

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah negara agraris, sehingga perubahan di bidang pertanian merupakan salah satu program utama yang terus-menerus ditingkatkan oleh pemerintah Indonesia mengingat sebagian besar masyarakat Indonesia bekerja di bidang pertanian. Peningkatan perubahan di bidang pertanian dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Tetapi seiring dengan meningkatnya produksi pertanian timbul masalah baru, yaitu berlimpahnya limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara maksimal seperti kulit salak. Selama ini, kulit salak hanya menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit salak hanya menjadi limbah dan tidak dimanfaatkan¹.

Penelitian mengenai potensi kulit salak sudah banyak dilakukan tetapi pemanfaatannya secara langsung di lapangan masih terbatas pada beberapa hal seperti media tanam, bahan bakar langsung. Pemanfaatan kulit salak sebagai bahan bakar ternyata menimbulkan limbah baru, yaitu abu kulit salak. Oleh karena itu diperlukan penanganan yang tepat guna sehingga tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan akibat limbah abu kulit salak tersebut. Limbah abu kulit salak dapat diolah lebih lanjut sebagai sumber alternatif silikon dioksida (silika) karena komposisinya yang mencapai 50%. Silika yang dihasilkan dari kulit salak ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan silika mineral, yaitu silika kulit salak memiliki butiran halus, lebih reaktif, serta didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah. Pemisahan silika dari kulit salak dapat dilakukan dengan metode pengabuan. Silika asal kulit salak ini berfungsi sebagai *dessicant*, adsorben, media filter, dan komponen katalisator, serta berpotensi untuk menghasilkan silikon sebagai bahan dasar semikonduktor².

Bahan semikonduktor yang banyak digunakan dan mudah diperoleh saat ini ialah silikon. Namun, silikon sangat jarang ditemukan unsur bebasnya (silikon murni), hanya dalam bentuk senyawa silika (SiO_2), sehingga untuk menghasilkan silikon yang murni, maka diperlukan kemurnian silika yang tinggi pula. Silika merupakan salah satu padatan anorganik yang mempunyai situs aktif gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Adanya gugus $-\text{OH}$ pada situs aktif permukaan silika gel yang mempunyai kemampuan polarisabilitas rendah atau bersifat basa keras (hard), sehingga cenderung untuk berinteraksi dengan logam berat yang umumnya

mempunyai kemampuan polarisabilitas yang tinggi atau asam lunak secara teoritis relatif tidak begitu kuat. Oleh karena itu, modifikasi pada permukaan silika perlu dilakukan untuk uji adsorpsi terhadap Cr (VI)³.

Ion logam Cr (VI) merupakan salah satu limbah yang masuk dalam golongan limbah B3. Kromium bentuk oksida +2 dan +4 sangat tidak stabil dan mudah dioksidasi menjadi bentuk trivalen dan heksavalen. Cr (VI) lebih berbahaya dibandingkan Cr (III), karena merupakan agen pengoksidasi kuat dan mudah menembus membran, selain itu Cr (VI) juga bersifat karsinogenik bagi manusia. Selama ini telah banyak dilakukan upaya guna mengatasi pencemaran ion logam dalam lingkungan, yaitu dengan presipitasi, koagulasi, pertukaran ion, dan adsorpsi. Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah prosesnya relatif sederhana, efektifitas dan efesiansinya relatif tinggi, serta tidak memberikan efek samping berupa zat beracun. Silika banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi, namun penggunaannya sebagai adsorben memiliki kelemahan. Kemampuan atom oksigen pada gugus silanol sebagai gugus fungsional silika gel dalam mengikat ion logam berat yang umumnya memiliki ukuran besar seperti Cr (VI) relatif kecil⁴.

Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Saat ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis. Salah satu adsorben yang menjanjikan adalah limbah organik seperti limbah tanaman jagung, padi, pisang, dan lain-lain. Di antara beberapa limbah organik tersebut yang menarik adalah penggunaan kulit salak. Hal ini disebabkan sifat kulit salak yang rendah nilai gizinya, tahan terhadap pelapukan, memiliki kandungan abu yang tinggi, bersifat abrasif, menyerupai kandungan kayu, serta memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi. Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk mengambil logam berat yang terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik³.

Saat ini laporan mengenai silika dari abu kulit salak sebagai bahan semikonduktor dan adsorpsi Cr (VI) sangat sedikit. Maka dari itu, pada penelitian ini akan dikembangkan proses sintesis silika dari abu kulit salak sebagai bahan semikonduktor dan uji daya adsorpsi terhadap Cr (VI). Sintesis silika dari abu kulit salak yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan peralatan seperti XRD, TEM, DRS UV-Vis, FT-IR, dan SSA yang tujuannya untuk melihat struktur dan ukuran kristal, morfologi, sifat optis, interaksi atom dan gugus fungsi serta adsorpsinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa informasi mengenai kulit salak, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana proses pembuatan silika dari abu kulit salak sebagai bahan semikonduktor dan uji daya adsorpsi Cr (VI)?
2. Apakah abu kulit salak dapat dijadikan sebagai bahan semikonduktor dan uji daya adsorpsi Cr (VI)?
3. Bagaimana kemampuan abu kulit salak dalam penyerapan Cr (VI) serta kondisi optimumnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan antara lain :

1. Mengetahui proses pembuatan silika dari abu kulit salak.
2. Mempelajari silika dari abu kulit salak sebagai bahan semikonduktor
3. Menguji dan menganalisis kemampuan abu kulit salak dalam penyerapan Cr (VI) dalam ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ serta menentukan kondisi optimumnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat tentang penggunaan abu kulit salak (*Salacca Zalacca*) sebagai bahan semikonduktor dan uji daya adsorpsi terhadap Cr (VI) serta karakterisasinya yang bermanfaat sebagai solusi dari permasalahan lingkungan terutama perairan dan mengetahui kemampuannya sebagai daya adsorpsi terhadap Cr (VI).

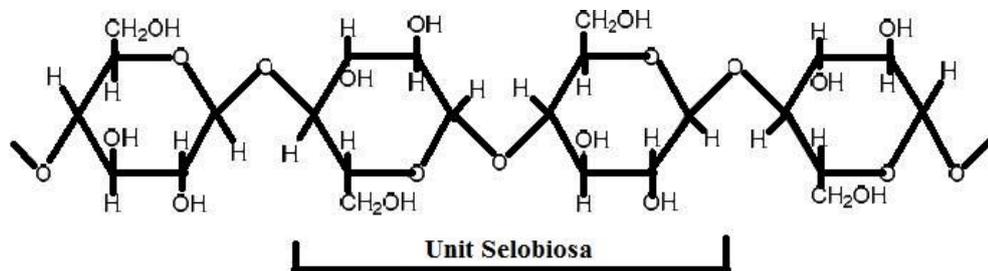
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan Salak (*Salacca zallaca*)

Salak (*Salacca zalacca*) merupakan tumbuhan yang tumbuh di hutan primer basah dan di rawa-rawa. Kulit salak memiliki tekstur yang bersisik gepeng. Selama ini salak dianggap sebagai buah yang hanya dapat dikonsumsi sebagai makanan. Masyarakat belum menyadari bahwa kulit salak yang bertekstur kasar, berwarna coklat dan bersisik dapat dimanfaatkan sebagai obat. Selama ini kulit buah salak hanya menjadi limbah dan tidak dimanfaatkan⁵.

Salak termasuk dalam angiospermae yaitu tumbuhan berbiji tertutup. Tumbuhan biji tertutup adalah tumbuhan yang memiliki struktur dinding sel yang kaku yang tersusun dari senyawa selulosa. Selulosa adalah komponen struktur utama pada dinding sel tumbuhan dan senyawa yang paling berlimpah. Selulosa merupakan senyawa penting yang tidak dapat larut dan dapat didegradasi oleh enzim menjadi beberapa unit glukosa dan biasanya dihidrolisis dengan menggunakan asam kuat. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan⁶.

