



Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik terhadap Kualitas Sperma: Tinjauan Literatur dalam Konteks Pendidikan Kesehatan

Lalu Wahyu Gde Andika^{1✉}, Nazula Rahma Shafriani²

Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia^{1,2}

e-mail : laludikha46@gmail.com¹, nr.shafriani@gmail.com²

Abstrak

Pendidikan kesehatan lekat dengan kehidupan sehari-hari, begitupun dengan perkembangan teknologi. Salah satu perkembangan teknologi yang berdampak pada bidang kesehatan adalah gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik salah satunya dihasilkan melalui telepon genggam. Studi terdahulu menemukan bahwa hal ini memberi dampak kepada kualitas kesuburan atau fertilitas manusia, yaitu morfologi dan motilitas sperma. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melaporkan hasil kajian literatur tentang saling keterkaitan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon genggam terhadap kualitas sperma. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur. Kajian literatur dilakukan dengan satu pangkalan data yaitu GoogleScholar dan dihasilkan 14 studi yang memenuhi kriteria. Berdasarkan hasil kajian literatur terhadap 14 studi tersebut, ditemukan bahwa gelombang elektromagnetik memiliki kaitan erat dengan penuruan kualitas sperma. Oleh karenanya, berdasarkan temuan studi kajian literatur ini, penelitian mendatang diharapkan dapat melakukan studi lapangan baik menggunakan pendekatan eksperimen ataupun non-eksperimen untuk menguji dampak paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma pada sampel Indonesia.

Kata Kunci: gelombang elektromagnetik, morfologi sperma, pendidikan kesehatan, kajian literatur

Abstract

Medical education is closely related to everyday life, as is the development of technology. One of the technological developments that has an impact on the health sector is electromagnetic waves. Electromagnetic waves are one of them produced through mobile phones. Previous studies have found that this has an impact on the quality of human fertility, namely sperm morphology and motility. The purpose of this study is to report the results of a literature review on the interrelationship between exposure to electromagnetic radiation from mobile phones and sperm quality. The method used in this study is a literature review. The literature review was conducted with one database, namely GoogleScholar, and produced 14 studies that met the criteria. Based on the results of the literature review of the 14 studies, it was found that electromagnetic waves are closely related to decreased sperm quality as well as sperm morphology and motility. Therefore, based on the findings of this literature review study, future research is expected to conduct field studies using either an experimental or non-experimental approach to test the impact of exposure to electromagnetic radiation on sperm quality in Indonesian samples.

Keywords: electromagnetic force, sperm morphology, medical education, literature review

PENDAHULUAN

Ponsel, yang juga dikenal sebagai telepon seluler, kini menjadi bagian penting dalam kehidupan modern bagi anak-anak, remaja, dan orang tua. Kehadirannya memudahkan komunikasi antarmanusia tanpa batasan jarak, ruang, dan waktu. Namun, meskipun ponsel membantu manusia berkomunikasi satu sama lain, ponsel juga memiliki dampak negatif, seperti menghasilkan polusi elektromagnetik yang berbahaya bagi kesehatan manusia akibat penggunaan yang berlebihan (Qadrijati et al., 2016). Faktanya, Pemanfaatan telepon seluler pada umumnya adalah sekitar 2-3 jam dalam sehari (Rahmadiani, 2021). Peredaran telepon seluler di Indonesia mencapai 240 juta unit. Jumlah tersebut melebihi jumlah keseluruhan penduduk di Indonesia yang jumlahnya 237 juta jiwa berdasarkan sensus penduduk pada tahun 2010 dan terus berkembang peredarnya sebanyak 435 juta unit pada tahun 2017 (Ahdiat, 2023). Telepon genggam memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk menyalurkan berbagai informasi. Apabila tubuh terkena paparan gelombang elektromagnetik dalam jangka waktu yang lama maka akan berdampak negatif bagi tubuh terutama pada organ reproduksi pria (Rahmadiani, 2021);(Sutyrso, 2010).

Salah satu jurnal terbaru yang terbit pada tahun 2024 berjudul "*Do mobile phones and laptop computers really impact sperm?*" (Kavoussi & Kavoussi, 2024) menemukan bahwa terdapat dampak negatif dari radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma, meskipun temuan ini kadang masih diperdebatkan (*debatable*). Studi lainnya menemukan bahwa variabel yang paling mempengaruhi kualitas sperma bukanlah paparan radiasi gelombang elektromagnetik, namun perilaku merokok (Rolland et al., 2013). Pada dasarnya, kualitas sperma dinilai dari tiga kriteria yaitu morfologi (*morphology*), motilitas (*motility*), dan konsentrasi dimana dengan berlandaskan pada tiga kriteria tersebut telah dilakukan pada studi berskala besar pada sampel dengan berbagai kelompok umur (Mladenovic et al., 1994). Pada akhirnya, studi terdahulu menemukan bahwa penggunaan telepon seluler memberikan dampak terhadap rendahnya kualitas sperma (Jurewicz et al., 2014). Oleh karena itu, fokus dapat dilakukan secara khusus pada paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler.

