

## ARTIKEL PENELITIAN

# Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Sebelum dan Selama Kehamilan terhadap Struktur Mikroskopik Kulit Tikus (*Rattus norvegicus*)

Erma Mexcorry Sumbayak<sup>1</sup>, Jessica Amara Wijaya<sup>2</sup>, Ninik Wibawani<sup>1</sup>, Purnamawati<sup>1</sup>

1. Departemen Histopatologi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK) Universitas Kristen Krida Wacana (UKRIDA), Jakarta Indonesia; 2. Program Studi Sarjana Kedokteran Universitas Kristen Krida Wacana (UKRIDA), Jakarta Indonesia

**Korespondensi:** Erma Mexcorry, [summexco@yahoo.com](mailto:summexco@yahoo.com), telp 021.56942061

### Abstrak

**Tujuan:** Mengetahui pengaruh radiasi gelombang terhadap lapisan epidermis dan dermis kulit tikus yang diradiasi sebelum dan selama kehamilan. **Metode:** Penelitian ini menggunakan 24 ekor tikus betina berumur 2-3 bulan. Tikus dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan, yaitu kelompok I (kontrol), kelompok II (paparan radiasi 1 ponsel), kelompok III (2 ponsel), dan kelompok IV (4 ponsel). Kelompok perlakuan diradiasi dengan ponsel selama 90 menit selama 40 hari (21 hari sebelum kehamilan dan 19 hari selama kehamilan). Pada hari ke-19 kehamilan, tikus dikorbankan dan dilakukan pengambilan sampel. Organ kulit diambil dari bagian punggung kemudian dibuat preparat dengan pewarnaan Masson's Trichrome. Preparat lalu difoto dan diukur ketebalan epidermis dan dermis dengan aplikasi Imageview. **Hasil:** Terdapat penebalan dermis yang signifikan pada kelompok perlakuan radiasi 1 ponsel, 2 ponsel, dan 4 ponsel dibandingkan kontrol. Akan tetapi, pada kelompok tikus yang diradiasi 4 ponsel ketebalan epidermisnya lebih tipis dibandingkan dengan tikus kelompok radiasi 2 ponsel. **Kesimpulan:** Hal ini menunjukkan terjadinya penurunan kemampuan adaptasi pada perlakuan radiasi elektromagnetik yang lebih besar.

**Kata kunci:** Dermis; Epidermis; Ponsel; Radiasi

### Abstract

**Objectives:** to determine the effect of electromagnetic waves radiation on layers of rat skin irradiated before and during pregnancy. **Methods:** This study used 24 female rats. The rats were divided into 4 treatment groups, group I (control), group II (exposure to 1 cellphone radiation), group III (2 cellphones), and group IV (4 cellphones). Groups II, III, and IV, will be irradiated by cellphone for 90 minutes on calling mode for 40 days (21 days before pregnancy and 19 days during pregnancy). On the 19th day of pregnancy, rats were sacrificed and dissected. Skin are taken from the back and stained with Masson's Trichrome method. Slides are then photographed. **Results:** Thickness of the epidermis and dermis are then measured with Imageview application. The results showed there was a significant dermis thickening of the control rat against irradiated rats with 1 cellphone, 2 cellphones, and 4 cellphones. In addition, there was epidermal thinning in the group of rats that were irradiated with 4 cell phones compared with rats in the 2 cell phones radiation group. **Conclusion:** This shows a decrease in the ability to adapt to the treatment of greater electromagnetic radiation.

**Keywords:** Dermis; Epidermis; Cell phones; Radiation

## PENDAHULUAN

Pada zaman ini, teknologi komunikasi dan informatika sedang berkembang pesat, sehingga hidup manusia tidak dapat lagi dilepaskan dari penggunaan ponsel (telepon seluler). Baik penggunaan untuk bekerja, untuk bermain game, berkomunikasi, sampai pada hal-hal yang mendasar seperti berbelanja atau memesan transportasi *online*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kemp pada tahun 2018, penggunaan internet rata-rata di Indonesia dapat mencapai 8 jam 51 menit per harinya, dengan waktu yang dihabiskan di media sosial kira-kira 3 jam 23 menit per harinya.<sup>1</sup> Pada tahun 2018, pengguna ponsel telah meningkat antara 5-7,4 milyar.<sup>2</sup>

