

Tinjauan Pustaka

Potensi Senyawa Kurkumin Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.) sebagai Antioksidan untuk Menurunkan Perkembangan Sel Kanker

Ni Komang Ayu Cahya Puja Dewi¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
pujadewi41@gmail.com

*Penulis Korespondensi

Abstrak– Kanker telah menjadi salah satu penyakit penyebab utama kematian di negara-negara industri. Salah satu hal yang memiliki dampak signifikan terhadap perkembangan sel kanker adalah adanya radikal bebas (khususnya spesies oksigen reaktif/ROS) melalui mekanisme yang menyebabkan kerusakan seluler dan molekuler. Radikal bebas pada sel kanker dapat mengakibatkan kerusakan DNA, stres oksidatif, dan peradangan kronis. Salah satu senyawa yang dapat berperan melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas adalah senyawa antioksidan. Salah satu tanaman yang mengandung senyawa antioksidan tersebut adalah kurkumin dari tanaman kunyit (*Curcuma longa* L.). Beberapa penelitian menyatakan senyawa kurkumin memiliki potensi sebagai antioksidan. Penulisan artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang potensi senyawa kurkumin dari kunyit sebagai antioksidan dalam menurunkan risiko perkembangan sel kanker. Metode yang digunakan untuk penyusunan artikel ini adalah *systematic review*. Pencarian *literature* menggunakan *database* PubMed dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci aktivitas antioksidan, *Curcuma longa* L., kurkumin, radikal bebas, dan sel kanker. *Literature* pada masing-masing *database* dinilai dengan menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Hasil penelusuran artikel diperoleh artikel yang memenuhi kriteria inklusi sebanyak 3 artikel. Artikel-artikel tersebut kemudian ditinjau lebih lanjut untuk mengetahui potensi senyawa kurkumin dari kunyit sebagai antioksidan untuk menurunkan risiko perkembangan sel kanker. Hasil dari tinjauan artikel yang telah dilakukan diperoleh bahwa bagi sel kanker, kehadiran analog fenolik dalam kurkumin memberikan sifat reseptor elektron, yang mendestabilisasi spesies oksigen radikal (ROS). Kesimpulannya, senyawa kurkumin dari kunyit efektif sebagai antioksidan dan menurunkan perkembangan sel kanker yang ditunjukkan dengan mekanismenya menghambat ROS.

Kata Kunci– Aktivitas antioksidan, *Curcuma longa* L., kurkumin, radikal bebas, sel kanker

1. PENDAHULUAN

Kanker adalah penyakit yang dapat dialami oleh seseorang akibat adanya pertumbuhan sel-sel yang tidak normal pada jaringan tubuh (Agustin, 2019). Oleh sebab itu, kanker telah menjadi tantangan dalam dunia kesehatan dikarenakan termasuk kedalam penyebab utama kematian di negara-negara industri. *The International Agency for Research on Cancer* (IARC) telah merilis data pada *database Global Burden of Cancer Study* Tahun 2022 diungkapkan bahwa terdapat 9,7 juta kematian pada tahun 2022 (9,96 juta tercatat pada tahun 2020) dan 20 juta kasus kanker baru (19,6 juta pada tahun 2020) dengan 1 dari 9 pria dan 1 dari 12 wanita diperkirakan akan meninggal karena kanker (WHO, 2024). Pada tahun 2018 terdapat sekitar 18,1 juta kasus kanker di seluruh dunia dan diperkirakan angka ini akan meningkat menjadi 29,4 juta kasus pada tahun 2040. Kanker menyebabkan sekitar 9,6 juta kematian yang dapat diartikan 1 dari setiap 6 kematian disebabkan oleh penyakit ini (WHO, 2020). Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar 2018 (RISKESDAS 2018), prevalensi kasus kanker di Indonesia

terjadi peningkatan sebesar 14% pada tahun 2013 menjadi 1,8% pada tahun 2018 (Kemenkes RI, 2018).

