

Potensi tinta cumi sebagai pendukung terapi Kanker: Studi literatur

Paridah ^{*1}, Najwa Namrin ¹, Yuliah Dani ¹, Mirnawati ¹, Wa Ode Hety Dirahayu ¹, Risma Septiyani Syahrini ¹, Adriana Mesti Sampe Arung ¹

¹ Universitas Halu Oleo

* Korespondensi: Kampus Bumi Tridharma Anduonohu, Jalan H.E.A. Mokodompit, Kendari, 93232

Email : paridahwajo@gmail.com

ABSTRAK

Latar Belakang: Kanker merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia yang membutuhkan pendekatan terapi yang efektif dan aman. Terapi konvensional seperti kemoterapi dan radioterapi seringkali menimbulkan efek samping yang signifikan, sehingga diperlukan alternatif atau terapi pendukung berbasis bahan alami. Salah satu sumber bioaktif yang potensial adalah tinta cumi, yang diketahui mengandung berbagai senyawa seperti melanin, polisakarida, flavonoid, dan fenolik

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi tinta cumi sebagai pendukung terapi kanker

Metode: Metode yang digunakan adalah systematic review terhadap 12 artikel ilmiah yang relevan.

Hasil: Hasil kajian menunjukkan bahwa tinta cumi memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, imunomodulator, serta efek sitotoksik terhadap sel kanker. Mekanisme yang terlibat meliputi penghambatan proliferasi sel kanker, induksi apoptosis, dan penghambatan angiogenesis. Selain itu, pengembangan melanin dalam bentuk nanopartikel menunjukkan potensi sebagai sistem penghantaran obat yang lebih efektif dan selektif. Namun, sebagian besar penelitian masih terbatas pada tahap in vitro dan in vivo.

Simpulan: Tinta cumi memiliki potensi besar sebagai agen pendukung dalam terapi kanker yang inovatif dan berkelanjutan, namun diperlukan penelitian lanjutan terutama uji klinis pada manusia

Kata kunci: tinta cumi, kanker, terapi kanker, antioksidan, imunomodulator

ABSTRACT

Background: Cancer is one of the leading causes of death worldwide and requires effective and safe therapeutic approaches. Conventional therapies such as chemotherapy and radiotherapy often cause significant side effects, thus alternative or supportive therapies based on natural substances are needed. One potential source of bioactive compounds is squid ink, which contains various compounds such as melanin, polysaccharides, flavonoids, and phenolics

Objective: This study aims to examine the potential of squid ink as a supportive agent in cancer therapy.

Method: The method used is a systematic review of 15 relevant scientific articles.

Results: The review shows that squid ink has antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, and cytotoxic activities against cancer cells. The mechanisms involved include inhibition of cancer cell proliferation, induction of apoptosis, and inhibition of angiogenesis. In addition, the development of melanin in nanoparticle form shows potential as a more effective and selective drug delivery system. However, most studies are still limited to in vitro and in vivo stages.

Summary: Squid ink has great potential as an innovative and sustainable supportive agent in cancer therapy; however, further research, especially clinical trials in humans, is still needed.

Keywords: squid ink, cancer, cancer therapy, antioxidant, immunomodulator

PENDAHULUAN

Kanker adalah penyakit yang sering dialami oleh manusia di berbagai penjuru dunia. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), kanker merupakan penyebab utama kematian di seluruh dunia, dengan jumlah kematian mencapai hampir 10 juta pada tahun 2020, yang setara dengan hampir satu dari enam kematian total. Di Indonesia, jumlah kasus kanker tergolong tinggi, dengan total 2.294.114 kasus kanker yang tercatat di Indonesia pada tahun 2020. Berbagai jenis terapi telah diciptakan untuk menangani penyakit kanker, di antaranya termasuk kemoterapi, radioterapi, serta operasi pembedahan. Namun, terapi tersebut sering kali menyebabkan efek samping yang berat, seperti kerusakan pada sel sehat, timbulnya resistensi terhadap obat, serta pengaruh negatif terhadap kualitas hidup pasien¹. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif maupun terapi pendukung yang lebih aman dan efektif, salah satunya melalui pemanfaatan bahan alami yang memiliki aktivitas biologis.

Sumber daya laut merupakan salah satu sumber potensi besar yang bisa dikembangkan untuk memperoleh senyawa bioaktif, termasuk dalam bidang terapi kanker. Organisme laut seperti cumi-cumi (*Cephalopoda*) dikenal mampu menghasilkan berbagai senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas farmakologis. Salah satu pangan laut yang kini semakin banyak diteliti adalah tinta cumi, yang dulu dianggap hanya sebagai limbah, namun kini terbukti mengandung berbagai komponen bioaktif yang memiliki potensi besar dalam bidang kesehatan². Tinta cumi secara alami berperan sebagai cara untuk melindungi diri, namun komposisi kimianya yang rumit membuatnya layak untuk diteliti lebih lanjut dalam pengembangan terapi penyakit, termasuk kanker.

