

**Hubungan Derajat Kerusakan Histopatologi Testis pada Tikus
(*Rattus norvegicus*) Terpapar Asap Obat Nyamuk Bakar**

**Relationship Between the Degree of Histopathological Damage to the Testis in
Rats (*Rattus norvegicus*) Exposed to Mosquito Repellent Smoke**

I Nyoman Bagus Aji Kresnapati^{1,*}, Wayan Wariata², I Gede Angga Adnyana³

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

²Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

³Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Al-Azhar, Mataram, Indonesia

*Email Korespondensi: ajikresnapati@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui efek paparan asap obat nyamuk bakar terhadap gambaran histopatologi testis tikus sebagai model sistem reproduksi jantan. Obat nyamuk bakar banyak digunakan sebagai insektisida rumah tangga, terutama di negara berkembang. Namun, proses pembakarannya menghasilkan polutan udara dalam ruangan seperti partikulat halus, karbon monoksida, dan senyawa organik piretroid seperti *D-Allethrin*, atau *Transfluthrin* yang berpotensi menimbulkan efek toksik sistemik. Testis merupakan organ yang rentan terhadap paparan zat toksik karena berperan penting dalam spermatogenesis dan produksi testosteron. Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan desain *Post-Test Only Control Group Design* menggunakan 14 ekor tikus jantan *Rattus Norvegicus* yang dibagi menjadi kelompok kontrol dan perlakuan. Kelompok perlakuan dipaparkan asap selama 8 jam per hari selama 30 hari. Jaringan testis diperiksa di bawah mikroskop dan dinilai berdasarkan empat parameter kerusakan yaitu degenerasi sel germinal, penurunan tinggi epitel, vakuolisasi sel serta penyempitan lumen. Terdapat peningkatan secara bermakna ($p < 0,05$) skor kerusakan histopatologi sebesar $8,02 \pm 1,15$ pada kelompok perlakuan dibandingkan kelompok kontrol sebesar $0,86 \pm 0,69$ menunjukkan paparan kronis berpotensi mengganggu struktur histopatologi testis model hewan coba *Rattus norvegicus*.

Kata Kunci: asap obat nyamuk bakar, histopatologi testis, tikus, spermatogenesis, toksisitas reproduksi

Abstract

This study aims to determine the effect of exposure to mosquito coil smoke on the histopathological appearance of rat testes as a model of the male reproductive system. Mosquito coils are widely used as

household insecticides, especially in developing countries. However, the combustion process produces indoor air pollutants such as fine particulates, carbon monoxide, and pyrethroid organic compounds such as *D-Allethrin*, or *Transfluthrin* which have the potential to cause systemic toxic effects. The testes are organs that are vulnerable to exposure to toxic substances because they play an important role in spermatogenesis and testosterone production. This laboratory experimental study with a *Post-Test Only Control Group Design* used 14 male *Rattus Norvegicus* rats divided into control and treatment groups. The treatment group was exposed to smoke for 8 hours per day for 30 days. Testicular tissue was examined under a microscope and assessed based on four damage parameters, namely germ cell degeneration, decreased epithelial height, cell vacuolization, and narrowing of the lumen. There was a significant increase ($p < 0.05$) in the histopathological damage score of 8.02 ± 1.15 in the treatment group compared to the control group of 0.86 ± 0.69 , indicating that chronic exposure has the potential to disrupt the histopathological structure of the testes *Rattus norvegicus* experimental animal model.

Keywords: mosquito coil smoke, testicular histopathology, rat, spermatogenesis, reproductive toxicity

Diterima: 19 Februari 2026

Disetujui: 19 April 2026

DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v8i2.2665>



Copyright (c) 2026, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.). Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia. This is an Open Access article under the CC-BY-NC License.

Cara Sitasi:

Kresnapati, I. N. B. A., Wariata, W., Adnyana, I. G., A., 2026. Hubungan Derajat Kerusakan Histopatologi Testis pada Tikus (*Rattus norvegicus*) Terpapar Asap Obat Nyamuk Bakar. *J. Sains Kes.*, **8**(2). 120-128. DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v8i2.2665>

1 Pendahuluan

Nyamuk merupakan vektor utama berbagai penyakit infeksi seperti demam berdarah dengue, malaria, chikungunya, dan filariasis yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di banyak wilayah tropis, termasuk Indonesia. Upaya pencegahan gigitan nyamuk di tingkat rumah tangga dilakukan dengan berbagai cara, dan salah satu metode yang paling luas digunakan di dunia adalah obat nyamuk bakar (*Mosquito Coil*) karena harganya murah, mudah diperoleh, dan dapat digunakan tanpa listrik. Diperkirakan miliaran obat nyamuk bakar digunakan setiap tahun secara global, terutama di negara berkembang dengan beban penyakit vektor tinggi [1].

