

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Landasan Teori

##### 2.1.1 Tanaman Daun Teh

Tanaman teh merupakan spesies hijau abadi dari genus *camellia* yang memiliki daun hijau gelap dan bunga berwarna putih. Tanaman ini berasal dari tiongkok. Dua spesies utama yang sering digunakan untuk memproduksi teh adalah *camellia sinensis* dan *camellia assamica*. Teh yang dibuat dengan menyeduh daun teh yang telah di proses menggunakan air panas, merupakan salah satu minuman yang dikonsumsi secara luas di seluruh dunia. Selain cita rasa dan aroma yang khas, teh juga memiliki nilai budaya dan manfaat Kesehatan yang menjadikannya bernilai tinggi.

Teh hijau pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1686 oleh Dr. Andreas Clayer, seorang berkebangsaan belanda. Teh memiliki dua kelompok varietas utama yang terkenal, yaitu varietas *assamica* dan varietas *sinensis* yang berasal dari cina.

Berikut adalah taksonomi tanaman teh (*Camellia sinensis*)

- a. Divisi : *Spermatophyta*
- b. Subdivisi : *Angiospermae*
- c. Kelas : *Dicotyledonae*
- d. Subkelas : *Dialypetalae*
- e. Ordo : *Guttiferales (Clusoales)*

f. Familia : *Camelliaceae (Tehaceae)*

g. Genus : *Camellia*

h. Spesies : *Camellia sinensis*

Teh dikenal sebagai minuman yang menyehatkan, dan permintaan akan konsumsi teh terus meningkat setiap harinya. Seiring dengan meningkatnya produksi teh, jumlah limbah teh juga bertambah. Limbah ini dihasilkan pada berbagai tahap, seperti pemangkasan pohon teh, setelah konsumsi teh sehari-hari, maupun selama proses produksi industri. Limbah teh dapat terbentuk pada setiap proses pabrik, termasuk proses pelayuan, penghancuran, fermentasi, pengeringan, hingga pengemasan akhir.

Umur daun teh berpengaruh besar terhadap kandungan flavonoid di dalam teh, yang merupakan senyawa penting bagi Kesehatan. Daun teh muda biasanya memiliki kandungan flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan daun teh tua. Daun teh muda yang biasanya terdiri dari 3 hingga 5 daun teratas, memiliki kadar total flavonoid sekitar 27,76% qe w/w, sementara daun teh tua yang terdiri dari 6 hingga 8 daun hanya mencapai 18,61% qe w/w. Kandungan flavonoid yang lebih tinggi pada daun muda disebabkan oleh fakta bahwa daun tersebut masih aktif tumbuh dan kaya akan jaringan meristem yang mendukung proses metabolisme. Selain itu, cara pemotongan dan pengolahan juga mempengaruhi kualitas serta kandungan flavonoid, sehingga pemilihan

umur daun yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas teh yang terbaik. (Liem & Herawati, 2021)

menurut (Negi *et al.*, 2022) sekitar 90% daun teh berubah menjadi limbah setelah melalui proses pengolahan dan konsumsi. Sebagai contoh, dari total produksi teh sebesar 857.000 ton di india, diketahui bahwa sekitar 190.000 ton limbah teh dihasilkan. (Hussain *et al.*, 2018) sekitar 30.000 ton limbah dibuang setiap tahun di sepanjang laut hitam turki. Jika limbah teh dalam jumlah besar ini tidak dimanfaatkan dengan baik, hal ini tidak hanya meningkatkan beban ekonomi tetapi juga akan meningkatkan beban ekonomi tetapi juga menimbulkan masalah lingkungan yang serius. Oleh karena itu, komponen bioaktif yang bermanfaat, seperti polifenol dalam ampas teh, perlu di ekstraksi menggunakan berbagai metode.

Senyawa bioaktif tersebut dapat diisolasi melalui metode ekstrasi dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Dengan memanfaatkan limbah teh, bahan ini dapat diubah menjadi biomassa yang berguna dalam berbagai bidang serta didaur ulang. Berdasarkan hasil berbagai penelitian, kandungan kaya ampas teh menunjukkan potensinya untuk digunakan di banyak sektor, seperti produksi energi, bahan penyerap, silase, dan bahan tambahan pangan dalam makanan fungsional. Upaya untuk memperluas pemanfaatan ini memberikan harapan besar untuk masa depan.

