyawa terdiri atas susunan atom pada bidang tertentu. Sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka cahaya (foton) yang dating dari sudut tertentu akan menghasilkan pola bembiasan yang khas. Kekhasan pola unik tertentu inilah yang digunakan sebagai landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa. Pada alat XRD terdapat beberapa komponen atau intrumentasi yang digunakan, yaitu tabung elektron, monokromator, filter, *sampel holder*, *detector*, dan *software* analisa. Tabung elektron berfungsi sebahai tempat pembentukan elektron yang digunakan sebagai penumbuk plat logam sehingga menghasilkan sinar-x. monokromator berfungsi sebagai sebagai pengubah berkas polikromatik menjadi monokromatik. Filter berfungsi sebagai penyaring sebagian berkas cahaya yang tidak digunakan. Sampel *holder* berfungsi sebagaitempat untuk meletakkan sampel yang akan dianalisa. *Detector* berfungsi sebagai pendeteksi berkas cahaya yang terdifraksi. *Softwere* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menterjemah analisa yang dilakuan oleh *detector* (Setiabudi, et al., 2012). Untuk menentukan jarak antar *plane* menggunakan rumus Hukum Bragg's ;

$$n\lambda = 2d \sin\theta \tag{2.1}$$

d-spacing pada puncak yang paling intens dihitung dengan menggunakan Hukum Bragg's, Di mana n adalah integer, λ adalah panjang gelombang sinar-X untuk ditargetan pada tembaga dan θ adalah sudut antara sinar datang dan sinar yang dipantulkan (Neeru Sharma, et al., 2017). Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal (ukuran kristalit) dengan fasa pasti. Penentuan

mengacu pada puncak utama dari pola difraktogram melalui pendekatan persamaan *Debye Scherrer* dirumuskan dalam Persamaan

$$D = \frac{(k = 0.9)\lambda}{\beta \cos \theta} \tag{2.2}$$

dengan D merupakan *crystalite size*, *K* adalah *Scherrer constant (0.9),* λ merupakan panjang gelombang dari CuKα, β merupakan *full width half maximum* (FWHM), dan θ merupakan sudut Bragg (Fatimah, et al., 2022).

2.5.3 Breneur-Emmet-Teller

Elemen fundamental dari teori BET dikaitkan dengan adsorpsi gas pada permukaan material. Fenomena ini disebabkan oleh gaya van der Waals yang diciptakan oleh film adsorbat, yang terdiri dari atom, ion, atau molekul pada permukaan zat yang mengadsorpsi partikel-partikel. Proses adsorpsi dapat bersifat fisik atau kimia. Sedangkan adsorpsi fisik terkait dengan gaya van der Waals, kimia adsorpsi adalah hasil dari reaksi kimia antara padatan dan adsorbat (gas). Jumlah gas yang teradsorpsi pada bahan adsorben dapat dikorelasikan dengan luas permukaannya. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi proses ini antara lain suhu, tekanan, karakteristik bahan, dll (Ambroz, et al., 2018).

Meskipun diturunkan lebih dari enam puluh lima tahun yang lalu, penerapan persamaan BET masih merupakan pendekatan yang paling populer untuk perhitungan luas area spesifik. penentuan luas permukaan dari teori BET adalah aplikasi langsung dari persamaan BET ini;

$$\frac{1}{W\left[\frac{P_0}{P} - 1\right]} = \frac{1}{W_m + C} + \frac{C - 1}{W_m C}\left(\frac{P}{P_0}\right) \tag{2.3}$$

Plot nilai $1/W\left[\frac{P_0}{P} - 1\right]$ dengan P/P_0 sehingga menghasilkan suatu slope *s* dan juga intercept *i*, Untuk menentukan Luas permukaan BET dapat dihitung dengan membagi S_t dengan berat sampel (Lowell, et al., 2004).

2.5.4 Spetrofotometri UV-VIS

Spektroskopi ultraviolet (UV) adalah teknik dari spektroskopi optik yang menggunakan cahaya dalam rentang *visible*, ultraviolet, dan *infrared* yang berdasarkan pada hukum Lambert-Beer. Menyatakan bahwa penyerapan suatu

larutan berbanding lurus dengan konsentrasi absorber dalam larutan dan panjang gelombang. Panjang gelombang dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi absorber dalam suatu larutan. Molekul atau ion akan menunjukkan penyerapan dalam tampilan atau daerah ultraviolet ketika radiasi menyebabkan transisi elektronik dalam strukturnya. Sehingga penyerapan cahaya oleh sampel di ultraviolet atau daerah yang terlihat disertai dengan perubahan keadaan elektronik molekul dalam sampel. Energi yang disuplai oleh cahaya akan mempromosikan elektron dari orbital keadaan dasarnya ke energi yang lebih tinggi, orbital keadaan tereksitasi atau orbital anti-ikatan. Terdapat tiga jenis keadaan dasar orbital yang mungkin terlibat:

1. σ *(Bonding) molecular*

2. π *(Bonding) molecular* orbital

3. n *(non-Bonding) atomic* orbital.

(Verma & Mishra, 2018)

2.5.5 *Photoluminescence*

Luminescence adalah salah satu metode penelitian utama dan teknik karakterisasi dalam studi bahan semikonduktor. Selain memuat informasi tentang kualitas kristal, ini mengidentifikasi dan mengukur kecacatan dan kotoran dalam semikonduktor. Sementara *Luminescence* secara cepat dan lambat dalam kimia secara tradisional disebut *fluorescence* dan *phosphorescence*, klasifikasi tersebut tidak sesuai untuk semikonduktor (Reshchikov, 2021).

Photoluminescence Spectroscopy (PL) adalah metode tanpa kontak, serbaguna, tidak merusak, metode optik yang kuat untuk menyelidiki struktur elektronik bahan. Untuk mengamati spektrum fotoluminesensi suatu zat yang tereksitasi oleh cahaya, cahaya diarahkan ke sampel elektron suatu zat, transit dari keadaan dasar ke tingkat keadaan tereksitasi yang lebih tinggi. Cahaya yang diserap memberikan energi berlebih ke dalam material dalam suatu proses disebut foto−eksitasi. Salah satu cara kelebihan energi ini dihilangkan oleh sampel adalah melalui emisi cahaya, atau pendaran. Kemudian, elektron bergerak kembali ke

keadaan dasar, selama waktu tertentu memancarkan cahaya. Fenomena pemancaran cahaya ini dikenal sebagai photoluminescence. Karena setiap zat memiliki spektrum yang melekat, informasi penting tentang setiap zat diperoleh (Lu, Baek, & Dai, 2015).

.