

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya, acuan penelitian yang akan dilakukan dengan mengkombinasikan penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan bahan organik sebagai bahan pembuatan aktivator dan karbon aktif yang ramah lingkungan untuk memperpanjang masa simpan roti gandum. Untuk memaksimalkan hasil dari penelitian yang akan dilakukan dengan mengambil referensi dari 10 tahun terakhir sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Budi (2012)	Proses dan karakteristik pembentukan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan pirolisis pada suhu 70 – 100 °C selama kurang lebih 6 jam	Uji karakteristik hasil karbon aktif tempurung kelapa dalam bentuk serbuk menunjukkan hasil analisis foto SEM memiliki struktur morfologi yang berpori. Kemudian, hasil analisis EDS menunjukkan unsur karbon (C)	Pengujian karaktersitik karbon aktif tempurung kelapa

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>merupakan unsur dominan (82.92 wt%) pada arang tempurung kelapa. Sedangkan, hasil analisis dari distribusi ukuran partikel PSA menunjukkan bahwa volume differential dari ukuran partikel serbuk arang kasar terdistribusi 5.610 –6.760 μm (41.14 %) dan 15.65 –17.18 μm (32.83%) sedangkan serbuk arang halus terdistribusi pada 0.452 –3.519 μm (99,77%)</p>	

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2.	Nadzifun (2014)	Pembuatan kertas bioaktif dengan campuran asap cair pirolisis tempurung kelapa untuk memperpanjang masa simpan roti tawar	Kertas bioaktif dapat menghambat pertumbuhan jamur paling lama 6 hari dari masa simpan tanpa kertas bioaktif yaitu 18 hari pada penambahan asap cair sebanyak 20 ml	Hasil produk pirolisis yang digunakan, variabel pengujian dan produk roti yang digunakan
3.	Adelakun (2017)	Pembuatan ekstrak sorgum atau gandum untuk mengetahui kandungan fenol, antioksidan dan flavonoid melalui pengujian HPLC	Hasil identifikasinya bahwa ekstrak gandum menghasilkan senyawa fenolik dan antioksidan yang aman bagi kesehatan	Bahan yang digunakan untuk pembuatan ekstrak yang memiliki kandungan senyawa fenol

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
4.	Vincente (2014)	Identifikasi kandungan senyawa pada buah dan sayur salah satunya pada kandungan fenol	Buah dan sayur mengandung senyawa fenol terutama pada buah <i>strawberry</i> yang memiliki antioksidan	Memanfaatkan kandungan senyawa fenol pada buah terutama <i>strawberry</i> sebagai antioksidan pada bahan makanan
5.	Kurniasih (2020)	Pemanfaatan bahan organik alami berupa larutan ekstrak belimbing wuluh sebagai aktivator pada arang aktif ampas tebu	Belimbing wuluh dapat dijadikan sebagai aktivator yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran pada pembuatan arang aktif ampas tebu. Berdasarkan hasil analisisnya aktivator belimbing wuluh berpengaruh terhadap daya serap iodium yang	Tujuan, bahan aktivator, bahan karbon aktif dan pengujian yang dilakukan

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			memenuhi SNI 06-3730-1995	
6.	Diniyah (2020)	Mengetahui kandungan senyawa fenol dari tumbuhan biji kacang – kacang melalui pengujian pengaruh pengolahan dan aktivitas antioksidan	Kandungan senyawa fenol pada biji kacang – kacang melalui pengujian aktivitas antioksidan dapat menjadi agen yang cocok untuk pengembangan pangan fungsional	Tumbuhan yang digunakan sebagai sumber senyawa fenol dan pengujian kandungan senyawa fenol pada tumbuhan atau bahan organik
7.	Nursito (2021)	Menganalisis penurunan mutu keripik singkong dengan sistem kemasan aktif selama penyimpanan pada suhu 45 °C dan	Berdasarkan hasil penyimpanan selama 30 hari pada suhu 45 °C, karakteristiknya mengalami penurunan pada mutu sensori dan kadar lemak. Sedangkan kadar	Analisis kemampuan penjerapan pada roti tawar, bahan karbon aktif yang digunakan, suhu pirolisis biomassa, jenis pengemas karbon aktif, jenis