Selulosa merupakan polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan⁶.



Gambar 2.1. Struktur Kimia Selulosa⁶

Salah satu jenis salak yang ada di Indonesia, yaitu salak Pasaman. Buah salak Pasaman dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Salak Pasaman

Tanaman salak dapat diklasifikasikan sebagai berikut⁶:

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Klas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Principes
Familia	: Palmae
Genus	: Salacca
Spesies	: Salacca zalacca (Gaert.) Voss.
Sinonim	: Salacca edulis Reinw.

Varietas salak dibedakan berdasarkan tekstur daging buah, warna kulit buah, besar buah, aroma dan rasa daging buah, serta habitus. Perbedaan ini tidak hanya terjadi pada tanaman salak dari sentra produksi yang berbeda, tetapi juga antar tanaman dalam satu daerah. Fenomena ini menyebabkan tanaman salak yang sudah dikelompokkan atas dasar sistem klasifikasi/taksonomi, masih menunjukkan keanekaragaman di antara anggota setiap populasi. Varietas baru dapat muncul karena faktor lingkungan dan variasi genetik, misalnya akibat penyerbukan silang. Perbedaan dan persamaan kemunculan morfologi luar spesies suatu tanaman dapat digunakan untuk mengetahui jauh dekatnya hubungan kekerabatan⁶.

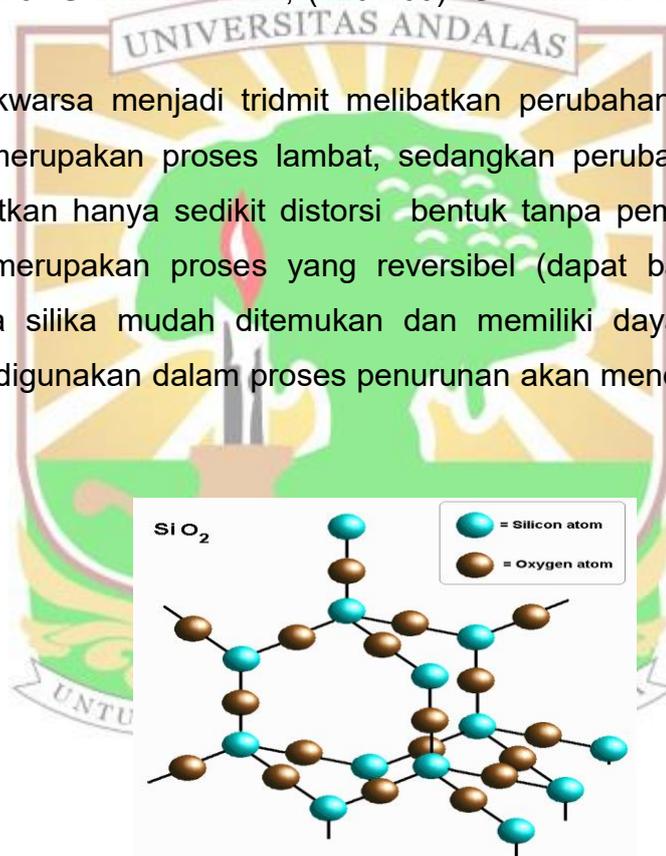
2.2 Silikon Dioksida

Silikon dioksida (silika, SiO₂) merupakan senyawa yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan banyak digunakan sebagai bahan baku industri elektronik. Silika dioksida murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa, dan kristobalit. Atom oksigen bersifat elektromagnetik dan kerapatan elektron pada atom silika sebagian

dipindahkan pada atom oksigen. Untuk memahami hal ini maka dapat dilihat melalui arah ikatan pada struktur silika⁷.

Silika merupakan senyawa antara silikon dengan oksigen. Ikatan antara silikon dan oksigen membentuk struktur tetrahedron, sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.1. Bentuk umum silika adalah *quartz* (kwarsa), yang terdapat pada sebagian besar batu-batuan sedimen alam dari batuan metaforik. Silika terdapat dalam tiga macam bentuk kristalin pada temperatur kamar antara lain : *quartz*-kwarsa (stabil hingga 870 °C), tridmit (stabil 870-1470) °C dan kristobalit (stabil 1470 - 1710) °C, ketiganya tidak dapat saling terbentuk. Setiap bentuk berada dalam modifikasi temperatur rendah (α) dan temperatur tinggi (β) dengan temperatur transisi kira-kira 573 °C untuk kwarsa, (120-160) °C untuk tridmit, dan (200-275) °C untuk kristobalit⁷.

Perubahan kwarsa menjadi tridmit melibatkan perubahan ikatan-ikatan, dan oleh karena itu merupakan proses lambat, sedangkan perubahan kwarsa α dan kwarsa β melibatkan hanya sedikit distorsi bentuk tanpa pemecahan ikatan dan konsekuensinya merupakan proses yang reversibel (dapat balik). Silika banyak digunakan karena silika mudah ditemukan dan memiliki daya serap yang baik sehingga apabila digunakan dalam proses penurunan akan mendapatkan hasil yang baik pula⁷.



Gambar 2.3 Struktur Tetrahedral Silika (SiO_2)⁸

Silika adalah salah satu bahan anorganik yang memiliki kelebihan sifat yaitu memiliki kestabilan tinggi terhadap pengaruh mekanik, temperatur, dan kondisi keasaman. Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatannya dan aplikasinya sangat luas mulai bidang elektronik, mekanik, medis, seni hingga bidang-bidang lainnya⁸.

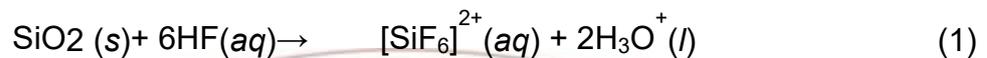
Senyawa silika mempunyai sifat-sifat sebagai berikut⁷:

a. Sifat fisik silika

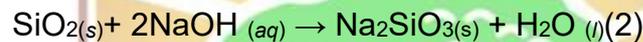
Silika memiliki beberapa sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya seperti, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, kestabilan mekanik dan termal tinggi, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya. Silika mampu digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus silanol (SiOH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) serta memiliki pori-pori yang luas dan luas permukaan yang khas⁹.

b. Sifat kimia silika

1. Silika bersifat stabil terhadap hidrogen kecuali fluorin dan juga inert terhadap semua asam kecuali HF, dengan HF bereaksi menurut persamaan reaksi⁷:



2. Basa pekat misalnya NaOH dalam kondisi panas secara perlahan dapat mengubah silika menjadi silikat yang larut dalam air. Reaksi⁷:



2.3 Semikonduktor

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki nilai resistivitas (ρ) antara bahan isolator dan konduktor. Sedangkan isolator adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik dengan baik atau bahan yang mempunyai nilai resistivitas elektrik yang tinggi¹⁰. Perbedaan nilai resistivitas bahan-bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Nilai resistivitas bahan semikonduktor, konduktor dan isolator¹⁰.

Sifat Bahan	Resistivitas, ρ ($\Omega \cdot m$)	Contoh Bahan
Isolator	$10^{10} - 10^{12}$	Plastik dan karet
Semikonduktor	$10^{-3} - 10^6$	Silikon dan germanium
Konduktor	10^{-8}	Logam

Bahan semikonduktor dapat digolongkan dalam 2 jenis, yaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik¹⁰.