Radikal bebas menjadi salah satu molekul yang memiliki dampak signifikan terhadap perkembangan sel kanker. Radikal bebas adalah atom atau molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan yang menjadikannya tidak stabil, berumur pendek dan sangat reaktif. Radikal bebas spesies nitrogen dan oksigen reaktif (RNS/ROS) berperan sebagai senyawa toksik dan bermanfaat bagi organisme apabila dalam konsentrasi yang rendah (Chaudhary *et al.*, 2023). Kedua spesies tersebut terlibat dalam proses fisiologi tubuh seperti regulasi redoks, respons mitogenik, jalur pensinyalan seluler, dan fungsi kekebalan tubuh (Phaniendra *et al.*, 2015). Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil sehingga untuk mencapai stabilitas, radikal bebas cenderung akan menarik elektron dari molekul lain dalam tubuh, yang dapat menyebabkan kerusakan pada biomolekul seperti lipid, protein, dan DNA. Kerusakan ini berkontribusi pada peningkatan stress oksidatif, yang terkait dengan berbagai kondisi seperti salah satunya kanker (Arnanda & Nuwarda, 2019). Oleh adanya kadar radikal bebas yang tinggi dibandingkan dengan sel normal maka diyakini bahwa mekanisme stres oksidatif akan meningkat pada sel kanker (Sainz *et al.*, 2012). Stres oksidatif terjadi akibat adanya ketidakseimbangan antara produksi dan eliminasi ROS dan menjadi faktor kritis dan penyebab umum dari penyakit kanker (Jomova *et al.*, 2024). Stres oksidatif yang dipicu oleh radikal bebas tersebut dapat distabilkan dan dinetralkan oleh senyawa antioksidan (Wiyono *et al.*, 2023).

Antioksidan merupakan suatu zat yang dapat menetralkan senyawa radikal bebas dan mencegah oksidasi senyawa lain. Pembersihan ROS oleh senyawa antioksidan yakni dengan menyumbangkan elektronnya ke ROS yang lazim dan menetralkannya (Wulan dkk., 2019). Senyawa antioksidan sangat penting bagi tubuh karena membantu menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan pada sel normal, protein, dan lemak. Radikal bebas yang tidak terkendali dapat menyebabkan kerusakan, sehingga tubuh memerlukan antioksidan untuk melindungi dari dampak negatif tersebut.

Adanya peningkatan kondisi penyakit kanker, banyak tanaman obat dan makanan yang menarik perhatian para peneliti sebagai agen preventif atau terapeutik seperti salah satunya tanaman kunyit (*Curcuma longa* L.). Selama ribuan tahun di Asia, kunyit sering digunakan sebagai bumbu kuliner atau pewarna dan merupakan komponen pengobatan Tiongkok dan budaya medis lainnya. Kunyit mengandung minyak volatil seperti turmerone, zingiberone, dan atlanton, serta resin, gula, protein, dan kurkuminoid. Bagian rimpang kunyit mengandung konstituen polifenol utama yakni kurkumin (DFM), demethoxycurcumin (DMC) dan bisdemethoxycurcumin (BDMC), yang berkontribusi terhadap efek farmakologis kunyit (Alabdali *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa senyawa kurkumin memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sahu (2016), turunan kurkumin yakni 4-(2-Hydroxy phenyl)-3,4-dihydropyrimidine -2(1H)-one-curcumin, 4-(4-Hydroxy phenyl)-3, 4 dihydropyrimidine-2(1H) one curcumin, 4-(2-Hydroxy-phenyl)-3, 4 dihydropyrimidine-2(1H)-one-curcumin, 4-(4-Dimethylamino phenyl)-3, 4 dihydropyrimidine-2(1H) thione curcumin dapat dijadikan sebagai agen anti-kanker dikarenakan telah terbukti memiliki aktivitas sebagai antioksidan secara *in vitro* dengan metode DPPH assay, nitric oxide radical scavenging activity dan radical scavenging assay. Pada

penelitian tersebut dikatakan bahwa turunan 4-(2-Hydroxy phenyl)-3,4-dihydropyrimidine-2(1H)-one-curcumin, 4-(4-Hydroxy phenyl)-3,4-dihydropyrimidine-2(1H)-one-curcumin, 4-(2-Hydroxy-phenyl)-3,4-dihydropyrimidine-2(1H)-one-curcumin, dapat memiliki aktivitas pembersihan radikal bebas dikarenakan memiliki struktur yang unik yang mengandung gugus hidroksil pada posisi ortho dan para, sedangkan turunan 4-(4-Dimethylamino phenyl)-3,4-dihydropyrimidine-2(1H)-thione-curcumin menunjukkan aktivitas mengumpulkan oksida nitrat yang lebih kuat karena memiliki gugus dimetilamino (Sahu, 2016).

