

*Original Research Article****Reproductive Health Optimization: Remarkable Benefits of Avocado Juice (*Persea americana* P. Mill) in Enhancing Production and Reducing Spermatozoal Abnormalities in Mice Exposed to Clove Cigarette Smoke***

Martha Kaihena¹, Abdul M Ukratalo^{2*}, Victory O Pangemanan³, Dodikrisno E Manery³, Bill E Nanere³, Yushar A Embisa³

¹Program Studi Sains Biomedis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

²Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

³Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

*Correspondence: demvopamukratalo@gmail.com

ABSTRACT

Background: Cigarette smoke has the potential to disrupt hormonal balance, affect spermatogenesis processes, damage spermatozoa viability, and create the presence of toxic substances in spermatozoa. On the other hand, avocados contain protein and various vitamins, such as A, B, B1, B2, E, and C, as well as other substances, such as beta-carotene, linoleic acid, lecithin, calcium, iron, pantothenic acid, potassium, phosphorus, niacin, and natural plant oils. Vitamins C and E in avocados are believed to increase the number of Leydig cells and spermatozoa. **Objective:** This study aims to evaluate the potential of avocado juice to improve reproductive health in mice exposed to kretek cigarette smoke. **Methods:** Male mice (*Mus musculus*) aged 2 months, weighing ± 20 g each, were divided into 5 randomly assigned groups: K- (control without treatment), K+ (positive control exposed to cigarette smoke), P1 (mice exposed to cigarette smoke and given avocado juice at a dose of 0.5 ml/20 g BW), P2 (mice exposed to cigarette smoke and given avocado juice at a dose of 0.7 ml/20 g BW), and P3 (mice exposed to cigarette smoke and given avocado juice at a dose of 0.9 ml/20 g BW). Cigarette smoke exposure was conducted for 14 days. **Results:** The results showed that regular avocado juice consumption could increase sperm production and reduce spermatozoa abnormalities in mice exposed to kretek cigarette smoke. **Conclusion:** The clinical implications of these findings may contribute to a better understanding of avocado juice's potential as a supplement to improve reproductive health, especially in the context of kretek cigarette smoke exposure.

Keywords: Cigarette smoke; avocado juice; spermatozoa; *Persea americana*

Received: 10 Januari 2024 | Revised: 4 Februari 2024 | Accepted: 16 Februari 2024 | Published: 23 Februari 2024

Cite this article: Martha Kaihena, Abdul M Ukratalo, Victory O Pangemanan, Dodikrisno E Manery, Bill E Nanere, & Yushar A Embisa (2026). Reproductive Health Optimization: Remarkable Benefits of Avocado Juice (*Persea americana* P. Mill) in Enhancing Production and Reducing Spermatozoal Abnormalities in Mice

Exposed to Clove Cigarette Smoke. *Journal of Biomedical Sciences and Health*, 1(1), 8-17.
<https://doi.org/10.34310/jbsh.v1.i1.2>

Optimalisasi Kesehatan Reproduksi: Manfaat Luar Biasa Jus Alpukat (*Persea americana* P. Mill) dalam Meningkatkan Produksi dan Menurunkan Abnormalitas Spermatozoa pada Mencit yang Dipapar Asap Rokok Kretek

ABSTRAK

Latar Belakang: Asap rokok berpotensi mengganggu keseimbangan hormonal, memengaruhi proses spermatogenesis, merusak viabilitas spermatozoa, dan memicu keberadaan zat beracun di dalam spermatozoa. Di sisi lain, alpukat mengandung protein dan berbagai vitamin, seperti A, B, B1, B2, E, dan C, serta zat lainnya, seperti beta-karoten, asam linoleat, lesitin, kalsium, zat besi, asam pantotenat, kalium, fosfor, niasin, dan minyak nabati alami. Vitamin C dan E dalam alpukat diyakini dapat meningkatkan jumlah sel Leydig dan spermatozoa. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi jus alpukat dalam meningkatkan kesehatan reproduksi mencit yang dipapar asap rokok kretek. **Metode:** Mencit jantan (*Mus musculus*) berusia 2 bulan, dengan berat masing-masing ± 20 g, dibagi menjadi 5 kelompok secara acak: K- (kontrol tanpa perlakuan), K+ (kontrol positif dipapar asap rokok), P1 (mencit dipapar asap rokok dan diberi jus alpukat dengan dosis 0,5 ml/20 g BB), P2 (mencit dipapar asap rokok dan diberi jus alpukat dengan dosis 0,7 ml/20 g BB), dan P3 (mencit dipapar asap rokok dan diberi jus alpukat dengan dosis 0,9 ml/20 g BB). Paparan asap rokok dilakukan selama 14 hari. **Hasil:** Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi jus alpukat secara teratur dapat meningkatkan produksi sperma dan menurunkan abnormalitas spermatozoa pada mencit yang dipapar asap rokok kretek. **Kesimpulan:** Implikasi klinis dari temuan ini dapat memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih baik mengenai potensi jus alpukat sebagai suplemen untuk meningkatkan kesehatan reproduksi, khususnya dalam konteks paparan asap rokok kretek.