1. Semikonduktor intrinsik
2. Semikonduktor ekstrinsik

Semikonduktor ekstrinsik dibagi menjadi 2 macam:

1. Apabila jumlah elektron dalam pita konduksi jauh lebih besar daripada

jumlah lubang dalam pita valensi, dalam hal ini elektron sebagai pembawa muatan mayor, maka semikonduktor ini disebut semikonduktor tipe-n.

2. Apabila jumlah elektron dalam pita konduksi lebih kecil daripada jumlah lubang dalam pita valensi, dalam hal ini hole sebagai pembawa muatan, maka semikonduktor ini disebut semikonduktor tipe-p¹⁰.

Perbedaan mendasar antara logam dan semikonduktor adalah untuk logam unipolar berarti menghantarkan arus hanya dengan muatan-muatan (elektron-elektron) yang mempunyai satu tanda saja, sedangkan semikonduktor adalah bipolar (mengandung pembawa-pembawa arus dengan muatan yang berlawanan). Dalam semikonduktor, satu pembawa negatif (elektron) mempunyai mobilitas μ_n dan yang lain positif (lubang) dengan mobilitas μ_p . Partikel-partikel ini bergerak dalam arah yang berlawanan dalam medan listrik ε , oleh karena itu rapat arus J memenuhi persamaan 3¹⁰:

$$J = (n\mu_n + p\mu_p)q\varepsilon = \sigma\varepsilon(3)$$

dengan : n = konsentrasi elektron bebas (muatan negatif)

p = konsentrasi lubang (muatan positif)

σ = konduktivitas

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben. Perpindahan massa yang terjadi melalui batas antara dua fasa yaitu: gas-padat, cair-padat. Proses yang terjadi selama adsorpsi yaitu perpindahan massa dari cairan ke permukaan butir, difusi dari permukaan butir ke dalam butir melalui pori, perpindahan massa dari cairan dalam pori ke dinding pori dan adsorpsi pada dinding pori. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, tergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik kearah dalam¹¹.

Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori pori yang halus

pada padatan tersebut. Disamping luas spesifik dan diameter pori, maka kerapatan unggun, distribusi ukuran partikel maupun kekerasannya merupakan data karakteristik yang penting dari suatu adsorban¹¹.

2.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu¹¹:

1. Proses pengadukan

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh pengadukan. Jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorben sukar menembus lapisan film antara permukaan adsorben dan film diffusion yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Dan jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan faktor pembatas dalam sistem *batch* dilakukan pengadukan yang tinggi¹¹.

2. Karakteristik adsorben

Adsorpsi dipengaruhi oleh dua sifat permukaan yaitu energi permukaan dan gaya tarik permukaan, oleh karena itu sifat fisik yaitu ukuran partikel dan luas permukaan merupakan sifat yang terpenting dari bahan yang akan digunakan sebagai adsorben¹¹.

3. Kelarutan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut¹¹.

2.6 Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu komponen alami pada bumi yang tidak dapat didegradasi atau dihancurkan. Pada konsentrasi kecil, logam berat dapat memasuki tubuh melalui makanan, minuman, dan udara. Dalam tubuh makhluk hidup logam berat termasuk trace mineral atau mineral yang jumlahnya sangat sedikit. *Trace element* beberapa logam berat penting untuk mengatur metabolisme dalam tubuh manusia, namun pada konsentrasi tinggi logam ini berbahaya dan beracun karena cenderung mengalami bioakumulasi. Toksisitas logam berat pada manusia

menyebabkan kerusakan jaringan, khususnya organ detoksifikasi dan ekskresi (hati dan ginjal). Beberapa logam berat bersifat karsinogenik, teratogenik, serta menyerang syaraf sehingga dapat menyebabkan kelainan tingkah laku¹².

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan¹³.

2.7 Kromium

Krom (Cr) di alam berada pada valensi 3 (Cr^{3+}) dan valensi 6 (Cr^{6+}). Cr^{6+} lebih toksik dibandingkan dengan Cr^{3+} , karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan. Melalui rantai makanan kromium dapat terdeposit pada bagian tubuh makhluk hidup yang pada suatu ukuran tertentu dapat menyebabkan racun. Apabila masuk ke dalam sel, dapat menyebabkan kerusakan struktur DNA hingga terjadi mutasi. Terakumulasinya krom dalam jumlah besar di tubuh manusia jelas-jelas mengganggu kesehatan karena krom memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga bersifat karsinogen (penyebab kanker), teratogen (menghambat pertumbuhan janin) dan mutagen. Dampak Kromium (Cr) yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis, Kromium (Cr) dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme. Akumulasi logam berat Kromium (Cr) dapat menyebabkan kerusakan terhadap organ respirasi dan dapat juga menyebabkan timbulnya kanker pada manusia¹⁴.

2.8 Penghilangan Senyawa Kromium Valensi 6

Krom banyak dijumpai di dalam air limbah industri pelapisan logam atau industri cat

dalam bentuk anion dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Sebelum diendapkan dikromat harus direduksi menjadi Cr^{3+} . Reduksi krom valensi 6 atau heksavalen dilakukan pada pH 3 dengan penambahan sodium bisulfit. Reduksi krom valensi 6 dapat juga dilakukan dengan penambahan ion ferro (fero sulfat). Krom dalam bentuk dikromat dengan konsentrasi rendah dapat direduksi pada pH 6. Pengendapan krom yang telah direduksi dapat dilakukan sebagai hidroksida pada pH 8 - 9, sebagai garam fosfat atau sulfida¹³.

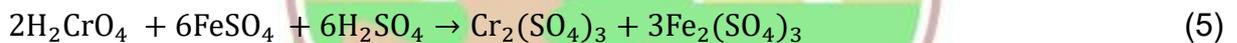
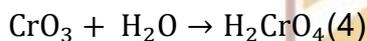
2.9 Pengolahan Senyawa Krom Valensi 6 (Cr^{6+})

Pengolahan khrom ini dapat dilakukan dengan tiga cara antara lain¹³ :

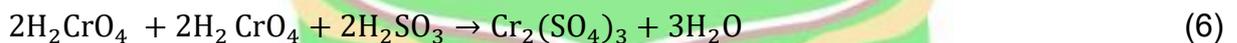
- a. Cara reduksi Cr^{6+} Menjadi Cr^{3+} yang Disusul dengan Pengendapan Cr^{3+} Sebagai Hidroksida¹³.

Seperti halnya proses-proses kimia lain, maka proses reduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor diantaranya adalah : waktu reaksi, pH, larutan konsentrasi Cr^{6+} dan banyaknya serta jenisnya bahan pereduksi yang dipakai. Makin tinggi konsentrasi Cr^{6+} dalam larutan proses reduksinya lebih lama daripada dengan konsentrasi rendah¹³.

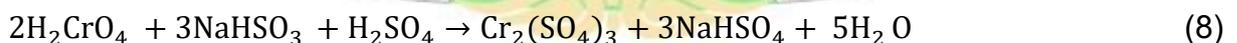
Reduksi dengan ferrosulfat¹³:



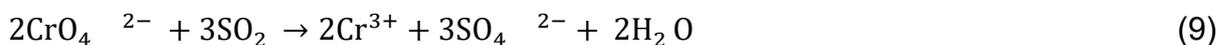
Reduksi dengan SO_3 ¹³ :



Reduksi dengan bisulfit¹³ :



Reduksi dengan gas sulfur dioksida (SO_2)¹³ :



- b. Cara Dengan Mengikat Cr^{6+} .

