

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Smartphone*

2.1.1 Definisi

Smartphone didefinisikan sebagai perangkat komunikasi multifungsi yang mendukung penggunaannya dalam berbagai aktivitas, seperti jejaring sosial, hiburan, dan pencarian informasi. Hal ini dapat dilakukan hanya dengan menginstal berbagai aplikasi serta terhubung dengan koneksi internet (Deng *et al.*, 2019; Schrock, 2015). *Smartphone* dilengkapi dengan konektivitas nirkabel dan banyak aplikasi, sehingga dinyatakan sebagai perangkat komputasi portabel. *Smartphone* memengaruhi manajemen waktu dan kehidupan sehari-hari penggunaannya (Oulasvirta *et al.*, 2012; Kaysi *et al.*, 2021).

Smartphone juga didefinisikan sebagai *smartphone* dengan sistem operasi (seperti Apple iOS, Android, Windows Phone) yang menawarkan koneksi internet dan memungkinkan penggunaannya mengunduh aplikasi (Taylor & Levin, 2014). Sistem operasi ini bertindak sebagai penghubung antara pengguna dengan perangkat. Adanya sistem operasi ini memungkinkan berbagai aplikasi merekam interaksi manusia dengan *smartphone* sehingga dapat meningkatkan preferensi aplikasi terhadap minat pengguna (Kaysi *et al.*, 2021).

Smartphone kini telah digunakan secara masif. Pada April 2020, sekitar 3,8 miliar orang di lima puluh negara terpadat menggunakan *smartphone*. *Smartphone* saat ini menjadi pintu gerbang yang praktis untuk transfer pengetahuan, menjalankan

e-commerce, dan berbagai kebutuhan lain. Beragam kelebihan tersebut menjadikan *smartphone* penting untuk pertumbuhan ekonomi, sehingga tingkat penggunaannya merupakan bagian dari Global Competitive Index (Sela *et al*, 2022).

2.1.2 Pola Penggunaan Smartphone pada Mahasiswa Kedokteran

Penelitian oleh Sharma, *et al*, 2019, menunjukkan bahwa hampir 100% dari 164 mahasiswa kedokteran SMS Medical College, India, menggunakan *smartphone*. Penelitian tersebut menunjukkan durasi rata-rata penggunaan *smartphone* oleh mahasiswa kedokteran adalah 3-6 jam per hari. Ketika memasuki jam belajar, sebanyak 40,85% mahasiswa kedokteran mengaktifkan mode senyap, 35,82% tetap dalam mode dering, dan 20,12% dalam mode getar. Hanya 9,75% siswa yang berani melepaskan diri dari *smartphone* dengan mematikannya selama jam belajar.

Penelitian lain oleh Latif, *et al*, 2019, mengungkap bahwa mayoritas siswa menggunakan *smartphone* untuk pendidikan (62,7%), komunikasi (81,7%) dan rekreasi (82,5%). Pada mahasiswa kedokteran, *smartphone* digunakan untuk membuka *e-book* (70%), *podcast* medis (60%), kalkulator medis (75%), kuliah online (50%) dan pencatatan (45%). Penggunaan *smartphone* secara rasional terbukti meningkatkan prestasi akademik mahasiswa kedokteran.

2.2 Nyeri Kepala

Nyeri kepala merupakan gangguan neurologis yang ditandai dengan sensasi nyeri pada area kepala dan bisa juga diikuti oleh nyeri pada wajah dan/atau leher (Bahar, 2021). Nyeri kepala menjadi salah satu masalah kesehatan yang paling umum dikeluhkan oleh masyarakat di seluruh dunia. Berdasarkan penyebabnya nyeri kepala

diklasifikasikan menjadi nyeri kepala primer dan nyeri kepala sekunder. Nyeri kepala primer adalah nyeri yang tidak terakit dengan penyakit lain, adapun nyeri kepala sekunder merupakan nyeri kepala yang dipicu oleh penyakit lain (IHS, 2018).