Kata Kunci: Asap rokok; jus alpukat; spermatozoa, *Persea americana*

PENDAHULUAN

Kesehatan reproduksi merupakan aspek penting dalam menjaga kelangsungan hidup dan perkembangan suatu organisme (Miswanto, 2014; Sari et al., 2023). Secara umum, berbagai faktor lingkungan, termasuk paparan zat-zat berbahaya, dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap sistem reproduksi (Hariani, 2023). Salah satu kontaminan umum yang memiliki potensi merugikan adalah rokok. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), menjelang tahun 2020 diperkirakan 10 juta orang perokok di dunia akan meninggal setiap tahunnya. Selain itu, jumlah perokok aktif di Indonesia juga cukup besar, diperkirakan sekitar 57 juta orang. Dari perkiraan itu, lebih dari 200 juta anak-anak dan remaja yang hidup saat ini akan meninggal akibat tembakau dan bahan

kimia lainnya yang dikandung oleh rokok, dan 500 juta lainnya akan meninggal akibat serangan penyakit yang berkaitan dengan asap rokok (Azizan, 2008).

Secara umum, rokok ada 3 jenis, yaitu rokok cerutu, kretek dan rokok mild. Rokok tipe mild dipresentasikan mempunyai kandungan tar dan nikotin yang paling rendah dibanding rokok kretek dan cerutu. Rokok class mild memiliki sekitar 14 mg tar dan 1 mg nikotin (Putra, 2016). Rokok mengandung berbagai komponen dalam jumlah besar, sebagian besar di antaranya memiliki sifat toksik terhadap tubuh manusia. Asap rokok mengandung zat berbahaya seperti bahan karsinogen, tar, nikotin, nitrosamin, karbon monoksida, senyawa PAH (Polynuclear Aromatic Hydrogen), fenol, karbonil, klorin dioksin, dan furan (Putra, 2016). Menurut Abdussalam et al., (2023) dan Shabah et al.,

(2023), terdapat tiga komponen utama yang bersifat toksik dalam asap rokok, yaitu karbon monoksida, nikotin, dan tar.

Asap rokok memiliki potensi untuk mengakibatkan gangguan hormonal, mempengaruhi proses spermatogenesis, merusak viabilitas spermatozoa, dan menciptakan keberadaan bahan toksik pada spermatozoa (Rahmawati, 2015; Dewanto dan Isnaeni, 2017). Rizal et al., (2023) menekankan bahwa tembakau yang terkandung dalam asap rokok dapat berdampak negatif pada proses spermatogenesis. Hal ini mencakup penurunan jumlah sel spermatogonia, spermatosit primer, spermatid, dan lapisan sel, serta menurunkan kualitas spermatozoa, termasuk viabilitas dan kecepatan geraknya.

Peningkatan Reactive Oxygen Species (ROS) yang dipicu oleh kebiasaan merokok memiliki peran signifikan sebagai mediator terjadinya infertilitas (Rahmadiani, 2021). Menurut Kurniati dan Nugraheni (2019), produksi ROS akan meningkat sebagai akibat pengaruh lingkungan dan gaya hidup. Komponen Polynuclear Aromatic Hydrogen (PAH) yang terdapat dalam asap rokok memiliki potensi untuk menyebabkan atrofi pada testis, menghambat spermatogenesis, dan merusak morfologi spermatozoa. Di sisi lain, paparan nikotin juga dapat menyebabkan penurunan kadar hormon testosteron melalui mekanisme penghambatan fungsi sel Leydig yang bertanggung jawab sebagai produsen hormon testosteron.

Penurunan kadar testosteron pada pria perokok dapat mengganggu proses spermatogenesis, dengan potensi gangguan pada tahap pematangan spermatid menjadi spermatozoa yang dapat mempengaruhi morfologi normal (Chu dan Shakes, 2013). Kerusakan pada morfologi spermatozoa dan motilitasnya juga dapat mengurangi hingga 40% kesempatan untuk mencapai kehamilan secara alami pada pasangan yang satu di antaranya adalah perokok (Apriora et al., 2015).

Peran krusial antioksidan, baik yang berasal dari dalam tubuh (endogen) maupun dari luar tubuh (eksogen), termanifestasi dalam kemampuannya untuk meredam dampak negatif dari oksidan. Antioksidan endogen mencakup enzim seperti Superoksida Dismutase (SOD), katalase, dan glutathion peroksidase (GSH-Px),

sedangkan antioksidan eksogen melibatkan senyawa seperti vitamin E, vitamin C, β -karoten, flavonoid, karotenoid (Astaxanthin), asam urat, bilirubin, dan albumin. Pemanfaatan efektif dari senyawa antioksidan eksogen menjadi sangat penting dalam upaya pencegahan terjadinya stres oksidatif. Sistem pertahanan preventif yang diterapkan oleh antioksidan eksogen bekerja dengan memotong rantai reaksi oksidasi dari radikal bebas atau menangkapnya (Werdhasari, 2014).

Buah alpukat (*Persea americana* P. Mill) memiliki kandungan zat gizi yang beragam, termasuk protein dan vitamin-*vitamin* esensial seperti vitamin A, B, B1, B2, E, dan C, betakaroten, asam lenoleat, lesitin, kalsium, zat besi, asam pantotenat, potasium, fosfor, niacin, dan minyak tumbuhan alami (Noviyani, 2022; Hanizar, 2023). Dalam konteks pengobatan tradisional, daun alpukat sering digunakan karena mengandung gula, d-parsait, flavonoid quersetin, dan senyawa sterin. Manfaat dari daun alpukat melibatkan penggunaannya untuk memperlancar pengeluaran air seni, sebagai penghancur batu saluran air kemih, dan sebagai obat sariawan (Kristianingsih dan Wiyono, 2017).

