

Tinjauan Pustaka Paparan Asap Rokok Elektrik (Vape) Terhadap Serebrum dan Perilaku Tikus

Aurelia Wirasdita Woen¹
Erma Mexcorry
Sumbayak²

¹Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia.

²Departemen Histopatologi Anatomi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia.

Abstrak

Rokok elektrik merupakan bentuk modern dari rokok konvensional, sudah banyak yang menggunakannya dikarenakan memiliki kandungan nikotin dan berbagai perasa sehingga disenangi anak muda. Literatur ini bertujuan untuk mengetahui efek paparan rokok elektrik yang mengandung nikotin atau tidak terhadap serebrum dan perilaku hewan coba. Metode pembuatan literatur berupa tinjauan kepustakaan dengan pendekatan komprehensif. Dengan pencarian artikel atau jurnal dalam *database* jurnal penelitian, internet, artikel. Pencarian *database* yang digunakan adalah *Google Scholar*, *Pubmed*, dan *Proquest*. Paparan asap rokok elektrik dapat menyebabkan kerusakan pada serebrum seperti terjadi inflamasi hingga nekrosis, selain itu dapat menyebabkan menurunnya kemampuan kognitif, perilaku hingga emosional. Rokok elektrik mengandung berbagai komponen yang berbahaya bila dikonsumsi dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan ketergantungan, penurunan fungsi memori kognitif dan perubahan emosional. Paparan asap rokok juga menyebabkan peradangan, kerusakan atau nekrosis. Nikotin juga berpengaruh dalam hal ini.

Kata Kunci: perilaku, serebrum, vape

Literature Review Exposure To Electric Cigarette Smoke (Vape) On Cerebrum And Rat Behavior

*Corresponding Author : Erma
Mexcorry Sumbayak

Corresponding Email :
erma.sumbayak@ukrida.ac.id

Submission date : February 19th, 2024

Revision date : March 15th, 2024

Accepted date : April 15th, 2024

Published date : April 20th, 2024

Copyright (c) 2024 Aurelia Wirasdita Woen, Erma Mexcorry Sumbayak



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Abstract

E-cigarettes are a modern form of conventional cigarettes, many have used them because they contain nicotine and various flavors so that young people like them. This literature aims to determine the effects of exposure to e-cigarettes containing nicotine or not on the cerebrum and behavior of experimental animals. The method of making literature in the form of literature review with a comprehensive approach. By searching for articles or journals in research journal databases, internet, articles. The database search used was Google Scholar, Pubmed, Proquest. Exposure to e-cigarette smoke can cause damage to the cerebrum, such as inflammation to necrosis, besides it can cause decreased cognitive abilities, behavior to emotional. E-cigarettes contain various components that are dangerous if consumed for a long time can cause dependence, decreased cognitive memory function and emotional changes. Exposure to secondhand smoke also causes inflammation, damage or necrosis. Nicotine also plays a role in this.

Keywords: behavior, cerebrum, vape

How to cite :

Woen AW, Sumbayak EM. Literature Review Exposure To Electric Cigarette Smoke (Vape) On Cerebrum And Rat Behavior. *JMedScientiae*. 2024;3(1) : 36-42. Available from: <https://ejournal.ukrida.ac.id/index.php/ms/article/view/3209> DOI : <https://doi.org/10.36452/JMedScientiae.v3i1.3209>

Pendahuluan

Masalah kesehatan dunia yang belum dapat diselesaikan hingga saat ini yaitu merokok. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan jumlah perokok sebanyak 2,5 milyar orang di dunia dengan duapertiganya berada dinegara berkembang. Jumlah perokok terus meningkat diseluruh dunia termasuk Rusia dan Indonesia. Indonesia berada di urutan ketiga setelah Cina dan India, dengan 4,8% dari total perokok di dunia.¹

