



Penggunaan Rokok Elektrik terhadap *Lung Impairment* (Gangguan Fungsi Paru)

Annisa Farhaeni¹, Nisrina Ananda Wiarfa², Lutfi Zahra Tania^{3*}, Muhamad Iqbal⁴, Chahya Kharin Herbawani⁵

^{1,2,3,4,5}Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Limo, Kec. Limo, Kota Depok, Jawa Barat, 16515

2210713084@mahasiswa.upnvj.ac.id; 2210713076@mahasiswa.upnvj.ac.id;
2210713090@mahasiswa.upnvj.ac.id*; 2210713086@mahasiswa.upnvj.ac.id;
chahyakharin@upnvj.ac.id

*Corresponding Author

Informasi artikel	ABSTRAK
Sejarah artikel: Received: 03-08-2024 Revised: 28-10-2024 Accepted: 09-11-2024	Rokok elektrik adalah perangkat bertenaga baterai yang dianggap sebagai alternatif kurang berbahaya dari rokok konvensional. Menurut <i>Global Adult Tobacco Survey</i> (GATS) 2021, prevalensi penggunaan rokok elektrik di Indonesia meningkat dari 0,3% pada 2011 menjadi 3,0% pada 2021, dengan 5,8% pria dan 0,1% wanita. Penggunaan rokok elektrik meningkatkan risiko kesehatan seperti kecanduan, keracunan, toksisitas inhalasi, dan cedera paru-paru atau EVALI (<i>e-cigarette or vaping product use-associated lung injury</i>). Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan dampak penggunaan rokok elektrik terhadap <i>lung impairment</i> . Studi ini adalah <i>literature review</i> . Pemilihan literatur dilakukan melalui database ScienceDirect, Google Scholar, dan PubMed, dengan kata kunci "Rokok Elektrik" AND " <i>Lung Impairment</i> " AND "EVALI". Sebanyak 8 artikel terpilih sesuai dengan tujuan penelitian dan kriteria inklusi yang ditetapkan. Dari 8 artikel yang terpilih menunjukkan dampak penggunaan rokok elektrik terhadap gangguan paru, yang menyebabkan cedera alveolar, pneumonia eksogen, dan <i>bronchiolitis obliterans</i> . Penggunaan rokok elektrik juga dikaitkan dengan penurunan fungsi paru, ditunjukkan dengan <i>Ground-Glass Opacity</i> (GGO) bilateral pada CT dada pasien EVALI. Studi terdahulu yang dikemukakan dalam artikel ini secara komprehensif menggambarkan dampak penggunaan rokok elektrik terhadap <i>lung impairment</i> .
Kata kunci: EVALI, <i>Lung impairment</i> , Rokok elektrik, Vaping	ABSTRACT <i>E-cigarettes are battery-powered devices that are considered a less harmful alternative to conventional cigarettes. According to the Global Adult Tobacco Survey (GATS) 2021, the prevalence of e-cigarette use in Indonesia increased from 0.3% in 2011 to 3.0% in 2021, with 5.8% of men and 0.1% of women. E-cigarette use increases health risks such as addiction, poisoning, inhalation toxicity, and lung injury or EVALI (e-cigarette or vaping product use-associated lung injury). The purpose of this study is to describe the impact of e-cigarette use on lung impairment. This study is a literature review. Literature selection was conducted through ScienceDirect, Google Scholar, and PubMed databases, with the keywords "e-cigarette" AND "lung impairment" AND "EVALI". A total of 8 articles were selected in accordance with the research objectives and inclusion criteria set. The 8 selected articles showed the impact of e-cigarette use on lung impairment, causing alveolar injury, exogenous pneumonia, and bronchiolitis obliterans. E-cigarette use was also associated with reduced lung function, as indicated by bilateral Ground-Glass Opacities (GGO) on chest CT of EVALI patients. The previous studies presented in this article comprehensively illustrate the impact of e-cigarette use on lung impairment.</i>
Key word: <i>E-cigarettes</i> EVALI <i>Lung impairment</i> , Vaping	

Pendahuluan

Merokok telah menjadi gaya hidup bagi sebagian orang. Munculnya alternatif rokok, seperti *Electronic Nicotine Delivery System* (ENDS) atau yang biasa disebut dengan rokok elektrik (*e-cigarette*), *vape*, *vaping*, atau *pods*, memberikan pilihan bagi para perokok untuk beralih dari rokok konvensional ke rokok elektrik (Sala & Gotti, 2023). Rokok elektrik adalah perangkat bertenaga baterai yang telah populer dianggap sebagai alternatif yang kurang berbahaya dari rokok konvensional sejak muncul di pasaran lebih dari satu dekade yang lalu. Pada dasarnya, rokok elektrik terdiri dari sebuah *cartridge* yang mengandung *e-liquid*, sebuah elemen pemanas untuk memanaskan *e-liquid* tersebut, dan sebuah baterai yang dapat diisi ulang (Marques *et al.*, 2021). Cara kerjanya adalah dengan memanaskan *e-liquid*—yang terbuat dari propilen glikol, gliserin, perasa, dan nikotin (Seiler-Ramadas *et al.*, 2021)—menjadi aerosol berupa partikel halus yang diserap melalui paru-paru, dengan cepat menyebar melalui jantung dan mengantarkan nikotin ke otak dalam hitungan beberapa detik.

Sejak diperkenalkan di pasar global, penggunaan rokok elektrik meningkat. Ketersediaan rokok elektrik, baik perangkatnya maupun *e-liquid* dengan berbagai varian rasa, telah mudah diakses melalui toko *online* maupun *offline*. Berdasarkan penelitian Tehrani *et al.* (2022), prevalensi global penggunaan rokok elektrik adalah 23% untuk penggunaan sepanjang hidup dan 11% untuk penggunaan saat ini, dengan prevalensi lebih tinggi pada pria dibandingkan wanita. Prevalensi penggunaan rokok elektrik pada wanita sepanjang hidup dan saat ini masing-masing adalah 16% dan 8%. Sementara itu, prevalensi penggunaan rokok elektrik pada pria sepanjang hidup dan saat ini masing-masing adalah 22% dan 12%. Prevalensi penggunaan rokok elektrik sepanjang hidup di Benua Amerika, Eropa, Asia, dan Oseania masing-masing adalah 24%, 26%, 16%, dan 25%. Sedangkan prevalensi penggunaan rokok elektrik saat ini di Benua Amerika, Eropa, Asia, dan Oseania masing-masing adalah 10%, 14%, 11%, dan 6%.

Berdasarkan GATS (*Global Adult Tobacco Survey*)—protokol standar global yang secara sistematis memantau penggunaan tembakau pada orang dewasa (≥ 15 tahun) dan melacak indikator utama

pengendalian tembakau—yang dilakukan pada tahun 2021, prevalensi penggunaan rokok elektrik di Indonesia saat ini meningkat secara signifikan dari 0,3% pada tahun 2011 menjadi 3,0% pada tahun 2021, dengan 5,8% pria dan 0,1% wanita (World Health Organization (WHO), 2021). Selain itu, berdasarkan GYTS (*Global Youth Tobacco Survey*)—protokol standar global yang secara sistematis memantau penggunaan tembakau pada remaja (13 - 15 tahun) dan melacak indikator utama pengendalian tembakau—pada tahun 2019, prevalensi penggunaan rokok elektrik pada remaja cukup tinggi, dengan berbagai sumber pembelian. Sebanyak 12,6% membelinya di toko *offline*, 14,5% membelinya secara *online*, dan 56,3% membelinya melalui perantara orang lain (World Health Organization (WHO), 2019).

Rokok elektrik, yang dikenal sebagai alternatif "aman" dari rokok konvensional karena tidak melibatkan pembakaran, seringkali dianggap memiliki risiko yang lebih rendah dari rokok konvensional. Penelitian oleh Abilangga *et al.* (2021) menyebutkan bahwa rokok elektrik dianggap 95 persen lebih aman daripada rokok konvensional. Kalimat tersebut dikemukakan oleh Duncan Selbie, seorang pejabat eksekutif dari Public Health England. Namun, penting untuk diingat bahwa rokok elektrik, juga memiliki potensi risiko kesehatan yang perlu dipertimbangkan. Meskipun efek tembakau yang merusak sebagian besar berasal dari reaksi pembakaran, rokok elektrik masih dapat memiliki risiko tertentu yang perlu diperhatikan (Marques *et al.*, 2021).