Secara kimiawi, tinta cumi terdiri dari melanin sebagai komponen utama, serta mengandung protein, lipid, polisakarida, dan berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, senyawa fenolik, saponin, dan steroid³. Kandungan tersebut memiliki berbagai aktivitas biologis, seperti

antioksidan, antiinflamasi, antibakteri, dan sitotoksik. Melanin yang terdapat dalam tinta cumi memiliki kemampuan untuk bertindak sebagai pelindung terhadap radikal bebas, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan sel yang disebabkan oleh stres oksidatif. Selain itu, senyawa fenolik dan flavonoid juga berperan dalam memperlambat pertumbuhan sel kanker dan melindungi sel sehat dari terjadinya kerusakan⁴.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tinta cumi memiliki kemungkinan besar untuk digunakan sebagai bahan penghambat kanker melalui berbagai cara kerja tertentu. Ekstrak tinta cumi tercatat memiliki kemampuan untuk menghancurkan sel-sel kanker berbagai jenis dan mampu menyebabkan proses kematian sel serta menghambat proses pembelahan sel. Selain itu, kadar polisakarida yang terkandung dalam tinta cumi juga berfungsi sebagai imunomodulator yang mampu meningkatkan respons sistem kekebalan tubuh terhadap sel-sel kanker. Selain itu, melanin dari tinta cumi juga telah dikembangkan dalam bentuk nanopartikel yang berpotensi digunakan sebagai sistem penghantaran obat, serta mampu memberikan perlindungan terhadap sel normal terhadap radiasi⁵.

Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa interaksi antara tinta cumi dengan mikroorganisme simbiotiknya juga membantu dalam produksi senyawa bioaktif yang berfungsi dalam meningkatkan sistem imun serta memberikan perlindungan terhadap penyebab penyakit. Hal ini semakin memperkuat kemungkinan cumi-cumi tidak hanya sebagai sumber gizi, tetapi juga sebagai sumber senyawa aktif biologis yang bisa dimanfaatkan dalam bidang kesehatan⁶. Tinta cumi, karena memiliki berbagai aktivitas biologis, berpotensi digunakan sebagai pendukung terapi kanker yang dapat meningkatkan efektivitas pengobatan dan sekaligus mengurangi efek samping yang biasa terjadi pada terapi konvensional. Berdasarkan temuan-temuan yang telah diidentifikasi, diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk menggabungkan hasil-hasil riset yang

sudah ada mengenai potensi tinta cumi sebagai bahan pendukung dalam terapi kanker. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dalam bentuk tinjauan sistematis untuk menganalisis serta merangkum berbagai penelitian yang telah ada, sehingga dapat memberikan gambaran ilmiah yang lebih jelas mengenai kemampuan tinta cumi dalam mendukung terapi kanker serta berbagai peluang pengembangannya di masa depan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel dengan judul "Potensi Tinta Cumi sebagai Pendukung Terapi Kanker" adalah tinjauan pustaka dengan pendekatan deskriptif-analitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menggabungkan hasil penelitian ilmiah mengenai kandungan zat bioaktif serta kemampuan antikanker dari tinta cumi sebagai bahan pendukung dalam terapi kanker. Sumber data diambil dari 15 artikel jurnal ilmiah yang sesuai, termasuk yang berasal dari dalam negeri maupun luar negeri, yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2026. Proses pencarian literatur dilakukan dengan memanfaatkan berbagai basis data ilmiah seperti Google Scholar dan PubMed, dengan menggunakan kata kunci yaitu "tinta cumi", "antikanker", "antioksidan", dan "cancer therapy". Kriteria penelitian yang termasuk dalam penelitian ini mencakup artikel yang membahas komposisi senyawa bioaktif dari tinta cumi, aktivitas biologis seperti sifat antioksidan, toksisitas sel, dan perlindungan radiasi, serta penelitian yang berkaitan dengan uji *in vitro*, *in vivo*, atau *in silico*

terhadap sel kanker. Sementara itu, kriteria penghilangan mencakup artikel yang tidak memiliki hubungan langsung dengan topik pembahasan atau tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara sistematis dalam tiga tahap yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian yang ada, mengidentifikasi kesamaan serta perbedaan dalam temuan-temuan tersebut, dan mengevaluasi sejauh mana setiap studi relevan terhadap potensi tinta cumi sebagai pendukung dalam terapi kanker. Hasil dari proses penyusunan literatur ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lengkap terkait cara kerja, tingkat keefektifan, serta potensi pengembangan tinta cumi sebagai bahan alami dalam bidang terapi kanker.

HASIL PENELITIAN

Setelah mencari artikel ilmiah yang relevan, terdapat 15 artikel yang kemudian diproses lebih lanjut dalam penelitian ini. Artikel-artikel tersebut dianalisis berdasarkan tujuan penelitian, metode yang diterapkan, jenis senyawa bioaktif yang terkandung, serta hasil utama yang terkait dengan aktivitas antikanker. Hasil terhadap seperti efek sitotoksik terhadap sel, biologi aktivitas biologis terhadap seperti terhadap seperti terhadap seperti terhadap seperti. Untuk memudahkan pemahaman dan membandingkan hasil penelitian yang terdapat dalam berbagai artikel, tabel berikut ini menyajikan ringkasan dari setiap hasil penelitian tersebut.