Berdasarkan penyebabnya, *International Headache Society* mengklasifikasikan nyeri kepala menjadi nyeri kepala primer dan nyeri kepala sekunder. Nyeri kepala primer adalah nyeri pada area kepala yang tidak terakit dengan penyakit lain. Nyeri kepala primer memiliki beberapa tipe, yaitu:

1. *Tension-type headache* (nyeri kepala tipe tegang)
2. *Migrain*
3. *Trigeminal autonomic cephalalgias* (nyeri kepala tipe cluster)
4. Nyeri kepala primer lain, seperti nyeri kepala akibat olahraga dan nyeri kepala akibat batuk.

Nyeri kepala yang dipicu oleh penyakit atau masalah lain, maka digolongkan sebagai nyeri kepala sekunder. Nyeri kepala sekunder dapat terjadi akibat penyakit-penyakit berikut:

1. Trauma pada kepala atau leher
2. Kelainan vaskular kranial atau servikal
3. Kelainan intrakranial nonvascular
4. Pemakaian obat maupun putus obat
5. Infeksi
6. Kelainan homeostasis
7. Gangguan psikiatri

8. Lesi pada nervus kranial dan nyeri wajah lainnya
9. Gangguan pada tengkorak, leher, mata, telinga, hidung, sinus, gigi, mulut, atau struktur wajah lainnya (IHS, 2018).

2.2.1 Migrain

2.2.1.1 Definisi

Migrain memiliki dua tipe yang masing-masing didefinisikan sebagai berikut:

1. Migrain tanpa aura

Migrain tanpa aura adalah sindrom klinis yang ditandai oleh sakit kepala dengan gambaran spesifik dan gejala terkait. Diagnosis migrain tanpa aura tegak bila memenuhi kriteria berikut:

- A. Setidaknya lima serangan yang memenuhi kriteria B–D.
- B. Serangan sakit kepala berlangsung 4–72 jam (bila tidak diobati atau tidak berhasil diobati).
- C. Sakit kepala memiliki setidaknya dua dari empat karakteristik berikut:
 1. Lokasi unilateral
 2. Kualitas berdenyut
 3. Intensitas nyeri sedang atau berat
 4. Diperparah oleh atau menyebabkan penghindaran aktivitas fisik rutin (misalnya berjalan atau menaiki tangga)
- D. Selama sakit kepala setidaknya salah satu dari berikut ini:
 1. Mual dan/atau muntah
 2. Fotofobia dan fonofobia

E. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya (IHS, 2018).

2. Migrain dengan aura

Migrain dengan aura terutama ditandai dengan gejala neurologis fokal sementara yang biasanya mendahului atau terkadang menyertai sakit kepala.

Diagnosis migrain dengan aura tegak bila memenuhi kriteria berikut:

A. Sekurang-kurangnya dua serangan yang memenuhi kriteria B dan C.

B. Satu atau lebih dari gejala aura reversible berikut ini:

1. Visual
2. Sensorik
3. Bicara dan/atau bahasa
4. Motorik
5. Batang otak
6. Retina

C. Setidaknya tiga dari enam karakteristik berikut:

1. Setidaknya satu gejala aura menyebar secara bertahap selama 5 menit
2. Dua atau lebih gejala aura terjadi berturut-turut
3. Setiap gejala aura individu berlangsung 5–60 menit
4. Setidaknya satu gejala aura bersifat unilateral
5. Setidaknya satu gejala aura positif
6. Aura disertai, atau diikuti dalam 60 menit, oleh sakit kepala

D. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya. (IHS, 2018).

2.2.1.2 Epidemiologi

Migrain mempengaruhi 12% populasi, menyerang hingga 17% perempuan dan 6% pria setiap tahunnya. Puncaknya ialah pada usia 20-24 tahun untuk perempuan, dan usia 15-19 tahun untuk pria. Pada anak-anak, insidensi pada anak perempuan lebih tinggi daripada anak laki-laki. Migrain cenderung diturunkan dalam keluarga. Jika salah satu orang tua memiliki riwayat migrain, maka resiko anak mengidap migrain sebesar 40%. Resiko tersebut meningkat menjadi 75% bila kedua orang tua memiliki riwayat migrain. (Marco *et al*, 2022; Abyuda & Kurniawan, 2021).

