

**PENURUNAN KADAR KALSIUM AIR SUMUR GALI
DI DESA BULUS KABUPATEN TULUNGAGUNG
DENGAN VARIASI KETEBALAN KARBON AKTIF
DAN WAKTU RETENSI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

SKRIPSI



SITI NURRIYATUL KHOLIFAH

1813206030

PROGRAM STUDI S1 FARMASI

STIKES KARYA PUTRA BANGSA

TULUNGAGUNG

2022

**PENURUNAN KADAR KALSIMUM AIR SUMUR GALI
DI DESA BULUS KABUPATEN TULUNGAGUNG
DENGAN VARIASI KETEBALAN KARBON AKTIF
DAN WAKTU RETENSI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Farmasi (S.Farm)
Program Studi S1 Farmasi
STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung



Oleh:

SITI NURRIYATUL KHOLIFAH

1813206030

**PROGRAM STUDI S1 FARMASI
STIKES KARYA PUTRA BANGSA**

TULUNGAGUNG

2022

**PENURUNAN KADAR KALSIMUM AIR SUMUR GALI
DI DESA BULUS KABUPATEN TULUNGAGUNG
DENGAN VARIASI KETEBALAN KARBON AKTIF
DAN WAKTU RETENSI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh:

SITI NURRIYATUL KHOLIFAH

1813206030

Telah disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



Afidatul Muadifah, S.Si., M.Si

Pembimbing Pendamping,



apt. Arif Santoso, M.Farm

**PENURUNAN KADAR KALSIUM AIR SUMUR GALI
DI DESA BULUS KABUPATEN TULUNGAGUNG
DENGAN VARIASI KETEBALAN KARBON AKTIF
DAN WAKTU RETENSI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

SKRIPSI

Oleh:

SITI NURRIYATUL KHOLIFAH

1813206030

Telah lolos uji etik penelitian dan dipertahankan di hadapan Panitia Penguji
Skripsi Program Studi SI Farmasi STIKes Karya Putra Bangsa

Tanggal: 03 Agustus 2022

Ketua Penguji : Afidatul Muadifah, S.Si., M.Si
Anggota Penguji : 1. apt. Arif Santoso, M.Farm
2. Rahma Diyan Martha, S.Si., M.Sc
3. Indra Lasmana Tarigan, M.Sc

Mengetahui,

Ketua STIKes Karya Putra Bangsa

apt. Arif Santoso, M.Farm

NIP: 16.8601.04

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka.

Tulungagung, 25 Juli 2022

Penulis,

Siti Nurriyatul Kholifah



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penurunan Kadar Kalsium Air Sumur Gali Di Desa Bulus Dengan Variasi Ketebalan Karbon Aktif Dan Waktu Retensi Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis” dengan baik meski masih banyak terdapat kekurangan di dalamnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Karya Putra Bangsa Tulungagung dengan tepat waktu.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, arahan, motivasi, serta doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Apt. Arif Santoso, M.Farm selaku Ketua STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung.
2. Ibu Apt. Dara Pranidya Tilarso, M.Farm selaku Kaprodi S1 Farmasi STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung.
3. Ibu Afidatul Muadifah, M.Si selaku pembimbing I yang telah sabar dan telaten dalam memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Apt. Arif Santoso, M.Farm selaku pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir sehingga lebih baik.
5. Ibu Rahma Diyan Martha, S.Si., M.Sc selaku penguji III dan Bapak Indra Lasmana Trigan, M.Sc selaku penguji IV yang telah memberi masukan dan arahan terhadap penyusunan naskah skripsi.
6. Ibu Rahma Diyan Martha, S.Si., M.Sc., Ibu Novintan Elistya. D. P., S.Tr, A.K., dan Bapak Apt. Ary Kristidjono, M.Farm yang telah memberikan pengarahan dalam proses penelitian.
7. Ibu dr. Denok Sri Utami, M.H selaku ketua STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung yang lama yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama menjalani pendidikan S1 Farmasi. Semoga beliau husnul khatimah.
8. Pihak perpustakaan STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung, Bu Tatik dan Pak Surya yang telah memberikan fasilitas penunjang dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Pihak laboratorium kimia dan bioteknologi STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung, Bu Retno dan Bu Pristy yang telah memberikan izin dalam menyelenggarakan penelitian untuk penyusunan skripsi ini.

10. Ibu Siti Aminah dan Bapak Suryaji selaku orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan kepada penulis dari berbagai hal, terima kasih atas doa dan perjuangan yang telah diberikan.
11. Hendriya Nurkholis selaku kakak penulis, yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
12. Teman-teman Departemen Kimia yang telah memberi *support* dan empatinya kepada penulis.
13. Teman-teman S1 Farmasi angkatan 2018 STIKes Karya Putra Bangsa Tulungagung yang telah memberikan banyak pelajaran selama 4 tahun kebersamaan, kalian *the best*. Semoga Allah memberikan keridhoan atas ilmu kami.
14. Santri-santri Pondok Pesantren Putri AL-Husna Sumbergempol, terima kasih banyak atas *support* dan dukungan kalian, terima kasih atas kesebaran dalam menemani penulis. Sukses selalu buat kalian dunia akhirat.
15. Seluruh teman dan saudara yang turut memberikan dukungan dan doanya.
16. Semua pihak yang telah membantu. Terima kasih.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.

Tulungagung, 25 Juli 2022

Penulis

Siti Nurriyatul Kholifah

HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbil'alamin....

Saya ucapkan rasa syukur atas terselesainya semua tahap pendidikan hingga diakhiri selesainya penulisan naskah skripsi ini hingga terlaksananya proses pengukuhan sebagai Sarjana Farmasi

Akan saya persembahkan Gelar Sarjana Farmasi saya untuk kedua orang tua
Ibu Siti Aminah dan Bapak Suryaji

Terima kasih atas seluruh do'a dan perjuangan panjenengan, Terima kasih atas kepercayaan panjenengan kepada saya untuk menyelesaikan pendidikan,
Terima kasih atas semua pengorbanan panjenengan

Tiada sesosok orang pun yang pantas menerima penghormatan
atas pencapaian ini kecuali panjenengan
Bapak-Mamak

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Kesadahan.....	7
2.2. Kalsium.....	11
2.3. Karbonisasi	12
2.4. Aktivasi.....	13

2.5.	Karbon Aktif	17
2.6.	Kakao	32
2.7.	Adsorpsi	23
2.8.	Waktu retensi	25
2.9.	Spektrofotometer UV-Vis	26
2.9.1.	Definisi Spektrofotometer UV-Vis.....	26
2.9.2.	Instrumen Spektrofotometer UV-Vis	27
2.9.3.	Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis	29
2.10.	Mureksid	30
2.10.1.	Definisi Mureksid	30
2.10.2.	Reaksi Kimia Senyawa Mureksid dengan Ca (Kalsium) ..	30
2.11.	Uji Statistik	31
2.12.	Hipotesis	35
BAB III METODE PENELITIAN.....		36
3.1.	Bahan dan Alat	36
3.1.1.	Bahan.....	36
3.1.2.	Alat	36
3.2.	Cara Penelitian.....	36
3.2.1.	Persiapan sampel dan media uji	36
3.2.2.	Karbonisasi kulit kako.....	37
3.2.3.	Aktivasi karbon kulit kakao	37
3.2.4.	Penyusunan media uji	37
3.2.5.	Proses adsorpsi	38
3.2.6.	Uji kadar kalsium	38

3.2.7.	Pembuatan larutan mureksid	38
3.2.8.	Pembuatan larutan baku kalsium dari $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	38
3.2.9.	Penetapan panjang gelombang maksimum	38
3.2.10.	Penetapan kurva baku.....	38
3.2.11.	Penetapan kadar kalsium dalam air sumur gali	39
3.3.	Kehadiran Peneliti.....	41
3.4.	Analisis Hasil	41
3.5.	Jadwal Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1.	Persiapan sampel dan media uji.....	43
4.2.	Karbonisasi kulit kakao	44
4.3.	Aktivasi karbon.....	45
4.4.	Penyusunan media uji	46
4.5.	Proses adsorpsi.....	47
4.6.	Uji kadar kalsium.....	47
4.6.1.	Penetapan panjang gelombang maksimum	47
4.6.2.	Penetapan kurva baku.....	48
4.6.3.	Penetapan kadar kalsium dalam air sumur gali	49
BAB V KESIMPULAN		54
5.1.	Kesimpulan	54
5.2.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55

DAFTAR TABEL

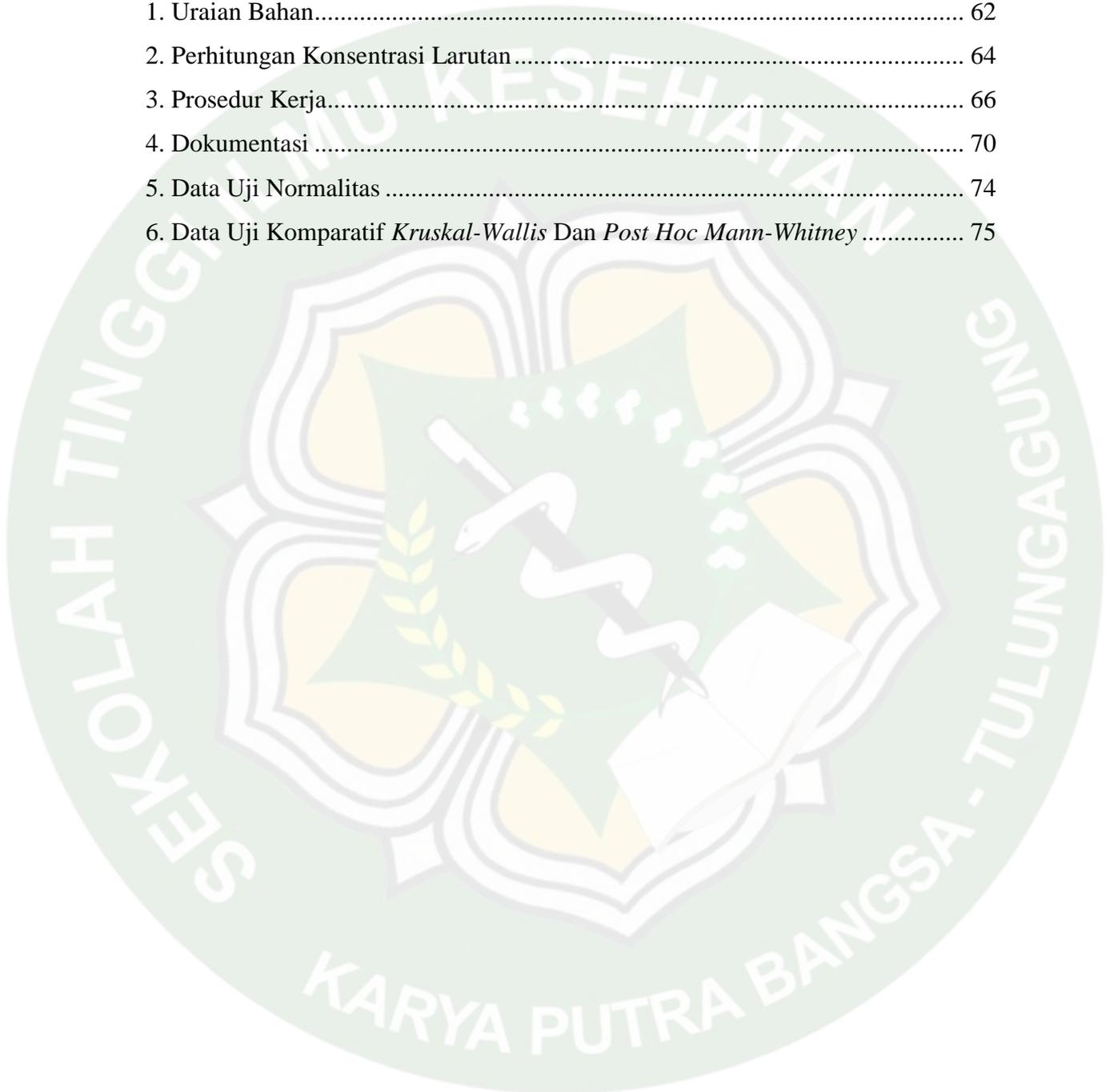
Tabel	Hal
2.1 Kandungan Bahan-Bahan Terlarut dalam Air Tanah.....	9
2.2 Bilangan Iod Karbon Aktif yang Diaktivasi Dengan Berbagai Aktivator	14
2.3 Luas Permukaan Karbon Aktif yang Diaktivasi Dengan Berbagai Aktivator.....	16
4.1 Absorbansi Kurva Baku	49
4.2 Absorbansi Sampel.....	50
4.3 Kadar Kalsium Dan Persentase Penurunan Kadar	51
4.4 Nilai Signifikansi Uji Statistik	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1 Penampang Melintang Tanah dan Posisi Air Tanah (Groundwater) didalam Tanah.....	8
2.2 (a.) Persamaan Reaksi Penghilangan Ca Dalam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Cara Pemanasan (B.) Persamaan Reaksi Penghilangan Mg Dalam $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Cara Pemanasan.....	10
2.3 (a.) Persamaan Reaksi Penghilangan Ca Dalam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Kapur Tohor (B.) Persamaan Reaksi Penghilangan Mg Dalam $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Kapur Tohor.....	10
2.4 Ilustrasi Skema Struktur Karbon Aktif	19
2.5 (a) Lapisan Atom Karbon Heksagonal Dan (b) Struktur Mikrokristalin Karbon	20
2.6 Proses Adsorpsi Pada Karbon Aktif: Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben	24
2.7 Daerah Panjang Gelombang Elektromagnetik.....	27
2.8 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i>	28
2.9 Spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i>	28
2.10 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis <i>double beam</i>	28
2.11 Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis	29
2.12 Struktur Kimia Mureksid	30
2.13 Reaksi Mureksid Dengan Kalsium.....	30
2.14 Uji Hipotesis Bivariat.....	32
2.15 Metode Sebaran Data	33
2.16 Panduan Interpretasi Hasil Uji Hipotesis Bila Nilai $P < 0,05$	34
3.1 Alur Penelitian	40
4.1 Media Adsorpsi	43
4.2 Proses (a) Dehidrasi Dan (b) Karbonisasi.....	45
4.3 Gelombang Larutan Baku Kalsium.....	48
4.4 Kurva Baku Ca.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1. Uraian Bahan.....	62
2. Perhitungan Konsentrasi Larutan.....	64
3. Prosedur Kerja.....	66
4. Dokumentasi	70
5. Data Uji Normalitas	74
6. Data Uji Komparatif <i>Kruskal-Wallis</i> Dan <i>Post Hoc Mann-Whitney</i>	75



DAFTAR PERSAMAAN

Reaksi sabun dengan kation penyebab kesadahan	6
Reaksi karbon dengan aktivator KOH	14



**PENURUNAN KADAR KALSIUM AIR SUMUR GALI
DI DESA BULUS KABUPATEN TULUNGAGUNG
DENGAN VARIASI KETEBALAN KARBON AKTIF
DAN WAKTU RETENSI MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

**Siti Nurriyatul Kholifah
Prodi S1 Farmasi**

INTISARI

Kadar kesadahan dengan tingkat yang tinggi dapat memicu meningkatnya kasus batu ginjal. Kadar kesadahan dapat diturunkan dengan menggunakan karbon aktif kulit kakao sebagai adsorben. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi yang optimal dalam menurunkan kadar kalsium air sumur gali dan untuk mengetahui persen penurunan kadar ion kalsium pada variasi optimal serta mengetahui signifikansi perbedaan penurunan kadar kalsium antar kelompok perlakuan. Metode penelitian menggunakan prinsip adsorpsi karbon aktif kulit kakao terhadap ion kalsium yang diaktivasi dengan KOH. Terdapat sepuluh sampel perlakuan dengan perbedaan variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi. Hasil penelitian diperoleh ketebalan karbon aktif 60 cm dengan waktu retensi 50 menit memiliki kemampuan yang optimal dalam menurunkan kadar kalsium air sumur gali. Persentase penurunan kadar kalsium mencapai 89,041 % dengan penurunan konsentrasi 234 ppm. Hasil uji statistik menunjukkan nilai signifikansi mencapai 0,05. Kesimpulan dari penelitian yaitu karbon aktif kulit kakao mampu menurunkan kadar kalsium hingga tingkat kesadahan air lunak dengan variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi memiliki pengaruh signifikan.

Kata kunci: kalsium, karbon aktif, kakao, waktu retensi, spektrofotometer UV-Vis

**DECREASE IN CALCIUM LEVELS IN DUG WELL WATER
IN BULUS VILLAGE TULUNGAGUNG REGENCY WITH
VARIATIONS IN ACTIVATED CARBON THICKNESS AND
RETENTION TIME USING SPECTROPHOTOMETER UV-VIS**

Siti Nurriyatul Kholifah
Study Program Of Bachelo Pharmacy

ABSTRACT

High levels of hardness can lead to increased cases of kidney stones. Hardness levels can be reduced by using activated carbon from cocoa rind as an adsorbent. The purpose of this research was to determine the variation of activated carbon thickness and optimum retention time in reducing the calcium content of dug well water, to determine the percent decrease in calcium ion levels at the optimum variation, and to determine the significance of the difference in the decrease in calcium levels between the treatment groups. The research method uses the principle of adsorption of activated carbon from cocoa shells to calcium ions, which are activated by KOH. There were ten treatment samples with different variations of activated carbon thickness and retention time. The results showed that the thickness of activated carbon of 60 cm with a retention time of 50 minutes had the optimum ability to reduce the calcium content of dug well water. The percentage decrease in calcium levels reached 89,041 % with a decrease in concentration of 234 ppm. The result of statistical test showed a significance value of 0,05. The conclusion of the the reseach is that activated carbon of cocoa shells can reduce calcium levels to the level of soft water hardness, with variations in activated carbon thickness and retention time having a significant effect.

Keywords: activated carbon, calcium, cocoa, retention time, spectrophotometer UV-Vis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peran penting dalam kehidupan. Kedudukan air dalam kelangsungan hidup makhluk hidup mencapai peringkat kedua setelah udara sehingga memberikan pengaruh yang besar bagi kehidupan (Fadhillah & Wahyuni, 2016). Oleh karena itu penting adanya parameter kualitas dalam setiap fungsi yang diberikan (Permenkes RI, 2010).

Peradaban yang semakin berkembang memberikan korelasi berbanding terbalik dengan kesempatan mendapatkan kualitas air yang baik (Fadhillah & Wahyuni, 2016). Hal itu disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi geologi, sifat akuifer, litologi, dan jenis tanah (Jahanshahi & Zare, 2016). Kualitas air tanah juga dapat dilihat dari nilai pH dan konduktivitas (Putranto *et al.*, 2017)

Menurut kondisi geologinya Indonesia merupakan wilayah pegunungan dengan mayoritas pegunungan kapur. Wilayah tersebut tersebar mulai dari Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Sumatra dan Irian Jaya. Khususnya di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur yang menjadi salah satu wilayah yang didominasi pegunungan kapur (Risty *et al.*, 2019). Menurut dari Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Tulungagung tahun 2007, wilayah Kabupaten Tulungagung bagian selatan seluas 40% merupakan daerah pegunungan kapur.

Kondisi geologi daerah dan aktivitas penduduk menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi perairan daerah dan kualitas air tanah (Yang *et al.*, 2012). Daerah dengan keberadaan gunung kapur dimungkinkan menjadikan sumber air tanah mengandung unsur kalsium yang tinggi, sehingga air cenderung memiliki kadar kesadahan yang tinggi pula (Rohma & Sutedjo, 2018). Dampak yang ditimbulkan akibat mengonsumsi air dengan kadar kalsium yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung, batu ginjal, dan *hyperparatiroidisme* (Nurullita *et al.*, 2010). Badan Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 2011 menetapkan standar baku mutu air layak minum pada skala

internasional (Herschy, 2012). Peraturan menteri kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 juga memberikan standar baku mutu air minum pada skala nasional. Kadar kesadahan maksimum yang diperbolehkan dalam air minum adalah 500 mg/L (Permenkes RI, 2010).