Saat ini, banyak masyarakat terutama anak muda yang mengganti dari rokok konvensional menjadi rokok elektrik (*vape*) yang bisa diakses dengan menggunakan baterai. Dalam beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa rokok elektrik (*vape*) ini lebih aman dibanding rokok konvensional. Tetapi sudah banyak juga negara yang telah mengeluarkan kebijakan untuk pengontrolan penggunaan rokok elektrik. Contohnya negara Australia, Brasil, Cina, Singapura, sedangkan Thailand dan Uruguay sepenuhnya melarang penjualan dan pemasaran rokok elektrik.²

Rokok elektrik menghasilkan jumlah nikotin per isapan yang lebih kecil dibandingkan dengan rokok tembakau, tetapi terdapat beberapa merek rokok elektrik dapat memberikan kadar nikotin yang lebih tinggi dibandingkan dengan rokok yang mudah terbakar. Adapun yang membedakan antara rokok elektrik dengan rokok konvensional yaitu rokok elektrik melepaskan nikotin dalam bentuk aerosol, sedangkan rokok konvensional melepas nikotin lewat proses pembakaran. Dari beberapa penelitian menyatakan bahwa paparan asap rokok elektrik juga diduga dapat menyebabkan gangguan memori dan perubahan perilaku dan juga dapat mengakibatkan terjadi inflamasi, perubahan struktur otak hingga nekrosis.^{3,4} Paparan nikotin juga dapat mengakibatkan kerusakan pada perkembangan otak dan dapat menyebabkan penurunan fungsi kognitif dan kecanduan yang parah.⁵

Ketika mengalami ketergantungan nikotin, kemudian tidak merokok, maka akan mengalami perasaan tidak nyaman seperti cemas, merasa tertekan, sulit mengendalikan diri atau mudah marah, mudah putus asa, depresi, gangguan tidur, penurunan kemampuan mengingat, serta mendorong munculnya perilaku kompulsif, gangguan memori dan perubahan perilaku. Hal itu yang akan mengganggu fungsi otak dan dapat terjadi kerusakan jaringan otak.⁶ Beberapa penelitian, didapatkan bahwa paparan dari nikotin dapat memberi dampak negative pada otak sehingga mengganggu fungsi pembelajaran dan kognitif.

Literature review ini ditulis untuk mengetahui pengaruh rokok elektrik terhadap mikroskopik serebrum atau otak besar dan perilaku dengan mempelajari penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. *Literature review* ini juga ditulis untuk mengetahui

apakah rokok elektrik lebih aman digunakan daripada rokok konvensional.

Rokok elektrik merupakan bentuk lain dari rokok konvensional dikarenakan menggunakan alat. Rokok elektrik dianggap lebih aman untuk dikonsumsi dibanding rokok konvensional. Tetapi, tidak sedikit juga yang mengatakan bahwa rokok elektrik lebih berbahaya daripada rokok konvensional.^{7,8}

Komponen dalam rokok elektrik yaitu *plastic cartridge* berfungsi untuk mengisap, *cartridge* tempat yang berisi cairan, *atomizer* sebagai penguapan cairan, dan baterai. WHO pada tahun 2016 merilis sebuah laporan anjuran untuk tidak menggunakan rokok elektronik di dalam ruangan karena produk ini bisa mengeluarkan racun seperti rokok biasa.⁹ Para pengguna rokok elektrik disebut vaporizer, rokok elektrik mempunyai komponen-komponen dalam alatnya yaitu *atomizer*, *cartridge* dan baterai. Rokok elektrik sendiri memiliki cairan (*aerosol*) yang mengandung propilen glikol atau gliserol, nikotin, dan berbagai penyedap rasa seperti: *strawberry*, cokelat, mint, tembakau, dan lain-lain.^{9,10}