Prevalensinya naik pada masa pubertas tetapi terus meningkat hingga usia 35 sampai 39 tahun. Prevalensi tersebut akan menurun di kemudian hari, terutama setelah menopause. Migrain dianggap sebagai penyebab utama kedua kecacatan setelah sakit punggung sehubungan dengan tahun hidup orang yang hidup dengan kecacatan (Marco *et al*, 2022).

2.2.1.3 Etiologi

Migrain terjadi karena sensitivitas otak meningkat secara berlebihan. Sejauh ini, hipersensitivitas pada migrain dipercaya berasal dari induksi respons korteks dan brainstem yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya habituasi defektif. Sensitivitas tersebut meningkat pada beberapa rangsang, seperti suara, cahaya, penciuman, dan gerakan (Marco *et al*, 2022).

2.2.1.4 Faktor Resiko

Menurut Marco *et al*, 2022, migrain dapat dipicu oleh beberapa faktor berikut:

1. Stres (80%)
2. Perubahan hormonal selama menstruasi, ovulasi, dan kehamilan (65%)
3. Melewatkan makan (57%)
4. Perubahan cuaca (53%)
5. Tidur berlebihan atau kurang (50%)
6. Bau, seperti parfum dan sulingan minyak bumi (40%)
7. Sakit leher (38%)
8. Paparan cahaya (38%)
9. Konsumsi alkohol (38%)
10. Merokok (36%) Terlambat tidur di 32%
11. Panas (30%)
12. Makanan, aspartam sebagai faktor yang mungkin, dan tyramine dan coklat sebagai faktor yang belum terbukti (27%)
13. Olahraga (22%)
14. Aktivitas seksual (5%)

2.2.1.5 Patofisiologi

Menurut teori vaskular migrain, sakit kepala dihasilkan oleh vasodilatasi sedangkan aura oleh vasokonstriksi, tetapi teori ini tidak lagi digunakan. Saat ini, migrain dipercaya berasal dari serangkaian perubahan intrakranial dan ekstrakranial yang disebabkan oleh beberapa gangguan saraf primer.

Gangguan saraf primer akan menyebabkan aktivasi aferen trigeminal oleh pembukaan kanal neuron pannexin-1 dan selanjutnya mengaktivasi caspase-1.

Rangkaian peristiwa ini diikuti oleh pelepasan mediator proinflamasi, aktivasi NF- κ B (nuclear factor kappa-B), dan penyebaran ini sinyal inflamasi ke serabut saraf trigeminal di sekitar pembuluh pia mater. Hal ini menyebabkan serangkaian peristiwa kortikal, meningeal, dan batang otak yang selanjutnya memicu peradangan pada meninges yang peka terhadap rasa sakit. Peristiwa ini mengakibatkan sakit kepala melalui mekanisme sentral dan perifer. Jalur ini dapat menjelaskan depresi kortikal yang membentuk aura dan aktivasi nosisepsi trigeminal berkepanjangan yang menyebabkan sakit kepala.

Berdasarkan vasodilatasi, edema, dan ekstrasvasi protein plasma, peradangan neurogenik dihasilkan dari aktivasi nosiseptor. Hal ini terkait dengan pelepasan substansi P, peptida terkait gen kalsitonin (calcitonin gene-related peptide), neurokinin a, dan semua neuropeptida vasoaktif yang dibebaskan oleh stimulasi ganglion trigeminal. Peningkatan kadar neuropeptida ini terbukti ditemukan dalam cairan tulang belakang pasien migrain kronis. Peradangan neurogenik dapat menyebabkan sensitisasi, yaitu proses di mana neuron cenderung menjadi lebih responsif terhadap rangsangan. Hal ini dapat menjelaskan beberapa gejala klinis nyeri dan perubahan dari migrain episodik menjadi migrain kronis (Marco *et al*, 2022).