Pada dasarnya, sama seperti perangkat elektronik seperti laptop, telepon seluler memancarkan radiasi (Kavoussi & Kavoussi, 2024). Adapun radiasi *ionizing* dan radiasi *non-ionizing* merupakan jenis dari radiasi elektromagnetik. Contoh dari radiasi *ionizing* ialah sinar-X dan sinar gamma, sedangkan contoh dari radiasi *non-ionizing* merupakan gelombang radiofrekuensi. Radiasi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh telepon seluler termasuk dalam kategori gelombang radiofrekuensi yang berarti masuk dalam radiasi *non-ionizing*. Radiasi elektromagnetik dapat berdampak bagi tubuh manusia seperti efek termal, efek pada sawar darah otak, efek pada sistem saraf, efek pada DNA dan struktur genetik, serta efek pada sistem reproduksi (Om, 2019). Seseorang yang terpapar gelombang elektromagnetik yang kuat dalam pekerjaannya beresiko lebih tinggi terjadinya infertilitas dibandingkan dengan orang yang tidak terpapar. Apalagi saat ini masyarakat memiliki kebiasaan menaruh ponsel berdekatan dengan organ reproduksi tepatnya di saku bagian celana. Terkhusus untuk pria hal ini sangat berpengaruh pada kualitas organ reproduksi khususnya sperma. Pada sebuah penelitian ditemukan adanya penurunan kualitas sperma pada pria yang sering meletakkan telepon seluler di saku celana (Munasinghe et al., 2017).

Ponsel menghasilkan gelombang elektromagnetik yang berfrekuensi antara 900 dan 1800 MHz. Frekuensi ini dimanfaatkan oleh ponsel termasuk dalam golongan gelombang non-pengion. Gelombang non pengion memerlukan energi lebih besar untuk dapat memutuskan ikatan berupa ikatan kimia dalam tubuh. Meskipun energi yang dihasilkan oleh gelombang elektromagnetik dalam konsentrasi rendah, namun sebenarnya memiliki dampak negatif. Meningkatnya jumlah radikal bebas adalah salah satu dampak negatif yang ditimbulkan dari gelombang elektromagnetik ponsel. Radikal bebas merupakan zat yang terdiri dari iota atau partikel dimana ia memiliki elektron tunggal pada orbit terluarnya dan dapat tetap tunggal dimana radikal bebas ini jelas berdampak negatif bagi kesehatan manusia (Rahmadiani, 2021).

Pada akhirnya, studi meta-analisis berjudul “*Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis*” (Dama & Bhat, 2013) merangkum berbagai studi yang menemukan bahwa terdapat dampak negatif dari penggunaan telepon seluler terhadap kualitas sperma. Temuan tersebut lalu juga dikonfirmasi oleh studi terbaru pada 1600 responden yang menemukan bahwa paparan radiasi telepon seluler memberi dampak buruk terhadap kualitas sperma (Yang et al., 2024). Namun demikian, di Indonesia, masih sedikit studi yang berfokus untuk menjelaskan hubungan atau saling keterkaitan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma. Hal tersebut merupakan *gap* penelitian yang perlu diisi oleh peneliti nasional agar menjembatani ketersediaan literatur tentang hubungan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik dan kualitas sperma. Oleh karena itu, tujuan studi ini adalah melaporkan hasil kajian literatur tentang hubungan antara kedua hal tersebut dari sudut pandang teknologi laboratorium medis.

LANDASAN TEORITIS

Definisi Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang dapat merambat tanpa adanya medium. Energi elektromagnetik merambat dalam bentuk gelombang dengan beberapa karakteristik yang dapat diukur, seperti panjang gelombang, frekuensi, amplitudo, dan kecepatan. Amplitudo menggambarkan tinggi gelombang, dimana panjang gelombang merupakan jarak antara dua gelombang paling tinggi. Frekuensi mengindikasikan jumlah gelombang yang melewati suatu titik dalam satuan waktu. Frekuensi dipengaruhi oleh kecepatan perambatan gelombang. Karena kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan (kecepatan cahaya), panjang gelombang serta frekuensi memiliki hubungan berbalik. Apabila panjang gelombang memanjang, maka frekuensinya semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, semakin pendek gelombang, maka frekuensinya semakin tinggi pula (Seniari & Dharma, 2020).