Sementara itu, wilayah Kabupaten Tulungagung Jawa Timur yang menjadi salah satu sentra kerajinan batu marmer, serta banyaknya masyarakat yang menggunakan sumur gali sebagai sumber persediaan air bersih salah satunya sebagai air minum (Fadhillah & Wahyuni, 2016) dihadapkan pada permasalahan kualitas air tanah yang cenderung mengalami kesadahan. Hal itu dipengaruhi oleh adanya kandungan kalsium yang berlebih (Alaya *et al.*, 2014). Kondisi fisik air dengan kandungan kalsium yang tinggi tidak menunjukkan perubahan warna ataupun bau yang berbeda nyata, namun ditunjukkan ketika dilakukan perebusan dan penggunaan sabun cuci akan menimbulkan endapan putih susu (Musiam *et al.*, 2015). Sifat kesadahan air di Kabupaten Tulungagung termasuk kesadahan tetap, hal tersebut dibuktikan adanya endapan putih pada air hasil rebusan, artinya kesadahan yang terjadi tidak dapat diturunkan hanya dengan perebusan (Kholifah, S.N., Uji Pendahuluan, Oktober 2021). Padahal air minum yang memenuhi standar mutu salah satunya tidak mengandung bahan kimia yang mengubah fungsi tubuh, tidak membahayakan kesehatan, serta tidak meninggalkan endapan (Fadhillah & Wahyuni, 2016). Menurut penelitian Jain *et al.* (2010) konsentrasi kesadahan yang lebih tinggi dari 300 mg/L dapat memicu masalah kesehatan, misalnya pembentukan batu ginjal.

Tingginya tingkat kesadahan pada air menjadi salah satu faktor pencetus meningkatnya kasus kardiovaskular. Hal tersebut dilihat dengan adanya data pasien dengan penyakit hipertensi pada tahun 2016 di Kabupaten Tulungagung menduduki peringkat keempat dari data sepuluh penyakit terbanyak dengan total kasus mencapai 21.214 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tulungagung, 2016). Tingginya data kasus tersebut dapat dimungkinkan karena adanya salah satu faktor pendukung yang mampu meningkatkan jumlah penderita kardiovaskular yaitu kadar kesadahan air. Data lain yang dapat mendukung tingginya kasus tersebut yaitu dari hasil pengukuran kadar TDS (*Total Dissolved Solid*) air

menggunakan TDS meter di salah satu rumah yang berada di Desa Bulus memiliki kadar 491 mg/L (Kholifah, S.N., Uji Pendahuluan, 6 Desember 2021). Hasil pengujian kadar kesadahan total sampel mencapai kadar 370 mg/L (Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Tulungagung, Uji Pendahuluan, 13 Desember 2021). Sedangkan hasil pengukuran kadar kalsium pada air tersebut kadarnya mencapai 1,72 mg/L (Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Tulungagung, Uji Pendahuluan, 8 Desember 2021).

Tingginya kadar kesadahan air mampu meningkatkan kasus kardiovaskular. Selama ini dikalangan masyarakat khususnya wilayah pedesaan menerapkan cara perebusan dengan waktu yang lebih lama untuk menurunkan kandungan kalsium. Hal itu dikarenakan dengan perebusan dengan waktu yang lebih lama atau terlewat mendidih akan timbul endapan putih yang tidak larut (Yazid and Afda'u, 2016). Selain itu juga menggunakan teknik pemanasan menggunakan periuk tanah. Hal tersebut dilakukan karena wadah periuk tanah mengandung pasir silika yang merupakan senyawa zeolit yang memiliki rongga untuk menyerap kadar kapur (Maran and Pare, 2019).

Untuk meningkatkan kemampuan penyerapan kadar kalsium maka diperlukan suatu metode yang berfungsi sebagai media untuk menurunkan kadar kesadahan. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah filtrasi dan adsorpsi yang merupakan proses penyaringan dan penyerapan. Terdapat beberapa agen yang berfungsi sebagai pengadsorpsi (adsorben) salah satunya yaitu arang. Arang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan proses pemanasan menggunakan suhu yang tinggi. Beberapa penelitian karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben misalnya memanfaatkan karbon aktif cangkang kelapa sawit sebagai media filtrasi terhadap karakter fisik air meliputi kekeruhan, bau, pH, dan rasa (Fadhillah and Wahyuni, 2016), pemanfaatan tempurung kelapa sawit dan tongkol jagung sebagai penyerap logam berat pada limbah batik (Sukarta, 2014), adsorpsi logam timbal (Pb) dari larutannya menggunakan tongkol jagung (Ningsih, 2016), pemanfaatan adsorben dari kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk menurunkan *chemical oxygen demand* pada *palm oil mill effluent* (Pandia, 2017), kajian daya serap arang tempurung kemiri (*Aleorotes moluccana*)

terhadap ion Besi (III) dan ion Timbal (II) (Yuniar, 2015), efektifitas karbon aktif cangkang buah kluwek (*Pangium edule*) dan cangkang biji kopi (*Coffea Arabica* L.) terhadap daya serap gas CO dan partikel Pb dari emisi kendaraan bermotor (Nurhayati, 2020), pemanfaatan arang aktif kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai penyerap logam timbal dalam oli bekas (Ferawanda, 2021), pemanfaatan kulit buah kakao sebagai media adsorpsi logam besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur (Nurfahma *et al.*, 2021), dan efektifitas penggunaan arang limbah kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk menurunkan kesadahan, salinitas dan senyawa organik air (Juwita *et al.*, 2018).

Berdasarkan permasalahan kesadahan yang dihadapi serta adanya sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan, wilayah Jawa Timur memiliki potensi untuk mengolah limbah kulit kakao. Menurut penelitian Pratiwi *et al.* (2010) luas perkebunan tanaman kakao di Indonesia mencapai 1.732.641 Ha dengan hasil produksi biji kakao mencapai 712.231 ton setiap tahun (Pratiwi *et al.*, 2010). Sedangkan di Provinsi Jawa Timur produksi kakao pada tahun 2017 mencapai 33.654 ton dan meningkat pada tahun 2018 menjadi 34.119 ton, khususnya di Kabupaten Tulungagung pada tahun 2017 produksi kakao 1.125 ton dan meningkat pada tahun 2018 menjadi 1.250 ton (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2019). Dengan luasnya lahan kebun kakao menjadikan besarnya limbah kulit kakao yang dihasilkan yaitu sekitar 75%. Disisi lain, kulit buah kakao mengandung beberapa senyawa organik yang memiliki manfaat besar diantaranya selulosa 23-54%, protein kasar 5,69-9,69%, pektin 5,30-7,08%, serat kasar 33,19-39,45% (Hasanah *et al.*, 2019). Menurut Chen (2014), selulosa mengandung karbon 44,44%, hidrogen 6,17% dan oksigen 49,39%. Dari kandungan senyawa tersebut menjadikan kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai bahan arang aktif yang memiliki pori-pori dan permukaan yang luas sehingga memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi (Masitoh and Sianita, 2013). Menurut penelitian Fadhillah dan Wahyuni (2016) luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/g sehingga memiliki kemampuan sebagai adsorben yang baik.

Dilihat kemampuan karbon aktif kulit kakao dalam mengikat ion logam maka dilakukan percobaan dengan memanfaatkan karbon aktif kulit kakao sebagai

agen pengikat ion kalsium. Spesifikasi kemampuan pengikatan ion kalsium pada air sadah diharapkan mampu menurunkan kadar kesadahan air. Penerapan metode ini sangat penting untuk dilakukan karena mampu memperbaiki kualitas air yang nantinya juga memperbaiki kualitas kesehatan masyarakat secara luas. Dengan kemampuan karbon aktif limbah kulit kakao dalam mengikat ion kalsium maka akan menurunkan kesadahan hingga tingkat air lunak sehingga mampu meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Selain itu dengan dilaksanakannya penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat mengenai metode yang paling efektif dalam menurunkan kadar kalsium secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Berapa variasi ketebalan karbon aktif yang optimum dalam menurunkan kadar ion kalsium air sumur gali berdasarkan waktu retensi?
- 1.2.2 Berapa persentase penurunan kadar ion kalsium air sumur gali pada variasi ketebalan dan waktu retensi yang optimum dan bagaimana signifikansi perbedaan penurunannya?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui variasi ketebalan karbon aktif yang optimum dalam menurunkan kadar ion kalsium air sumur gali berdasarkan waktu retensi.
- 1.3.2 Mengetahui persentase penurunan kadar ion kalsium air sumur gali pada variasi ketebalan dan waktu retensi yang optimum serta mengetahui nilai signifikansi perbedaan penurunannya.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru kepada masyarakat mengenai metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar kalsium pada air sumur gali sehingga dapat memperbaiki kualitas

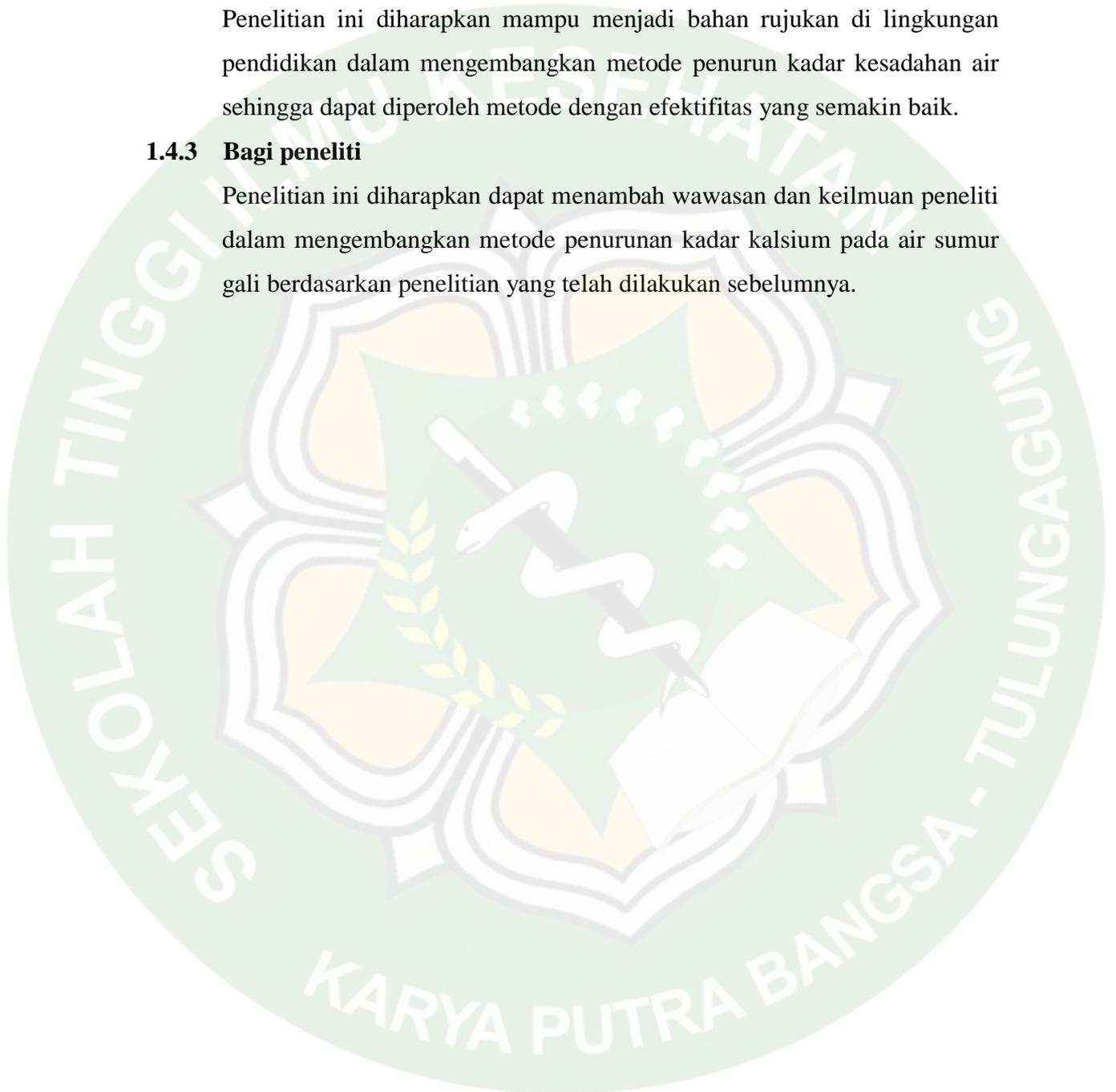
hidup masyarakat serta mencegah timbulnya dampak negatif dari mengonsumsi air dengan kadar kalsium yang terlalu tinggi.

1.4.2 Bagi instansi pendidikan

Penelitian ini diharapkan mampu menjadi bahan rujukan di lingkungan pendidikan dalam mengembangkan metode penurunan kadar kesadahan air sehingga dapat diperoleh metode dengan efektifitas yang semakin baik.

1.4.3 Bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan keilmuan peneliti dalam mengembangkan metode penurunan kadar kalsium pada air sumur gali berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.



Tingkat kesadahan di setiap tempat menunjukkan kadar yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh letak sumber air. Pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, dikarenakan terjadinya kontak antara air tanah dengan batuan kapur yang terdapat pada lapisan tanah (Said, 2008). Menurut Sutrisna *et al.* (2006) air sadah banyak ditemukan pada daerah yang memiliki lapisan tanah atas tebal dan terdapat pembentukan batu kapur.

Air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah . Yang termasuk sumber air tanah diantaranya sumur bor, sumur gali dan sumur pantek (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Untuk mempermudah penggambaran letak air tanah, akan diilustrasikan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Penampang Melintang Tanah dan Posisi Air Tanah (Groundwater) didalam Tanah (Miller, 1992) dalam Effensi, 2003)

Proses masuknya air permukaan kedalam tanah akan mengalami kontak dengan berbagai mineral dan akan terjadi proses pelarutan mineral tersebut, sehingga kualitas air akan berubah karena telah terjadi suatu reaksi fisika. Perubahan lain yang terjadi berupa penurunan kadar oksigen dalam air yang digantikan oleh karbondioksida, selain itu mungkin terjadinya perubahan warna dan sifat air karena larutnya mineral secara berlebih (Effendi, 2003). Beberapa mineral yang terkandung dalam air tanah akan ditunjukkan dalam Tabel 2.1

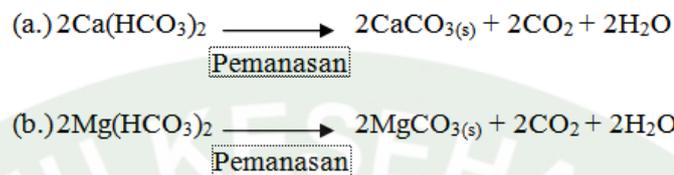
Tabel 2. 1 Kandungan Bahan-Bahan Terlarut dalam Air Tanah (Effendi, 2003)

Ion Utama atau <i>Major Constituents</i> (1,0-1.000 mg/liter)	Ion Sekunder atau <i>Secondary Constituents</i> (0,01-10,0 mg/liter)	Ion Minor atau <i>Minor Constituents</i> (0,0001-0,1 mg/liter)	
Sodium (Natrium)	Besi	Arsen	<i>Lead</i> /Timbal
Kalsium	Aluminium	Barium	Litium
Magnesium	Kalium	Bromida	Mangan
Bikarbonat	Karbonat	Kadmium	Nikel
Sulfat	Nitrat	Kromium	Fosfat
Klorida	Fluorida	Kobalt	Strontium
Silika	Boron	<i>Copper</i>	Uranium
	Selenium	Iodida	<i>Zinc</i>

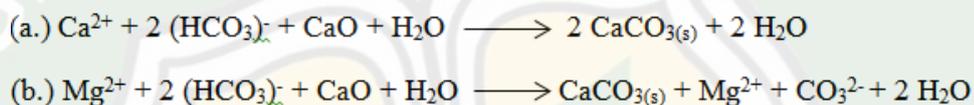
Penelitian Sutrisno (2007) dalam Musiam *et al.* (2015) mengklasifikasikan kesadahan air menurut kadarnya menjadi empat macam yaitu, air lunak dengan tingkat kesadahan <50 mg/L, air menengah dengan kadar kesadahan 50-150 mg/L, air sadah dengan kadar 150-300 mg/L, dan air sangat sadah dengan kadar >300 mg/L (Sutrisno, 2007). Peraturan menteri kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 memberikan standar baku mutu air minum pada skala nasional. Kadar kesadahan maksimum yang diperbolehkan dalam air minum adalah 500 mg/L (Permenkes RI, 2010). Menurut Joko (2010) kadar kesadahan di atas 300 mg/L dan dikonsumsi secara terus menerus akan merusak ginjal. Air minum yang dikonsumsi sebaiknya memiliki kadar kesadahan menengah yaitu 50-150 mg/L. Hal tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan kalsium dan magnesium harian (Musiam *et al.*, 2015).

Kesadahan air dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara disebabkan oleh garam karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) dari kalsium dan magnesium, jenis kesadahan tersebut dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau dengan pembubuhan kapur tohor. Proses pemanasan pada air yang mengandung garam karbonat dan garam bikarbonat akan terbentuk senyawa CaCO_3 dan MgCO_3 yang memiliki sifat kelarutan rendah pada air sehingga dapat diendapkan. Proses penghilangan kesadahan sementara menggunakan cara pemanasan akan

ditunjukkan dalam Gambar 2.2 sedangkan penurunan kesadahan dengan kapur tohor akan ditunjukkan dalam Gambar 2.3



Gambar 2. 2 (a.) Persamaan Reaksi Penghilangan Ca Dalam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Cara Pemanasan (B.) Persamaan Reaksi Penghilangan Mg Dalam $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Cara Pemanasan



Gambar 2. 3 (a.) Persamaan Reaksi Penghilangan Ca Dalam $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Kapur Tohor (B.) Persamaan Reaksi Penghilangan Mg Dalam $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ Menggunakan Kapur Tohor

Sedangkan kesadahan tetap disebabkan oleh garam klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{2-}) dari kalsium dan magnesium (Said, 2008). Proses pemanasan untuk menghilangkan kesadahan dapat membentuk senyawa garam yang tidak larut dan mengendap (Aidha, 2013). Senyawa garam yang terbentuk dapat mempengaruhi kadar garam kalsium dalam urin sehingga dapat menyebabkan penyakit batu saluran kemih (Izhar *et al.*, 2007). Dampak lain yang dapat ditimbulkan untuk kesehatan apabila kadar kesadahan melebihi ambang batas adalah terjadinya penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular deseasae*), batu ginjal, *hyperparatiroidisme* (Nurullita *et al.*, 2010), dan jaringan otot rusak (*musculusweaknes*) (Krisna, 2011). Selain itu tingkat kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi syaraf otot dan otot jantung yang ditandai dengan lemahnya refleksi dan berkurangnya rasa sakit pada otot yang rusak (Krisna, 2011).

Mengonsumsi air dengan kadar kesadahan yang tinggi dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan gangguan ginjal akibat terakumulasinya endapan CaCO_3 dan MgCO_3 (Krisna, 2011). Hasil perhitungan OR (*Odd Ratio*) menunjukkan bahwa responden yang menggunakan air dengan kadar kesadahan yang tidak memenuhi syarat memiliki risiko terkena batu ginjal dan saluran kemih

sebesar 5,916 kali lebih besar daripada responden yang menggunakan air dengan kadar kesadahan yang memenuhi syarat (Supriyadi, 2011; Bartoletti, 2007). Air dengan kandungan Ca^{2+} , Mg^{2+} dan CaCO_3 yang melebihi ambang batas akan meningkatkan risiko batu ginjal pada orang yang mempunyai penurunan fungsi ginjal (Pramanik *et al.*, 2008; Shah *et al.*, 2010) serta akan cenderung terjadi pembentukan batu saluran kencing (Krisna, 2011).