Ketika digunakan, ponsel (telepon seluler) akan memancarkan sinyal radiofrekuensi yang merupakan suatu gelombang elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik dari radiofrekuensi (RF EMR) merupakan perpindahan energi oleh gelombang radio. Frekuensi dari RF berada di antara 3 kilohertz sampai 300 gigahertz.<sup>3</sup> Banyaknya gelombang elektromagnetik yang diserap oleh tubuh ditentukan oleh *Specific Absorption Rate* atau SAR yang memiliki satuan watt per kilogram (W/kg).<sup>4</sup> Batas aman radiasi yang ditetapkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* pada 2005 adalah 2W/Kg.<sup>5</sup> Standar yang sementara ini diikuti oleh negara-negara di Eropa memiliki nilai SAR < 2.0. Sedangkan FCC Amerika menetapkan nilai SAR < 1,6.<sup>6</sup> Radiasi dapat diperoleh dari interaksi dengan ponsel-ponsel yang ada di lingkungan sekitarnya, sehingga batas aman ini mungkin saja akan terlampaui.

Radiasi dari gelombang elektromagnetik dapat mengakibatkan efek samping bagi tubuh manusia, baik efek samping yang ringan sampai berat. Untuk itu, tubuh memerlukan pertahanan

dari paparan radiasi gelombang elektromagnetik. Mekanisme pertahanan tubuh yang pertama kali akan terpapar radiasi tersebut adalah kulit.<sup>7,8</sup> Dalam sebuah penelitian, menunjukkan bahwa pemberian radiasi pada 915 MHz menyebabkan eritema, edema dan ulserasi pada kulit manusia.<sup>9</sup>

Pada saat kulit terpapar radiasi secara terus menerus, akan terjadi perubahan-perubahan struktur kulit secara mikroskopis yang mungkin tidak terlihat secara kasat mata. Meski begitu, perubahan kecil ini akan berpengaruh dalam jangka panjang. Kerusakan mikroskopis yang bertumpuk di kulit secara berkala akan merusak struktur kulit secara makroskopik.

Berdasarkan penelitian Moaglu et al pada tahun 2004, paparan radiofrekuensi (30 menit per hari selama 10 hari) sebesar 900 MHz dengan angka SAR maksimal 2 W/kg dapat menyebabkan perubahan-perubahan pada struktur kulit manusia, seperti atrofi pada epidermis dan kerusakan pada jaringan kolagen kulit.<sup>7</sup> Pada penelitian ini, peneliti akan melihat adanya hubungan antara radiasi ponsel (baik 1 ponsel maupun beberapa ponsel) sebelum dan selama kehamilan terhadap perubahan struktur mikroskopik kolagen kulit tikus *Rattus norvegicus*.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh radiasi gelombang terhadap lapisan epidermis dan lapisan dermis kulit tikus yang diradiasi sebelum dan selama kehamilan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa pada masa kehamilan, adaptasi tubuh mudah terganggu. Adaptasi yang dimaksud contohnya adalah adaptasi untuk mencegah kerusakan sel akibat stres oksidatif. Saat tubuh diberi paparan radiasi, sel-sel akan menjadi rusak, kerusakan ini diperkirakan disebabkan

oleh stres oksidatif. Maka dari itu, wanita hamil dapat dianggap lebih rentan terhadap paparan radiasi.<sup>10</sup>

## METODE

Penelitian ini dilakukan di *Animal House* dan Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Kristen Krida Wacana (UKRIDA) Jakarta. Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni. Penelitian ini menggunakan *Post Test Only Control Group Design*. Populasi penelitian ini adalah tikus betina, umur 2-3 bulan, berat badan + 200 gram, sehat, tidak ada kelainan morfologi, dan dipelihara di *Animal House* Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Ukrida. Sampel pada penelitian ini adalah tikus betina. Besar sampel dihitung dengan metode rancangan acak lengkap dan dapat menggunakan rumus *Frederer*.<sup>11</sup>

Rumus yang digunakan :  $(t-1)(n-1) \geq 15$

Hewan coba yang digunakan pada penelitian ini adalah tikus betina (*Rattus norvegicus* Galur Sprague Dawley) yang berjumlah 24 ekor dan diperoleh dari Fakultas Peternakan IPB Bogor.

Tikus diberikan perlakuan menggunakan ponsel (SAR 1,6 1,6 Watt/Kg) mode panggilan aktif sesuai dengan masing-masing perlakuan (kontrol, 90 menit 1 ponsel, 90 menit 2 ponsel, 90 menit 4 ponsel) yang sudah ditentukan selama 40 hari (21 hari sebelum kehamilan dan 19 hari selama kehamilan).

