

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Radikal Bebas

Radikal bebas adalah atom atau molekul dengan satu elektron atau lebih yang tidak berpasangan pada orbital terluarnya, yang membuatnya sangat reaktif dan tidak stabil (Tumilaar et al., 2024). Akibat ketidakstabilan ini, radikal bebas cenderung menyerang lipid, protein, dan DNA untuk mendapatkan pasangan elektron. Akibatnya, molekul yang diserang tersebut menjadi reaktif, menyebabkan reaksi berantai terjadi (Chaudhary et al., 2023). Ada dua cara berbeda di mana radikal bebas dapat muncul di dalam tubuh manusia. Jalur eksogen berasal dari tubuh, seperti polusi udara, asap rokok, dan paparan radiasi ultraviolet. Jalur endogen berasal dari proses metabolisme normal, seperti respirasi sel (Sa'adah et al., 2024). Pada berbagai golongan radikal bebas, reactive oxygen species (ROS) menjadi yang paling banyak diteliti, dengan contoh berupa anion superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil (Anggarani et al., 2023). Apabila jumlah ROS di dalam tubuh sudah melampaui kapasitas sistem pertahanan antioksidan endogen, maka akan muncul kondisi yang dikenal sebagai stres oksidatif (Tumilaar et al., 2024). Kondisi ini pada akhirnya dapat merusak struktur sel, memicu kerusakan DNA dan protein, sekaligus turut berperan dalam munculnya berbagai penyakit degeneratif seperti kanker dan penyakit kardiovaskular (Chaudhary et al., 2023). Oleh karena itulah tubuh memerlukan tambahan asupan antioksidan dari luar guna menjaga keseimbangan antara radikal bebas dan sistem pertahanan alami

tubuh, sehingga risiko kerusakan sel akibat oksidasi berlebih dapat diminimalkan (Sa'adah et al., 2024).

Di tingkat global, tinjauan menyeluruh yang dilakukan oleh Jomova et al. (2023) turut membagi radikal bebas dalam sistem biologis menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama adalah reactive oxygen species (ROS), yang mencakup superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil, sedangkan kelompok kedua adalah reactive nitrogen species (RNS), seperti nitrit oksida dan peroksinitrit, yang sama-sama berkontribusi terhadap kerusakan oksidatif pada sel. Tinjauan tersebut juga menegaskan bahwa tubuh sebenarnya sudah memiliki sistem pertahanan antioksidan endogen berupa enzim-enzim seperti superoksida dismutase, katalase, dan glutathion peroksidase. Hanya saja, kapasitas kerja enzim-enzim ini akan menurun seiring bertambahnya usia atau akibat paparan stres oksidatif yang berlangsung kronis, sehingga peran antioksidan dari luar tubuh menjadi semakin penting untuk mempertahankan keseimbangan redoks di dalam sel (Hassan et al., 2024).

B. Antioksidan

Antioksidan mendonorkan elektronnya kepada radikal bebas, hal itu menunjukkan kemampuan untuk menghambat atau memperlambat proses oksidasi. Hal ini membuat radikal menjadi lebih stabil dan tidak lagi reaktif (Tumilaar et al., 2024). Secara umum, mekanisme kerja antioksidan dilakukan dengan memutus reaksi berantai yang dihasilkan oleh radikal bebas, sehingga kerusakan pada biomolekul seperti lipid, protein, dan DNA dapat dicegah sebelum akhirnya menimbulkan efek patologis (Chaudhary et al., 2023). Selain itu, beberapa

antioksidan juga bekerja secara preventif dengan mengikat ion logam, yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi, yang menyebabkan pembentukan rantai reaksi.

Ditinjau dari sumbernya, antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua jenis besar, yakni antioksidan endogen yang dihasilkan tubuh secara alami melalui sistem enzimatik, dan antioksidan eksogen yang didapatkan dari luar tubuh melalui makanan, minuman, maupun suplemen (Tumilaar et al., 2024). Antioksidan endogen umumnya berbentuk enzim seperti superoksida dismutase dan katalase, tetapi jumlahnya akan berkurang seiring bertambahnya usia atau akibat paparan stres oksidatif yang berlebihan, sehingga tubuh pada akhirnya menjadi bergantung pada asupan antioksidan dari luar (Tumilaar et al., 2024). Antioksidan eksogen sendiri masih terbagi lagi menjadi antioksidan sintetis dan antioksidan alami, yang keduanya memiliki tingkat keamanan berbeda bagi tubuh (Anggarani et al., 2023).

Antioksidan sintetis, seperti butil hidroksil anisol (BHA), butil hidroksil toluena (BHT), dan tetra butil hidroksil quinon (TBHQ), memang sudah lama dipakai secara luas dalam industri pangan karena efektivitasnya yang tinggi dalam mencegah ketengikan (Anggarani et al., 2023). Meski begitu, penggunaan antioksidan sintetis dalam jangka panjang dikhawatirkan dapat menimbulkan efek toksik dan bersifat karsinogenik terhadap tubuh manusia (Tumilaar et al., 2024). Kekhawatiran semacam inilah yang mendorong para peneliti untuk terus mendalami potensi antioksidan alami dari bahan tumbuhan sebagai alternatif yang dinilai lebih aman untuk dikonsumsi dalam jangka panjang (Chaudhary et al., 2023).