Dengan Resin Tertentu (*Ion Exchange*) Krom dapat dihilangkan dengan cara pertukaran ion baik menggunakan resin anion maupun resin kation. Krom sulit direduksi dalam bentuk metal karena mempunyai potensial oksidasi yang tinggi. Krom dalam bentuk kromat atau dikromat dapat dihilangkan dengan cara pertukaran ion dengan menggunakan resin anion, tetapi dengan konsentrasi yang besar dapat mengoksidasi resin sehingga umur resin menjadi pendek. Krom dengan valensi 2

atau 3 dapat dihilangkan secara efektif dengan menggunakan resin kation basa lemah (*weak base cation resin*) dalam bentuk sodium¹³.

c. Cara ketiga adalah pengambilan kembali Cr^{6+} dan Cr^{3+} dengan cara pengentalan¹³.

Di antara ketiga cara pengolahan khrom tersebut yang banyak dilakukan adalah yang cara pertama yaitu proses reduksi. Dalam praktek cara reduksi ini lebih lanjut dapat diuraikan sebagai berikut¹³:

1. Pertama pH larutan diturunkan terlebih dahulu sampai mendekati pH 3 dengan penambahan sulfat¹³.
2. Kemudian ditambahkan bahan kimia misalnya meta bisulfat/ hidrosulfat/ ferrosulfat, sebagai bahan produksi yang mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} .

Larutan Cr^{3+} tersebut diberi kapur untuk mengendapkan Cr^{3+} dalam bentuk $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Reaksi pada proses pengendapan dengan kapur adalah sebagai berikut¹³:



2.10 Pengolahan Senyawa Khrom Valensi 3(Cr^{3+})

Cara pemisahan khrom valensi tiga (Cr^{3+}) dilakukan antara lain¹³:

1. Proses pengendapan dengan kapur seperti telah diuraikan pada pengolahan metabisulfat, hidrosulfat atau ferrosulfat, sebagai bahan produksi yang mereduksi Cr^{6+} , atau dengan menggunakan soda kaustik atau NaOH ¹³.
2. Cara kedua adalah mengkonsentrasikan larutan kemudian diikat dengan resin dalam proses *ion exchange*¹³.

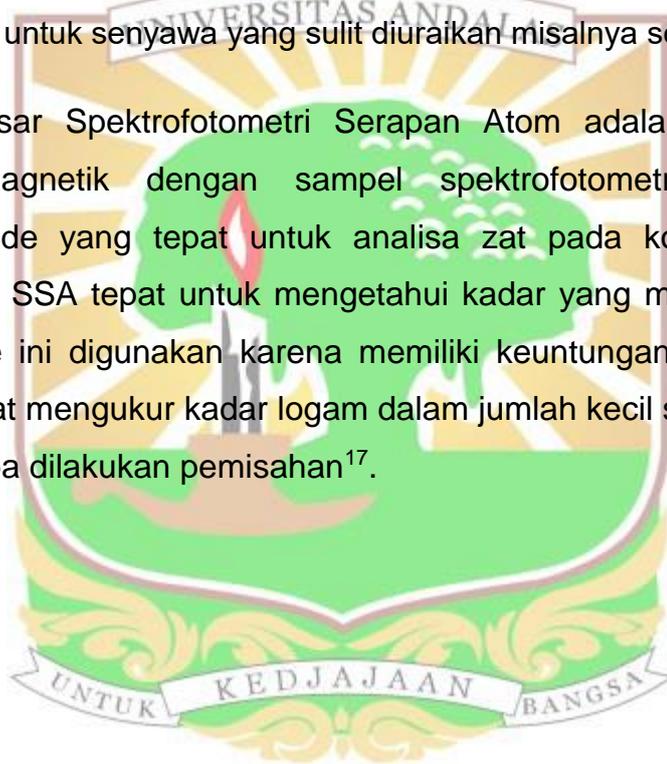
Di dalam cara pengendapan dengan kapur atau soda kostik atau soda api, pH paling efektif adalah antara 8 - 9. Endapan (lumpur) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, biasanya masih mengandung 95% air. Endapan ini dapat dipisahkan dengan pengeringan (*filter beds*) atau penyaringan (*filter aid*)¹³.

2.11 Spektrofotometri Serapan Atom

Spektroskopi serapan atom adalah suatu istilah yang digunakan jika radiasi diserap oleh atom – atom yang diukur. Sebuah atom memiliki beberapa tingkat energi. Pada kondisi normal, sebagian besar atom berada pada tingkat dasar (tidak tereksitasi). Untuk tingkat energi E_0 (tingkat dasar) dan E_j (tereksitasi), sebuah transisi dari $E_0 \rightarrow E_j$ menandakan terjadinya serapan radiasi. Cahaya dengan panjang gelombang yang tepat (energi) diserap oleh elektron tingkat dasar, sehingga berubah menjadi tereksitasi. Intensitas cahaya berkurang setelah melewati analit¹⁵.

Prinsip SSA adalah absorpsi energi sinar dengan panjang gelombang tertentu oleh atom-atom bebas hasil proses atomisasi. Oleh karena itu di dalam SSA harus dilakukan proses atomisasi. Proses atomisasi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan nyala (*flame*), tungku grafit (*graphite furnace*) dan dengan penguapan (*vapour generation*). Akan tetapi metode atomisasi yang akan dibahas di sini adalah hanya metode nyala. Atomisasi dengan nyala dilakukan dengan cara membakar analit (unsur yang akan dianalisis) menggunakan oksidator untuk mencapai suhu yang diinginkan sehingga analit akan teratomisasi. Oksidator yang sering digunakan adalah: campuran udara – propana yang dapat mencapai suhu nyala 1800°C, campuran udara-asetilen dapat mencapai suhu pembakaran hingga 2300°C, dan campuran N₂O-asetilen yang dapat mencapai suhu pembakaran 3000°C digunakan untuk senyawa yang sulit diuraikan misalnya senyawa Ca-fosfat¹⁶.

Prinsip dasar Spektrofotometri Serapan Atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang tepat untuk analisa zat pada konsentrasi rendah, sehingga metode SSA tepat untuk mengetahui kadar yang memiliki konsentrasi rendah¹⁷. Metode ini digunakan karena memiliki keuntungan dalam kecepatan analisis, dan dapat mengukur kadar logam dalam jumlah kecil serta spesifik untuk setiap logam tanpa dilakukan pemisahan¹⁷.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dari November 2018 – April 2019. Pengerjaan proses kalsinasi dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang (UNP), Pembuatan isolasi silika dari kulit salak dilakukan di Laboratorium Kimia Material, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pengukuran Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dilakukan di Laboratorium Dasar dan Sentral Universitas Andalas (UNAND), *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang (UNP), *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang (UNP). *X-Ray Fluorescence* (XRF) dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang (UNP). Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang (UNP). *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Gajah Mada (UGM).

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat gelas (Pirex), magnetik stirrer, pipet tetes, labu ukur, kertas saring, erlenmeyer, corong, kaca arloji, pipet takar, gelas ukur, botol semprot, cawan penguap, batang pengaduk, oven, aluminium foil, neraca analitik, *shaking incubation*.

Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi senyawa hasil sintesis adalah Spektrofotometer UV (Thermo Scientific, Genesys 10 UV-Vis), Spektrofotometer FT-IR (Perkin Elmer, Frontier), *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Uji Penentuan kadar Cr (VI) digunakan botol vial, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah kulit salak. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl 2M, HNO₃ 2M, Akuades. Bahan yang digunakan untuk uji penentuan kadar Cr (VI) adalah K₂Cr₂O₇, HNO₃ 2M, Akuades.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Sintesis silika pada abu kulit salak menggunakan HCl 2 M

Kulit salak dibersihkan dengan air yang mengalir, kemudian dikeringkan selama 1 minggu, kemudian dihaluskan sampai didapatkan serbuk kulit salak, kemudian dipanaskan selama 1 jam pada suhu 650°C dan 900°C hingga menjadi abu kulit salak. Kemudian abu kulit salak ditimbang masing-masing sejumlah 20 gram dan ditambahkan 50 mL HCl 2 M. Kemudian diaduk selama 6 jam dan disaring sambil dicuci dengan akuades hingga bersih dari HCl. Endapan silika yang diperoleh dikeringkan dalam oven, kemudian kadar silika di analisis (Lampiran 1).

