

1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG PENELITIAN

Teh (*Camellia sinensis*) merupakan minuman populer di seluruh dunia yang sering menjadi subjek dari penelitian mengenai kesehatan manusia karena kaya akan senyawa antioksidan. Senyawa yang berperan sebagai antioksidan pada teh adalah polifenol di antaranya katekin, theaflavin, dan thearubigin. Polifenol akan berperan sebagai antioksidan secara *in vitro* dengan memusnahkan (*scavenging*) oksigen dan nitrogen reaktif (Frei & Higdon, 2018). Pada umumnya jenis teh yang dominan diproduksi dan dikonsumsi adalah teh hijau, yang kaya akan senyawa katekin, dan teh hitam, dengan kandungan thearubigin dan theaflavin karena tahap oksidasi enzimatik selama proses pembuatan (Arts *et al.*, 2002). Kedua jenis teh tersebut berasal dari jenis tanaman yang sama yaitu *Camellia sinensis* namun melalui proses yang berbeda sehingga antara teh hijau dan teh hitam memiliki jenis dan kandungan antioksidan yang berbeda. Kandungan polifenol sebesar 30% (berat kering) menjadikan teh sebagai salah satu sumber polifenol paling terkonsentrasi dan sumber antioksidan alami (Dhillon *et al.*, 2021).

Interaksi yang terjadi dari berbagai senyawa antioksidan teh khususnya polifenol dapat berikatan dengan makronutrien (protein, lemak, dan karbohidrat) jika ditambahkan dengan produk pangan lain seperti gula dan susu yang kemudian berinteraksi kembali dengan komponen makronutrien dari dalam tubuh setelah dikonsumsi. Konsumen di Indonesia cenderung sering mengonsumsi teh dengan tambahan gula karena sudah menjadi kebiasaan sehari-hari. Berdasarkan survei penelitian (Prasetia *et al.*, 2020), mayoritas konsumen dari Indonesia memilih mengonsumsi teh dengan tambahan gula dibandingkan teh tanpa tambahan gula. Sementara konsumen dari negara Inggris memiliki kebiasaan menambahkan susu ke dalam teh. Susu di dalam teh kemudian membentuk kompleks protein susu dan polifenol dari teh (Uthie, 2007). Kombinasi teh dengan susu menghasilkan produk minuman populer di kalangan masyarakat terutama remaja dengan sebutan *milk tea* yang biasanya diberi *topping* berupa bola kecil bertekstur kenyal disebut *bobba*. Rutinitas mengonsumsi kombinasi teh dengan gula atau susu diduga dapat menurunkan aktivitas antioksidan dari teh dibandingkan tanpa tambahan apapun.

Kandungan polifenol sebagai antioksidan pada teh hijau lebih tinggi dibandingkan teh hitam (Fajar *et al.*, 2018). Kandungan antioksidan pada masing-masing teh memiliki manfaat kesehatan di antaranya mencegah risiko penyakit kardiovaskular (Ngantung *et al.*, 2020), menurunkan berat badan (Henning *et al.*, 2017), mencegah obesitas dan diabetes, serta dapat meningkatkan imunitas tubuh (Naveed *et al.*, 2018) dengan konsumsi teh secara rutin. Manfaat kesehatan tersebut diduga dapat terasa jika senyawa bioaktif pada teh hijau dan teh hitam berinteraksi dengan komponen makanan seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Contohnya seperti interaksi antara protein dan senyawa polifenol yang memberikan efek pada sistem pencernaan (Bandyopadhyay *et al.*, 2012), interaksi antara lemak dan senyawa polifenol yang dapat menghambat aktivitas lipase dan proses penyerapan lemak yang dapat menurunkan risiko obesitas, dan interaksi antara karbohidrat dan senyawa polifenol yang dapat mengurangi risiko kardiovaskular dalam metode mikroenkapsulasi (Jakobek, 2015). Manfaat kesehatan yang berasal dari senyawa antioksidan dapat berubah jika teh ditambahkan susu atau gula karena efek polifenol pada pencernaan tidak lagi hanya melibatkan interaksi polifenol dengan makronutrien dalam tubuh, namun makronutrien dari susu atau gula dengan enzim pencernaan (Qie *et al.*, 2021).

