

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Aktif

2.1.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki permukaan yang luas dan berpori serta mengandung 85-95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga pori-pori yang ada pada karbon aktif mengalami pengembangan yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan. Pada karbon aktif bubuk, semakin luas permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya juga akan semakin besar. Karbon aktif dengan luas permukaan yang luas dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yaitu sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau, pemurni dalam industri, proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum maupun dalam penanganan limbah (Idrus et al., 2013 ; Marina Olivia Esterlita dkk., 2015).

Karbon aktif terbagi 2 jenis berdasarkan penggunaannya yaitu : karbon aktif untuk fasa cair dan fasa uap.

a. Karbon Aktif Untuk Fasa Cair

Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk bubuk. Karbon aktif jenis ini banyak digunakan untuk pemurnian larutan dan penghilangan rasa dan bau pada zat cair misalnya untuk penghilangan polutan berbahaya seperti gas amonia dan logam berbahaya pada proses pengolahan air atau limbah.

b. Karbon Aktif Untuk Fasa Gas

Karbon aktif untuk fasa uap biasanya berbentuk butiran (granular). Karbon aktif jenis ini digunakan untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan,

serta pemurnian gas dan uap misalnya adsorpsi emisi gas hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan seperti CO dan Nox(Maulinda et al., 2015).

Adapun untuk kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995 pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Persyaratan Karbon Aktif Standar Nasional Indonesia (SNI 1995)

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maks. 15%
Kadar Abu	Maks. 10%
Kadar Zat Menguap	Maks. 25%
Kadar Karbon Terikat	Min.65%
Daya Serap Yodium	Min. 750 mg/g

2.1.2 Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya yang secara signifikan dipengaruhi oleh gugus-gugus fungsi. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, menyebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom oksigen dan nitrogen yang membentuk gugus fungsional seperti karbonil dan hidroksil saat proses pengolahan. Selain itu struktur pori juga mempengaruhi sifat adsorpsi pada karbon aktif karena berhubungan dengan luas permukaan, sebab semakin kecil pori-pori karbon aktif maka luas permukaan semakin besar(Wirawan, 2012).

2.1.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pada umumnya proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap(Kurniati, 2008).

a. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku di bawah sinar matahari atau dalam oven pada suhu 105 - 170 °C dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku dan menyempurnakan proses karbonisasi.

b. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi merupakan proses pembakaran yang dilakukan untuk memisahkan bahan non karbon yang ada dalam bahan baku, sehingga sebagian

besar yang tersisa dari bahan baku adalah karbon. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah. Proses karbonisasi ini dilakukan pada suhu 450 - 750 °C. Penambahan suhu memang diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti di atas 1000 °C akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun.

c. Proses Aktivasi

Pada proses karbonisasi, daya adsorpsi karbon tergolong masih rendah karena masih terdapat residu yang menutupi permukaan pori dan pembentukan pori-pori belum sempurna. Maka dari itu, perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Proses aktivasi merupakan suatu perubahan fisika dimana luas permukaan karbon aktif dan daya adsorpsi nya menjadi meningkat karena hidrokarbon yang terkandung dalam karbon dihilangkan. Ada 2 cara dalam melakukan aktivasi yaitu :

1. Aktivasi Fisika. Aktivasi Fisika merupakan pengaktifan arang atau karbon yang dilakukan dengan mengalirkan aktivator dalam reaktor pada suhu tinggi. Aktivator tersebut bisa berupa panas, uap, dan CO₂. Aktivasi dengan uap air biasanya dilakukan pada suhu 750 - 900 °C dan aktivasi dengan CO₂ (karbon dioksida) dilakukan pada suhu 850 - 1100 °C.
2. Aktivasi Kimia. Aktivasi Kimia merupakan pengaktifan arang atau karbon dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivator yang dilakukan dengan cara merendam arang atau karbon dalam larutan kimia, seperti asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO₃), asam fosfat (H₃PO₄), kalsium hidroksida (Ca(OH)₂), kalsium klorida (CaCl₂), kalsium fosfat (Ca(PO₄)₂), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), dan sebagainya. Pada proses pengaktifan secara kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600 - 900 °C selama 1 - 2 jam. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup.