Beberapa kandungan yang ada dalam rokok elektrik yaitu nikotin, propilen glikol, gliserin, air dan juga *flavouring* (perasa). Nikotin cair merupakan hasil dari ekstrak tembakau. Propilen glikol adalah kandungan yang membuat uap terlihat saat dihisap dan juga merupakan cairan senyawa organik tidak berwarna dan tidak berbau, tetapi terdapat sedikit rasa manis. Gliserin adalah cairan kental tidak berbau dan tidak berwarna, yang berfungsi sebagai penghantar rasa dan kandungan nikotin yang terdapat didalam rokok elektrik.¹¹

Nikotin sangat berpengaruh pada otak manusia. Neurotransmitter spesifiknya adalah neurotransmitter asetilkolin yang merupakan senyawa kimia yang ada dalam otak, akan ditiru oleh nikotin dan mengikat reseptor, khususnya reseptor nikotin. Fungsi neuron melepaskan asetilkolin dalam jumlah kecil secara teratur, kemudian nikotin akan mengaktifkan neuron koligenik di berbagai area otak secara bersamaan. Peningkatan asetilkolin pada tubuh akan mengakibatkan peningkatan aktivitas di jalur koligenik pada otak sehingga terjadi gangguan yang tidak teratur, otak menjadi lebih aktif dan tubuh merasa bersemangat. Selain itu sejumlah dopamin dapat meningkat bila merangsang neuron koligenik.¹²

Metodologi

Metode pembuatan literatur berupa tinjauan kepustakaan dengan pendekatan komprehensif, merupakan cara yang dipakai untuk mengumpulkan data pencarian artikel atau jurnal dalam *database* jurnal penelitian, internet, artikel dengan melakukan pencarian *database* yang digunakan adalah *Google scholar*, *Pubmed*, dan *Proquest*. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian artikel yaitu *electronic*

cigarette change behavior, effect electric cigarette for brain, etc. Kemudian disesuaikan dengan topik, metode, sampel dan hasil.

Kriteria inklusi, Jurnal tentang rokok elektrik, nikotin terhadap otak besar, emosi dan perilaku tikus; menggunakan jurnal penelitian yang dipublikasi dalam kurun waktu 2010-2020; menggunakan jurnal dan *text book* yang mempunyai metode (*Post-Test Only Control*) dan hasil yang sama atau mirip; jurnal yang dipakai yaitu jurnal Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris; dilakukan penelitian pada tikus atau mencit.

Kriteria eksklusi, Jurnal memiliki metode penelitian yang tidak jelas; jurnal tidak menampilkan keseluruhan teks; data jurnal tidak jelas; jurnal tidak sesuai; dilakukan penelitian selain pada tikus atau mencit; terdapat artikel, majalah. Bahasa yang digunakan selain Bahasa Inggris adalah Bahasa Indonesia

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Asap Rokok Elektrik pada Gambaran Mikroskopis Serebrum dan Perilaku

Rokok elektrik merupakan bentuk modern dari rokok konvensional, dan sangat populer diantara anak muda.²⁰ Rokok elektrik tidak membakar tembakau untuk memberikan rasa. Tetapi rokok elektrik mengandung cairan (*e-liquid*) yang diuapkan oleh elemen listrik. Cairan ini merupakan campuran air, gliserin, dan/atau propilen glikol, terkadang, formaldehida dan campuran lainnya mengandung zat psikoaktif (nikotin) dan berbagai perasa. Meskipun aerosol terbentuk sebagai hasil pemanasan *e-liquid*, aerosol tidak mengandung produk pembakaran karsinogenik, jumlah fenolat dan karbonil.²¹ Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, terdapat pengaruh rokok elektrik terhadap serebrum dan tingkah laku tikus yang dilakukan dengan berbagai cara.