Tabel 1. Karakteristik dan Hasil Penelitian Tinta Cumi dalam Terapi Kanker

Judul, Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Metode (Jenis & Subjek)	Kandungan Aktif	Hasil Utama	Kesimpulan	Relevansi
<i>Quantification, antioxidant, in-silico molecular docking and anti-hepatocellular</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi komposisi kimia, aktivitas antioksidan,	Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen yang meliputi	Kandungan aktif utama dalam penelitian ini adalah polisakarida tinta sotong (Sepia Ink Polysaccharide)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa SIP memiliki aktivitas antioksidan yang kuat, memberikan	Polisakarida dari tinta sotong memiliki potensi sebagai agen antikanker	Artikel ini sangat relevan karena menunjukkan bahwa tinta cumi/sotong memiliki

<i>carcinoma activity of Sepia ink polysaccharides prepared from Sepia pharaonis</i> ⁷	serta potensi antikanker khususnya terhadap hepatocellular carcinoma (HCC) dari polisakarida yang berasal dari tinta sotong.	uji in vitro, in vivo, dan in silico dengan subjek berupa sel kanker hati (HepG2) serta model tikus yang diinduksi HCC.	s/SIP) serta beberapa senyawa bioaktif yang teridentifikasi melalui analisis kromatografi.	efek hepatoprotektif, serta mampu memperbaiki parameter biokimia dan histologi hati. Selain itu, SIP juga menunjukkan aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker hati.	hati melalui mekanisme antioksidan dan perlindungan jaringan hati	efek antikanker langsung serta mampu melindungi organ target, sehingga berpotensi sebagai terapi pendukung kanker
<i>Investigation of the neuroprotective effects of squid ink extract</i> ⁸	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek neuroprotektif ekstrak tinta cumi terhadap stres oksidatif pada sel saraf.	Penelitian ini menggunakan metode eksperimental in vitro dengan subjek berupa sel neuroblastoma.	Kandungan aktif utama dalam penelitian ini adalah ekstrak tinta cumi yang kaya akan senyawa antioksidan, termasuk melanin.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tinta cumi mampu menurunkan produksi ROS, menghambat apoptosis, meningkatkan viabilitas sel, serta melindungi DNA dari kerusakan.	Ekstrak tinta cumi memiliki efek neuroprotektif melalui mekanisme antioksidan dan antiapoptosis.	Artikel ini relevan secara tidak langsung karena menunjukkan mekanisme perlindungan sel yang penting dalam terapi kanker, khususnya dalam mengurangi efek samping akibat stres oksidatif.
<i>Extraction and Physicochemical Characterization of Melanin from Squid Ink (Loligo sp.)</i> ³	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis pelarut terhadap hasil ekstraksi serta karakteristik fisikokimia melanin dari tinta cumi.	Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium menggunakan tinta cumi (<i>Loligo sp.</i>) dengan perlakuan pelarut HCl dan etanol, serta analisis meliputi yield,	Tinta cumi mengandung melanin dalam bentuk melanoprotein dengan kadar protein sekitar 10–15% serta termasuk senyawa alkaloid yang memiliki gugus fungsi OH dan NH	Massa 8x8x8 cm, infiltrasi kulit/nodus, efusi pleura; T4bN2M1; kemoterapi 5 siklus terputus	Metode ekstraksi mempengaruhi kualitas melanin, namun secara umum melanin tinta cumi memiliki karakteristik yang stabil dan berpotensi sebagai senyawa bioaktif	Penelitian ini relevan karena menunjukkan bahwa melanin tinta cumi memiliki potensi sebagai antioksidan dan kandidat senyawa pendukung terapi kanker

		komposisi kimia, dan FT-IR.				
<i>Therapeutic Significance of Loligo vulgaris Ink Extract: A Biomedical Approach</i> ⁹	Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi terapeutik ekstrak tinta cumi (<i>Loligo vulgaris</i>) melalui berbagai uji aktivitas biologis	Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium menggunakan tinta cumi (<i>Loligo vulgaris</i>) yang diekstraksi dengan etanol dan diuji aktivitas hemolitik, antioksidan, antibakteri, serta antiinflamasi secara in vitro.	Tinta cumi mengandung senyawa bioaktif seperti protein dominan, serta gugus fungsi kimia seperti amina, amida, dan alkuna yang berperan dalam aktivitas biologisnya.	Hasil menunjukkan bahwa ekstrak tinta cumi memiliki aktivitas antioksidan tinggi (83,5%), aktivitas antibakteri terhadap beberapa patogen, aktivitas hemolitik, serta kemampuan menghambat denaturasi protein sebagai indikator antiinflamasi.	Ekstrak tinta cumi memiliki berbagai aktivitas biologis yang signifikan sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan terapeutik alami.	Penelitian ini sangat relevan karena menunjukkan bahwa tinta cumi memiliki aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi yang berperan penting dalam mekanisme pencegahan dan pendukung terapi kanker.
<i>A Lasting Symbiosis: How the Hawaiian Bobtail Squid Finds and Keeps Its Bioluminescent Bacterial Partner</i> ¹⁰	Artikel ini bertujuan mengkaji mekanisme simbiosis antara cumi <i>Euprymna scolopes</i> dan bakteri <i>Vibrio fischeri</i> serta dampaknya terhadap biologi dan kesehatan inang.	Penelitian ini merupakan review ilmiah yang merangkum berbagai studi eksperimental terkait interaksi antara cumi <i>Euprymna scolopes</i> dan bakteri simbiotiknya.	Artikel ini tidak secara langsung membahas senyawa spesifik, tetapi menyoroti peran mikroba simbiotik dan metabolit sekunder yang dihasilkan, termasuk senyawa antimikroba dari bakteri terkait	Hasil menunjukkan bahwa interaksi cumi dan mikroba simbiotik mempengaruhi sistem imun, ekspresi gen, serta menghasilkan senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai pertahanan terhadap patogen.	Simbiosis antara cumi dan bakteri berperan penting dalam menjaga keseimbangan biologis, perlindungan terhadap infeksi, dan regulasi fungsi fisiologis inang.	Artikel ini relevan karena menunjukkan bahwa cumi dan mikroorganisme terkaitnya dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang berpotensi mendukung pengembangan terapi, termasuk dalam pencegahan dan pengendalian kanker melalui mekanisme imun dan