Berdasarkan hasil penelusuran artikel review yang terkait senyawa kurkumin tanaman kunyit sebagai antioksidan untuk menurunkan perkembangan sel kanker, penulis belum menemukan artikel *systematic review* yang membahas terkait aktivitas serta mekanisme antioksidan dari kurkumin tanaman kunyit dalam mengurangi stress oksidatif pada penyakit kanker. Oleh sebab itu, untuk mengetahui potensi antioksidan yang dimiliki senyawa kurkumin dalam tanaman kunyit untuk menurunkan perkembangan sel kanker, penulis bermaksud melakukan tinjauan sistematis.

2. METODE

2.1. Pencarian Literatur

Penelitian ini menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) sebagai dasar untuk pendekatan pencarian. Tujuan dilakukan penelusuran literatur dalam penyusunan artikel adalah untuk mengidentifikasi artikel-artikel yang signifikan mengenai potensi senyawa kurkumin pada tanaman kunyit (*Curcuma longa L.*) sebagai antioksidan untuk menurunkan perkembangan sel kanker. Penulis melakukan pencarian pada database yakni PubMed, Science Direct, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan adalah “aktivitas antioksidan”, “*Curcuma longa L.*”, “kurkumin”, “radikal bebas”, dan “sel kanker”.

2.2. Kriteria Inklusi

Artikel yang digunakan dalam tinjauan sistematis ini mencakup artikel berbahasa Indonesia atau Inggris dari sumber baik nasional maupun internasional. Hanya artikel yang memiliki akses terbuka (*open access*) yang dipertimbangkan. Artikel yang dipilih harus menyajikan informasi tentang kurkumin pada tanaman kunyit sebagai antioksidan pada kasus kanker, termasuk senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya, serta uji *in vivo*, *in vitro*, dan desain eksperimental serta dugaan mekanisme kerjanya.

2.3. Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi dari penelitian ini yang tidak dimasukkan dalam *systematic review* yakni berupa skripsi; literatur sekunder; literatur tersier; tesis; buku cetak; disertasi; artikel dengan judul, abstrak, dan kata kunci yang tidak ada kaitannya dengan potensi kurkumin sebagai antioksidan untuk menurunkan perkembangan sel kanker; serta artikel yang tidak membahas potensi kurkumin sebagai antioksidan untuk menurunkan perkembangan sel kanker.

2.4. Seleksi Artikel

Artikel dengan teks lengkap dan dianggap relevan kemudian dianalisis. Artikel yang dipilih untuk dimasukkan dalam tinjauan sistematis dikelola dan disusun menggunakan *reference manager* Mendeley.

2.5. Ekstraksi dan Manajemen Data

Artikel yang memenuhi kriteria inklusi selanjutnya dianalisis kembali dan data yang diperlukan selanjutnya dikumpulkan meliputi nama penulis, desain studi, intervensi, serta hasil uji *Curcuma longa* L. sebagai antioksidan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang telah dilakukan melalui PubMed dan Google Scholar dengan kata kunci “aktivitas antioksidan”, “*Curcuma longa* L.”, “kurkumin”, “radikal bebas”, dan “sel kanker” diperoleh total artikel sebanyak 56 artikel. Artikel-artikel tersebut selanjutnya diseleksi berdasarkan judul, kata kunci, abstrak, dan kriteria inklusi serta eksklusi. Berdasarkan hasil seleksi diperoleh sebanyak 3 artikel yang akan dibahas secara mendalam dalam penelitian ini. Ekstraksi data dilakukan didasarkan pada seleksi artikel lengkap, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Penulis, desain studi, intervensi, serta hasil uji *Curcuma longa* L. sebagai antioksidan