Flavonoid yang ditemukan dalam alpukat berperan sebagai antioksidan sekunder dengan berbagai mekanisme, termasuk memberikan suasana asam pada medium, meregenerasi antioksidan utama, mendekativasi kontaminan logam peroksida, menangkap O_2 , mengikat singlet O_2 , dan mengubahnya menjadi bentuk triplet O_2 (Utami dan Ducha, 2023). Adanya kandungan vitamin C dan E dalam buah alpukat diyakini dapat meningkatkan jumlah sel Leydig dan spermatozoa. Vitamin C, sebagai antioksidan pemecah rantai utama yang terdapat dalam cairan ekstrasel, memiliki peran dalam menetralkan hidroksil, superoksida, dan radikal hydrogen peroksida, serta mencegah aglutinasi sperma. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi jus alpukat dalam mengoptimalkan kesehatan reproduksi pada mencit yang terpapar asap rokok kretek.

METODE

2.1 Tipe Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menerapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Pembagian kelompok mencit dalam penelitian ini diatur sebagai berikut: K- : Kelompok kontrol negatif dalam penelitian ini hanya menerima pemberian akuades (air suling) tanpa perlakuan tambahan. K+ : Kelompok kontrol positif dalam penelitian ini mendapatkan paparan asap rokok tanpa mendapat pemberian jus buah alpukat. P1 : Kelompok mencit yang terpapar asap rokok dan menerima pemberian jus buah alpukat dengan dosis 0,5 ml/20 g berat badan. P2 : Kelompok mencit yang terpapar asap rokok dan menerima pemberian jus buah alpukat dengan dosis 0,7 ml/20 g berat badan. P3 : Kelompok mencit yang terpapar asap rokok dan menerima pemberian jus buah alpukat dengan dosis 0,9 ml/20 g berat badan.

2.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup kandang hewan percobaan, timbangan digital Ohaus, smoking pump, smoking chamber, dissecting set, kaca objek, cawan Petri, mikroskop, hemocytometer, hand counter, dan kamera digital. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan adalah buah alpukat, rokok kretek, mencit jantan galur BALB/C, makanan hewan percobaan, air PAM, larutan Giemsa, alkohol 70%, NaCl 0,9%, akuades, dan sekam padi.

2.4 Prosedur Kerja

Aktimalisasi Mencit

Sebelum percobaan dimulai, seluruh mencit diaklimatisasi selama 7 hari di dalam kandang modifikasi berbentuk kotak yang terbuat dari plastik, dilengkapi dengan sedikit sekam dan bedding kawat ram sebagai penutup. Bobot badan mencit diukur pada awal penelitian, dan kemudian diukur secara rutin setiap satu minggu sampai akhir penelitian.

Penyiapan Bahan Uji

Buah alpukat diiris, dicuci, dipotong, dan diblender halus, kemudian disaring. Sebagai dosis awal, digunakan dosis pemakaian dalam masyarakat sekitar 140 ml (dengan berat badan 50 kg). Apabila diterapkan pada manusia dengan berat badan 70 kg, maka perhitungannya adalah $70/50 \times 140 \text{ ml} = 196 \text{ ml}$. Dengan faktor konversi untuk manusia (70 kg) ke mencit (20 g) sebesar 0,0026, dosis untuk mencit menjadi $0,0026 \times 196 \text{ ml} = 0,5 \text{ ml}$. Oleh karena itu,

berdasarkan hasil di atas, dosis I digunakan sebanyak 0,5 ml/20gr BB, dosis II sebanyak 0,7 ml/20gr BB, dan dosis III sebanyak 0,9 ml/20gr BB.

Pemaparan Asap Rokok Kretek pada Mencit

Pemberian asap rokok kretek dilaksanakan dengan dosis 1 batang per kelompok setiap pagi selama 14 hari. Proses ini dimulai dengan persiapan peralatan untuk pemaparan menggunakan smoking pump yang terhubung dengan smoking chamber. Smoking chamber memiliki dua lubang, satu di bagian samping untuk terhubung dengan pump, dan yang satunya di bagian depan berfungsi sebagai ventilasi atau memungkinkan pertukaran udara.

Lima mencit dari setiap kelompok dimasukkan ke dalam smoking chamber melalui bagian atasnya, kemudian smoking chamber ditutup kembali. Satu batang rokok kretek dipasang pada pipa yang terhubung dengan pompa. Rokok kretek yang telah terpasang pada pompa dinyalakan menggunakan korek api, sementara pompa dihidupkan sehingga asap rokok dapat masuk ke dalam smoking chamber. Stopwatch atau alat penghitung waktu dipasang untuk mencatat durasi yang dibutuhkan untuk menghabiskan satu batang rokok kretek.

Selama proses pemaparan asap rokok, smoking chamber terisi dengan asap rokok, dan perilaku mencit dapat diamati di dalamnya. Sebelum pemberian asap rokok, mencit dipuaskan selama kurang lebih 5 jam untuk mengosongkan lambung. Pemberian asap rokok dilakukan sekitar ± 1 jam, dan setelah itu, mencit diberi jus buah alpukat selama 14 hari.

