

Pengaruh Shielding Aluminium Foil terhadap Perubahan Ketebalan Lapisan Epitel Kornea Akibat Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik pada Tikus Wistar Jantan

Dion K. Dharmawan¹, Viskasari P. Kalanjati² and Abdurachman²

¹Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Jember, Jember

²Departemen Anatomi dan Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Surabaya

e-mail korespondensi: dion.fk@unej.ac.id

Received 19 Februari 2020, accepted 24 April 2020

Abstrak

Ponsel telah diketahui memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik (RGEM) yang digunakan sebagai media dalam telekomunikasi. Dampak buruk akibat paparan RGEM dapat terjadi pada lapisan epitel kornea mata yang secara anatomis terletak pada bagian anterior. Kami melakukan penelitian potensi aluminium foil (AF) sebagai perisai terhadap RGEM yang diukur dengan membandingkan ketebalan lapisan epitel kornea mata tikus kelompok kontrol dan perlakuan. Masing-masing tikus dimasukkan ke masing-masing kandang paparan secara terpisah. Sumber paparan RGEM berupa ponsel GSM 2100 (Taiwan) dengan SAR 0,84 – 1,86 W/kg yang tersambung wifi yang diletakkan di bagian bawah setiap kandang paparan tikus dengan paparan 4 jam /hari. Sejumlah 32 tikus dengan usia 2-3 bulan diacak dan dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok kontrol tanpa paparan RGEM terbagi menjadi K1 (tanpa pemberian AF) dan K2 (dengan pemberian AF). Sedangkan kelompok perlakuan yang diberi paparan RGEM terbagi menjadi P1 (tanpa pemberian AF) dan P2 (dengan pemberian AF). Hasil yang didapatkan bahwa kelompok P1 memiliki ketebalan lapisan epitel kornea paling tipis dibandingkan kelompok lainnya, namun secara statistik tidak signifikan (uji *Kruskal Wallis*; *p value* 0,147). Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, AF kemungkinan dapat menurunkan stres oksidatif yang memicu apoptosis pada lapisan epitel kornea mata dengan proses *shielding* sumber paparan RGEM.

Kata kunci: elektromagnetik, lapisan epitel kornea, stres oksidatif.

Abstract

*Cellphones emit electromagnetic wave radiation (RGEM) which was used as a matter in telecommunications. The adverse effects due to exposure of RGEM might occurred in the corneal epithelial layer of eye because of the location anatomically in the anterior part. We conducted a study of the potential of aluminum foil (AF) as a shield against RGEM by measuring and comparing the thickness of the corneal epithelial layer of the rat's eyes in the control and experimental groups. Each rat was put into the exposure cage by separately. The source of RGEM exposure was GSM 2100 (Taiwan) cellphone with SAR 0.84 - 1.86 W / kg connected to wifi which was placed at the bottom of each exposure cage in 4 hours/day exposure for 30 days. A total of 32 mice aged 2-3 months were randomized and divided into 4 groups. The control group without RGEM exposure was divided into K1 (without AF) and K2 (with AF). Whilst the experiment group which was given RGEM exposure was divided into P1 (without AF) and P2 (with AF). The result showed that the P1 group had been the thinnest corneal epithelial layer thickness rather than other groups (Kruskal Wallis test; *p-value* 0,147). From this study, it can be concluded that AF might reduce oxidative stress which triggers apoptosis in the corneal epithelial layer of the eye by shielding the source of RGEM exposure.*

Keywords: electromagnetic, corneal epithelial layers, oxidative stress

1. Pendahuluan

Ponsel memiliki berbagai fasilitas dan kemudahan dalam komunikasi sehingga penggunaannya sangat berkembang pesat saat ini.^{1,2} Namun, ponsel juga memancarkan radiasi dan menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai media telekomunikasi, sehingga dapat berakibat buruk akibat stres oksidatif yang ditimbulkannya pada jaringan biologis.^{3,4} Energi radiasi tersebut dapat terserap oleh jaringan biologis dengan tingkat kerusakan yang bergantung pada sifat konduktivitas listrik dan permitivitas kemagnetan yang disebut sebagai *specific absorption rate* (SAR in W/Kg).⁵