Penulis, tahun	Jenis studi/Metode Uji	Intervensi	Hasil	Judul Artikel
Willenbacher <i>et al.</i> , 2019	<i>Literature review</i>	-	Kurkumin memberikan sifat reseptor elektron, yang mengacaukan spesies oksigen radikal (ROS)	<i>Curcumin: New Insights into an Ancient Ingredient against Cancer</i>
Jakubczyk <i>et al.</i> , 2020	Meta analisis	Uji klinis acak pada >20 pasien yang diobati dengan suplemen kurkumin dan diacak ke plasebo/tanpa intervensi/aktivitas fisik untuk memverifikasi potensi antioksidan kurkumin	Kurkumin secara signifikan meningkatkan total kapasitas antioksidan (TAC) (SMD=2,696, Z = 2,003, CI = 95%, p = 0,045) dan memiliki kecenderungan untuk menurunkan konsentrasi malondialdehid (MDA) (SMD = -1,579, Z= -1,714, CI = 95%, p = 0,086)	<i>Antioxidant Potential of Curcumin - A Meta Analysis of Randomized Clinical Trials</i>

Penulis, tahun	Jenis studi/Metode Uji	Intervensi	Hasil	Judul Artikel
Sharifi-Rad, <i>et al.</i> , 2020	<i>Literature review</i>	-	Kurkumin mampu meningkatkan aktivitas antioksidannya dengan mengais berbagai spesies oksigen reaktif (ROS) sebagai radikal superoksida, hidrogen peroksida, dan oksida nitrat (NO) radikal dan dengan menghambat peroksidasi lipid	Turmeric and Its Major Compound Curcumin on Health: Bioactive Effects and Safety Profiles for Food, Pharmaceutical, Biotechnological and Medical Applications

3.1 Deskripsi Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.) dan Manfaat untuk Kesehatan

Genus *Curcuma* memiliki sejarah panjang dalam penggunaan medis dengan sekitar 120 spesies yang dikenal. Diantara spesies tersebut, *Curcuma longa* L. (kunyit) adalah yang paling dikenal luas dan banyak dibudidayakan di berbagai wilayah dengan iklim hangat. Identifikasi taksonomi genus ini sering kali sulit karena periode berbunga dan persiapan herbarium yang singkat, ditambah dengan karakteristik umbi, rumpang, dan perbungaan yang mencolok. Rimpang adalah bagian tanaman yang paling sering digunakan, mengandung berbagai senyawa termasuk kurkuminoid non-volatil bioaktif (seperti kurkumin, dimetoksi-, dan bisdemetoksikurkumin) serta komponen minyak atsiri (mono dan seskuiterpenoid). Berbagai khasiat farmakologis telah dikaitkan dengan genus *Curcuma*, seperti efek antiproliferatif, antiinflamasi, antikanker, antidiabetik, hipokolesterolemik, antitrombotik, antihepatotoksik, antidiare, karminatif, diuretik, antirematik, hipertensi, antimikroba, antivirus, antioksidan, larvasida, insektisida, antibisa, dan efek anti tirosinase. Kunyit juga memiliki manfaat untuk meningkatkan asupan zat besi, yang penting untuk fungsi kekebalan tubuh, perkembangan kognitif, pengaturan suhu, dan metabolisme. Pada artikel ini pembahasan akan difokuskan terkait senyawa kurkumin sebagai antioksidan untuk menurunkan perkembangan sel kanker.

3.2 Komponen Bioaktif Kunyit (*Curcuma longa* L.)

Komponen bioaktif utama yang terdapat dalam kunyit adalah senyawa fenolik dari kelas kurkumin, yang menyumbang sekitar 2-9% dari total komposisi, dengan kurkumin sendiri menyumbang 70-75% dari jumlah tersebut. Selain kurkumin, terdapat juga demetoksikurkumin (10-25%) dan bisdemetoksikurkumin (5-10%). Senyawa-senyawa tersebut tidak hanya memberikan warna kuning yang khas pada kunyit, tetapi juga dapat bervariasi dalam konsentrasi tergantung pada kondisi tanah, sumber tumbuhan, dan proses pengolahan (de Oliveira Filho *et al.*, 2020).