Penelitian ini berfokus pada senyawa antioksidan yang berasal dari teh hijau dan teh hitam dengan pembahasan mendalam mengenai interaksi senyawa antioksidan dalam teh dengan makronutrien berupa protein, lemak, dan karbohidrat yang berasal dari susu atau gula. Interaksi antara senyawa-senyawa antioksidan dan komponen makanan yang diulas adalah yang berkaitan dengan efek pada aktivitas antioksidan dan dampak pada kesehatan manusia setelah melalui proses pencernaan dan penyerapan yang melibatkan beberapa jenis enzim pencernaan. Perbedaan potensi kesehatan dari polifenol pada masing-masing jenis teh juga akan dibahas dalam review ini dengan sumber pustaka dari penelitian terdahulu dalam topik yang serupa. Review ini akan mengulas secara keseluruhan mengenai interaksi yang terjadi dengan kesimpulan efek dari senyawa antioksidan pada teh hitam dan teh hijau pada aktivitas antioksidan serta hasil interaksi apa saja yang terjadi pada teh dengan tambahan gula dan susu.

1.2. TINJAUAN PUSTAKA

1.2.1 Teh

Teh (*Camellia Sinensis*) dianggap sebagai minuman terapeutik dan minuman berasa non-alkohol yang paling sering dikonsumsi di dunia setelah air dengan rata-rata konsumsi 120 ml/ hari (Naveed *et al.*, 2018). Kegiatan mengkonsumsi teh secara rutin dinyatakan oleh legenda dari China dan India menjadi kebiasaan yang sudah sangat kuno, digunakan sebagai produk kesehatan atau minuman fungsional. Pada umumnya teh dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan proses pengolahan atau level proses fermentasinya, yaitu teh hijau, teh hitam, dan teh oolong. Ketiga teh tersebut memiliki kandungan senyawa polifenol yang berbeda.

Senyawa polifenol merupakan senyawa bioaktif dengan bioavailabilitas rendah dan metabolit sekunder yang intens pada tanaman yang berdasarkan penelitian secara intensif berpotensi memberikan efek positif pada kesehatan manusia (Kardum & Glibetic, 2018; Jakobek, 2015). Teh hijau memiliki kandungan polifenol monomerik tertinggi karena proses pengolahannya tanpa fermentasi sementara teh hitam memiliki senyawa polifenol multimerik (Kodagoda & Wickramasinghe, 2017). Secara umum polifenol dibagi menjadi dua golongan, yaitu flavonoid dan non flavonoid. Flavonoid merupakan produk alami yang tersebar luas dalam berbagai tanaman. Flavonoid utama yang berada pada teh adalah flavanol dan flavonol. Keduanya memiliki berbagai macam khasiat mengobati, termasuk antioksidatif, antikarsinogenik, dan antiarteriosklerotik. Pada umumnya katekin dalam teh secara struktural berupa flavanol yang membentuk $\pm 20\%$ dari berat kering teh hijau. Sementara flavonol membentuk 2-3% dari padatan teh yang larut dalam air. Secara struktural flavonol lebih stabil dibandingkan katekin (Wang & Helliwell, 2001).

Proses pembuatan teh hijau pada dasarnya inaktivasi enzim polifenol oksidase dengan tujuan mencegah terjadinya oksidasi enzimatik (oksimatis). Oksidasi enzimatik jika terjadi akan mengubah senyawa polifenol menjadi senyawa oksidasi berupa theaflavin dan thearubigin. Beberapa tahap pembuatan teh hijau yaitu pemetikan, inaktivasi enzim dengan pengukusan atau dipanaskan menggunakan panci, penggilingan, dan kemudian pengeringan dengan suhu tinggi hingga kadar air tertentu. Proses penggilingan bertujuan untuk meningkatkan penampilan produk

teh hijau sementara pengeringan membentuk senyawa aromatik yang menghasilkan karakteristik rasa dari teh hijau. Sementara untuk proses pembuatan teh hitam melalui tahap pemetikan, pelayuan, maserasi dengan penggilingan, dan pengeringan. Tahap pelayuan pada daun teh bertujuan memudahkan saat proses penggilingan sehingga lebih mudah menghancurkan struktur sel daun untuk proses fermentasi berlangsung. Pada proses pengolahan teh hitam, sekitar 75% senyawa katekin mengalami perubahan enzimatik yang terdiri dari oksidasi dan polimerisasi parsial (Kodagoda & Wickramasinghe, 2017).