Lapisan epitel kornea disebut juga dengan epitel skuamosa bertingkat memiliki ketebalan kurang lebih 50 μm , terdiri atas 5 lapis sel epitel non-keratin yang saling tumpang tindih. Pada bagian dasar epitel tersebut terdapat sel basal yang berfungsi sebagai sel proliferasi, dan sering ditemukan proses mitosis untuk mengganti sel di atasnya.^{6,7}

Pada bagian epitel kornea terdapat banyak akhilar saraf bebas sehingga sangat sensitif terhadap sentuhan yang mengakibatkan reflek berkedip, mengeluarkan air mata hingga rasa nyeri.⁶ Selain itu, terdapat lapisan tipis air mata pra-kornea (*tear films*) yang berfungsi untuk memelihara kejernihan kornea dan terdiri atas lipid dan protein.⁷

Lapisan epitel kornea yang terletak anterior selalu terpapar oleh lingkungan luar. Jaringan bola mata sebagian besar komposisinya tersusun oleh cairan memiliki konduktivitas kelistrikan yang cukup besar. Sehingga radiasi gelombang elektromagnetik ponsel dapat mempengaruhi jaringan biologis bola mata.⁵

Aluminium foil dapat menjadi perisai (*shielding*) terhadap radiasi gelombang elektromagnetik. Efektivitas pelindung AF tergantung pada jenis bidang yang akan digunakan (gelombang listrik, gelombang

magnetik, atau gelombang bidang), ketebalan foil, dan frekuensi (yang menentukan kedalaman lapisan). Efektivitas aluminium foil menjadi perisai karena memiliki potensi *reflection loss* (sebagian besar energi yang dipantulkan oleh perisai dibandingkan penetrasi) dan *absorption loss* (energi didisipasikan dalam perisai).^{8,9}

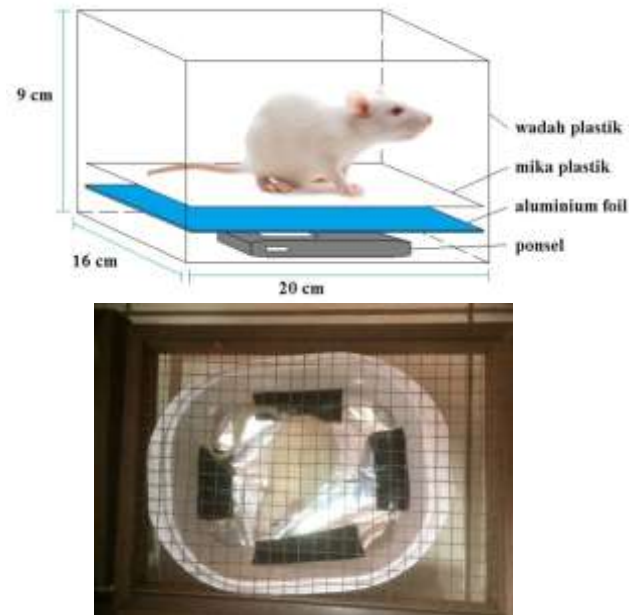
Dalam penelitian ini, keefektifan aluminium foil terhadap perubahan kornea mata tikus akibat paparan radiasi gelombang elektromagnetik ponsel akan diamati dan dibandingkan dengan kelompok kontrol.

2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratoris yang telah disetujui Unit Bioetik dan Humaniora Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga (No. 167/EC/KEPK/FKUA/2017). Penelitian ini menggunakan 32 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) strain Wistar yang berusia 2-3 bulan. Sejumlah 32 ekor tikus diacak dan dibagi menjadi 4 kelompok dengan jumlah masing-masing kelompok 8 ekor ($n=8$). Keempat kelompok dibagi menjadi 2 yakni kelompok kontrol yang tidak diberikan paparan RGEM dan kelompok perlakuan yang diberikan paparan RGEM. Kelompok K1 dan K2 adalah kelompok kontrol tanpa pemberian aluminium foil (K1) dan diberi aluminium foil (K2). Sedangkan kelompok P1 dan P2 merupakan kelompok perlakuan tanpa pemberian aluminium foil (P1) dan diberikan aluminium foil (P2). Lama paparan RGEM 4 jam sehari secara terus menerus selama 30 hari.^{10,11}

