

**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF TERAKTIVASI DAN KITOSAN
DALAM PENURUNAN KAFEIN**

**ELA SULKIFLI
G031 18 1512**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

EFEKTIVITAS KARBON AKTIF TERAKTIVASI DAN KITOSAN DALAM PENURUNAN KAFEIN



Ela Sulkipli
G031 18 1512

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian
pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

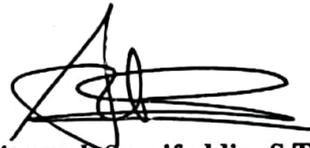
HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Efektivitas Karbon Aktif Teraktivasi dan Kitosan dalam Penurunan Kafein
Nama : Ela Sulkifli
NIM : G031181512

Menyetujui;



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
Pembimbing I



Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
Ketua Program Studi

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ela Sulkifli
NIM : G031181512
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“EFEKTIVITAS KARBON AKTIF TERAKTIVASI DAN KITOSAN DALAM PENURUNAN KAFEIN”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2023



Ela Sulkifli
G031 18 1512

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Dekafeinasi.....	4
2.2 Kopi Robusta.....	5
2.3 Kafein.....	5
2.4 Karbon Aktif.....	6
2.5 Kitosan.....	7
3. METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	8
3.2 Alat dan Bahan.....	8
3.3 Prosedur Penelitian.....	8
3.3.1 Aktivasi Karbon Aktif.....	8
3.3.2 Efektivitas agen penjerap.....	8
3.3.3 Validasi Penurunan Kafein Menggunakan Air Rendaman Kopi.....	8
3.4 Desain Penelitian.....	9
3.5 Analisis Data.....	9
3.6 Parameter Pengamatan.....	9
3.6.1 Karakterisasi Karbon Aktif.....	9

3.6.2	Kadar Kafein (Navarra <i>et al.</i> , 2017).....	9
3.6.3	Kadar Asam Klorogenat (Navarra <i>et al.</i> , 2017)	10
3.6.4	Nilai pH (Saripah <i>et al.</i> , 2021)	10
3.6.5	Total asam (Kasim <i>et al.</i> , 2020)	10
3.6.6	Total padatan terlarut (Harahap, 2018)	10
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1	Karakterisasi Karbon Aktif.....	11
4.2	Kadar Kafein	13
4.3	Kadar Asam Klorogenat	16
4.4	Derajat Keasaman (pH)	18
4.5	Total Asam	18
4.6	Total Padatan Terlarut	20
5.	PENUTUP	21
5.1	Kesimpulan.....	21
5.2	Saran	21
	DAFTAR PUSTAKA	22
	LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rata-rata Ukuran Pori Karbon Aktif Sebelum dan Setelah Aktivasi	12
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil Analisis SEM (a) Karbon Tanpa Aktivasi, (b) Karbon aktivasi fisik	11
Gambar 2. Hasil analisa FTIR Karbon Aktif	12
Gambar 3. Pengaruh Jenis Adsorban terhadap Penurunan kadar kafein.....	14
Gambar 4. Pengaruh Dekafeinasi berulang karbon aktif terhadap kadar kafein Air Kopi Robusta.....	15
Gambar 5. Pengaruh Dekafeinasi Berulang Karbon Aktif terhadap Penurunan Kadar Kafein Air Kopi Robusta	15
Gambar 6. Pengaruh Dekafeinasi berulang karbon aktif terhadap kadar Asam Klorogenat Air Kopi Robusta.....	17
Gambar 7. Pengaruh Dekafeinasi berulang karbon aktif terhadap Derajat Keasaman (pH) Air Kopi Robusta.....	18
Gambar 8. Pengaruh Dekafeinasi berulang Karbon Aktif Terhadap Total Asam Air Kopi Robusta.....	19
Gambar 9. Pengaruh Dekafeinasi Berulang Karbon Aktif Terhadap Total Padatan Terlarut Air Kopi.....	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Karakterisasi Karbon Aktif dengan SEM dan FTIR.....	29
Lampiran B. Data Hasil Pengujian Kadar Kafein dan Penurunan Kafein pada Berbagai Jenis Adsorban	34
Lampiran C. Data Hasil Pengujian Kadar Kafein dan Penurunan Kafein pada Air Kopi Tanpa Dekafeinasi dan Dekafeinasi menggunakan Karbon Tanpa Aktivasi dan Karbon Aktivasi Fisik.	36
Lampiran D. Data Hasil Pengujian Kadar Asam Klorogenat pada Air Kopi Tanpa Dekafeinasi dan Dekafeinasi dengan Karbon Tanpa Aktivasi dan Karbon Aktivasi Fisik	40
Lampiran E. Data Hasil Pengujian pH pada Kopi Tanpa Dekafeinasi dan Dekafeinasi dengan Karbon Tanpa Aktivasi dan Karbon Aktivasi Fisik.....	43
Lampiran F. Data Hasil Pengujian Total Asam pada Kopi Tanpa Dekafeinasi dan Dekafeinasi dengan Karbon Tanpa Aktivasi dan Karbon Aktivasi Fisik.	46
Lampiran G. Data Hasil Pengujian Total Padatan Terlarut pada Kopi Tanpa Dekafeinasi dan Dekafeinasi dengan Karbon Tanpa Aktivasi dan Karbon Aktivasi Fisik.	49
Lampiran H. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	53