Efek paparan asap rokok terhadap serebrum dapat menyebabkan kerusakan atau nekrosis yang dapat dilihat dari gambaran mikroskopis serebrum terutama bagian korteks prefrontal. Peningkatan nekrosis pada sel piramidal korteks prefrontal setelah dipaparkan asap rokok elektrik selama 30 hari pada percobaan Noor *et al.*¹³ Pada asap rokok elektrik dengan nikotin 3 mg dan tanpa nikotin mengalami peningkatan sel nekrosis dibandingkan dengan kontrol. Pada paparan asap rokok konvensional ditemukan adanya peningkatan vakuolisasi di korteks prefrontal. Bila asap rokok dipaparkan dalam waktu jangka panjang kemungkinan terjadi kerusakan.²² Selain itu terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh Prasedya *et al.* (2020) dengan waktu 14 hari dengan menggunakan perwarnaan HE (*Hematoxylin and eosin*) didapatkan

pada rokok konvensional menunjukkan tanda-tanda awal cedera saraf, vakuolisasi, sel apoptosis, dan penghambatan vaskuler, sedangkan pada rokok elektrik menunjukkan sel hiperkromatik, atrofi seluler, penyusutan apoptosis sel, vakuolisasi, infiltrasi seluler, dan pembengkakan inti. Sejumlah besar sel apoptosis dan neuron mati.

Analisis fungsi pembelajaran spasial menunjukkan pengaruh yang signifikan pada kelompok yang terpapar asap rokok elektrik dan rokok konvensional yaitu membutuhkan waktu yang jauh lebih lama untuk mendapatkan makanan, kemungkinan menyebabkan kerusakan pada sistem penciuman. Hal ini menunjukkan bahwa rokok elektrik berpotensi menyebabkan penurunan fungsi memori kognitif.¹⁴ Penelitian serupa juga dilakukan oleh Ponzoni *et al.*, dimana tikus yang terpapar asap rokok menunjukkan berbagai perubahan perilaku tetapi yang terpapar uap rokok elektrik menunjukkan gejala somatik yang tidak terlalu parah.¹⁵ Perubahan yang disebabkan oleh asap, seperti peradangan dan stres oksidatif, dapat menyebabkan kecemasan dan perilaku terkait kepanikan, terlepas dari pengaruh nikotin atau komponen tembakau lainnya.²³

Penelitian labirin oleh Golli *et al.*, untuk menilai efek toksik cairan isi ulang rokok elektrik terhadap fungsi kognitif dan motorik pada tikus dewasa. Pada uji pengenalan objek baru dan familiar. Uji labirin-T, cairan rokok elektrik tanpa nikotin menunjukkan penurunan niat menjelajahi dan menghabiskan waktu yang singkat di tempat baru dan memilih berada di objek atau area yang sudah familiar, tikus dengan cairan rokok elektrik nikotin tidak menunjukkan perubahan lamanya menjelajahi lingkungan baru dan lingkungan yang familiar. Hal menunjukkan bahwa cairan rokok elektrik sendiri dapat mengakibatkan gangguan memori. Tikus yang diberi cairan rokok elektrik dengan nikotin tidak menunjukkan perubahan lamanya menjelajahi lingkungan baru dan lingkungan yang familiar, menunjukkan bahwa nikotin memiliki dampak yang menguntungkan pada memori.¹⁸⁻²³ Selain itu, penelitian dilakukan juga pada tikus hamil oleh Smith *et al.*, tikus hamil dipaparkan asap rokok elektrik diberi paparan dari hari kehamilan ke-15 sampai persalinan, keturunannya (jantan) dipaparkan asap rokok elektrik selama 14 hari, dilakukan berbagai uji, tikus yang terpapar uap nikotin menunjukkan peningkatan untuk beraktivitas dan menghabiskan lebih dari 25% waktunya ditempat baru dibandingkan dengan yang tidak terpapar nikotin dan control. Hal ini menunjukkan bahwa paparan nikotin pada uap rokok elektrik selama periode pertumbuhan otak yang cepat dapat menyebabkan perubahan perilaku.¹⁷