Perhitungan Jumlah dan Morfologi Spermatozoa

Pada hari terakhir eksperimen, mencit diakhiri, dan dilakukan pengambilan sampel spermatozoa dari epididimis, tepatnya 1 cm di bawah caput epididimis. Tempat tersebut diklem, lalu dipotong. Bagian yang dipotong dikeluarkan spermanya dengan cara dipencet, selanjutnya ditetesi NaCl 0,9% sebanyak 2 tetes, diaduk agar homogen, dan disebut sebagai larutan stok. Larutan stok ini digunakan untuk menentukan jumlah dan morfologi spermatozoa sebagaimana dijelaskan di bawah ini: 1) Jumlah spermatozoa ditentukan sebagai berikut : a. Suspensi spermatozoa yang terlebih dahulu dihomogenkan. b. Selanjutnya diambil sebanyak

10 µl sampel spermatozoa. c. Campuran spermatozoa dimasukkan ke dalam kotak-kotak kamar hitung Hamocytometer. Jumlah spermatozoa pada kotak A, B, C, D dan E dihitung di bawah mikroskop dengan pembesaran 400 kali. d. Dihitung dengan menggunakan rumus Dethan dan Hartadi (2010):

$$\text{Jumlah Sperma (Y)} = \frac{400 \times 200}{80 \times 0,1} = Y \times 10.000/\text{mm}^3 = Y \times 10^7 \text{ sperma/ml}$$

Keterangan: Y = Jumlah sperma pengamatan 5 kotak; 400 = Total kotak kecil dalam kamar hitung; 80 = Jumlah kotak kecil dalam 5 kotak besar; 200 = Pengenceran 200 kali; 0,1 = Volume kotak hitung (mm)

2) Untuk menentukan morfologi spermatozoa, sperma diambil dari cauda epididymis. Selanjutnya, sediaan apus dibuat pada kaca objek, dikeringkan, dan kemudian diberi alkohol 70% selama 15 menit. Setelah itu, kaca objek dikeringkan dan dilakukan pewarnaan Giemsa selama 15 menit. Setelah proses pewarnaan, sediaan apus dibilas dengan air kran dan dikeringkan. Selanjutnya, menggunakan mikroskop cahaya, dilakukan penghitungan jumlah 100 spermatozoa dengan rata-rata diperoleh dari 6 lapangan pandang. Hasil pengamatan ini kemudian digunakan untuk menentukan persentase spermatozoa normal dan abnormal. Berikut adalah kategorisasi morfologi spermatozoa mencit beserta penjelasannya:

a. Spermatozoa normal: Spermatozoa diklasifikasikan sebagai normal ketika memiliki kait yang tidak terlalu panjang atau terlalu pendek, kepala memiliki bentuk dasar membulat dan sedikit lonjong, serta ekor tidak mengalami patahan atau terlipat.

b. Spermatozoa tanpa pengait di kepalanya: Spermatozoa dianggap abnormal karena tidak memiliki pengait di kepalanya.

c. Spermatozoa dengan pengait yang sangat pendek: Spermatozoa dikategorikan sebagai abnormal karena memiliki pengait yang sangat pendek hingga hampir tidak ada.

d. Spermatozoa dengan leher patah: Spermatozoa dianggap abnormal ketika mengalami pematahan di bagian leher atau ekor.

e. Spermatozoa berekor ganda: Spermatozoa termasuk dalam kategori abnormal karena

memiliki ekor yang bercabang atau berekor ganda. Perhitungan spermatozoa abnormal menggunakan rumus menurut Susilawati (2011):

$$(\text{Jumlah spermatozoa abnormal} / \text{Jumlah seluruh spermatozoa}) \times 100\%$$

2.5 Analisis Data

Data yang dikumpulkan akan diolah secara statistik menggunakan ANOVA (Analysis of Variance) dengan tingkat signifikansi 5%. Jika hasil perhitungan ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka analisis akan dilanjutkan dengan uji beda, membandingkan nilai tengah (rata-rata) dari dua kelompok perlakuan.

HASIL

3.1 Jumlah Spermatozoa Mencit

Hasil pengamatan terhadap pengaruh jus buah alpukat terhadap jumlah spermatozoa pada mencit kontrol negatif, mencit kontrol positif dan mencit yang dipapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dosis 0,5 ml/20 g BB, 0,7 ml/20 g BB dan 0,9 ml/20 g BB selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata jumlah spermatozoa mencit

Perlakuan	Rerata Jumlah Spermatozoa (x10 ⁹ /ml spermatozoa) ± SD
Kontrol negatif	2,75 ± 1,937 ^a
Kontrol positif	1,14 ± 0,000 ^b
Dosis 0,5 ml/20 g BB	1,56 ± 0,888 ^c
Dosis 0,7 ml/20 g BB	2,02 ± 1,163 ^d
Dosis 0,9 ml/20 g BB	2,75 ± 1,320 ^e

Keterangan : Superskrip dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata (P > 0,05)

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata jumlah spermatozoa pada mencit kontrol (K-) sebanyak 2,75 x 10⁹/ml spermatozoa, rerata jumlah spermatozoa pada kelompok kontrol positif (K+) sebanyak 1,14 x 10⁹/ml spermatozoa. Pada kelompok mencit yang dipapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dosis 0,5 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak 1,56 x 10⁹/ml spermatozoa (P2); pada

dosis 0,7 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak $2,02 \times 10^9/\text{ml}$ spermatozoa (P2); dan pada kelompok dosis 0,9 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak $2,75 \times 10^9/\text{ml}$ spermatozoa (P3). Hasil ANOVA menunjukkan bahwa $p < 0,05$, yang berarti bahwa pemberian jus buah alpukat berpengaruh terhadap rata-rata peningkatan jumlah spermatozoa mencit. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa rerata jumlah spermatozoa pada semua perlakuan saling berbeda nyata.