Di Indonesia, obat nyamuk bakar menjadi pilihan utama masyarakat dalam pengendalian nyamuk di dalam rumah, terutama pada malam hari. Penggunaannya yang luas berkaitan dengan faktor ekonomi, ketersediaan produk, serta persepsi bahwa asap yang dihasilkan efektif mengusir nyamuk. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan obat nyamuk bakar di lingkungan rumah tangga berkaitan dengan peningkatan paparan polutan udara dalam ruangan yang dapat berdampak pada kesehatan anggota keluarga, khususnya kelompok rentan seperti anak-anak [2,3].

Obat nyamuk bakar bekerja melalui proses pembakaran bahan insektisida, umumnya mengandung golongan piretroid sintetis seperti

D-Allethrin, atau *Transfluthrin* yang bekerja sebagai neurotoksin bagi serangga. Proses pembakaran ini menghasilkan berbagai polutan udara dalam ruangan seperti karbon monoksida (CO), senyawa organik volatil (VOCs), formaldehida, serta partikulat halus (PM_{2.5}). Penelitian menunjukkan bahwa pembakaran satu obat nyamuk bakar dapat menghasilkan emisi partikulat halus dalam jumlah besar yang berpotensi menurunkan kualitas udara dalam ruangan dan menimbulkan risiko gangguan kesehatan pernapasan. Berdasarkan survei salah satu obat nyamuk bakar komersial di Indonesia, obat nyamuk merek X memiliki kandungan senyawa aktif *D-Allethrin* sebesar 0,30 *Milicoulomb* (MC) [2,4].

Paparan kronis terhadap asap obat nyamuk bakar dikaitkan dengan berbagai dampak kesehatan, terutama gangguan pada sistem pernapasan seperti iritasi saluran napas, batuk kronis, dan peningkatan risiko asma. Selain efek lokal pada saluran napas, komponen kimia dalam asap juga berpotensi masuk ke sirkulasi sistemik dan menimbulkan stres oksidatif pada berbagai organ tubuh. Beberapa senyawa hasil pembakaran insektisida bahkan dikategorikan sebagai zat yang berpotensi toksik terhadap manusia jika terpapar dalam jangka panjang [5–7].

Salah satu sistem organ yang sensitif terhadap paparan bahan kimia toksik adalah sistem reproduksi, khususnya organ testis. Testis berperan penting dalam proses spermatogenesis dan produksi hormon testosteron, serta sangat rentan terhadap stres oksidatif dan paparan bahan kimia lingkungan. Kerusakan pada jaringan testis dapat menyebabkan gangguan struktur tubulus seminiferus, penurunan jumlah sel spermatogenik, serta gangguan fungsi reproduksi [7].

Beberapa penelitian eksperimental pada hewan menunjukkan bahwa paparan asap obat nyamuk bakar dapat menimbulkan perubahan histopatologis pada organ reproduksi, termasuk testis, seperti degenerasi sel germinal dan penurunan ketebalan epitel seminiferus. Hal ini menunjukkan bahwa komponen toksik dalam asap obat nyamuk bakar berpotensi memberikan efek merugikan terhadap sistem reproduksi mamalia [7,8]. Penelitian mengenai efek paparan asap obat nyamuk bakar terhadap kesehatan reproduksi manusia secara langsung

tidak memungkinkan dilakukan karena pertimbangan etika dan keselamatan. Oleh karena itu, model hewan coba seperti tikus (*Rattus Norvegicus*) digunakan karena memiliki kesamaan fisiologis dasar dengan manusia, terutama dalam sistem reproduksi, serta memungkinkan evaluasi histologis jaringan secara terkontrol di laboratorium.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana efek samping paparan asap obat nyamuk bakar terhadap testis tikus (*Rattus Norvegicus*) sebagai model sistem reproduksi manusia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran ilmiah awal mengenai potensi risiko penggunaan obat nyamuk bakar terhadap kesehatan reproduksi serta menjadi dasar bagi upaya promotif dan preventif di lingkungan rumah tangga.

