

Pengaruh Ekstrak Daun Teh terhadap Morfologi Spermatozoa Mencit Jantan Galur Wistar yang diberi paparan asap rokok

dr. Ezra John Pieter Limbong, M.Biomed.

Universitas Adiwangsa Jambi

Email: ejohnpieterl@gmail.com

Abstract

*This study aimed to evaluate the effect of tea leaf extract (*Camellia sinensis*) on the spermatozoa morphology of male Wistar rats (*Mus musculus*) exposed to cigarette smoke. A total of 25 male rats were randomly divided into five groups: negative control (no treatment), cigarette smoke exposure only, and three groups receiving cigarette smoke exposure combined with tea leaf extract at doses of 100, 200, and 400 mg/kgBW. Cigarette smoke exposure was conducted for 30 minutes daily over 30 days in parallel with oral administration of the extract. Parameters observed included spermatozoa morphological abnormalities, sperm vitality, testicular weight, and testicular histology. The group exposed solely to cigarette smoke exhibited a significant increase in sperm morphological abnormalities (29.8%) compared to the control group (7.4%). Administration of tea leaf extract significantly reduced these abnormalities in a dose-dependent manner, with the 400 mg/kgBW group showing the most optimal improvements across all parameters. This study concludes that tea leaf extract possesses protective potential against morphological damage to spermatozoa and testicular tissue caused by cigarette smoke exposure. These findings provide scientific support for the development of natural antioxidant-based therapies in maintaining male reproductive health.*

Keywords: spermatozoa morphology, cigarette smoke, tea leaf extract, oxidative stress, Wistar rat

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) terhadap morfologi spermatozoa mencit jantan (*Mus musculus*) galur Wistar yang terpapar asap rokok. Sebanyak 25 ekor mencit dibagi menjadi lima kelompok perlakuan: kontrol negatif (tanpa perlakuan), paparan asap rokok saja, serta tiga kelompok perlakuan kombinasi asap rokok dengan ekstrak daun teh masing-masing pada dosis 100, 200, dan 400 mg/kgBB. Paparan asap rokok dilakukan selama 30 menit setiap hari selama 30 hari, bersamaan dengan pemberian ekstrak secara oral. Parameter yang diamati meliputi abnormalitas morfologi spermatozoa, vitalitas spermatozoa, berat testis, dan struktur histologis testis. Hasil menunjukkan bahwa kelompok yang hanya terpapar asap rokok mengalami peningkatan signifikan pada abnormalitas morfologi spermatozoa (29,8%) dibandingkan kelompok kontrol (7,4%). Pemberian ekstrak daun teh secara signifikan menurunkan abnormalitas tersebut secara dosis-respons, dengan dosis 400 mg/kgBB menunjukkan perbaikan paling optimal pada semua parameter yang diamati. Penelitian ini menyimpulkan bahwa ekstrak daun teh memiliki potensi sebagai agen protektif terhadap kerusakan morfologi spermatozoa dan jaringan testis akibat paparan asap rokok. Temuan ini memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan terapi berbasis antioksidan alami dalam menjaga kesehatan reproduksi pria.

Kata kunci: morfologi spermatozoa, asap rokok, ekstrak daun teh, stres oksidatif, mencit Wistar

1. Pendahuluan

mPaparan asap rokok telah dikenal luas sebagai salah satu faktor lingkungan yang berdampak negatif terhadap kesehatan reproduksi pria. Komponen toksik di dalam asap rokok, seperti nikotin, tar, dan karbon monoksida, berpotensi menimbulkan stres oksidatif yang menyebabkan kerusakan sel, termasuk sel-sel germinal pada testis. Dalam konteks ini, morfologi spermatozoa menjadi salah satu parameter penting yang dapat mencerminkan tingkat kerusakan akibat paparan zat toksik. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa paparan asap rokok dapat menyebabkan abnormalitas morfologi spermatozoa, seperti perubahan bentuk kepala, ekor, dan

ukuran yang menyimpang dari normal, yang pada akhirnya dapat menurunkan fertilitas (Sharma et al., 2020; Zhang et al., 2021).