Terdapat literatur yang menyebutkan bahwa pada kunyit juga terdapat sejumlah karbohidrat sebesar 40% dengan penekanan pada kandungan serat makanan, protein (17%),

dan lipid (5%), selain vitamin dan mineral (3%) seperti magnesium dan zat besi. Kunyit mengandung berbagai mineral dan vitamin penting dalam setiap 100 gram bahan keringnya, antara lain kalsium, fosfor, kalium, zat besi, tiamin, riboflavin, niasin, dan asam askorbat. Sementara itu, komposisi mineral pada daun kunyit (per gram) mencakup kalium, kalsium, zat besi, magnesium, mangan, seng, dan fosfor (de Oliveira Filho *et al.*, 2020).

Selain mengandung nutrisi, kunyit juga diketahui mengandung minyak esensial yang memberikan bioaktivitas seperti larvasida, antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker. Aktivitas antioksidan telah diperkirakan menggunakan beberapa metode seperti eliminasi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH), asam 2,20-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat (ABTS), uji daya antioksidan pereduksi ion besi (FRAP), kapasitas antioksidan ekuivalen Trolox (TEAC), dan kelasi logam (de Oliveira Filho *et al.*, 2020). Aktivitas antioksidan dapat dikaitkan dengan kemampuan reduksi dan pembersihan radikal dari senyawa fenolik. Aktivitas antioksidan minyak esensial kunyit dapat dikaitkan dengan kemampuannya dalam mereduksi dan membersihkan radikal bebas, yang disebabkan oleh senyawa fenolik yang memiliki potensi reduksi lebih rendah dibandingkan oksigen. Minyak esensial kunyit juga menunjukkan aktivitas antiinflamasi yang dapat mencegah peradangan pada jaringan telinga tikus. Efek antiinflamasi ini terkait dengan kemampuannya untuk mengatur secara negatif sitokin inflamasi. Tikus yang terpapar sinar UVB dan sebelumnya diobati dengan minyak esensial kunyit menunjukkan penurunan signifikan dalam kadar sitokin pro-inflamasi (seperti IL-1beta dan TNF-alpha) di jaringan dorsal, yang menunjukkan bahwa aplikasi topikal minyak esensial ini dapat menekan reaksi inflamasi yang diinduksi oleh UVB. Selain itu, ar-turmerone dapat menghambat ekspresi dan aktivasi MMP-9, iNOS, dan COX-2 yang diinduksi oleh A β , mengurangi produksi TNF- α , IL-1 β , IL-6 dan MCP-1 pada sel mikroglia, sehingga mengganggu respons inflamasi. A β -turmerone dan ar-turmerone menghambat prostaglandin E2 yang diproduksi lipopolisakarida (LPS) pada sel makrofag tikus dan menunjukkan penghambatan pembentukan oksida nitrat (de Oliveira Filho *et al.*, 2020).

3.3 Kajian Aktivitas Antioksidan dari Kunyit (*Curcuma longa* L.) beserta Bentuk Sediaan yang digunakan dalam Pengujian

Efek antioksidan kurkumin telah banyak dieksplorasi dalam literatur. Berbagai penelitian *in vitro* dan *in vivo* telah dilakukan, dan potensi antioksidan kurkumin telah dikaitkan dengan struktur kimianya, termasuk ikatan rangkap karbon-karbon, gugus b-diketo dan cincin fenil dengan gugus hidroksil, dan o-metoksi. Banyak mekanisme yang dapat menjelaskan aktivitas antioksidan sebagai pengikatan radikal bebas, donor atom hidrogen, dan donor elektron untuk menetralkan radikal bebas. Untuk itu, fotolisis kilat laser dan radiolisis pulsa telah digunakan untuk menjelaskan mekanisme kerja aktivitas antioksidan kurkumin (Sharifi-Rad *et al.*, 2020).