2.2.1.6 Gejala Klinis

Pada serangan migrain, jalur trigeminothalamic ascending teraktivasi. Hal ini menyebabkan eksitabilitas saraf yang pada akhirnya menimbulkan sensasi nyeri kepala. Sensasi nyeri yang dirasakan adalah seperti berdenyut dan akan terus meningkat seiring peningkatan tekanan intracranial. Gejala ini dapat disertai dengan

mual, muntah, sensitive terhadap cahaya dan suara. Pada tingkat yang berat, dapat juga menimbulkan disabilitas. Dalam beberapa kasus, penderita juga mengalami nyeri otot dan allodynia (Abyuda & Kurniawan, 2021).

2.2.2 Tension Type Headache

2.2.2.1 Definisi

Tension Type Headache (TTH) merupakan nyeri kepala berulang di mana penderitanya merasakan sensasi nyeri seperti ditekan atau terasa kencang dan bilateral. TTH biasanya terjadi dalam intensitas ringan sampai sedang dan tidak memburuk dengan aktivitas ringan (seperti berjalan). Durasi episode TTH dapat bervariasi dari 30 menit hingga 7 hari. TTH dapat diikuti oleh fotofobia dan fonofobia, namun demikian TTH umumnya tidak diikuti oleh mual dan muntah. TTH memiliki beberapa nama lain, diantaranya *tension headaches*, *psychomyogenic headaches*, dan *muscle contraction headache* (Shah & Hameed, 2022; Muthmainnina & Kurniawan, 2022).

2.2.2.2 Epidemiologi

TTH adalah jenis gangguan nyeri kepala primer yang paling umum ditemui dan salah satu kondisi yang paling umum di dunia. TTH mempengaruhi sekitar seperlima dari populasi dunia. Suatu studi epidemiologi di Denmark mengungkapkan bahwa sekitar 78% populasi orang dewasa memiliki setidaknya satu episode TTH dalam hidup mereka. TTH lebih sering terjadi pada perempuan dibandingkan dengan pria (female-to-male, 3 to 1). TTH juga merupakan jenis sakit kepala yang paling

umum pada anak-anak. Namun, usia rata-rata penderita TTH tetap berkisar antara 25 hingga 30 tahun.

2.2.2.3 Faktor Pencetus

Penyebab pasti TTH tidak sepenuhnya dipahami. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa TTH berkaitan dengan beberapa faktor, termasuk nutrisi, otot, lingkungan, dan genetika. Kekurangan vitamin ditengarai menjadi salah satu pencetus TTH, diantara andalah vitamin B2 dan vitamin D. Faktor lingkungan dan otot juga merupakan kemungkinan penyebab sakit kepala karena tegang. Postur tubuh yang buruk, seperti fleksi leher yang berlebihan saat bermain video game dan/atau menonton layar komputer, menyebabkan lebih banyak tekanan pada sendi atlantoaxial-vertebra servikal atas. Bahu berusaha mengimbangi dengan membungkuk ke depan untuk mengurangi stres yang menyebabkan ketidakseimbangan otot, dengan beberapa area mengencang untuk menciptakan sakit kepala karena tegang (Shah & Hameed, 2022). Selain itu, alcohol dan menstruasi juga menjadi pencetus pada beberapa pasien TTH (Muthmainnina & Kurniawan, 2022).