Senyawa bioaktif pada teh hijau dan teh hitam sebelum proses pengolahan memiliki kandungan yang serupa karena berasal dari tanaman teh sejenis yaitu *Camellia sinensis* namun karena teh hitam mengalami proses fermentasi maka kandungan senyawa bioaktif yaitu polifenol mengalami perbedaan yang signifikan. Hal ini terjadi karena senyawa polifenol yang terkandung dalam teh merupakan enzim yang tidak tahan terhadap suhu tinggi maka aktivitas enzim menurun dengan adanya panas saat proses fermentasi sehingga teh hijau mengandung lebih banyak senyawa polifenol (Yan *et al.*, 2020).

a. Senyawa Bioaktif Teh Hijau

Komposisi dari teh hijau hampir serupa dengan daun teh segar sebelum proses pengolahan menjadi daun teh kering. Sebagian besar senyawa polifenol yang berada dalam teh hijau adalah flavanol, pada umumnya disebut sebagai katekin. Beberapa jenis katekin dalam teh hijau adalah epigallocatechin-3-gallate (EGCg), epicatechin-3-gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), dan epicatechin (EC). EGCg merupakan senyawa katekin dominan yaitu sebanyak 50-70% dari seluruh katekin dalam teh hijau (Khan & Mukhtar, 2019), Selain itu senyawa asam galat berupa kafein, theobromine, tefillin, dan asam fenolik juga terkandung dalam teh hijau (Kodagoda & Wickramasinghe, 2017). Total senyawa polifenol yang terkandung dalam teh hijau yang sudah dikeringkan adalah 10-15% sedangkan teh hitam yang sudah dikeringkan sebesar 5% (Truong & Jeong, 2021).

b. Senyawa Bioaktif Teh Hitam

Teh hitam memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat karena adanya agen antioksidan yaitu polifenol yang dapat menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel penyebab terjadinya penyakit. Kandungan senyawa polifenol dalam teh hitam seperti flavonoid (katekin, thearubigins atau TRs, dan theaflavins atau TFs) dan asam fenolik (asam galat) merupakan penyebab utama terjadinya aktivitas antioksidan (Naveed *et al.*, 2018). Berikut merupakan Tabel 1. berisi senyawa bioaktif yang terkandung dalam teh hijau dan teh hitam dan pada gambar 1. Terdapat struktur kimia dari senyawa polifenol teh.

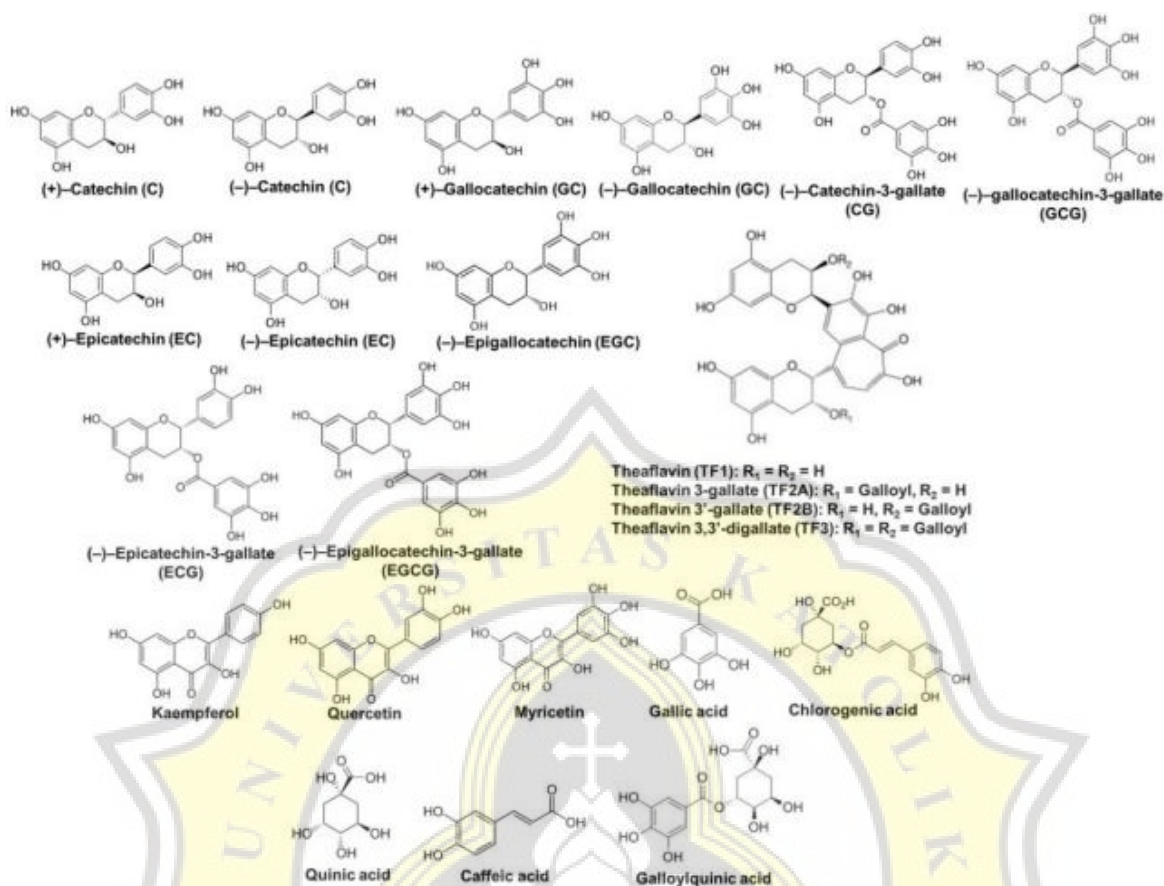
Tabel 1. Kandungan Fenolik (% padat kering) dalam Teh Hijau dan Hitam