Dari kedua jenis proses aktivasi yang ada, menurut(Suhendra dkk., 2011), cara aktivasi kimia memiliki keunggulan tertentu dibandingkan dengan cara aktivasi fisika, diantaranya adalah:

1. Dalam proses aktivasi kimia, zat kimia pengaktif sudah terdapat dalam tahap penyiapannya sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon terakumulasi dalam satu langkah yang umumnya disebut *one-step activation* atau metode aktivasi satu langkah.
2. Dalam proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dibanding pada aktivasi fisika.
3. Efek dari agen dehidrasi pada aktivasi kimia dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon.
4. Produk yang dihasilkan dalam aktivasi kimia lebih banyak dibandingkan dengan aktivasi fisika.

2.2 Adsorpsi

2.2.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan dimana molekul-molekul gas atau cair diserap oleh suatu padatan dan terjadi secara reversibel. Pada proses adsorpsi terdapat dua komponen yaitu adsorbat sebagai zat yang diserap dan adsorben sebagai zat yang menyerap. Adsorben adalah padatan yang memiliki kemampuan menyerap fluida ke dalam bagian permukaannya sedangkan adsorbat dapat berupa bahan organik, zat warna dan zat pelembab. Kesetimbangan adsorpsi terjadi apabila larutan dikontakkan dengan adsorben padat dan molekul dari adsorbat berpindah dari larutan ke padatan sampai konsentrasi adsorbat dilarutkan dan padatan dalam keadaan setimbang. Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau cair memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam.

Kesetimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat dan cair yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya(Pertiwi dkk., 2009; Prasetyo dkk., 2013; Arief., 2014).

2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi menurut (Arief, 2014), yaitu:

a. Sifat Adsorben

Karbon aktif merupakan adsorben yang berpori yang terdiri dari unsur karbon bebas dan berikatan secara kovalen serta bersifat non polar pada permukaannya. Di samping itu struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, dimana semakin kecil pori-pori karbon aktif maka luas permukaan semakin besar sehingga kecepatan adsorpsi akan bertambah.

b. Sifat Serapan

Karbon aktif tersebut memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi senyawa-senyawa yang berbeda-beda, dimana adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dan struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa yang diserap.

c. pH (derajat keasaman)

Pada asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan yaitu dengan penambahan asam mineral, hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut, sedangkan bila pH asam organik dinaikkan dengan penambahan alkali maka adsorpsi akan berkurang dan akibatnya akan terbentuk garam.