ABSTRAK

ELA SULKIFLI (NIM. G031181512). Efektivitas Karbon Aktif Teraktivasi dan Kitosan dalam Penurunan Kafein. Dibimbing oleh FEBRUADI BASTIAN dan ADIANSYAH SYARIFUDDIN.

Latar Belakang. Dekafeinasi metode swiss water merupakan metode yang paling aman dalam dekafeinasi kopi karena menggunakan pelarut air sehingga ramah lingkungan dan tidak bersifat toksik bagi produk pangan. Salah satu bagian penting dari metode ini adalah memisahkan kafein yang larut pada air ekstrak kopi *green bean*. Dibutuhkan adsorban yang mampu mengadsorb kafein sehingga air ekstrak kopi *green bean* bebas kafein dapat digunakan untuk batch dekafeinasi selanjutnya. Melalui metode tersebut jenis adsorban yang biasa digunakan adalah karbon aktif dan kitosan. Daya adsorpsi karbon aktif dipengaruhi oleh jenis aktivasinya. Hal ini karena, metode aktivasi mempengaruhi ukuran pori dan gugus fungsi permukaan adsorban. Beberapa metode aktivasi yang dapat dilakukan yaitu aktivasi secara fisik, aktivasi secara kimiawi, atau gabungan keduanya yakni kimia-fisik. **Tujuan** dilakukannya penelitian ini yaitu, untuk mengetahui karakteristik karbon sebelum dan setelah diaktivasi secara fisik, aktivasi secara kimiawi, dan aktivasi kimia-fisik, untuk mengetahui efektifitas karbon aktif dan kitosan pada proses dekafeinasi kopi robusta, dan untuk mengetahui pengaruh agen penjerap kafein selama dekafeinasi pada kopi robusta terhadap kadar kafein, kadar asam klorogenat, pH, total asam dan total padatan terlarut pada kopi dekafeinasi yang dihasilkan. **Metode** penelitian ini terdiri dari satu faktor perlakuan yaitu jenis adsorban (karbon tanpa aktivasi, karbon teraktivasi fisik, karbon teraktivasi kimia, karbon teraktivasi kimia-fisik, dan kitosan). **Hasil** yang diperoleh menunjukkan jenis adsorban yang paling efektif menurunkan kadar kafein adalah karbon teraktivasi fisik dengan karakteristik fisik rata-rata ukuran pori 2,24 μm dan mampu menurunkan hingga 83,16% kafein pada larutan kafein standar. Air kopi yang didekafeinasi dengan karbon aktif teraktivasi fisik memiliki kadar kafein 0,91%, kadar asam klorogenat 0,78%, pH 6,32, Total asam 0,30%, dan total padatan terlarut sebesar 3.1^obrix. **Kesimpulan** yang diperoleh dari penelitian ini yaitu jenis adsorban berpengaruh terhadap penurunan kafein selama proses dekafeinasi, dan jenis adsorban yang paling efektif dalam menurunkan kafein selama proses dekafeinasi adalah karbon teraktivasi fisik.