2 Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan *Post-Test Only Control Group Design* untuk menilai efek paparan asap obat nyamuk bakar terhadap gambaran histopatologi testis tikus (*Rattus Norvegicus*).

2.2 Hewan Coba

Hewan coba yang digunakan adalah tikus jantan (*Rattus Norvegicus*) sehat dengan berat badan $\pm 180-200$ gram dan umur sekitar 2–3 bulan. Sebanyak 14 ekor tikus (*Rattus Norvegicus*) diperoleh dari laboratorium hewan coba terstandar di Laboratorium Hewan Coba Fakultas Kedokteran Universitas Islam Al Azhar. Seluruh tikus diadaptasikan selama 7 hari sebelum perlakuan dalam kondisi kandang bersuhu terkontrol, siklus cahaya 12 jam terang–gelap, serta diberi pakan dan minum *ad libitum* untuk meminimalkan stres lingkungan sebelum penelitian dimulai

Setelah masa adaptasi, *Rattus Norvegicus* dibagi secara acak menjadi dua kelompok berdasarkan studi terdahulu [9] yang masing-masing terdiri dari 7 ekor: kelompok kontrol (K1): Tidak dipaparkan asap obat nyamuk bakar dan kelompok perlakuan (K2): dipaparkan asap obat nyamuk bakar. Desain pembagian kelompok ini bertujuan membandingkan gambaran histopatologi testis

antara hewan tanpa paparan dan hewan dengan paparan asap obat nyamuk bakar [10]

2.3 Prosedur Paparan Asap

Kelompok perlakuan dipaparkan asap obat nyamuk bakar merek X dengan kandungan *D-Allethrin* yang tertera pada label sebesar 0,30 MC dengan berat per kumparan 12 gram. Paparan asap obat nyamuk bakar dilakukan selama 8 jam per hari dari jam 8 pagi hingga 4 sore selama 30 hari berturut-turut. Kandang paparan asap berukuran 54 x 36,5 x 28,5 cm dengan ventilasi ukuran 5 x 7 cm sebanyak 4 untuk mensimulasikan kondisi paparan obat nyamuk bakar. Obat nyamuk bakar dinyalakan sesuai petunjuk penggunaan sehingga menghasilkan asap secara terus-menerus selama paparan. Kelompok kontrol ditempatkan pada kandang terpisah namun ukuran kandang dan ventilasi yang sama. Paparan asap obat nyamuk bakar menggunakan metode *Whole Smoke Exposure* yaitu asap obat nyamuk bakar di paparkan hingga kumparannya habis terbakar, tanpa di ukur konsentrasi senyawa aktif seperti *d-Allethrin* yang dipaparkan.

2.4 Terminasi dan Pengambilan Organ

Pada hari ke-31, seluruh *Rattus Norvegicus* dianestesi menggunakan *kloroform* secara inhalasi hingga tidak menunjukkan refleksi nyeri, kemudian dilakukan pembedahan (nekrupsi) untuk mengambil organ testis. Testis dibersihkan dari jaringan sekitarnya dan dibilas dengan larutan NaCl fisiologis sebelum proses fiksasi jaringan [11].

2.5 Preparasi Histopatologi Testis

Jaringan testis yang telah diambil difiksasi dalam larutan *Formalin Buffer* 10% selama ± 24 jam untuk mempertahankan struktur seluler. Setelah fiksasi, jaringan diproses melalui tahap dehidrasi bertingkat menggunakan alkohol, dilanjutkan proses *clearing* dengan *xylol*, dan embedding dalam parafin. Blok parafin kemudian dipotong menggunakan mikrotom dengan ketebalan irisan sekitar 5 μm [12].

Irisan jaringan ditempelkan pada kaca objek, dilakukan deparafinasi dan rehidrasi, kemudian diwarnai menggunakan metode *Hematoxylin-Eosin* (HE) untuk memperjelas gambaran inti dan sitoplasma sel. Preparat selanjutnya didehidrasi kembali, dilakukan

clearing, dan ditutup dengan cover glass menggunakan media mounting [12]. Preparat histopatologi yang telah siap diamati menggunakan mikroskop cahaya untuk menilai gambaran tubulus seminiferus, susunan sel spermatogenik, serta perubahan histopatologis seperti degenerasi sel, vakuolisasi, dan penyempitan lumen tubulus [11,13].