Tabel 1. Jurnal Review Pemaparan Asap Rokok Elektrik pada Hewan Coba

No.	Peneliti	Metode	Subjek	Hasil
1	Kuncorowati <i>et al.</i> (2020) ¹³	<i>Post-Test Control Group</i> , dibagi 3 kelompok Kelompok P0 kontrol negatif (tanpa terpapar rokok elektronik). Kelompok P1 diberi 3 mL cairan asap rokok elektronik yang mengandung 0 mg nikotin. Kelompok P2 diberi 3 mL cairan asap rokok elektronik yang mengandung 3 mg nikotin.	24 ekor tikus jantan.	rata-rata nekrosis sel antara kelompok kontrol negatif dan kelompok rokok elektrik nikotin 0 mg dan rokok elektrik nikotin 3 mg kontrol negatif menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna. Sedangkan didapatkan hasil rata-rata nekrosis sel antara kelompok rokok 0 mg nikotin dan kelompok rokok nikotin 3 mg yang menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna. Perbedaan yang tidak signifikan antara kelompok rokok elektronik 0 mg dan nikotin 3 mg menunjukkan bahwa rokok elektronik tanpa nikotin dan rokok elektronik dengan nikotin sama-sama menyebabkan kerusakan.
2	Prasedya <i>et al.</i> (2020) ¹⁴	<i>Post-Test Only Control Group</i> , dibagi 3 kelompok kelompok 1 kontrol tanpa perlakuan rokok konvensional dan rokok elektrik terkena udara bersih; kelompok 2: tikus terkena asap tembakau dari enam menyalakan rokok secara bersamaan; dan kelompok 3: yang diberi rokok elektrik di mana tikus terkena total 150 isapan per hari. Durasi puff 3 detik, interval puff 1 menit, dan volume isapan adalah 50 mL.	18 ekor mencit jantan berumur 3 bulan.	cedera histopatologis dan radang otak tikus yang terkena rokok konvensional dan rokok elektrik. Tidak ada cedera histopatologis atau respons inflamasi pada kelompok kontrol, seperti halnya neuron normal ditemukan berlimpah di otak. inflamasi seperti sel nekrotik dan sitoplasma vakuolisasi ada di jaringan otak kelompok yang terpapar rokok konvensional dan rokok elektrik. Uji labirin, rokok konvensional dan rokok elektrik membutuhkan waktu lama mencari makanan
3	Ponzoni <i>et al.</i> (2015) ¹⁵	<i>Post-Test Only Control Group</i> , dibagi menjadi 3 kelompok dan dilakukan 3 sesi 30 menit/hari selama 7 minggu. Dengan frekuensi 25 isapan/menit dan volume setiap isapan 8 mL. Kelompok 1 kontrol, kelompok 2 selama setiap sesi, hewan dalam kelompok asap rokok dipapar asap 21 batang rokok komersial yang mengandung dengan 2 sehari pemaparan selama 1 jam selama 5 hari per minggu. 0,8 mg nikotin/rokok (total 16,8 mg/hari), 10 mg tar dan 10 mg karbon monoksida, kelompok 3 hewan dalam kelompok e-cig terpapar uap e-cig yang mengandung 5,6 mg nikotin/sesi (dengan total 16,8 mg/hari). Lalu nikotin dihentikan.	30 mencit BALB/cj jantan.	Pada 24 jam, baik tikus yang terpapar rokok dan e-cig mengalami penurunan dibandingkan dengan tikus kontrol udara, didapatkan juga tikus terpapar rokok lebih terganggu dibandingkan mereka yang terpapar e-cig.
4	Holliday <i>et al.</i> (2016) ¹⁶	<i>Post-Test Only Control Group</i> , dibagi menjadi 3 kelompok 1 kontrol. Kelompok 2 yaitu grup tikus remaja dan kelompok 3 tikus dewasa, kemudian disuntikkan nikotin secara subkutan. Tikus menerima nikotin selama 12 hari melalui pompa yang ditanamkan pada hari ke-32 (remaja) atau 54 (dewasa) pascakelahiran. Setelah 12 hari, pompa dilepas pada tikus remaja dan dewasa. Pengujian dimulai 24 jam atau 30 hari kemudian setelah penghentian nikotin.	Tikus C57BL / 6J jantan (n=15).	Pada kelompok tikus remaja yang diberikan nikotin terdapat perbedaan signifikan antara nikotin dan garam, sedangkan pada tikus dewasa tidak ada perbedaan yang signifikan. Respons seperti depresi yang lebih tinggi pada tikus remaja dan dewasa ketika diuji selama penghentian nikotin akut. menunjukkan bahwa paparan nikotin dan penghentian dapat memiliki efek jangka panjang pada fungsi emosional dan kognitif, terutama ketika paparan nikotin terjadi selama masa remaja.
5	Smith <i>et al.</i> (2015) ¹⁷	<i>Post-Test Only Control Group</i> dibagi 3 kelompok. Kelompok 1 kontrol (udara bebas), kelompok 2 diberi 0 nikotin, kelompok 3 diberi uap e-cig mengandung 2,4% nikotin, dari tikus hamil usia kehamilan 15-19 kemudian diambil anak berkelamin jantan dan dipaparkan uap sekali sehari sejak postnatal hari ke 2-16 dengan paparan kira-kira 2,1 mg/hari. Dilakukan tes perilaku saat berusia 14 minggu. Dengan tes perilaku berupa: uji lapangan terbuka, water maze test, uji <i>elevated Zero Maze</i> .	Mencit jantan sebanyak 28 ekor.	Pada tikus jantan yang terpapar uap e-cig 2,4% nikotin mengalami penurunan secara signifikan pada uji labirin 0 dan tingkat aktivitas tinggi pada tes lapangan terbuka dibanding tikus yang tidak mengandung nikotin dan kontrol kemudian dalam uji labirin air tikus yang dipaparkan nikotin menghabiskan >25% waktunya di lokasi baru sedangkan kelompok lain tidak.