Komponen	Teh Hitam	Teh Hijau
Flavanols	5-10	30-40
Epigallocatechingallate	4-5	10-15
Epicatechin Gallate	3-4	3-10
Epigallocatechin	1-2	3-10
Epicatechin	1-2	1-5
Flavandiols	-	2-3
Flavonols ^a	6-8	5-10
Phenolic acids and depsides ^b	10-12	-
Theaflavins	3-6	-
Thearubigens	10-30	-

^aFlavonols include Kaempferol, quercetin and myricetin

^bPhenolic acids and depsides include gallic acid and theogallin

(Sharangi Baran, 2016)



Gambar 1. Struktur Kimia Utama dari Senyawa Polifenol Flavonol Teh (Truong & Jeong,2021)

1.2.2 Interaksi dengan Susu atau Gula

Teh menjadi salah satu minuman yang terkenal di kalangan masyarakat karena merupakan salah satu minuman fungsional yang mengandung antioksidan alami. Kombinasi teh dengan pangan lainnya sudah banyak dilakukan untuk menambah sifat fungsional teh atau mengurangi persepsi *astringency* dari teh saat dikonsumsi (Bandyopadhyay *et al.*, 2012).

Tabel 2. Interaksi Teh dengan Susu atau Gula

No.	Jenis Teh	Produk Kombinasi	Referensi
1.	Teh Hitam	Susu dan Gula	(Sharma <i>et al.</i> , 2008)
2.	Teh Hijau dan Hitam	Susu dan Gula	(Dhillon <i>et al.</i> , 2021)
3.	Teh Hitam	Susu	(Hasni <i>et al.</i> , 2011)
4.	Teh	Susu	(Chanphai <i>et al.</i> ,

			2018)
5.	Teh Hitam dan Hijau	Gula	(Shalaby <i>et al.</i> , 2016)
6.	Teh Hijau	Gula	(Lee <i>et al.</i> , 2021)

a. Susu

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penambahan susu pada teh memiliki dampak negatif dan positif pada aktivitas antioksidan. Efek interaksi dan aktivitas antioksidan yang terjadi dapat dijelaskan bila sudah mengetahui karakterisasi struktural dari interaksi protein susu dan senyawa polifenol dalam teh hijau atau teh hitam. Hal ini dikarenakan afinitas antara polifenol teh dengan protein susu bergantung pada ukuran molekul dan akan meningkat seiring dengan peningkatan ukuran molekul. Ukuran molekul senyawa bioaktif dari teh hijau dan teh hitam berbeda karena memiliki kandungan senyawa polifenol yang berbeda jenis. Ikatan antara senyawa polifenol dengan protein susu biasanya berbentuk ikatan hidrofilik dan hidrofobik (Hasni *et al.*, 2011). Namun penambahan susu pada teh berpengaruh pada aktivitas antioksidan jika sudah dalam pencernaan, kandungan protein dari susu yaitu β -lactoglobulin dan β -casein menunjukkan efek melindungi terhadap aktivitas antioksidan (Qie *et al.*, 2021). Perlindungan tersebut dapat bermanfaat terhadap sifat katekin, sebuah penelitian secara *in vitro* yang menyatakan katekin lebih stabil pada pH asam jika berada di dalam pencernaan lambung namun akan mengalami degradasi jika berada di dalam pencernaan usus kecil dengan pH yang sedikit lebih basa (Lamothe *et al.*, 2014)