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		menentukan sistem kemasan aktif terbaik dari berbagai jumlah dan jenis kemasan arang aktif dari cangkang kelapa sawit yang diaktivasi dengan asam fosfat 20%	air, kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida mengalami kenaikan. Hasil tersebut dipengaruhi oleh jenis pengemas dan massa karbon aktif yang digunakan yaitu menggunakan pengemas <i>metalized alumunium</i> plastik dengan massa karbon aktif 1,5 % gram.	aktivator yang digunakan dan analisis karakteristik karbon aktif
8.	Miratsi (2021)	Pelapisan silika untuk memperpanjang masa simpan pisang melalui pengamatan warna buah,	Penambahan silika jel memiliki efektivitas tinggi untuk memperpanjang masa simpan buah pisang. Pada 10	Bahan adsorben yang digunakan, media pengamatan yang digunakan dan variabel pengujian

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		rasio daging buah dengan kulitnya, kekerasan buah dan asam tertitrasi total (ATT)	hari pengamatan pada buah pisang dengan silika didapatkan warna buahnya hijau kekuningan, rasio daging buah dengan kulitnya 53,17 %, kekerasan buah 10,32 dan asam tertitrasi total (ATT) 1,125 %	
9.	Rahmayanti (2022)	Perbandingan <i>nata de coco</i> kering dengan <i>silica gel</i> untuk memperpanjang masa simpan bolu	<i>Nata de coco</i> kering memiliki daya serap sebagai adsorben lebih besar dibandingkan <i>silica gel</i> . Hasil pengujian setiap 0,4 gram <i>nata de coco</i> kering dapat menyerap kandungan air pada bolu sebesar 16	Bahan adsorben dan sampel pengujian yang digunakan serta variabel pengujian

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			gram atau 22.664 %	
10.	Sumartini (2022)	Menentukan pengaruh penambahan serbuk daun mangrove (SDM) terhadap kualitas dan umur simpan roti tawar	Penambahan serbuk daun mangrove (SDM) tidak mempengaruhi karakteristik adonan roti tawar. Tetapi berpotensi menurunkan laju oksida lemak dan meningkatkan peran antioksidan selama masa simpan roti tawar	Bahan atau tanaman yang digunakan untuk menurunkan laju oksidasi pada makanan

Berdasarkan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan perbedaan pada penelitian yang akan dilakukan, dapat disimpulkan bahwa keterbaruan dan kelebihan pada penelitian ini yaitu menggunakan bahan organik alami ramah lingkungan sebagai pembuatan adsorben karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi secara kimia menggunakan bahan aktivator teh hijau dengan media pengujian pada roti tawar gandum komersial. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui massa atau jumlah adsorben karbon aktif tempurung kelapa

yang optimal untuk menyerap kelembaban roti tawar gandum sehingga memiliki masa simpan yang lebih lama.

2.2 Teori – Teori yang Relevan

2.2.1 Tempurung Kelapa

Kelapa atau *cocos nucifera* merupakan tanaman yang memiliki batang lurus dan tinggi dengan buah yang besar dan daun menyirip berwarna hijau mengkilap. Seluruh bagian pada tanaman kelapa dapat dimanfaatkan terutama buah kelapa. Pada buah kelapa terdapat bagian yang keras disebut dengan tempurung kelapa. Kandungan pada tempurung kelapa dapat dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif sebagai adsorben atau penjerap zat cair (Nustini & Allwar, 2019).

Kandungan senyawa kimia atau lignoselulosa merupakan kandungan utama tempurung kelapa yang dapat terdekomposisi pada suhu tinggi. Lignoselulosa terdiri atas hemiselulosa, selulosa dan lignin. Dengan komposisinya meliputi hemiselulosa sebesar 29,27 % dapat terdekomposisi pada suhu 200 – 300 °C, selulosa 33,61 % terdekomposisi pada suhu 300 – 400 °C dan lignin 23,84 % terdekomposisi pada suhu 400 – 500 °C (Nurhilal & Suryaningsih, 2017), (Pinardi & Widyanita, 2018).