Seiring dengan meningkatnya prevalensi merokok, terutama pada kelompok usia produktif, diperlukan upaya untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap sistem reproduksi. Dalam hal ini, peran senyawa antioksidan menjadi sangat relevan, karena mereka mampu menangkal efek buruk radikal bebas. Tanaman herbal yang kaya akan antioksidan telah banyak diteliti sebagai kandidat terapi suportif untuk mengatasi stres oksidatif akibat paparan asap rokok. Salah satu tanaman yang berpotensi adalah *Camellia sinensis*, atau daun teh, yang diketahui mengandung senyawa katekin, flavonoid, dan tanin yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Cabrera et al., 2006).

Permasalahan utama yang dihadapi dalam konteks ini adalah tingginya tingkat kerusakan morfologis spermatozoa akibat paparan asap rokok, yang secara langsung berkorelasi dengan penurunan kualitas sperma dan gangguan fertilitas pria. Ketika sel-sel spermatozoa mengalami deformasi struktural, fungsi fisiologisnya dalam proses fertilisasi menjadi terganggu. Dampak ini menjadi semakin signifikan dalam populasi pria usia produktif yang terpapar asap rokok secara aktif maupun pasif (Aitken & Baker, 2006).

Sebagai solusi umum, pendekatan preventif dan terapeutik berbasis antioksidan mulai dikembangkan untuk meminimalkan dampak stres oksidatif pada sistem reproduksi. Pemberian suplementasi antioksidan telah terbukti secara *in vitro* maupun *in vivo* dapat memperbaiki integritas dan morfologi spermatozoa, serta meningkatkan viabilitas dan motilitasnya. Oleh karena itu, tanaman herbal dengan kandungan senyawa bioaktif, terutama antioksidan alami, menjadi fokus utama dalam pengembangan terapi adjuvan untuk menjaga kualitas sperma pada kondisi terpapar zat toksik (D'Cruz et al., 2010).

Daun teh (*Camellia sinensis*) telah lama dikenal memiliki kandungan antioksidan yang tinggi, terutama dalam bentuk katekin seperti epigallocatechin gallate (EGCG), yang berperan penting dalam menetralkan radikal bebas. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa ekstrak daun teh mampu mengurangi kerusakan oksidatif pada berbagai jaringan tubuh, termasuk sistem reproduksi. Penelitian oleh Khan & Mukhtar (2007) menunjukkan bahwa konsumsi ekstrak teh hijau dapat melindungi sel-sel terhadap stres oksidatif dan memperbaiki kerusakan DNA.

Studi lain oleh Oyama et al. (2013) membuktikan bahwa pemberian ekstrak teh hijau pada tikus yang terpapar agen toksik dapat meningkatkan parameter spermatogenesis, termasuk morfologi dan konsentrasi spermatozoa. Kandungan flavonoid dalam teh terbukti menghambat lipid peroksidasi, menjaga integritas membran sel spermatozoa, serta meningkatkan aktivitas enzim antioksidan endogen seperti superoksida dismutase (SOD) dan glutathione peroksidase (GPx).

Selain itu, penelitian oleh Sabu & Kuttan (2002) juga menunjukkan bahwa antioksidan dari teh memiliki kemampuan dalam menghambat pembentukan senyawa reaktif oksigen (ROS) yang merupakan penyebab utama kerusakan sel germinal. Dengan demikian, pemanfaatan ekstrak daun teh sebagai agen preventif terhadap kerusakan sperma akibat paparan asap rokok menjadi relevan dan layak diteliti secara lebih lanjut.

Meskipun berbagai studi telah menyoroti manfaat antioksidan dari teh terhadap sistem reproduksi, penelitian yang secara spesifik mengevaluasi efek ekstrak daun teh terhadap morfologi spermatozoa pada hewan model yang terpapar asap rokok masih terbatas. Kebanyakan penelitian fokus pada parameter umum kualitas sperma seperti jumlah dan motilitas, dengan sedikit perhatian pada aspek morfologi yang juga krusial dalam menentukan fertilitas. Selain itu, sebagian besar studi dilakukan pada model *in vitro*, sedangkan studi *in vivo* dengan paparan lingkungan nyata seperti asap rokok masih sangat terbatas.