Pengelompokan subjek dilakukan setelah adaptasi. Pengelompokan dilakukan secara random menjadi empat kelompok, yaitu:

- 1) Kelompok kontrol (K) terdiri dari 6 ekor tikus yang tidak diberikan paparan radiasi gelombang elektromagnetik ponsel.
- 2) Kelompok perlakuan 1 (P1) terdiri dari 6 ekor tikus yang diberi paparan radiasi gelombang elektromagnetik

ponsel yang aktif mode bicara selama 90 menit per hari dengan 1 ponsel selama 40 hari (selama 21 hari sebelum hamil- 19 hari selama kehamilan).

- 3) Kelompok perlakuan 2 (P2) terdiri dari 6 ekor tikus yang diberi paparan radiasi gelombang elektromagnetik ponsel yang aktif mode bicara selama 90 menit per hari dengan 2 ponsel selama 40 hari (selama 21 hari sebelum hamil- 19 hari selama kehamilan).
- 4) Kelompok perlakuan 3 (P3) terdiri dari 6 ekor tikus yang diberi paparan radiasi gelombang elektromagnetik ponsel yang aktif mode bicara selama 90 menit per hari dengan 4 ponsel selama 40 hari (selama 21 hari sebelum hamil- 19 hari selama kehamilan).

Pengawinan dilakukan jika tikus virgin telah berumur lebih dari 12 minggu, dengan berat lebih dari + 200 gram. Tikus betina dimasukkan ke kandang yang berisi seekor tikus jantan sekitar pukul 15.00. Jika keesokan harinya ditemukan sumbat vagina pada tikus betina, maka hari tersebut ditetapkan sebagai hari kehamilan ke-0.<sup>12</sup>

Pada hari kehamilan ke-19 tikus perlakuan dan kontrol dikorbankan dengan cara injeksi anestesi menggunakan larutan kombinasi campuran ketamin dan xylazine dosis lethal (dengan dosis kurang lebih 2-3x >dosis anestesi). Campuran Ketamin 100mg/KgBB dan Xylazine 10 mg/kgBB yang disuntikkan secara intraperitoneal.<sup>13-15</sup>

Selanjutnya, kulit tikus yang akan diambil adalah pada bagian punggung. Kulit yang akan diambil tersebut dicukur terlebih dahulu, setelah itu dilakukan eksisi kulit sampai kedalaman subkutan dengan ukuran kurang lebih 1 cm<sup>2</sup>. Eksisi kulit tersebut kemudian direndam ke dalam

larutan formalin salin 10% untuk selanjutnya dilakukan proses pewarnaan *Masson's Trichrome*.<sup>16,17</sup>

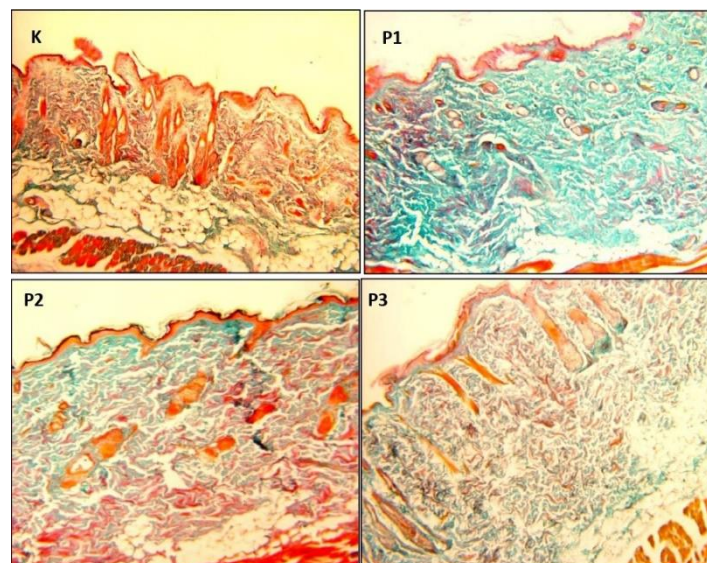
Pengamatan dan pengukuran slide mikroskopik dilakukan dengan mikroskop Olympus model CH20 kemudian melakukan pengambilan gambar dengan bantuan *Optilab software* (mengganti lensa okuler dengan kamera khusus dan

menghubungkan ke laptop). Setiap preparat mikroskopik kulit difoto dengan perbesaran 10x10 untuk pengukuran dermis dan 10x40 untuk pengukuran epidermis. Pengukuran dilakukan dengan bantuan aplikasi *Imageview*.<sup>18</sup> Data hasil penelitian diolah secara statistik melalui uji parametrik One Way Anova dan dilanjutkan dengan uji Post-Hoc.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparat yang sudah siap dipakai dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop Olympus model CH20 kemudian melakukan pengambilan gambar dengan bantuan *optilab software*