2.2.2 Pirolisis

Pirolisis merupakan pemanasan suhu tinggi yang dilakukan tanpa kehadiran oksigen untuk mendekomposisi material berupa biomassa dan polimer. Proses pirolisis dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu pirolisis lambat (*slow pyrolysis*), pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) dan pirolisis sangat cepat (*flash pyrolysis*). Setiap proses pirolisis terjadi pada suhu yang berbeda meliputi suhu tinggi antara 400 – 700 °C terjadi pada pirolisis cepat dan suhu rendah antara 300 – 400 °C terjadi pada pirolisis lambat. Selama proses pirolisis berlangsung ikatan material baik dalam bentuk biomassa atau polimer akan mengalami pemutusan senyawa menjadi ukuran dan struktur yang lebih ringkas. Material sebagai umpan pirolisis akan menghasilkan produk meliputi produk padat berupa karbon aktif, produk cair berupa minyak pirolisis dan produk gas. Produk pirolisis dapat

diolah menjadi bentuk seperti biobriket, karbon aktif, bio-oil dan lainnya (Febriyanti., 2019) (Rahmatullah *et al.*, 2019). Untuk mendapatkan produk pirolisis terutama karbon aktif dengan melalui proses karbonisasi. Karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari material umpan pada pirolisis untuk menjadi produk karbon yang sempurna pada pemanasan 400 – 600 °C (Dewi *et al.*, 2020).

2.2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon berasal dari material yang mengandung karbon atau arang dengan perlakuan khusus sehingga didapatkan pori – pori pada permukaan yang luas. Perlakuan khusus tersebut dilakukan dengan meningkatkan adsorpsinya melalui karbonisasi dan aktivasi. Sehingga menghasilkan karbon aktif dengan adsorpsi yang tinggi dan luas permukaan yang besar (Gunawan *et al.*, 2020). Berdasarkan bentuknya karbon aktif terdiri atas tiga jenis yaitu granular, pellet dan serbuk. Granular memiliki bentuk tidak beraturan dengan ukuran 0,2 – 5 mm yang diaplikasikan pada fase cair ataupun gas. *Pellet* merupakan karbon aktif berbentuk silinder kecil dibentuk melalui proses ekstrud berukuran 0,8 – 5 mm yang diaplikasikan pada fase gas. Sedangkan, karbon aktif berbentuk serbuk memiliki ukuran 0,18 mm yang terbentuk melalui proses penghancuran untuk diaplikasi pada fase cair serta penyaringan pada gas buang (Ramadhani *et al.*, 2020).

Sedangkan berdasarkan fungsinya karbon aktif dibedakan menjadi dua jenis yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan karbon aktif sebagai penyerap. Fungsi karbon aktif sebagai pemucat digunakan untuk menghilangkan kontaminan pengganggu seperti bau dan warna yang digunakan pada industri baju dan industri kimia. Sedangkan, fungsi karbon aktif sebagai penyerap yaitu memiliki kemampuan daya serap tinggi yang mampu menyerap kelembaban atau bahan – bahan cair. Penyerapan tersebut dilakukan untuk menyerap kandungan air pada lingkungan sekitar ke dalam karbon aktif sehingga dapat mengurangi tingkat

kelembabannya. Selain itu, kegunaan lain pada karbon aktif sebagai berikut : (Ramadhani *et al.*, 2020)

1. Penghilang bau, warna dan rasa pada minyak dan makanan
2. Bahan penyaring dan penghilang bau, warna dan rasa pada industri obat – obatan
3. Penghilang bau dan warna pada industri minuman keras dan ringan
4. Penyaring bahan mentah atau zat antara pada industri bidang kimia perminyakan
5. Pemurni dan penghilang bau pada industri pengolahan pulp and paper
6. Dan manfaat lainnya diantaranya sebagai bahan penyerap, pelarut dan penghilang bau