Setelah proses aklimatisasi, masing-masing tikus dimasukkan ke dalam kandang paparan yang berupa wadah plastik yang tertutup anyaman kawat (gambar 1). Ponsel yang digunakan GSM 2100 (Taiwan) dengan SAR 0,84 – 1,86 W/kg yang tersambung wifi dan terbungkus plastik klip yang diletakkan pada bagian bawah; lembar aluminium foil 10 x 0,2 mm di letakkan di atas ponsel; dan mika

plastik pelindung diletakkan di atas aluminium foil. Hasil pengukuran kondisi ini sudah terbukti dapat menurunkan RGEM berdasarkan medan listrik dan medan magnetnya yang telah diukur menggunakan *Electromagnetic Radiation Tester* versi GM 3120-EN-00 (Benetech, China).^{10,11}



Gambar 1. Kandang paparan. Kandang paparan berupa wadah plastik yang ditutup oleh anyaman kawat. Lokasi sumber paparan (ponsel) dan AF, secara berurutan dari bawah hingga ke atas adalah ponsel (yang dilapisi plastik klip); AF (10 x 0,2 mm); mika plastik (sebagai pelindung fisik).

Pada hari ke-31, tikus dianestesi dan didekapitasi untuk pengambilan bola mata (gambar 2). Jaringan bola mata kiri diproses menggunakan larutan fiksasi Bouin dan Alkohol 70% dengan proses pewarnaan *hematoxylin – eosin* (HE); irisan melalui bidang ekuator, dengan ketebalan 7 μm . Pengamatan ketebalan lapisan epitel kornea diukur dalam satuan mikrometer (μm) menggunakan mikroskop cahaya terintegrasi program komputer yakni Olympus CX-41 (Jepang) dan program *Cell Sens* (Olympus, Jepang) serta software *Image Raster* (Miconos, Data Nusantara, Indonesia) dengan

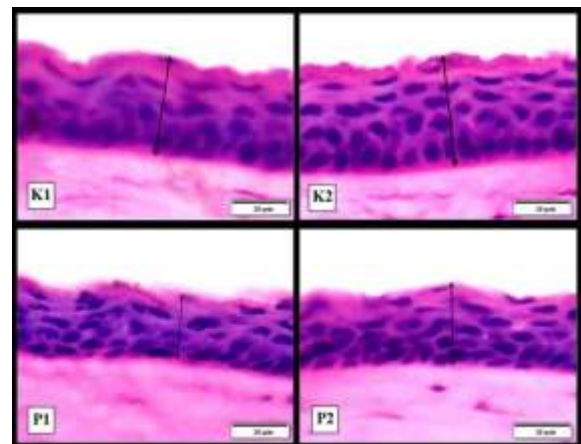
pengulangan 2 kali.¹¹ Hasil dari keempat kelompok dianalisis menggunakan uji uji Kruskal Wallis dengan *post hoc Mann Whitney* dengan nilai signifikan $p < 0,05$ (SPSS versi 17).



Gambar 2. Proses pengambilan bola mata tikus.

3. Hasil

Hasil pengukuran ketebalan lapisan epitel kornea pada kelompok K1, K2, P1 dan P2 dirangkum pada tabel 1, gambar 3 dan gambar 4. Secara mikroskopis kelompok P1 terlihat lebih tipis dibandingkan kelompok lainnya. Pada kelompok kontrol nampak lebih tebal dibandingkan kelompok perlakuan.

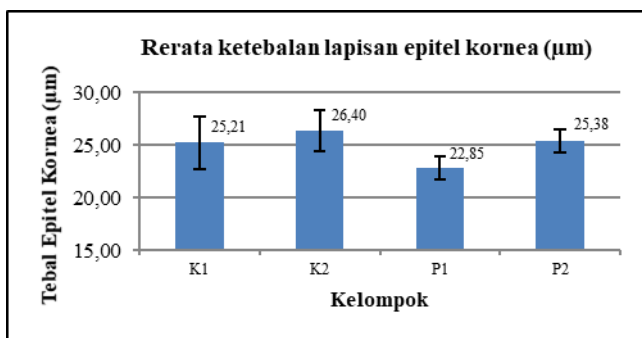


Gambar 3. Hasil pengamatan ketebalan lapisan epitel kornea Tikus Wistar Jantan pada keempat kelompok menggunakan mikroskop. Pada gambar menunjukkan gambaran histologi lapisan epitel kornea mata pada kelompok P1 paling tipis dibandingkan kelompok lainnya. Kelompok kontrol (K1 dan K2) nampak lebih tebal dibandingkan kelompok perlakuan (P1 dan P2).