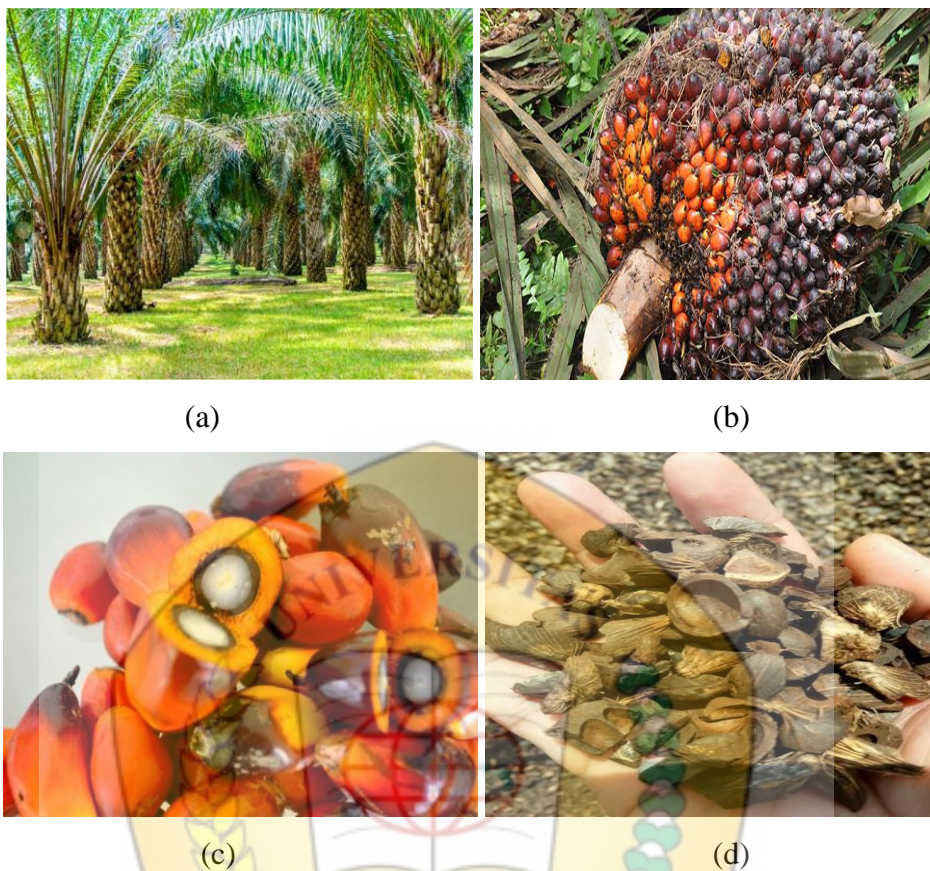
d. Waktu Kontak

Apabila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan maka akan dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan, dimana waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon aktif yang digunakan. Di samping itu pengadukan juga dapat mempengaruhi waktu kontak karena pengadukan ini dimaksudkan untuk dapat memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersentuhan dengan senyawa yang diserap.

2.3 Kelapa Sawit

Nama latin dari kelapa sawit adalah *Elaeis guineensis* Jacq. *Elaeis* berasal dari kata *Elaion* yang berarti minyak dalam bahasa Yunani dan *Guineensis* berasal dari kata Guinea yaitu pantai Barat Afrika. Jacq berasal dari nama ahli botani

(*botanist*) Amerika bernama Jacquin. Kelapa sawit merupakan tumbuhan industri sebagai bahan baku penghasil minyak, maupun bahan bakar.



Gambar 2.1. Kelapa Sawit (a) Pohon (b) Tandan (c) Buah dan (d) Cangkang Buah

Secara umum, kelapa sawit terdiri atas beberapa bagian yaitu akar, batang, daun, bunga dan buah. Adapun yang dibahas lebih lanjut adalah bagian buah, karena pada penelitian ini yang digunakan adalah cangkang buah kelapa sawit. Buah kelapa sawit termasuk buah batu dengan ciri yang terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian luar (*epicarpium*) disebut kulit luar, lapisan tengah (*mesocarpium*) atau disebut daging buah, mengandung minyak kelapa sawit yang disebut *Crude Palm Oil* (CPO), dan lapisan dalam (*endocarpium*) disebut inti, mengandung minyak inti yang disebut PKO atau *Palm Kernel Oil*.

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat karbon aktif

karena mengandung kadar air 7,8 %, kadar abu 2,2 %, zat mudah menguap 69,5 % dan kadar karbon 20,5 % (Hartanto dkk., 2010; Wahyuni dkk., 2019).

2.4 Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*) merupakan tumbuhan yang hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan dengan produk utama biji kemiri sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Pohon kemiri (*Aleurites moluccana*) merupakan jenis yang mudah ditanam, cepat tumbuh dan tidak begitu banyak menuntut persyaratan tempat tumbuh. Tidak diketahui dengan tepat asal-usulnya, tumbuhan ini menyebar luas mulai dari India dan Cina, melewati Asia Tenggara dan Nusantara, hingga Polinesia dan Selandia Baru.



Gambar 2.2. Pohon Kemiri

Pohon kemiri hidup pada ketinggian 150-1000 meter. Tinggi tanaman mencapai sekitar 15-40 meter dengan daun berwarna hijau pucat, bertangkai panjang, helai daunnya berbentuk bulat telur, bentuk lanset dan hanya pada bagian pangkal bertulang daun menjari. Buahnya buah batu, bentuknya bulat telur bola yang lebar dan berdaging, bijinya berjumlah 1-2 dengan kulit biji yang sangat keras, berbentuk bulat agak gepeng, warnanya hitam karena penyerbukan dan berlipat. Kulit biji dibuka maka didalamnya terdapat kemiri berwarna krem. Kulit biji atau bisa disebut dengan cangkang kemiri yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai bahan baku dalam pembuatan nano karbon aktif.

Masyarakat sudah terbiasa menjual biji kemiri dengan memecah biji kemiri sehingga daging biji terpisah dari cangkangnya yang hanya terbuang begitu saja sehingga menjadi limbah. Cangkang kemiri memiliki kandungan

hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang tinggi. Apabila cangkang kemiri dibakar pada suhu tinggi dalam ruangan yang tidak berhubungan dengan udara, maka akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun cangkang kemiri tersebut dan akan menghasilkan arang(Laos et al., 2016;Salindeho et al., 2017, p. 53).