Menurut (Mandal *et al.*, 2024) limbah teh adalah hasil sampingan yang signifikan dari proses produksi di berbagai produsen teh. Limbah ini kaya akan bahan kimia aromatik, yang Sebagian besar terdapat pada batang dan cabang tanaman. Zat-zat inilah yang menjadi sumber utama aroma khas teh. Limbah teh umumnya terdiri dari tanaman yang rapuh, kuncup bunga, serta daun-daun yang tidak terpakai. Jika dikelola dengan baik, limbah teh berpotensi mencemari lingkungan, termasuk atmosfer, badan air dan tanah, sehingga dapat menimbulkan dampak negative bagi ekosistem.

Residu teh merupakan limbah organik dalam jumlah besar yang mengandung kadar tanin dan polifenol yang tinggi. Jika dilepaskan ke lingkungan perairan tanpa pengolahan yang tepat, senyawa ini dapat menimbulkan kerusakan. Karena sifatnya yang asam, residu teh dapat mengganggu keseimbangan pH tanah dan air, yang pada akhirnya memengaruhi keanekaragaman hayati dan ekosistem lokal. Tanin dalam limbah teh juga dapat menurunkan kadar oksigen dalam air, sehingga berisiko bagi organisme akuatik.

Selain itu, komponen organik dalam residu teh dapat memperburuk perubahan iklim dan menarik hama, menghasilkan bau tidak sedap, dan melepaskan gas rumah kaca seperti metana selama proses penguraian di tempat pembuangan sampah. Pengolahan limbah teh yang tidak memadai, seperti pengomposan yang buruk, juga dapat merusak kualitas tanah di daerah pertanian. Meskipun limbah teh memiliki

potensi untuk didaur ulang dan dimanfaatkan kembali, kurangnya praktik daur ulang yang terorganisasi sering kali menyebabkan degradasi lingkungan yang signifikan, memberikan dampak buruk pada ekosistem darat maupun perairan.

### **2.1.2 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair**

#### a. Definisi Limbah Cair

Limbah cair adalah sisa buangan dari berbagai proses yang tidak lagi dimanfaatkan, baik dari kegiatan industri, rumah tangga, peternakan, maupun pertanian. Limbah industri biasanya berasal dari bekas cucian peralatan produksi, limbah laboratorium, limbah rumah tangga, kamar mandi, hingga bahan bekas reagen laboratorium. Jika limbah cair ini dibuang langsung tanpa pengolahan, dampaknya bisa berbahaya bagi lingkungan, seperti mencemari tanah, air dan udara, serta mengganggu keseimbangan ekosistem.

Perubahan bau maupun warna dapat menjadi indikator adanya pencemaran udara dari limbah cair, yang kemudian dapat diperjelas dengan uji khusus, misalnya pemeriksaan pH air. Ada standar baku mutu tertentu untuk memastikan udara bebas dari polusi. Oleh karena itu pengolahan limbah cair bertujuan untuk menetralkan zat berbahaya sebelum limbah tersebut dilepaskan ke lingkungan, guna mengurangi dampak negatifnya terhadap ekosistem. (Purba et al., 2024)

b. Jenis-Jenis Limbah Cair Berdasarkan Sumbernya

1) Limbah Rumah Tangga

Limbah ini berasal dari sisa-sisa kegiatan rumah tangga, baik yang berasal dari pemukiman maupun kegiatan sehari-hari dirumah. Contohnya, menggunakan kakus, atau aktivitas lain yang menghasilkan sampah dalam bentuk cair. Secara umum, limbah cair ini biasanya mengandung bahan organik.

2) Limbah Industri

Limbah dari sektor industri umumnya mengandung zat kimia yang berkomposisi tergantung pada jenis industri yang dijalankan. Limbah udara yang dihasilkan biasanya mengandung senyawa seperti ammonia, lemak.

Proses pengolahan limbah industri tergolong lebih kompleks dibandingkan jenis limbah lainnya. Penyimpanan dan pengolahan limbah ini memerlukan perizinan resmi dari pemerintah serta harus memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Sebelum limbah cair dilepaskan ke lingkungan, proses netralisasi dilakukan untuk menghilangkan zat kontaminan. Salah satu langkah utamanya adalah meminimalkan kandungan bakteri patogen dalam limbah melalui metode

pengolahan khusus, sehingga limbah menjadi lebih aman bagi lingkungan.

### 3) Limbah Kotapraja

Limbah ini umumnya dihasilkan di lingkungan perkantoran, pusat perdagangan, hotel, restoran, tempat ibadah, dan area umum lainnya. Jenis limbah yang dihasilkan biasanya serupa dengan limbah rumah tangga organik, seperti sisa makanan, daun, dan material biodegradable lainnya.