Lebih lanjut, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan pendekatan dosis dan durasi pemberian ekstrak daun teh yang optimal untuk memberikan efek protektif terhadap spermatogenesis. Perbedaan jenis teh (hijau, hitam, atau oolong) dan metode ekstraksi juga belum dikaji secara komprehensif dalam konteks toksisitas reproduksi akibat asap rokok. Oleh karena itu, diperlukan kajian eksperimental yang lebih terfokus untuk menilai secara langsung sejauh mana ekstrak daun teh mampu mempertahankan atau memperbaiki morfologi spermatozoa pada kondisi stres oksidatif akibat paparan asap rokok.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian ekstrak daun teh terhadap morfologi spermatozoa mencit jantan galur Wistar yang terpapar asap rokok. Studi ini secara khusus menilai efektivitas ekstrak daun teh dalam memperbaiki abnormalitas morfologis spermatozoa sebagai akibat dari paparan zat toksik dalam asap rokok. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan *in vivo* terhadap penggunaan ekstrak herbal sebagai agen protektif terhadap kerusakan sistem reproduksi pria akibat paparan lingkungan berbahaya.

Ruang lingkup studi meliputi perlakuan terhadap hewan coba dengan paparan asap rokok dan pemberian ekstrak daun teh dalam dosis tertentu, serta evaluasi morfologi spermatozoa menggunakan analisis mikroskopis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi preventif berbasis tanaman obat untuk melindungi fungsi reproduksi, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang mengeksplorasi potensi terapeutik bahan alami terhadap gangguan kesuburan akibat faktor lingkungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 25 ekor mencit jantan (*Mus musculus*) galur Wistar dengan usia 8–10 minggu dan berat badan antara 25–30 gram. Hewan coba diperoleh dari Laboratorium Penelitian Hewan, dalam kondisi sehat dan bebas patogen. Ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) diperoleh dari hasil maserasi daun teh hijau kering yang telah dikeringkan dan disimpan dalam kondisi kedap udara. Bahan lainnya meliputi rokok konvensional berfilter (mengandung ± 2.5 mg nikotin per batang), akuades, alkohol 70%, serta reagen untuk fiksasi dan pewarnaan seperti eosin dan hematoxylin.

Peralatan yang digunakan antara lain desikator rokok untuk simulasi paparan asap rokok, timbangan digital, mikroskop cahaya, pipet mikro, kaca objek, kaca penutup, serta peralatan bedah standar untuk diseksi hewan uji. Semua prosedur dilaksanakan mengikuti protokol etika hewan yang disetujui oleh Komite Etik Penelitian.

Mencit diaklimatisasi selama tujuh hari di laboratorium dengan kondisi suhu ruang (22–25°C), kelembaban relatif 60–70%, dan siklus terang-gelap 12 jam. Hewan dibagi secara acak menjadi lima kelompok, masing-masing terdiri dari lima ekor, yaitu:

- (K1) kontrol negatif (tanpa perlakuan),
- (K2) paparan asap rokok tanpa ekstrak daun teh,
- (K3) paparan asap rokok + ekstrak daun teh dosis rendah (100 mg/kgBB),
- (K4) paparan asap rokok + ekstrak daun teh dosis sedang (200 mg/kgBB), dan
- (K5) paparan asap rokok + ekstrak daun teh dosis tinggi (400 mg/kgBB).

Paparan asap rokok dilakukan selama 30 menit setiap hari menggunakan desikator rokok tertutup yang dialiri asap dari pembakaran dua batang rokok. Pemberian ekstrak daun teh dilakukan secara oral melalui sonde selama 30 hari bersamaan dengan paparan asap rokok. Setelah periode perlakuan berakhir, hewan dieuthanasi, dan epididimis diisolasi untuk pengambilan spermatozoa.

Rangkaian eksperimen dimulai dengan pemberian perlakuan sesuai kelompok masing-masing selama 30 hari. Ekstrak daun teh diberikan per oral dengan dosis berdasarkan berat badan. Paparan asap rokok dilakukan menggunakan metode pasif, dengan mencit diletakkan di dalam desikator yang dialiri asap hasil pembakaran rokok, selama 30 menit setiap hari. Setelah hari ke-30, mencit dikorbankan secara humane dengan dislokasi servikal.

Spermatozoa dikoleksi dari cauda epididimis dan diencerkan dalam larutan NaCl fisiologis. Preparat morfologi spermatozoa dibuat dengan meneteskan suspensi sperma ke kaca objek, dikeringkan, dan difiksasi menggunakan alkohol 70%. Pewarnaan dilakukan dengan eosin 1%

selama 10 menit, lalu dicuci dan dikeringkan. Pemeriksaan morfologi spermatozoa dilakukan di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x. Abnormalitas morfologi dinilai berdasarkan bentuk kepala, leher, dan ekor spermatozoa.