2.6 Skor Histopatologi Testis

Untuk memperoleh data kuantitatif, dilakukan sistem skoring histopatologi berdasarkan derajat kerusakan jaringan testis [7]. Pengamatan dilakukan pada 5 lapang pandang acak per preparat dengan perbesaran 100 \times . Adapun parameter yang di nilai yaitu degenerasi sel germinal, penurunan tinggi epitel tubulus seminiferus, vakuolisasi sel, dan penyempitan lumen tubulus. Adapun ketentuan skornya, sebagai berikut:

- 0 (Normal): histologi testis tidak menunjukkan perubahan patologis.
- 1 (Ringan): sedikit perubahan di <25% area lapang pandang.
- 2 (Sedang): perubahan di 25–50% area lapang pandang.
- 3 (Berat): perubahan di >50% area lapang pandang.

Total skor maksimal per hewan = 12. Model ini umum dipakai dalam penelitian toksikologi testis untuk memberikan angka yang mewakili derajat kerusakan jaringan [7].

Skor dari keempat parameter dijumlahkan untuk setiap lapang pandang, kemudian dihitung rata-ratanya dari 7 lapang pandang untuk memperoleh skor histopatologi testis pada setiap *Rattus Norvegicus*. Nilai inilah yang selanjutnya digunakan sebagai data kuantitatif untuk analisis statistik perbandingan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

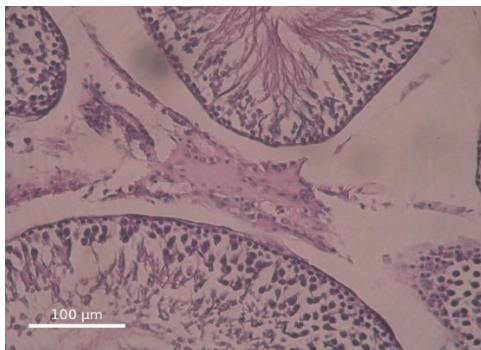
2.7 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa skor histopatologi testis dari masing-masing *Rattus Norvegicus* pada kelompok kontrol (K1) dan kelompok perlakuan (K2). Skor tersebut merupakan hasil penjumlahan derajat kerusakan pada empat parameter histopatologi, yaitu degenerasi sel germinal, penurunan tinggi epitel tubulus seminiferus, vakuolisasi sel, dan penyempitan lumen tubulus seminiferus. Nilai akhir setiap hewan merupakan rata-rata skor dari lima lapang pandang mikroskopis. Data

kemudian dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS versi 27. Sebelum dilakukan uji perbedaan, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas *Shapiro-Wilk* untuk menilai distribusi data pada masing-masing kelompok. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai $p > 0,05$. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas varians menggunakan *Levene's test* untuk memastikan kesamaan varians antar kelompok, dengan kriteria homogen apabila $p > 0,05$. Apabila kedua syarat tersebut terpenuhi, maka dilakukan uji *Independent Sample T-Test* untuk mengetahui perbedaan rerata skor histopatologi testis antara kelompok kontrol dan kelompok yang dipaparkan asap obat nyamuk bakar. Nilai $p < 0,05$ dianggap menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dapat diamati secara histopatologis untuk menilai perbedaan secara mikroskopis seperti pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Histopatologi Kelompok Kontrol (K1) dengan perbesaran 100 \times .



Gambar 2. Histopatologi Kelompok Perlakuan (K2) dengan perbesaran 100 \times .

Pada gambar kelompok kontrol (K1), struktur histologis testis umumnya masih dalam batas normal. Tubulus seminiferus tampak bulat atau oval dengan susunan sel spermatogenik yang teratur dari membran basal hingga lumen. Epitel germinal terlihat utuh dan padat, serta lumen tubulus berisi spermatozoa. Tidak tampak vakuolisasi sitoplasma yang jelas maupun penyempitan lumen tubulus.