Kurkumin mampu meningkatkan aktivitas antioksidannya dengan cara menangkap berbagai spesies oksigen reaktif (ROS) seperti radikal superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal oksida nitrat (NO) serta dengan menghambat peroksidasi lipid. Aktivitas terakhir ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas banyak enzim antioksidan, seperti SOD, CAT, GPx, dan OH-1. Kurkumin juga dapat meningkatkan kadar GSH dengan meningkatkan glutathione transferase dan mRNA-nya. Kurkumin juga dapat menghambat enzim penghasil ROS, seperti LOX, COX, dan xantin oksidase. Kurkumin juga dianggap sebagai antioksidan pemutus rantai

karena sifatnya yang lipofilik, yang berpotensi bertindak sebagai penangkap radikal peroksil (Sharifi-Rad *et al.*, 2020)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jakubczyk *et al.*, (2020), menunjukkan bahwa kurkumin murni memiliki sifat antioksidan. Dalam studi tersebut, kelompok yang menerima terapi triple dan dosis kurkumin 700 mg tiga kali sehari mengalami penurunan signifikan dalam konsentrasi malondialdehid (MDA). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa infeksi *H. pylori* dapat menyebabkan peningkatan produksi radikal oksigen reaktif (ROS) dan kadar MDA, yang berpotensi menyebabkan kerusakan oksidatif pada DNA dan memulai proses karsinogenesis. Kurkumin terbukti mengurangi kadar MDA dalam serum dan dapat meningkatkan potensi antioksidan total (TAC). Mekanisme aksi kurkumin pada penanda stress oksidatif dan nitrogen reaktif, mengelasi logam, serta mengatur beberapa enzim, Dengan demikian, kurkumin terbukti memiliki aktivitas antioksidan. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan dikarenakan studi yang ada seringkali terbatas pada kurkumin murni tanpa tambahan penguat seperti piperin (Jakubczyk *et al.*, 2020).

Berdasarkan tinjauan oleh Willenbacher *et al.*, (2019), kurkumin telah terbukti, memberikan sifat reseptor elektron yang mendestabilisasi spesies oksigen radikal (ROS), menjelaskan efek antioksidan dan anti-apoptosisnya. Kehadiran analog fenolik dalam kurkumin memberikan sifat reseptor elektron, yang mendestabilisasi spesies oksigen radikal (ROS), yang menjelaskan efek antioksidan yang diamati. Ada beberapa model *in vitro* yang menunjukkan aviditas terhadap elektron dan aktivitas pemulungan ROS (Leu & Maa, 2002). Oleh karena itu, kurkumin aktif dalam mekanisme perbaikan DNA akibat kerusakan dan stres ultraviolet (UV), dan mengurangi senyawa ROS yang berperan dalam karsinogenesis dini (Duvoix *et al.*, 2005). Kurkumin juga mempengaruhi isoform sitokrom P450 dan memiliki dampak langsung pada metabolisme fase I dan fase II, yang dapat mengurangi produksi toksin yang berpotensi sebagai karsinogen. Pengaruhnya terhadap fase awal pemicu kanker ini mungkin menjelaskan sebagian dari potensi perlindungan kurkumin terhadap transformasi ganas dan perkembangan kanker (Willenbacher *et al.*, 2019)

4. KESIMPULAN

Kurkumin pada tanaman kunyit (*Curcuma longa* L.) dapat dikatakan efektif sebagai antioksidan dan menurunkan perkembangan sel kanker yang ditunjukkan dengan mekanismenya menghambat ROS. Kehadiran analog fenolik dalam kurkumin memberikan sifat reseptor elektron, yang mendestabilisasi spesies oksigen radikal (ROS). Oleh karena itu, kurkumin aktif dalam mekanisme perbaikan DNA akibat kerusakan dan stres ultraviolet (UV), dan mengurangi senyawa ROS yang berperan dalam karsinogenesis dini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam menyusun review artikel ini, sehingga peneliti dapat menyelesaikan artikel dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, T. (2019). Potensi Metabolit Aktif Dalam Sayuran Cruciferous Untuk Menghambat Pertumbuhan Sel Kanker. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 1(November), 89–94.