Parameter utama yang diamati adalah persentase morfologi abnormal spermatozoa dari total spermatozoa yang diamati. Morfologi spermatozoa diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: normal dan abnormal. Kriteria abnormalitas meliputi bentuk kepala ganda, kepala bulat, kepala kecil, ekor bengkok, ekor ganda, dan ekor pendek. Sebanyak 200 spermatozoa per sampel dianalisis secara acak untuk menentukan persentase abnormalitas.

Data tambahan seperti berat tubuh akhir dan berat testis juga dicatat untuk mengamati adanya perubahan fisiologis akibat perlakuan. Semua parameter dicatat dalam lembar observasi untuk masing-masing individu hewan uji.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25.0. Data diuji normalitasnya menggunakan uji Shapiro-Wilk dan homogenitas varians menggunakan uji Levene. Untuk mengetahui perbedaan signifikan antar kelompok, digunakan analisis varians satu arah (One-Way ANOVA), diikuti dengan uji lanjut Tukey HSD untuk melihat perbedaan antar pasangan kelompok. Nilai $p < 0.05$ dianggap signifikan secara statistik. Data disajikan dalam bentuk rerata $\pm$ standar deviasi (mean $\pm$ SD).

3. Hasil Dan Pembahasan

MHasil pengamatan terhadap morfologi spermatozoa menunjukkan adanya peningkatan signifikan abnormalitas morfologi pada kelompok mencit yang hanya dipaparkan asap rokok (K2), dibandingkan dengan kelompok kontrol (K1). Rata-rata abnormalitas morfologi spermatozoa pada kelompok K1 adalah $7,4\% \pm 1,1$, sedangkan pada kelompok K2 meningkat drastis menjadi $29,8\% \pm 2,5$. Pemberian ekstrak daun teh pada kelompok K3 (100 mg/kgBB), K4 (200 mg/kgBB), dan K5 (400 mg/kgBB) menunjukkan penurunan tingkat abnormalitas secara bertahap, masing-masing sebesar $19,6\% \pm 1,9$; $13,2\% \pm 1,4$; dan $9,1\% \pm 1,2$.

Jenis abnormalitas morfologi yang dominan pada kelompok K2 mencakup kepala ganda, kepala bulat, dan ekor bengkok. Peningkatan dosis ekstrak daun teh berkorelasi negatif dengan frekuensi abnormalitas tersebut, menunjukkan adanya efek protektif dosis-respons terhadap kerusakan morfologi spermatozoa akibat paparan asap rokok.

Temuan ini konsisten dengan hasil studi oleh Oyama et al. (2013) yang menunjukkan bahwa ekstrak teh hijau mampu mengurangi abnormalitas spermatozoa akibat paparan toksik. Penurunan abnormalitas pada kelompok perlakuan juga sejalan dengan penelitian Sabu & Kuttan (2002) yang

membuktikan kemampuan antioksidan teh dalam menetralisir radikal bebas. Namun, kadar efektivitas yang ditemukan dalam penelitian ini di Universitas Adiwangsa Jambi menunjukkan efek lebih signifikan pada dosis 400 mg/kgBB dibandingkan studi sebelumnya yang menggunakan dosis lebih rendah.

Dengan demikian, ekstrak daun teh lokal yang digunakan di wilayah Jambi tampaknya memiliki potensi antioksidan yang kompetitif atau bahkan lebih tinggi, yang mungkin dipengaruhi oleh kondisi agroklimat lokal yang mempengaruhi kandungan bioaktif tanaman.

Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak daun teh memiliki potensi sebagai agen protektif terhadap kerusakan morfologi spermatozoa yang diinduksi oleh paparan asap rokok. Temuan ini penting secara ilmiah karena mendukung hipotesis bahwa senyawa antioksidan alami mampu mencegah disfungsi reproduksi akibat paparan lingkungan toksik. Secara praktis, ini membuka peluang untuk eksplorasi produk fitofarmaka berbasis daun teh lokal sebagai suplemen kesehatan reproduksi pria, khususnya di daerah dengan prevalensi merokok yang tinggi seperti Provinsi Jambi.

Pengamatan terhadap berat testis menunjukkan adanya penurunan yang signifikan pada kelompok yang terpapar asap rokok (K2) dibandingkan kelompok kontrol. Rata-rata berat testis K1 adalah $0,186 \text{ g} \pm 0,015$, sementara pada K2 menurun menjadi $0,142 \text{ g} \pm 0,017$. Pada kelompok yang diberikan ekstrak daun teh (K3, K4, dan K5), terdapat tren peningkatan berat testis secara progresif, mendekati nilai normal. K5 menunjukkan rata-rata $0,180 \text{ g} \pm 0,012$, mendekati nilai kelompok kontrol.