2.2 Kalsium

Kalsium adalah mineral penting yang paling banyak dibutuhkan oleh manusia. Kalsium dalam tubuh terdapat sekitar 99% berada di dalam jaringan keras yaitu tulang dan gigi dalam bentuk kristal *hydroxyapatite* (Shoback and Sellmeyer, 2006). Sedangkan 1% sisanya dalam bentuk ion pada cairan intraseluler dan ekstraseluler yang terikat dengan protein dengan membentuk kompleks dengan ion organik seperti sitrat, fosfat, dan bikarbonat (Charoenphandhu, 2007) yang berperan untuk fungsi sel, transmisi saraf, kontraksi otot, penggumpalan darah, menjaga permeabilitas membran sel, mengatur fungsi hormon sebagai pertumbuhan (Hanifah, 2019). Kalsium tulang berada dalam keadaan seimbang dengan kalsium plasma pada konsentrasi $< 2,25\text{--}2,60$ mmol/L (9-10,4 mg/100 ml) (Rahmadani, 2011) sedangkan konsentrasi ion kalsium bebas berikisar antara 1,25-1,3 mmol (Muliani, 2012).

Peran dan fungsi kalsium dalam tubuh sangat penting diantaranya, pembentukan tulang dan gigi, pembekuan darah, katalisator reaksi-reaksi biologi, kontraksi otot dan dapat meringankan sindrom pramenstruasi. Kurangnya kalsium dapat menyebabkan osteoporosis yaitu tulang menjadi kurang kuat, mudah bengkok, dan rapuh sehingga mudah patah (Hanifah, 2019). Kelebihan dalam mengonsumsi kalsium dapat menyebabkan batu ginjal dan konstipasi (Nurullita *et al.*, 2010). Untuk itu disarankan untuk mengonsumsi kalsium dalam kadar yang cukup berdasarkan angka tabel gizi (Almatsier, 2009).

Tingginya kadar kalsium dalam urin disebut hiperkalsiuria yaitu ditandai dengan kalsium darah normal namun kadar kalsium dalam urin mencapai 200-350 mg per hari (Krisna, 2011). Teori Khan and Canales (2009) menyatakan bahwa semakin tinggi konsumsi kadar kalsium sebanding dengan tingginya ekskresi

sekaligus menambah pembentukan kristalisasi garam-garam kapur. Pembentukan batu ginjal melibatkan dua proses yaitu supersaturasi dan nukleasi. Supersaturasi terjadi jika substansi penyusun batu ginjal terdapat dalam urin dengan jumlah yang besar yaitu ketika volume urin dan kimia urin yang menekan pembentukan batu menurun. Pada proses nukleasi, natrium hidrogen urat, asam urat, dan kristal hidroksipatit membentuk inti. Kemudian ion kalsium dan oksalat merekat (adhesi) di inti untuk membentuk campuran batu (Fauzi and Putra, 2016). Apabila Kristal mengalami presipitasi maka akan membentuk inti batu yang kemudian mengalami agregasi dan menarik bahan lain sehingga terbentuk kristal yang lebih besar. Kristal tersebut akan mengendap pada epitel saluran kemih dan membentuk batu yang cukup besar sehingga saluran kemih akan tersumbat serta dapat menimbulkan gejala klinis (Fauzi and Putra, 2016).

Terdapat beberapa jenis batu ginjal diantaranya batu kalsium, batu struvit, batu asam urat, dan batu jenis lain. Dari beberapa jenis batu ginjal tersebut masing-masing memiliki faktor penyebab yang berbeda-beda. Pada kasus batu kalsium terdapat beberapa faktor yang menimbulkan terbentuknya batu kalsium yaitu pertama hiperkalsiuri, dimana faktor tersebut dibedakan menjadi tiga yaitu hiperkalsiuri absorptif yang terjadi karena peningkatan absorpsi kalsium melalui usus, hiperkalsiuri renal yang disebabkan adanya gangguan kemampuan absorpsi kalsium melalui tubulus ginjal, dan hiperkalsiuri resorptif yang terjadi karena peningkatan resorpsi kalsium tulang. Faktor kedua yaitu hiperoksalat yaitu meningkatnya ekskresi oksalat urin yang melebihi 45 gr perhari (Fauzi and Putra, 2016).

Penderita nefrotiliasis (batu ginjal) sering mengalami keluhan rasa nyeri pada pinggang kearah bawah dan depan. Nyeri dapat bersifat kolik dan non kolik. Nyeri dapat terjadi dengan tempat menetap dan terasa sangat hebat. Bahkan dapat terjadi mual dan muntah yang jarang disertai dengan demam. Dapat juga ditandai dengan adanya bruto atau mikrohematuria (Basuki, 2015).

2.3 Karbonisasi

Pembuatan karbon aktif yaitu terdiri dari tiga tahap yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air

yang terdapat dalam bahan baku karbon dengan tujuan menyempurnakan proses karbonisasi yang dilakukan dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari. Proses kedua adalah karbonisasi yaitu proses pembakaran bahan baku. Karbonisasi menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur volatil akan membuat struktur pori mulai terbuka. Proses karbonisasi dilakukan di tempat yang kedap udara karena bertujuan untuk meningkatkan kualitas karbon yang terbentuk (Shofa, 2012). Tahap ketiga yaitu proses aktivasi yang merupakan proses untuk meningkatkan daya serap karbon dengan cara memperlebar pori-pori permukaan.

Proses perubahan bahan yang mengandung karbon menjadi karbon/arang disebut karbonisasi yaitu suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan organik dengan jumlah oksigen yang terbatas. Tujuan karbonisasi untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada bahan dasar. Karbonisasi dapat menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik penyusun struktur bahan membentuk air, uap asam asetat, tar dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah dilakukan karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Riyadi, 2017).

2.4 Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dari proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Melalui proses aktivasi, karbon aktif akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat (Riyadi, 2017). Dalam proses aktivasi terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan, yaitu

a. Cara kimia

Prinsip aktivasi menggunakan cara kimia adalah dengan perendaman karbon dalam senyawa kimia sebelum dilakukan pemanasan. Proses perendaman dilakukan selama 24 jam, kemudian dilakukan penyaringan dan pemanasan dengan suhu 200 °C selama 2 jam. Pada suhu tinggi senyawa kimia akan masuk diantara sela-sela heksagonal dan membuka

permukaan pori yang tertutup (Lempang, 2014). Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktivasi adalah H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, $KMnO_4$, SO_3 , H_2SO_4 , dan K_2S (Kienle, 1986).

Karakteristik karbon aktif meliputi bilangan iod, luas permukaan dan gugus fungsi. Bilangan iod merupakan parameter paling penting dalam karakterisasi karbon aktif yang menunjukkan keaktifan karbon. Semakin besar bilangan iod maka semakin besar kemampuan karbon dalam mengadsorpsi adsorbat. Bilangan iod dapat digunakan sebagai pendekatan luas permukaan dan mikropori karbon aktif dengan presisi yang baik (Turmuzi and Syahputra, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahmadani and Kurniawati (2017) yang membandingkan karbon aktif dengan beberapa jenis aktivator diperoleh hasil terbaik menggunakan larutan KOH 5 M berdasarkan pengukuran bilangan iod dan luas permukaan karbon aktif. Tabel 2.2 menunjukkan data bilangan iod beberapa hasil penelitian

Tabel 2. 2 Bilangan Iod Karbon Aktif yang Diaktivasi Dengan Berbagai Aktivator

<i>Activated Carbon</i>	Bilangan Iod	Sumber
HCl 0,3 M	832,5296 mg/g	Ramdja <i>et al.</i> , 2008
H_3PO_4 10%	494,91 mg/g	Turmuzi and Syahputra, 2015
NaCl 30%	18,9082 mg/g	Prasetyo <i>et al.</i> , 2011
$(NH_4)HCO_3$ 2,5%	304,8845 mg/g	Subadra <i>et al.</i> , 2005
$ZnCl_2$ 7,5%	610,38 mg/g	Pambayun <i>et al.</i> , 2013
H_3PO_4 85%	2090,1542 mg/g	Rahmadani and Kurniawati, 2017
KOH 5 M	2415,8832 mg/g	Rahmadani and Kurniawati, 2017

Standar mutu karbon aktif yang ditetapkan oleh SNI No. 0258-88 (2003) nilai bilangan iod karbon aktif minimal 750 mg/g. Semakin besar bilangan iod yang dihasilkan semakin besar kemampuan karbon dalam mengadsorpsi zat terlarut (Suhendarwati *et al.*, 2014). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmadani and Kurniawati (2017) menunjukkan bilangan iod tertinggi menggunakan aktivator larutan KOH 5 M.

Yuliusman (2016) melakukan penelitian aktivasi karbon tempurung kelapa menggunakan aktivator KOH pada suhu 100 °C. Reaksi yang terjadi ketika pencampuran karbon dengan larutan KOH disajikan pada persamaan (2), (3), (4)



Prinsip penambahan KOH pada karbon akan terjadi oksidasi parsial akibat menyebarnya KOH pada permukaan karbon. Kemudian karbon akan bereaksi dengan oksigen menjadi CO₂ saat berlangsungnya proses aktivasi yang ditandai adanya gelembung-gelembung yang keluar pada proses aktivasi. Terjadinya oksidasi parsial pada karbon menyebabkan terbentuknya pori pada permukaan karbon sehingga dari pori tersebut akan membentuk struktur baru.

Untuk menentukan daya serap iod dapat menggunakan metode titrasi iodometri. Preparasi sampel dilakukan dengan menimbang 0,5 g karbon aktif kemudian dikeringkan dengan suhu 110 °C selama 3 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator. Selanjutnya ditambahkan 5 mL larutan HCl pekat dan dipanaskan sampai mendidih. Kemudian ditambahkan 50 mL larutan iodin 0,1 N dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Campuran disaring dan diambil filtrat sebanyak 25 mL. Filtrat yang terbentuk dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna kuning pucat. Selanjutnya ditambahkan 1 mL indikator amilum 1% dan dititrasi kembali sampai larutan tidak berwarna (Rahmadani and Kurniawati, 2017). Untuk mengetahui daya serap iod dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$X/M = \frac{[A - (DF)(B)(S)]}{M}$$

Keterangan:

X/M : Iodium yang diserap per gram (mg/g)

S : Volume natrium tiosulfat (mL)

M : Massa karbon aktif (g)

DF : Faktor pengencer

A : Volume titrasi sampel

B : Volume titrasi blanko

Sedangkan standar mutu luas permukaan karbon aktif menurut SNI No. 0258-88 (2003) adalah 300-3500 m²/g. Tabel 2.3 menunjukkan luas permukaan karbon aktif beberapa hasil penelitian

Tabel 2. 3 Luas Permukaan Karbon Aktif yang Diaktivasi Dengan Berbagai Aktivator

Activated Carbon	Luas Permukaan	Sumber
H ₃ PO ₄ 10%	4078,694 m ² /g	Turmuzi and Syahputra, 2015
HCl 0,3 M	199,2601 m ² /g	Ramdja <i>et al.</i> , 2008
ZnCl ₂ 7,5%	447,534 m ² /g	Pambayun <i>et al.</i> , 2013
Na ₂ CO ₃ 5%	1900,69 m ² /g	Pambayun <i>et al.</i> , 2013
H ₃ PO ₄ 85%	1,352 x 10 ⁵ m ² /g	Rahmadani and Kurniawati, 2017
KOH 5 M	1,455 x 10 ⁵ m ² /g	Rahmadani and Kurniawati, 2017

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi aktivator dapat menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang semakin besar. Uji daya serap dilakukan menggunakan metilen biru yang ditunjukkan semakin besar daya serap maka luas permukaan karbon aktif semakin besar. Daya serap terhadap metilen biru sebanding dengan luas permukaan adsorben (Turmuzi and Syahputra, 2015). Konsentrasi aktivator yang tinggi mampu mengurangi kadar tar yang tinggi pada proses perendaman sehingga pori-pori karbon semakin besar (Rahmadani and Kurniawati, 2017). Semakin luas permukaan karbon aktif maka semakin tinggi kemampuan daya serap (Subadra *et al.*, 2012).

Pemakaian bahan kimia sebagai aktivator dapat berperan sebagai pengotor pada karbon aktif yang dihasilkan. Aktivator dapat meninggalkan pengotor berupa oksida yang tidak larut dalam air pada proses pencucian. Sehingga sering dilakukan pelarutan dengan HCl untuk mengikat kembali sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan karbon aktif dan kandungan abu yang terdapat dalam karbon aktif (Lempang, 2014).

Pemakaian bahan kimia sebagai aktivator memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu menurunkan kadar air karena pada proses pencucian akan menurunkan ukuran partikel sehingga kadar air akan lebih sedikit (Aryani, 2019). Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Ramdja *et al.*, (2008) semakin kecil ukuran partikel maka kadar air akan semakin menurun. Selain itu aktivasi dengan cara kimia mampu menurunkan kadar abu yang lebih rendah dibandingkan aktivasi dengan cara fisika, hal tersebut disebabkan karena pada proses pencucian mampu melarutkan mineral yang terdapat didalam pori-pori sehingga kadar abu relatif lebih rendah. Pada pengujian zat mudah menguap juga menghasilkan nilai yang lebih tinggi karena proses perendaman mampu melarutkan zat-zat yang masih terdapat didalam karbon diantaranya hidrokarbon, abu, nitrogen, dan sulfur sehingga dapat membuka pori-pori menjadi lebih besar (Aryani, 2019).

b. Cara fisika

Prinsip aktivasi fisika dengan mengalirkan gas oksidator lemah kedalam *retort* dan dipanaskan pada suhu 800-1000 °C. Oksidator lemah yang dapat digunakan berupa uap air, gas CO₂, N₂ dan O₂. Penggunaan oksidator lemah tidak akan menimbulkan terjadinya oksidasi terhadap atom penyusun karbon, namun hanya mampu mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori karbon. Penggunaan suhu dalam rentang 800-1000 °C merupakan suhu yang optimum yaitu keadaan dimana mampu mengaktivasi secara cepat namun tidak merusak struktur karbon. Pada suhu di bawah 800 °C proses aktivasi menggunakan uap air atau gas CO₂ akan berlangsung lambat, sedangkan pada suhu diatas 1000 °C akan menyebabkan kerusakan struktur heksagonal karbon (Manocha, 2003).

2.5 Karbon Aktif

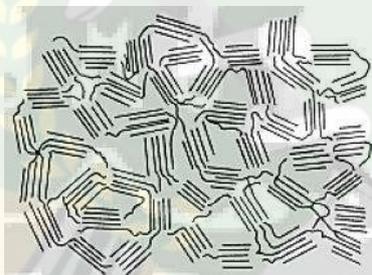
Karbon adalah suatu bahan berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri atas atom karbon bebas dan mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap (*adsorption*) yang baik (Surtamtomo *et al.*, 1997). Karbon dapat dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon

dengan diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan permukaan yang luas (Sembiring and sinaga, 2003). Karbon memiliki kemampuan mengadsorpsi anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas (Pari, 1996). Perbedaan karbon dengan karbon aktif didasarkan pada sifat pada permukaannya. Permukaan karbon masih ditutupi oleh hidrokarbon, tar, dan komponen lain seperti abu, air, nitrogen dan sulfur yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari hidrokarbon, tar dan komponen lain sehingga memiliki kemampuan adsorpsi lebih tinggi karena memiliki permukaan yang luas dan pori-porinya telah terbuka (Puziy *et al.*, 2003). Karbon aktif adalah suatu bahan padat berpori, merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pirolisis. Sebagian pori masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponen karbon aktif terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur (Riyadi, 2017). Karbon aktif adalah karbon yang telah diberikan perlakuan untuk membuka pori-pori karbon menjadi lebih besar sehingga meningkatkan daya serap terhadap partikel air penyebab kesadahan (Ristiana *et al.*, 2009). Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang bersifat hidrofobik yaitu molekul karbon aktif cenderung tidak dapat berinteraksi dengan molekul air (Riyadi, 2017). Proses meningkatkan daya serap arang dapat dilakukan dengan cara aktivasi (Lempang, 2014). Karbon aktif merupakan hasil modifikasi karbonisasi yang mempunyai banyak kegunaan dan sudah dimanfaatkan pada perang dunia pertama (Austin, 1984).

Karbon aktif memiliki sifat kimia dan fisika yang memiliki kemampuan dalam menyerap bahan organik maupun anorganik, dapat berlaku sebagai penukar ion, dan sebagai katalis untuk berbagai reaksi (Kusnaedi, 2004). Ditinjau dari sifat kimia karbon aktif, didalamnya terdapat kandungan oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsi seperti gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus eter. Oksigen pada permukaan karbon aktif dapat berasal dari bahan baku karbon ataupun dapat dari uap (H₂O) pada proses aktivasi secara fisika. Keadaan ini dapat menyebabkan karbon aktif bersifat asam atau basa (Lempang, 2014). Sedangkan sifat fisika

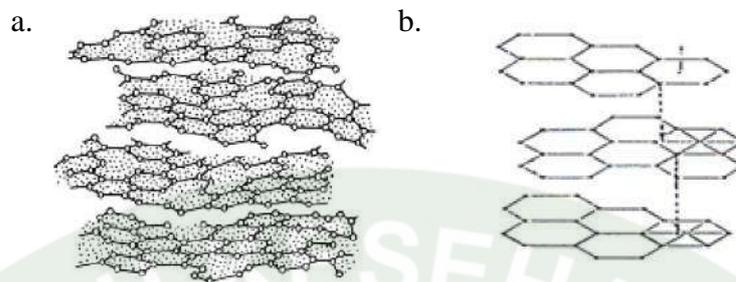
karbon aktif meliputi padatan berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa, atau pelarut organik lain (Hassler, 1974). Selain itu, karbon aktif tidak rusak akibat pengaruh suhu ataupun peningkatan pH selama proses aktivasi (Lempang, 2014).

Fungsi dari karbon aktif sebagai penyerap (Mubaraq and Chayatin, 2008) sehingga memiliki sifat sebagai adsorben (Fadhillah and Wahyuni, 2016) dan menurunkan tingkat kesadahan (Bujawati, 2014). Karbon aktif dapat bekerja dengan mengadsorpsi gas atau senyawa kimia tertentu atau disebut selektif tergantung pada besar pori dan luas permukaan. Dilihat dari strukturnya, karbon aktif memiliki struktur kristalin yang sangat kecil. Berbentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan heksagonal. Gambar 2.4 akan menunjukkan skema struktur karbon aktif dimana setiap garis pada gambar menunjukkan lapisan atom-atom karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin dengan struktur grafit pada karbon aktif (Sudibandriyo, 2003).



Gambar 2. 4 Ilustrasi Skema Struktur Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

Adanya lapisan atom-atom karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin pada karbon ditunjukkan pada Gambar 2.5. Struktur karbon aktif berupa jaringan berpilin dari lapisan karbon yang tidak sempurna kemudian dihubungkan secara silang dengan jembatan alifatik (Kyotani, 2000).



Gambar 2. 5 (a) Lapisan Atom Karbon Heksagonal Dan (b) Struktur Mikrokrystalin Karbon (Sudibandriyo, 2003; Pujiyanto, 2010)

Karbon tersusun dari atom karbon, selain itu karbon mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi tersebut berasal dari bahan baku karbon (Shofa, 2012). Ukuran pori-pori pada kristalit karbon aktif tergantung pada bahan karbon yang digunakan dan suhu karbonisasi. Ukuran pori-pori karbon aktif berkisar 10 - >250 Å yang dibagi menjadi tiga kategori (Rumidatul, 2006):

- a. Makropori dengan ukuran diameter >250 Å dengan volume sebanyak 0,8 mL/g dan permukaan spesifik antara 0,5 – 2 m²/g.
- b. Mesopori dengan diameter antara 50 - 250 Å dengan volume 0,1 mL/g dan permukaan spesifik antara 20 – 70 m²/g.
- c. Mikropori dengan diameter < 50 Å

Distribusi ukuran pori menjadi parameter penting kemampuan penyerapan terhadap molekul dengan ukuran yang bervariasi. Sedangkan bentuk pori menjadi parameter khusus terhadap kemampuan daya serap. Pori-pori dengan bentuk silinder akan lebih mudah tertutup sehingga menjadikan permukaan karbon tidak aktif. Dalam hal kebutuhan penjernihan air akan lebih banyak pori-pori yang terbuka karena air mengandung bermacam-macam partikel (Lempang, 2014).