						antimikroba
Potensi Efek Antibakteri Tinta Cumi (<i>Loligo</i> sp.) dan Sotong (<i>Sepia</i> sp.) ⁵	Mengkaji potensi tinta cumi dan sotong sebagai antibakteri untuk mengatasi infeksi dan resistensi antibiotik	Studi literatur (review) berbasis penelitian in vitro terhadap berbagai bakteri Gram positif dan Gram negatif	Melanin, alkaloid, flavonoid, tannin, fenol, steroid, terpenoid, saponin, protein, lipid	Ekstrak tinta cumi dan sotong mampu menghambat pertumbuhan bakteri (<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , dll) dengan daya hambat sedang hingga kuat; ekstrak lebih efektif dibanding tinta murni	Tinta cumi dan sotong berpotensi sebagai antibakteri alami, terutama karena kandungan alkaloid dan melanin yang merusak sel bakteri	Sangat relevan sebagai alternatif antibiotik alami untuk mengatasi resistensi antibiotik dan pengembangan obat berbasis bahan laut
<i>Different Biocompatibility and Radioprotective Activity of Squid Melanin Nanoparticles on Human Stromal Cells</i> ¹¹	Menilai biokompatibilitas dan efek radioprotektif nanopartikel melanin tinta cumi pada sel normal manusia	Eksperimental laboratorium (in vitro) pada fibroblas manusia, sel endotel, UCMSC, serta embrio ikan zebra	Melanin nanopartikel tinta cumi	Nanopartikel menunjukkan toksisitas rendah, aman pada embrio ikan zebra, mampu melindungi fibroblas dan UCMSC dari radiasi sinar-X	Melanin tinta cumi berpotensi sebagai agen pelindung jaringan sehat selama radioterapi kanker	Sangat relevan sebagai pendukung terapi kanker, khususnya mengurangi efek samping radioterapi
<i>Exploring the Potential of Water-Soluble Squid Ink Melanin: Stability, Free Radical Scavenging, and Cd²⁺ Adsorption Capacity</i> ¹²	Meneliti sifat melanin tinta cumi larut air sebagai antioksidan alami dan adsorben logam berat	Eksperimental laboratorium terhadap stabilitas fisikokimia, aktivitas antioksidan, dan adsorpsi Cd ²⁺	Melanin larut air (WSSM)	Memiliki stabilitas baik, aktivitas penangkal radikal bebas tinggi, serta mampu menyerap kadmium	Melanin tinta cumi larut air berpotensi digunakan sebagai bahan pangan fungsional dan antioksidan	Relevan karena radikal bebas dan logam berat berkaitan dengan risiko kanker
<i>Antimicrobial and cytotoxic activities of flavonoid and phenolics extracted from Sepia pharaonis ink</i>	Menilai aktivitas sitotoksik (antikanker) dan antimikroba dari ekstrak etanol tinta cumi <i>Sepia pharaonis</i> , serta	Jenis penelitian: Eksperimental laboratorium (in vitro dan in silico). Subjek: ekstrak etanol	Flavonoid, polifenol, antosianin, melanin, serta senyawa bioaktif lain hasil identifikasi HPLC. Senyawa dominan berpotensi	Ekstrak menunjukkan efek sitotoksik signifikan terhadap beberapa sel kanker, terutama A549 dan Hep G2	Ekstrak etanol tinta <i>Sepia pharaonis</i> memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif	Sangat relevan untuk kajian pengembangan bahan alam laut sebagai terapi kanker. Artikel ini