Tabel 1. Hasil rerata dan uji normalitas ketebalan lapisan epitel kornea.

Kelompok	Rerata ketebalan epitel kornea (μm)
K1 (n=8)	25,21 \pm 5,06
K2 (n=8)	26,40 \pm 6,22
P1 (n=8)	22,85 \pm 2,64
P2 (n=8)	25,38 \pm 2,88

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kelompok P1 memiliki ketebalan lapisan epitel kornea lebih rendah dibandingkan dengan kelompok K1, K2, dan P2 namun tidak bermakna secara statistik (nilai $p = 0,147$; uji *Kruskal Wallis*) (tabel 5.4.).



Gambar 4. Diagram batang rerata ketebalan lapisan epitel kornea Tikus Wistar Jantan. Keterangan: kelompok P1 memiliki ukuran lapisan epitel kornea paling tipis dibandingkan yang lain. Kelompok P2 memiliki ukuran lapisan epitel kornea lebih tebal dibandingkan dengan kelompok P1.

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian ini, lapisan epitel kornea pada kelompok P1 memiliki ukuran paling tipis dibandingkan dengan kelompok yang lain. Tipisnya lapisan epitel kornea pada kelompok P1 kemungkinan disebabkan oleh adanya proses apoptosis yang dipercepat.¹² Menurut penelitian sebelumnya, apoptosis yang dipicu oleh RGEM kemungkinan dapat berkaitan dengan proses denaturasi protein, kerusakan DNA dan lipid peroksidasi.¹³

Tipisnya lapisan epitel kornea pada kelompok P1 dapat disebabkan karena paparan RGEM memicu denaturasi protein, seperti *protein kinase C* (PKC) yang merupakan salah satu enzim regulator untuk mengontrol aktivitas sel seperti proliferasi, sintesis protein dan inhibisi apoptosis. Penurunan enzim PKC akibat proses denaturasi protein dan penurunan ion kalsium dapat mengakibatkan perubahan fungsi sel dan bahkan apoptosis.¹⁴⁻¹⁶

Paparan RGEM yang lebih besar pada kelompok P1 menyebabkan peningkatan aktivitas mitokondria beserta produk metabolitnya yang berupa *reactive oxygen species* (ROS). Peningkatan ROS dapat berikatan dengan berbagai molekul terutama lipid, gugus fosfat dan gula pada DNA. Ikatan ROS pada gugus fosfat dan gula pada DNA menyebabkan perubahan struktur dan fungsi sel. Perubahan struktur DNA yang tidak terkompensasi menyebabkan kematian sel melalui proses apoptosis dengan biomarker 8-hydroxy-29 deoxyguanosine (8-OH-dG).³

Pada kelompok P1, paparan RGEM yang lebih besar dapat meningkatkan permeabilitas membran mitokondria dan memicu terjadi pelepasan ion kalsium. Ketidakseimbangan ion kalsium pada membran mitokondria dapat menyebabkan ketidakstabilan membran sehingga terjadi pelepasan sitokrom C dan *apoptosis inducing factor* (AIF) dari dalam mitokondria menuju ke sitoplasma.¹² Sitokrom C dan AIF kemudian berikatan dengan *apoptotic protease activating factor 1* (Apaf-1) membentuk *caspase activation and recruitment domain* (CARD). Selanjutnya kompleks apoptosome yang tersusun oleh beberapa CARD akan berikatan dengan *procaspase 9*. Kompleks tersebut akan mengaktifkan *caspase 9* (*caspase inisiator*) yang kemudian akan mengaktifkan *caspase 3* (*caspase efektor*) yang berasal dari *procaspase-3*.¹²