Penggunaan karbon sebagai adsorben sesuai dengan keadaan besarnya partikel, dimana aktivitas penyerapan membutuhkan luas permukaan yang besar. Daya serap karbon aktif merupakan akumulasi komponen antar muka dalam dua fasa. Apabila dua fasa yang berbeda saling berinteraksi maka akan menghasilkan sebuah fasa baru yang berbeda dari fasa sebelumnya. Hal tersebut terjadi karena

adanya gaya tarik-menarik antar molekul, atom ataupun ion dalam dua fasa tersebut. Pada kondisi tertentu molekul, atom ataupun ion antar muka mengalami ketidak seimbangan sehingga terjadi gaya tarik-menarik sampai terjadi keseimbangan (Manocha, 2003). Besarnya ukuran partikel memiliki peran penting dalam menurunkan kadar kesadahan air. Hal tersebut dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh Utomo (2014) yang membandingkan ukuran partikel karbon aktif terhadap daya serapnya menunjukkan hasil semakin besar ukuran mesh kemampuan penyerapan semakin baik, namun diperoleh pada ukuran mesh 100 daya serap karbon aktif mencapai nilai maksimum kemudian pada ukuran mesh 120 mulai terjadi penurunan kemampuan penyerapan (Utomo, 2014).

Menurut tujuan penggunaan karbon aktif dapat dibedakan menjadi dua jenis (Setyaningsih, 1995):

a. Karbon aktif penyerap gas (*Gas adsorbent activated carbon*)

Karbon aktif pada jenis ini digunakan sebagai media penyerap material dalam bentuk uap atau gas. Jenis pori yang terbentuk berupa mikropori yang menyebabkan molekul gas akan dapat melewatinya namun molekul dari cairan tidak dapat terserap. Karbon jenis ini dapat dihasilkan oleh karbon terpurung kelapa.

b. Karbon aktif fasa cair (*Liquid-phase activated carbon*)

Karbon pada jenis ini digunakan sebagai agen penyerap kotoran/zat pada sampel larutan. Jenis pori yang terbentuk berupa makropori yang memungkinkan molekul besar dapat masuk. Karbon yang dapat digunakan berasal dari batubara dan selulosa.

Dilihat dari manfaat yang diberikan oleh karbon aktif, maka dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang diantaranya bidang industri, kesehatan, lingkungan, dan pertanian. Dalam bidang industri penggunaan karbon aktif banyak dimanfaatkan untuk pemurnian larutan, misalkan pada industri gula, sirup, air minum, minuman alkohol, bahan kimia dan farmasi, penghilang bau pada sistem alat pendingin. Pada bidang kesehatan, karbon aktif digunakan untuk kasus keracunan eksternal dan terapi diare sekretonik. Terapi diare sekretonik dapat

dilakukan dengan menggunakan adsorben, zat pengembang atau astrigen. Karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki khasiat yang tinggi dan minim bahaya sehingga paling banyak digunakan. Pada bidang lingkungan dapat digunakan sebagai penghilang logam dalam limbah industri, berguna dalam proses penjernihan air, sebagai agen penyerap gas beracun pada industri pengolahan cat dan perekat. Pada bidang pertanian karbon aktif dapat digunakan sebagai komponen tambahan pada media tanah dan sebagai media kultur in vitro.

Penelitian yang dilakukan oleh Bujawati (2014) membandingkan efektivitas ketebalan karbon aktif dengan perbandingan ketebalan 60 cm, 70 cm, dan 80 cm. Penelitian yang dilakukan memperoleh hasil paling efektif dalam menurunkan tingkat kesadahan pada ketebalan 60 cm dengan efektivitas mencapai 72,71%, kemudian disusul dengan ketebalan 80 cm dengan efektivitas 20,05% sedangkan efektivitas paling rendah yaitu dengan ketebalan karbon 70 cm dengan efektivitas 16,03%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Dadang (2009) menyimpulkan bahwa penurunan kesadahan air sumur artesis efektif pada ketebalan karbon aktif 80 cm (Dadang, 2009).

2.6 Kakao

Kakao merupakan tanaman dari genus *Theobroma* dari famili *Sterculiaceae* (Vansteenis, 2008). Kakao (*Theobroma cacao* L.) berasal dari hutan tropis Amerika Tengah yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan minuman oleh suku Indian Maya dan suku Aztec. Kakao diperkenalkan ke Indonesia pada tahun 1560 di Minahasa oleh warga Spanyol (Baon and Wardani, 2010). Kemudian budidaya kakao semakin pesat dan menjadi komoditas perkebunan di Indonesia (Siregar *et al.*, 2010).

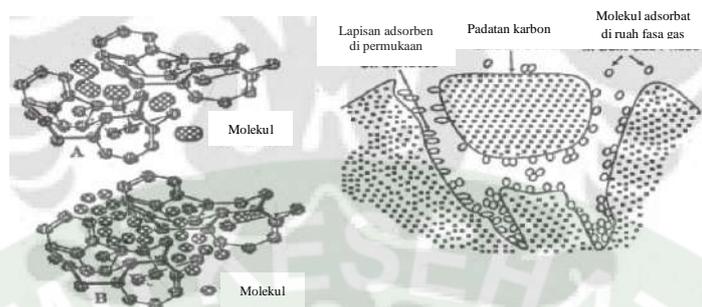
Tanaman kakao tergolong dalam tanaman tahunan berbentuk pohon dengan ketinggian mencapai 3-8 meter (Van steenis, 2008). Memiliki sistem akar tunggang yang bercabang dengan panjang mencapai 15 meter ke arah bawah dan 8 meter ke arah lateral (Siregar *et al.*, 2010). Memiliki batang berkayu dan berbentuk bulat (Tjitrosoepomo, 1992). Daun kakao termasuk daun tunggal yang terdiri atas helai daun dan tangkai daun (Siregar *et al.*, 2010).

Sebagai komoditas perkebunan tanaman kakao memiliki banyak manfaat di setiap bagian diantaranya kulit buah dan biji (Erniati *et al.*, 2012). Kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Murni *et al.*, 2012), pupuk organik cair dan bahan baku kompos (Dachlan *et al.*, 2009), bahan baku pembuatan warna alami (Wulan, 2001), bahan bakar alternatif (Pratiwi *et al.*, 2010), dan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif (Masitoh and Sianita, 2013). Sedangkan biji kakao merupakan bagian tanaman yang banyak mengandung flavonoid sehingga dapat digunakan sebagai antioksidan (Erniati *et al.*, 2012).

Menurut penelitian pakar, kulit kakao mengandung selulosa sebanyak 23-54% meliputi selulosa (holoselulosa) 36,47% dan hemiselulosa 18,90% selain itu juga mengandung lignin sebesar 60,67%. Kandungan tersebut menandakan bahwa kulit kakao dapat dimanfaatkan sebagai karbon (Anonim, 2019). Hasil penelitian dari Desniorita *et al.* (2015) tentang analisa kimia kandungan limbah kulit kakao bahwa kulit kakao mengandung kadar air (11,04%), kadar abu (7,4%), serat (49,23%), selulosa (44,69%), hemiselulosa (11,15%), lignin (34,82%), holoselulosa (55,84%). Selain itu kulit buah kakao mengandung 1,81% N, 26,26% C-organik, 0,31% P₂O₅, 6,08% K₂O, 1,22% CaO, 1,37% MgO (Isroi, 2007).

2.7 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan padat yang terjadi gaya tarik-menarik antara substansi terserap dengan penyerap. Adsorpsi juga terjadi proses dimana substansi molekul meninggalkan larutan dan bergabung pada permukaan zat padat oleh ikatan fisika dan kimia (Bujawati, 2014). Pada proses adsorpsi, molekul adsorbat bergerak melalui bulk fasa gas menuju permukaan padatan dan berdifusi pada permukaan pori padatan adsorben. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah yang terjadi di wilayah mikropori, sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar menuju permukaan mikropori adalah makropori. Ilustrasi proses adsorpsi pada adsorben karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut



Gambar 2. 6 Proses Adsorpsi Pada Karbon Aktif: Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben (Manocha, 2003)

Jenis adsorpsi dibedakan menjadi dua yaitu, adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya Van Der Waals yaitu apabila gaya tarik antar molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada gaya tarik antara molekul dengan pelarut maka zat tersebut akan di adsorpsi (Bujawati, 2014). Sedangkan proses adsorpsi secara kimia ikatan yang terbentuk antara zat terlarut dengan adsorben akan sangat kuat, sehingga akan sulit untuk dilepaskan dan reaksi tidak terjadi bolak-balik (Setiawan, 2009). Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia yang terjadi berupa ikatan kovalen dan ikatan ion. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van Der Waals atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Ketika terjadi adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kovalen (Prabowo, 2009).

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi meliputi suhu, tekanan, jenis adsorbat, dan karakteristik adsorben. Penurunan suhu sampel akan meningkatkan kemampuan adsorpsi sehingga jumlah molekul adsorbat yang menempel akan bertambah. Tekanan adsorbat pada adsorpsi fisika dan kimia memiliki perbedaan, pada adsorpsi fisika bila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah molekul adsorbat yang menempel akan bertambah, namun akan sebaliknya bila pada adsorpsi kimia. Jenis adsorbat meliputi kesesuaian ukuran molekul dan kepolaran adsorbat terhadap adsorben yang digunakan. Karakteristik adsorben meliputi ukuran pori adsorben dan luas permukaan adsorben, semakin luas

permukaan adsorben maka molekul yang teradsorpsi akan semakin banyak (Shofa, 2012).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lustiningrum (2013) yang membandingkan pengaruh lama kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar kalsium air menunjukkan hasil terbaik dengan waktu kontak 30 menit dimana dengan waktu tersebut mampu menurunkan kadar kalsium air mencapai 54,3%. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Nurullita *et al.* (2010) mendapatkan hasil terbaik pada waktu kontak 40 menit dengan hasil penurunankadar kalsium mencapai 91%.

2.8 Waktu retensi

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurullita *et al.* (2010) menunjukkan adanya pengaruh dari lama kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar kesadahan, dimana waktu kontak 10 menit terjadi penurunan rata-rata sebesar 45%, waktu kontak 20 menit memiliki kadar penurunan 57%, waktu kontak 30 menit memiliki kadar penurunan 78%, dan waktu kontak 40 menit terjadi penurunan hingga 91% (Nurullita *et al.*, 2010). Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa waktu kontak paling efektif adalah 40 menit. Sedangkan dari penelitian Dadang (2009) waktu retensi paling efektif dalam menurunkan kadar Fe dan Mn adalah 30 menit (Dadang, 2009). Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Ristiana (2009) menerangkan bahwa proses pertukaran ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sangat cepat yaitu antara 20-30 menit dengan membentuk endapan CaCO_3 atau MgCO_3 sehingga air telah bebas dari ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Hasil pemeriksaan suhu air sebelum dan sesudah perlakuan dengan waktu 10, 20 dan 30 menit menunjukkan tidak adanya pengaruh, hal itu ditunjukkan tidak adanya perubahan suhu yang terjadi yaitu tetap pada suhu $27,7^\circ\text{C}$ (Lustianingrum, 2013). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan air minum, yaitu suhu yang diperbolehkan adalah $28 \pm 3^\circ\text{C}$ (Permenkes RI, 2010). Menurut Joko (2010) suhu normal akan mencegah terjadinya pelarutan zat kimia pada pipa, menghambat reaksi biokimia pada pipa dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Joko, 2010).

Selama waktu retensi yang terjadi ada kemungkinan tercapainya kondisi jenuh, dimana semua sisi karbon aktif telah terisi oleh kontaminan dan telah mencapai kapasitas maksimum penyerapan. Ketika pada kondisi tersebut terdapat dua kemungkinan yaitu kontaminan tidak dapat terserap atau kontaminan akan terlepas kembali kedalam air. Apabila terjadi pelepasan kembali maka kemungkinan sampel setelah perlakuan menunjukkan hasil peningkatan kesadahan (Bujawati, 2014). Menurut Wijayanti (2009), bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh dapat terjadi dua hal, yaitu akan terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan atau disebut gejala adsorpsi multilayer, sedangkan kemungkinan kedua yaitu tidak terbentuknya lapisan kedua dan seterusnya namun adsorbat yang belum teradsorpsi akan berdifusi keluar pori dan kembali larut pada sampel.

2.9 Spektrofotometer UV-Vis

2.9.1 Definisi spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel (Dachriyanus, 2004). Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk mendeteksi molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Konsentrasi analit dalam larutan dapat ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu menggunakan hukum Lambert-Beer (Dachriyanus, 2004).

Menurut Rohman (2007) hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorbansi dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmittansi. Dalam hukum Lambert-Beer terdapat beberapa pembatasan yaitu, sinar yang digunakan dianggap monokromatis, penyerapan terjadi dalam suatu volume yang mempunyai penampang yang sama, senyawa yang menyerap dalam larutan tersebut tidak tergantung terhadap yang lain dalam larutan tersebut, tidak terjadi fluoresensi atau fosforisensi, indeks bias tidak tergantung pada konsentrasi larutan.

Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$A = a \times b \times c$$

Keterangan:

A = absorban

a = absorpsivitas molar

b = tebal kuvet (cm)

c = konsentrasi

Sinar ultraviolet (UV) berada pada panjang gelombang 200-400 nm sedangkan sinar tampak (visibel) berada pada panjang gelombang 400-800 nm (Hanifah, 2019).



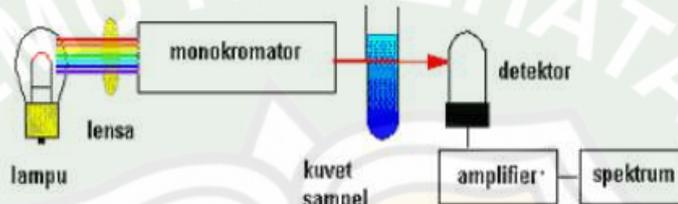
Gambar 2. 7 Daerah Panjang Gelombang Elektromagnetik (Pustekom Kemendikbud, 2015)

Syarat senyawa dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis adalah senyawa mengandung gugus kromofor dan auksokrom. Gugus kromofor merupakan gugus atau atom dalam senyawa organik yang dapat memberikan serapan pada daerah ultraviolet dan sinar tampak. Senyawa yang termasuk dalam gugus kromofor apabila memiliki ikatan rangkap C=C, ikatan rangkap C=O, cincin benzene, ikatan rangkap berkonjugasi. Auksokrom adalah gugus fungsional yang mempunyai elektron bebas (Skoog *et al.*, 2007).

2.9.2 Instrumen spektrofotometer UV-Vis

Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu hidrogen atau deuterium untuk pengukuran UV dan lampu tungsten untuk pengukuran pada sinar tampak (Visibel). Panjang gelombang dari sumber cahaya akan dibagi oleh pemisah panjang gelombang (*wavelength separator*) seperti prisma atau monokromator

(Dachriyanus, 2004). Gambar 2.8 adalah skema alat spektrofotometer UV-Vis yang memiliki sumber cahaya tunggal, yaitu sinyal pelarut dihilangkan terlebih dahulu dengan mengukur pelarut tanpa sampel, kemudian larutan sampel dapat diukur absorbansinya. Gambar 2.9 adalah alat spektrofotometer UV-Vis yang memiliki sumber cahaya tunggal (*single beam*).



Gambar 2. 8 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis *single-beam*



Gambar 2. 9 Spektrofotometer UV-Vis *single-beam*

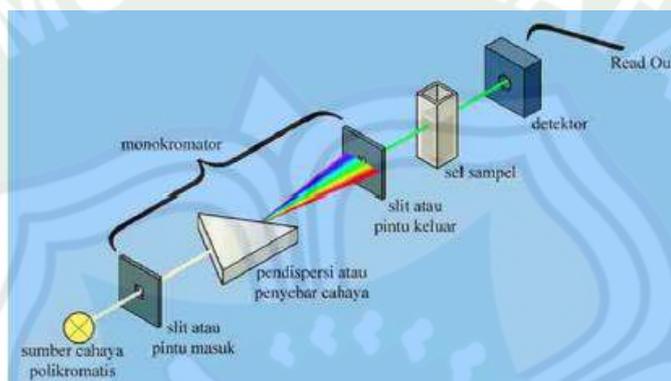
Gambar 2.10 adalah skema alat spektrofotometer UV-Vis yang memiliki sumber cahaya ganda (*double beam*). Cara kerja spektrofotometer UV-Vis *double beam* dengan memasukkan larutan sampel dengan larutan yang tidak mengandung sampel secara bersamaan. Kelebihan pada jenis ini yaitu alat lebih praktis dan mudah digunakan serta memberikan hasil yang optimal.



Gambar 2. 10 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis *double beam*

2.9.3 Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis mengacu pada hukum Lambert-Beer. Apabila cahaya monokromatik jatuh pada suatu medium homogeni, maka sebagian dari cahaya akan dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan. Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel (Hasibuan, 2015).



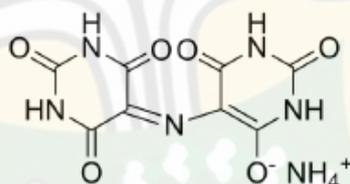
Gambar 2. 11 Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis (Mustikaningrum, 2015)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisis spektrofotometer UV-Vis yaitu pembentukan molekul yang dapat menyerap sinar UV-Vis, waktu operasional (*operating time*), dan pemilihan panjang gelombang. Pembentukan molekul yang dapat menyerap sinar UV-Vis perlu dilakukan jika senyawa yang dianalisis tidak menyerap pada daerah tersebut, cara yang digunakan adalah dengan mengubah menjadi senyawa lain atau direaksikan dengan pereaksi tertentu. Waktu operasional digunakan untuk pengukuran hasil reaksi atau pembentukan warna, tujuannya adalah untuk mengetahui waktu pengukuran yang stabil. Waktu operasional ditentukan dengan mengukur hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan. Dan pemilihan panjang gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal, untuk memiliki panjang gelombang maksimal, dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu (Rohman, 2007).

2.10 Mureksid

2.7.1 Definisi mureksid

Mureksid merupakan indikator yang sering digunakan untuk titrasi Ca^{2+} . Mureksid juga disebut dengan ammonium purpurate atau MX, adalah garam ammonium dari asam purpuric. Mureksid dalam keadaan kering memiliki pemerian berupa serbuk berwarna ungu kemerahan, sedikit larut dalam air. Warnanya berkisar kuning dalam pH asam kuat, ungu kemerahan pada pH lemah dan dalam larutan basa meunjukkan warna ungu biru. Struktur kimia mureksid akan ditunjukkan pada Gambar 2.12

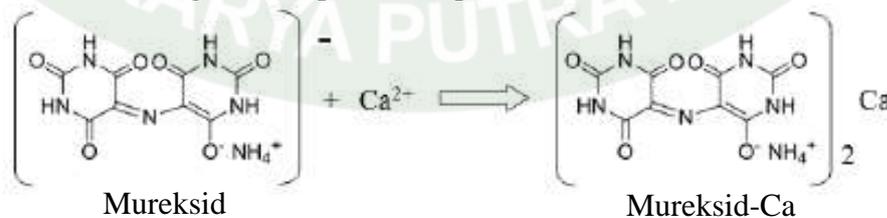


Gambar 2. 12 Struktur Kimia Mureksid (Rehman *et al.*, 2015)

Mureksid digunakan sebagai indikator dalam analisis menggunakan titrasi kompleksometri, titrasi EDTA konvensional dan bidang spektrofotometri (Hanifah, 2019). Mureksid dapat digunakan sebagai indikator dalam identifikasi kadar kalsium pada air sadah. Mureksid juga digunakan sebagai reagen *colourimetric* (Rehman *et al.*, 2015).

2.7.2 Reaksi kimia senyawa mureksid dengan Ca (Kalsium)

Menurut Amanatie (2013) senyawa kimia tersusun atas molekul atau atom. Atom akan saling bergabung membentuk suatu ikatan kimia untuk mencapai kestabilan. Ikatan ion terjadi akibat adanya gaya tarik menarik antara ion positif dan ion negatif. Berdasarkan prinsip ikatan ion tersebut, maka reaksi kimia senyawa mureksid dengan Ca dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2. 13 Reaksi Mureksid Dengan Kalsium

Pada reaksi kimia mureksid dengan Ca^{2+} diketahui adanya ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ dan $\text{C}=\text{O}$. Maka dengan adanya pembentukan kompleks mureksid dan Ca^{2+} , kalsium akan dapat dianalisis menggunakan spektrofotometri karena telah memenuhi syarat (Harmita, 2004).