Penggunaan rokok elektrik meningkatkan risiko dampak kesehatan yang merugikan, termasuk kecanduan, keracunan, toksisitas dari inhalasi (termasuk kejang), dan cedera paru-paru (Banks *et al.*, 2023). Efek merugikan akibat penggunaan rokok elektrik mulai menjadi perhatian sejak timbulnya kasus cedera paru. *The Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) menerima laporan pertama tentang kasus cedera paru atau *e-cigarette or vaping product use-associated lung injury* (EVALI) pada tanggal 1 Agustus 2019. Adanya kasus ini merupakan sinyal pertama dari wabah EVALI, dan pada 17 Desember 2019, 2506 kasus pasien rawat inap dengan EVALI telah dilaporkan ke CDC (Central of Disease Control (CDC), 2020). Mayoritas pasien EVALI adalah laki-laki dan

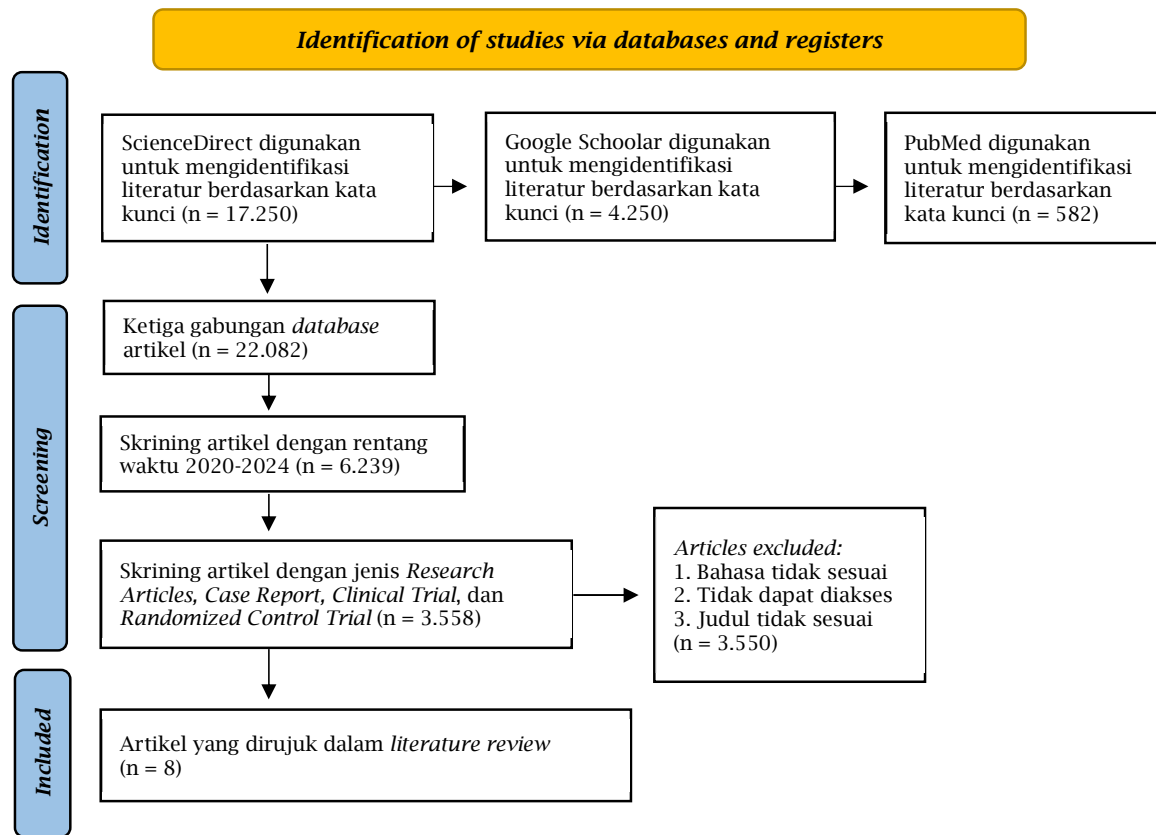
remaja laki-laki (67%), berusia di bawah 35 tahun (78%), dan telah melaporkan menggunakan produk rokok elektrik yang mengandung *tetrahydrocannabinol* (THC) (80%) (Hartnett *et al.*, 2020). *The Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), juga menyebutkan pada 18 Februari 2020, terdapat total 2.807 kasus EVALI yang dilaporkan di 50 negara bagian, yaitu District of Columbia, Puerto Rico, dan Kepulauan Virgin AS, termasuk 68 kasus kematian dikonfirmasi di 29 negara bagian dan District of Columbia. Beberapa gangguan lain yang dapat terjadi akibat penggunaan rokok elektrik adalah penyakit paru obstruktif, pneumonia eosinofilik akut, *bronchiolitis obliterans* dan kanker paru. Hal ini meningkatkan kekhawatiran mengenai efek kesehatan berbahaya dari rokok elektrik, terutama karena banyak pasien meninggal akibat kondisi tersebut (Esteban-Lopez *et al.*, 2022).

Peningkatan kasus EVALI pada tahun 2019 menyoroti potensi risiko serius terhadap kesehatan paru-paru yang berkaitan dengan rokok elektrik. Penelitian tentang penggunaan rokok elektrik terhadap *lung impairment* (gangguan fungsi paru) masih tergolong baru dan sedang berkembang. Memahami efek jangka panjang rokok elektrik pada kesehatan paru sangatlah penting, terutama bagi pengguna jangka panjang dan populasi rentan. Oleh karena itu, diperlukan studi literatur komprehensif mengenai penggunaan rokok elektrik terhadap *lung impairment* (gangguan fungsi paru).

Metode

Dalam penyusunan artikel ilmiah yang berjudul Penggunaan Rokok Elektrik terhadap *Lung Impairment* ini menggunakan metode *literature review*. Penelitian ini menggunakan pedoman *PRISMA* (*Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analysis*). Pencarian referensi dilakukan dengan menggunakan metode *literature review* dengan menggunakan pencarian yang ditemukan pada data berbasis jurnal yang telah dirilis baik di jurnal nasional maupun internasional. Proses penelusuran literatur untuk penelitian ilmiah ini dilakukan melalui database Pubmed, Google Scholar, dan ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci “Rokok Elektrik” AND “Lung Impairment” AND “EVALI”.

Penelusuran pada Scienedirect menggunakan kata kunci “*e-cigarettes*” AND “*Lung Impairment*” AND “EVALI” dihasilkan 17.250 artikel ilmiah, lalu penelusuran selanjutnya menggunakan Google Scholar menggunakan kata kunci “Rokok Elektrik” AND “*Lung Impairment*” AND “EVALI” dihasilkan 4.250 artikel ilmiah, dan penelusuran menggunakan PubMed menggunakan kata kunci “*e-cigarettes*” AND “EVALI” dihasilkan 582 artikel ilmiah. Kemudian dilakukan skrining artikel ilmiah dengan menggunakan filter berdasarkan tahun dengan membatasi tahun publikasi dengan rentang tahun 2020 hingga tahun 2024. Tipe artikel yang dicari menggunakan filter *research articles*, *case reports*, *clinical trial*, dan *randomized control trial*. Artikel yang digunakan diakses secara bebas yaitu dengan jenis artikel *free full text*. Setelah melakukan semua proses skrining, digunakan 8 artikel yang berkaitan dengan penelitian ini.



Gambar 1. PRISMA

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Artikel Penelitian Penggunaan Rokok Elektrik terhadap *Lung Impairment*

No.	Peneliti	Judul	Desain Penelitian	Jumlah Sampel	Hasil Penelitian
1.	Aberegg <i>et al.</i> (2020)	Clinical, Bronchoscopic, and Imaging Findings of e-Cigarette, or Vaping,	<i>Case Series</i>	31	Penelitian ini menemukan bahwa EVALI ditandai dengan gejala gangguan pernapasan, konstitusional, dan gastrointestinal, serta peningkatan kadar penanda inflamasi dalam serum. Bronkoskopi menunjukkan makrofag yang dipenuhi lipid, dan pemindaian CT menunjukkan pola pneumonia yang terorganisir. Meskipun pasien membaik setelah berhenti vaping dan menerima pengobatan, banyak yang terus mengalami gejala yang tersisa dan gangguan paru-paru. Studi ini menyoroti perlunya tindak lanjut jangka panjang untuk memahami gambaran prognosis EVALI.