3.3.2 Sintesis silika pada abu kulit salak menggunakan HNO₃ 2 M

Kulit salak dibersihkan dengan air yang mengalir, kemudian dikeringkan selama 1 minggu, kemudian dihaluskan sampai didapatkan serbuk kulit salak, kemudian dipanaskan selama 1 jam pada suhu 650°C dan 900°C hingga menjadi abu kulit salak. Kemudian abu kulit salak ditimbang masing-masing sejumlah 20 gram dan ditambahkan 50 mL HNO₃ 2 M. Kemudian diaduk selama 6 jam dan disaring sambil dicuci dengan akuades hingga bersih dari HNO₃. Endapan silika yang diperoleh dikeringkan dalam oven, kemudian kadar silika di analisis (Lampiran 2).

3.3.3 Pembuatan Larutan K₂Cr₂O₇

K₂Cr₂O₇ ditimbang sejumlah 0,25 gram lalu dilarutkan dalam 500 mL akuades dan didapatkan larutan induk K₂Cr₂O₇ 500 mg/L. Kemudian diencerkan menjadi 100 mg/L, 60 mg/L dan 20 mg/L (Lampiran 6).

3.3.4 Penentuan Variasi Massa Abu Kulit Salak Terhadap Cr (VI)

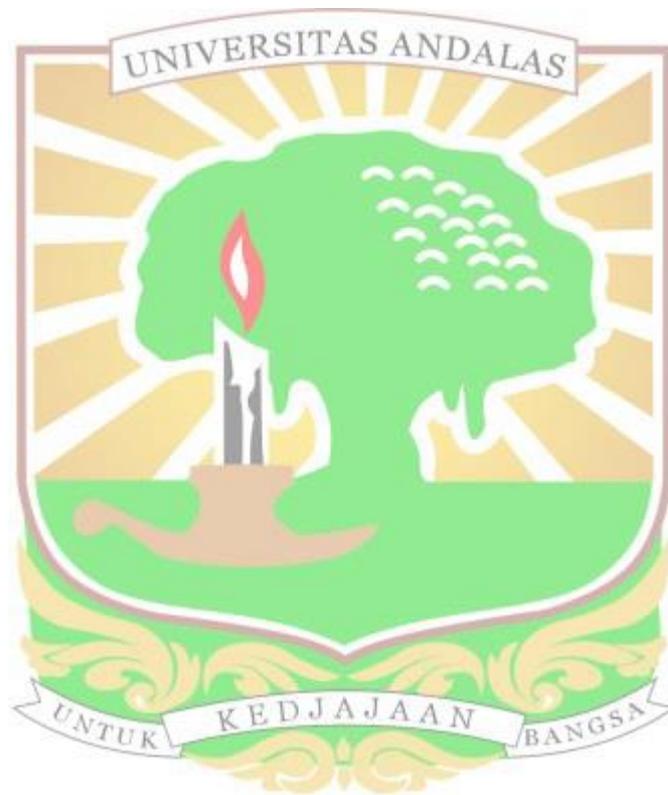
Abu kulit salak ditimbang sebesar 0.5 ; 1 dan 1.5 gram kedalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 mL larutan ion logam dengan konsentrasi 20 mg/L, lalu diaduk dengan *shaker incubation* dengan kecepatan 120 rpm selama 30 menit. Kemudian disaring dan ditepatkan 10 mL dengan akuades dan ditambahkan 1 tetes HNO₃ dan diukur dengan SSA (Lampiran 3).

3.3.5 Penentuan Variasi Konsentrasi Cr (VI)

Abu kulit salak ditimbang sebesar 0.5 kedalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 mL larutan ion logam dengan konsentrasi 20 mg/L, 60 mg/L, 100 mg/L, lalu diaduk dengan *shaker incubation* dengan kecepatan 120 rpm selama 30 menit. Kemudian disaring dan ditepatkan 10 mL dengan akuades dan ditambahkan 1 tetes HNO₃ dan diukur dengan SSA (Lampiran 3).

3.3.6 Karakterisasi Struktur Senyawa Hasil Sintesis

Sampel silika yang diperoleh dari kulit salak dianalisa menggunakan FTI-IR. Sifat kristal dari sampel dianalisa menggunakan XRD. Komposisi unsur suatu material dianalisa menggunakan XRF. Penentuan energi gap dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Morfologi, ukuran dan komposisi sampel dianalisa menggunakan TEM.



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Silika Dari Abu Kulit Salak

4.1.1 Proses Pengabuan Kulit Salak

Pada penelitian ini silika diperoleh dari pengabuan kulit salak. Pemisahan silika dari kulit salak dilakukan pada pengabuan kulit salak menggunakan *furnace* selama 1 jam. Pada proses pengabuan kulit salak menggunakan *furnace* dilakukan pada suhu 650°C dan 900°C selama 1 jam. Selama proses pemanasan pada suhu 650°C dan 900°C kulit salak berwarna abu-abu kehitaman dan berwarna abu-abu seperti terlihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Serbuk Abu Kulit Salak

Hal inilah yang menyebabkan kulit salak yang diperoleh tanpa perlakuan awal memberi warna yang lebih kusam dibandingkan kulit salak yang diperoleh dengan perlakuan awal. Dengan dilakukannya perlakuan awal dengan asam klorida dan asam nitrat, keberadaan ion-ion inorganik pengotor dapat dikurangi sehingga karbon lebih mudah teroksidasi membentuk abu yang berwarna lebih putih. Abu yang berwarna putih menunjukkan adanya kandungan silika yang tinggi¹⁸.

4.1.2 Proses Pencucian Abu Kulit Salak

Tahap kedua yaitu proses pencucian abu kulit salak menggunakan HCl 2 M dan HNO₃ 2 M. Selama proses pencucian abu kulit salak berwarna abu-abu putih seperti terlihat pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Serbuk Abu Kulit Salak

Perlakuan dengan asam HCl, dan HNO₃ terbukti efektif untuk menghilangkan mineral yang terdapat dalam abu kulit salak. Hal ini dapat disebabkan perlakuan dengan HNO₃ cenderung menghilangkan besi (Fe) namun tidak dapat menghilangkan semua logam yang terkandung dalam sekam padi. Berdasarkan hasil uji perlakuan dengan berbagai macam asam di atas, perlakuan dengan HCl terbukti paling efektif menghilangkan logam dalam kulit salak¹⁹.