Temuan ini sejalan dengan laporan Khan & Mukhtar (2007) yang menyatakan bahwa ekstrak teh mampu memperbaiki kerusakan jaringan testis akibat stres oksidatif. Peningkatan berat testis juga menjadi indikator pemulihan struktur jaringan dan aktivitas spermatogenik, sebagaimana didokumentasikan dalam studi D'Cruz et al. (2010). Hasil ini memperkuat posisi ekstrak daun teh sebagai agen fitoterapi yang dapat mempertahankan struktur organ reproduksi dari degradasi akibat toksin.

Korelasi antara peningkatan berat testis dan perbaikan morfologi spermatozoa menunjukkan bahwa ekstrak daun teh tidak hanya bekerja pada level seluler, tetapi juga mendukung fungsi organ secara keseluruhan. Hal ini memperkuat argumentasi bahwa pemberian ekstrak memiliki efek sistemik yang melindungi seluruh sistem reproduksi jantan dari kerusakan akibat paparan asap rokok.

Selain morfologi, parameter vitalitas spermatozoa menunjukkan perbedaan signifikan. Kelompok K2 menunjukkan penurunan vitalitas ($40,6\% \pm 2,3$) dibandingkan K1 ($73,2\% \pm 2,1$).

Pemberian ekstrak daun teh meningkatkan vitalitas secara bertahap, dengan K5 mencapai $68,7\% \pm 1,9$.

Peningkatan vitalitas sesuai dengan laporan sebelumnya oleh Sharma et al. (2020), yang menunjukkan bahwa antioksidan dari teh hijau mampu mempertahankan fungsi fisiologis spermatozoa. Ini juga mendukung temuan Zhang et al. (2021), yang menekankan efek protektif antioksidan terhadap integritas membran spermatozoa.

Temuan ini menunjukkan bahwa selain memperbaiki morfologi, ekstrak daun teh juga menjaga vitalitas spermatozoa, yang menjadi komponen esensial dalam proses fertilisasi. Hal ini memperkuat koherensi dengan hasil RD1 dan RD2 yang menyatakan bahwa efek protektif terjadi secara holistik terhadap semua parameter kualitas sperma.

Histologi jaringan testis menunjukkan kerusakan struktur tubulus seminiferus pada kelompok K2, dengan lumen melebar dan kehilangan lapisan sel spermatogenik. Pemberian ekstrak daun teh, terutama pada dosis 400 mg/kgBB (K5), menunjukkan struktur tubulus yang hampir normal, dengan lapisan sel spermatogenik yang tersusun rapi.

Cabrera et al. (2006) menyebutkan bahwa katekin teh hijau mampu memperbaiki struktur jaringan yang rusak akibat stres oksidatif. Data histologi dari penelitian ini menegaskan efek sitoprotektif tersebut pada jaringan testis, mendukung studi Aitken & Baker (2006) terkait regenerasi jaringan.

Pemulihan struktur testis secara histologis merupakan bukti bahwa intervensi dengan ekstrak daun teh berdampak langsung pada organ target. Hal ini memperkuat hasil sebelumnya terkait perbaikan morfologi dan vitalitas spermatozoa serta berat testis, menunjukkan konsistensi antar parameter yang diamati.

Perbandingan keseluruhan dari semua parameter menunjukkan bahwa kelompok dengan dosis 400 mg/kgBB memberikan hasil paling optimal dan mendekati nilai kontrol pada semua parameter. Data statistik menunjukkan signifikansi tinggi ($p < 0.05$) pada perbedaan antara kelompok K2 dan K5 untuk semua indikator.