No.	Peneliti	Judul	Desain Penelitian	Jumlah Sampel	Hasil Penelitian
2.	Garrido Márquez <i>et al.</i> (2023)	Pulmonary Disease Due to the Use of Electronic Cigarettes (EVALI): About a Case	<i>Case Report</i>	1 (seorang pria berumur 24 tahun yang memiliki riwayat merokok konvensional 1 bungkus/hari dan vaping sejak berumur 18 tahun)	Penelitian ini menunjukkan bahwa pasien didiagnosis EVALI berdasarkan gejala klinis, <i>diagnostic imaging</i> , dan riwayat penggunaan <i>vape</i> .
3.	Roman <i>et al.</i> (2021)	Crazy vaping and crazy-paving, a case of E-Cigarette/Vaping-Associated Lung Injury (EVALI) with chest CT showing crazy-paving pattern	<i>Case Report</i>	1 (seorang pria berumur 31 tahun yang memiliki riwayat merokok 18 tahun dan vaping 3-5 kali sehari)	Fisiologis CT dada menunjukkan <i>lung impairment</i> (EVALI) berupa pneumonitis fibrinosa akut, kerusakan alveolar difus, dan berbagai pola cedera paru akut.
4.	Galo <i>et al.</i> (2020)	A presentation of E-Cigarette vaping associated lung injury (EVALI) caused by THC-Containing electronic smoking device	<i>Case Report</i>	1 (Seorang pria berusia 36 tahun)	Ada hubungan terkait menghentikan penggunaan rokok elektrik mengandung THC dan pemberian steroid dengan pasien yang memerlukan terapi primer, rawat inap, dan terapi oksigen di rumah.
5.	Doukas <i>et al.</i> (2020)	E-cigarette or vaping induced lung injury: A case series and literature review	<i>Case Series</i>	10	Semua pasien (100%) menunjukkan <i>Ground-Glass Opacities</i> (GGO) bilateral pada CT dada, yang merupakan tanda khas cedera paru akibat <i>vaping</i> .
6.	Rüther <i>et al.</i> (2021)	Reduction of bronchial response to mannitol after partial switch from conventional tobacco to electronic cigarette consumption	<i>Longitudinal Observational Study</i>	80	Penelitian ini menunjukkan bahwa reaktivitas bronkial terhadap mannitol tidak langsung berkurang saat pengguna rokok tembakau konvensional beralih ke rokok elektrik selama 3 bulan. Dengan kata lain, harapan penurunan reaktivitas bronkial yang diharapkan setelah pengurangan konsumsi rokok tidak dihilangkan oleh penggunaan rokok elektrik secara bersamaan.
7.	Rusmini <i>et al.</i> (2020)	Perbandingan Arus Puncak Ekspirasi Perokok Elektronik dan Perokok Konvensional pada	<i>Cross-sectional</i>	66	Terdapat perbedaan yang signifikan dalam nilai APE (<i>Average Peak Expiratory</i>) antara mahasiswa kedokteran Universitas Malahayati di Kota

No.	Peneliti	Judul	Desain Penelitian	Jumlah Sampel	Hasil Penelitian
		Mahasiswa Kedokteran Universitas Malahayati Tahun 2019			Bandar Lampung tahun 2019 yang menggunakan rokok elektronik (89,39±8,120) dan yang menggunakan rokok konvensional (77,36±8,336). APE adalah parameter yang penting karena dapat mencerminkan fungsi paru-paru seseorang dan menjadi petunjuk adanya sumbatan atau obstruksi pada saluran pernapasan.
8.	Nyilas <i>et al.</i> (2022)	MRI Shows Lung Perfusion Changes after Vaping and Smoking	<i>Prospective Observation al Study</i>	34	Perfusi meningkat pada pengguna yang menggunakan <i>e-cigarettes</i> setelah terpapar. Disimpulkan bahwa setelah dilakukan MRI, menunjukkan penurunan perfusi paru setelah terpapar asap tembakau dan peningkatan perfusi paru setelah penggunaan rokok elektrik.

Pada tabel 1, berdasarkan 8 penelusuran literatur yang dilakukan pada penelitian tahun 2024, terdapat beberapa dampak akibat penggunaan *e-cigarettes* yang berkaitan dengan *lung impairment*. Dampak-dampak tersebut meliputi EVALI, obstruksi pada saluran pernapasan, cedera alveolar, pneumonia eksogen, *bronchiolitis obliterans* dan peningkatan *lung ventilation and perfusion*.

Ditemukan tiga studi yang membahas tentang definisi dan penggunaan rokok elektrik dengan studi desain *case report* dan *cross-sectional*, yaitu Galo *et al.* (2020); Rüther *et al.* (2021); dan Rusmini *et al.* (2020). Rokok elektrik merupakan perangkat yang memproduksi aerosol yang kemudian dioperasikan dengan baterai. Lilin dan cairan yang dipanaskan dapat mengandung perasa dan bahan kimia seperti propilen glikol atau gliserol, yang semuanya dikaitkan dengan toksisitas rokok elektrik. Bahan-bahan ini terdiri dari nikotin hingga *cannabinoid*. Adapun tiga bagian utama dari rokok elektrik diantaranya: baterai, yaitu bagian yang menampung baterai; *atomizer*, yaitu elemen yang memanaskan dan menguapkan polutan nikotin; dan *cartridge*, yang berisi larutan nikotin. Diketahui bahwa nikotin sangat membuat ketagihan dan memiliki banyak efek berbahaya. Rokok elektrik memiliki rasa seperti buah-buahan, permen,

tembakau, dan alkohol untuk menarik minat kaum muda. Penggunaan dan pemasaran rokok elektrik dengan cairan beraroma yang menarik bagi perokok mungkin memberikan manfaat bagi kesehatan masyarakat. Namun, aroma tersebut juga dapat merangsang penggunaan vaping di kalangan non-perokok, terutama remaja. Hal ini menjadi perhatian serius karena rokok elektrik tidak sepenuhnya aman. Zat kimia yang terkandung dalam emisi rokok elektrik, seperti nitrosamin spesifik tembakau, logam, aldehida, dan perasa lainnya, memiliki potensi menjadi racun dan membahayakan kesehatan konsumen (Kr  semann *et al.*, 2021).

Penelitian awal mengenai uap rokok elektrik menunjukkan bahwa rokok elektrik menghasilkan tingkat karsinogen yang jauh lebih rendah dalam aerosol dibandingkan dengan asap rokok konvensional. Sampai saat ini, risiko kardiovaskular dari rokok elektrik saat ini masih belum jelas. Namun, beberapa perasa dalam *e-liquid* telah terbukti bersifat sitotoksik pada model seluler, termasuk fibroblas paru, sel induk embrio manusia, dan sel induk saraf (Lee *et al.*, 2019). Formulasi *e-liquid* melibatkan berbagai senyawa kimia seperti propilen glikol, gliserol, air, etanol, perasa, dan nikotin. Beberapa dari bahan ini dapat menunjukkan toksisitas intrinsik. Selain itu,

proses pemanasan *e-liquid* dapat menyebabkan pembentukan senyawa dekomposisi termal baru dalam emisi, yang juga berpotensi berbahaya (Michon *et al.*, 2022)

Peneliti Prochnow menunjukkan bahwa generasi muda menganggap perasa dan warna cerah dari larutan rokok elektrik sebagai sesuatu alternatif yang menyehatkan dan tidak terlalu berbahaya serta tidak membuat ketagihan dibandingkan produk tanpa rasa. Persepsi bahwa suatu produk tidak terlalu berbahaya dibandingkan produk lain, terbukti meningkatkan minat untuk mencoba produk tersebut (Chung, 2018). Menurut data toksikologi jangka panjang (>10 tahun) yang baru muncul dalam beberapa tahun terakhir, menunjukkan bahwa rokok elektrik tidak seaman yang dijanjikan sebelumnya.