Gelombang elektromagnetik terdiri dari medan listrik (E) dan juga medan magnet (H) yang berpropagasi. Sebagai contoh, pada gelombang sinyal HP memiliki gelombang naik serta turun. Perubahan medan listrik (E) menjadikan adanya perubahan pada medan magnet atau disebut H, selain itu, perubahan medan magnet (H) akan menyebabkan perubahan medan listrik (E). Oleh karena itu, kedua medan ini saling mempengaruhi satu dan lainnya. Rentangan gelombang elektromagnetik itu sendiri sebenarnya terdiri dari beberapa gelombang dengan jumlah dan besaran gelombang yang berbeda, namun apabila disimulasikan dalam ruang hampa, kecepatannya sama. Spektrum gelombang elektromagnetik diatur berdasarkan urutan frekuensi, dimulai dari yang terendah hingga yang tertinggi, yaitu: gelombang radio kemudian gelombang TV (televiisi), gelombang radar, sinar infra merah, sinar tampak, sinar UV (ultraviolet), sinar-X, dan yang terakhir sinar Gamma.

Dalam artikelnya yang berjudul “*The Magic of Electromagnetic Radiation*” (Chowdhury, 1994) menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik telah menjadi salah satu temuan penting dalam sejarah peradaban manusia dan terbukti telah memberi dampak yang kompleks terhadap kualitas hidup manusia. Oleh karenanya, topik tentang radiasi atau paparan gelombang elektromagnetik terus diteliti hingga saat ini dari berbagai disiplin ilmu seperti pendidikan kesehatan (*medical education*).

Definisi Radiasi

Radiasi adalah bentuk energi yang sifatnya menyebar tanpa adanya perantara apapun yang menjadi medianya. Energi yang ditimbulkan dari radiasi umumnya berbentuk gelombang. Ponsel memiliki sebuah transmitter yang memiliki kemampuan mengubah suara menjadi gelombang sinusoidal kontinu. Gelombang ini kemudian akan dipancarkan dengan perantara udara. Gelombang seperti inilah yang menghasilkan radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik dapat bersifat semacam gelombang atau partikel. Radiasi ini memiliki kecepatan cahay), panjang gelombang serta frekuensi tertentu.

Ketika aliran listrik mengalir melalui jaringan transmisi, medan elektromagnetik akan muncul disekitar saluran peralatan tersebut. Medan inilah yang kemudian akan menyebar di lingkungan sekitarnya yang

kemudian berpotensi menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia. Namun tidak semua radiasi elektromagnetik berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan (Seniari & Dharma, 2020).

Jenis Radiasi

Radiasi dapat terbagi menjadi dua jenis yaitu radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi pengion mampu menghasilkan elektron yang berasal dari atom hingga terbentuk pasangan ion. Contoh dari radiasi pengion adalah radiasi dari sinar-X atau populer dengan radiasi pengaruh dari kecelakaan PLTN yang berada di Fukushima Jepang. Dalam kenyataannya, radiasi non pengion lebih umum ditemui di lingkungan sekitar walaupun dalam tingkat lebih rendah. Radiasi non pengion merupakan penyebaran atau pelepasan energi melalui medium dan mengalami proses penyerapan, tidak mampu menyebabkan proses ionisasi dalam medium tersebut. Radiasi non pengion merujuk pada radiasi elektromagnetik seperti sinar sinar ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang radar, dan frekuensi radio elektromagnetik (sinyal ponsel). Radiasi non pengion ini telah menjadi perhatian masyarakat semenjak akhir tahun 1960 (Seniari & Dharma, 2020)