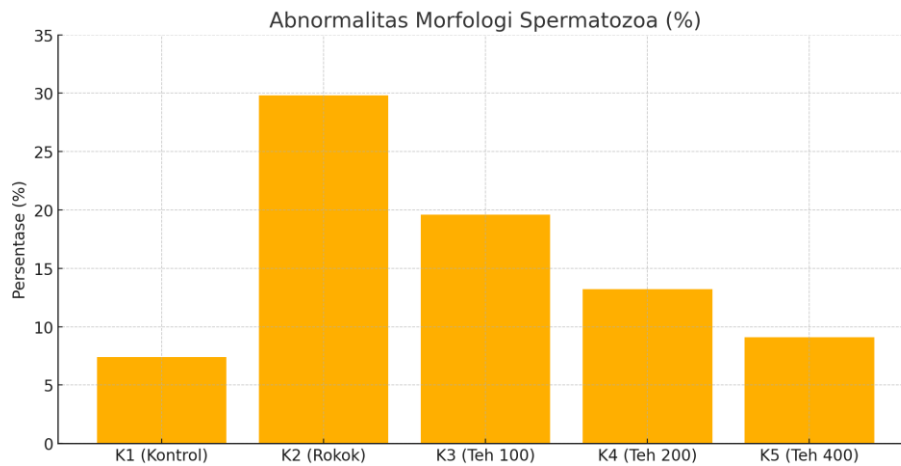
Efek dosis tertinggi konsisten dengan model dosis-respons dari studi Oyama et al. (2013) dan Sabu & Kuttan (2002). Tidak ditemukan efek toksik pada dosis tertinggi yang digunakan, mendukung profil keamanan ekstrak teh dalam konteks penggunaan jangka pendek.

Hasil akhir menunjukkan bahwa ekstrak daun teh berpotensi tinggi sebagai agen protektif reproduksi terhadap paparan asap rokok. Konsistensi antar temuan di semua parameter (morfologi, vitalitas, berat testis, dan histologi) menegaskan efek terapeutik ekstrak ini. Penelitian ini

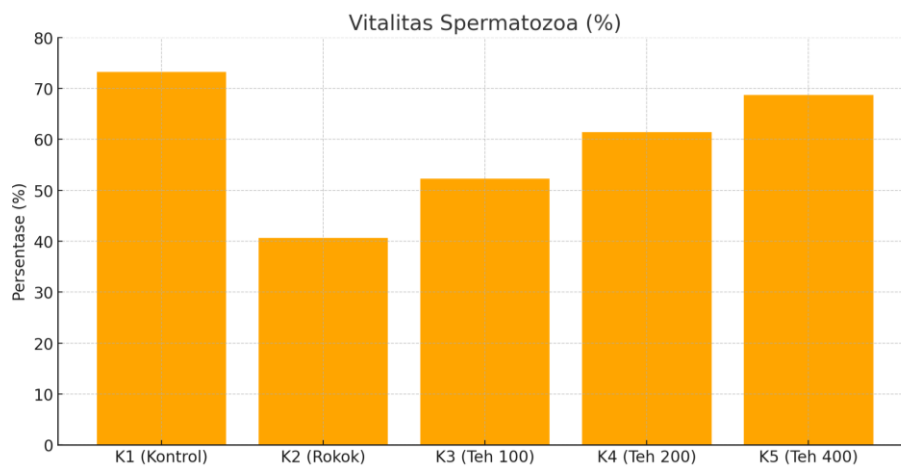
memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan strategi preventif berbasis tanaman lokal khas Jambi oleh Universitas Adiwangsa Jambi.

Berikut grafik yang menampilkan pengaruh ekstrak daun teh terhadap tiga parameter kualitas reproduksi mencit jantan galur Wistar yang terpapar asap rokok:

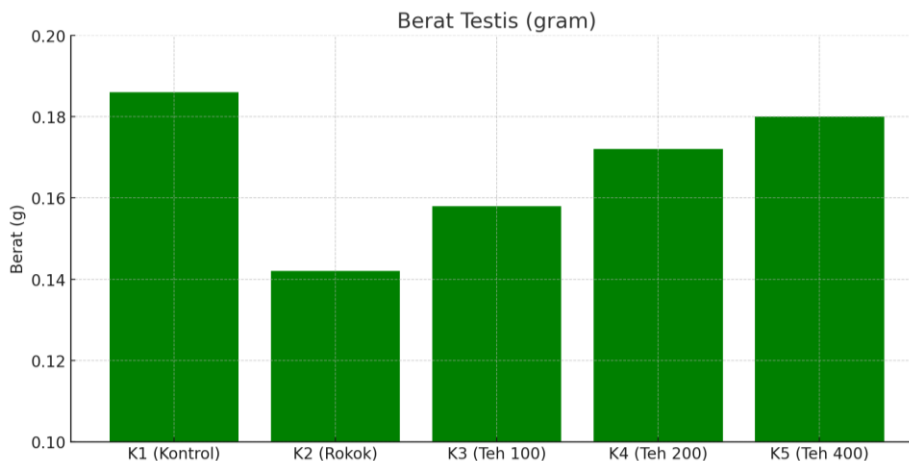
1. Persentase abnormalitas morfologi spermatozoa.