Ditemukan bahwa aerosol rokok elektrik mengandung berbagai komponen kimia beracun. Penggunaan rokok elektrik telah menjadi faktor risiko untuk berbagai penyakit paru dan penyakit kardiovaskular (Xu *et al.*, 2022). Sejak dirilis di pasar Amerika pada tahun 2007, produk ini paling umum digunakan oleh remaja Amerika. Meskipun ada peraturan baru, satu dari lima anak sekolah menengah atas dan satu dari dua puluh siswa sekolah menengah pertama di AS, atau lebih dari 3,6 juta anak, masih menggunakan rokok elektrik pada tahun 2018. Sistem distribusi nikotin elektronik hadir dalam berbagai bentuk dan ukuran, seperti thumb drive, pipa, cerutu, dan bentuk rokok konvensional. Persepsi bahwa rokok elektrik lebih aman dibandingkan rokok konvensional telah meningkatkan popularitasnya, terutama di kalangan generasi muda (Alshareef & Omaye, 2021). Para pendukung berargumen bahwa rokok elektrik dinilai 95% lebih aman daripada tembakau dan dapat membantu individu berhenti merokok, sementara penentangannya mengkhawatirkan potensi rokok elektrik dalam mendorong penggunaan dan kebiasaan merokok, terutama di kalangan remaja. Pertentangan mengenai bahaya potensial rokok elektrik, termasuk kemungkinan peralihan ke kebiasaan merokok dan normalisasi perilaku merokok, tetap menjadi fokus utama (Hilton *et al.*, 2016).

Mengingat meningkatnya penggunaan rokok elektrik, sangat penting untuk mengkaji dampak kesehatannya, baik akut maupun kronis. Merokok merupakan faktor

risiko berbagai penyakit, termasuk penyakit jantung. Karena kekhawatiran ini, rokok elektrik telah dipromosikan sebagai pilihan yang lebih aman dibandingkan rokok konvensional. Selama beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan signifikan dalam penggunaan rokok elektrik. Namun, menurut penelitian, menghirup uap rokok elektrik dapat meningkatkan stres oksidatif dan reaksi inflamasi (Belkin *et al.*, 2023).

Ditemukan dua studi yang meneliti tentang bahan rokok elektrik dengan desain studi *Cross-sectional* dan *case report* yaitu Rusmini *et al.* (2020) dan Roman *et al.* (2021). Berdasarkan hasil penelitian Rusmini *et al.* (2020), mereka yang kecanduan rokok konvensional percaya bahwa rokok elektrik (*vaping*) lebih aman dibandingkan dengan rokok konvensional. Akibatnya, rokok elektrik menjadi populer. Namun, rokok elektrik mengandung zat yang berbahaya bagi kesehatan. Bahan berbahaya dalam liquid rokok elektrik diantaranya nikotin, propilen glikol, gliserin, dan *flavoring* (perisa). Nikotin telah lama diketahui memiliki efek samping yang serius pada hampir setiap sistem organ, tetapi dapat mengakibatkan kerusakan spesifik pada paru-paru saat terhirup. Paparan nikotin menyebabkan stimulasi ganglia parasimpatis, yang mengakibatkan bronkokonstriksi dan peningkatan resistensi jalan napas dengan cara yang bergantung pada dosis dan mengganggu kontrol sistem saraf pusat terhadap pernapasan melalui stimulasi reseptor asetilkolin nikotinik. Seiring waktu, nikotin dapat mengakibatkan perubahan yang mirip dengan penyakit paru obstruktif kronik dengan mengurangi elastin dan meningkatkan volume alveoli (Hamberger & Halpern-Felsher, 2020). Propilen glikol (PG) dan gliserin nabati (VG) adalah bahan pelarut utama *e-liquid*, yang berfungsi untuk mengencerkan jumlah nikotin yang ada di dalamnya. Ketika diuapkan, propilen glikol dapat menyebabkan iritasi pernapasan yang parah dan bahkan meningkatkan kasus asma (Diva Widyantari & Lestari, 2023). Rasio propilen glikol terhadap gliserin nabati dalam *e-liquid* dapat memicu pembentukan spesies oksigen reaktif, yang telah ditemukan dalam uap rokok elektrik. 20 Spesies oksigen reaktif telah dikaitkan dengan penyakit kardiovaskular, gangguan neurodegeneratif, defisit sensorik, dan penyakit kejiwaan (Eltorai *et al.*, 2019). Flavoring (perisa) yang ada dalam *e-liquid*

ditemukan banyak yang merupakan aldehid, yang diketahui mengiritasi jaringan mukosa di saluran pernapasan, dan kadar total bahan kimia perasa yang terdeteksi seringkali cukup tinggi (DeVito & Krishnan-Sarin, 2018) Efek berbahaya dari vaping tidak semata-mata disebabkan oleh dampak bahan-bahan dari e-liquid karena telah dibuktikan bahwa pembentukan aerosol mengakibatkan terbentuknya banyak produk baru termasuk formaldehida dan asetaldehida (Graham *et al.*, 2022)

Formaldehid dapat muncul dari cairan rokok elektrik yang terlalu panas. Formaldehid meningkatkan penanda inflamasi saluran napas hingga sepuluh kali lebih banyak daripada rokok konvensional (Furkan *et al.*, 2023). Apabila formaldehid terpapar di tubuh manusia dalam waktu 15 hari, dapat menyebabkan stres oksidatif dan juga kerusakan DNA pada sumsum tulang dimana keduanya akan mengganggu sistem respirasi dan sirkulasi, seperti saturasi oksigen dan arus puncak ekspirasi.

Berdasarkan hasil penelitian Roman *et al.* (2021) banyak zat yang ditemukan dalam *e-liquid* rokok elektrik termasuk propilen glikol, vitamin E asetat, dan logam seperti arsen dan timbal yang diduga menjadi penyebab EVALI. Berbagai bahan kimia ditambahkan ke cairan e-liquid untuk menghasilkan rasa yang menarik bagi konsumen. Bahan kimia perasa ini dapat memberikan berbagai efek buruk pada paru-paru jika terdapat dalam konsentrasi yang cukup tinggi, dan beberapa bahan perasa umum secara kimiawi mirip dengan iritan dan sensitizer yang diketahui dapat menyebabkan asma (Gordon *et al.*, 2022). Menghirup propilen glikol dan gliserol dapat menyebabkan homeostasis lipid dan gangguan pertahanan kekebalan tubuh. Penelitian juga mengungkapkan bahwa vitamin E, yang telah ditemukan dalam beberapa sampel cairan elektrik dan *bronchoalveolar lavage (BAL)*—prosedur diagnostik yang digunakan dalam pengobatan paru untuk mendapatkan sampel cairan dari rongga *bronchoalveolar* paru-paru (Patel *et al.*, 2024)—dari pasien yang terkena dampak, dapat mengganggu fungsi surfaktan paru-paru dan menyebabkan gangguan pernapasan. Hal ini dapat terakumulasi dalam vakuola makrofag alveolar karena ketidakmampuan sel-sel ini untuk memecah molekul besar, yang dapat menyebabkan respon inflamasi yang diikuti dengan cedera paru akut.

Nikotin sendiri dapat menyebabkan pneumonia eosinofilik akut dan bahan kimia lain seperti *diacetyl* ketika dihirup diketahui menyebabkan *bronchiolitis obliterans*.

Penelitian-penelitian ini memberikan pemahaman bahwa rokok elektrik memiliki bahaya tersendiri. Temuan Rusmini *et al.* (2020) menunjukkan bahwa bahan-bahan pada rokok elektrik bisa menyebabkan stres oksidatif juga kerusakan DNA pada sumsum tulang dimana keduanya akan mengganggu sistem respirasi dan sirkulasi. Sementara itu, temuan Roman *et al.* (2021) menunjukkan bahwa bahan-bahan pada rokok elektrik bisa menyebabkan gangguan pertahanan kekebalan tubuh, mengganggu fungsi surfaktan paru-paru, gangguan pernapasan, cedera paru akut, pneumonia eosinofilik dan *bronchiolitis obliterans*.