4.2 Karakterisasi

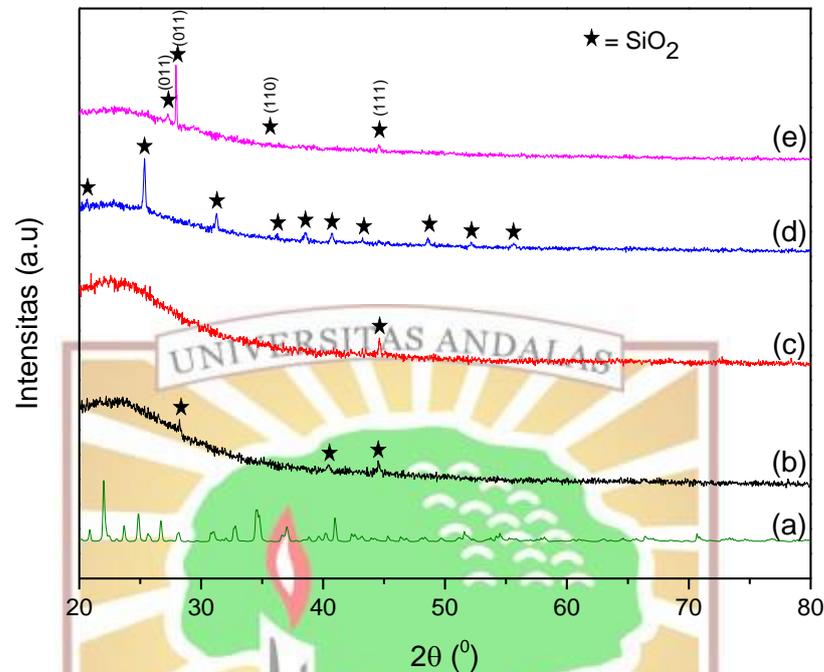
4.2.1 Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran kristal dalam silika abu kulit salak yang dihasilkan. Hasil XRD untuk temperatur kalsinasi 650°C dan 900°C dengan HNO₃ dan HCl dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dapat dilihat dari pola tersebut puncak-puncak nanopartikel SiO₂ yang muncul pada 2θ adalah 27.689° (011), 38.250° (110), 42.067° (111). Berdasarkan pola difraksi diperoleh informasi bahwa nanopartikel SiO₂ yang terbentuk memiliki struktur heksagonal yang sesuai dengan standar ICSD kode 89276 dengan ukuran kristal rata-rata untuk nanopartikel SiO₂ dengan perbandingan temperature kalsinasi dan pelarut yaitu HNO₃ 650°C, HCl 650°C dan HNO₃ 900°C, HCl 900°C berturut-turut adalah 29.32 nm, 27.30 nm, 27.56 nm, dan 34.99 nm (Lampiran 7).

Selanjutnya untuk nanopartikel SiO₂ yang disintesis menggunakan pelarut dan temperatur kalsinasi yaitu HCl 650°C gambar 4.3 didapatkan puncak pada sudut 2θ yaitu 28.264°, 40.466°, 44.561°. Berdasarkan pola difraksi diperoleh informasi bahwa nanopartikel SiO₂ yang terbentuk memiliki struktur heksagonal yang sesuai dengan standar ICSD kode 98629 dengan ukuran kristal rata-rata yaitu 27.30 nm. Pada nanopartikel SiO₂ yang disintesis menggunakan HNO₃ 650°C didapatkan puncak pada 44.561° yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel SiO₂. Berdasarkan pola difraksi diperoleh informasi bahwa nanopartikel SiO₂ yang terbentuk memiliki struktur heksagonal yang sesuai dengan standar ICSD kode 98629 dengan ukuran kristal rata-rata yaitu 29.32 nm.

Pada nanopartikel SiO₂ yang disintesis menggunakan HCl 900°C didapatkan puncak pada 20.625°, 29.008°, 31.243°, 38.561°, 40.725°, 43.206°, 44.679°, 48.603°, 52.706°, 55.706° yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel SiO₂. Pada nanopartikel SiO₂ yang disintesis menggunakan HNO₃ 900°C didapatkan puncak pada 27.271°, 27.953°, 29.524°, 38.656°, 44.568° yang mengindikasikan

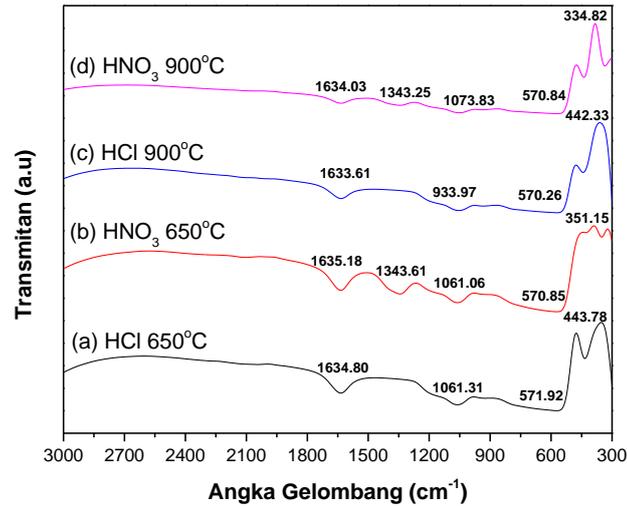
terbentuknya nanopartikel SiO_2 dengan struktur heksagonal yang sesuai dengan standar ICSD kode 98629 dengan ukuran kristal rata-rata yaitu 34.99 nm, dan 27.56 nm (Lampiran 7).



Gambar 4.3 Pola XRD (a) standar SiO_2 (b) HCl 650°C (c) HNO_3 650°C (d) HCl 900°C (e) HNO_3 900°C

4.2.2 Analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR)

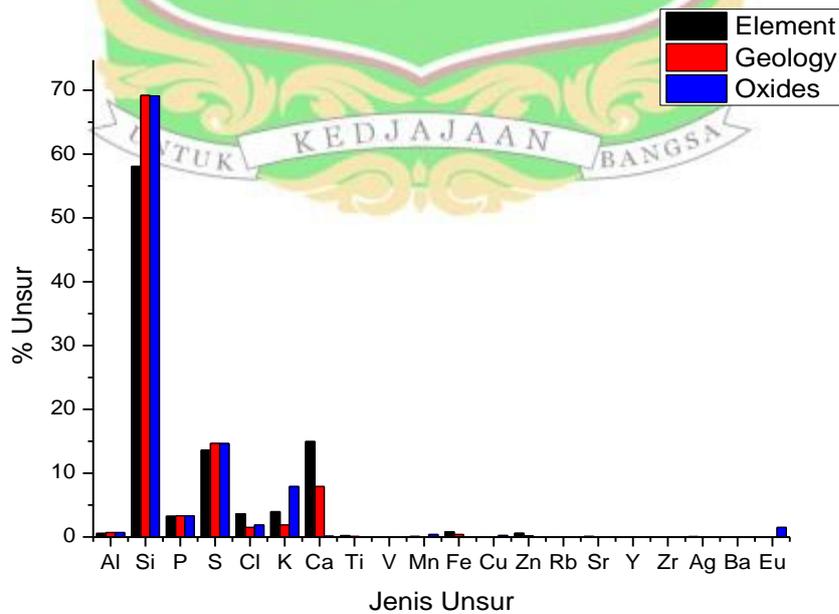
Analisis FT-IR pada nanopartikel silika yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi. Karakteristik spektrum SiO_2 menunjukkan pita vibrasi yang terlihat dalam rentang $800\text{-}600\text{ cm}^{-1}$. Pada puncak $334.82\text{-}443.78\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi tekuk (*bending vibration*) Si-O-Si pada gugus siloksan (Si-O-Si)²⁰. Dimana pada puncak $571.92, 570.85, 570.26, 570.84\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk (*bending vibration*) Si-O-Si sangat kuat dan dominan. Pada puncak $1073.83, 1061.31, 1061.06\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur (*stretching vibration*) pada ikatan Si-O-Si. Pada puncak 933.97 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur (*stretching vibration*) Si-O pada silanol ($\equiv\text{Si-OH}$). Pada puncak 1343.61 dan 1343.25 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk silanol ($\equiv\text{Si-OH}$). Ikatan OH terdapat pada bilangan gelombang $1634.80, 1635.18, 1633.61, 1634.03$ yang merupakan vibrasi tekuk (*bending vibration*) dari molekul air²¹ (Lampiran 11).