Kata Kunci : Adsorban, Dekafeinasi, Kadar Kafein.

ABSTRACT

ELA SULKIFLI (NIM. G031181512). The Effectiveness of Activated Carbon and Chitosan in Reducing the Caffeine. Supervised by FEBRUADI BASTIAN and ADIANSYAH SYARIFUDDIN.

Background The Swiss water decaffeination method is known as the safest method in coffee decaffeination because it uses water solvents so it is environmentally friendly and non-toxic for food products. An important part of this method is to separate the soluble caffeine in the green bean coffee extract. It takes an adsorbent capable of adsorbing caffeine so that the caffeine-free green bean coffee extract can be used for the next batch of decaffeination. Through this method, the types of adsorbents commonly used are activated carbon and chitosan. The adsorption ability of activated carbon is influenced by the type of activation. This is because the activation method affects the pore size and functional groups on the surface of the adsorbent. Several activation methods that can be carried out are physical activation, chemical activation, or a combination of both, namely the chemical-physical method. **The aim** of this study was to determine the characteristics of carbon before and after physical activation, chemical activation, and chemical-physical activation, to determine the effectiveness of activated carbon and chitosan in the robusta coffee decaffeination process, and to determine the effect of caffeine adsorbent during decaffeination of Robusta coffee on caffeine content, chlorogenic acid content, pH, total acid and total dissolved solids in decaf coffee produced. **The method** in this study consisted of one treatment factor, namely the type of adsorbent (un-activated carbon, physically activated carbon, chemically activated carbon, chemical-physical activated carbon, and chitosan). **The results** showed that the most effective type of adsorbent to reduce caffeine content was physically activated carbon with an average pore size of 2.24 m and capable of reducing up to 83.16% caffeine in a standard caffeine solution. Coffee water decaffeinated with physically activated carbon has a caffeine content of 0.91%, chlorogenic acid content of 0.78%, pH 6.32, total acid of 0.30%, and total dissolved solids of 3.1⁰brix. **The conclusion** obtained in this study was that the type of adsorbent affects the decrease in caffeine during the decaffeination process, and the type of adsorbent that is most effective in reducing caffeine during the decaffeination process is physically activated carbon.

Keywords : Adsorbents, Caffeine content, Decaffeination.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kafein merupakan komponen bioaktif dan merupakan komponen utama dalam biji kopi. Konsumsi kafein dapat memberikan efek negatif terhadap kesehatan tubuh. Menurut özpalas & Özer (2017) mengonsumsi kafein dapat menyebabkan detak jantung yang tidak normal, sakit kepala, menimbulkan kecemasan, gelisah, dan berdampak pada gangguan lambung dan pencernaan. Hal inilah yang menyebabkan sebagian penikmat kopi tidak menginginkan kopi dengan kadar kafein yang tinggi. Oleh karenanya kopi dekafeinasi menjadi alternatif solusi bagi penikmat kopi yang ingin tetap menikmati kopi namun dengan kadar kafein yang lebih rendah.

Proses dekafeinasi kopi kini telah banyak dilakukan melalui beberapa metode. Beberapa metode dekafeinasi yang sering digunakan yaitu ekstraksi dengan air atau yang biasa dikenal dengan metode swiss water, ekstraksi menggunakan pelarut organik, ekstraksi menggunakan CO₂ superkritis, dan secara enzimatik (De Marco *et al.*, 2018). Metode dekafeinasi ini kemudian mempengaruhi kualitas serta kadar kafein kopi yang dihasilkan. Metode swiss water menggunakan pelarut air dalam mengekstrak kafein pada kopi *green bean*. Hal ini karena metode ini merupakan metode yang paling aman dalam ekstraksi kafein yakni menggunakan arang aktif sebagai adsorben kafein sehingga diperoleh kadar kafein yang rendah pada kopi hingga 0.78% (Saloko *et al.*, 2020).