Gambar 2.3 Cangkang Kemiri

2.5 Limbah Tekstil Industri Batik

Limbah tekstil industri batik berasal dari berbagai proses pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia. Kualitas limbah cair industri batik sangat dipengaruhi oleh jenis proses yang dilalui, pada umumnya bersifat basa dan mengandung zat-zat organik dengan konsentrasi tinggi(Kasam, 2005).

Pencemaran limbah batik terutama bersumber dari limbah cair berupa zat warna yang dihasilkan dari sisa bahan pewarna, proses pencucian dan pembilasan kain batik. Warna merupakan indikator pencemaran air. Pembuangan air limbah berwarna tidak hanya merusak estetika badan air penerima tapi juga meracuni biota air. Disamping itu, kepekatan warna dapat menghalangi tembusnya sinar matahari sehingga akan menghambat proses fotosintesis. Akibatnya, oksigen yang dibutuhkan untuk kehidupan biota air akan berkurang(Irmanto dkk., 2009; Fauzi dkk., 2018).

Limbah hasil dari industri batik merupakan limbah cair dengan kuantitas yang cukup besar, warna yang pekat dan berbau menyengat serta logam berat seperti Cd, Cr, Pb, As, Cu dan Zn. Bahan pewarna yang sering digunakan dalam membuat batik umumnya menggunakan pewarna tekstil, seperti naphthol atau blue-black, remazol black, red dan golden yellow yang mengandung senyawa organik

non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Muljadi, 2013; Subki dkk., 2011; Sitanggang, 2017).

Limbah industri batik apabila dibuang langsung ke sungai tanpa diolah dahulu, maka aliran limbah tersebut akan melalui perairan di sekitar pemukiman dan mutu lingkungan tempat tinggal penduduk menjadi turun. Limbah tersebut dapat menaikkan kandungan organik seperti *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), padatan tersuspensi (TSS) dan pH. Jika hal ini melampaui ambang batas yang ditetapkan oleh standar baku mutu air, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme yang ada disungai (Hertiyani, 2016; Suprihatin, 2014).

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Tekstil Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)
BOD	60
COD	150
TSS	50
pH	6,0 – 9,0

2.5.1 Karakteristik Limbah Tekstil

Karakteristik limbah cair tekstil dapat digolongkan dalam sifat fisika, kimia dan biologi. Dengan mengetahui jenis polutan yang terdapat dalam air limbah, dapat ditentukan unit proses yang dibutuhkan sebagai berikut (Woodard, 2001):

- a. Karakter Fisika. Karakter fisika limbah cair tekstil meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterapkan kedalam skala. Bau merupakan parameter yang subyektif. Pengukuran bau tergantung pada sensitivitas indera penciuman seseorang. Adanya bau yang lain pada air limbah, menunjukkan adanya komponen-komponen lain di dalam air tersebut. Misalnya, bau seperti telur busuk menunjukkan adanya hidrogen sulfida.

Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh adanya materi *disolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi.

- b. Karakter Kimia. Karakter kimia limbah cair meliputi senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain. Saat ini terdapat lebih dari dua juta senyawa organik yang telah diketahui. Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas grit dan mineral-mineral, baik tersuspensi maupun terlarut. Misalnya: klorida, ion hidrogen, nitrogen, fosfor, logam berat dan asam.
- c. Karakter Biologi. Banyak mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Secara tradisional, mikroorganisme dibedakan menjadi binatang dan tumbuhan. Namun, keduanya sulit dibedakan. Oleh karena itu, mikroorganisme kemudian dimasukkan kedalam kategori protista, status yang sama dengan binatang ataupun tumbuhan. Virus diklasifikasikan secara terpisah. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan limbah cair merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas limbah cair.

2.5.2 Parameter-parameter Limbah Tekstil Industri Batik

Parameter yang digunakan dalam pengujian limbah tekstil industri batik antara lain :

- a. Biochemical Oxygen Demand (BOD)
Biochemical oxygen demand (BOD) didefinisikan sebagai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. Uji BOD dibutuhkan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk maupun perindustrian. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya dari proses oksidasi (Fachruruzi et al., 2010).
- b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical oxygen demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O . COD merupakan salah satu parameter kunci sebagai pendeteksi tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada (Andara & Suryanto, 2014).

c. Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik, dan tidak dapat mengendap langsung (Azizah, 2017).

d. Derajat Keasaman (pH)

Secara umum derajat keasaman (pH) air menggambarkan keadaan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH =7 berarti kondisi air bersifat netral; pH <7 berarti kondisi air bersifat basa.

2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Ayu, 2013)