b. Gula

Penambahan gula pada teh sudah umum dilakukan oleh konsumen di Indonesia. Teh dengan tambahan gula akan menurunkan aktivitas antioksidan yang terjadi dibandingkan dengan teh tanpa tambahan gula (Sharma *et al.*, 2008). Selain menurunkan aktivitas antioksidan, penambahan gula pada teh hijau akan menghambat proses pencernaan yang kemudian menunda proses penyerapan gula tambahan (Lee *et al.*, 2021). Maka untuk merasakan efek kesehatan secara maksimal dari senyawa bioaktif teh hijau atau teh hitam sebaiknya konsumsi teh tidak ditambahkan bahan tambahan pangan apapun untuk memaksimalkan aktivitas antioksidan (Shalaby *et al.*, 2016).

1.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan yang berasal dari senyawa bioaktif dalam teh hitam dan teh hijau sangat dipengaruhi beberapa faktor selama interaksi antara senyawa polifenol dan makronutrien terjadi di dalam tubuh atau pada teh yang ditambahkan dengan susu atau gula. Faktor yang mempengaruhi aktivitas antioksidan interaksi polifenol teh dengan makronutrien adalah jenis polifenol teh, jenis susu atau gula yang ditambahkan, penambahan konsentrasi susu atau gula yang ditambahkan, dan metode yang digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan.

a. Jenis Bahan Uji

Jenis senyawa polifenol dari teh hijau dan teh hitam sangat menentukan besar ikatan afinitas atau *binding affinity* yang akan terbentuk. Perbedaan karakteristik struktur dari masing-masing senyawa bioaktif jenis katekin dalam teh hijau dan teh hitam menjadi fokus utama dalam bahasan aktivitas antioksidan, yaitu keberadaan golongan galolil pada cincin C, jumlah kelompok hidroksil pada cincin B, dan *spatial arrangement* (struktur *cis*- dan *trans*-) (Trnkova *et al.*, 2011). Selain karakteristik struktur, faktor yang menentukan aktivitas antioksidan dari senyawa polifenol teh adalah jumlah dan posisi gugus hidroksil (OH) dan cincin aromatik, semakin banyak jumlah gugus OH maka ikatan afinitas semakin meningkat (Dubeau & Samson, 2010). Jika ikatan afinitas meningkat maka akan terjadi lebih banyak reaksi dengan radikal bebas sehingga peran antioksidan sebagai *radical scavenging* atau pemusnah radikal terjadi (Dinh *et al.*, 2019). Jenis dan komponen susu memberikan efek terhadap aktivitas antioksidan katekin setelah berinteraksi dengan enzim dalam pencernaan manusia. Sementara penambahan gula juga menentukan aktivitas antioksidan yang berpengaruh pada besar nilai penurunan atau kenaikan aktivitas antioksidan.

b. Kadar Bahan Uji

Hasil aktivitas antioksidan dari interaksi teh dengan gula atau bahan tambahan pangan lainnya seperti susu dipengaruhi oleh konsentrasi penambahan bahan tambahan pangan (Korir *et al.*, 2014). Aktivitas antioksidan dari interaksi teh yang ditambahkan dengan susu tidak akan terpengaruh jika kadar susu tidak melebihi penambahan standar sebesar 10-15 % (Serafini *et al.*, 1996).

c. Metode

Metode yang digunakan dalam mengukur aktivitas antioksidan dibagi berdasarkan teknik pengukurannya yaitu spektrometri, teknik elektrokimia, dan kromatografi. Beberapa metode yang menggunakan teknik tersebut di antaranya FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant*), metode peredaman radikal bebas ABTS (*2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*), ORAC (*Oxygen Radical Absorption Capacity*), DPPH (*[2,2-di(4-tert-octylphenyl)-1-picrylhydrazyl]*), *Voltammetry*, dan Peroksidasi lipid. Setiap metode memiliki prinsip dan pengukuran hasil akhir yang berbeda sehingga menghasilkan nilai aktivitas antioksidan yang berbeda pula (Munteanu & Apetrei, 2021). Metode ABTS menggunakan prinsip HAT (*Hydrogen Atom Transfer*), dengan mengukur kemampuan antioksidan untuk menetralkan radikal bebas melalui donor atom H. Sedangkan metode FRAP dan DPPH menggunakan prinsip SET (*Single Electron Transfer*), terjadi reaksi antara antioksidan dan agen oksidasi (senyawa *fluorescence*) (Karadag *et al.*, 2009)