2.2.2.4 Patofisiologi

Patofisiologi TTH belum diketahui dengan jelas. Namun, titik pemicu/*trigger point* myofascial diduga terlibat dalam patogenesis TTH. *Trigger point* adalah area tertentu, biasanya terletak di tingkat otot rangka, yang bila ditekan dapat menimbulkan rasa sakit dan menimbulkan rasa sakit di area tubuh tertentu. Otot-otot perikranial dianggap sebagai *trigger point* TTH. Kontraksi otot perikranial yang berlebihan dapat menyebabkan iskemia dan pelepasan zat berbahaya, seperti zat P,

yang dapat menyebabkan nyeri lebih lanjut. Seiring waktu, titik pemicu ini mungkin bersifat laten, yang berarti memancarkan nyeri hanya dengan palpasi, atau aktif, yang menyebabkan nyeri terus-menerus. Studi osteopatik menunjukkan bahwa pengetatan otot suboksipital dan leher bagian atas dapat menyebabkan tarikan materi dural, membentuk jembatan myodural, yang bisa sangat menyakitkan. Ada juga hipotesis bahwa disfungsi otonom mungkin juga berperan dalam patofisiologi TTH, terutama akibat gangguan tidur. Kurang tidur dapat menyebabkan peningkatan kelelahan yang menyebabkan *overdrive* simpatik yang lebih besar, yang selanjutnya memperburuk atau menyebabkan sakit kepala. TTH juga dapat terjadi karena disfungsi dalam materi kortikal otak. Nukleus caudalis trigeminal berisi jalur nosiseptif wajah, yang mentransmisikan sinyal nyeri ke thalamus posteromedial ventral. Ketika distimulasi dengan molekul yang dikenal sebagai orexin, jalur nosiseptif di dalam nukleus trigeminal caudalis menjadi terhambat. Dengan tidur yang tidak konsisten, para peneliti mendalilkan bahwa pelepasan orexin menjadi berkurang, dan oleh karena itu, berkurangnya pemblokiran nukleus trigeminal menyebabkan sakit kepala (Shah & Hameed, 2022).

2.2.2.5 Gejala Klinis

TTH dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan frekuensi serangan. Masing-masing tipe tersebut tegak apabila memenuhi kriteria berikut:

1. *Infrequent Episodic Tension-Type Headache:*

- A. Setidaknya 10 episode sakit kepala yang terjadi rata-rata <1 hari/bulan (<12 hari/tahun) dan memenuhi kriteria B–D.

B. Berlangsung dari 30 menit hingga tujuh hari.

C. Setidaknya dua dari empat ciri berikut:

1. Lokasi bilateral
2. Kualitas menekan atau mengencang (tidak berdenyut)
3. Intensitas ringan atau sedang
4. Tidak diperparah oleh aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau menaiki tangga

D. Keduanya berikut ini:

1. Tidak ada mual atau muntah
2. Tidak lebih dari satu fotofobia atau fonofobia.

E. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya (HIS, 2018).

2. *Frequent Episodic Tension-Type Headache:*

A. Setidaknya 10 episode sakit kepala yang terjadi rata-rata 1–14 hari/bulan selama >3 bulan (12 dan <180 hari/tahun) dan memenuhi kriteria B–D

B. Berlangsung dari 30 menit hingga tujuh hari

C. Pada sedikitnya dua dari empat ciri berikut:

1. Lokasi bilateral
2. Kualitas menekan atau mengencang (tidak berdenyut)
3. Intensitas ringan atau sedang

4. Tidak diperparah oleh aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau menaiki tangga

D. Kedua hal berikut ini:

1. Tidak ada mual atau muntah
2. Tidak lebih dari satu fotofobia atau fonofobia

E. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya.

3. *Chronic Tension-Type Headache*

A. Nyeri kepala yang terjadi rata-rata 15 hari/bulan selama >3 bulan (180 hari/tahun), memenuhi kriteria B–D.

B. Berlangsung berjam-jam hingga berhari-hari, atau tak henti-hentinya.

C. Setidaknya dua dari empat karakteristik berikut:

1. Lokasi bilateral
2. Kualitas seperti ditekan atau dikencangkan (tidak berdenyut)
kualitas
3. Intensitas ringan atau sedang
4. Tidak diperparah oleh aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau menaiki tangga

D. Kedua hal berikut:

1. Tidak lebih dari satu fotofobia, fonofobia atau mual ringan
2. Bukan mual atau muntah sedang atau berat

E. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya.