<i>(Mollusca: Cephalopoda)</i> ¹³	mengidentifikasi senyawa bioaktif melalui analisis in vitro dan in silico.	tinta Sepia pharaonis, diuji pada beberapa sel kanker manusia (A549 = kanker paru, Hep G2 = kanker hati, MCF7 = kanker payudara, Caco2 = kanker usus besar) dan sel normal WI38. Juga diuji pada bakteri dan jamur patogen manusia.	sebagai kandidat antikanker dan antimikroba.	dengan nilai IC50 yang menjanjikan. Terjadi cell cycle arrest pada fase tertentu, menunjukkan mekanisme penghambatan proliferasi sel kanker. Aktivitas antimikroba juga kuat terhadap berbagai patogen, terutama <i>Candida albicans</i> . Analisis <i>in silico</i> memperlihatkan beberapa senyawa memiliki karakteristik drug-likeness yang baik.	untuk pengembangan agen antikanker dan antimikroba baru. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengisolasi senyawa spesifik dan menguji efektivitasnya secara lebih mendalam.	mendukung pemanfaatan tinta cumi sebagai sumber kandidat obat antikanker berbasis senyawa bioaktif alami. Cocok dijadikan referensi dalam penelitian bioteknologi, farmasi, dan kesehatan.
<i>Bioactive Compounds of Nutraceutical Value from Fishery and Aquaculture Discards</i> ²	Meninjau (review) potensi senyawa bioaktif dari limbah perikanan dan akuakultur, termasuk tinta cumi, sebagai sumber senyawa nutrasetikal dan farmasi	Jenis penelitian: Review (literature review) Subjek: Berbagai organisme laut (ikan, krustasea, moluska termasuk cumi) dan produk sampingnya (termasuk tinta)	- Protein, peptida bioaktif - Asam lemak tak jenuh (PUFA) - Polisakarida (misalnya kitin/kitosan) - Senyawa antioksidan Kolagen dan gelatin	- Limbah perikanan termasuk tinta cumi mengandung berbagai senyawa bioaktif dengan aktivitas: - Antioksidan - Antimikroba - Antikanker - Antiinflamasi Senyawa bioaktif laut berpotensi dikembangkan melalui teknologi bioteknologi	By-product laut, termasuk tinta cumi, merupakan sumber penting senyawa bioaktif yang memiliki potensi besar sebagai bahan nutrasetikal dan terapi penyakit termasuk kanker	Tinta cumi merupakan salah satu sumber bioaktif laut yang berasal dari limbah hasil perikanan dan memiliki potensi besar dalam bidang kesehatan. Kandungan senyawa bioaktif di dalamnya diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan antikanker, yang

				menjadi produk kesehatan		berperan dalam menangkal radikal bebas serta menghambat pertumbuhan sel abnormal. Oleh karena itu, tinta cumi berpotensi dikembangkan sebagai agen terapeutik alami, khususnya sebagai pendukung dalam terapi kanker.
<i>Physicochemical characterization and therapeutic potential of ink from squid (Sepioteuthis lessoniana)</i> ¹⁵ .	Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik fisikokimia tinta cumi serta mengevaluasi aktivitas biologis dan potensi terapinya.	Penelitian ini menggunakan metode eksperimental in vitro dengan subjek berupa sel kanker payudara (MDA-MB-231) serta uji toksisitas menggunakan Artemia.	- Kandungan aktif dalam tinta cumi meliputi protein, lipid, karbohidrat, melanin, serta berbagai senyawa bioaktif yang diidentifikasi melalui analisis GC-MS.	- Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinta cumi memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, aktivitas sitotoksik yang signifikan terhadap sel kanker payudara, serta aktivitas antibakteri yang baik..	Tinta cumi memiliki potensi sebagai agen bioaktif dengan aktivitas antikanker dan antioksidan yang menjanjikan.	Artikel ini relevan karena memberikan bukti langsung aktivitas antikanker tinta cumi terhadap sel kanker payudara, sehingga mendukung penggunaannya sebagai terapi adjuvan.
<i>Fabrication and Functional Modification Strategies</i>	Penelitian ini bertujuan untuk meninjau	Penelitian ini merupakan studi review	- Kandungan utama yang dibahas adalah	- Hasil kajian menunjukkan bahwa	Nanopartikel berbasis tinta cumi merupakan	Artikel ini sangat relevan karena menunjukk

<i>of Squid Ink-Derived Nanoparticles</i> ¹⁶ .	strategi fabrikasi dan modifikasi nanopartikel berbasis tinta cumi untuk aplikasi biomedis	yang menganalisis berbagai literatur terkait nanopartikel berbasis melanin dari tinta cumi.	melanin dari tinta cumi yang diformulasikan menjadi nanopartikel dan dimodifikasi dengan berbagai bahan seperti logam dan polimer	nanopartikel tinta cumi memiliki sifat biokompatibel, mampu digunakan sebagai sistem penghantaran obat, serta efektif dalam terapi kanker seperti terapi fotodinamik.	n platform inovatif yang menjanjikan dalam pengembangan terapi kanker modern.	an potensi tinta cumi dalam pengembangan teknologi terapi kanker berbasis nanomedisin.
---	--	---	---	---	---	--

PEMBAHASAN

Tinta cumi adalah salah satu hasil sampingan dari organisme laut yang termasuk dalam kelompok Cephalopoda, namun hingga kini belum dimanfaatkan secara maksimal. Secara biologis, tinta cumi berperan sebagai cara untuk melindungi diri dari pemangsa, tetapi seiring perkembangan ilmu pengetahuan, terungkap bahwa tinta cumi mengandung berbagai zat bioaktif yang memiliki potensi dalam bidang kesehatan. Limbah perikanan termasuk tinta cumi merupakan sumber penting senyawa bioaktif yang memiliki nilai nutrasetikal tinggi dan dapat dikembangkan menjadi bahan farmasi². Hal ini menjadikan tinta cumi sebagai salah satu kandidat bahan alami yang menarik untuk diteliti lebih lanjut, khususnya dalam pengembangan terapi penyakit degeneratif seperti kanker.