Gambar 4.4 Spektrum FTIR nanopartikel SiO₂

4.2.3 Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)

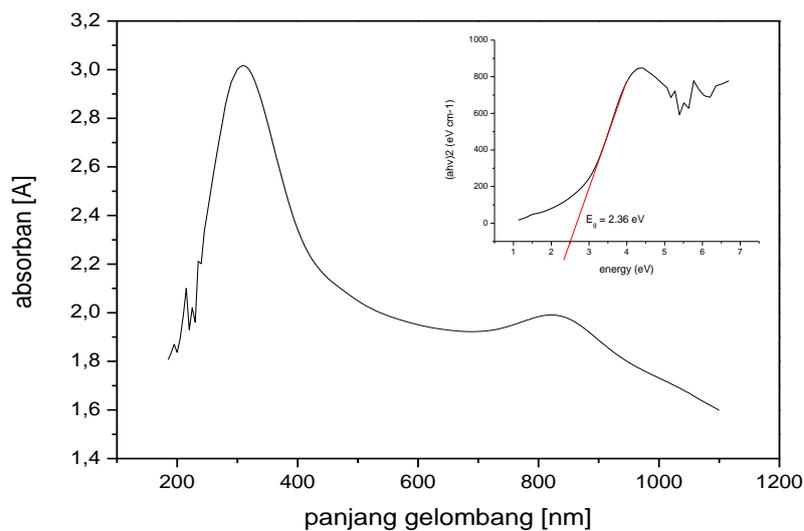
Analisis XRF dilakukan untuk mengetahui konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam sampel. Hasil XRF dari sampel kulit salak yang ditunjukkan oleh gambar 4.5. Terlihat dari gambar 4.5 tersebut bahwa kandungan unsur kimia tertinggi dari kulit salak adalah Si, kemudian diikuti oleh S dan Ca. Diperoleh bahwa kandungan oksida SiO₂ adalah 69,12% dari sampel kulit salak. Sedangkan kandungan unsur Si adalah 58.06% dan kandungan geologi SiO₂ adalah 69.19% (Lampiran 10).



Gambar 4.5 Grafik XRF nanopartikel SiO₂

4.2.4 Analisis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS) UV-Vis

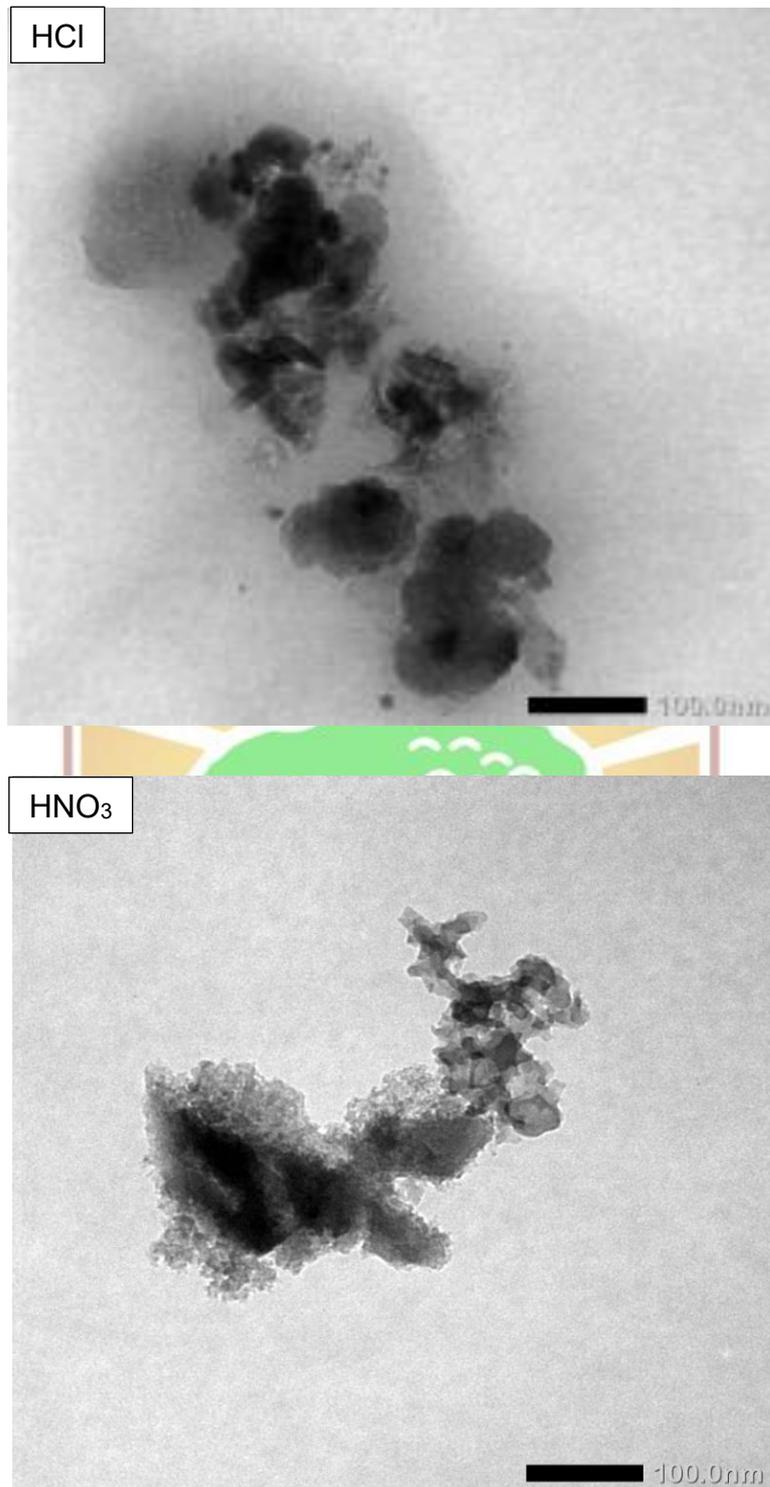
Sifat optik nanopartikel SiO_2 dapat dilihat melalui hasil karakterisasi dengan DRS UV-Vis. Celah pita semikonduktor menggunakan plot Tauc yang ditunjukkan oleh gambar 4.6 nanopartikel SiO_2 memiliki energi gap sebesar 2.36 eV. Nanopartikel ini menunjukkan kemampuan penyerapan foton yang baik pada ke dua daerah, yaitu sinar tampak dan sinar UV. Daerah penyerapan yang luas ini membuat nanopartikel SiO_2 memiliki prospek potensial dalam aplikasi sel surya²² (Lampiran 12).



Gambar 4.6 Spektrum DRS UV-Vis sampel SiO_2

4.2.5 Analisis dengan *Transmission Electron Microscopy* (TEM)

Analisis menggunakan TEM bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran kuantitatif suatu mikro dari suatu material. Pada sampel dengan temperatur kalsinasi 900°C dengan HCl dan HNO_3 terlihat bahwa morfologi dari silika tidak homogen (tidak seragam) dimana ukuran dibawah, dimana terdapat beberapa aglomerasi (gumpalan). Bentuk partikel dan gumpalan yang dihasilkan tidak beraturan. Sebagian besar dari partikel-partikel kecil tersebut membentuk partikel yang besar atau beraglomerasi dengan ukuran yang berbeda-beda. Pada mikrografi TEM dari silika menggunakan HCl 900°C yang mempunyai bentuk partikel lebih beraturan, terang, pipih dan mempunyai ukuran rata-rata partikel 12.54 nm sedangkan HNO_3 900°C mempunyai ukuran rata-rata partikel 23.69 nm, ukuran partikel ini diperoleh berdasarkan pengukuran menggunakan *ruler image*. Partikel-partikel ini membentuk gumpalan yang tidak beraturan dan bulat sehingga ketika diberikan transmisi elektron diberikan gambar yang dihasilkan menjadi gelap²³ (Lampiran 8).