Metode swiss water proses mampu menghasilkan biji kopi tanpa kafein dengan rasa yang lebih kaya (Vuong & Roach, 2014). Prinsip utama dalam metode swiss water adalah mengekstrak kafein pada kopi *green bean* menggunakan air yang sebelumnya telah dijenuhkan dengan cara kopi *green bean* direndam dalam air panas untuk mengekstrak komponen flavor pada kopi *green bean* (Isac-Torrente *et al.*, 2020). Air ekstrak *green bean* sebelum digunakan untuk dekafeinasi kopi *green bean* dibatch selanjutnya perlu dihilangkan kafeinnya dengan cara dialirkan pada adsorben yang mampu menjerap kafein, sehingga diperoleh Air ekstrak kopi *green bean* yang hanya mengandung komponen padatan terlarut pada kopi seperti asam klorogenat, asam amino, karbohidrat, dan senyawa organik lain serta mineral kecuali kafein. Oleh karena itu, selama proses dekafeinasi, saat perendaman kopi *green bean* hanya kafein yang akan terekstrak secara osmosis. Melalui metode ini, flavor pada kopi dapat tetap terjaga sedangkan kadar kafeinnya berkurang hingga 99% (Selvamuthukumar, 2019).

Proses penjerapan kafein pada air ekstrak kopi *green bean* merupakan proses penting agar air ekstrak kafein dapat digunakan untuk *batch* selanjutnya dan dapat mengekstrak kafein tanpa mengeskrak senyawa lain pada kopi *green bean*. Menurut Saloko *et al.*, (2020) dibutuhkan adsorben yang tepat yang mampu menjerap kafein secara maksimal sehingga air ekstrak biji kopi dapat digunakan untuk batch selanjutnya. Ukuran pori adsorban perlu disesuaikan dengan ukuran molekul kafein sehingga mampu menjerap kafein yang larut pada air jenuh sehingga setelah proses penjerapan hanya tersisa air jenuh tanpa kafein. Pada metode swiss water, adsorban yang biasa digunakan adalah karbon aktif. Menurut Anastopoulos *et al.*, (2020) bahwa karbon telah banyak diaplikasikan dalam teknologi adsorpsi karena memiliki ciri luas permukaan spesifik yang besar, struktur berpori, gugus

fungsi permukaan yang melimpah, yang menjadikannya adsorben yang menarik untuk menghilangkan polutan dari larutan berair.

Karbon aktif diaktivasi melalui proses kimiawi atau fisik dengan perendaman dalam senyawa aktivator atau dengan pemanasan pada suhu tinggi dengan injeksi nitrogen sehingga memperbanyak pori dan membuat porositas baru sehingga karbon aktif mempunyai daya jerap tinggi (Pambayun *et al.*, 2013). Metode aktivasi pada karbon aktif mempengaruhi kemampuan adsorpsi karbon aktif. Penelitian yang dilakukan oleh Nowicki *et al.*, (2015) menunjukkan terdapat perbedaan daya serap karbon aktif berbahan dasar biji buah ceri yang diaktivasi secara fisik dan kimiawi. Adapun kemampuan karbon aktif dalam penyerapan senyawa organik terutama kafein telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Azam *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa terjadi perbedaan yang signifikan pada kandungan kafein kopi sebelum dan setelah difiltrasi menggunakan karbon aktif dengan rata-rata penurunan kadar kafein 33.40%. Selain karbon aktif, adsorben lain yang biasa digunakan dalam penyerapan senyawa organik ialah kitosan. Menurut Santoso *et al.*, (2002) sifat-sifat fungsional yang dimiliki oleh kitosan diduga dapat mengikat kafein selama proses dekafeinasi dan menjadi alternatif metode dekafeinasi yang efektif dan aman. Dalam penelitiannya menggunakan program response surface methodology (RSM), kitosan dapat menurunkan kadar kafein dalam sistem sebanyak 79,56%. Baik karbon aktif maupun kitosan memiliki kemampuan dalam menyerap kafein. Berdasarkan uraian di atas, karbon aktif pun memiliki kemampuan penyerapan yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh aktivator dan jenis bahan dasar pembuatan karbon aktif tersebut. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini untuk menentukan adsorban kafein terbaik selama proses dekafeinasi yakni menggunakan karbon aktif dan kitosan.