Dampak Radiasi Terhadap Kesehatan

Masalah kesehatan yang berpotensi disebabkan oleh radiasi medan elektromagnetik telah menjadi fokus penelitian hingga saat ini. Penelitian ini lebih umum dilakukan pada masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar area pembangkit listrik dan jaringan distribusinya, tenaga kerja di bidang industri elektronik, serta para pengguna alat-alat elektronik. Dalam penelitian tersebut, ditemukan berbagai gangguan kesehatan yang disebabkan oleh radiasi elektromagnetik, terutama pada penggunaan ponsel (Seniari & Dharma, 2020). Ponsel merupakan perangkat komunikasi yang menggunakan gelombang radio, yang disebut sebagai radio frekuensi (RF). Gelombang radio ini menghasilkan radiasi dan menjadi sumber kontroversi di berbagai kalangan mengenai keamanan internal dari ponsel. Radiasi yang dipancarkan oleh handphone dapat menembus ruang hampa, sehingga secara kumulatif berpotensi menyebabkan berbagai penyakit seperti tumor otak, alzheimer, kelelahan, serta nyeri ringan. Selain itu, radiasi elektromagnetik juga berpotensi merusak testis dan mengganggu produksi hormon testosteron serta pembentukan sperma. Radiasi gelombang elektromagnetik juga dapat mempengaruhi motilitas dan morfologi sperma manusia, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kemandulan (Fazirah et al., 2023).

Spermatozoa

Definisi Sperma

Sperma adalah sel tunggal yang tidak dapat berkembang biak dan membelah diri, sperma sendiri tersusun dari kepala, leher, dan ekor. Sperma terbentuk melalui proses spermatogenesis yang terjadi di dalam testis. Dibandingkan dengan sel telur, sperma berukuran lebih kecil. Sperma yang matang berukuran sekitar 55 – 65 μl . semua bagian sperma diselimuti oleh sitoplasma. Dari depan, sperma berbentuk oval. Terdiri dari inti dan ujungnya memiliki tutup yang disebut akrosom (Dillasamola, 2020).

Spermatogenesis

Spermatogenesis merupakan proses di mana spermatogonia berubah menjadi spermatozoa atau sperma matang. Pada manusia, spermatogenesis membutuhkan waktu sekitar 75 hari, tahap ini diawali dari proses spermatogonia sampai spermatozoa. Tahap ini terjadi di dalam tubulus seminiferus testis, di mana sel-sel benih primitif ($2n$) berubah menjadi sperma haploid (n). Spermatogenesis ini biasa dimulai pada saat menginjak masa remaja yakni sekitar usia 13 tahun dan terus berlanjut hingga seumur hidup, meskipun nanti akan terjadi penurunan yang signifikan pada saat usia sudah tua.

Siklus spermatogenesis terdiri dari tiga fase, khususnya spermatositogenesis, meiosis, dan spermiogenesis. Pada tahap spermatositogenesis, spermatogonia terpisah dan kemudian menghasilkan sel spermatosit. Dengan diameter sekitar 12 μm , spermatogonia ini cukup kecil. Sel-sel ini mengalami banyak mitosis selama masa pubertas untuk menghasilkan sejumlah besar spermatogonia. Spermatosit primer dengan 46 kromosom merupakan hasil diferensiasi sel-sel ini selanjutnya. Setiap spermatogonium awalnya terbagi

menjadi dua spermatosit esensial. Setelah pembelahan meiosis kedua, spermatosit primer menjalani meiosis untuk menghasilkan dua spermatosit sekunder yang haploid dan berbeda secara genetik, sehingga menghasilkan empat spermatid haploid.

Proses pembentukan sperma juga bergantung pada faktor suhu, lingkungan, dan juga hormon. Kontrol hormonal terhadap pembentukan sperma terjadi melalui interaksi antara hipotalamus, kelenjar pituitari, dan sel leydig. Hipotalamus merangsang kelenjar pituitari untuk menghasilkan hormon folikel stimulating hormone (FSH), sedangkan sel leydig menghasilkan hormon testosteron. FSH merangsang produksi protein pengikat androgen oleh sel sertoli, yang berperan penting dalam menjaga kadar testosteron yang diperlukan untuk pembentukan sperma. Epitel seminiferus sangat peka terhadap suhu maupun lingkungan, yang dapat mempengaruhi proses pembentukan sperma. Untuk terjadinya pembentukan sperma, suhu tubuh harus berada dalam kisaran normal yaitu 2°C di atas normal hingga kurang dari 8°C di bawah normal. Selain itu, faktor-faktor lain seperti diet rendah vitamin B dan E, penggunaan steroid anabolik, penggunaan digoksin, konsumsi alkohol, infeksi penyakit, dan paparan radiasi juga dapat menghambat proses pembentukan sperma (Dillasamola, 2020).

Motilitas Sperma

Motilitas sperma merujuk pada kemampuan sperma untuk bergerak, termasuk jenis gerakan dan kecepatan gerakan. Evaluasi motilitas dilakukan dengan menghitung jumlah sperma yang memiliki gerakan yang dianggap motil, seperti bergerak lurus ke arah depan, pergerakan yang lambat dan tidak lurus, dan bergerak di tempat. Dari hasil evaluasi ini kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase, yang menunjukkan jumlah sperma yang memiliki motilitas. Seorang pria dianggap mengalami infertilitas jika persentase jumlah motilitas sperma kurang dari 40%, maka bisa disebut sebagai *asthenozoospermia* (Dillasamola, 2020).