Secara kimiawi, tinta cumi memiliki komposisi yang kompleks, yang terdiri dari melanin sebagai komponen utama, serta protein, lipid, karbohidrat, dan berbagai metabolit sekunder lainnya. Melanin pada tinta cumi merupakan pigmen biologis yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi dan sering ditemukan dalam bentuk melanoprotein³.

Terapi kanker saat ini umumnya meliputi pembedahan, kemoterapi, radioterapi, serta terapi target dan imunoterapi. Meskipun efektif, terapi konvensional tersebut seringkali menimbulkan efek samping yang signifikan, seperti kerusakan sel normal, immunosupresi, dan resistensi obat. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan terapi pendukung (*adjuvant therapy*) yang dapat meningkatkan efektivitas pengobatan sekaligus mengurangi efek samping. Dalam hal ini, bahan alami yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan sitoprotektif menjadi sangat penting. Senyawa bioaktif dari sumber laut, termasuk tinta cumi, mulai banyak dikaji karena memiliki potensi sebagai agen terapeutik yang lebih aman dan biokompatibel.

Melanin yang terkandung dalam tinta cumi diketahui memiliki kemampuan sebagai penangkal radikal bebas serta pelindung terhadap kerusakan sel akibat stres oksidatif. Nanopartikel melanin dari tinta cumi memiliki sifat biokompatibel dan mampu memberikan efek radioprotektif terhadap sel normal, sehingga berpotensi melindungi jaringan sehat selama terapi radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS), yang dapat menyebabkan mutasi

genetik dan kerusakan sel¹¹. Melanin dari tinta cumi dapat dimodifikasi menjadi nanopartikel yang berfungsi sebagai sistem penghantaran obat (*drug delivery system*) dalam terapi kanker, termasuk dalam terapi *fotodinamik*. Hal ini menunjukkan bahwa tinta cumi tidak hanya berperan sebagai sumber senyawa bioaktif, tetapi juga sebagai platform inovatif dalam pengembangan teknologi pengobatan modern¹⁴

Selain melanin, kandungan polisakarida dalam tinta cumi juga memiliki peran penting dalam aktivitas antikanker. Polisakarida tinta cumi diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang kuat serta mampu memberikan efek hepatoprotektif dan sitotoksik terhadap sel kanker⁷. Mekanisme kerja senyawa ini melibatkan peningkatan sistem pertahanan antioksidan tubuh serta penghambatan proliferasi sel kanker. Aktivitas ini sangat penting dalam konteks terapi kanker, karena dapat membantu menghambat perkembangan tumor sekaligus melindungi jaringan sehat.

Lebih lanjut, beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tinta cumi memiliki aktivitas sitotoksik langsung terhadap berbagai jenis sel kanker. Tinta cumi menunjukkan aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara dengan nilai IC₅₀ yang cukup rendah, yang menunjukkan potensi kuat sebagai agen antikanker¹⁵.

Selain efek antikanker langsung, tinta cumi juga memiliki aktivitas biologis lain yang mendukung terapi kanker, seperti aktivitas antiinflamasi dan antibakteri. Hasil penelitian melaporkan bahwa ekstrak tinta cumi mampu menghambat denaturasi protein sebagai indikator aktivitas antiinflamasi, serta memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai patogen. Inflamasi merupakan suatu respon protektif normal terhadap luka jaringan yang disebabkan oleh trauma fisik, zat kimia yang merusak, atau zat-zat mikrobiologik¹⁶. Aktivitas ini penting karena kondisi inflamasi kronis dan infeksi seringkali berkaitan dengan perkembangan kanker serta dapat memperburuk kondisi pasien. Dengan demikian, sifat antiinflamasi dan antimikroba dari tinta cumi dapat memberikan efek sinergis dalam mendukung terapi kanker⁹

Menariknya, tidak hanya senyawa yang berasal langsung dari tinta cumi yang berperan, tetapi juga interaksi biologis antara cumi dan mikroorganisme simbiotiknya. Hubungan simbiosis antara cumi dan bakteri dapat menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang berperan dalam sistem imun dan perlindungan terhadap patogen¹⁰. Hal ini membuka peluang bahwa senyawa bioaktif yang berperan dalam terapi kanker tidak hanya berasal dari cumi itu sendiri, tetapi juga dari mikroorganisme yang berasosiasi dengannya.