6	Golli <i>et al.</i> (2018) ¹⁸	<i>Post-Test Only Control Group</i> , dibagi menjadi 3 kelompok. Kelompok 1: kontrol disuntik NaCl 9 g/L secara intraperitoneal 1x sehari, kelompok 2: rokok elektrik 0% diberi injeksi intraperitoneal cairan isi ulang rokok elektrik tanpa nikotin 28 uL/kgbb diencerkan dengan NaCl 9 g/L, kelompok 3: diberi injeksi cairan isi ulang rokok elektrik yang mengandung 0,5 mg nikotin/kgbb/hari diberi sebanyak 28 uL/kgbb lalu diencerkan dalam NaCl 9 g/L. diber perlakuan selama 4 minggu.	Tikus wistar sebanyak 24 ekor.	Evaluasi test labirin T, test terdiri atas 2 tahap dimana tahap awal tikus dibiarkan menjelajahi salah satu cabang yang familiar dan cabang yang tidak familiar di tutup dan biarkan 5 menit. Fase ke dua, 6 jam setelah fase pembiasaan tikus dibiarkan eksploitasi kedua lengan selama 5 menit hasilnya selama fase pembiasaan diri, kelompok 2 tanpa nikotin menghabiskan sedikit waktu untuk menjelajahi cabang dibandingkan kelompok kontrol, fase kedua: kelompok kontrol menunjukkan ketertarikan yang tinggi terhadap cabang baru, kelompok tanpa nikotin menunjukkan penurunan yang signifikan dalam eksploitasi cabang baru dibanding cabang yang familiar. Kelompok yang diberi nikotin tidak menunjukkan perubahan signifikan antara waktu eksploitasi kedua cabang.
7	Lauterstein <i>et al.</i> (2016) ¹⁹	<i>Post-Test Only Control Group</i> , kelompok kontrol, kelompok dipapar aerosol rokok elektrik tanpa nikotin dan kelompok dipapar aerosol rokok elektrik dengan nikotin. Tikus jantan dan betina dipasangkan. Tikus betina hamil dipaparkan aerosol selama 3 jam/hari, 5 hari/minggu, berlanjut hingga melahirkan. Kemudian keturunannya dipisah. 4-6 hari setelah pajanan pasca-kelahiran terakhir, otak dikeluarkan, dipotong, dibekukan dalam nitrogen cair, dan disimpan pada suhu -80°C sampai RNA diekstraksi dari sampel korteks frontal. Pada keturunannya dilakukan tes RNA seq, qPCR. Diambil beda kelamin dan dipapar udara, aerosol tanpa nikotin dan dengan nikotin.	Tikus C57BL / 6 jantan dan betina.	Paparan dari aerosol rokok elektrik tanpa dan dengan nikotin mengakibatkan terjadinya perubahan jaringan ekspresi gen pada korteks frontal.