1.2 Rumusan Masalah

Proses Swiss Water merupakan salah satu proses dekafeinasi biji kopi menggunakan air sebagai pelarut yang mengekstrak kafein. Namun, bukan hanya kafein saja yang ikut terekstrak melainkan senyawa lain pada kopi bean kopi ikut terekstrak. Air ekstrak kopi green bean inilah yang berperan dalam mengikat kafein untuk batch selanjutnya. Pada metode swiss water, air hasil ekstrak digunakan kembali untuk ekstraksi pada proses selanjutnya, oleh karena itu diperlukan proses penyerapan kafein pada air ekstrak tersebut supaya dapat melakukan ekstraksi kembali pada kafein yang terdapat pada biji kopi pada batch selanjutnya. Pada proses penjerapan kafein, diperlukan pemilihan adsorben yang tepat yang dapat menyerap maksimal kafein pada air hasil ekstraksi. Adsorben yang saat ini banyak diaplikasikan dan dianggap aman untuk diaplikasikan dalam bahan pangan ialah karbon aktif dan kitosan. Untuk meningkatkan daya serap karbon aktif, perlu dilakukan proses aktivasi menggunakan metode fisik, kimia, maupun gabungan fisik-kimia. Kitosan dan karbon aktif memiliki tingkat penyerapan yang berbeda baik jenis karbon aktif itu sendiri maupun kitosan sehingga perlu untuk mengetahui bagaimana efektivitas dari keduanya dalam penjerapan kafein.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis karakteristik karbon sebelum dan setelah diaktivasi dengan berbagai metode yaitu aktivasi secara fisik, aktivasi secara kimiawi, dan aktivasi kimia-fisik.
2. Untuk menganalisis efektifitas karbon aktif dan kitosan pada proses penyerapan kafein.
3. Untuk mengetahui pengaruh agen penjerap kafein selama dekafeinasi menggunakan air ekstrak pada kopi robusta terhadap kadar kafein, kadar asam klorogenat, pH, total asam dan total padatan terlarut pada larutan ekstrak tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode penggunaan bahan penjerap yang efektif sehingga diperoleh penurunan kafein terbaik. Penelitian ini juga diharapkan mampu mendukung pengembangan kopi dekafeinasi yang tetap mempertahankan mutu kopi dengan kadar kafein yang lebih rendah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dekafeinasi

Dekafeinasi adalah metode penurunan kafein pada kopi. Menurut Bermejo *et al.*, (2015) proses dekafeinasi pada kopi yang umum digunakan ialah metode ekstraksi menggunakan pelarut air, ekstraksi menggunakan pelarut organik, ekstraksi menggunakan karbon dioksida superkritis, dan penggunaan enzim. Metode tersebut umumnya dilakukan saat kopi masih berupa *green bean* dan memiliki kekurangannya masing-masing. Penggunaan pelarut air pada proses dekafeinasi dapat menurunkan cita rasa dan aroma khas kopi dikarenakan hilangnya senyawa prekursor flavor akibat ikut terekstrak selama proses dekafeinasi, salah satunya yaitu asam klorogenat (Jeszka-Skowron *et al.*, 2016). Penggunaan pelarut organik juga tidak begitu efektif atau agak lambat dalam proses dekafeinasi (Franca, 2016) dan dapat memicu reaksi radikal pada kopi serta lingkungan (Anastas & Hammond, 2016). Sementara itu, penggunaan karbon dioksida superkritis dalam proses dekafeinasi membutuhkan biaya operasional yang besar karena dibutuhkan peralatan untuk menjaga suhu dan tekanan fluida (Thariq, 2011) dan penggunaan enzim yang tidak begitu efektif dalam dekafeinasi kopi.