#### c. Dampak Limbah Cair Terhadap Lingkungan & Kesehatan

bau tidak sedar yang dihasilkan oleh limbah memang dapat menimbulkan dampak serius terhadap kenyamanan masyarakat dan kualitas lingkungan secara keseluruhan. Secara umum, bau yang berasal dari limbah bisa disebabkan oleh adanya senyawa organik, ammonia, atau gas berbahaya lainnya yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik dalam air limbah atau sampah.

Dampak dari bau tersebut tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga psikologis, serta memiliki potensi untuk menurunkan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan. Contoh dampak sosial dan psikologis yaitu gangguan Kesehatan fisik, bau yang menyengat dapat mempengaruhi saluran pernafasan, menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan, serta mata. Masyarakat yang terpapar bau yang kuat dapat mengalami

gangguan Kesehatan seperti batuk, sesak nafas, serta peningkatan risiko penyakit pernapasan, terutama bagi mereka yang memiliki Riwayat asma atau alergi (Purba *et al.*, 2024)

d. Parameter Limbah Cair

1). Karakteristik Fisik

a) Bau

Bau adalah sesuatu yang dihasilkan oleh limbah cair, bau ini dapat menjadi masalah bagi lingkungan karena dapat mencemari udara dan memberikan dampak buruk pada Kesehatan manusia serta ekosistem. Pengolahan limbah cair bertujuan untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar, sehingga bau yang muncul dapat diminimalkan dan limbah yang dihasilkan lebih aman untuk dibuang ke lingkungan. (Indrayani & Rahmah, 2018)

b) Jumlah Padatan Tersuspensi (TSS)

*Total Suspended Solid* merupakan jumlah keseluruhan padatan yang tersuspensi dalam limbah cair dan tidak dapat larut dalam udara. TSS terdiri dari partikel-partikel kecil, seperti bahan organik, mikroorganisme, tanah liat dan mineral lainnya yang dapat mengapung atau mengendap.

Parameter TSS menjadi faktor penting dalam menilai kualitas limbah cair, karena kadar TSS yang tinggi dapat menjadi indikator pencemaran dan berpotensi merusak

lingkungan, terutama jika limbah tersebut dibuang ke badan udara tanpa pengolahan yang memadai. (Adnyana *et al.*, 2022)

c) Warna

Warna mengacu pada keberadaan zat pewarna dalam limbah cair yang dihasilkan oleh industri pencelupan. Zat pewarna ini dapat mencemari lingkungan jika limbah dibuang tanpa melalui proses pengolahan yang sesuai. (Setiyawati *et al.*, 2020)

d) BOD

*Biochemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik dalam limbah cair. Parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat polusi organik pada udara. BOD merupakan indikator penting dalam menilai kualitas air limbah, karena konsentrasi BOD yang tinggi dapat mengurangi kadar oksigen terlarut di udara, yang berpotensi membahayakan kehidupan organisme akuatik. (Kesehatan *et al.*, 2023).

e) COD

*Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah cair menggunakan agen pengoksidasi kuat, seperti kalium

dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ). parameter ini digunakan untuk menentukan tingkat polusi organik pada udara, dimana semakin tinggi nilai COD, semakin besar kandungan bahan organik dalam air. (Mustofa & Febriyana, 2024)

f) Ammonia

Ammonia adalah senyawa kimia yang tersusun dari nitrogen dan hydrogen dengan rumus molekul  $NH_3$ . Senyawa ini sering ditemukan dalam limbah cair, terutama yang berasal dari aktivitas domestik seperti air buangan rumah tangga, serta dari aktivitas industri, seperti proses pengolahan makanan, petrokimia atau pertanian. Kehadiran ammonia dalam limbah cair umumnya digunakan sebagai indikator adanya pencemaran organik, karena ammonia sering dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik yang mengandung nitrogen. Amonia menjadi salah satu parameter utama dalam analisis kualitas udara karena keberadaannya dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan. Konsentrasi ammonia tinggi dapat menurunkan kualitas udara, mengganggu kehidupan organisme akuatik, dan menyebabkan stress atau kematian pada ikan dan makhluk udara lainnya. (Kesehatan *et al.*, 2023).