2.2.4 Aktivasi Karbon

Proses aktivasi dilakukan untuk memperbesar struktur pori – pori sehingga didapatkan luas permukaan karbon yang lebih besar. Metode aktivasi karbon terdapat dua cara yaitu : (Udyani *et al.*, 2019)

2.2.4.1 Metode aktivasi fisika

Aktivasi fisika dilakukan untuk memutuskan rantai karbon yang terkandung pada senyawa organik. Pemutusan rantai karbon disebabkan karena reaksi endoterm yang menyerap kalor dari lingkungan atau area pemanasan ke sistem atau senyawa organik yang dipanaskan. Pemanasan tersebut dilakukan pada suhu tinggi antara 800 – 900 °C melalui proses pirolisis dengan metode karbonisasi. Hasil karbon yang terkarbonisasi memiliki kapasitas adsorpsi kecil disebabkan struktur porinya tidak berkembang.

2.2.4.2 Metode aktivasi kimia

Aktivasi kimia dilakukan untuk memutuskan rantai karbon yang telah terkarbonisasi dengan penambahan bahan atau senyawa lainnya. Proses peningkatan struktur pori karbon pada suhu lebih tinggi dari karbonisasi antara 950 – 1000 °C yang disebut aktivasi. Aktivasi dilakukan dengan penambahan bahan atau senyawa kimia atau organik yang memiliki kemampuan

meningkatkan struktur pori karbon. Bahan atau senyawa organik yang digunakan untuk aktivasi kimia salah satunya dari ekstrak belimbing wuluh yang memiliki kandungan asam *alifatik*, asam *heksadekanoat*, asam *(Z)-9-oktadekanoat*, *feroxida* dan sulfat yang reaktif terhadap oksigen saat proses pengaktifasian pada karbon aktif (Kurniasih *et al.*, 2020).

2.2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan menempelnya atom atau molekul zat pada permukaan zat lain karena ketidakseimbangan gaya pada permukaan. Faktor – faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu bahan diantaranya sebagai berikut : (Anggriani *et al.*, 2021)

1. Karakteristik fisik dan kimia adsorben meliputi luas permukaan, ukuran pori, adsorpsi kimia dan lainnya
2. Karakteristik kimia adsorbat meliputi ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia dan lainnya
3. Konsentrasi adsorbat dalam larutan
4. Karakteristik larutan meliputi pH dan temperatur
5. Lama waktu adsorpsi

Pada proses adsorpsi terdiri atas adsorbat dan adsorben. Adsorbat merupakan zat teradsorpsi, sedangkan adsorben merupakan zat pengadopsi. Zat pengadopsi atau adsorben berasal dari zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari fase fluida (Muhammad *et al.*, 2020).

2.2.6 Daya Serap Yodium

Pengujian daya serap yodium dilakukan sebagai penentu kualitas daya serap karbon aktif terhadap iodin yang bertujuan untuk mengukur kemampuan adsorpsi larutan berwarna dalam jumlah milligram iodin yang teradsorpsi oleh satu gram karbon aktif (Erawati & Fernando, 2018). Pengujian daya serap iodin tidak selalu memberikan ukuran kemampuan karbon terhadap penyerapan suatu material, tetapi dapat juga digunakan sebagai indikator pengukuran porositas karbon. Pengukuran porositas karbon dengan bilangan iodin dapat

memperkirakan luas permukaan, volume mikropori dan volume total pori karbon terhadap kemampuan adsorpsi (penjerapan) karbon terhadap zat menguap seperti air yang akan mempengaruhi hasil nilai bilangan iodin (Rahayu *et al.*, 2023). Daya serap iodin pada karbon dapat dipengaruhi oleh suhu aktivasi melalui penambahan aktivator dengan konsentrasi HF yang akan meningkatkan zat tertinggal dan menutup sebagian pori selama proses karbonisasi dan mendorong keluar melewati pori mikro (Novananda *et al.*, 2020).