3.2 Jumlah Spermatozoa Abnormal

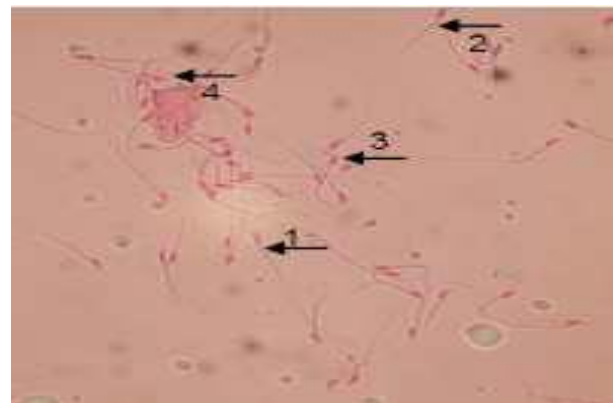
Hasil pengamatan terhadap jumlah spermatozoa abnormal pada mencit kontrol negatif, mencit kontrol positif dan mencit yang dipapar asap dan diberi jus buah alpukat dosis 0,5 ml/20 g BB, 0,7 ml/20 g BB dan 0,9 ml/20 g BB selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Perlakuan	Rerata Jumlah Spermatozoa Abnormal (%) $\pm$ SD
Kontrol negatif	$10,19 \pm 2,440^a$
Kontrol positif	$81,16 \pm 6,592^b$
Dosis 0,5 ml/20 g BB	$64,66 \pm 6,896^c$
Dosis 0,7 ml/20 g BB	$43,77 \pm 4,688^d$
Dosis 0,9 ml/20 g BB	$21,13 \pm 5,232^e$

Keterangan : Superskrip dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 0,05$)

Berdasarkan data yang tercantum dalam Tabel 2, diperoleh informasi bahwa rata-rata jumlah spermatozoa abnormal pada kelompok mencit kontrol negatif (K-) adalah sebesar 10,19%, sedangkan pada kelompok mencit kontrol positif (K+) mencapai 81,16%. Untuk kelompok mencit yang terpapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dengan dosis 0,5 ml/20 g BB (P1), terdapat peningkatan rata-rata jumlah spermatozoa abnormal menjadi 64,66%. Pada kelompok mencit yang terpapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dosis 0,7 ml/20 g BB (P2), rata-rata jumlah spermatozoa abnormal mengalami penurunan menjadi 43,77%. Sementara pada kelompok mencit yang dipapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dengan dosis 0,9 ml/20 g BB (P3), terjadi penurunan yang signifikan dengan rata-rata jumlah spermatozoa abnormal sebesar 21,13%. Hasil

Analysis of Variance (ANOVA) yang dilakukan menggunakan program SPSS 24.0 menunjukkan bahwa nilai $p < 0,05$, menandakan bahwa pemberian jus buah alpukat memberikan pengaruh signifikan terhadap rata-rata penurunan jumlah spermatozoa abnormal pada mencit. Hasil uji BNT menunjukkan rerata jumlah spermatozoa abnormal pada semua kelompok perlakuan saling berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian jus buah alpukat dapat memberikan dampak positif yang signifikan dalam menurunkan jumlah spermatozoa abnormal pada mencit yang terpapar asap rokok. Bentuk spermatozoa abnormal yang ditemukan dalam penelitian ini berupa spermatozoa dengan kepala berbentuk seperti pisang, spermatozoa tidak beraturan dan spermatozoa terlalu bengkok. Bentuk-bentuk spermatozoa abnormal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spermatozoa abnormal. (1) spermatozoa normal, (2) spermatozoa tanpa pengait di kepalanya, (3) spermatozoa dengan pengait yang pendek dan (4) spermatozoa dengan leher patah.

PEMBAHASAN

4.1 Peningkatan Jumlah Spermatozoa Mencit Setelah Diberi Jus Buah Alpukat

Paparan asap rokok kretek pada mencit dalam penelitian ini menyebabkan penurunan jumlah spermatozoa (Tabel 1). Hal ini tercermin melalui penurunan jumlah spermatozoa yang signifikan pada kelompok mencit kontrol positif (K+) sebanyak $1,14 \times 10^9/\text{ml}$ spermatozoa dibandingkan dengan kelompok mencit kontrol negatif (K-) sebanyak $2,75 \times 10^9/\text{ml}$ spermatozoa. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Putra (2016) yang menemukan bahwa

pemaparan rokok menyebabkan penurunan jumlah spermatozoa menciit.

Penurunan spermatozoa dalam penelitian ini disebabkan oleh asap rokok yang mengandung radikal bebas yang secara signifikan meningkat. Asap rokok termasuk jenis ROS melalui mekanisme peroksidasi lipid pada membran sel (Yuniarifa et al., 2022). Terjadinya peroksidasi lipid pada membran sel mengakibatkan kerusakan fungsi membran dan merusak organisasi seluler, sehingga memengaruhi fungsi sel secara menyeluruh. Kerusakan pada membran sel, yang dipicu oleh stres oksidatif, dapat mengakibatkan kerusakan pada membran sel Leydig dan sel Sertoli (Putra et al., 2023). Dampak negatif ini pada dua jenis sel tersebut dapat berkontribusi pada gangguan fungsi hormonal dan spermatogenesis, mengakibatkan penurunan kualitas dan jumlah sperma. Oleh karena itu, proses peroksidasi lipid pada membran sel menjadi faktor kritis dalam pemahaman dampak stres oksidatif terhadap kesehatan reproduksi.