Rokok elektrik yang dikonsumsi berkepanjangan dapat menyebabkan ketergantungan dan sangat mempengaruhi emosional, seperti depresi, kecemasan ketakutan, dan juga efek pada fungsi kognitif bila dikonsumsi dari usia remaja, seperti hasil dari penelitian Holliday *et al.* Didapatkan hasil bahwa penghentian pemberian rokok elektrik yang mengandung nikotin setelah diberikan terus-menerus menunjukkan efek jangka panjang pada fungsi emosional dan kognitif terutama bila dipaparkan dari usia remaja atau muda.¹⁶ Rokok elektrik di uji coba seperti penelitian Lauterstein *et al.* Pada tikus yang baru lahir, dimana terjadi perubahan jaringan ekspresi gen pada otak terutama bagian kortek frontal yang mempengaruhi perkembangan saraf dan perilaku kedepannya.¹⁹

Kesimpulan

Rokok elektrik merupakan bentuk modern dari rokok konvensional dan mengandung berbagai komponen yang berbahaya bila dikonsumsi dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan ketergantungan hingga kecanduan bila ditambah dengan nikotin. Seperti efek paparan rokok konvensional, paparan rokok elektrik terhadap cerebrum atau otak besar juga berpengaruh dikarenakan dapat menyebabkan peradangan, kerusakan hingga nekrosis dilihat dari gambaran mikroskopis. Selain itu rokok elektrik berpotensi menyebabkan perubahan perilaku seperti penurunan fungsi memori kognitif dan perubahan emosional, sehingga dapat dikatakan bahwa rokok elektrik belum bisa dikatakan lebih aman daripada rokok konvensional.