### g) Kekeruhan

Kekeruhan yang tinggi menandakan bahwa udara mengandung banyak partikel tersuspensi, yang dapat memberikan dampak negative pada lingkungan. Partikel ini dapat mengganggu ekosistem perairan, mempengaruhi proses fotosintesis organisme akuatik dan mengurangi kualitas udara untuk kebutuhan domestik maupun industri. Selain itu, tingkat kekeruhan yang tinggi juga dapat membahayakan Kesehatan manusia, terutama jika air digunakan tanpa pengolahan yang baik. (Setiyawati *et al.*, 2020).

## 2). Karakteristik Kimiawi

### a). Bahan Organik

Limbah cair mengandung bahan organik yang berasal dari hewan, tumbuhan dan aktivitas manusia. Bahan organik tersebut terdiri dari unsur-unsur seperti C, H, O dan N. serta memiliki karakteristik kimiawi seperti protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Selain itu, limbah ini juga dapat mengandung surfaktan, insektisida, fenol dan asset tetap yang berasal dari limbah domestik dan komersial, termasuk insektisida yang digunakan dalam pertanian.

b). Bahan Anorganik

Jumlah bahan anorganik dalam limbah cair cenderung meningkat dan dipengaruhi oleh sumber asal limbah tersebut. Secara umum, bahan anorganik ini terdiri dari senyawa logam berat seperti Fe, Cu, Pb dan Mn serta asam dan basa kuat. Selain itu, limbah ini juga mengandung senyawa fosfat, senyawa nitrogen, serta senyawa belerang, termasuk sulfat dan hydrogen sulfida.

c). Gas

Limbah cair yang belum di proses biasanya mengandung gas-gas seperti nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), metana ( $CH_4$ ), hydrogen sulfida ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ) dan karbon dioksida.

### 2.1.3 Bau Pada Limbah Cair

Bau yang muncul dari limbah adalah hasil dari berbagai proses biokimia dan fisik yang berlangsung selama bahan organik terurai. Proses ini melibatkan mikroorganisme yang memecah bahan-bahan tersebut dan melepaskan gas-gas berbau yang dapat mencemari lingkungan.

Sumber-Sumber Bau pada Limbah Yaitu :

a. Limbah Organik

Limbah organik adalah jenis limbah yang berasal dari bahan-bahan yang dapat terurai secara alami, umumnya berkaitan dengan aktivitas

makhluk hidup. Limbah ini mencakup sisa makanan, daun, rumput pertanian dan kotoran hewan. Limbah organik memiliki potensi besar untuk diolah menjadi kompos, yang dapat berfungsi sebagai pupuk alami untuk meningkatkan kesuburan tanah. Proses penguraian oleh mikroorganisme juga membantu mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan, mendukung pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan. Namun jika tidak dikelola dengan baik, limbah organik dapat menyebabkan masalah pencemaran, seperti bau tidak sedap dan menarik perhatian hewan. Oleh karena itu, pengelolaan yang tepat terhadap limbah organik sangat penting untuk menjaga kebersihan dan Kesehatan lingkungan.

Sumber bau yang dihasilkan dari limbah organik seperti sisa makanan dan limbah pertanian, dalam proses ini terbentuk senyawa-senyawa seperti ammonia ( $\text{NH}_3$ ), hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ). (Yuwono, 2008).

#### b. Limbah Peternakan

Limbah peternakan menghasilkan bau akibat tingginya konsentrasi ammonia dan gas-gas sulfur. Kondisi anaerobik pada tumpukan kotoran dapat mempercepat pembentukan senyawa berbau tersebut. (Purnomo *et al.*, 2016).

Limbah peternakan mengacu pada semua sisa atau produk yang dihasilkan dari aktivitas peternakan, yang mencakup pemeliharaan hewan ternak dan pengolahan produk hewani. Limbah ini terdiri dari

beberapa komponen, seperti kotoran ternak yang merupakan hasil metabolisme hewan dan dapat digunakan sebagai pupuk, tetapi berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu, sisa pakan yang tidak terpakai juga termasuk dalam limbah ini yang dapat membusuk dan menyebabkan masalah pencemaran. Produk sampingan dari pengolahan hewan, seperti kulit, darah dan sisa lainnya, juga merupakan bagian dari limbah peternakan. Disisi lain, air limbah yang digunakan untuk membersihkan kendang dan proses pengolahan dapat mengandung zat berbahaya. Oleh karena itu, pengelolaan limbah peternakan yang efektif sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan.