Terdapat beberapa dampak penggunaan rokok elektrik terhadap *lung impairment*. Diantaranya:

E-cigarette or Vaping Product use-Associated Lung Injury (EVALI)

Ditemukan lima studi yang meneliti tentang EVALI dengan desain studi *case report* dan *case series*. Disebutkan bahwa CDC menerbitkan pedoman untuk identifikasi EVALI, yang meliputi: (1) penggunaan rokok elektrik (*vaping*) dalam 90 hari sebelum timbulnya gejala (2) infiltrat paru (pada *CT scan*) (3) tidak adanya infeksi paru-paru, atau diagnosis alternatif yang mungkin (seperti masalah jantung, gangguan pada sistem persendian, atau proses pertumbuhan abnormal seperti kanker) (Galo *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian Galo *et al.* (2020), terdapat hubungan antara penggunaan rokok elektrik dengan EVALI pada pasien berusia 36 tahun yang memiliki keluhan sesak napas yang semakin parah saat beraktivitas dan terapi oksigen di rumah. Hasil uji penelitian ini menunjukkan bahwa pasien tersebut memiliki saturasi oksigen sekitar 86% di udara dalam ruangan dan hilangnya kapasitas difusi karbon monoksida dalam jumlah sedang (DLCO, 44%) berdasarkan CT dada. DLCO (*diffusing capacity of the lung for carbon monoxide*) adalah pengukuran untuk menilai kemampuan paru-paru dalam mentransfer gas dari udara yang dihirup ke aliran darah (Modi & Cascella, 2023). Setelah sebulan pengobatan prednison (obat steroid) dan penghentian *vaping*, gejala yang pasien

rasakan berkurang, ia tidak lagi membutuhkan oksigen tambahan dan CT dada yang baru menunjukkan pemulihan.

Penelitian Garrido Márquez *et al.* (2023) pada pasien seorang pria berumur 24 tahun menggambarkan bahwa 97% pasien dengan diagnosis EVALI mengalami keluhan pernafasan, seperti sesak napas dan nyeri dada. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa EVALI dapat menunjukkan berbagai pola patologis cedera dan inflamasi, seperti kerusakan alveolar yang menyebar, perdarahan alveolar yang menyebar, inflamasi non spesifik, *granulomatous pneumonitis*, *exogenous lipoid pneumonia*, dan *respiratory bronchiolitis*. Granuloma adalah kumpulan sel-sel yang terlibat dalam peradangan, termasuk makrofag yang telah diaktifkan (disebut juga histiosit epiteloid), sel-sel raksasa Langhans, dan limfosit. *Histiocyt epithelioid* memiliki batas sel yang tidak jelas dan nukleus yang memanjang, berbeda dengan *histiocytes* biasa yang memiliki batas sel yang jelas dan nukleus yang bulat (Ohshimo *et al.*, 2017). *Granulomatous pneumonitis* merupakan kelainan klinis akibat menghirup bahan antigenik partikulat. *Exogenous lipoid pneumonia* merupakan suatu kondisi yang disebabkan oleh akumulasi bahan berminyak dalam alveoli dan ditandai dengan makrofag yang dipenuhi lipid di dalam dahak. Berdasarkan penelitian Yang *et al.* (2023), penanganan untuk eksogen lipid pneumonia dapat menggunakan kombinasi lavage bronkoalveolar terapeutik dengan glukokortikoid untuk mengurangi peradangan dan membantu membersihkan bahan lipid dari paru-paru. *Respiratory bronchiolitis* merupakan salah satu penyakit paru non-neoplastik yang terkait dengan kebiasaan merokok. Penyakit ini pertama kali diidentifikasi secara histopatologis pada paru-paru perokok pada tahun 1974 (Kızıloğlu *et al.*, 2023).

Penelitian yang ditulis oleh Roman *et al.* (2021) mengungkapkan kasus seorang pria berusia 31 tahun yang telah merokok selama 18 tahun dan menggunakan vaping 3-5 kali sehari, dengan riwayat medis fibrilasi atrium paroksismal, kardiomiopati obstruktif hipertrofik yang disertai demam, batuk, dan sesak napas. Kardiomiopati hipertrofik obstruktif adalah kondisi genetik yang menyebabkan pembesaran otot jantung. Pembesaran otot jantung ini dapat menghalangi aliran darah yang keluar dari jantung (Mehra *et al.*, 2023). Sekitar 1-2% pasien dewasa dengan kardiomiopati

hipertrofik akan mengalami kematian, yang sebagian besar disebabkan oleh kematian jantung mendadak, gagal jantung, dan tromboemboli (N. Kusuma *et al.*, 2017). Setelah dilakukan berbagai pemeriksaan, seperti pemeriksaan fisik, pemeriksaan laboratorium, pemeriksaan radiologi, dan *CT scan*, menunjukkan adanya gangguan pernapasan yang signifikan, suara paru-paru yang berkurang, beberapa riwayat medis yang terbukti, serta adanya diagnosis EVALI. *Video-assisted thoracoscopic surgery* (VATS) dengan biopsi irisan lobus atas kanan dan lobus tengah kanan dilakukan untuk memastikan diagnosis, dan menunjukkan adanya kasus EVALI, yaitu *cryptogenic organizing pneumonia* (COP). *Cryptogenic organizing pneumonia* (COP), juga dikenal sebagai *bronchiolitis obliterans with organizing pneumonia* (BOOP), merupakan suatu bentuk penyakit paru yang menyebar secara idiopatik yang ditandai dengan adanya sel inflamasi dan matriks jaringan ikat di dalam ruang udara distal paru-paru (Raghu & Meyer, 2021). Berdasarkan penelitian Radzikowska & Fijolek (2023), COP biasanya berkembang secara subakut, sehingga gejala pertama yang menyerupai flu terjadi 2-3 bulan sebelum didiagnosis. Gejala-gejala ini umumnya meliputi keadaan subfebrile, batuk (sering kali kering atau dengan sedikit dahak), penurunan daya tahan tubuh, lemas, penurunan berat badan, nyeri dada, dan berkeringat di malam hari. Terapi steroid digunakan sebagai pengobatan utama COP, terutama pada pasien dengan fungsi pernapasan yang masih cukup baik. Selain itu, *Clarithromycin* (CAM) dapat dipertimbangkan sebagai pengobatan COP. Terapi ini dapat digunakan sebagai alternatif atau tambahan pada terapi steroid, terutama pada pasien yang tidak merespon dengan baik terhadap steroid. Durasi pengobatan COP bervariasi dan harus disesuaikan berdasarkan respons pasien terhadap terapi.

Analisis Doukas *et al.* (2020) melibatkan sepuluh kasus (10) sebagai sampel. Semua pasien yang disertakan dalam penelitian ini hadir di departemen gawat darurat Rumah Sakit Universitas Saint Peter selama periode Juli 2019 hingga Februari 2020 dan akhirnya pulang dengan diagnosis utama EVALI. Penelitian ini menunjukkan adanya korelasi antara penggunaan rokok elektrik dan EVALI. Dalam artikel tersebut disebutkan bahwa pasien yang hadir di departemen gawat

darurat Rumah Sakit Universitas Saint Peter dengan diagnosis EVALI memiliki riwayat penggunaan vaping sebelumnya. Selain itu, semua pasien yang disertakan dalam penelitian ini menggunakan marijuana secara bersamaan dengan *vaping*. Dalam penelitian ini, semua pasien dengan EVALI menunjukkan bilateral *Ground-Glass Opacities* pada hasil CT Thorax mereka. *Ground-glass opacity* (GGO) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan area keabuan pada gambaran paru-paru yang disebabkan oleh peningkatan atenuasi pada saat dilakukan *CT-Scan Thorax*. Ini adalah tanda umum yang dapat disebabkan oleh berbagai penyebab seperti infeksi paru-paru, penyakit kronis pada jaringan antar paru-paru, inflamasi, edema paru, perdarahan, infeksi, penyakit interstitial kronik, kondisi akut pada alveolus, hingga kanker paru (Fitri *et al.*, 2021; Sejati & Nurbaiti, 2021). Penyakit interstitial kronik meliputi kumpulan penyakit paru-paru yang ditandai oleh peradangan dan pembentukan jaringan parut pada interstitium paru-paru (Sidarta & Rasmin, 2024). Maka dari itu, ketika GGO terdeteksi pada *CT-scan* dada, perlu dikaitkan dengan gejala klinis yang ada, yang tentu saja akan mempengaruhi diagnosis yang mungkin sangat luas.