Indikator mureksid bereaksi dengan logam membentuk warna merah muda dan dititik akhir titrasi menunjukkan warna ungu. Dapat digunakan sebagai indikator penetapan Ca pada pH 12-13. Indikator mureksid hanya mampu bereaksi dengan ion Ca^{2+} sehingga dapat digunakan untuk menetapkan kesadahan Ca^{2+} . Untuk menetapkan kesadahan Ca^{2+} digunakan larutan NaOH 1 N hingga pH larutan sampel mencapai 12-13. Penentuan kadar Ca tidak diperlukan *masking agent* untuk menentukan kesadahan Ca karena ion Mg dan logam lainnya tidak dapat berikatan pada pH lebih dari 11. Pada pH 12-13 larutan sampel dalam kondisi stabil untuk membentuk kompleks karena indikator mureksid hanya dapat berfungsi sebagai indikator pada pH 12-13 (Migisyta, 2020).

2.11 Uji Statistik

Statistika adalah ilmu yang berkaitan dengan pengumpulan, penataan, penyajian, analisis, dan interpretasi data menjadi informasi untuk membantu pengambilan keputusan yang efektif. Sedangkan statistik adalah suatu kumpulan angka yang tersusun lebih dari satu angka (Hidayanti *et al.*, 2013). Berdasarkan kegiatan yang dilakukan, statistika dibagi menjadi dua yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensia. Statistika deskriptif merupakan statistika yang membahas mengenai pengumpulan, pengolahan, penyajian, serta perhitungan nilai suatu data yang disajikan dalam bentuk tabel atau diagram tanpa adanya penarikan kesimpulan. Sedangkan statistika inferensia merupakan metode analisis data yang disertai adanya penarikan kesimpulan.

Uji statistika bertujuan untuk mengambil suatu keputusan dari beberapa pilihan objek penelitian. Data yang tersaji didalam objek penelitian perlu dilakukan analisis jenis data sehingga dapat dilakukan uji hipotesis yang tepat. Uji hipotesis adalah metode untuk mengetahui hubungan antara variabel. Dalam

penentuan uji hipotesis perlu adanya beberapa pertimbangan, diantaranya tersaji dalam Gambar 2.14

Masalah skala pengukuran	Jenis hipotesis (asosiasi)				
	Komparatif				Korelatif
	Tidak berpasangan		Berpasangan		
Numerik	2 kelompok	> 2 kelompok	2 kelompok	> 2 kelompok	Pearson *
	Uji t tidak berpasangan	One way ANOVA	uji t berpasangan	Repeated ANOVA	
Kategorik (Ordinal)	Mann Whitney	Kruskal-Wallis	Wilcoxon	Friedman	Spearman Somers'd Gamma
Kategorik (Nominal/Ordinal)	Chi-Square Fisher Kolmogorov-Smirnov (tabel B x K)		McNemar, Cochran Marginal Homogeneity Wilcoxon, Friedman (prinsip P x K)		Koefisien kontingensi Lambda

Gambar 2. 14 Uji Hipotesis Bivariat

Istilah dalam gambar uji hipotesis bivariat meliputi skala pengukuran yang terbagi menjadi kategorik dan numerik; jenis hipotesis komparatif dan korelatif; dan syarat uji parametrik dan nonparametrik. Pada skala pengukuran kategorik (nominal dan ordinal) didalamnya memiliki kategori variabel contohnya jenis kelamin dan klasifikasi kadar kolesterol, sedangkan numerik (rasio dan interval) didalamnya tidak memiliki kategori variabel dimana data yang tersaji berupa nilai. Perbedaan nilai rasio dengan interval terletak pada jenis nilai nol. Pada rasio memiliki nilai nol alami, misalkan nilai nol pada tinggi badan, berat badan dan jarak, sedangkan nilai nol pada interval tidak memiliki nilai nol alami misalkan nilai nol pada suhu antara celcius dengan Fahrenheit memiliki nilai yang berbeda.

Jenis hipotesis dibedakan menjadi hipotesis komparatif dan korelatif. Perbedaan mendasar dari kedua hipotesis terletak pada data akhir yang ingin diperoleh. Apabila data yang ingin diperoleh berupa parameter koefisien korelasi (r) maka digunakan hipotesis korelatif, sedangkan yang diinginkan parameter yang lain maka digunakan hipotesis komparatif.

Syarat uji parametrik dan nonparametrik menjadi salah satu pertimbangan penentuan hipotesis. Uji parametrik memiliki tiga syarat yang perlu diperhatikan diantaranya skala pengukuran variabel harus berupa variabel numerik, distribusi

data harus terdistribusi normal dan varians data. Sedangkan uji nonparametrik digunakan bila skala pengukuran variabel termasuk kategorik dan distribusi data tidak terdistribusi normal. Terdapat metode yang dapat digunakan untuk mengetahui sebaran data yang tersaji pada Gambar 2.15

Masalah skala pengukuran	Jenis hipotesis (asosiasi)				
	Komparatif				Korelatif
	Tidak berpasangan		Berpasangan		
Numerik	2 kelompok	> 2 kelompok	2 kelompok	> 2 kelompok	Pearson *
	Uji t tidak berpasangan	One way ANOVA	uji t berpasangan	Repeated ANOVA	
Kategorik (Ordinal)	Mann Whitney	Kruskal-Wallis	Wilcoxon	Friedman	Spearman Somers'd Gamma
Kategorik (Nominal/Ordinal)	Chi-Square Fisher Kolmogorov-Smirnov (tabel B x K)		McNemar, Cochran Marginal Homogeneity Wilcoxon, Friedman (prinsip P x K)		Koefisien kontingensi Lambda

Gambar 2. 15 Metode Sebaran Data

Objek penelitian yang dimaksud adalah variabel, dimana keberadaannya akan menjadi topik dari penelitian. Variabel dalam suatu penelitian dapat diamati atau dihitung maupun diukur (Hidayanti *et al.*, 2013). Terdapat beberapa jenis variabel dalam penelitian salah satunya yaitu variabel bebas atau *independent* dan variabel terikat atau *dependent*. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan variabel terikat. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Dalam menentukan variabel yang sesuai dengan penelitian yang diharapkan maka diperlukan beberapa kriteria diantaranya sejalan dengan tujuan penelitian, dapat diamati maupun diukur, dapat diidentifikasi dengan jelas sehingga tidak menimbulkan kesalah pahaman dalam pengolahan data.

Dalam penarikan kesimpulan (inferensi) terdapat dua cara yaitu menghitung nilai p (probabilitas) dan IK (interval kepercayaan). Istilah dalam penarikan kesimpulan berupa H, Ho dan Ha. Hipotesis (H) adalah pernyataan sebagai jawaban sementara atas rumusan masalah yang dijawab secara empiris. Hipotesis nol (Ho) adalah hipotesis yang menunjukkan tidak adanya perbedaan

antarkelompok atau tidak adanya hubungan antarvariabel. Hipotesis alternatif (H_a) adalah hipotesis kebalikan dari hipotesis nol yang dapat disimpulkan bila hipotesis nol ditolak. Dalam melakukan penarikan kesimpulan terdapat panduan dengan menghitung nilai p yang disajikan pada Gambar 2.16

No.	Nama Uji	Makna jika $p < 0,05$ (hipotesis nol ditolak, hipotesis alternatif diterima)
1.	Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk	Distribusi data tidak normal
2	Uji Varians Levene's test	Distribusi beberapa set data yang dibandingkan mempunyai varians yang berbeda
3	Uji t berpasangan	Terdapat perbedaan rerata yang bermakna antara dua kelompok data
4	Uji t tidak berpasangan	
5	Uji Wilcoxon	
6	Uji Mann-Whitney	
7	Uji ANOVA	Paling tidak terdapat dua kelompok data yang mempunyai perbedaan rerata yang bermakna (untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara bermakna, harus dilakukan analisis <i>Post-Hoc</i>)
8	Uji Friedman	
9	Uji Kruskal-Wallis	
10	Uji McNemar	Terdapat perbedaan proporsi yang bermakna antara dua kelompok data
11	Uji Homogeneity	
12	Uji Cochran	Paling tidak, terdapat perbedaan proporsi yang bermakna antara dua kelompok data (untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara bermakna, harus dilakukan analisis <i>Post-Hoc</i>)
13	Uji Chi-Square	Terdapat hubungan yang bermakna antara variabel A dengan variabel B
14	Uji Kolmogorov-Smirnov	
15	Uji Fisher	
16	Uji Pearson	Terdapat korelasi yang bermakna antara variabel A dengan variabel B
17	Uji Spearman	
18	Uji Koefisien Kontingensi	
19	Uji Lambda	
20	Uji Gamma & Somers'd	

Gambar 2. 16 Panduan Interpretasi Hasil Uji Hipotesis Bila Nilai $P < 0,05$

Uji hipotesis analisis bivariat dibagi menjadi lima jenis, yaitu uji komparatif variabel numerik, hipotesis komparatif variabel ordinal, hipotesis komparatif kategorik tidak berpasangan dalam bentuk table $B \times K$, hipotesis komparatif variabel kategorik berpasangan (prinsip $P \times K$), hipotesis korelatif. Uji komparatif variabel numerik dibagi menjadi dua yaitu variabel numerik dua kelompok dan variabel numerik lebih dari dua kelompok. Untuk melakukan pengujian hipotesis komparatif lebih dari dua kelompok tidak berpasangan menggunakan uji One

Way ANOVA bila variabel numerik berdistribusi normal, sedangkan bila variabel numerik tidak berdistribusi normal dapat menggunakan uji Kruskal-Wallis. Kemudian dilakukan analisis *Post Hoc* dengan uji Mann-Whitney untuk mengetahui perbedaan antar kelompok perlakuan (Dahlan, 2011).

2.12 Hipotesis

Semakin tebal karbon aktif dan semakin lama waktu retensi sampel dengan karbon aktif akan memberi pengaruh penurunan kadar kalsium yang semakin besar.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan meliputi sampel berupa air sumur gali yang diambil dari Desa Bulus, adsoben yang digunakan berupa karbon aktif kulit kakao dan indikator kimia yang akan digunakan pada uji kadar kalsium adalah mureksid, etanol 96%, NaOH, KOH dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

3.1.2 Alat

Alat yang akan digunakan meliputi seperangkat alat gelas merk Pyrex, spektrofotometer UV-Vis merk Inesa UV-Vis N4S dari STIKes Karya Putra Bangsa, pipa 2 inci, kran, pisau, gunting, botol tempat sampel, alat pengambil sampel, gergaji besi, dan lem pipa.

3.2 Cara Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen, dimana data diambil berdasarkan percobaan secara langsung. Identifikasi penurunan kadar kalsium dilakukan secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3.2.1 Persiapan sampel dan media uji

Sampel yang digunakan berupa air sumur gali yang diambil dari salah satu rumah di Desa Bulus Kabupaten Tulungagung. Pengambilan sampel berdasarkan rangkaian acak lengkap dari populasi sumur gali yang ada di desa tersebut. Teknik pengambilan sampel yaitu dengan menggunakan timba plastik jenis poli propilen (PP) yang dimasukkan kedalam sumur sampai kedalaman tertentu (± 20 cm) kemudian alat tersebut diangkat bila telah terisi oleh sampel (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Titik pengambilan sampel pada sumur gali berada di lima titik bagian sumur dengan membentuk tanda silang, dimana terdapat empat titik ditepi sumur dan satu titik di tengah.

Media uji yang digunakan berupa rangkaian pipa dengan susunan media filtrasi dan adsorpsi. Media uji berjumlah tiga buah dengan perbedaan ketebalan karbon yang digunakan.

3.2.2 Karbonisasi kulit kakao

Karbonisasi dilakukan dengan metode sederhana berupa pembakaran kulit kakao kering pada tanah yang diberi lubang dengan membentuk cekungan, pembuatan lubang bertujuan untuk menambah efisiensi waktu dalam proses karbonisasi karena sampel kulit kakao yang digunakan dalam jumlah yang cukup banyak. Proses karbonisasi berlangsung selama 2 jam dalam tempat kedap udara. Untuk mendapatkan kondisi yang kedap udara maka diperlukan suatu metode untuk mencegah atau meminimalisir masuknya udara dalam tempat karbonisasi yaitu dengan menutup permukaan lubang dengan pelepah batang pisang yang masih basah, kemudian ditutup kembali menggunakan kain, dan pada lapisan terluar ditutup dengan tanah sedangkan rongga lubang yang masih dapat ditembus keluar oleh asap pembakaran ditutup dengan tanah liat (Sulistyo *et al.*, 2017).

Pengecilan ukuran karbon kulit kakao dilakukan dengan memotong menjadi kepingan dengan ukuran yang sama secara visual. Proses adsorpsi semakin optimum apabila luas permukaan karbon aktif semakin besar (Rahmawanti and Dony, 2016).

3.2.3 Aktivasi Karbon Kulit Kakao

Proses aktivasi karbon kulit kakao dilakukan secara kimiawi dengan larutan KOH 5 M yang direndam selama 24 jam dalam wadah tertutup rapat, kemudian dilakukan penyaringan dan pencucian menggunakan aquadest sampai diperoleh pH netral. Tahap terakhir dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 200 °C selama 2 jam.

3.2.4 Penyusunan media uji

Media uji yang digunakan berasal dari pipa paralon dengan ukuran panjang 150 cm dan diameter 2 inci yang dirangkai hingga sedemikian rupa. Kemudian dilakukan penyusunan media filtrasi dan adsorpsi. Media yang berfungsi sebagai filtrasi dan adsorpsi adalah karbon aktif yang disusun sesuai variasi ketebalan.

3.2.5 Proses adsorpsi

Proses adsorpsi dibedakan pada ketebalan karbon aktif dan waktu retensi air dengan karbon aktif. Terdapat tiga variasi ketebalan karbon aktif yang digunakan yaitu 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Sedangkan variasi waktu retensi yaitu 30 menit, 40 menit, dan 50 menit.

3.2.6 Uji kadar kalsium

Uji kadar kalsium dilakukan satu kali yaitu pada kelompok kontrol yang tidak mendapatkan perlakuan dan kelompok uji yaitu air yang telah mendapatkan perlakuan. Pengujian dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan penambahan indikator mureksid sehingga terbentuk kompleks antara mureksid dengan kalsium dalam suasana basa sehingga terbentuk warna merah muda.

3.2.5.1 Pembuatan larutan mureksid

Pembuatan larutan dengan menimbang 50 mg mureksid kemudian dilarutkan dalam 10 mL aquades, sehingga diperoleh konsentrasi 0,5%. Kemudian ditambahkan 25 mL etanol.

3.2.5.2 Pembuatan larutan baku kalsium dari $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Larutan baku kalsium yang akan digunakan dengan kadar 1000 ppm. Pembuatan larutan dengan melarutkan 50 mg $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan aquades sampai 50 mL sehingga diperoleh konsentrasi 1000 ppm.

3.2.5.3 Penetapan panjang gelombang maksimum

Larutan baku dengan konsentrasi 1000 ppm, diambil 1 mL dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan mureksid dan sedikit aquades. Setelah itu ditambahkan 2 mL NaOH 0,1 N kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan dikocok hingga homogen kemudian dimasukkan dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang antara 400-800 nm (Rahayu *et al.*, 2011).

3.2.5.4 Penetapan kurva baku

Larutan baku kalsium 1000 ppm, dibuat 3 varian konsentrasi yaitu 10, 100, dan 200 ppm. Masing-masing konsentrasi dibuat dengan memipet 0,5; 5; 10 mL larutan baku kalsium 1000 ppm kemudian masing-masing dimasukkan dalam labu ukur 50 mL. Setiap labu ukur ditambahkan 1 mL larutan mureksid kemudian

ditambahkan sedikit aquades. Setelah itu ditambahkan 2 mL NaOH 0,1 N kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan dikocok sampai homogen kemudian dimasukkan kedalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang maksimum, dengan persamaan regresi linier $y = bx + a$ (Rahayu *et al.*, 2011).

3.2.5.5 Penetapan kadar kalsium dalam air sumur gali

Sampel air sumur gali diambil 1 mL dan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL, ditambahkan 1 mL larutan mureksid, aquades secukupnya, dan 2 mL NaOH 0,1 N ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan dikocok hingga homogen kemudian dimasukkan kedalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada gelombang maksimum. Penetapan kadar dilakukan 3 kali replikasi.

Hasil absorbansi dari masing-masing sampel di substitusikan dalam persamaan regresi linier:

$$Y = bx + a$$

Keterangan:

Y : Menyatakan absorbansi

a : Tetapan regresi (*intersep*)

b : Koefisien regresi (*slope*)

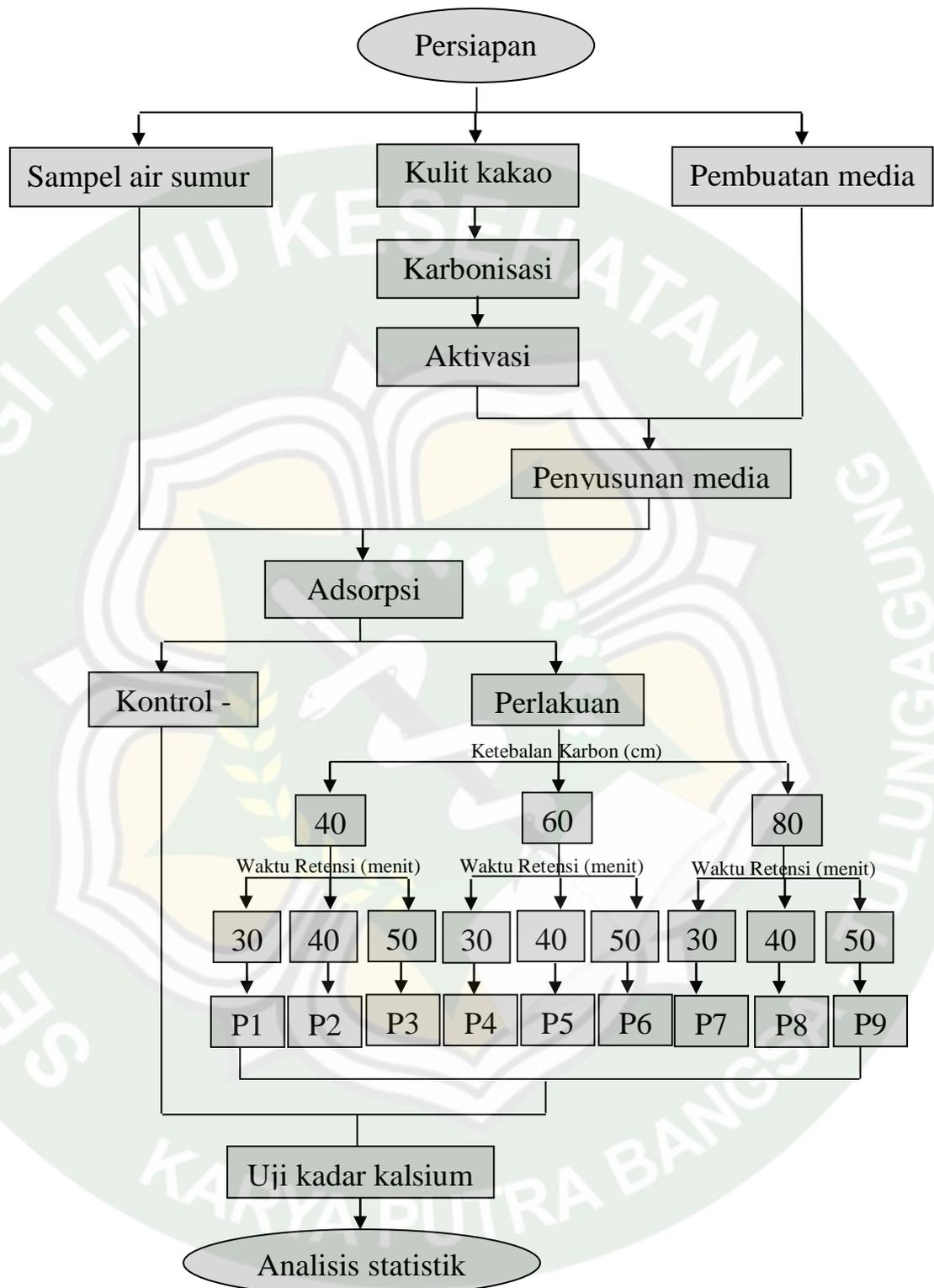
x : Konsentrasi

Kadar sampel yang sudah diketahui kemudian dihitung persentase penurunan kadarnya dengan rumus:

$$\% \text{ Kadar} = \frac{\text{Konsentrasi } K(-) - \text{Konsentrasi perlakuan}}{\text{Konsentrasi } K(-)} \times 100\%$$