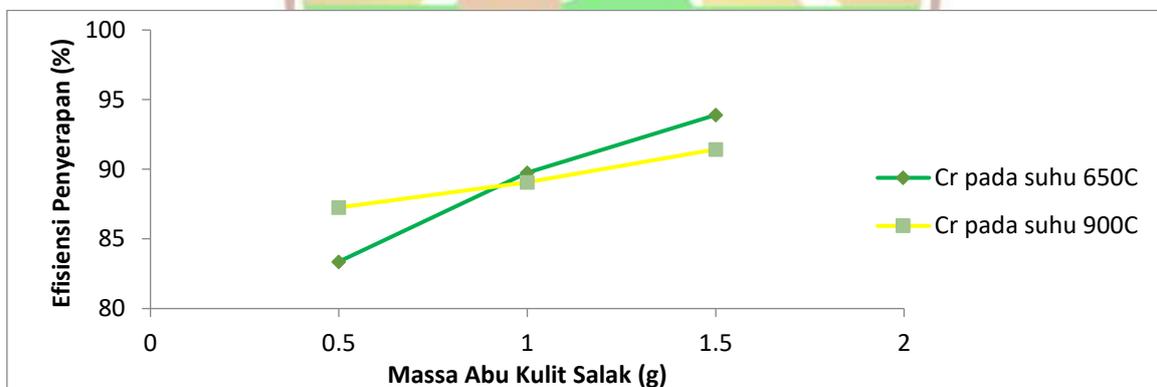


Gambar 4.7. TEM dari sampel kulit salak pada suhu 900°C

4.3 Uji Adsorpsi Abu Kulit Salak

4.3.1 Variasi Massa Abu Kulit Salak

Untuk melihat pengaruh variasi jumlah adsorben digunakan konsentrasi untuk masing-masing larutan ion logam sebesar 20 ppm. Adsorpsi dilakukan dalam sistem *batch* menggunakan *shaker* (pengguncang)²⁴. Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang, yaitu 26°C²⁴. Pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin sedikit²⁴. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion semakin cepat sehingga jumlah ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin berkurang²⁴. Penyerapan ion logam secara maksimum terjadi pada abu kulit salak 1.5 g dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam berat Cr pada suhu 650°C dan 900°C masing-masing sebesar 93.9% dan 91.43% (gambar 4.8)²⁴. Semakin besar massa abu kulit salak yang digunakan, maka efisiensi penyerapannya terhadap ion logam semakin besar²⁴. Bertambahnya berat abu kulit salak sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan abu kulit salak sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapan pun meningkat²⁴.



Gambar 4.8 Massa Abu Kulit Salak Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr pada suhu 650°C dan 900°C

Ketika massa abu kulit salak 1.5 gram maka efisiensi penyerapan meningkat, hal ini dikarenakan massa abu kulit salak yang semakin besar, sehingga semakin banyak ion logam Cr terserap oleh abu kulit salak. Namun pada kapasitas penyerapan ion logam Cr semakin berkurang, hal ini disebabkan oleh pengaruh variasi massa abu kulit salak yang semakin besar terhadap Cr(VI) (Lampiran 5).

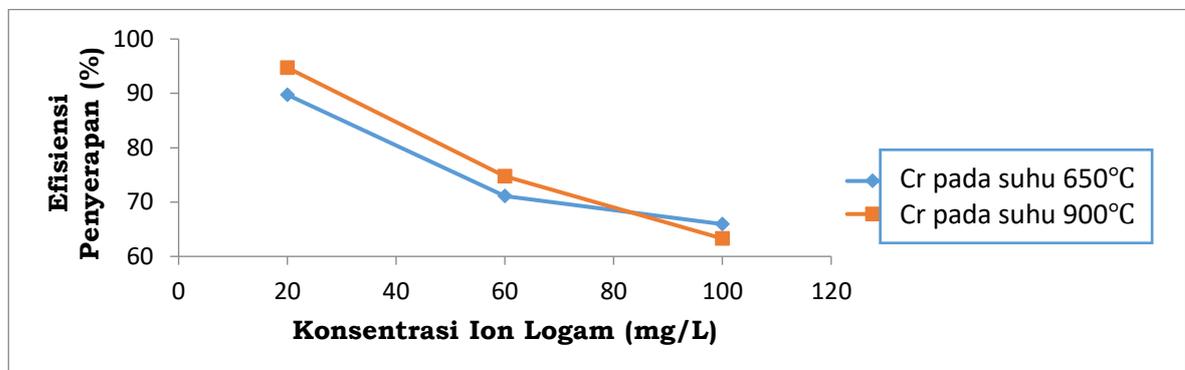
Pada saat massa abu kulit salak semakin besar maka juga akan terjadi peningkatan persentase efisiensi penyerapan namun terjadi penurunan kapasitas adsorpsi logam Cr(VI). Pada suhu 650°C dapat dilihat bahwa kapasitas penyerapan pada massa abu kulit salak 0.5 g, 1 g, 1.5 gram terhadap Cr (VI) adalah 0.3335, 0.1795, 0.1252 mg/g. Dan pada suhu 650°C dapat dilihat kapasitas penyerapan pada massa abu kulit salak 0.5 ; 1 ; 1.5 gram terhadap Cr(VI) adalah 0.3491 ; 0.1781 ; 0.1219 mg/g (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Kapasitas Penyerapan Ion Logam Pada Variasi Massa Abu Kulit Salak

Massa Abu Kulit Salak (g)	Kapasitas Penyerapan Abu Kulit Salak (mg/g)	
	Cr (650°C)	Cr(900°C)
0,5 g	0.3335	0.3491
1,0 g	0.1795	0.1781
1,5 g	0.1252	0.1219

4.3.2 Variasi Konsentrasi Larutan Ion Logam

Gambar 4.9 menunjukkan konsentrasi ion logam terhadap efisiensi penyerapan abu kulit salak. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kondisi optimum penyerapan dicapai pada konsentrasi 20 ppm, dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Cu suhu 650°C dan 900°C masing-masing sebesar 90% dan 94.71%. Dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, efisiensi penyerapan pun menjadi berkurang, dikarenakan kemampuan menyerap abu kulit salak terhadap ion logam berat Cr sudah maksimum. Dengan kata lain kapasitas serap maksimum abu kulit salak telah tercapai pada konsentrasi 20 ppm²⁴ (Lampiran 5).



Gambar 4.9 Konsentrasi Ion Logam Terhadap Penyerapan Abu Kulit Salak pada suhu 650°C dan 900°C

Penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah pertikel sekam padi yang tersedia sehingga permukaan abu kulit salak akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun. Kedua pendapat tersebut sesuai dengan teori Langmuir yang menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan adsorben, sehingga bila situs aktif pada permukaan dinding sel adsorben telah jenuh oleh ion logam, maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari adsorben tersebut. Oleh sebab itu, pada konsentrasi lebih dari 20 ppm, adsorpsi ion logam mengalami penurunan²⁴.

Tabel 4.2 Kapasitas Penyerapan Cr (VI) pada Variasi Konsentrasi Ion Logam

Konsentrasi Larutan Ion Logam(mg/L)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)	
	Cr (650°C)	Cr (900°C)
20	0,2637	0,2531
60	0,2843	0,2999
100	0,3589	0,3788

Pada table 4.2 dapat dilihat kapasitas penyerapan ion logam Cr pada suhu 650°C dan 900°C adalah 0.2637, 0.2843, 0.3589, 0.2531, 0.2999, 0.37888. Pada kapasitas penyerapan ion logam Cr didapatkan nilai kapasitas penyerapannya meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan ion logam.