Pada gambar histopatologi kelompok perlakuan yang dipaparkan asap obat nyamuk bakar (K2), tampak adanya perubahan struktur histologis testis dibandingkan kontrol. Perubahan yang dapat diamati meliputi berkurangnya kerapatan sel germinal, susunan sel yang tidak teratur, serta kemungkinan adanya sel yang mengalami degenerasi. Epitel tubulus seminiferus terlihat menipis di beberapa area, dan dapat ditemukan vakuolisasi pada sitoplasma sel. Lumen tubulus seminiferus juga tampak mengalami penyempitan atau berkurangnya jumlah spermatozoa di dalamnya. Adapun perhitungan skor histopatologi di tunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Skor Histopatologi Kelompok Kontrol (K1)

Lapang (Lp)	Pandang	Degenerasi Sel Germinal (0-3)	Penurunan Tinggi Epitel (0-3)	Vakuolisasi Sel (0-3)	Penyempitan Lumen (0-3)	Jumlah per Lapang	Skor
Lp 1		1	0	0	0	1	
Lp 2		0	0	1	1	2	
Lp 3		0	1	0	0	1	
Lp 4		0	0	1	0	1	
Lp 5		1	0	0	0	1	
Lp 6		0	0	0	0	0	
Lp 7		0	0	0	0	0	
Rata-rata		0,28	0,14	0,29	0,14		
Rata-rata skor histopatologi testis						0,86	

Tabel 2. Skor Histopatologi Kelompok Perlakuan (K2)

Lapang Pandang (Lp)	Degenerasi Sel Germinal (0-3)	Penurunan Tinggi Epitel (0-3)	Vakuolisasi Sel (0-3)	Penyempitan Lumen (0-3)	Jumlah Skor per Lapang
Lp 1	2	2	3	2	9
Lp 2	1	2	2	1	6
Lp 3	2	2	2	2	8
Lp 4	1	3	2	3	9
Lp 5	3	3	1	2	9
Lp 6	1	2	2	3	8
Lp 7	2	1	3	1	7
Rata-rata	1,71	2,14	2,14	2	
Rata-rata skor histopatologi testis					8,02

Tabel 3. Uji Statistik

Uji Pengamatan	Uji Normalitas (<i>Shapiro Wilk</i>)	Uji Homogenitas (<i>Levene's Test</i>)	Uji Independent Sampel T test	Syarat (Sig)
Degenerasi Sel Germinal	0,086*	0,225*	0,002	p<0,05
Penurunan Tinggi Sel Epitel	0,099*	0,236*	0,001	
Vakuolisasi Sel	0,099*	0,667*	0,001	
Penyempitan Lumen	0,144*	0,175*	0,001	
Skor Histopatologi	0,139*	0,259*	0,001	

Keterangan*: signifikan, p>0,05

Pada tabel 2 dan tabel 3, terdapat rerata peningkatan skor histopatologi sebesar 7,16 pada kelompok yang dipapar asap obat nyamuk bakar (K2) sebesar 8,02 dibandingkan kelompok yang tidak di paparkan asap obat nyamuk bakar (K1) sebesar 0,86. Dengan rincian, terdapat peningkatan sebesar 1,42 untuk degenerasi sel germinal, 2 untuk penurunan tinggi sel epitel, 1,85 untuk vakuolisasi sel, 1,85 untuk penyempitan lumen. Namun untuk menguji secara apakah perbedaannya signifikan atau tidak, maka perlu dilakukan uji secara statistik. Hasil secara uji statistik, yaitu uji normalitas (*Shapiro Wilk*), homogenitas (*Levene Test*), sebagai syarat uji *Independent Sampel T Test*, dapat ditampilkan pada tabel 3.