Radiasi gelombang elektromagnetik tipe *pulsed* menyebabkan genotokisitas terhadap DNA dan kromatin. Radiasi

gelombang elektromagnetik menimbulkan medan magnet di sekitar masing-masing rantai DNA yang pada tingkat tertentu menyebabkan pelepasan ikatan kedua rantai DNA sehingga menyebabkan pembengkokan DNA, bahkan dapat terjadi patah. Kerusakan DNA yang tidak dapat diperbaiki akan memicu kematian sel melalui apoptosis.¹⁷ Hal tersebut tidak sesuai dengan penelitian Akar *et al.*, yang membuktikan bahwa pemberian RGEM 2,45 GHz dapat menyebabkan penebalan pada jaringan epitel kornea.¹⁸

Dalam penelitian ini, kelompok P1 memiliki ukuran lapisan epitel yang paling tipis. Penipisan lapisan epitel kornea tersebut tidak menyebabkan kelainan di mata namun dapat menyebabkan penurunan fungsi epitel kornea seperti sebagai barrier menghalangi masuknya bahan asing, seperti debu, air, dan bakteri, serta membantu penyerapan oksigen dan nutrisi sel dari air mata, dan mendistribusikan nutrisi tersebut ke bagian kornea lainnya.^{6,7,19} Kelainan tersebut bersifat reversibel dan kembali normal apabila sumber RGEM dihilangkan. Hal tersebut disebabkan karena pada membran basal epitel kornea terdapat sel basal yang berfungsi sebagai sel proliferasi untuk mengganti sel di atasnya apabila terjadi kerusakan.^{6,7}

Pemberian sekat AF pada kelompok P2 cukup efektif untuk mengurangi dampak stres oksidatif akibat paparan RGEM pada epitel kornea. Kelompok P2 memiliki lapisan epitel kornea yang lebih tebal dibandingkan dengan kelompok P1. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena sekat AF memiliki *reflection loss* dan *absorption loss* yang dapat menurunkan medan listrik dan medan magnet dari sumber paparan RGEM.²⁰ Penurunan medan listrik dan medan magnet berkorelasi positif dengan penurunan SAR pada lapisan epitel kornea.⁵ Penurunan SAR pada jaringan berhubungan dengan penurunan stres oksidatif dan mencegah proses apoptosis yang berlebihan sehingga lapisan epitel kornea pada kelompok P2 lebih tebal dibandingkan P1.²⁰

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini membuktikan bahwa paparan RGEM pada lapisan epitel kornea dapat menyebabkan penipisan akibat proses apoptosis yang dapat dipicu melalui proses stres oksidatif. Stres oksidatif akibat paparan RGEM dapat menyebabkan perubahan ikatan DNA, denaturasi protein hingga kerusakan pada membran sel. Aluminium foil (AF) dapat menjadi bahan alternatif sebagai shielding (perisai) dengan potensi *reflection loss* dan *absorption loss* sehingga RGEM yang diterima oleh lapisan epitel kornea mata tikus berkurang.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua dosen Departemen Anatomi dan Histologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya, khususnya kepada drh. Chairul Anwar, MS., PA. Vet. (K); Dr. dr. Ni Wajan Thirthaningsih, MS., PA (K). dan dr. Joni Susanto, M.Kes. atas bimbingan, motivasi dan saran serta rekan saya dr. Irmawan Farindra, M.Si dan dr. Etha Rambung, M.Si. untuk kerja tim diberikan selama penelitian. Terima kasih kepada Fakultas Kedokteran, Universitas Jember untuk izin tugas belajar dan beasiswa.

Daftar Pustaka

1. Tarigan TRP, Gani U a., Rajagukguk M. Studi Tingkat Radiasi Medan Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Selular. *J Tek Elektro Univ Tanjungpura*. 2013;1(1):1–8.
2. Kogoya D. Dampak Penggunaan Handphone Pada Masyarakat: Studi Pada Masyarakat Desa Piungun Kecamatan Gamelia Kabupaten Lanny Jaya Papua. *J Acta Diurna*. 2015;4(4):1–14.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/actadiurnakomunikasi/article/view/8622/8195>.