3.3 Alur Penelitian

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian, metode yang akan diterapkan disajikan dalam bagan berikut:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Keterangan

Kontrol - : sampel air sumur gali tanpa adsorpsi

P1: karbon 40 cm dan waktu retensi 30 menit

P2: karbon 40 cm dan waktu retensi 40 menit

P3: karbon 40 cm dan waktu retensi 50 menit

P4: karbon 60 cm dan waktu retensi 30 menit

P5: karbon 60 cm dan waktu retensi 40 menit

P6: karbon 60 cm dan waktu retensi 50 menit

P7: karbon 80 cm dan waktu retensi 30 menit

P8: karbon 80 cm dan waktu retensi 40 menit

P9: karbon 80 cm dan waktu retensi 50 menit

3.4 Analisis Hasil

Untuk melihat signifikansi perbedaan penurunan kadar kalsium antar kelompok perlakuan maka diperlukan analisis statistik. Data absorbansi kadar kalsium sampel yang diperoleh dimasukkan kedalam Microsoft Excel kemudian di ekspor kedalam *software* SPSS untuk dianalisis. Analisis statistik menggunakan uji komparatif *Kruskal-Wallis* untuk melihat perbedaan antar variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi terhadap penurunan kadar kalsium pada sampel kemudian dilanjutkan uji *Post Hoc Mann-Whitney*. Sebelum melakukan uji komparatif *Kruskal-Wallis*, dilakukan uji normalitas dahulu yang berfungsi untuk melihat sebaran data terdistribusi normal atau tidak, syarat data terdistribusi normal jika kedua variabel atau minimal satu variabel memiliki nilai $p > 0,05$. Penggunaan uji komparatif *Kruskal-Wallis* digunakan apabila sebaran data tidak terdistribusi normal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan sampel dan media uji

Sampel penelitian yang digunakan berupa air sumur gali yang di ambil dari rumah Bapak Suryaji yang beralamat di Desa Bulus Kabupaten Tulungagung. Pemilihan sampel berdasarkan rangkaian acak lengkap dari populasi sumur gali di Desa Bulus. Teknik pengambilan sampel dengan timba plastik jenis poli propilen (PP) yang sebelumnya sudah dibilas menggunakan air dari sumur gali yang sama dengan sampel. Menurut SNI 6989.58 (2008) persyaratan wadah sampel yang dapat digunakan terbuat dari gelas atau plastik poli etilen (PE) atau poli propilen (PP) atau Teflon (Poli Tetra Fluoro Etilen,PTFE). Sampel diambil \pm 20 cm dibawah permukaan air dengan cara visual. Titik pengambilan sampel berada di lima titik bagian sumur dengan membentuk pola tanda silang dan satu titik di bagian tengah sumur. Sampel yang diambil sebanyak 20 L kemudian diletakkan dalam satu wadah plastik yang sama untuk di homogenkan.

Simulator yang digunakan berupa rangkaian pipa PVC dengan diameter 2 inci yang dilengkapi kran dibagian bawah pipa secara vertikal. Bagian dalam pipa dibuat susunan media adsorpsi berupa karbon aktif kulit kakao sesuai dengan variasi ketebalan yang digunakan. Hasil susunan media disajikan pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Media Adsorpsi

4.2 Karbonisasi kulit kakao

Karbonisasi merupakan metode untuk memperoleh arang atau karbon sebagai produk utama (Ridhuan and Suranto, 2017). Mengacu dari penelitian Shofa (2012), proses karbonisasi dibagi menjadi dua tahap yaitu dehidrasi dan karbonisasi. Limbah kulit kakao yang digunakan sebagai media diambil dari perkebunan di Desa Bulus Kabupaten Tulungagung. Limbah yang sudah terkumpul melewati tahap dehidrasi yang dilakukan dengan cara memotong kulit kakao menjadi bagian-bagian yang lebih kecil kemudian dilanjutkan dengan penjemuran di bawah sinar matahari sampai kering.

Tahap karbonisasi dilakukan dengan pembakaran pada tungku tertutup. Penutupan tungku dilakukan dengan melapisi permukaan lubang dengan pelepah pisang yang masih basah, kemudian dilapisi kain sedangkan bagian tepi yang masih dapat dilewati asap ditutup dengan tanah liat. Proses pembakaran dengan karbonisasi merupakan jenis pembakaran tidak sempurna dimana selama proses pembakaran tidak terdapat oksigen sehingga dapat dihasilkan karbon. Adanya oksigen dalam proses pembakaran akan menghasilkan abu karena terjadi proses oksidasi (Riadi, 2017). Proses karbonisasi dilakukan selama ± 2 jam untuk menghasilkan karbon yang terbakar sempurna, pembongkaran dilakukan ketika bagian luar tungku tidak panas. Menurut penelitian Syed-Hassan dan Zaini (2016) bahwa variasi waktu karbonisasi yaitu 60-150 menit merupakan variabel yang tidak berpengaruh signifikan terhadap luas permukaan, pada studi pembuatan karbon aktif dengan rancangan percobaan Taguchi dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil serupa juga diperoleh dari penelitian Loredocancino *et al.* (2013) dimana waktu tidak berpengaruh signifikan dalam optimasi luas permukaan karbon aktif. Pada percobaan karbonisasi dengan variasi waktu 2-6 jam diketahui tidak berpengaruh signifikan terhadap luas permukaan karbon aktif biji manga (Kwaghger and Adejoh, 2012). Karbon yang terbentuk di potong menjadi kepingan dengan ukuran yang sama secara visual kemudian dilakukan aktivasi. Proses dehidrasi dan karbonisasi ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Proses (a) Dehidrasi Dan (b) Karbonisasi

4.3 Aktivasi karbon

Proses aktivasi menggunakan metode aktivasi kimia. Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon pada senyawa organik dengan bantuan bahan kimia (Ramadhani *et al.*, 2020). Agen pengaktivasi yang digunakan berupa larutan KOH 5 M. Pemilihan KOH sebagai agen pengaktivasi didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Nurfitria *et al.* (2019) bahwa KOH adalah aktivator kimia yang baik untuk karbon karena dapat meningkatkan luas permukaan hingga $3000 \text{ m}^2/\text{g}$, selain itu KOH yang berperan sebagai basa kuat yang dapat menghilangkan pengotor dalam karbon hasil pengarangan yang kurang sempurna. KOH dapat berperan sebagai *dehydrating agent* yang mampu mengeluarkan air dari karbon. Proses dehidrasi akan meningkatkan luas permukaan karbon aktif karena pembentukan pori yang lebih banyak (Nurfitria *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian Rahmadani and Kurniawati (2017) yang membandingkan aktivator KOH 5 M dengan H_3PO_4 85% dengan waktu perendaman yang sama menunjukkan hasil aktivator KOH 5 M lebih baik ditinjau dari luas permukaan dan bilangan iod. Penelitian lain yang serupa dilakukan oleh Asmar *et al.* (2021) yang membandingkan aktivator KOH dengan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ dengan konsentrasi 1 M dan waktu retensi 3 jam, hasil terbaik ditunjukkan oleh aktivator KOH berdasarkan nilai rendemen, kadar air, dan serapan iodium.

Proses aktivasi dilakukan dengan merendam kepingan karbon kulit kakao dengan larutan KOH 5 M selama 24 jam. Nurfitria *et al.* (2019) dalam sebuah

penelitiannya yang membandingkan konsentrasi KOH sebagai aktivator diperoleh hasil terbaik menggunakan aktivator KOH 5 M dengan daya penyerapan terhadap *Methylen Blue* tertinggi. Kemampuan adsorpsi *Methylen Blue* oleh karbon aktif akan berbanding lurus dengan luas permukaan suatu karbon aktif (Mustafa and Noor, 2003). Luas permukaan karbon aktif yang diaktivasi dengan konsentrasi KOH 5 M yaitu sebesar 72,413 m²/mg (Nurfitria *et al.*, 2019). Penggunaan aktivator dengan konsentrasi yang tinggi mampu melarutkan kadar tar yang semakin banyak sehingga menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang semakin besar (Rahmadani and Kurniawati, 2017).

Setelah dilakukan perendaman kemudian dicuci dengan aquades sampai pH netral, kemudian dilanjutkan dengan pengovenan menggunakan suhu 200 °C selama 2 jam. Hasil pengovenan berupa karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, memiliki permukaan yang halus, mengkilap, lebih rapuh dan lebih ringan. Sesuai dengan hasil penelitian Meisrilestari *et al.* (2013) karbon aktif hasil aktivasi akan terjadi perubahan massa, tekstur yang semula padat dan keras menjadi lebih rapuh dan mengkilap. Terjadinya perubahan massa disebabkan proses aktivasi terjadi pembentukan dan penyusunan arang, sehingga pori yang terbentuk akan lebih besar yang mengakibatkan berat arang menjadi berkurang karena struktur pori tidak rapat sebelum dilakukan aktivasi (Meisrilestari *et al.*, 2013).

4.4 Penyusunan media uji

Media uji yang digunakan yaitu media dengan susunan karbon aktif sebagai adsorben. Rangkaian media uji dengan agen pengadsorpsi dibedakan menjadi tiga media berdasarkan perbedaan ketebalan karbon aktif yaitu 40, 60 dan 80 cm. Pemilihan ketebalan karbon aktif berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bujawati *et al.* (2014) mengenai pengaruh ketebalan karbon aktif dalam menurunkan kadar kalsium air, hasil terbaik yang diperoleh yaitu penggunaan karbon aktif dengan ketebalan 60 cm dapat menurunkan kadar kalsium mencapai 72,71%. Pengukuran tingkat kerapatan susunan kepingan karbon aktif dilakukan secara visual.

4.5 Proses adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan tanpa pengulangan pada masing-masing perlakuan. Hal tersebut bertujuan untuk memperkecil terjadinya kejenuhan karbon aktif. Sampel yang di adsorpsi pada masing-masing simulator disamakan volumenya sebanyak 2 L. Hasil penyaringan pada masing-masing perlakuan menghasilkan air yang berwarna hitam. Hal tersebut dikarenakan adanya kemampuan karbon aktif dalam mengikat ion kalsium secara kimia dengan membentuk suspensi pada sampel sehingga terbentuk warna hitam (Qonita *et al.*, 2019).

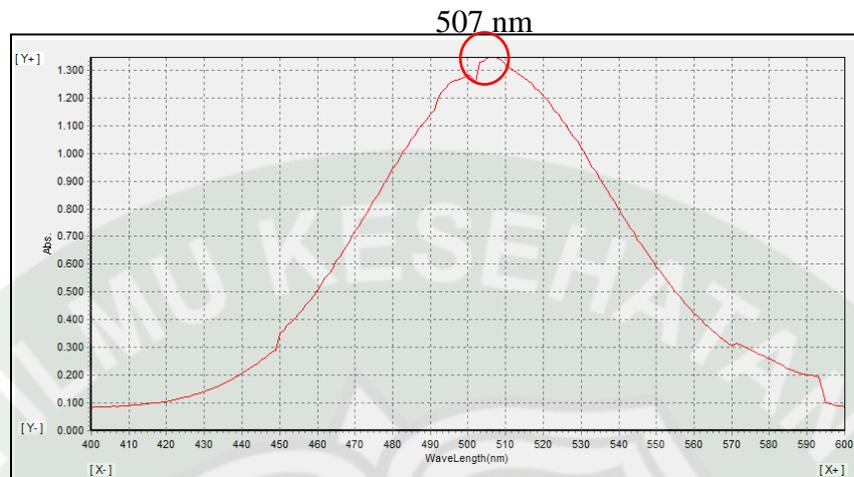
4.6 Uji kadar kalsium

Uji kadar kalsium dilakukan pada kelompok kontrol negatif dan kelompok perlakuan dengan tiga kali pengulangan.

4.6.1 Penetapan panjang gelombang maksimum

Penetapan panjang gelombang maksimum dengan melakukan pengukuran absorbansi dari larutan baku $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm. Larutan baku 1000 ppm dilakukan pengenceran dengan memipet 1 mL kedalam labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan 1 mL larutan mureksid dan 2 mL larutan NaOH 0,1 N. Penambahan larutan mureksid kedalam larutan baku terbentuk warna merah bata kemudian penambahan NaOH terbentuk warna merah anggur pekat. Penambahan NaOH 0,1 N akan membentuk larutan dengan pH 12-13 sehingga larutan dalam keadaan stabil untuk membentuk kompleks (Migisya, 2020). Kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas sehingga terbentuk larutan berwarna merah anggur.

Larutan hasil preparasi dimasukkan kedalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Pembacaan absorbansi dilakukan tiga kali pengulangan di wilayah visibel karena sampel uji yang digunakan membentuk warna. Hasil pembacaan diperoleh panjang gelombang maksimum 507 nm dengan rata-rata absorbansi 1,340. Gelombang larutan baku kalsium yang terbentuk akan ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Gelombang Larutan Baku Kalsium

4.6.2 Penetapan kurva baku

Kurva baku standar kalsium dibuat menggunakan tiga variasi konsentrasi yaitu 10, 100, dan 200 ppm yang diencerkan dari larutan baku induk kalsium 1000 ppm. Pembuatan larutan dilakukan dengan memipet masing-masing 0,5; 5 dan 10 mL larutan baku kalsium 1000 ppm kedalam labu ukur 50 mL. Kemudian masing-masing labu ukur ditambahkan 1 mL larutan mureksid dan 2 mL larutan NaOH 0,1 N kemudian ditanda bataskan menggunakan aquades. Larutan dihomogenkan kemudian dimasukkan kedalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 507 nm. Perbedaan konsentrasi larutan baku kalsium menunjukkan warna merah anggur dengan warna yang semakin terang pada konsentrasi semakin tinggi. Pembacaan absorbansi pada setiap variasi konsentrasi dilakukan tiga kali pengulangan. Hasil absorbansi kurva baku akan ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Absorbansi Kurva Baku

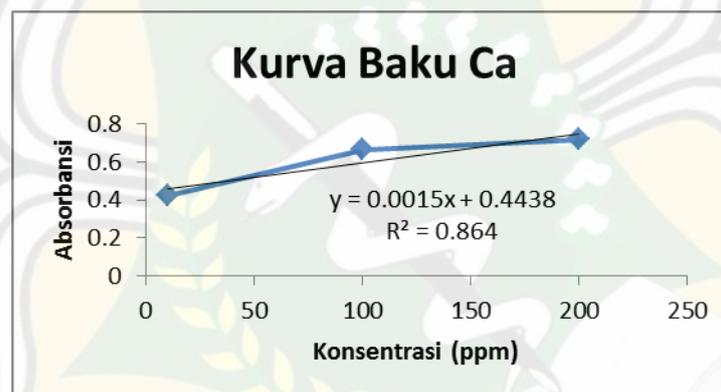
Konsentrasi Ca	Absorbansi			Rata-rata Abs.
	R1	R2	R3	
10 ppm	0,422	0,420	0,429	0,424
100 ppm	0,668	0,665	0,659	0,664
200 ppm	0,725	0,716	0,716	0,719

Keterangan:

R: replikasi

Abs.: absorbansi

Pada Tabel 4.1 menunjukkan nilai absorbansi dari masing-masing variasi konsentrasi larutan baku kalsium. Terjadinya peningkatan nilai absorbansi seiring meningkatnya konsentrasi larutan. Hasil rata-rata absorbansi akan disajikan dalam bentuk kurva yang ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Kurva Baku Ca

Gambar 4.4 menunjukkan kurva baku kalsium yang diperoleh dari absorbansi variasi konsentrasi kalsium. Penyajian dengan kurva baku bertujuan untuk memperoleh persamaan regresi linier yang akan digunakan untuk menghitung konsentrasi kalsium pada sampel. Dari kurva baku yang terbentuk diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,0015x + 0,4438$ dengan nilai $R^2 = 0,864$.

4.6.3 Penetapan kadar kalsium dalam air sumur gali

Penetapan kadar kalsium dilakukan pada 10 sampel yang terdiri dari 1 sampel kelompok kontrol positif dan 9 sampel kelompok perlakuan. Masing-masing sampel dipreparasi untuk dilakukan pembacaan preparasi. Setiap sampel

diambil 1 mL dan dimasukkan pada masing-masing labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan 1 mL mureksid, 2 mL NaOH 0,1 N dan ditanda bataskan dengan aquades. Masing-masing sampel hasil preparasi menunjukkan warna dengan kekuatan yang berbeda. Pembacaan absorbansi masing-masing sampel dilakukan tiga kali pengulangan yang akan disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Absorbansi Sampel

Perlakuan		Absorbansi			Rata-Rata
KKA (cm)	WR (menit)	R1	R2	R3	Abs.
40	30	0,688	0,690	0,703	0,694
	40	0,570	0,567	0,585	0,574
	50	0,842	0,843	0,908	0,875
60	30	0,784	0,790	0,809	0,794
	40	0,613	0,611	0,638	0,621
	50	0,483	0,487	0,485	0,484
80	30	0,565	0,564	0,586	0,572
	40	0,516	0,518	0,543	0,526
	50	0,576	0,577	0,577	0,577
Kontrol (-)		0,828	0,831	0,854	0,838

Keterangan:

KKA: ketebalan karbon aktif

WR: waktu retensi

R1: replikasi ke-1

R2: replikasi ke-2

R3: replikasi ke-3

Abs.: absorbansi

Tabel 4.2 menyajikan data rata-rata absorbansi sampel perlakuan yang dilakukan tiga kali replikasi. Berdasarkan nilai absorbansi kelompok kontrol negatif memiliki nilai absorbansi 0,838 kemudian apabila dibandingkan dengan kelompok perlakuan semuanya cenderung terjadi penurunan absorbansi. Artinya ketebalan karbon aktif dan waktu retensi memberi pengaruh terhadap penurunan kadar kalsium. Berdasarkan data rata-rata absorbansi dilakukan penghitungan kadar konsentrasi kalsium dan persentase penurunan kadar pada setiap perlakuan. Hasil perhitungan kadar dan persentase penurunan kadar kalsium disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Kadar Kalsium Dan Persentase Penurunan Kadar

KKA (cm)	WR (menit)	Konsentrasi Ca (ppm)	Penurunan Konsentrasi (ppm)	% Penurunan
K -	0	262,800	0	0
40	30	166,800	96	36,530
	40	86,800	176	66,971
	50	287,467	-24,667	-9,386
60	30	233,467	29,333	11,162
	40	111,467	151,333	57,585
	50	28,800	234	89,041
80	30	85,467	177,333	67,478
	40	54,800	208	79,148
	50	88,800	174	66,210

Keterangan:

KKA: ketebalan karbon aktif

WR: waktu retensi

Berdasarkan Tabel 4.3 terdapat delapan sampel dari kelompok perlakuan yang mengalami penurunan kadar kalsium bila dibandingkan dengan kelompok kontrol negatif. Pada kelompok kontrol negatif memiliki kadar kalsium 262,800 ppm, hal tersebut menunjukkan air tergolong sadah. Menurut Sutrisno (2007) air tergolong sadah apabila memiliki kadar kalsium 150-300 mg/L. Mengacu pada Permenkes tentang standar baku mutu air minum dengan tingkat kesadahan maksimum 500 mg/L menandakan sampel kontrol negatif masih termasuk dalam standar air layak konsumsi. Namun mengonsumsi air dengan golongan sadah akan meningkatkan resiko batu ginjal akibat terakumulasinya endapan CaCO_3 (Satrawijaya, 2002).