Radikal bebas yang muncul akibat paparan asap rokok juga dapat mengakibatkan gangguan pada membran spermatozoa, yang pada gilirannya menurunkan motilitas spermatozoa dan kemampuannya untuk menembus sel telur (ovum) (Batubara et al., 2013; Awuy et al., 2021). Gangguan pada membran sel muncul ketika membran tersebut menjadi sasaran utama kerusakan atau cedera sel yang dipicu oleh berbagai rangsangan eksternal, termasuk terpaparnya radikal bebas (Putra et al., 2023). Membran sel spermatogenik, yang kaya akan asam lemak tak jenuh rantai panjang (PUFA), menjadi rentan terhadap proses peroksidasi lipid. Selain itu, radikal bebas juga berpotensi menyebabkan kerusakan pada DNA spermatozoa, terutama pada integritas DNA di inti sel. Dampak dari kondisi ini dapat berakibat serius, termasuk risiko kematian sel. Oleh karena itu, selain memengaruhi fungsi membran dan motilitas spermatozoa, paparan radikal bebas dari asap rokok juga dapat berdampak negatif pada integritas genetik dan vitalitas sperma, secara signifikan meningkatkan risiko gangguan reproduksi.

Pemberian jus buah alpukat dalam penelitian ini menunjukkan potensi untuk mencegah dan meningkatkan jumlah spermatozoa pada menciit yang terpapar asap rokok. Hal ini dapat dilihat dengan

meningkatnya jumlah spermatozoa pada kelompok menciit terpapar asap rokok kretek dan diberi jus buah alpukat (Tabel 1). Pada kelompok menciit yang dipapar asap rokok dan diberi jus buah alpukat dosis 0,5 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak $1,56 \times 10^9$ /ml spermatozoa (P2); pada dosis 0,7 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak $2,02 \times 10^9$ /ml spermatozoa (P2); dan pada kelompok dosis 0,9 ml/20 g BB, rerata jumlah spermatozoa sebanyak $2,75 \times 10^9$ /ml spermatozoa (P3). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan penelitian Sadewo et al. (2019) di mana pemberian jus alpukat dapat memengaruhi konsentrasi spermatozoa tikus Wistar yang dipapar asap rokok. Terjadinya peningkatan jumlah spermatozoa menciit dalam penelitian ini karena adanya kandungan antioksidan dalam buah alpukat, seperti flavonoid, tannin, alkaloid, serta vitamin A dan C.

Flavonoid, sebagai senyawa polifenol, dikenal karena kemampuannya menghambat pembentukan berbagai jenis radikal bebas, termasuk radikal hidroksil, anion superoksida, radikal peroksil, radikal alkoksil, singlet oksigen, dan hidrogen peroksida (Annisaroh dan Wibowo, 2019). Menurut Yuslianti (2018), mekanisme kerja antioksidan flavonoid melibatkan dua aspek utama: (1) mengurangi pembentukan ROS dengan menghambat enzim dan mengikat ion logam yang terlibat dalam produksi radikal bebas, dan (2) menetralkan radikal bebas sebagai scavenger. Perlu diperhatikan bahwa flavonoid dalam buah alpukat dapat mencegah peroksidasi lipid pada tahap inisiasi dengan berperan sebagai radical scavenger, dan reaksi pro-pagasi dapat dicegah dengan peroxy radical scavenger. Peran vitamin C dalam buah alpukat juga terletak dalam penetrasi radikal bebas. Vitamin C dianggap mampu meningkatkan kualitas sperma pada individu yang merokok dengan mengurangi stres oksidatif akibat asap rokok. Keberadaan vitamin C sebagai antioksidan yang larut dalam air, bersama dengan peningkatan konsentrasinya dalam semen (hingga 8 kali lebih tinggi daripada dalam aliran darah), memberikan kekuatan untuk melawan radikal bebas dan mendukung integritas sperma (Lingga, 2014).

Dengan demikian, pemberian jus buah alpukat memberikan kontribusi positif dalam melawan dampak negatif paparan asap rokok pada jumlah sperma, dengan peran penting

antioksidan seperti flavonoid dan vitamin C. Penggunaan buah alpukat sebagai sumber nutrisi dan antioksidan potensial dapat menjadi strategi yang bernilai untuk mendukung kesehatan reproduksi dalam konteks paparan asap rokok.