Penelitian oleh Aberegg *et al.* (2020) mengkaji cedera paru-paru terkait penggunaan *e-cigarettes* atau yang dikenal sebagai EVALI, yang melibatkan 31 pasien dewasa yang didiagnosis EVALI dengan rentang waktu 24 Juni - 10 Desember 2019. Sebagian besar pasien menggunakan produk rokok elektrik yang mengandung *tetrahydrocannabinol* (THC) (94%). Pasien umumnya datang dengan gejala pernapasan (97%), gejala konstitusional (90%) (yang dapat mencakup rasa tidak enak badan, kelelahan, depresi, demam ringan, dan kadang-kadang penurunan berat badan yang mencolok (Pioro, 2018)), dan gejala gastrointestinal (90%) (yang dapat mencakup diare, mual, muntah, dan nyeri perut atau kombinasi dari beberapa gejala tersebut (Kusuma *et al.*, 2021). Temuan laboratorium menunjukkan peningkatan tanda inflamasi pada semua pasien. Pada bronkoskopi, *bronchoalveolar lavage* (BAL) menunjukkan adanya *lipid-laden macrophages* (LLMs) pada 91% kasus. Sampel BAL juga mengandung patogen seperti *Pneumocystis jirovecii* dan *rhinovirus*, namun sebagian besar hasil positif tersebut dianggap sebagai *false-*

positives atau tidak signifikan secara klinis. Selain itu, gambaran *CT scan* menunjukkan pola pneumonia yang terorganisir pada 89% kasus. Semua pasien menerima pengobatan dengan antibiotik dan kortikosteroid, dan semuanya membaik. Sekitar 65% pasien menunjukkan perbaikan signifikan pada pengobatan yang dilakukan, meskipun masih terdapat gejala sisa, opasitas radiografis, dan tes fungsi paru yang abnormal pada beberapa pasien.

Penelitian-penelitian ini mengaitkan penyakit yang disebut EVALI dengan penggunaan rokok elektrik. Temuan dari Galo *et al.* (2020) dan Roman *et al.* (2021) menunjukkan bahwa penggunaan rokok elektrik berperan dalam perkembangan penyakit pada pasien mereka. Penelitian Aberegg *et al.* (2020) menunjukkan bahwa sebagian besar pasien yang terindikasi EVALI menggunakan produk rokok elektrik yang mengandung *tetrahydrocannabinol* (THC). Temuan dari Doukas *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penggunaan rokok elektrik memperlihatkan dampak berupa *Ground-Glass Opacities* pada hasil CT Thorax sampel. Selain itu, penelitian Garrido Márquez *et al.* (2023) memberikan wawasan tentang berbagai pola patologis cedera dan inflamasi yang terkait dengan EVALI, yang semuanya terkait dengan penggunaan rokok elektrik. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk meningkatkan kesadaran akan risiko kesehatan yang terkait dengan penggunaan rokok elektrik, khususnya EVALI.

Gangguan Fungsi Paru

Sebuah penelitian yang dibuat oleh Nyilas *et al.* (2022) yang melibatkan total 44 sampel, semua sampel adalah orang dewasa. Mereka dibagi menjadi kelompok-kelompok yang berbeda: Sampel Kontrol Sehat, Mantan Perokok, Pengguna ENDS (*Electronic Nicotine Delivery System*), dan Perokok Tembakau. Penelitian ini mengukur perubahan perfusi dan ventilasi paru-paru sebelum dan sesudah paparan asap tembakau atau penggunaan ENDS. Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan perfusi paru-paru pada perokok tembakau dari 8,6% menjadi 9,1% ($p = 0,03$) dan peningkatan signifikan pada pengguna ENDS dari 9,7% menjadi 9,0% ($p = 0,01$). Namun, pada peserta yang menggunakan *e-cigarettes* tanpa nikotin, tidak terdeteksi perubahan sistematis dalam perfusi paru-paru. Penelitian ini juga mengukur indeks

ventilasi paru-paru dan menemukan bahwa ventilasi paru-paru tidak berubah setelah paparan nikotin. Penelitian ini mencatat peningkatan *Lung Clearance Index* (LCI) pada perokok tembakau ($p = 0,02$) tanpa perubahan pada indeks spirometri. *Lung Clearance Index* (LCI) adalah ukuran fisiologi paru yang berasal dari tes *multiple breath washout* (MBW). LCI didefinisikan sebagai jumlah pergantian kapasitas residu fungsional paru yang dibutuhkan untuk mengurangi konsentrasi alveolar gas pelacak hingga fraksi tertentu dari nilai awalnya, secara historis 1/40 (2,5%) (De Marchis *et al.*, 2024). Dapat disimpulkan bahwa paparan asap tembakau menurunkan perfusi paru-paru, sementara penggunaan ENDS meningkatkannya.

Analisis Rüther *et al.* (2021) terhadap 80 sampel yang diambil dengan teknik *non random sampling*. Teknik *non random sampling* adalah metode di mana setiap anggota populasi tidak memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel, karena pemilihan sampel didasarkan pada kriteria tertentu (Sari & Wibowo, 2019). Responden yang digunakan adalah 60 subjek yang menyatakan mengurangi atau menghentikan konsumsi rokok konvensional dan menggantinya dengan rokok elektrik, serta 20 relawan yang berpartisipasi dalam program berhenti merokok. 60 responden yang pada awalnya mengkonsumsi rokok konvensional memperlihatkan penurunan respons reaktivitas bronkus pada *mannitol provocation test*. *Mannitol provocation test* dibuat agar mudah digunakan untuk mendiagnosis asma. Selama tes, dosis manitol dalam bentuk serbuk kering diberikan dengan alat inhaler (Sverrild *et al.*, 2021). Setelah diobservasi selama 3 bulan dengan berganti konsumsi ke rokok elektrik, hasil menunjukkan bahwa penurunan reaktivitas bronkus yang diharapkan terjadi setelah pengurangan konsumsi rokok tidak hilang dengan penggunaan rokok elektrik.

Penelitian-penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang dampak negatif penggunaan rokok elektrik terhadap kesehatan paru-paru. Temuan dari Nyilas *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penggunaan *e-cigarettes* atau ENDS mengakibatkan adanya peningkatan perfusi paru. Selain itu, analisis oleh Rüther *et al.* (2021) memberikan wawasan tentang respons reaktivitas bronkus terhadap penggunaan rokok elektrik sebagai

pengganti rokok konvensional. Dengan demikian, kedua penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pemahaman yang lebih baik tentang efek penggunaan rokok elektrik dalam konteks kesehatan paru-paru, serta menyoroti perlunya pendekatan yang holistik dalam mengelola dampak kesehatan dari penggunaan produk tembakau modern.

Simpulan

Terdapat tiga studi yang ada di dalam artikel ini yang memuat penjelasan definisi rokok elektrik dan bagaimana penggunaan rokok elektrik. Dapat dijelaskan bahwa rokok elektrik merupakan rokok yang memiliki bahan yang sangat berbahaya bagi tubuh, seperti nikotin yang dapat berdampak buruk pada beberapa sistem fisiologis, pernapasan, kardiovaskular, dan lain-lain. Bahkan, Penggunaan rokok elektrik telah meningkat secara signifikan selama beberapa tahun terakhir. Generasi muda masih menganggap bahwa rokok elektrik menjadi alternatif rokok konvensional yang tidak berbahaya. Penelitian-penelitian terdahulu yang dikemukakan dalam artikel ini secara komprehensif menggambarkan dampak penggunaan rokok elektrik terhadap *lung impairment*. Ditemukan bahwa rokok elektrik, meskipun sering dipandang sebagai alternatif yang lebih aman dibandingkan rokok konvensional, tetap memiliki potensi untuk menyebabkan gangguan fungsi paru-paru yang serius. Lima penelitian menunjukkan bahwa EVALI dapat menimbulkan berbagai pola patologis cedera dan inflamasi pada paru-paru, termasuk kerusakan alveolar, perdarahan alveolar, dan pneumonia. Hal ini menegaskan pentingnya meningkatkan kesadaran akan risiko kesehatan yang terkait dengan penggunaan rokok elektrik.