Secara umum, berbagai penelitian menunjukkan bahwa tinta cumi memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai pendukung terapi kanker. Kandungan melanin, polisakarida, flavonoid, serta senyawa lainnya berkontribusi dalam berbagai mekanisme fungsional, seperti sifat antioksidan, sitotoksik, antiinflamasi, dan perlindungan terhadap sel normal. Selain itu, kemajuan teknologi seperti nanopartikel berbasis tinta cumi semakin memperluas kemungkinan pemanfaatannya di bidang medis. Dengan demikian, tinta cumi tidak hanya memiliki potensi sebagai agen terapeutik alami, tetapi juga bisa menjadi bagian dari inovasi dalam menciptakan terapi kanker yang lebih efektif dan aman. Selain itu, tinta cumi memiliki potensi sebagai agen imunomodulator yang dapat membantu meningkatkan respons sistem imun terhadap sel-sel kanker. Polisakarida dan protein yang terkandung dalam tinta cumi diketahui memiliki kemampuan untuk memicu aktivitas makrofag, sel natural killer (NK), serta meningkatkan produksi sitokin, yang berperan dalam sistem mekanisme pertahanan tubuh. Peningkatan respons imun ini sangat penting dalam terapi kanker modern, terutama dalam pendekatan imunoterapi yang bertujuan meningkatkan kemampuan tubuh untuk mengenali dan menghancurkan sel-sel kanker. Dengan demikian, tinta cumi tidak hanya bekerja langsung pada sel-sel kanker, tetapi juga secara tidak langsung dengan memperkuat sistem imun tubuh.

Di sisi lain, mekanisme penghambatan Pertumbuhan kanker yang

disebabkan oleh tinta cumi juga terkait dengan kemampuannya untuk memicu proses apoptosis serta menghambat pembentukan pembuluh darah baru. Semuasi ekspresi dan meningkatkan ekspresi protein pro-apoptotik dan menengkan protein anti-apoptotik sel kanker, ekstrak tinta cumi dilaporkan mampu mengaktifkan jalur kematian sel terprogram. Selain itu, senyawa bioaktif yang terkandung dalam tinta cumi memiliki kemungkinan untuk menghambat pembentukan pembuluh darah baru, yang disebut angiogenesis, dengan cara mengurangi aktivitas faktor pertumbuhan seperti VEGF, yang berperan penting dalam pertumbuhan tumor¹⁵. Selain itu, senyawa bioaktif dalam tinta cumi juga berpotensi menghambat pembentukan pembuluh darah baru (angiogenesis) dengan menekan faktor pertumbuhan seperti VEGF, yang sangat penting dalam perkembangan tumor¹³. Kombinasi mekanisme tersebut membuat tinta cumi menjadi calon yang sangat menjanjikan dalam menghambat perkembangan kanker.

Selanjutnya, kemajuan teknologi nanopartikel yang berbasis melanin dari tinta cumi membuka kesempatan baru dalam pengembangan bidang kedua. terapi kanker yang lebih efektif dan terarah. Melanin dapat dimodifikasi menjadi sistem pengantaran obat yang mampu meningkatkan kemampuan menargetkan sel kanker secara lebih akurat dan sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap jaringan sehat¹⁰.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap beberapa artikel, dapat disimpulkan bahwa tinta cumi memiliki potensi yang cukup besar sebagai bahan pendukung terapi kanker karena mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti melanin, polisakarida, flavonoid, dan senyawa fenolik. Senyawa-senyawa tersebut

memiliki berbagai manfaat, yaitu sebagai antioksidan, imunomodulator, antiinflamasi, serta memiliki kemampuan untuk menghancurkan sel-sel kanker. Mekanisme kerja senyawa tersebut mencakup penghambatan pertumbuhan sel kanker, penentuan sel kanker untuk mati secara alami, serta mengurangi pembentukan pembuluh darah baru, yang pada akhirnya membantu memperlambat pertumbuhan tumor. Selain itu, penggunaan melanin tinta cumi dalam bentuk nanopartikel menunjukkan kemungkinan sebagai sistem pengantar obat yang lebih efektif dan mampu melindungi sel-sel normal selama proses terapi kanker. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian hingga kini masih berada di tahap uji in vitro dan in vivo, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut, khususnya uji klinis pada manusia, untuk memastikan tingkat keamanan dan efektivitasnya. Dengan demikian, tinta cumi memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan pendukung terapi kanker yang lebih aman dan inovatif di masa depan.

SARAN

Penelitian berikutnya sebaiknya difokuskan pada peningkatan bukti ilmiah dengan melakukan uji praklinis yang lebih menyeluruh serta uji klinis pada manusia untuk mengevaluasi aspek keamanan, efektivitas, dosis yang paling tepat, serta kemungkinan adanya efek samping dari penggunaan tinta cumi sebagai terapi pendukung dalam pengobatan kanker. Selain itu, penelitian mengenai isolasi dan karakterisasi senyawa aktif, mekanisme molekuler antikanker, pengembangan sistem penghantaran obat berbasis nanopartikel, serta standarisasi proses ekstraksi dan formulasi tinta cumi perlu terus ditingkatkan agar dapat mendukung proses pengembangan dari hasil penelitian di laboratorium menuju penerapan dalam dunia klinis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rahmawati, Maesarah, Y.H. Hano, Aida PS OF. Nutritional Intake and History of Infectious Diseases in an Adult Group. 2024. Journal J, Health. Vol, 4(2)
2. Mutalipassi M, Esposito R, Ruocco N, Viel T, Costantini M, Zupo V. Bioactive Compounds of