- Alabdali, A., Kzar, M., Chinnappan, S., Mogana, R., Khalivulla, S. I., Rahman, H., & Abd Razik, B. M. (2021). Antioxidant activity of Curcumin. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(12), 6741–6746.
- Arnanda, Q. P., & Nuwarda, R. F. (2019). Penggunaan Radiofarmaka Technisium-99M Dari Senyawa Glutation dan Senyawa Flavonoid Sebagai Deteksi Dini Radikal Bebas Pemicu Kanker. *Farmaka Suplemen*, 14(1), 1–15.
- Chaudhary, P., Janmeda, P., Docea, A. O., Yeskaliyeva, B., Abdull Razis, A. F., Modu, B., Calina, D., & Sharifi-Rad, J. (2023). Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. *Frontiers in Chemistry*, 11(May), 1–24.
- de Oliveira Filho, J. G. Ç. A., de Almeida, M. J., Sousa, T. L., Dos Santos, D. C., & Egea, M. B. (2020). Bioactive Compounds of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Reference Series in Phytochemistry*, April 2021, 1–22.
- Duvoix, A., Blasius, R., Delhalle, S., Schnekenburger, M., Morceau, F., Henry, E., Dicato, M., & Diederich, M. (2005). Chemopreventive and therapeutic effects of curcumin. *Cancer Letters*, 223(2), 181–190.
- Jakubczyk, K., Drużga, A., Katarzyna, J., & Skonieczna-zydecka, K. (2020). Antioxidant potential of curcumin—a meta-analysis of randomized clinical trials. *Antioxidants*, 9(11), 1–13.
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2024). Several lines of antioxidant defense against oxidative stress: antioxidant enzymes, nanomaterials with multiple enzyme-mimicking activities, and low-molecular-weight antioxidants. In *Archives of Toxicology* (Vol. 98, Issue 5). Springer Berlin Heidelberg.
- Kemenkes RI. (2018). *Hasil Utama RISKESDAS 2018*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- Leu, T. H., & Maa, M. C. (2002). The molecular mechanisms for the antitumorigenic effect of curcumin. *Current Medicinal Chemistry - Anti-Cancer Agents*, 2(3), 357–370.
- Sahu, P. K. (2016). Design, structure activity relationship, cytotoxicity and evaluation of antioxidant activity of curcumin derivatives/analogues. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 121, 510–516.
- Sainz, R. M., Lombo, F., & Mayo, J. C. (2012). Radical decisions in cancer: Redox control of cell growth and death. *Cancers*, 4(2), 442–474.
- Sharifi-Rad, J., Rayess, Y. El, Rizk, A. A., Sadaka, C., Zgheib, R., Zam, W., Sestito, S., Rapposelli, S., Neffe-Skocińska, K., Zielińska, D., Salehi, B., Setzer, W. N., Dosoky, N. S., Taheri, Y., El Beyrouthy, M., Martorell, M., Ostrander, E. A., Suleria, H. A. R., Cho, W. C., ... Martins, N. (2020). Turmeric and Its Major Compound Curcumin on Health: Bioactive Effects and Safety Profiles for Food, Pharmaceutical, Biotechnological and Medicinal Applications. *Frontiers in Pharmacology*, 11(September), 1–23.
- WHO. (2024, February 01). GLOBOCAN 2022: Latest global cancer data shows rising incidence and stark inequities. <https://www.uicc.org/news/globocan-2022-latest-global-cancer-data-shows-rising-incidence-and-stark-inequities>
- WHO. (2020, February 03). Report on Cancer Setting Priorities, Investing Wisely and Providing Care for All.
- Willenbacher, E., Khan, S. Z., Mujica, S. C. A., Trapani, D., Hussain, S., Wolf, D.,

- Willenbacher, W., Spizzo, G., & Seeber, A. (2019). Curcumin: New insights into an ancient ingredient against cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8), 1–13.
- Wiyono, E. A., Rukmasari, D., Ruriani, E., Herlina, Aryani, T., Aulia, I., Mu, U., Amalia, L., Masyarakat, D. G., Manusia, F. E., Maharani, A. I., Riskierdi, F., Febriani, I., Kurnia, K. A., Rahman, N. A., Ilahi, N. F., Farma, S. A., Pratiwi, A. ., Yusran, ... Lestari, K. (2023). Karakteristik mutu serbuk pewarna buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) hasil foam mat drying dengan variasi rasio daging dan kulit buah. *Prosiding Seminar Nasional Bio*, 17(2), 171–178.
- Wulan, W., Yudistira, A., & Rotinsulu, H. (2019). UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DARI EKSTRAK ETANOL DAUN *Mimosa pudica* Linn. MENGGUNAKAN METODE DPPH. *Pharmacon*, 8(1), 106.