4.2 Penurunan Jumlah Spermatozoa Abnormal Mencit Setelah diberi Jus Buah Alpukat

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa paparan asap rokok menyebabkan peningkatan jumlah spermatozoa yang abnormal dan penurunan jumlah spermatozoa yang normal. Perbedaan ini dapat diamati ketika membandingkan kelompok mencit kontrol negatif dengan kelompok mencit kontrol positif, di mana kelompok kontrol negatif memiliki jumlah spermatozoa abnormal yang jauh lebih sedikit. Peningkatan jumlah spermatozoa abnormal akibat paparan asap rokok dalam penelitian ini dapat diatribusikan kepada ROS yang terkandung dalam asap rokok. Asap rokok, termasuk dalam jenis ROS lipid peroksida, memicu gangguan pada spermatogenesis melalui mekanisme peroksidasi lipid (Widayati, 2023). Hasil penelitian Batubara et al., (2013) menyebutkan bahwa kelompok mencit yang tanpa paparan asap rokok memberikan hasil morfologi spermatozoa yang abnormal lebih sedikit dibandingkan dengan kelompok mencit jantan yang diberikan paparan asap rokok. Hal ini menunjukkan semakin banyaknya paparan asap rokok yang diberikan, sehingga morfologi spermatozoa yang abnormal akan semakin meningkat.

Pengaruh asap rokok pada proses spermatogenesis dapat dijelaskan melalui mekanisme yang melibatkan nikotin dalam asap rokok. Nikotin memiliki kemampuan merangsang medula adrenal untuk melepaskan katekolamin, yang kemudian memengaruhi sistem saraf pusat. Gangguan pada proses spermatogenesis dan sintesis hormon testosteron terjadi melalui mekanisme umpan balik antara hipotalamus, hipofisis anterior, dan testis (Putra et al., 2023). Menurut Sari (2014), ketika proses spermatogenesis mengalami gangguan atau hambatan, dapat menghasilkan morfologi spermatozoa yang abnormal, yang merupakan akhir dari proses spermatogenesis yang terpengaruh. Pemahaman ini mendukung gagasan bahwa paparan asap rokok dapat berkontribusi pada terbentuknya morfologi spermatozoa yang abnormal melalui

pengaruhnya terhadap mekanisme biologis di dalam tubuh, terutama terkait dengan regulasi hormonal dan proses spermatogenesis.

Dalam penelitian ini, ditemukan beberapa bentuk spermatozoa abnormal, termasuk spermatozoa dengan pengait di kepalanya, spermatozoa dengan pengait yang pendek, dan spermatozoa dengan leher (Gambar 1). Abnormalitas pada spermatozoa ini dipicu oleh kelainan-kelainan yang terjadi selama spermatogenesis di dalam tubulus seminiferus dan setelah spermatozoa meninggalkan tubulus seminiferus.

Pemberian jus buah alpukat dalam penelitian ini menunjukkan kemampuan untuk menurunkan jumlah spermatozoa yang abnormal dan meningkatkan jumlah spermatozoa yang normal. Hasil ini mengindikasikan potensi buah alpukat sebagai agen yang berkontribusi positif terhadap kesehatan sperma, mengurangi adanya kelainan morfologi pada spermatozoa. Mekanisme di balik efek positif tersebut dapat melibatkan kandungan nutrisi dan antioksidan dalam buah alpukat, seperti flavonoid, tannin, alkaloid, vitamin A, dan C. Flavonoid, sebagai senyawa polifenol, dapat memiliki peran dalam menangkal radikal bebas dan mendukung integritas sel. Vitamin C, sebagai antioksidan larut dalam air, juga dapat membantu melawan stres oksidatif dan mengurangi peroksidasi lipid yang dapat merusak struktur spermatozoa.

Secara keseluruhan, hasil ini memberikan indikasi bahwa konsumsi jus buah alpukat dapat menjadi bagian dari pendekatan nutrisi yang mendukung kesehatan reproduksi, khususnya dengan mengurangi jumlah spermatozoa yang abnormal dan meningkatkan jumlah spermatozoa yang normal pada kondisi terpapar asap rokok.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa 1. Pemberian jus buah alpukat memberikan efek positif dengan meningkatkan jumlah spermatozoa dan menurunkan abnormalitas spermatozoa pada mencit yang terpapar asap rokok kretek. 2. Jus buah alpukat dengan dosis 0,9 ml/20 g BB terbukti lebih efektif dalam meningkatkan jumlah spermatozoa dan menurunkan jumlah spermatozoa yang mengalami abnormalitas