Dari tabel 3 menunjukkan, secara statistik, data berdistribusi normal dan homogenitas (sig >0,05) sehingga memenuhi syarat uji parameterik *Independent Sampel T Test*. Berdasarkan hasil uji *Independent Sampel T Test*, secara statistik terdapat perbedaan secara nyata antara kelompok yang di paparkan asap obat nyamuk bakar (K2), dibandingkan kelompok yang tidak di paparkan asap obat nyamuk bakar (K1) yaitu p<0,05 baik skor histopatologi maupun semua parameter pengamatan, seperti (degenerasi sel germinal, penurunan tinggi sel epitel, vakuolisasi sel dan penyempitan lumen).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor histopatologi testis pada kelompok *Rattus Norvegicus* yang dipaparkan asap obat nyamuk bakar lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Peningkatan skor terjadi pada seluruh parameter, yaitu degenerasi sel germinal, penurunan tinggi epitel tubulus seminiferus, vakuolisasi sel, dan penyempitan lumen. Temuan ini menunjukkan bahwa paparan asap obat nyamuk bakar menimbulkan kerusakan struktural pada tubulus seminiferus yang berperan penting dalam proses spermatogenesis. Paparan kronis produk pembakaran insektisida rumah tangga diketahui dapat menimbulkan efek toksik sistemik melalui stres oksidatif [7,11,14]. Degenerasi sel germinal merupakan perubahan yang paling menonjol pada kelompok perlakuan. Secara mikroskopis tampak berkurangnya jumlah dan kepadatan sel-sel spermatogenik di dalam tubulus seminiferus dibandingkan kelompok kontrol. Kondisi ini menunjukkan adanya gangguan pada proses spermatogenesis akibat kerusakan langsung sel germinal. Asap obat nyamuk bakar mengandung partikel halus dan senyawa kimia reaktif yang dapat meningkatkan pembentukan radikal bebas di dalam tubuh. Stres oksidatif yang terjadi dapat merusak membran sel, protein, dan DNA sel spermatogenik sehingga sel mengalami degenerasi dan apoptosis. Penelitian toksikologi menunjukkan bahwa

paparan insektisida dan polutan udara dapat menyebabkan penurunan jumlah sel germinal akibat kerusakan oksidatif pada jaringan testis [7,11,13]. Oleh karena itu, peningkatan skor degenerasi sel germinal pada kelompok perlakuan mencerminkan efek sitotoksik asap terhadap kompartemen germinal testis.

Hasil penelitian ini menunjukkan paparan asap obat nyamuk bakar meningkatkan skor histopatologi testis secara signifikan pada seluruh parameter pengamatan. Hasil ini sejalan penelitian sebelumnya [7] yang menyimpulkan paparan subkronik asap obat nyamuk pada hewan uji dapat menimbulkan kerusakan histologis pada berbagai organ melalui mekanisme toksisitas inhalasi. Dalam penelitian tersebut dijelaskan partikel halus dan senyawa kimia hasil pembakaran insektisida dapat masuk ke dalam sistem peredaran darah setelah terhirup, sehingga memicu peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang menyebabkan kerusakan jaringan melalui mekanisme stres oksidatif. Hasil penelitian ini juga di dukung studi lainnya yang menunjukkan paparan insektisida rumah tangga dapat menimbulkan gangguan histopatologi pada jaringan testis tikus, seperti disorganisasi epitel seminiferus, berkurangnya jumlah sel germinal, serta penurunan kualitas spermatogenesis akibat peningkatan stres oksidatif dan gangguan keseimbangan antioksidan jaringan. Kesamaan pola kerusakan jaringan tersebut memperkuat paparan asap obat nyamuk bakar memiliki efek toksik terhadap sistem reproduksi jantan, khususnya melalui kerusakan struktur tubulus seminiferus yang berperan penting dalam proses spermatogenesis [8].

Penurunan tinggi epitel tubulus seminiferus pada kelompok paparan asap obat nyamuk bakar menunjukkan adanya penipisan lapisan sel spermatogenik. Epitel seminiferus normalnya tersusun atas beberapa lapisan sel germinal yang berkembang secara bertahap. Hilangnya sebagian sel akibat degenerasi menyebabkan berkurangnya ketebalan epitel. Selain akibat kematian sel germinal, perubahan ini juga dapat berkaitan dengan gangguan fungsi sel Sertoli yang berperan dalam menopang dan mengatur nutrisi sel spermatogenik. Paparan zat toksik diketahui dapat mengganggu keseimbangan hormonal, khususnya hormon testosteron, yang berperan penting dalam

mempertahankan struktur epitel seminiferus. Gangguan hormonal pada testis dilaporkan dapat menyebabkan disorganisasi dan penipisan epitel tubulus seminiferus serta hambatan maturasi sel spermatogenik [7,11,13]. Dengan demikian, peningkatan skor penurunan tinggi epitel pada kelompok perlakuan menunjukkan adanya gangguan struktural kronis pada dinding tubulus seminiferus.