Selain itu, terdapat dua penelitian yang juga menyoroti dampak negatif penggunaan rokok elektrik terhadap fungsi paru-paru, yang dapat berdampak pada kondisi *lung injury* yang serius. Temuan dari studi menunjukkan bahwa penggunaan rokok elektrik dapat menyebabkan kerusakan paru-paru yang signifikan, seperti *Ground-Glass Opacities* (GGO) dan memperburuk reaktivitas bronkus, yang merupakan tanda-tanda gangguan fungsi paru-paru.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak *lung impairment* yang disebabkan oleh paparan

rokok elektrik, serta diperlukan regulasi yang lebih ketat untuk mengurangi prevalensi penggunaannya. Ini adalah langkah-langkah yang penting dalam melindungi kesehatan paru-paru masyarakat dan mengurangi beban penyakit yang berkaitan dengan penggunaan rokok elektrik.

Referensi

- Aberegg, S. K., Cirulis, M. M., Maddock, S. D., Freeman, A., Keenan, L. M., Pirozzi, C. S., Raman, S. M., Schroeder, J., Mann, H., & Callahan, S. J. (2020). Clinical, Bronchoscopic, and Imaging Findings of e-Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury among Patients Treated at an Academic Medical Center. *JAMA Network Open*, 3(11).
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.19176>
- Abilangga, E., Santosa, H. P., Nur, J., & Gono, S. (2021). *Hubungan Terpaan Informasi Rokok Elektrik Lebih Aman 95% dari Rokok Konvensional dan Tingkat Pengetahuan Tentang Rokok Elektrik dengan Minat*.
<https://www.fisip.undip.ac.id>
- Alshareef, H. Z., & Omaye, S. T. (2021). Toxicology of Commonly Found Ingredients in E-Cigarettes: A Brief Review. *Health*, 13(11), 1396-1409.
<https://doi.org/10.4236/HEALTH.2021.1311100>
- Banks, E., Yazidjoglou, A., Brown, S., Nguyen, M., Martin, M., Beckwith, K., Daluwatta, A., Campbell, S., & Joshy, G. (2023). Electronic cigarettes and health outcomes: umbrella and systematic review of the global evidence. In *Medical Journal of Australia* (Vol. 218, Issue 6, pp. 267-275). John Wiley and Sons Inc.
<https://doi.org/10.5694/mja2.51890>
- Belkin, S., Benthien, J., Axt, P. N., Mohr, T., Mortensen, K., Weckmann, M., Drömann, D., & Franzen, K. F. (2023). Impact of Heated Tobacco Products, E-Cigarettes, and Cigarettes on Inflammation and Endothelial Dysfunction. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11).
<https://doi.org/10.3390/ijms24119432>
- Central of Disease Control (CDC). (2020). *Outbreak of Lung Injury Associated with the Use of E-Cigarette, or Vaping, Products | Electronic Cigarettes | Smoking & Tobacco Use | CDC*. Central of Disease Control (CDC).
https://archive.cdc.gov/www_cdcgov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html
- Chung, J. M. (2018). Exploring E-cigarettes: Ingredients, Health Effects, and Considerations for Use. *Binghamton University Undergraduate Journal*, 4(1), 9.
<https://doi.org/10.22191/BUUJ/4/1/9>
- De Marchis, M., Montemitro, E., Boni, A., Federici, A., Di Giovanni, D., Cristiani, L., Cutrera, R., & Fiocchi, A. G. (2024). Lung clearance index short-term variability in cystic fibrosis: a pre-empt pulmonary exacerbation study. *Italian Journal of Pediatrics*, 50(1).
<https://doi.org/10.1186/s13052-023-01574-w>
- DeVito, E. E., & Krishnan-Sarin, S. (2018). E-cigarettes: Impact of E-Liquid Components and Device Characteristics on Nicotine Exposure. *Current Neuropharmacology*, 16(4).
<https://doi.org/10.2174/1570159X15666171016164430>
- Diva Widyantari, D., & Lestari, R. (2023). Dampak Penggunaan Rokok Elektrik (Vape) terhadap Risiko Penyakit Paru. *Lombok Medical Journal*, 2(1), 34-38.
<https://doi.org/10.29303/LMJ.V2I1.2477>
- Doukas, S. G., Kavali, L., Menon, R. S., Izotov, B. N., & Bukhari, A. (2020). E-cigarette or vaping induced lung injury: A case series and literature review. *Toxicology Reports*, 7, 1381-1386.
<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.09.010>
- Eltorai, A. E. M., Choi, A. R., & Eltorai, A. S. (2019). Impact of Electronic Cigarettes on Various Organ Systems. *Respiratory Care*, 64(3), 328-336.
<https://doi.org/10.4187/RESPCARE.06300>
- Esteban-Lopez, M., Perry, M. D., Garbinski, L. D., Manevski, M., Andre, M., Ceyhan, Y., Caobi, A., Paul, P., Lau, L. S., Ramelow, J., Owens, F., Souchak, J., Ales, E., & El-Hage, N. (2022). Health effects and known pathology associated with the use of E-cigarettes. In *Toxicology Reports* (Vol. 9, pp. 1357-1368). Elsevier Inc.

- <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.06.006>
- Fitri, I. C., Singh, G., & Amin, Z. (2021). Diagnosis BANDING Ground Glass Opacities pada CT-Scan Toraks di Era Covid 19. In *Indonesia Journal Chest /* (Vol. 8, Issue 1).
- Furkan, M., Sabri, Y. S., & Fitriana, D. W. (2023). TINJAUAN PUSTAKA E-Cigarette or Vaping Use-Associated Lung Injury. *Majalah Kedokteran Andalas*, 46(4), 699–712. <http://jurnalmka.fk.unand.ac.id>
- Galo, J., Celli, D., Gross, D., Holt, G., & Campos, M. (2020). A presentation of E-Cigarette vaping associated lung injury (EVALI) caused by THC-Containing electronic smoking device. *Respiratory Medicine Case Reports*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2020.101154>
- Garrido Márquez, I., Sánchez Torrente, A., & Pérez Cuenca, E. (2023). Pulmonary Disease Due to the Use of Electronic Cigarettes (EVALI): About a Case. *Archivos de Bronconeumología*, 59(5), 324–325. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2022.12.009>
- Gordon, T., Karey, E., Rebuli, M. E., Escobar, Y. N. H., Jaspers, I., & Chen, L. C. (2022). E-Cigarette Toxicology. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 62, 301–322. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PHARMTOX-042921-084202>
- Graham, E., McCaig, L., Shui-Kei Lau, G., Tejura, A., Cao, A., Zuo, Y. Y., & Veldhuizen, R. (2022). E-cigarette aerosol exposure of pulmonary surfactant impairs its surface tension reducing function. *PLoS One*, 17(11). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0272475>
- Hamberger, E. S., & Halpern-Felsher, B. (2020). Vaping in adolescents: epidemiology and respiratory harm. *Current Opinion in Pediatrics*, 32(3), 378–383. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000896>
- Hartnett, K. P., Kite-Powell, A., Patel, M. T., Haag, B. L., Sheppard, M. J., Dias, T. P., King, B. A., Melstrom, P. C., Ritchey, M. D., Stein, Z., Idaikkadar, N., Vivolo-Kantor, A. M., Rose, D. A., Briss, P. A., Layden, J. E., Rodgers, L., & Adjemian, J. (2020). Syndromic Surveillance for E-Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury. *New England Journal of Medicine*, 382(8), 766–772. https://doi.org/10.1056/NEJMSR1915313/SUPPL_FILE/NEJMSR1915313_DISCLOSURES.PDF
- Hilton, S., Weishaar, H., Sweeting, H., Trevisan, F., & Katikireddi, S. V. (2016). E-cigarettes, a safer alternative for teenagers? A UK focus group study of teenagers' views. *BMJ Open*, 6(11), e013271. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2016-013271>
- Kızıloğlu, H. A., Beyhan, M., & Gökçe, E. (2023). Evaluation of respiratory bronchiolitis nodules with maximum intensity projection images. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 69(12). <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20230297>
- Krüseemann, E. J. Z., Havermans, A., Pennings, J. L. A., De Graaf, K., Boesveldt, S., & Talhout, R. (2021). Comprehensive overview of common e-liquid ingredients and how they can be used to predict an e-liquid's flavour category. *Tobacco Control*, 30(2), 185–191. <https://doi.org/10.1136/TOBACCONCONTROL-2019-055447>
- Kusuma, N., Pranata, R., Vania, R., & Budi Siswanto, B. (2017). Comparison of Roles between Alcohol Ablation and Surgical Myectomy in Hypertrophic Cardiomyopathy. *Indonesian Journal of Cardiology*, 38(2). <https://www.escardio>
- Kusuma, T. R. H., Sholihah, M. M., & Hanif, M. I. (2021). Gejala Gastrointestinal sebagai Faktor Prognostik Keparahan dan Kematian pada Pasien COVID-19: Sebuah Meta-Analisis Global. *Smart Medical Journal*, 4(3), 143–153. <https://doi.org/10.13057/SMJ.V4I3.54584>
- Lee, W. H., Ong, S. G., Zhou, Y., Tian, L., Bae, H. R., Baker, N., Whitlatch, A., Mohammadi, L., Guo, H., Nadeau, K. C., Springer, M. L., Schick, S. F., Bhatnagar, A., & Wu, J. C. (2019). Modeling Cardiovascular Risks of E-Cigarettes With Human-Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Endothelial Cells. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(21), 2722–2737. <https://doi.org/10.1016/J.JACC.2019.03.476>