Daftar Pustaka

1. Alawiyah SS. Gambaran persepsi tentang rokok elektrik pada para pengguna rokok elektrik di komunitas vaporizer kota Tangerang. Tesis. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan; 2017.
2. Tursinawati Y, Yazid N, Purnawati FW. Gambaran histopatologi ventrikel kiri tikus yang diberi paparan rokok elektrik (ENDS) dan konvensional. Qanun Medika. 2017;1(2):87-93.
3. Karuniawati A. Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan rokok elektrik (*vape*) pada siswa SMP negeri se-Kecamatan Rembang Kabupaten Purbalingga. Skripsi. Semarang: Fakultas Ilmu Pendidikan. Universitas Negeri Semarang; 2019.
4. Braiantthaka SE. Penentuan kadar nikotin pada rokok tembakau dan liquid rokok elektrik (*vapor*) secara acidimetri. Disertasi. Surakarta: Universitas Setia Budi Surakarta; 2017.
5. Triana N, Ilyas S, Hutahaean S. Gambaran histologi pulmo mencit jantan (*Mus musculus*) setelah dipapari asap rokok elektrik. Sainia Biologi. 2013;1(2):1-7.
6. Meilansari Jannati Mj. Gaya hidup perokok elektronik (*vape*) masyarakat kota Tanjung Pinang. Diakses pada tanggal 01 Maret 2020. Diunduh dari: <http://repository.umrah.ac.id/2524/>.
7. Mescher AL. Histologi dasar junquiera: teks & atlas. Ed14. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2017.
8. Gartner LP, Hiatt JL. Buku ajar berwarna histologi edisi 3. Singapore: Saunders Elsevier; 2014.
9. Eroschenko VP. Atlas histologi diFiore. Jakarta: EGC; 2012.
10. Sudradjat SE. Kajian efek rokok elektrik terhadap kesehatan. Jurnal Kedokteran Meditek. 2019;25(3):117-22.
11. Prayogo FT. Legalitas peredaran cairan rokok elektrik (liquid) dalam tinjauan maqashid syariah. Disertasi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2017.
12. Faturachman F, Wijayanto I, Ibrahim N. Deteksi kondisi penggunaan *vape* dilihat dari aktivitas otak menggunakan eeg dengan metode self organizing map (som). eProceedings of Engineering. 2019;6(1).
13. Kuncorowati CN, Urfah SM, Maulana DY, Bahrudin M. Effect of electronic cigarette on brain prefrontal cortex of male wistar rats. The Journal of Medical Research. 2020;6(3):98-102.
14. Prasedya ES, Ambana Y, Martyasari NW. Short-term e-cigarette toxicity effects on brain cognitive memory functions and inflammatory responses in mice. Toxicological Research. 2020:1-7.
15. Ponzoni L, Moretti M, Sala M, Fasoli F, Mucchietto V, Lucini V, Cannazza G, Gallesi G, Castellana CN, Clementi F, Zoli M. Different physiological and behavioural effects of e-cigarette vapour and cigarette smoke in mice. European Neuropsychopharmacology. 2015;25(10):1775-86.
16. Holliday ED, Nucero P, Kutlu MG, Oliver C, Connelly KL, Gould TJ, Unterwald EM. Long-term effects of chronic nicotine on emotional and cognitive behaviors and hippocampus cell morphology in mice: comparisons of adult and adolescent nicotine exposure. European Journal of Neuroscience. 2016;44(10):2818-28.
17. Smith D, Aherrera A, Lopez A, Neptune E, Winickoff JP, Klein JD, Chen G, Lazarus P, Collaco JM, McGrath-Morrow SA. Adult

- behavior in male mice exposed to e-cigarette nicotine vapors during late prenatal and early postnatal life. *PloS One*. 2015;10(9):e0137953.
18. Golli NE, Dallagi Y, Rahali D, Rejeb I, Fazaa SE. Neurobehavioral assessment following e-cigarette refill liquid exposure in adult rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*. 2016;26(6):425-32.
 19. Lauterstein DE, Tijerina PB, Corbett K, Akgol Oksuz B, Shen SS, Gordon T, Klein CB, Zelikoff JT. Frontal cortex transcriptome analysis of mice exposed to electronic cigarettes during early life stages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016;13(4):417.
 20. Alasmari F, Crotty Alexander L, Hammad A, Bojanowski CM, Moshensky A, Sari Y. Effects of chronic inhalation of electronic cigarette vapor containing nicotine on neurotransmitters in the frontal cortex and striatum of c57bl/6 mice. *Frontiers in Pharmacology*. 2019;10:885.
 21. Margham J, McAdam K, Forster M, Liu C, Wright C, Mariner D, Proctor C. Chemical composition of aerosol from an e-cigarette: a quantitative comparison with cigarette smoke. *Chemical Research in Toxicology*. 2016;29(10):1662-78.
 22. Omotoso GO, Kadir RE, Alabi JT, Alabi AS, Oyabambi AO. Exposure to cigarette smoke altered the cytoarchitecture and anti-oxidant activity of the frontal cortex in wistar rats. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2013;7(4):1595-601.
 23. Chirico MT, Bezerra FS, Guedes MR, Souza AB, Silva FC, Campos G, de Noronha SR, Mesquita LB, Reis TO, Cangussú SD, Chianca-Jr DA. Tobacco-free cigarette smoke exposure induces anxiety and panic-related behaviours in male wistar rats. *Scientific Reports*. 2018;8(1):1-8.