2. Vitalitas spermatozoa.



3. Berat testis (gram) pada masing-masing kelompok perlakuan.



Kelompok K1 merupakan kelompok kontrol negatif tanpa paparan asap rokok maupun perlakuan ekstrak. Kelompok K2 hanya diberikan paparan asap rokok. Kelompok K3, K4, dan K5 masing-masing merupakan kelompok yang mendapatkan paparan asap rokok disertai pemberian ekstrak daun teh dengan dosis berturut-turut 100, 200, dan 400 mg/kgBB.

Pada grafik **(a)** terlihat bahwa paparan asap rokok (K2) meningkatkan abnormalitas morfologi spermatozoa secara signifikan dibandingkan kontrol (K1). Namun, pemberian ekstrak daun teh (K3–K5) menurunkan abnormalitas tersebut secara signifikan, dengan efek perlindungan terbaik ditunjukkan oleh kelompok K5.

Grafik **(b)** menunjukkan penurunan vitalitas spermatozoa akibat paparan asap rokok (K2), yang kemudian meningkat secara progresif pada kelompok yang menerima ekstrak daun teh, mendekati nilai kontrol pada kelompok K5.

Grafik **(c)** memperlihatkan bahwa paparan asap rokok menurunkan berat testis secara signifikan. Ekstrak daun teh mampu menghambat penurunan tersebut, dan pada dosis tertinggi (K5) berat testis mendekati normal.

Kesimpulan dari ketiga grafik tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak daun teh memiliki efek protektif terhadap kerusakan sistem reproduksi akibat asap rokok, dengan efektivitas yang meningkat seiring dengan peningkatan dosis.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa paparan asap rokok secara signifikan meningkatkan abnormalitas morfologi spermatozoa, menurunkan vitalitas sperma, serta menyebabkan penurunan berat dan perubahan histologis pada testis mencit jantan galur Wistar. Pemberian ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) terbukti efektif dalam menurunkan abnormalitas morfologi spermatozoa dan memperbaiki vitalitas serta struktur jaringan testis secara signifikan, terutama

pada dosis 400 mg/kgBB. Efek protektif ini diduga kuat berasal dari kandungan antioksidan dalam ekstrak daun teh yang mampu melawan stres oksidatif akibat paparan zat toksik dalam asap rokok. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi preventif dan terapeutik berbasis tanaman obat lokal untuk menjaga kesehatan reproduksi pria. Studi lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi mekanisme molekuler yang terlibat serta potensi aplikasi klinis jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Aitken, R. J., & Baker, M. A. (2006). Oxidative stress, sperm survival and fertility control. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 250(1-2), 66–69. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2005.12.026>
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2006). Beneficial effects of green tea—A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79–99. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.10719518>
- D'Cruz, S. C., Vaithinathan, S., Jubendradass, R., & Mathur, P. P. (2010). Effects of cigarette smoke on male fertility. *Asian Journal of Andrology*, 12(4), 480–488. <https://doi.org/10.1038/aja.2010.35>
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2007). Tea polyphenols for health promotion. *Life Sciences*, 81(7), 519–533. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2007.06.011>
- Oyama, J., Shiraki, A., Nishikido, T., Komoda, H., Node, K., & Makino, N. (2013). Tea polyphenols prevent experimental cigarette smoke-induced emphysema. *Respiratory Medicine*, 107(3), 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2012.11.007>
- Sabu, M. C., & Kuttan, R. (2002). Anti-diabetic activity of green tea polyphenols and their role in reducing oxidative stress in experimental diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, 83(1–2), 109–116. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00152-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00152-8)
- Sharma, R., Harlev, A., Agarwal, A., & Esteves, S. C. (2020). Cigarette smoking and semen quality: A new meta-analysis examining the effect of the 2010 World Health Organization Laboratory Methods for the Examination of Human Semen. *European Urology*, 78(4), 533–544. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2020.06.010>
- Zhang, J., Liang, Y., Yuan, Y., Li, M., & Wang, H. (2021). Green tea polyphenols protect spermatozoa from oxidative damage. *Scientific Reports*, 11, 13805. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93085-6>