- Marques, P., Piqueras, L., & Sanz, M. J. (2021). An updated overview of e-cigarette impact on human health. In *Respiratory Research* (Vol. 22, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01737-5>
- Mehra, N., Ali, A. H., & Desai, M. Y. (2023). Obstructive Hypertrophic Cardiomyopathy: A Review of New Therapies. *Future Cardiology*, *19*(13), 661-670. <https://doi.org/10.2217/FCA-2023-0056>
- Michon, M., Mercier, C., Petit, C., Leclerc, L., Bertolotti, L., Pourchez, J., & Forest, V. (2022). In Vitro Biological Effects of E-Cigarette on the Cardiovascular System—Pro-Inflammatory Response Enhanced by the Presence of the Cinnamon Flavor. *Toxics*, *10*(12), 784. <https://doi.org/10.3390/TOXICS10120784>
- Modi, P., & Cascella, M. (2023). Diffusing Capacity of the Lungs for Carbon Monoxide. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556149/>
- Nyilas, S., Bauman, G., Korten, I., Pusterla, O., Singer, F., Ith, M., Groen, C., Schoeni, A., Heverhagen, J. T., Christe, A., Rodondi, N., Bieri, O., Geiser, T., Auer, R., Funke-Chambour, M., & Ebner, L. (2022). MRI Shows Lung Perfusion Changes after Vaping and Smoking. *Radiology*, *304*(1), 195-204. <https://doi.org/10.1148/radiol.211327>
- Ohshimo, S., Guzman, J., Costabel, U., & Bonella, F. (2017). Differential diagnosis of granulomatous lung disease: Clues and pitfalls. *European Respiratory Review*, *26*(145). <https://doi.org/10.1183/16000617.0012-2017>
- Patel, P. H., Antoine, M. H., Sankari, A., & Ullah, S. (2024). Bronchoalveolar Lavage. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430762/>
- Pioro, M. H. (2018). Primary Care Vasculitis: Polymyalgia Rheumatica and Giant Cell Arteritis. *Primary Care*, *45*(2), 305-323. <https://doi.org/10.1016/J.POP.2018.02.007>
- Radzikowska, E., & Fijolek, J. (2023). Update on cryptogenic organizing pneumonia. In *Frontiers in Medicine* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1146782>
- Raghu, G., & Meyer, K. C. (2021). Cryptogenic organising pneumonia: Current understanding of an enigmatic lung disease. *European Respiratory Review*, *30*(161). <https://doi.org/10.1183/16000617.0094-2021>
- Roman, S., Millet, C., Geris, S., Manickam, R., & Mechineni, A. (2021). Crazy vaping and crazy-paving, a case of E-Cigarette/Vaping-Associated Lung Injury (EVALI) with chest CT showing crazy-paving pattern. *Radiology Case Reports*, *16*(11), 3208-3212. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.07.058>
- Rusmini, H., Rafie, R., Sinaga, F., & Komar, S. A. (2020). Perbandingan Arus Puncak Ekspirasi Perokok Elektronik dan Perokok Konvensional pada Mahasiswa Kedokteran Universitas Malahayati Tahun 2019. In *Jurnal Dunia Kesmas* (Vol. 9, Issue 3). Online. <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/duniakesmas/index>
- Rüther, T., Kahnert, K., Mader, M., Rabenstein, A., Falkai, P., Fischer, E., Pogarell, O., & Jörres, R. A. (2021). Reduction of bronchial response to mannitol after partial switch from conventional tobacco to electronic cigarette consumption. *Respiratory Medicine*, *178*. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106324>
- Sala, M., & Gotti, C. (2023). Electronic nicotine delivery systems (ENDS): A convenient means of smoking? In *Pharmacological Research* (Vol. 195). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106885>
- Sari, F. V., & Wibowo, A. (2019). ANALISIS SENTIMEN PELANGGAN TOKO ONLINE JD.ID MENGGUNAKAN METODE NAÏVE BAYES CLASSIFIER BERBASIS KONVERSI IKON EMOSI. *Jurnal SIMETRIS*, *10*(2).
- Seiler-Ramadas, R., Sandner, I., Haider, S., Grabovac, I., & Dorner, T. E. (2021). Health effects of electronic cigarette (e-cigarette) use on organ systems and its implications for public health. In *Wiener Klinische Wochenschrift* (Vol.

- 133, Issues 19–20, pp. 1020–1027). Springer.
<https://doi.org/10.1007/s00508-020-01711-z>
- Sejati, U., & Nurbaiti. (2021). Literatur Review: Analisa Teknik Pemeriksaan CT-Scan Thorax pada Kasus Terkonfirmasi Positif Covid-19. *Koncenin Serial Konferensi*.
<https://publikasi.kocenin.com/>
- Sidarta, A. L., & Rasmin, M. (2024). Memahami Penyakit Paru Interstitial: Pengenalan Dini pada Layanan Kesehatan Primer. *Cermin Dunia Kedokteran*, 51(4), 200–206.
<https://doi.org/10.55175/CDK.V51I4.1092>
- Sverrild, A., Leadbetter, J., & Porsbjerg, C. (2021). The use of the mannitol test as an outcome measure in asthma intervention studies: a review and practical recommendations. In *Respiratory Research* (Vol. 22, Issue 1). BioMed Central Ltd.
<https://doi.org/10.1186/s12931-021-01876-9>
- Tehrani, H., Rajabi, A., Ghelichi- Ghojogh, M., Nejatian, M., & Jafari, A. (2022). The prevalence of electronic cigarettes vaping globally: a systematic review and meta-analysis. In *Archives of Public Health* (Vol. 80, Issue 1). BioMed Central Ltd.
<https://doi.org/10.1186/s13690-022-00998-w>
- World Health Organization (WHO). (2019). *2019 GYTS Fact Sheet Indonesia*. World Health Organization (WHO).
<https://www.who.int/publications/m/item/2019-gyts-fact-sheet-indonesia>
- World Health Organization (WHO). (2021). *2021 GATS Fact Sheet Indonesia*. World Health Organization (WHO).
<https://www.who.int/publications/m/item/2021-gats-fact-sheet-indonesia>
- Xu, L., Yang, Y., Simien, J. M., Kang, C., Li, G., Xu, X., Haglund, E., Sun, R., & Zuo, Y. Y. (2022). Menthol in electronic cigarettes causes biophysical inhibition of pulmonary surfactant. *American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology*, 323(2), L165–L177.
https://doi.org/10.1152/AJPLUNG.00015.2022/ASSET/IMAGES/LARGE/AJP_LUNG.00015.2022_F006.JPEG
- Yang, S., Wu, S., Xu, J., Lin, Y., Huang, Z., Chen, X., Xu, Q., Chen, D., & Lu, C. (2023). The effect of therapeutic bronchoalveolar lavage in combination with glucocorticoids on children with acute exogenous lipid pneumonia. *Clinical Respiratory Journal*, 17(4).
<https://doi.org/10.1111/crj.13575>