3. De Iuliis GN, Newey RJ, King B V., Aitken RJ. Mobile Phone Radiation Induces Reactive Oxygen Species Production And DNA Damage In Human Spermatozoa In Vitro. *PLoS One*. 2009;4(7). doi:10.1371/journal.pone.0006446.
4. Kovacic P, Somanathan R. Electromagnetic fields: Mechanism, Cell Signaling, Other Bioprocesses, Toxicity, Radicals, Antioxidants And Beneficial Effects. *J Recept Signal Transduct Res*. 2010;30(4):214–226. doi:10.3109/10799893.2010.488650.
5. Hoque AKMF, Hossain MS, Mollah AS, Akramuzzaman M. A Study On Specific Absorption Rate (SAR) Due To Non-Ionizing Radiation From Wireless/Telecommunication in Bangladesh. *Am J Phys Appl*. 2013;1(3):104–110. doi:10.11648/j.ajpa.20130103.18.
6. Ross MH, Pawlina W. *Histology: A Text and Atlas: with Correlated Cell and Molecular Biology*. 6 ed. Philadelphia, United States: Lippincott Williams and Wilkins; 2011.
7. Mescher AL. *Junqueira's Basic Histology Text and Atlas*. 13 ed. New York: McGraw-Hill Education; 2013. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
8. Pratap S, Khatri J, Jain P, Banga D. Electromagnetic Stress – A Danger To Human Health. *Int J Emerg Technol Comput Appl Sci (IJETCAS)*. 2014;1:305–309.
9. Loya S. Analysis Of Shielding Effectiveness In The Electric Field And Magnetic Field And Plane Wave For Infinite Sheet Metals. *Int J Electromagn Appl*. 2016;6(2):31–41. doi:10.5923/j.ijea.20160602.02.
10. VP K, L P, Prasetiowati K. Aluminium Foil Dampened The Adverse Effect Of 2100 MHz Mobile Phone-Induced Radiation On The Blood Parameters And Myocardium In Rats . *Env Sci Pollut Res Int*. 2019;26(12):11686–11689. doi:10.1007/s11356-019-04601-8.
11. Dharmawan DK. *SIPS 2017 - Proceedings of the Surabaya International Physiology Seminar*. (Soetjipto, Miftahussurur M, Efendi F, Rejeki PS, Purwanto B, ed.). Surabaya: SCITEPRESS – Science and Technology Publications; 2017.
12. Hongmei Z. Extrinsic and Intrinsic Apoptosis Signal Pathway Review. In: Ntuli TM, ed. *Apoptosis and Medicine*. 1 ed. London: InTech; 2011:3–22. doi:10.5772/711.
13. Barzilai A, Yamamoto K-I. DNA Damage Responses To Oxidative Stress. *DNA Repair (Amst)*. 2004;3(8–9):1109–1115. doi:10.1016/j.dnarep.2004.03.002.
14. Kimura K, Katoh N, Sakurada K, Kubo S. Phospholipid-Sensitive Ca²⁺-Dependent Protein Kinase System In Testis: Localization And Endogenous Substrates. *Endocrinology*. 1984;115(6):2391–2399. doi:10.1210/endo-115-6-2391.
15. Naor Z, Breitbart H. Protein Kinase C And Mammalian Spermatozoa Acrosome Reaction. *Trends Endocrinol Metab*. 1997;8(9):337–341. doi:10.1016/S1043-2760(97)00134-3.
16. Larsson C. New Insights Into PKC Family Affairs: Three Novel Phosphorylation Sites In PKC Epsilon And At Least One Is Regulated By PKC Alpha. *Biochem J*. 2008;411(2):e15-6. doi:10.1042/BJ20080373.
17. Blank M, Goodman R. Electromagnetic Fields May Act Directly On DNA. *J Cell Biochem*. 1999;75(3):369–374. doi:10.1002/(SICI)1097-4644(19991201)75:3<369::AID-JCB2>3.0.CO;2-A.
18. Akar A, Karayığit MÖ, Bolat D, Gültiken ME, Yarim M, Castellani G. Effects Of Low Level Electromagnetic

Field Exposure At 2.45 GHz On Rat Cornea. *Int J Radiat Biol.* 2013;89(4):243–249.
doi:10.3109/09553002.2013.754557.

19. Ilyas S, Yulianti SR. *Ilmu Penyakit Mata*. 5 ed. Jakarta: Badan Penerbit Universitas Indonesia; 2017.
20. Sallomi AH. A Theoretical Approach For SAR Calculation In Human Head Exposed To RF Signals. *J Eng Dev.* 2012;16(4):304–313.