2.2.7 Gugus Fungsional

Gugus fungsional dapat teridentifikasi dengan menggunakan alat *Spektrofotometer Fourier Transformed Infrared* (FTIR) melalui identifikasi senyawa dan analisis campuran dari sampel tanpa merusak. Prinsip kerja pengukuran panjang gelombang dengan FTIR berdasarkan interaksi yang terjadi antara energi dan materi. Inframerah akan melewati celah sampel untuk mengontrol jumlah energi yang akan disampaikan pada sampel. Sampel akan menyerap inframerah yang akan lolos ke detektor dengan merekam sinyal terukur yang dikirimkan ke komputer dalam bentuk puncak atau cekungan (Sari *et al.*, 2018). Puncak atau cekungan gelombang spektrum transmitansi menunjukkan interaksi antara partikel dengan radiasi inframerah yang menunjukkan adanya ikatan unsur pada sampel (Puspitasari & Dwandaru, 2017).

Pendeteksian pada daerah inframerah spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombangnya antara $14000 - 10 \text{ cm}^{-1}$ yang dibedakan menjadi 3 yaitu IR dekat yang peka terhadap vibrasi *overtone* ($14000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$), IR sedang dengan transisi energi vibrasi molekul yang dapat memberikan informasi gugus fungsi pada molekul ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) serta IR jauh yang dapat menganalisis molekul dengan kandungan atom berat seperti senyawa anorganik tetapi membutuhkan teknik khusus ($400 - 10 \text{ cm}^{-1}$) (Sari *et al.*, 2018).

2.2.8 Teh Hijau

Teh hijau atau nama latinnya *Camellia Sinensis* merupakan tanaman yang tumbuh dengan subur pada iklim sejuk seperti daerah pegunungan. Pemanfaatan

tanaman teh hijau dengan mengambil bagian dari daun hingga pucuk teh yang diproses melalui pemanasan atau penguapan yang akan menginaktivasi *enzim oksidase* (teh hijau). Inaktivasi *enzim oksidase* dilakukan untuk mematikan enzim panas polifenol pada daun teh segar melalui penerapan panas atau uap untuk mencegah oksidasi pada senyawa flavonoid di dalamnya. Kandungan pada teh hijau selain polifenol dan flavonoid memiliki kandungan lainnya berupa tanin, alkaloid dan steroid yang memiliki sifat sebagai antioksidan (Pallawagau *et al.*, 2019) (Malangngi *et al.*, 2012) (Kartika *et al.*, 2020) (Susilowati & Ramadhan, 2021). Sifat antioksidan pada teh hijau dapat melindungi dan membatasi dari kerusakan akibat radikal bebas yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri seperti bakteri. Hal tersebut disebabkan karena kandungan pada teh hijau merupakan turunan dari senyawa fenol (Habiburrohman & Sukohar, 2018).

Kandungan polifenol diantaranya katekin dengan struktur dasar flavanol dari golongan flavonoid sebesar 30 – 42 % serta flavonol (*kaemferol*, *kuersetin* dan *mirisetin*) sebesar 5 – 10 % (Wibowo *et al.*, 2022). Kandungan alkaloid pada daun teh sebesar 3 – 4 % dengan senyawa yang terkandung meliputi senyawa kafein, theobromine dan theofolin (Haryati *et al.*, 2019). Sedangkan persentase massa kandungan fenol pada teh hijau komersial sebesar 4,408 - 5,012 g/kg (Bayani & Mujaddid, 2015). Berdasarkan referensi lainnya, kandungan teh hijau komersial sebesar 90 – 341 mg dalam 1 cangkir teh (Kodama *et al.*, 2010) serta sebesar 21,02 (1,54 hingga 14,32 (0,45% dari setara asam galat (GAE))) (Zhao *et al.*, 2019). Kandungan pada senyawa fenol pada teh hijau terdeteksi pada gugus fungsional O-H dengan panjang gelombang 3580 – 3650 cm^{-1} (Sanjiwani *et al.*, 2020).