2.2.3 Cluster Headache

2.2.3.1 Definisi

Cluster headache (CH) merupakan *trigeminal autonomic cephalalgias* (TACs) yang paling umum ditemui. *Trigeminal autonomic cephalalgias* (TACs) adalah jenis gangguan nyeri kepala primer yang ditandai dengan nyeri pada distribusi divisi pertama saraf trigeminal secara paralel dengan fitur otonom kranial di sisi kepala yang sama. CH ditandai dengan serangan rasa sakit unilateral yang parah pada area orbital, supraorbital, temporal, atau kombinasi dari semuanya, berlangsung 15–180 menit, dan terjadi dari dua hari sekali hingga delapan kali sehari. Nyeri dikaitkan dengan injeksi konjungtiva ipsilateral, lakrimasi, hidung tersumbat, rinore, keringat dahi dan wajah, miosis, ptosis, edema kelopak mata, dan dengan kegelisahan atau agitasi (Ljubisavljevic & Trajkovic, 2018).

2.2.3.2 Epidemiologi

CH lebih jarang terjadi dibandingkan gangguan sakit kepala primer lainnya (migrain dan sakit kepala tipe tegang), dengan prevalensi populasi hingga 0,1%. Rasio pria-perempuan bervariasi antara 2,5:1 dan 3,5:1. Meskipun pasien dapat terkena pada usia berapa pun, serangan CH biasanya dimulai antara usia 20 dan 40 tahun.

CH memiliki kecenderungan diturunkan. Kerabat tingkat pertama dari pasien CH diperkirakan memiliki peningkatan risiko 10 hingga 50 kali lipat untuk mengembangkan CH. Merokok juga dikaitkan dengan CH, sekitar 65% pasien menjadi perokok aktif atau melaporkan riwayat merokok. Data terbaru, Rozen *et al*, 2018, menunjukkan tingkat merokok yang lebih tinggi dari 88% di antara pasien CH.

Perjalanan alami CH bisa sulit diprediksi, dengan beberapa orang menunjukkan transisi dua arah antara bentuk kondisi episodik dan kronis. Serangan yang lebih jarang dan lebih lama, dan terkadang permanen dapat terjadi dengan bertambahnya usia (Ljubisavljevic & Trajkovic, 2018).

2.2.3.3 Patofisiologi

Nyeri unilateral yang parah pada CH dimediasi oleh aktivasi divisi pertama dari saraf trigeminal (ophthalmik), gejala otonom terkait disebabkan oleh aktivasi aliran parasimpatis kranial dari saraf kranial ketujuh/nervus facialis. Gejala otonom pada CH dapat menjadi konsekuensi dari disregulasi otonom sentral akibat gangguan hipotalamus. Hal tersebut dapat juga sebagai bentuk konsekuensi dari vasodilatasi dan edema perivaskular akibat overaktivitas parasimpatis trigeminal selama serangan yang membahayakan kanal karotis dan serabut simpatis yang melintasi, atau gejala otonom mungkin muncul sekunder akibat pelepasan trigeminal.

2.2.3.4 Etiologi

Belum diketahui pasti etiologi dari CH. Namun CH diperkirakan berkaitan dengan hubungan antara hipotalamus, sistem trigeminovaskular, dan serabut saraf parasimpatis yang terlibat dalam refleksi otonom trigeminal (Anisa & Kurniawan, 2022)

2.2.3.5 Gejala Klinis

Diagnosis cluster headache tegak apabila gejala klinis pasien memenuhi kriteria berikut:

- A. Setidaknya lima serangan yang memenuhi kriteria B–D

- B. Nyeri orbita, supraorbital, dan/atau temporal unilateral yang parah atau sangat parah berlangsung 15–180 menit (bila tidak diobati)
- C. Salah satu atau kedua hal berikut:
 - 1. Setidaknya salah satu dari gejala atau tanda berikut, ipsilateral dari sakit kepala:
 - a) Injeksi konjungtiva dan/atau lakrimasi
 - b) Hidung tersumbat dan/atau rinore
 - c) Edema kelopak mata
 - d) Keringat di dahi dan wajah
 - e) Miosis dan/atau ptosis
 - 2. Rasa gelisah atau agitasi
- D. Terjadi dengan frekuensi antara satu hari sekali dan delapan kali sehari
- E. Tidak lebih baik diterangkan oleh diagnosis ICHD-3 lainnya.