Morfologi Sperma

Spermatozoa yang tidak sesuai dengan bentuk normalnya dianggap sebagai kelainan. Kelainan ini dapat terjadi dalam bentuk kelainan primer dan sekunder. Kelainan primer terjadi selama proses spermatogenesis, seperti kepala yang terlalu besar, kepala yang terlalu kecil, kepala yang tergabung, ekor yang tergabung, dan ekor yang melingkar. Kelainan sekunder terjadi selama proses pematangan di epididimis. Sperma dianggap subur jika jumlah sperma yang tidak normalnya kurang dari 40%. Ketika lebih dari 50% dari morfologi sperma normal tidak sesuai, kondisi ini disebut *teratozoospermia* (Dillasamola, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kajian literatur. Kajian literatur dilakukan untuk mengetahui saling keterkaitan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap morfologi dan motilitas sperma pada sampel manusia. Studi ini dilakukan dengan langkah analitis yang meringkas berbagai topik dari sumber pustaka yang bertujuan untuk menambah pemahaman terhadap topik yang dibahas. Pengumpulan sumber data atau topik yang digunakan pada artikel ini terdiri dari sumber data primer yang berupa jurnal ilmiah, baik itu jurnal nasional maupun jurnal internasional dengan batasan bahwa artikel tersebut terbit dalam jurnal yang terbit secara berkala dimana file skripsi, tesis, disertasi dan prosiding tidak diikutsertakan. Penelusuran sumber data dilakukan melalui situs GoogleScholar. Kata kunci yang digunakan adalah “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma*”, “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap morfologi sperma*”, dan “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap motilitas sperma*”. Masing-masing kata kunci lalu dihitung jumlah artikelnnya dan ditelaah satu per satu untuk menemukan studi yang sejalan dengan tujuan penelitian yaitu studi yang membahas saling keterkaitan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Berdasarkan hasil pencarian dalam database GoogleScholar dengan beberapa kata kunci yang ditentukan, ditemukan bahwa dengan kata kunci “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma*” ditemukan bahwa terdapat 283 dokumen yang merujuk pada kata kunci tersebut. Lalu, dengan kata kunci “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap morfologi sperma*” terdapat 169 dokumen, sedangkan dengan kata kunci “*dampak radiasi gelombang elektromagnetik terhadap motilitas sperma*” terdapat 209. Dari hasil tersebut, terdapat berbagai file yang merupakan skripsi, prosiding, tesis, disertasi yang tidak diikutsertakan dalam penelitian ini. Selain itu ditemukan bahwa terdapat banyak studi yang menggunakan sampel hewan, dimana studi tersebut turut dilaporkan dalam penelitian ini. Pada akhirnya terdapat 14 studi yang dijadikan sampel akhir dalam studi kajian literatur ini dimana studi tersebut terbit dalam rentang tahun 1994-2024. Temuan ini tidaklah mengejutkan karena pada era 1994 (lihat, Mladenovic et al., 1994), paparan radiasi masih berfokus pada televisi karena ponsel belum berkembang pada masa itu. Adapun 14 studi yang diikutsertakan dalam kajian literatur ini dapat dilihat pada tabel.

Tabel. Artikel-artikel yang Dikumpulkan melalui Proses Kajian Literatur (14 Artikel)

No.	Penulis	Tahun	Judul
1.	Mladenovic et al.	1994	Sperm Morphology and Motility In Different Age Populations.
2.	De Iuliis et al.	2009	Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro.
3.	Dama & Bhat	2013	Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis.
4.	Fauziyah & Dwijananti	2013	Pengaruh Radiasi Sinar X Terhadap Motilitas Sperma pada Tikus Mencit.
5.	Gorpichenko et al.	2014	The influence of direct mobile phone radiation on sperm quality.
6.	Zalata et al.	2015	In vitro effect of cell phone radiation on motility, DNA fragmentation and Clusterin gene expression in human sperm.
7.	Qadrijati	2016	Pajanan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Radiofrekuensi Telepon Seluler Terhadap Kualitas dan Fungsionalitas Spermatozoa Manusia.
8.	Nirnasari	2018	Pengaruh Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik WI-FI 4G Terhadap Berat Epididimis dan Morfologi Sperma Tikus Jantan Wistar.
9.	Rolland et al.	2013	Decline in semen concentration and morphology in a sample of 26 609 men close to general population between 1989 and 2005 in France.
10.	Jurewicz et al.	2014	Lifestyle and semen quality: Role of modifiable risk factors.
11.	Sciorio et al.	2021	Effects of Mobile Phone Radiofrequency Radiation on Sperm Quality.
12.	Rahmadiani	2021	Efek Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler pada Kualitas Sperma.
13.	Yang et al.	2024	Association of Lifestyle and Occupational Exposure Factors With Human Semen Quality : a Cross-Sectional Study of 1060 Participants.
14.	Kavoussi & Kavoussi	2024	Do mobile phones and laptop computers really impact sperm?