#### c. Industri

Berbagai industri seperti pengolahan ikan, juga menghasilkan limbah dengan bau yang menyengat. Dalam industri tepung ikan, misalnya bau tersebut berasal dari sisa ikan yang tidak dikelola dengan baik. Proses pengolahan air limbah di industri ini sering kali melibatkan aerasi untuk mengurangi bau (Prayitno, 2016)

Mikroorganisme dapat berinteraksi dengan berbagai elemen dalam lingkungan, yang kemudian mempengaruhi jenis dan jumlah senyawa volatil yang dihasilkan. Faktor kelembapan, suhu dan pH dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan berdampak pada pelepasan gas beraroma khas. Dalam pengolahan limbah, mikroorganisme berperan penting dalam proses biodegradasi bahan

organik. Proses ini tidak hanya menghasilkan gas seperti metana dan karbon dioksida, tetapi juga senyawa berbau lainnya yang dapat terlepas ke udara dan menyebabkan aroma tidak sedap.(Yuwono, 2008).

#### **2.1.4 Bahan Alami Pengolahan Limbah**

Bahan alami memiliki peluang besar untuk dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair karena karakteristiknya yang ramah lingkungan, mudah didapat, dan ekonomis.

Beberapa diantaranya yaitu :

a. Eceng Gondok

Eceng gondok adalah tanaman air yang berpotensi besar sebagai bahan alami untuk pengolahan limbah dan perbaikan kualitas udara. Tanaman ini memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyerap berbagai zat pencemar, termasuk logam berat dan bahan organik yang terdapat dalam limbah udara. Melalui proses biodegradasi yang melibatkan mikroorganisme di akarnya, eceng gondok mampu mengurangi konsentrasi bahan organik.(Crassipes *et al.*, 2018)

b. Ampas Kopi

Ampas kopi adalah sisa dari proses penggilingan biji kopi yang sering dianggap limbah, ampas kopi mengandung senyawa yang berfungsi sebagai adsorben, mampu menyerap molekul penyebab bau, termasuk gas berbahaya seperti hydrogen sulfida yang

dihasilkan dari proses dekomposisi limbah organik. Penggunaannya juga membantu mengurangi limbah organik, menjadikannya solusi yang ramah lingkungan sekaligus fungsional. (Muspa *et al.*, 2017)

c. Sereh Wangi

Sereh wangi mengandung minyak atsiri dengan sifat antimikroba dan aromatik. Senyawa aktif yang terdapat di dalamnya berfungsi efektif untuk menetralkan bau tidak sedap sekaligus menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab aroma tak nyaman. Dalam pengolahan air limbah, sereh wangi ditambahkan untuk mengurangi aroma tidak sedap yang muncul dari limbah tersebut. Penggunaan sereh wangi dalam produksi pupuk organik cair juga membantu mengatasi bau tak sedap yang dihasilkan oleh limbah. Sebagai solusi alami yang efektif, sereh wangi menawarkan alternatif ramah lingkungan untuk mengatasi masalah bau.(Mutmainah, 2020)

d. Ampas Teh

Ampas daun teh adalah limbah organik yang dihasilkan setelah proses penyeduhan teh. Limbah ini sering dibuang segitu saja tanpa dimanfaatkan lebih lanjut, meskipun memiliki potensi besar sebagai bahan ramah lingkungan dan ekonomis. Penggunaan ampas daun teh sebagai adsorben tidak hanya bermanfaat untuk mengolah udara tercemar, tetapi juga membantu mengurangi

limbah sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah dan biaya produksi yang rendah, ampas daun teh menjadi alternatif menarik untuk mengolah udara, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan baku impor. Oleh karena itu, pemanfaatan ampas daun teh sebagai adsorben manawarkan solusi inovatif dan keberlanjutan dalam melindungi lingkungan. (Azzahra & Taufik, 2020).

#### **2.1.5 Kandungan Aktif Limbah Daun Teh**

Limbah daun teh, yang dihasilkan dari berbagai proses mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan aktif dalam produk kesehatan dan kosmetik. Berikut adalah beberapa kandungan aktif yang terdapat dalam ekstrak limbah daun teh :

a. Polifenol

Polifenol adalah senyawa bioaktif yang melimpah dalam berbagai jenis tumbuhan, termasuk teh hijau (*Camellia sinensis*). Senyawa ini diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, yang berperan melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Senyawa ini bekerja dengan cara mengikat molekul penyebab bau, seperti senyawa sulfur dan ammonia, serta mengurangi aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan bau tidak sedap. Aktivitas antioksidan

polifenol turut membantu mencegah pembentukan senyawa volatil yang berkontribusi pada bau. (S. E. Priani et al., 2024).