- Nutraceutical Value from Fishery and Aquaculture Discards. 2021 Jun 28;10(07):1495. <https://doi.org/10.3390/foods10071495>
3. Abidin F, Sulmartiwi L, Saputra E. Characteristics physicochemical of melanin from squid ink (*Loligo* sp.) extracted by ethanol. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd; 2021 Feb 1 (vol. 679, No. 1, p 012038). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012038>
 4. Hasnita H, Yusuf M, Rantisari AMD. Uji aktivitas fraksi etil asetat tinta cumi-cumi (*Loligo pealeii*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Pseudomonas aeruginosa*.. Journal of Experimental and Clinical Pharmacy (JECp). 2021 Aug 31;1(2). <https://doi.org/10.52365/jecp.v1i2.213>
 5. Gunawan A, Selvina Rosdiana D, korespondensi P. Pratista Patologi Potensi Efek Antibakteri Tinta Cumi (*Loligo* Sp.) dan Sotong (*Sepia* Sp.). Pratista Patologi. 2023 Jul 26;8(2).
 6. La Basy L, Dusra E, Azril M, Mahulauw H, Silleh, S, Tombalissa, S.R. Uji Efektivitas Antibakteri Dengan Perbedaan Konsentrasi Ekstrak Tinta Cumi-Cumi (*Loligo* Sp) dan Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Pada Perairan Desa Buano Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi. Calory Journal : Medical Laboratory Journal. 2023;1(4):28-38.
 7. Kuppusamy S, Bhattacharjee B, Alagiri A, Mohan S, Sahu RK, Bhattacharjee A, Vellapandian. C. Quantification, antioxidant, in-silico molecular docking and anti-hepatocellular carcinoma activity of *Sepia* ink polysaccharides prepared from *Sepia pharaonis*. Future Journal of Pharmaceutical Sciences. 2025 Oct 10;11(1):138. <https://doi.org/10.1186/s43094-025-00899-z>
 8. Sujatha E, Sivakumar A. Investigation of the neuroprotective effects of squid ink extract to mitigate the reactive oxidative species in stress-induced neuroblastoma cell line. Res J Biotechnol. 2026 Feb 1;21(2):105–16. <https://doi.org/10.25303/212rjbt1050116>
 9. Nadarajah SK, Vijayaraj R, Mani J. Therapeutic significance of *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1798) ink extract: A biomedical approach. Pharmacognosy Res. 2017 Dec 1;9(5):S105–9. <https://doi.org/10.4103/pr.pr.81.17>
 10. Nyholm S V., McFall-Ngai MJ. A lasting symbiosis: how the Hawaiian bobtail squid finds and keeps its bioluminescent bacterial partner. Nature Reviews Microbiology. Nature Research; 2021. p. 666–79. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00567-y>, PubMed PMID: 34089010.
 11. Scott S, Nguyen PH, Neupane S, Pramanik P, Nanda P, Bhutta ZA, Afsana, K, Menon, P. Early marriage and early childbearing in South Asia: trends, inequalities, and drivers from 2005 to 2018. Ann N Y Acad Sci. 2021;1491(1):60–73 <https://doi.org/10.1111/nyas.1453>, PubMed PMID: 33258141.
 12. Liu S, Liu X, Zhang X, Su Y, Chen X, Cai S, et al. Exploring the Potential of Water-Soluble Squid Ink Melanin : Adsorption Abilities. Foods. 2023;12(3963)
 13. Abdel-Malek AR, Moustafa AY, Salem SH. Antimicrobial and cytotoxic activities of flavonoid and phenolics extracted from *Sepia pharaonis* ink (Mollusca: Cephalopoda). BMC Biotechnol. 2024 Dec 1;24(1). <https://doi.org/10.1186/s12896-024-00880-3>, PubMed PMID: 39135187.
 14. Shin JM. Fabrication and Functional Modification Strategies of Squid Ink-Derived Nanoparticles: From Natural Melanin to Multifunctional Biomaterials. Marine Drugs. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2026 Feb 24;24(3):89. <https://doi.org/10.3390/md24030089>, PubMed PMID: 41892948.
 15. Khandelwal S, Devi NR, Subramaniyan M, Pappu S. Physicochemical characterization and therapeutic potential of ink from squid, *Sepioteuthis lessoniana*. 3 Biotech. 2023 Dec 1;13(12). <https://doi.org/10.1007/s13205-023-03830-6>
 16. Rahmah Fauzia R, Zuniarto AA, Farmasi ST, Cirebon Y, Perjuangan J, Cirebon M. Uji efektivitas antiinflamasi suspensi ekstrak daun bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.) terhadap tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi karagenan. Journal of Holistic and Health Sciences, 1(2), 108–118. <https://doi.org/10.51873/jhhs.v1i2.23>.