Berdasarkan tabel 4.3 pada ketebalan karbon aktif 40 cm dengan variasi waktu retensi memiliki kadar penurunan optimum pada waktu retensi 40 menit. Pada waktu retensi 30 menit memiliki kadar penurunan dibawah waktu retensi 40 menit, hal tersebut di karenakan kurangnya waktu kontak antara sampel air dengan karbon aktif sehingga proses adsorpsi kalsium belum optimal. Sedangkan pada waktu retensi 50 menit terjadi peningkatan konsentrasi kalsium apabila dibandingkan dengan kontrol negatif. Hal tersebut dimungkinkan terjadi kejenuhan

karbon aktif terhadap pengikatan ion kalsium. Selain itu adanya kandungan CaO pada kulit kakao memungkinkan adanya pelepasan ion Ca pada sampel sehingga kadar kalsium sampel perlakuan lebih tinggi dari kontrol negatif. Hal itu sesuai dengan pernyataan Bujawati (2014) apabila karbon aktif mengalami kejenuhan maka akan terjadi pelepasan kembali sehingga sampel setelah perlakuan menunjukkan hasil peningkatan kesadahan.

Pada ketebalan karbon aktif 60 cm dengan variasi waktu retensi memiliki peningkatan dalam menurunkan kadar kalsium. Dengan variasi waktu retensi 30, 40 dan 50 menit secara berturut-turut terjadi peningkatan penurunan kadar kalsium sebesar 11,162 %, 57,585 % dan 89,041 %. Sesuai penelitian yang dilakukan oleh Bujawati (2014) yang membandingkan ketebalan karbon aktif diperoleh hasil ketebalan optimum pada ketebalan 60 cm dengan peningkatan kemampuan penurunan seiring meningkatnya waktu retensi. Penelitian serupa dilakukan oleh Ristiana *et al.* (2009) mengenai pengaruh ketebalan karbon aktif terhadap penurunan kesadahan menunjukkan hasil penurunan kadar kesadahan pada ketebalan karbon aktif 60 cm sebesar 71,54 %. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Nurullita *et al.* (2010) yang membandingkan pengaruh lama kontak menunjukkan hasil peningkatan persen penurunan kadar seiring meningkatnya lama kontak. Penelitian serupa dilakukan oleh Lustiningrum (2013) dengan membandingkan pengaruh lama kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar kesadahan yang menunjukkan hasil semakin lama waktu kontak maka kadar kesadahan semakin menurun.

Sedangkan pada ketebalan 80 cm dengan variasi waktu retensi mencapai kadar penurunan optimum pada waktu 40 menit dengan persen penurunan 79,148 %. Waktu retensi 50 menit menunjukkan penurunan persentase penurunan kadar kalsium. Hal tersebut dikarenakan terjadi kejenuhan karbon aktif pada waktu retensi 50 menit. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Masitoh dan Sianita (2013) meningkatnya waktu retensi diatas waktu optimum menyebabkan penurunan kadar kalsium tidak berarti, hal tersebut dikarenakan sisi aktif dari karbon aktif mencapai kondisi jenuh sehingga kemampuan adsorpsi menurun.

Penurunan kadar kalsium dengan variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi memiliki nilai signifikansi $\leq 0,05$ sebagaimana Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Nilai Signifikansi Uji Statistik

Perlakuan Uji	Perlakuan Pemanding	P	Makna
K-	WR 30 KKA 40	0,050	Signifikan
	WR 30 KKA 60	0,050	Signifikan
	WR 30 KKA 80	0,050	Signifikan
	WR 40 KKA 40	0,050	Signifikan
	WR 40 KKA 60	0,050	Signifikan
	WR 40 KKA 80	0,050	Signifikan
	WR 50 KKA 40	0,275	Tidak signifikan
	WR 50 KKA 60	0,050	Signifikan
	WR 50 KKA 80	0,046	Signifikan

Keterangan:

KKA: ketebalan karbon aktif

WR: waktu retensi

Nilai signifikansi $\leq 0,05$ menunjukkan bahwa variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi memiliki pengaruh terhadap kemampuan dalam menurunkan kadar kalsium air sumur gali yang berbeda nyata. Hal tersebut sebagaimana pada Tabel 4.3 mengenai persentase penurunan kadar kalsium dengan variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi diperoleh variasi optimum pada ketebalan 60 cm dan waktu retensi 50 menit dengan persen penurunan mencapai 89,041 % atau 234 ppm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi ketebalan karbon aktif dan waktu retensi dapat menurunkan kadar kalsium pada air sumur gali dengan hasil optimum diperoleh pada ketebalan karbon aktif 60 cm dengan waktu retensi 50 menit.
2. Hasil optimum penurunan kadar kalsium air sumur gali mencapai 89,041 % dengan konsentrasi penurunan 234 ppm, nilai signifikansi perbedaan penurunan $\leq 0,05$.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai dari variasi karbon aktif ditinjau dari berat karbon sebagai media adsorben.
2. Perlu dilakukan karakterisasi karbon aktif dengan SEM atau penentuan gugus fungsi dengan FT-IR.
3. Perlu penggunaan vakum dalam proses filtrasi dan adsorpsi karbon aktif dengan bentuk serbuk.
4. Perlu adanya validasi setiap variasi simulator dengan melakukan replikasi pada proses adsorpsi.
5. Perlu adanya kelompok pembanding K (+) dari karbon aktif murni secara komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidha, N. N, 2013, Aktivasi Zeolit Secara Fisika Dan Kimia Untuk Menurunkan Kadar Kesadahan (Ca Dan Mg) Dalam Air Tanah. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 35(1), 58. <https://doi.org/10.24817/Jkk.V35i1.1874>
- Alaya, M. Ben, Saidi, S., Zemni, T., & Zargouni, F., 2014, Suitability Assessment Of Deep Groundwater For Drinking And Irrigation Use In The Djefara Aquifers (Northern Gabes, South-Eastern Tunisia). *Environmental Earth Sciences*, 71(8), 3387–3421. <https://doi.org/10.1007/S12665-013-2729-9>
- Aryani, F., 2019, Aplikasi Metode Aktivasi Fisika Dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera* L). *Indonesian Journal Of Laboratory*, 1(2), 16. <https://doi.org/10.22146/Ijl.V1i2.44743>
- Badan Standardisasi Nasional, 2008, SNI 6989.58:2008 Air Dan Air Limbah – Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah. *Sni 6989.59:2008*, 59, 23. http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/SNI_-6989-59-2008-_Metoda-Pengambilan-Contoh-Air-Limbah.Pdf
- Bujawati, E., Rusmin, M., & Basri, S, 2014, Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Tingkat Kesadahan Air Di Wilayah Kerja Puskesmas Sudu Kabupaten Enrekang 2013. *Jurnal Kesehatan*, 7(1), 332–345.
- Dachriyanus, 2004, Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi
- Dinas Kebersihan Dan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung, 2007, Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Tahun 2007 Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten.
- Fadhillah, M., & Wahyuni, D., 2016, Efektivitas Penambahan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Dalam Proses Filtrasi Air Sumur. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 3(2), 93–98. <https://doi.org/10.25311/Keskom.Vol3.Iss2.110>
- Fauzi, A., & Putra, M. M. A., 2016, Nefrolitiasis. *Majority*, 5(2), 69–73.
- Ferawanda, 2021, Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.)

- Sebagai Penyerap Logam Timbal Dalam Oli Bekas, Universitas Tandulako
- Hanifah, A. M., 2019, *Karya Tulis Ilmiah Analisis Kadar Kalsium (Ca) Pada Susu Sapi Segar Yang Beredar Di Area Madiun Dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis*
- Hasanah, M., Asahan, U., Mesin, P. T., & Utara, K. S., 2019, Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Karakteristik. *Laminar*, 1(1), 22–27.
- Hersch, R. W., 2012, Water Quality For Drinking: WHO Guidelines. *Encyclopedia Of Earth Sciences Series*, 876–883. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6_184
- Hidayanti, T., Handayani, I., & Ikasari, I. H., 2013, Statistika Dasar Panduan Bagi Dosen Dan Mahasiswa. In *Journal Of Chemical Information And Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Isroi, 2007, Pengomposan Limbah Kakao. Materi Pelatihan TOT Budi Daya Kopi dan Kakao Staf BPTP di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember
- Izhar, M., Haripurnomo, K., & Darmaatmodjo, S., 2007, Hubungan Antara Kesadahan Air Minum, Kadar Kalsium Dan Sedimen Kalsium Oksalat Urin Pada Anak Usia Sekolah Dasar. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 23(4), 200–209.
- Jahanshahi, R., & Zare, M., 2016, Hydrochemical Investigations For Delineating Salt-Water Intrusion Into The Coastal Aquifer Of Maharlou Lake, Iran. *Journal Of African Earth Sciences*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.05.014>
- Jain, 2010, Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Juwita AL, Ahmad I, Bujawati E, Basri S., 2018. efektifitas penggunaan arang limbah kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk menurunkan kesadahan, salinitas dan senyawa organik air, *Higieni* 4 (1)
- Krisna, D. N. P., 2011, Faktor Risiko Penyakit Batu Ginjal. In *KEMAS* (Vol. 7, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/index.php/kemas>
- Kyotani T. 2000. Control Of Pore Structure In Carbon. *Carbon* 38:269-286
- Kwaggher A., Adejoh E. 2012. Optimization of Conditions For The Preparation

- of Activated Carbon from Mango Nuts Using $ZnCl_2$. *International Journal of Engineering Research and Development*. 1(8):1-7
- Lempang, M., 2014, Pembuatan Dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80. [Http://Ejournal.Forda-Mof.Org/Ejournal-Litbang/Index.Php/Buleboni/Article/View/5041/4463arang](http://Ejournal.Forda-Mof.Org/Ejournal-Litbang/Index.Php/Buleboni/Article/View/5041/4463arang)
- Leonardo-Cancino M., Soto-Regalado E., Cerino-Cordova F.J., Garcia-Reyes R.B., Garcia-Leon A.M., Garza-Gonzalez M.T. 2013. Determining Optimal Conditions to Produce Activated Carbon From Barley Husks Using Single or Dual Optimization. *Journal of Environmental Management*
- Manocha S. 2003. Porous Carbon. *Sandhana* 28 (1-2): 335-34
- Maran, A. A., & Pare, B. N., 2019, Penurunan Kesadahan Pada Air Sumur Gali Melalui Proses Pemanasan Menggunakan Wadah Periuk Tanah. *The Journal Of Environmental Health Research*, 3(1), 153–157. [Http://Jurnal.Poltekeskupang.Ac.Id/](http://Jurnal.Poltekeskupang.Ac.Id/)
- Masitoh, Y., & Sianita, M., 2013, Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao L.*) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (Ii) Dalam Pelarut Air (Utilization Of (*Theobroma Cacao. L*) Cacao Skin For Activated Carbon As Adsorbent Cadmium (Ii) In Solution). *UNESA Journal Of Chemistry*, 2(2), 23–28.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H., 2013, Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia. *Konversi*, 2(1), 45. <https://doi.org/10.20527/K.V2i1.136>
- Migisya, N. F., 2020, Validasi Metode Kesadahan Total Pada Air Formasi Secara Titrimetri Di Pt. Pertamina Ep Asset 3 Jatibarang Field. *Skripsi*, 56–58. <https://dspace.uui.ac.id/>
- Muliani, 2012, Exercise Enhancing Calcium Absorption Mechanism. *Medicina*, 43, 103–107.
- Musiam, S., Darmiani, S., Maulana, A., Putra, P., Farmasi, A., & Banjarmasin, I., 2015, *Analisis Kuantitatif Kesadahan Total Air Minum Isi Ulang Yang Dijual Di Wilayah Kayu Tangi Kota Banjarmasin*. 1(2), 145–148.
- Ningsih D.A., Said I., Ningsih P. 2016. Adsorpsi Logam Berat Timbal (Pb) Dari

- Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*. 5(2)
- Nurfahma, N., Rosdiana, R., & Adami, A., 2021, Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Sebagai Media Adsorpsi Logam Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.51454/Teluk.V1i1.117>
- Nurfitria, N., Febriyantiningrum, K., Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Pangastuti, D. D., Maulida, H., & Ariyanti, F. N., 2019, Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) Pada Karbon Aktif Dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb Dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Akta Kimia Indonesia*, 4(1), 75. <https://doi.org/10.12962/J25493736.V4i1.5071>
- Nurhayati, Zikri. 2020. Efektifitas Karbon Aktif Cangkang Buah Kluwek (*Pangium edule*) Dan Cangkang Biji Kopi (*Coffea arabica* L.) Terhadap Daya Serap Gas CO Dan Partikel Pb Emisi Kendaraan Bermotor. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*. 5(1)
- Nurullita, U., Astuti, R., & Arifin, M. Z., 2010, Pengaruh Lama Kontak Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Persentase Penurunan Kesadahan CaCO_3 Air Sumur Artesis. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 6, 48–56.
- Pambayun, Gilar S., Yulianto, Remigius Y.E., Rachimoellah M., Putri E.M.M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator ZnCl_2 dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2: 117-120
- Pandia S., Siahn A.D., Hutangalung A.T. 2017. Pemanfaatan Adsorben Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand Pada Palm Oil Mill Effluent. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 6(3)
- Permenkes RI, 2010, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. In *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (P. MENKES)*.

- Prasetyo A., Yudi A., Astuti R.N. 2011. Adsorpsi Metilen Blue Pada Karbon Aktif Dari Ban Bekas Dengan Variasi Konsentrasi NaCl pada Suhu Pengaktifan 600°C dan 650°C. *Jurnal Neutron*, Vol. 4: 16-23
- Pratiwi, Eka P, M. Yatim, & Edahwati, L., 2010, Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Cokelat Sebagai Bioethanol. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono*, ISSN 1978-0427, 1–10.
- Putranto, T. T., Widiarso, D. A., & Susanto, N., 2017, Assessment Of Groundwater Quality To Achieve Sustainable Development In Semarang Coastal Areas. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 79(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/79/1/012001>
- Qonita, H. N., Izah, M., Harahap, N. A. H., & Pakpahan, I. S., 2019, Pengurangan Kesadahan Ca Dan Mg Dengan Karbon Aktif Dan Pengaruhnya Terhadap Kelayakan Konsumsi Pada Air Tanah Di Dusun Sambirejo , Kelurahan Talak Broto, Kecamatan Simo, Kabupaten Boyolali. In *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan* (Pp. 808–814). <https://repository.ugm.ac.id>
- Rahayu, W. S., Utami, P. I., & Kurniawati, A., 2011, Validitas Penetapan Kadar Kalsium Dalam Sediaan Tablet Multivitamin Secara Spektrofotometri Ultraviolet-Visibel. In *Pharmacy Journal* (Vol. 8, Issue 2, Pp. 34–41).
- Rahmadani, N., & Kurniawati, P., 2017, Sintesis Dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam Dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya 2017, November*, 154–161.
- Rahmadani, S., 2011, Penentuan Kadar Kalsium Dengan Metode Permanganometri Terhadap Tempe
- Rahmawanti, N., & Dony, N., 2016, Studi Arang Aktif Tempurung Kelapa Dalam Penjernihan Air Sumur. *Al Ulum Sains Dan Teknologi*, 1(2), 84–88.
- Ramadhani, L. F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, & Erwan A. Saputro., 2020, Review: Teknologi Aktivasi Fisika Pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.518>
- Ramdja A.F., Halim M., Handi J. 2008. Pembuatan Karbon Aktif Dari pelepah Kelapa (*Cocus nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15: 1-8

- Ridhuan, K., & Suranto, J., 2017, Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 50–56. <https://doi.org/10.24127/Trb.V5i1.119>
- Ristiana, N., Asuti, D., & Kurniawan, T. P., 2009, Keefektifan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Karang Tengah Weru Kabupatæn Sukoharjo. *Jurnal Kesehatan*, 2(1), 91–102. <https://doi.org/10.1007/BF02307707>
- Risty, M., Luthfi, M., Syaiful, M., Tulungagung, K., Patahan, G. P., Geomorfologi, S., Homoklin, P., Campurdarat, F., Mandalika, F., Belakang, L., Studi, P., Geologi, T., Teknik, F., & Pakuan, U., 2019, Geologi Dan Studi Analisis Kimia Serta Sumberdaya Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, 1(1), 1–16.
- Rohma, W., & Sutedjo, A., 2018, Analisis Kesadahan Air Tanah Dangkal Dalam Kaitannya Dengan Kebutuhan Air Domestik Di Sekitar Bukit Kapur Sadeng Kecamatan Puger. *Swara Bhumi*, 5(9).
- Rumidatul A. 2006. Efektifitas Arang Aktif Sebagai Absorben Pada Pengolahan Air Limbah. Tesis Pascasarjana IPB, Bogor
- Said, N. I., R., 2008, Penghilangan Kesadahan Di Dalam Air Minum. *Teori Dan Pengalaman Praktis*, 387–442.
- Sartika, M., 2019, Variasi Ketebalan Batu Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air. *Tugas Akhir*, 8(5), 55.
- Setyaningsih H. 1995. Pengolahan Limbah Batik Dalam Proses Kimia Dan Adsorpsi Karbon Aktif. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Indonesia, Jakarta
- Shofa, 2012, Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida
- Subadra I., Setiaji B., Tahir I. 2005. Aktivated Carbon Production From Coconut Shell With (NH₄)HCO₃ Activator As An Adsorben In Virgin Coconut Oil Purification. Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional DIES ke

- 50 hal 1-8, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 17 September
- Suhendarwati L., Suharto B., Susanawati L.D. 2014. Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida Pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan*, 1(1): 19-25
- Sulistyo, J., Marsoem, S. N., Kholik, A., & Wibowo, M. N., 2017, Proses Pengarangan Dari Tungku/Dapur Pengarang Konvensional Dan Permanen Di Wonosari, Gunungkidul. *Seminar MAPEKI XX (Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia) 2017, 1*, 206–216.
- Sukarta F. 2014. Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Dan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat Pada Limbah Batik. *Skripsi*. Institute Pertanian Bogor
- Syed-Hassan S.S.S., Zaini M.S.M. 2016. Optimizatin of the Preparation of Activated Carnon From Palm Kernel Shell for Methana Adsorption Using Taguchi Orthogonal Array Design. *Korean J. Chem. Eng* 33(8)
- Turmuzi M., Syahputra A. 2015. Pengaruh Suhu Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Salak (*Salacca edulis*) Dengan Impregnasi Asam Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia*, 1-5
- Utomo, S., 2014, Pengaruh Waktu Aktivasi Dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH. *Prosiding SEMNASTEK Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, November*, 1–4.
- Yazid, E. A., & Afda'u, A. F., 2016, Penurunan Kesadahan Dengan Pendidihan Pada Air Sumur Gali Di Desa Sidokumpul, Kecamatan Bungah, Gresik. *Sains*, 6(12), 15–20.
- Yuliusman. 2016. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Melalui Aktifasi Kimia Dengan KOH dan Fisika Dengan CO₂. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XII*. pp. 1-6
- Yuniar, Mapparau, Nurhaeni. 2015. Kajian Daya Serap Arang Tempurung Kemiri (*Aleorotes moluccana*) Terhadap Ion Besi (III) Dan Ion Timbal (II). *Kovalen*. 1(1)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uraian Bahan

1. Air Suling (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi	: <i>Aqua Destilata</i>
Sinonim	: Air Suling
Rumus molekul	: H ₂ O
Kelarutan	: -
Pemerian	: Cairan jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak mempunyai rasa
Berat molekul	: 18,02 gr/mol
Kegunaan	: Pelarut

2. Natrium Hidroksida (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi	: <i>Natrii Hydroxidum</i>
Sinonim	: Natrium Hidroksida
Rumus molekul	: NaOH
Berat molekul	: 40
Pemerian	: Bentuk batang, butiran, masa hablur atau keeping, kering keras rapuh dan menunjukkan susunan hablur
Kelarutan	: Mudah larut dalam air dan etanol 95%
Kegunaan	: Sebagai pereaksi

3. Mureksid (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi	: <i>Amonium purpurate</i>
Sinonim	: Mureksid
Pemerian	: Serbuk ungu
Penyimpanan	: Dalam wadah tertutup baik
Kegunaan	: Sebagai indikator

4. Etanol 96% (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi	: <i>Aethanolum</i>
Sinonim	: Etanol
Pemerian	: Cairan tak berwarna, jernih, mudah menguap dan mudah bergerak, bau khas, rasa panas. Mudah

terbakar dengan memberikan nyala biru yang tidak berasap.