Pada dasarnya, berdasarkan hasil kajian literatur yang peneliti lakukan, penurunan parameter dasar dalam analisis kualitas sperma normal yang digambarkan dari jumlah sperma, motilitas, dan morfologi sperma telah terjadi di seluruh dunia dalam beberapa dekade terakhir (Kavoussi & Kavoussi, 2024). Para peneliti sepakat tentang dampak negatif faktor lingkungan tertentu terhadap kualitas sperma. Yang paling terkenal adalah efek berbahaya dari merokok, penyalahgunaan alkohol, dan kemungkinan dampak negatif radiasi ponsel terhadap kualitas sperma telah diketahui baru-baru ini. Meskipun belum ada kesimpulan pasti yang dapat diambil dari bukti yang ada saat ini, semakin banyak penelitian yang menunjukkan penurunan kesuburan pria terkait dengan penggunaan telepon seluler (Gorpichenko et al., 2014).

Studi lainnya yang dilakukan oleh (Qadrijati et al., 2016) menemukan bahwa adanya paparan yang dihasilkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik oleh ponsel terbukti dapat menurunkan kualitas maupun fungsionalitas sperma manusia secara *in vitro*. Untuk meminimalisir risiko terhadap penurunan kesuburan pada kaum pria, Isna mengimbau masyarakat agar tidak menggunakan ponsel secara berlebihan. Sementara untuk pihak industri ponsel diharapkan untuk bisa memproduksi jenis ponsel yang mempunyai nilai tingkat paparan radiasi elektromagnet pada tubuh (SAR) rendah.

Selain itu, studi lainnya pada sampel hewan menunjukkan bahwa berdasarkan hasil penelitian tentang dampak paparan radiasi gelombang elektromagnetik nirkabel 4G terhadap berat epididimis dan morfologi sperma pada tikus jantan jenis wistar (*rattus norvegicus*) selama 48 hari. Berat epididimis menurun ketika tubuh terpapar radiasi gelombang elektromagnetik dari jaringan nirkabel 4G dalam jangka waktu yang lama. Efek radiasi gelombang elektromagnetik dari jaringan nirkabel 4G terhadap morfologi sperma paling besar setelah 24 jam paparan (Nirnasari, 2018). Studi lainnya, yang juga dilakukan pada sampel hewan pada radiasi sinar lain yaitu sinar X, menunjukkan bahwa pemberian radiasi pada mencit dapat berdampak kepada motilitas sperma mencit. Sementara untuk dampaknya semakin besar pemberian dosis radiasi sinar X dapat menurunkan konsentrasi dari sperma mencit (Fauziyah & Dwijananti, 2013).

Temuan studi ini sesuai dengan temuan studi terdahulu (Rahmadiani, 2021) yang menyimpulkan bahwa ketergantungan aktivitas manusia sehari-hari pada ponsel menyebabkan tingginya penggunaan ponsel. Ponsel memiliki antena yang dapat melepaskan gelombang elektromagnetik sebagai media pemindahan atau transfer data dan informasi. Parameter sperma yang diteliti dalam penelitian ini diketahui dipengaruhi oleh gelombang elektromagnetik ponsel karena menunjukkan berbagai macam parameter sperma yang terpengaruhi dari paparan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh ponsel.