Metode *swiss water* adalah dekafeinasi menggunakan pelarut air. Metode dekafeinasi *swiss water* proses dibagi menjadi dua proses utama yaitu Produksi Air Bebas Kafein (*Flavour-Charged Water*) dan Ekstraksi Kafein menggunakan air ekstrak *green bean* (Umeda *et al.*, 2020). Langkah awal dari proses ini yaitu Kafein dihilangkan dengan merendam kopi *green bean* dalam air panas untuk waktu yang lama. Air ini lalu dialirkan pada serangkaian filter berisi adsorban untuk menghilangkan kafein, sehingga diperoleh air ekstrak *green bean* (Thurson *et al.*, 2014). Selama proses perendaman, kafein dan komponen penyusun flavor akan larut sehingga diperoleh air ekstrak *green bean*. Air ekstrak *green bean* lalu dilewatkan pada adsorban untuk adsorpsi kafein, sehingga dapat digunakan pada batch selanjutnya untuk proses dekafeinasi pada kopi *green bean* yang baru. Air ekstrak *green bean* digunakan untuk mengekstrak kafein pada kopi *green bean* sehingga selama ekstraksi berlangsung, hanya kafein yang larut tanpa senyawa flavor pada kopi *green bean* sehingga mampu mempertahankan flavor kopi *green bean*. Hal ini terjadi karena kafein berpindah secara osmosis dari kopi *green bean* ke air ekstrak *green bean* (Rahmi, 2013).

Proses penyerapan kafein biasanya menggunakan adsorban yang aman pada bahan pangan seperti karbon aktif. Adsorpsi kafein bertujuan untuk memisahkan kafein dengan mengikatnya ke permukaan luar atau dalam dari adsorben. Dibutuhkan adsorben yang mampu menyerap kafein secara maksimal sehingga diperoleh air ekstrak *green bean* bebas kafein yang dapat digunakan kembali untuk batch selanjutnya. Mekanisme adsorpsi dapat bersifat fisik, kimia, maupun keduanya. Jenis adsorben sangat mempengaruhi penyerapan kafein. Berfokus pada penyerapan kafein, ikatan yang paling dominan antara bioadsorben dan kafein, terutama diproduksi oleh gugus hidroksil. Jenis adsorban yang biasa digunakan adalah karbon aktif dikarenakan luas permukaan spesifik yang lebih besar, jumlah mikropori, tetapi sebagian besar karena keragaman gugus fungsi yang mampu berinteraksi dengan kafein (Torres Castillo *et al.*, 2021).

2.2 Kopi Robusta

Nama Kopi robusta memiliki arti tahan (robust) yakni tahan terhadap berbagai penyakit dan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Kopi robusta memiliki sifat lebih unggul dan sangat cepat berkembang, oleh karena itu kopi jenis robusta banyak di budidayakan di Indonesia. Kopi robusta memiliki bentuk elips dengan panjang buah 12 mm. Kopi robusta sering disebut dengan *green bean* kelas dua, yang memiliki rasa asam sedikit bahkan tidak memiliki rasa asam sama sekali (Riastuti, 2021). Kopi robusta termasuk jenis kopi yang banyak diproduksi di Indonesia yakni mencapai 87,1% dari total produksi kopi di Indonesia. Daging kopi robusta mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid dan polifenol (Harahap, 2018).

Kopi robusta termasuk jenis kopi dengan kadar kafein yang tinggi. Ekstrak kopi robusta mengandung kafein dua kali lebih banyak dari Arabika, dan kandungannya bervariasi dari 34,1% per massa kering hingga 81,6%. Kafein memberikan kontribusi 10-30% terhadap bitterness kopi robusta (Jeszka-Skowron *et al.*, 2016). *Green bean* robusta mengandung paling banyak asam klorogenat dibanding kopi lainnya yaitu mencapai 6.1-11.3 mg per gram *green bean*. Asam klorogenat pada kopi dapat berperan sebagai senyawa volatil ketika kopi disangrai (Farhaty & Muchtaridi, 2016).