2.2.9 Persyaratan Bahan Tambahan Makanan

Bahan tambahan makanan merupakan bahan yang secara sengaja ditambahkan ke dalam makanan tetapi tidak dapat dikonsumsi serta bukan merupakan komposisi pada makanan. Bahan tambahan makanan mengandung dan/atau tidak mengandung gizi yang dapat mempengaruhi sifat khas pada

makanan. Sifat khas pada makanan dapat berasal dari meliputi proses pembuatan, pengolahan, penyediaan, perlakuan, pewadahan, pembungkusan, penyimpanan atau pengangkutan pada makanan. Golongan bahan tambahan makanan yang diizinkan berdasarkan PERMENKES 722/MENKES/PER/IX tentang bahan tambahan makanan antara lain sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Golongan Bahan Tambahan Makanan

No.	Kandungan
1.	Antioksidan
2.	Antikempal
3.	Pengatur keasaman
4.	Pemanis buatan
5.	Pemutih dan pematang tepung
6.	Pengemulsi
7.	Pemantap
8.	Pengental
9.	Pengeras
10.	Penyedap rasa dan aroma
11.	Penguat rasa
12.	Sekuestran

Takaran kandungan bahan tambahan makanan dalam batas secukupnya artinya jumlah yang ditambahkan pada makanan tidak melebihi jumlah wajar sesuai tujuan dan penggunaan bahan tambahan makanan tersebut (Pemerintah Indonesia, 1988).

Pengemasan bahan tambahan pangan menggunakan bahan pengemas yang tidak mengandung dan dapat melepaskan cemaran merugikan atau membahayakan bagi kesehatan manusia. Pengemas bahan tambahan makanan terbuat dari bahan yang tidak mudah rusak serta telah memiliki izin diperdagangkan oleh pemerintah (Pemerintah Indonesia, 1996).

2.2.10 Roti Tawar

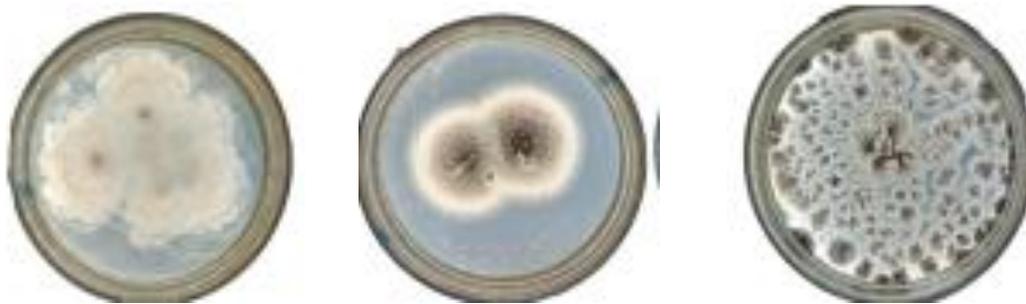
Roti tawar merupakan roti yang terbuat dari protein tinggi dengan rasa tawar berbentuk persegi dan berwarna putih atau coklat pada bagian tepinya (Sachriani & Yulianti, 2021). Roti tawar memiliki kandungan karbohidrat yang terbuat dari bahan utamanya yaitu tepung terigu. Tepung terigu diolah menjadi adonan dengan dicampurkan menggunakan air dan ragi. Air digunakan untuk membentuk kandungan gluten pada tepung terigu serta ragi sebagai fermentasi untuk mematangkan dan mengembangkan adonan roti tawar (Arwini, 2021).

Kandungan gluten dan fermentasi menyebabkan masa simpan roti tawar relatif singkat apabila disimpan pada suhu ruangan berkisar 25 – 35 °C (Suryati, 2016). Masa simpan yang relatif singkat tersebut menyebabkan timbulnya jamur karena proses oksidasi lemak menimbulkan sensasi tengik pada roti tawar (Sumartini *et al.*, 2022). Ketahanan masa penyimpanan roti tawar tidak lebih dari satu minggu yang disebabkan karena kontaminasi mikroorganisme jamur *Aspergillus sp.* (C *et al.*, 2020).