b. Tanin

Senyawa tanin memiliki kemampuan untuk menghilangkan bau tidak sedap karena sifat yang dapat mengikat senyawa volatil penyebab bau, seperti senyawa sulfur atau nitrogen yang biasanya terdapat pada lingkungan, makanan, atau tubuh. Tanin sebagai bagian dari polifenol, memiliki struktur kimia yang memungkinkan interaksi dengan senyawa penyebab bau. Tanin dari sumber alami, seperti teh atau kulit kayu, efektif dalam menyerap senyawa berbau yang sering dihasilkan oleh limbah domestik atau industri. Oleh karena itu, senyawa tanin memiliki potensi besar sebagai bahan ramah lingkungan. (Ariana et al., 2021).

c. Flavonoid

Flavonoid adalah senyawa fitokimia yang tergolong dalam kelompok polifenol dan tersebar luas di berbagai jenis tanaman, termasuk teh. Struktur kimia flavonoid terdiri dari dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh rantai tiga karbon, yang membentuk berbagai kelas, seperti flavon, flavonol, flavanol, isoflavon dan antosianin. Sumber utama flavonoid dalam makanan meliputi teh, buah-buahan, sayuran serta biji-bijian. Flavonoid diketahui memiliki banyak

manfaat sebagai antioksidan sebagai pelindung dari radikal bebas .

d. Kafein

Kafein merupakan senyawa alkaloid yang terdapat pada berbagai tanaman seperti daun teh (*Camellia sinensis*) memiliki berbagai khasiat yang dapat membantu mengatasi bau tak sedap. Salah satu cara kerjanya adalah dengan menetralkan bau, dimana kafein berinteraksi dengan struktur kimia yang memungkinkan interaksi dengan senyawa penyebab bau. Tanin dari sumber alami, seperti teh atau kulit kayu, efektif dalam menyerap senyawa berbau yang sering dihasilkan oleh limbah domestik atau industri. Oleh karena itu, senyawa tanin memiliki potensi besar sebagai bahan ramah lingkungan. (Ariana et al., 2021).

Aktivitas antioksidan polifenol yang terkandung dalam teh hijau terutama terkait dengan adanya kombinasi cincin aromatik dan gugus hidroksil dalam struktur kimia nya yang berfungsi untuk mengikat dan menetralkan radikal bebas lipid. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa polifenol dan katekin dalam teh adalah donor electron yang sangat baik serta pemulung efektif dari spesies oksigen reaktif yang relevan secara in vitro, termasuk radikal peroksida, anion superoksida dan oksigen singlet. Selain itu, katekin juga

menampilkan aktivitas antioksidan dengan cara mengikat ion logam transisi yang aktif secara redoks. Katekin dalam teh hijau juga menunjukkan kemampuan antioksidan dengan menghambat enzim pro-oksidan dan merangsang aktivitas ensim antioksidan. (D. Habiburrohman & Sukohar, 2018)

Ekstrak limbah daun teh memiliki potensi yang signifikan dalam mengurangi senyawa volatile yang menyebabkan bau pada limbah cair, berkat kandungan senyawa aktif seperti tanin, polifenol dan flavonoid. Tanin, sebagai salah satu senyawa fenolik, bekerja dengan cara mengikat dan mengendapkan protein serta senyawa polifenolik, bekerja dengan cara mengikat dan mengendapkan protein serta senyawa organik lain yang berkontribusi terhadap bau tidak sedap. Proses ini berlangsung melalui interaksi antara kelompok hidroksil pada tanin dan molekul-molekul penyebab bau, yang mengakibatkan penurunan volatilitasnya. Selain itu, polifenol dalam ekstrak daun teh memiliki sifat antioksidan yang dapat menetralkan radikal bebas serta mengurangi reaksi kimia yang menghasilkan senyawa baru. Flavonoid juga berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas antibakteri, sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab bau. Dengan demikian, pemanfaatan ekstrak limbah daun teh

tidak hanya efektif dalam menyerap dan mengikat zat pencemar, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kualitas air limbah dengan cara menetralkan serta mengurangi emisi bau yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa tersebut. Sinergi dari mekanisme ini menjadikan ekstrak limbah daun teh sebagai pilihan alami yang menjanjikan pengelolaan limbah cair yang lebih ramah lingkungan.

## 2.2 Kerangka Teori

**Tabel 2.1 kerangka teori**