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussalam, G. S. I., Setiawan, E., & Syaury, D. (2023). Implementasi Sistem Pendeteksi Polusi Asap Rokok pada Ruangan Tertutup berbasis Arduino Uno dengan Metode K-Nearest Neighbors. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(14).
- Annisaroh, L. S., & Wibowo, D. A. (2019). Pengaruh Pemberian Jus Alpukat Terhadap Morfologi Spermatozoa Tikus Wistar Yang Dipapar Asap Rokok. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, 8(2), 802-810.
- Apriora, V. D., Amir, A., & Khairisyaf, O. (2015). Gambaran Morfologi Spermatozoa pada Perokok Sedang di Lingkungan PE Group yang Datang ke Bagian Biologi Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 4(2).
- Awuy, F. D., Purwanto, D. S., & Mewo, Y. M. (2021). Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Kualitas Spermatozoa Yang Terpapar Asap Rokok. *eBiomedik*, 9(2).
- Batubara, I. V. D., Wantouw, B., & Tendean, L. (2013). Pengaruh paparan asap rokok kretek terhadap kualitas spermatozoa mencit jantan (*mus musculus*). *eBiomedik*, 1(1).
- Chu, D. S., & Shakes, D. C. (2013). Spermatogenesis. *Germ cell development in C. elegans*, 171-203.
- Dethan, A. A., & Hartadi, H. (2010). Kualitas dan Kuantitas Sperma Kambing Bligon Jantan yang Diberi Pakan Rumput Gajah dengan Suplementasi Tepung Darah (Quality and Quantity of Semen of Buck Bligon Fed Elephant Grass Supplemented with Blood Meal). *Buletin Peternakan*, 34(3), 145-153.
- Dewanto, H. N., & Isnaeni, W. (2017). Pengaruh Ekstrak Kulit Buah Rambutan Terhadap Kualitas Sperma Tikus yang Terpapar Asap Rokok. *Life Science*, 6(2), 62-68.
- Hanizar, E. (2023). Pengaruh Konsumsi Buah Alpukat (*Persea Americana*) dan Lemon pada Berat Badan Mencit Jantan (*Mus Musculus*). *BIO-CONS: Jurnal Biologi dan Konservasi*, 5(1), 260-268.
- Hariani, Y. (2023). Pengaruh Paparan Bahan Kimia Terhadap Kesehatan Reproduksi Pada Pekerja 2023: Literature Review. *Babul Ilmi Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan*, 15(1).
- Kristianingsih, I., & Wiyono, A. S. (2017). Penggunaan infusa daun alpukat (*Persea americana* Mill.) dan ekstrak daun pandan (*Pandanus amarrillifolius* Roxb) sebagai peluruh kalsium batu ginjal secara in vitro. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 2(1), 93-101.
- Kurniati, I. D., & Nugraheni, D. M. (2019). Efektivitas pemberian ekstrak buah kersen (*Muntingia calabura*) terhadap rasio berat testis pada tikus yang dipapar asap rokok. *MEDICA*, 1(1).
- Lingga, L. (2014). *The Healing Power of Antioxidant*. Elex Media Komputindo.
- Miswanto, M. (2014). Pentingnya pendidikan kesehatan reproduksi dan seksualitas pada remaja. *Jurnal Studi Pemuda*, 3(2), 111-121.
- Noviyani, A. (2022). Potensi Tanaman Alpukat (*Persea americana*) Sebagai Zat Aktif dalam Formulasi Sediaan Krim Anti Jerawat. In *Prosiding Workshop dan Seminar Nasional Farmasi (Vol. 1, pp. 371-384)*.
- Putra, Y. (2016). Pengaruh rokok terhadap jumlah sel spermatozoa mencit jantan (*Mus Musculus*, Strain Jepang). *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 30-42.
- Putra, T. W., Suharyati, S., Siswanto, S., & Hartono, M. (2023). Pengaruh Penambahan Vitamin C Dan E Dalam Pengencer Sitrat Kuning Telur Terhadap Kualitas Semen Cair Ayam Bangkok. *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, 7(4), 523-534.
- Rahmadiani, D. (2021). Ekstrak Pollen Kurma (*Phoenix dactylifera* L) Sebagai Terapi Infertilitas Pada Pria. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 10(1), 31-40.
- Rahmawati, I. (2015). Pengaruh nikotin terhadap jumlah sel leydig pada mencit (*Musmusculus*). *STOMATOGNATIC-Jurnal Kedokteran Gigi*, 10(2), 82-85.
- Rizal, S. N., Sukmaningsih, A. A. S. A., & Wirasiti, N. N. (2023). Kualitas Sperma Pada Remaja Perokok Di Lingkungan Universitas Udayana. *SIMBIOSIS*, 11(1), 55-69.
- Sadewo, G. B., Hermawati, D., & Ariani, M. D. (2019). Pengaruh pemberian jus alpukat

- (*Persea americana* Mill) terhadap konsentrasi spermatozoa tikus wistar jantan yang dipapar asap rokok. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, 8(2), 823-831.
- Shabah, M. A. A., Ajizah, V. N., & Khasanah, U. (2023). Perilaku Perokok Terhadap Kesadaran Kesehatan Lingkungan Dalam Perspektif Fatwa Mui. *Student Research Journal*, 1(4), 0114.
- Sari, P. D. (2014). Effect of cigarette smoke in quality and quantity spermatozoa. *Jurnal Majority*, 3(7)
- Sari, K. I. P., Kiftiyah, K., & Mayasari, B. (2023). Meraih Masa Remaja Sehat: Optimalisasi Edukasi Kesehatan Reproduksi Remaja Melalui Pendekatan PhbS. *Jurnal Bhakti Civitas Akademika*, 6(2), 34-43.
- Susilawati, T. (2011). *Spermatology*. Universitas Brawijaya (UB) Press. Malang. ISBN 978-602-896004-
- Utami, I. I., & Ducha, N. (2023). Penambahan Ekstrak Kulit Buah Alpukat (*Persea americana*) dalam Pengencer CEP terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Simmental Suhu 4-5°C. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(3), 412-422.
- Werdhasari, A. (2014). Peran antioksidan bagi kesehatan. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*, 3(2), 59-68.
- Widayati, E. (2023). Oksidasi biologi, radikal bebas, dan antioxidant. *Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 50(128), 26-32.
- Yuniarifa, C., Husaana, A., & Riza, M. (2022). Perbedaan Efek Pemberian Secara Kombinasi Dan Tunggal Ekstrak Biji Anggur (*Vitis vinifera* L.) dan Glutathione Terhadap Motilitas, Jumlah, dan Morfologi Sperma Tikus Wistar Yang Diberi Paparan Asap Rokok. *Biomedika*, 14(1), 20-32.
- Yuslianti, E. R. (2018). *Pengantar radikal bebas dan antioksidan*. Deepublish.