2.3 Pengaruh Durasi Penggunaan *Smartphone* dengan Kejadian Nyeri Kepala

Smartphone merupakan perangkat komunikasi serba guna yang fungsinya telah banyak berkembang sehingga dapat merangkum berbagai aplikasi menarik dalam satu perangkat. Aplikasi tersebut diantaranya adalah *website*, *game*, dan media sosial. Berbagai aplikasi tersebut dapat menyebabkan efek adiksi sehingga durasi penggunaan *smartphone* meningkat.

Penggunaan *smartphone* dapat memicu terjadinya nyeri kepala diakibatkan oleh perubahan kondisi selama penggunaan *smartphone* tersebut, diantaranya adalah:

adanya medan frekuensi radio, perubahan suhu, kebisingan, serta berbagai kombinasinya.

Smartphone sendiri diketahui memancarkan dan menerima radiasi frekuensi radio dalam rentang gelombang mikro 900-1800MHz. Emisi radiasi *radio frequency* (RF) dari *smartphone* dan stasiun pangkalan yang menerima dan mengirimkan sinyal dikhawatirkan dapat memengaruhi kesehatan. Paparan radiasi RF memengaruhi kesehatan melalui dua cara, yaitu efek termal (pemanasan) yang terutama disebabkan oleh mendekatkan *smartphone* ke tubuh dan juga kemungkinan efek non-termal (Al-Khaiwi & Meo, 2004). Secara nontermal, gelombang mikro mempengaruhi sistem dopamin-opiat otak serta meningkatkan permeabilitas sawar darah otak. Hal ini dimungkinkan menjadi faktor yang mendasari sakit kepala yang dilaporkan oleh pengguna *smartphone*. Selama penggunaan *smartphone*, didapatkan pula paparan sinar biru yang dapat meningkatkan sekresi dopamin sehingga semakin memperpanjang durasi terpaparnya radiasi RF (Gregoire, *et al*, 2023; Szyjkowska, *et al*, 2014).

Perkembangan teknologi jaringan seluler pun turut memengaruhi dampak paparan *smartphone* terhadap kesehatan. Studi yang dilakukan D'Silva, dkk, pada tahun 2017 mengenai "Pengaruh Radiasi Frekuensi Radio yang Dipancarkan Ponsel 2G dan 3G terhadap Perkembangan Hati Embrio Anak Ayam", menunjukkan bahwa paparan kronis hati embrio ayam terhadap radiasi FR yang dipancarkan dari ponsel 2G dan 3G mengakibatkan berbagai perubahan struktural dan kerusakan DNA. Perubahan lebih nyata pada kelompok eksperimen 3G. Selain itu juga diketahui

bahwa spectrum frekuensi setiap generasi berbeda, seperti ponsel generasi kelima (5G) yang diperkirakan akan menggunakan spektrum frekuensi hingga 80 GHz, sedangkan ponsel generasi kedua, ketiga, dan keempat (2G, 3G, 4G) memancarkan frekuensi radio pada rentang frekuensi 0,7–2,7 GHz (NIH, 2020).

Studi sebelumnya telah menunjukkan kebiasaan penggunaan *smartphone* yang bermasalah menyebabkan kelebihan beban mental, gangguan tidur, stres, penurunan fungsi kognitif, depresi, dan sakit kepala. Selain itu, kelelahan, cepat lelah, sakit fisik, dan sakit kepala juga lazim dialami pengguna *smartphone* di malam hari selama waktu tidur. Dalam beberapa tahun terakhir, sakit kepala adalah salah satu sindrom nyeri yang paling sering dilaporkan (Kosasih *et al*, 2020).