Kelarutan : Sangat mudah larut dalam air, dalam *kloroform P* dan dalam *eter P*

Penyimpanan : Dalam wadah tertutup rapat, terlindung dari cahaya; ditempat sejuk, jauh dari nyala api

Kegunaan : Zat tambahan

5. KOH (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi : *Potassium hydroxide*

Sinonim : Kalium hidroksida

Pemerian : Serbuk, putih, rasa agak pahit

Kelarutan : Larut dalam kurang lebih 630 bagian air, dan 1300 bagian air mendidih, praktis tidak larut dalam etanol (95%), larut dalam gliserol dan dalam sirup

Kegunaan : Basa atau alkali dan pembentuk sabun

6. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Dirjen POM, 1979)

Nama resmi : *Calcii Chloridum*

Sinonim : Kalsium Klorida

Pemerian : Hablur tidak berwarna, tidak berbau, rasa agak pahit, meleleh basah

Penyimpanan : Dalam wadah tertutup rapat

Kegunaan : Sumber ion kalsium

Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi Larutan

a. Variasi Konsentrasi Larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Pembuatan variasi konsentrasi larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10, 100, dan 200 ppm dari larutan baku $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm.

a.) 10 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

b.) 100 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

c.) 200 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 200 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{200 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

b. Larutan NaOH 1 N 50 mL

$$N = \frac{n \times a}{V}$$

$$= \frac{gr}{Mr} \times a / V$$

$$0,1 = \frac{gr}{40} \times 1 / 0,05 \text{ L}$$

$$= \frac{gr}{40} \times \frac{1}{0,05}$$

$$= \frac{gr}{2}$$

$$gr = 0,2$$

c. Larutan KOH 5 M 4 L

$$M = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$5 M = \frac{gr}{56} \times \frac{1000}{4000}$$

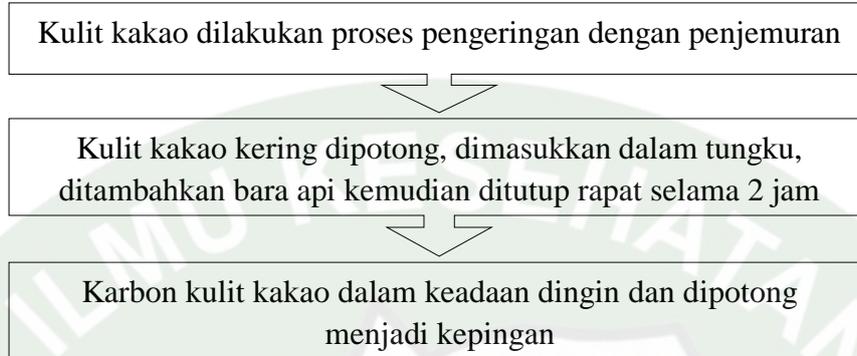
$$= \frac{gr}{224}$$

$$gr = 1120$$

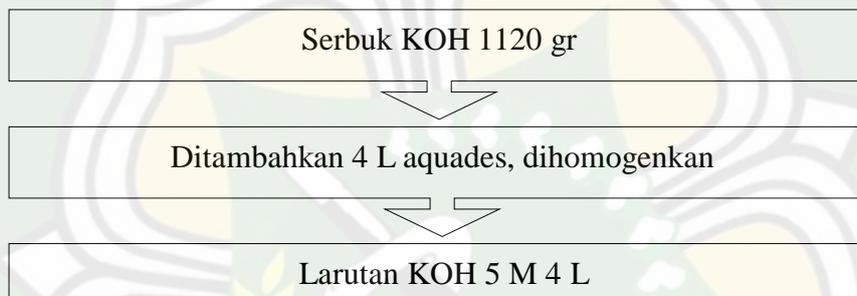


Lampiran 3. Prosedur Kerja

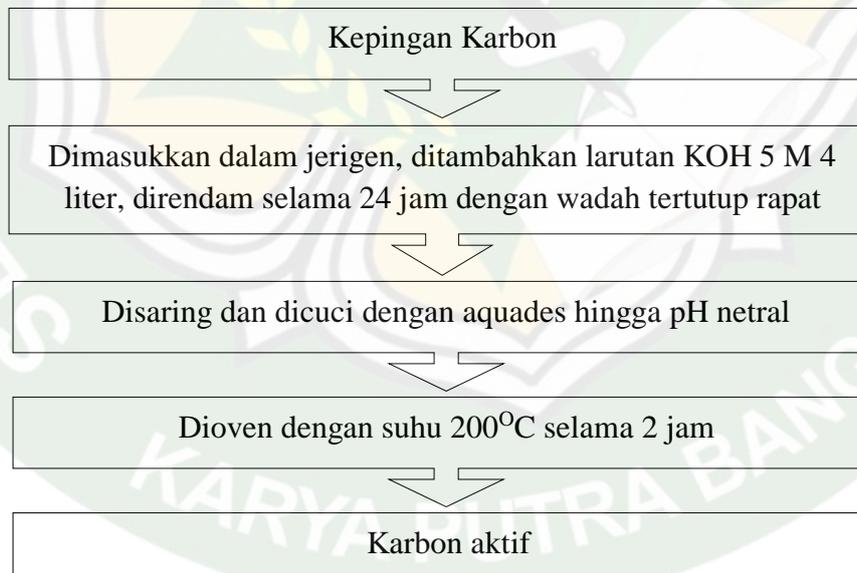
a. Karbonisasi



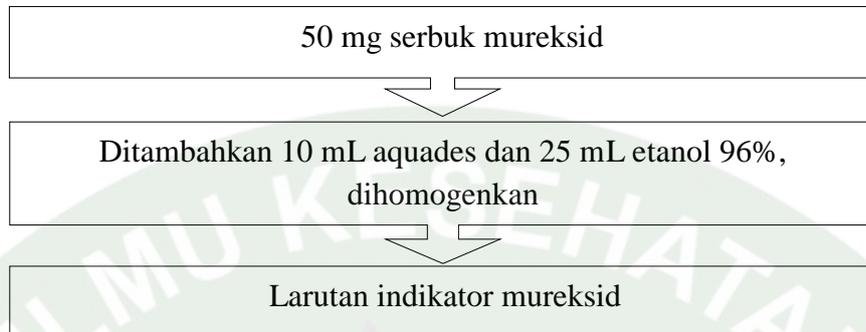
b. Pembuatan Larutan KOH 5 M 4 L



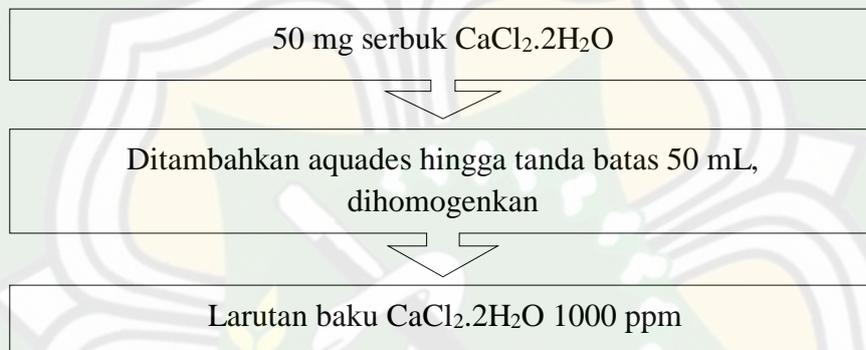
c. Aktivasi Karbon



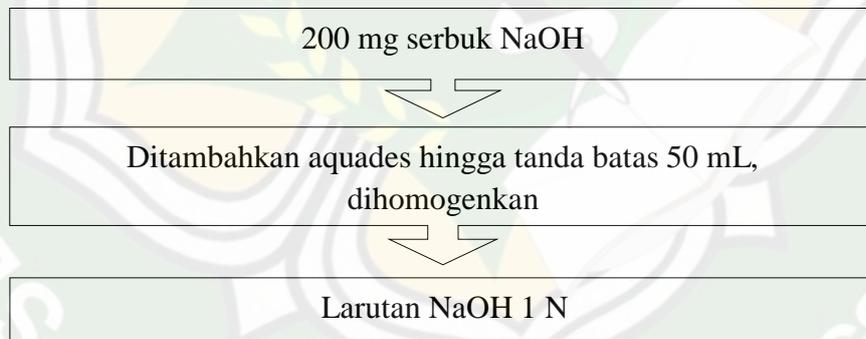
d. Pembuatan Larutan Mureksid



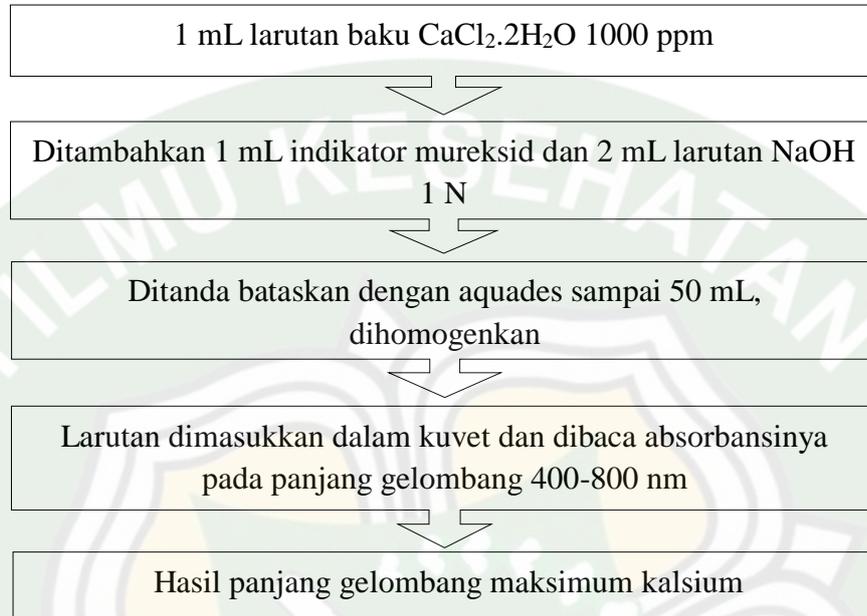
e. Pembuatan Larutan Baku $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm



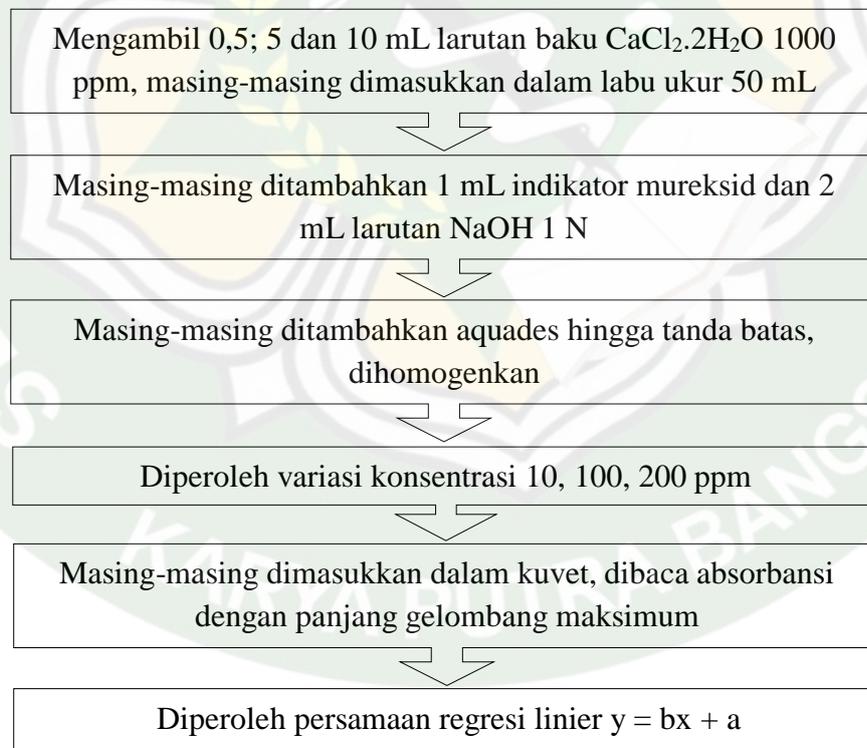
f. Pembuatan Larutan NaOH 1 N



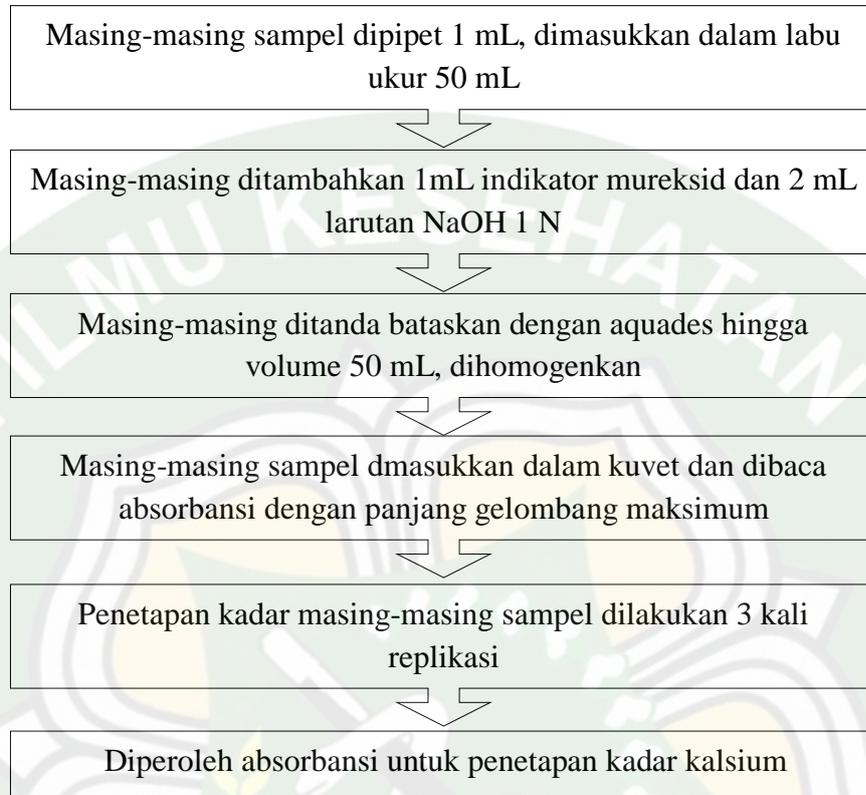
- g. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Baku $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm



- h. Pembuatan Variasi Konsentrasi Larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



i. Penetapan Kadar Kalsium Sampel



Lampiran 4. Dokumentasi

1. Preparasi alat dan bahan



Rangkaian simulator



Alat dan Bahan



Kulit Kakao

2. Karbonisasi kulit kakao



Proses dehidrasi



Proses karbonisasi



Karbon

3. Aktivasi karbon kulit kakao



Penimbangan bahan



Larutan KOH 5



Proses perendaman



Pencucian karbon



Pengovenan



Karbon

4. Proses adsorpsi



Adsorpsi sampel



Hasil adsorpsi

5. Penetapan kurva baku



Preparasi penetapan
kurva baku

6. Penetapan kadar kalsium sampel



Mureksid dan Larutan NaOH

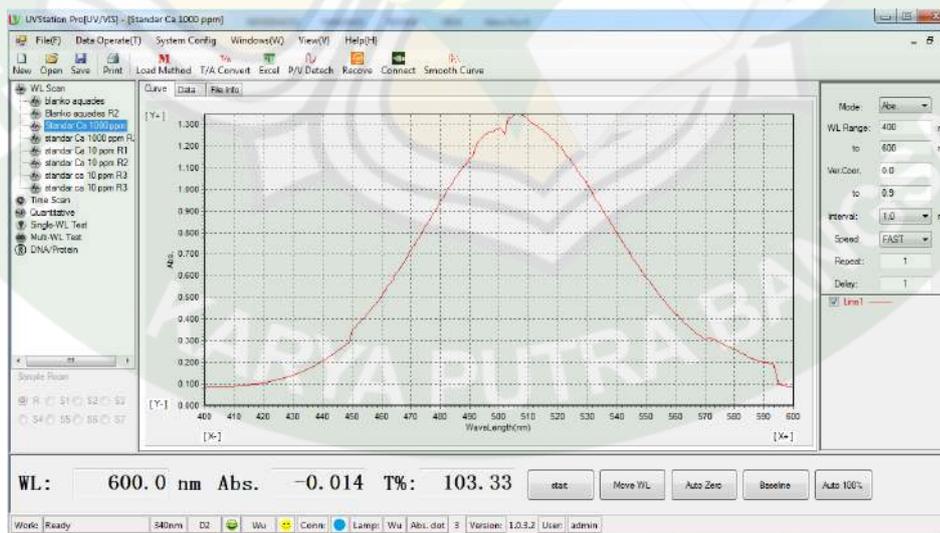


Kontrol -



Sampel perlakuan

7. Kurva panjang gelombang maksimum



8. Uji statistik dengan SPSS 26



The screenshot shows the SPSS 26 Data Editor window. The data is organized into two columns: 'Kategori' and 'Sampel'. The 'Kategori' column contains values 26.133, 26.888, 27.447, 58.133, 88.888, and 88.888. The 'Sampel' column contains values 1, 1, 1, 2, 2, and 2. The window title is 'Kategori [DataSet1] - SPSS Statistics Data Editor'.

Kategori	Sampel
26.133	1
26.888	1
27.447	1
58.133	2
88.888	2
88.888	2

Lampiran 5. Data Uji Normalitas

No	Jenis Uji	Nilai	Keterangan
a.	Kontrol +	0,202	Signifikan
b.	Ketebalan karbon aktif 40 cm		
	1.) Waktu retensi 30 menit	0,235	Signifikan
	2.) Waktu retensi 40 menit	0,298	Signifikan
	3.) Waktu retensi 50 menit	0,025	Tidak signifikan
c.	Ketebalan karbon aktif 60 cm		
	1.) Waktu retensi 30 menit	0,098	Signifikan
	2.) Waktu retensi 40 menit	0,127	Signifikan
	3.) Waktu retensi 50 menit	1,000	Signifikan
d.	Ketebalan karbon aktif 80 cm		
	1.) Waktu retensi 30 menit	0,077	Signifikan
	2.) Waktu retensi 40 menit	0,127	Signifikan
	3.) Waktu retensi 50 menit	0,000	Tidak signifikan

Lampiran 6. Data Uji Komparatif Kruskal-Wallis Dan Post Hoc Mann-Whitney

Indikator	Perlakuan uji	Perlakuan pebanding	Jenis uji			
			Komparatif Kruskal-Wallis		Post Hoc Mann-Whitney	
			Asymp. Sig.	Keterangan	Asymp. Sig. (2-tailed)	Keterangan
Waktu retensi 30 menit	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 40 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 60 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 80 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
Waktu retensi 40 menit	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 40 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 60 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 80 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
Waktu retensi 50 menit	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 40 cm	0,275	Tidak signifikan	0,275	Tidak signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 60 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Kontrol -	Ketebalan Karbon Aktif 80 cm	0,046	Signifikan	0,046	Signifikan
Waktu retensi 30 menit	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 60 cm	0,513	Tidak signifikan	0,050	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 60 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,513	Tidak signifikan	0,050	Signifikan
Waktu retensi 40 menit	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 60 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 60 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan

Lanjutan lampiran 6

Waktu retensi 50 menit	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 60 cm	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 40 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,046	Signifikan	0,046	Signifikan
	Ketebalan karbon aktif 60 cm	Ketebalan karbon aktif 80 cm	0,046	Signifikan	0,046	Signifikan
Ketebalan karbon aktif 40 cm	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 40 menit	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 50 menit	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Waktu retensi 40 menit	Waktu retensi 50 menit	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
Ketebalan karbon aktif 60 cm	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 40 menit	0,513	Tidak signifikan	0,050	Signifikan
	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 50 menit	0,513	Tidak signifikan	0,050	Signifikan
	Waktu retensi 40 menit	Waktu retensi 50 menit	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
Ketebalan karbon aktif 80 cm	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 30 menit	0,050	Signifikan	0,050	Signifikan
	Waktu retensi 30 menit	Waktu retensi 50 menit	0,507	Tidak signifikan	0,507	Tidak signifikan
	Waktu retensi 40 menit	Waktu retensi 50 menit	0,046	Signifikan	0,046	Signifikan