1.2.4 Interaksi Senyawa Antioksidan Teh dengan Makronutrien Susu dalam Tubuh

Komponen makronutrien sebagai asupan makanan manusia seperti protein, lemak, dan karbohidrat biasanya dikonsumsi secara bersamaan dengan senyawa polifenol. Polifenol merupakan senyawa bioaktif alami yang biasanya berasal dari asupan makanan manusia, salah satunya teh. Asupan seimbang senyawa polifenol per hari adalah 100 mg (Zhang *et al.*, 2014). Polifenol mendorong beberapa potensi bioaktivitas pada tubuh manusia yang berdampak pada penurunan risiko beberapa penyakit seperti obesitas, kanker, dan penyakit kardiovaskular (Ištuk *et al.*, 2020). Potensi penurunan risiko penyakit akan terjadi ketika senyawa polifenol dilepaskan dari matriks makanan ke dalam saluran pencernaan dan diserap dalam jumlah tertentu sehingga berdampak pula pada bioaksesibilitas dan bioavailabilitas pada polifenol. Efektivitas dari polifenol pada teh bergantung pada bioaktivitas dan bioavailabilitasnya. Bioaksesibilitas adalah jumlah senyawa tertelan yang tersedia untuk diserap usus sedangkan bioavailabilitas merupakan laju dan tingkat zat aktif atau bagian terapeutik dari obat terserap (Jakobek, 2015). Efek interaksi antara polifenol teh dengan susu dalam tubuh manusia akan melibatkan beberapa enzim pencernaan (Qie *et al.*, 2021) yang menghasilkan efek yang berbeda saat senyawa polifenol hanya berinteraksi dengan komponen susu.

a. Protein

Interaksi antara protein dan senyawa polifenol pada teh sudah banyak diulas oleh para penulis terdahulu. Adanya senyawa polifenol pada teh dapat berakibat pada bioavailabilitas (Ozidal *et al.*, 2018). Antioksidan senyawa polifenol dapat menghambat oksidasi protein karena serangan spesies oksigen atau nitrogen reaktif yang berakibat pada disregulasi fungsi fisiologis normal dan penyebab penyakit kronis lain seperti penyakit kardiovaskular, kanker, dan radang usus. Polifenol teh dapat menghambat pembentukan spesies oksigen atau nitrogen reaktif (Truong & Jeong, 2021). Namun setelah polifenol teh berinteraksi dengan protein dari susu maka protein dalam tubuh akan terjadi perubahan konformasi pada struktur sekunder dari protein yaitu peningkatan β -sheet dan α -helix, yang menyebabkan stabilisasi struktur protein berubah (Kanakakis *et al.*, 2011).

b. Lemak

Interaksi senyawa bioaktif polifenol pada teh dengan lemak berpengaruh pada emulsi dengan meningkatkan ukuran tetesan dan menurunkan luas permukaan secara spesifik pada lemak. Senyawa polifenol pada teh hitam dapat menghambat aktivitas lipase dan berakibat pada proses penyerapan lemak di usus (Jakobek, 2015).

c. Karbohidrat

Interaksi antara senyawa polifenol teh dengan karbohidrat dapat menghambat aktivitas enzim dalam metabolisme karbohidrat. Struktur dari senyawa polifenol merugikan kerja enzim pada proses hidrosilasi. Jenis enzim yang dihambat adalah enzim pencernaan berupa α -glukosidase dan α -amilase. Dampak dari interaksi tersebut adalah pencernaan menjadi melambat dan dapat memodulasi penyerapan glukosa setelah mengkonsumsi makanan yang kaya akan karbohidrat (Swallah *et al.*, 2020).

1.3. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu, maka identifikasi masalah yang didapatkan adalah:

1. Apa interaksi yang terjadi antara senyawa antioksidan pada teh hitam dan teh hijau dengan susu ?
2. Bagaimana interaksi senyawa antioksidan teh hitam dan teh hijau dengan susu setelah masuk ke dalam pencernaan ?
3. Apa interaksi yang terjadi antara senyawa antioksidan pada teh hitam dan teh hijau dengan gula ?

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilakukannya review ini adalah untuk mengetahui interaksi yang terjadi antara senyawa bioaktif pada teh hijau dan teh hitam dengan komponen makanan berupa lemak, protein, dan karbohidrat pada gula dan susu serta dampaknya pada aktivitas antioksidan.