2.3 Kafein

Kafein merupakan senyawa alkaloid dengan nama “3,7-dihydro-1,3,7-trimethyl- 1H-purine-2,6-dione”. Kafein dapat bereaksi dengan asam, basa, dan logam berat dalam asam. Kafein disintesis dalam perikarp. Kafein yang terdapat dalam kopi sangrai memiliki kadar 85 mg/5 oz, dalam kopi instan 60 mg/5 oz, dan dalam kopi dekafeinasi mg/5 oz (Sabarni & Nurhayati, 2019). Kafein yaitu senyawa alkaloid turunan xantine (basa purin) yang dapat larut dalam air, mempunyai aroma wangi tetapi rasanya sangat pahit. Kafein bersifat basa mono-cidic yang lemah yang dapat memisah dengan penguapan air. Dengan asam, kafein akan membentuk reaksi garam yang tidak stabil sedangkan dengan basa akan membentuk garam yang stabil. Kafein mudah terurai dengan alkali panas membentuk kafeidin (Agustine *et al.*, 2021).

Kafein jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak dapat berpengaruh terhadap kesehatan. konsumsi kafein di kemudian hari dapat meningkatkan latensi tidur dan mengurangi kualitas tidur. Selain itu, kafein dapat menyebabkan kecemasan, terutama pada dosis tinggi (>400 mg per hari) dan pada orang yang sensitif, termasuk mereka yang dengan kecemasan atau gangguan bipolar (Fahmi Arwangga *et al.*, 2016). Kafein dapat mengganggu tidur, tetapi hanya pada individu yang sensitif (Nehlig, 2016). Batas aman konsumsi kafein yang masuk ke dalam tubuh per harinya adalah 100-150 mg (Rahayu, 2019). Adapun berdasarkan peraturan badan pengawasan obat dan makanan, batas maksimum konsumsi kafein yakni 150 mg perhari.

Menurut Food and Drug Administration (2018) Kandungan kafein dalam secangkir kopi yakni 80-100 mg. Untuk orang dewasa yang sehat, konsumsi kafein maksimal 400 miligram sehari—yaitu sekitar empat atau lima cangkir kopi— sebagai jumlah yang umumnya tidak dikaitkan dengan efek negatif yang berbahaya. Namun, ada banyak variasi dalam seberapa sensitif orang terhadap efek kafein dan seberapa cepat mereka memetabolismenya (mengurainya) adapun menurut BPOM (badan pengawasan obat dan makanan) batas aman penggunaan kafein yakni 150 mg/hari.

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa yang mampu mengabsorpsi senyawa kimia tertentu sehingga bersifat selektif. Menurut Lempang (2014) karbon aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Karbon aktif mampu menjerap kafein sehingga diaplikasikan dalam metode dekafeinasi. Menurut Saloko *et al.*, (2020) Penggunaan karbon aktif merupakan metode yang paling aman untuk mengekstrak kafein pada kopi. Karbon aktif tersedia dalam bentuk granul dan powder. Bentuk granular memiliki luas permukaan internal yang besar dan pori-pori kecil, sedangkan bentuk powder memiliki diameter pori lebih besar dan luas permukaan internal lebih kecil. Pori-pori pada arang aktif dibagi menjadi tiga kelompok: mikropori dengan diameter kurang dari 2 nm, mesopori dengan diameter antara 2 nm dan 50 nm, serta makropori dengan diameter lebih dari 50 nm (Udyani *et al.*, 2019). Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Hartanto & Ratnawati, 2010).

Metode aktivasi fisik dilakukan dengan pemanasan pada suhu 500°C sampai dengan 1000°C dengan waktu pemanasan selama 3-4 jam (Idrus *et al.*, 2013). Perubahan fisik yang signifikan pada luas permukaan, volume pori, dan struktur pori karbon aktif dapat dicapai melalui aktivasi fisik, yang merupakan parameter penting untuk aplikasi karbon aktif. Selain itu, aktivasi fisik mungkin tidak hanya mengubah porositas karbon aktif tetapi juga mempengaruhi sifat kimia permukaannya (gugus fungsi permukaan, hidrofobisitas dan polaritas) (Tan *et al.*, 2017). Karbon aktif yang dihasilkan dari aktivasi fisik lebih baik dari pada karbon aktif yang dihasilkan dengan menggunakan metode aktivasi kimia dan juga kimia-fisik. Hal ini dapat dilihat dari waktu yang diperlukan metode aktivasi fisik yang relatif lebih pendek serta *yield* arang yang lebih besar dibanding metode lainnya. Selain itu, bahan yang digunakan mudah untuk diperoleh dan dapat didaur kembali.