Perubahan lain yang ditemukan yaitu vakuolisasi sel epitel seminiferus pada kelompok paparan asap obat nyamuk bakar. Vakuolisasi merupakan tanda cedera sel yang menunjukkan gangguan metabolisme intraseluler dan kerusakan organel, terutama retikulum endoplasma dan mitokondria. Paparan kronis zat toksik dapat mengganggu keseimbangan ion dan cairan di dalam sel sehingga terbentuk vakuola sitoplasmik. Lesi ini sering dikaitkan dengan stres oksidatif yang menyebabkan disfungsi organel seluler. Pada jaringan testis, vakuolisasi juga dapat menandakan gangguan fungsi sel sertoli yang berperan menjaga lingkungan mikro bagi perkembangan sel germinal. Perubahan vakuoler pada epitel tubulus seminiferus juga dilaporkan pada paparan bahan kimia toksik inhalasi yang menimbulkan cedera seluler akibat radikal bebas [7,14]. Dengan demikian, tingginya skor vakuolisasi pada kelompok paparan menunjukkan adanya proses cedera seluler aktif akibat efek toksik asap obat nyamuk bakar.

Selain perubahan pada vakuolisasi sel, penyempitan lumen tubulus seminiferus juga ditemukan lebih sering pada kelompok paparan asap obat nyamuk bakar. Secara normal, lumen tubulus berisi spermatozoa sebagai hasil akhir spermatogenesis. Gangguan produksi dan pelepasan spermatozoa akibat kerusakan sel germinal menyebabkan lumen tampak lebih sempit atau tidak terisi penuh. Gangguan hormonal dan kerusakan epitel seminiferus dapat menghambat proses spermiogenesis sehingga jumlah spermatozoa matang yang dilepaskan ke lumen berkurang. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa paparan insektisida dapat menyebabkan berkurangnya sel spermatid dan spermatozoa di lumen tubulus seminiferus, yang merupakan indikator gangguan tahap akhir spermatogenesis. Oleh karena itu, peningkatan skor penyempitan

lumen pada kelompok paparan mencerminkan dampak lanjutan dari kerusakan sel germinal dan hambatan maturasi sperma [7].

Keempat parameter histopatologi yang meningkat pada kelompok perlakuan saling berhubungan dalam satu rangkaian proses patologi. Paparan asap obat nyamuk bakar memicu stres oksidatif yang menyebabkan degenerasi sel germinal, penipisan epitel seminiferus, cedera seluler berupa vakuolisasi, serta gangguan pelepasan spermatozoa ke lumen tubulus. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa paparan kronis asap obat nyamuk bakar berpotensi menimbulkan gangguan struktur dan fungsi sistem reproduksi jantan melalui kerusakan histopatologis testis [12,13]. Namun dari hasil penelitian yang didukung oleh 2 studi terdahulu [7, 8], penelitian ini masih memiliki kelemahan yaitu sejauh mana hubungan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dapat mempengaruhi histopatologi testis tikus. Hal ini disebabkan karena penelitian ini belum mengukur biomarker stress oksidatif seperti *Malondialdehyde* (MDA) maupun aktivitas enzim antioksidan seperti *Superoxide Dismutase* (SOD). Penelitian lanjutan yang mengukur biomarker tersebut disarankan kepada peneliti selanjutnya yang bertujuan mengkonfirmasi jalur mekanisme yang terlibat dalam kerusakan histopatologi jaringan testis akibat paparan asap obat nyamuk bakar.

4 Kesimpulan

Paparan asap obat nyamuk bakar selama 30 hari menyebabkan peningkatan skor kerusakan histopatologi testis *Rattus Norvegicus* yang ditandai degenerasi sel germinal, penurunan tinggi epitel tubulus seminiferus, vakuolisasi sel, dan penyempitan lumen tubulus seminiferus secara bermakna ($p < 0,05$). Perubahan-perubahan ini menunjukkan bahwa paparan kronis asap hasil pembakaran insektisida rumah tangga berpotensi mengganggu proses spermatogenesis melalui mekanisme stres oksidatif dan gangguan struktural jaringan testis. Adapun saran penelitian ini, perlu dilakukan pemaparan asap obat nyamuk bakar dengan mengukur konsentrasi senyawa aktif seperti *D-Allethrin*, sehingga dapat mengetahui sejauh mana efek samping senyawa aktif obat nyamuk bakar terhadap *Rattus Norvegicus*.

Saran lainnya juga perlu dilakukan pemeriksaan biomarker stress oksidatif MDA dan aktivitas antioksidan SOD untuk mengetahui sejauh mana hubungan biomarker ini terhadap kerusakan histopatologi testis hewan coba terpapar asap obat nyamuk bakar.