2.2.11 Jamur *Aspergillus sp*

Jamur *Aspergillus sp* merupakan mikroorganisme yang tumbuh pada suhu 20 – 30 °C (Mizana *et al.*, 2016) dan tidak dapat membentuk makanan sendiri sehingga memerlukan senyawa organik sebagai sumber nutrisinya. Nutrisi diperoleh dari bahan makanan dengan menghidrolisis kandungan pati tinggi menjadi gula sederhana (C *et al.*, 2020). Hidrolisis menyebabkan jamur *Aspergillus sp* tumbuh pada bahan makanan yang dijumpai dengan warna putih, kuning, coklat kekuningan, coklat atau hitam dan hijau. Warna tersebut disebut warna koloni yang dipengaruhi oleh produksi pigmen dengan ada atau tidaknya *trace element*. Sedangkan bentuk atau mikromorfologi jamur *Aspergillus sp* yang sering dijumpai terdiri atas kepala *konidia*, *konidia*, *fialid*, *vesikel* dan *konidiofor*. Kepala *konidia* terletak di terminal *konidiofor* dengan bentuk bulat (*globose*) dan/atau semibulat (*subglobose*) yang tersusun atas *vesikel*, *metula* (jika ada), *fialid* dan *konidia*. *Vesikel* merupakan pembesaran dari *konidiofor* berbentuk

globose, hemisferis, elips atau *clavate*. Sedangkan *konidiofor* muncul pada sel kaki serta pada ujung yang menghasilkan kepala *konidia* dengan struktur tegak lurus. Bentuk *konidiofor* pada jamur *Aspergillus sp* Sebagian besar tidak bercabang dengan kepala *konidia* tunggal (Mizana et al., 2016) (Finurti & Sunarti, 2022).



Gambar 2. 1 Jamur *Aspergillus sp* (Sumber : Finurti & Sunarti, 2022)

2.3 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Kandungan senyawa fenol pada teh hijau sebesar 4,408 - 5,012 g/kg.
2. Gugus fungsional senyawa fenol dan turunannya yang terdeteksi pada teh hijau yaitu OH (hidroksil) pada panjang gelombang 3580 – 3650 cm^{-1} , NH (amida) panjang gelombang 2800 – 3000 cm^{-1} , CH (alifatik) panjang gelombang 1540 – 1870 cm^{-1} , CO (β -diketon) pada panjang gelombang 1280,43 cm^{-1} dan CN (oksim) panjang gelombang 1020 – 1250 cm^{-1} .
3. Karakteristik kadar air pada karbon tanpa aktivasi lebih besar dibandingkan karbon teraktivasi teh hijau. Sedangkan daya serap bilangan iodin karbon tanpa aktivasi lebih kecil dibandingkan karbon teraktivasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh pori karbon yang meningkat setelah proses aktivasi.
4. Massa adsorben yang sedikit memiliki kemampuan penjerapan yang kecil, sedangkan massa yang banyak kemampuan penjerapan besar. Kemampuan penjerapan tersebut dipengaruhi oleh sifat higroskopis pada karbon yang akan meningkatkan lama simpan roti tawar gandum.

5. Suhu penyimpanan akan mempengaruhi pertumbuhan jamur *Aspergillus* sp pada roti tawar gandum. Jamur akan tumbuh pada suhu 25 – 35 °C (ruangan atau kamar). Sedangkan suhu dibawah *range* tersebut atau suhu yang lebih rendah (lemari pendingin) pertumbuhannya terhambat disebabkan *suplay* air, nutrisi, pH dan oksigen berkurang yang akan meningkatkan lama simpan roti tawar gandum.
6. Massa adsorben optimum sebesar 0,4 gram yang disimpan pada roti tawar.