Metode aktivasi lain yang dilakukan yaitu dengan mengombinasikan metode aktivasi fisika-kimia. Penelitian yang dilakukan oleh Meisrilestari *et al.* (2013) pada aktivasi karbon menggunakan $ZnCl_2$ dan dimasukkan dalam tanur pada suhu 750°C menunjukkan bahwa proses aktivasi secara fisika-kimia mempunyai daya serap yang paling baik di antara arang aktif lain yang diaktivasi dengan proses fisika dan kimia. Aktivasi fisika-kimia menyebabkan semakin kecil diameter partikel sehingga luas permukaannya semakin besar dan mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih besar. Penelitian yang dilakukan oleh Muhajir *et al.* (2021) menunjukkan karbon aktif yang telah diaktivasi menggunakan H_3PO_4 dan dengan penambahan perlakuan *steam* temperatur 100°C selama 4 jam cukup meningkatkan kemampuan daya serap iodin yaitu berkisar antara 3-12% dari sebelum *disteam*. Proses aktivasi dapat meningkatkan pori-pori pada arang. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi kimia yang dilanjutkan aktivasi fisika menggunakan microwave menyebabkan permukaan arang menjadi lebih porous. Proses aktivasi kimia dan fisika menggunakan microwave dapat membuka pori pada permukaan arang.

2.5 Kitosan

Kitosan adalah polisakarida amino, yang dihasilkan dari deasetilasi kitin yang diperoleh dari krustasea dan serangga (Nabavi & Silva, 2018). Kitin adalah biopolimer paling melimpah kedua di bumi setelah selulosa dan salah satu polisakarida paling melimpah. Karakteristik dari kitosan diantaranya struktur yang tidak teratur, bentuknya kristalin atau semikristalin. Selain itu dapat juga berbentuk padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal kitin murni (Reizal *et al.*, 2016). Kitosan bersifat tidak larut dalam air, sehingga langkah untuk membuat kitin dapat larut dalam air adalah dengan hidrolisis asam ataupun enzimatis. Kitin, kitosan, dan turunannya dianggap mendukung beragam aktivitas, termasuk antioksidan, antihipertensi, antiinflamasi, antikoagulan, antitumor, antikanker, antimikroba, hipokolesterolemia, dan antidiabetes, salah satunya yang paling penting adalah efek antioksidan (Dai-Hung Ngo, 2014). Menurut Baldrick (2010) bahwa kitosan telah banyak diaplikasikan dibidang pangan, kosmetik, dan medis.

Sintesis kitosan melalui tahap proses demineralisasi, proses deproteinasi, dan Transformasi kitin menjadi kitosan. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan garam-garam anorganik atau kandungan mineral yang ada pada kulit udang. Proses deproteinasi kulit udang bebas mineral yang diperoleh dari tahap demineralisasi dilanjutkan dengan tahap deproteinasi. Proses ini bertujuan untuk memisahkan atau melepaskan ikatan-ikatan protein dari kitin (Agustina *et al.*, 2015). Kitosan dapat bersifat adsorben. Penelitian yang dilakukan oleh Abebe & Richard, Appiah Ntiamoah Hern, (2022) yakni enkapsulasi teh dalam matriks alginat, dan karbon aktif didekorasi dengan lapisan kitosan untuk dekafeinasi menggunakan teknik pembekuan terarah dan ikatan silang yang mudah menghasilkan efisiensi pelepasan teh dan dekafeinasi yang sangat baik. Dengan demikian, kitosan dapat dijadikan sebagai agen dekafeinasi.