Selain itu, empat studi lainnya turut menemukan hasil yang sejalan. Yang pertama, studi meta-analisis berjudul “*Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis*” (Dama & Bhat, 2013) merangkum berbagai studi yang menemukan bahwa terdapat dampak negatif dari penggunaan telepon seluler terhadap kualitas sperma. Temuan tersebut lalu juga dikonfirmasi oleh studi terbaru pada 1060 responden yang menemukan bahwa paparan radiasi telepon seluler memberi dampak buruk terhadap kualitas sperma (Yang et al., 2024). Lebih lanjut, temuan tersebut sejalan juga studi lainnya yang menemukan bahwa paparan radiasi gelombang elektromagnetik terbukti memberi pengaruh buruk terhadap kualitas sperma (Sciorio et al., 2021). Selain itu, studi yang dilakukan terhadap sampel sperma 124 orang di Mesir turut menemukan bahwa paparan radiasi telepon seluler menurunkan kualitas sperma (Zalata et al., 2015). Studi lainnya menemukan bahwa paparan radiasi gelombang elektromagnetik dari ponsel akan menyebabkan sperma dalam tubuh menjadi rusak (De Iuliis et al., 2009).

Hal ini juga sejalan dengan salah satu jurnal terbaru yang terbit pada tahun 2024 berjudul “*Do mobile phones and laptop computers really impact sperm?*” (Kavoussi & Kavoussi, 2024) yang menemukan bahwa terdapat dampak negatif dari radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma, meskipun temuan ini kadang masih diperdebatkan (*debatable*). Studi lainnya menemukan bahwa variabel yang paling mempengaruhi kualitas sperma bukanlah paparan radiasi gelombang elektromagnetik, namun perilaku merokok (Rolland et al., 2013). Pada dasarnya, kualitas sperma dinilai dari tiga kriteria yaitu morfologi

(morphology), motilitas (motility), dan konsentrasi dimana dengan berlandaskan pada tiga kriteria tersebut telah dilakukan pada studi berskala besar pada sampel dengan berbagai kelompok umur (Mladenovic et al., 1994). Pada akhirnya, studi terdahulu menemukan bahwa penggunaan telepon seluler memberikan dampak terhadap rendahnya kualitas sperma (Jurewicz et al., 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dari studi ini, dapat disimpulkan bahwa ada hubungan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap morfologi dan motilitas sperma. Temuan ini dibuktikan dengan adanya 14 studi yang secara khusus menguji hubungan ataupun pengaruh paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma yang terbit dalam tahun 1994-2024. Hal ini dapat dilihat dari adanya berbagai penelitian terdahulu yang melakukan studi lapangan untuk menggali lebih lanjut tentang hubungan dua variabel ini pada berbagai kondisi sampel baik berdasarkan usia berbeda, pekerjaan berbeda, maupun wilayah geografis yang berbeda. Namun demikian, studi seperti ini masih sangat terbatas di Indonesia. Keterbatasan itu tidak lepas dari fakta bahwa pengambilan data sperma manusia seringkali dianggap melibatkan perilaku yang melanggar norma agama (misal, melalui masturbasi), padahal sebenarnya proses pengumpulan data sperma berlandaskan pada pendekatan ilmiah. Oleh karenanya, hasil kajian literatur dalam penelitian dapat dimanfaatkan oleh peneliti dimasa mendatang untuk menggali saling keterkaitan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kualitas sperma dengan berlandaskan pada pendekatan teknologi laboratorium medis. Lebih lanjut, studi ini merupakan studi kajian literatur pertama di Indonesia yang merangkum temuan berbagai studi tentang hubungan antara paparan radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap kualitas sperma. Terakhir, terdapat keterbatasan lain dalam studi ini yaitu bahwa ada satu aspek selain motilitas dan morfologi yaitu konsentrasi sperma yang belum dibahas dalam penelitian ini. Penelitian mendatang diharapkan untuk mengikutsertakan aspek konsentrasi sebagai indikator ketiga dalam menggambarkan kualitas sperma.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahdiat, A. (2023). *Presentase Penduduk Usia 5 Tahun ke Atas yang Memiliki Handphone/Ponsel di 34 Provinsi Indonesia*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/08/67-penduduk-indonesia-punya-handphone-pada-2022-ini-sebarannya>
- Chowdhury, S. K. (1994). The Magic of Electromagnetic Radiation. *IETE Journal of Education*, 35(3–4), 177–187. <https://doi.org/10.1080/09747338.1994.11436464>
- Dama, M. S., & Bhat, M. N. (2013). Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis. *F1000Research*, 2, 40. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-40.v1>
- De Iuliis, G. N., Newey, R. J., King, B. V., & Aitken, R. J. (2009). Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS ONE*, 4(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006446>
- Dillasamola, D. (2020). *Infertilitas: Kumpulan Jurnal Penelitian Infertilitas*. LPPM – Universitas Andalas.
- Fauziyah, A., & Dwijananti, P. (2013). Pengaruh Radiasi Sinar X Terhadap Motilitas Sperma pada Tikus Mencit. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9, 93–98. PENGARUH RADIASI SINAR X TERHADAP MOTILITAS SPERMA PADA TIKUS MENCIT (Mus muculus)
- Fazirah, C., Batubara, D. A., Syahfitrih, L., Fadilla, M., & Anggraini, R. (2023). *Effects of Electromagnetic Radiation Caused by Cellular Phones. volume 2*.
- Gorpichenko, I., Nikitin, O., Banyra, O., & Shulyak, A. (2014). The influence of direct mobile phone