5 Pernyataan

5.1 Penyandang Dana

Tidak ada penyandang dana dalam penyusunan artikel ini.

5.2 Kontribusi Penulis

Penulis pertama berkontribusi sebagai perancang konseptual penelitian, penulis kedua berkontribusi dalam menganalisis pemeriksaan histopatologi, dan penulis ketiga berkontribusi dalam mengolah data statistik.

5.3 Etik

Uji Laik Etik Dilakukan Di FK Kedokteran Universitas Islam Al Azhar Dengan No: 024/EC-04/FK-06/UNIZAR/II/2026

5.4 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan dalam penyusunan artikel ini.

6 Daftar Pustaka

- [1] Britt JK. Insect Repellents (DEET) and Others. *Patty's Toxicol* 2023;1-25. <https://doi.org/10.1002/0471125474.tox140>.
- [2] John NA, John J. Prolonged use of mosquito coil, mats, and liquidators: A review of its health implications. *Int J Clin Exp Physiol* 2015;2:209-13. <https://doi.org/10.4103/2348-8093.175390>.
- [3] Rasheedat IM, Ibraheem S, Peace AO, Eseoghene E, Aishatu GA. Meperfluthrin poisoning from mosquito repellent fumes in a 14-year-old Nigerian male adolescent- a case report. *Niger J Paediatr* 2023. <https://doi.org/10.4314/njp.v50i3.6>.
- [4] Nassar SE, Ismail EIM. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor air during burning of mosquito coils and their impacts on the livers of the exposed albino rats. *Egypt J Zool* 2021;0. <https://doi.org/10.21608/EJZ.2021.66257.1050>.
- [5] Syed M, Syed M. Histopathological Changes Induced by Exposure of Mosquito Coil Smoke on the Liver of Adult Wistar Albino Rats - An Experimental Study. *J Anat Soc India*

- 2024;73:119–22.
https://doi.org/10.4103/jasi.jasi_78_23.
- [6] Abdrabouh AE. Toxicological and histopathological alterations in the heart of young and adult albino rats exposed to mosquito coil smoke. *Environ Sci Pollut Res* 2023;30:93070–87.
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-28812-2>.
- [7] Naz M, Rehman NU, Ansari MN, Kamal M, Ganaie MA, Awaad AS, et al. Comparative study of subchronic toxicities of mosquito repellents (coils, mats and liquids) on vital organs in Swiss albino mice. *J Saudi Pharm Soc* 2019;27:348–53.
<https://doi.org/10.1016/J.JSPS.2018.12.002>.
- [8] Permatasari S, Frethernety A, Shinta HE. The transfluthrin effect on mosquito repellent to sperm quality and testicular histology of rats. *AIP Conf. Proc.*, AIP Publishing LLC; 2023, p. 090001. <https://doi.org/10.1063/5.0103917>.
- [9] Davoudi A, Chamaneh M, Chieng TS, Kaviani F, Davarani SM, Iranmanesh MA, et al. Histopathological Assessment of Testicular Tissues from Mice with Xenografted Human Triple-Negative Breast Cancer. *Transl Res Urol* 2023;5:190–9.
<https://doi.org/10.22034/tru.2023.431568.1168>.
- [10] El Muzakka AT, Miranti IP, Winarni TI. Pengaruh Paparan Obat Nyamuk Terhadap Gambaran Histopatologi Sel Sertoli Pada Tikus Sprague Dawley. *J Kedokt Diponegoro n.d.*;3:103752.
- [11] Akbar MA, Andar EBPS, Miranti IP, Winarni TI. Pengaruh Paparan Insektisida Bakar Bentuk Lingkar Dan Insektisida Cair Terhadap Spermatogenesis Tikus Sprague Dawley Dilihat Secara Histopatologis. Diponegoro University, 2014.
- [12] Suvarna KS, Layton C, Bancroft JD. *Bancroft's theory and practice of histological techniques E-Book*. Elsevier health sciences; 2018.
- [13] Aziman MA, Winarni TI, Miranti IP. Pengaruh paparan insektisida pada testis tikus sprague dawley: kajian risiko keganasan sel germinal 2015;4:1217–25.
- [14] Liu W, Zhang J, Hashim JH, Jalaludin J, Hashim Z, Goldstein BD. Mosquito coil emissions and health implications. *Environ Health Perspect* 2003;111:1454.