6260 Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik terhadap Kualitas Sperma: Tinjauan Literatur dalam Konteks Pendidikan Kesehatan - Lalu Wahyu Gde Andika, Nazula Rahma Shafriani
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i5.7439>

radiation on sperm quality. *Central European Journal of Urology*, 67(1), 65–71. <https://doi.org/10.5173/ceju.2014.01.art14>

Jurewicz, J., Radwan, M., Sobala, W., Ligocka, D., Radwan, P., Bochenek, M., & Hanke, W. (2014). Lifestyle and semen quality: Role of modifiable risk factors. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 60(1), 43–51. <https://doi.org/10.3109/19396368.2013.840687>

Kavoussi, P. K., & Kavoussi, S. K. (2024). Do mobile phones and laptop computers really impact sperm? *Arab Journal of Urology*, 00(00), 1–6. <https://doi.org/10.1080/20905998.2024.2381957>

Mladenovic, I., Micic, S., Papic, N., Genbacev, O., & Marinkovic, B. (1994). *Sperm Morphology and Motility In Different Age Populations*. 32(3), 197–205.

Munasinghe, D. A. L., Weerasooriya, M. K. B., Liyanage, J. ., & Wakkumbura, H. P. (2017). Effect of Carrying Cell Phone in Trouser Pocket, on Semen Parameters. *Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 17(2), 33–38.

Nirnasari, M. (2018). Pengaruh Paparan Radiasi Gelombang WI-FI 4G Terhadap Berat Epididimis dan Morfologi Sperma Tikus Jantan Wistar. *Jurnal Keperawatan Silampari, Volume 2*, 285–299. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396%0Ahttps://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379

Om, J. (2019). The Effects of Cell Phone Radiation on the Human Body: An Overview. *European Journal of Engineering Research and Science*, 4(3), 166–169. <https://doi.org/10.24018/ejers.2019.4.3.1192>

Qadrijati, I., Soejono, S. K., & Anwar, M. (2016). *Pajanan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Radiofrekuensi Telepon Seluler Terhadap Kualitas dan Fungsionalitas Spermatozoa Manusia*.

Rahmadiani, D. (2021). Efek Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler pada Kualitas Sperma. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 3(1), 71–80. <https://doi.org/10.37287/jppp.v3i1.320>

Rolland, M., Le Moal, J., Wagner, V., Royère, D., & De Mouzon, J. (2013). Decline in semen concentration and morphology in a sample of 26 609 men close to general population between 1989 and 2005 in France. *Human Reproduction*, 28(2), 462–470. <https://doi.org/10.1093/humrep/des415>

Sciorio, R., Tramontano, L., & Esteves, S. C. (2021). Effects of Mobile Phone Radiofrequency Radiation on Sperm Quality. *Zygote*, 30(2), 159–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S096719942100037X>

Seniari, N. M., & Dharma, B. W. (2020). Penyuluhan Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik. *Pepadu*, 2(1), 230–235.

Sutyarso. (2010). Hubungan Antara Lama Menggunakan Ponsel Dengan Jumlah dan Kualitas Spermatozoa Pada Laki-Laki Fertil. *Majalah Kedokteran Indonesia, Volume 60*.

Yang, W., Duan, Z., Li, G., Geng, H., Gao, Y., Shen, Q., Liu, L., Wang, G., Zha, X., Xu, C., Zhou, P., Song, B., Tang, D., Wu, H., Wei, Z., Tang, F., & He, X. (2024). Association of Lifestyle and Occupational Exposure Factors With Human Semen Quality: a Cross-Sectional Study of 1060 Participants. *System Biology in Reproductive Medicine*, 70(1), 150–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19396368.2024.2357348>

Zalata, A., El-Samanoudy, A. Z., Shaalan, D., El-Baiomy, Y., & Mostafa, T. (2015). In vitro effect of cell phone radiation on motility, DNA fragmentation and Clusterin gene expression in human sperm. *International Journal of Fertility and Sterility*, 9(1), 129–136. <https://doi.org/10.22074/ijfs.2015.4217>