(mengganti lensa okuler dengan kamera khusus dan menghubungkan ke laptop). Setiap preparat mikroskopik kulit difoto dengan perbesaran 10x10 (Gambar 1) pada kelompok kontrol (K), kelompok radiasi 1 ponsel (P1), radiasi 2 ponsel (P2), dan radiasi 4 ponsel (P3).



**Gambar 1. Struktur Histologi Kulit Tikus yang Diberikan Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel.**  
Ket: K : Kelompok Kontrol tanpa Perlakuan; P1 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 1 ponsel; P2 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 2 Ponsel; P3 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 4 Ponsel; Penampang; Melintang; Perbesaran Mikroskop 10x10; Pengambilan foto dengan *optilab software*; Teknik Pewarnaan Menggunakan *Masson's Trichrome*

Hasil didapatkan dengan cara mengukur ketebalan epidermis dan dermis dari foto preparat pada masing-masing kelompok percobaan. Kemudian dicatat dalam satuan *pixel* (px) lalu dibagi 6 sesuai dengan jumlah sampel pada masing-

masing kelompok perlakuan. Data lalu diubah menjadi diagram (Gambar 2). *Pixel* adalah unsur gambar atau representasi sebuah titik terkecil dalam sebuah gambar grafis yang dihitung per inci.



Gambar 2. Diagram Rerata Ketebalan Dermis (px) pada Perbesaran 10x10

Dari gambar di atas, terlihat bahwa rata-rata ketebalan dermis pada tikus tampak mengalami kenaikan seiring dengan banyaknya ponsel yang meradiasi kulit. Rata-rata ketebalan terkecil adalah 569,85 px, lalu semakin meningkat sampai rata-rata terbesar pada kelompok radiasi 4 ponsel, yaitu 939,61 px.

Dari hasil uji Anova, didapatkan nilai  $P < 0,05$  yaitu 0,000. Maka, data diuji kembali untuk menentukan rata-rata populasi yang benar-benar memiliki perbedaan yang signifikan. Data kembali dianalisa dengan *Post Hoc Bonferroni* (Tabel 1).

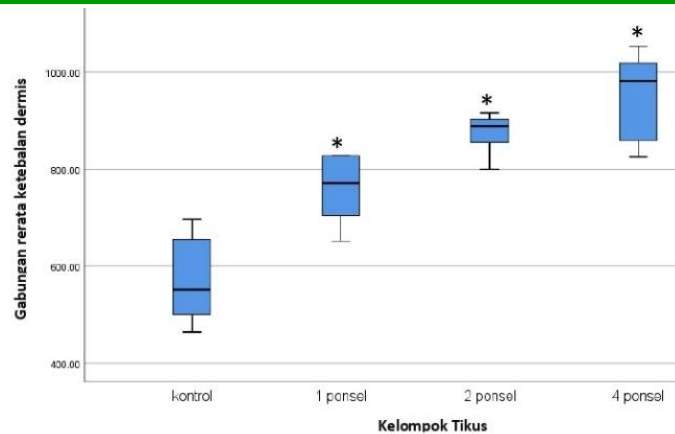
Tabel 1. Uji *Post Hoc Bonferroni* Dermis

(I) kode	(J) kode	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kontrol	1 ponsel	-189.18333*	44.25572	.002	-318.7251	-59.6416
	2 ponsel	-305.14500*	44.25572	.000	-434.6868	-175.6032
	4 ponsel	-383.36667*	44.25572	.000	-512.9084	-253.8249
1 ponsel	kontrol	189.18333*	44.25572	.002	59.6416	318.7251
	2 ponsel	-115.96167	44.25572	.098	-245.5034	13.5801
	4 ponsel	-194.18333*	44.25572	.002	-323.7251	-64.6416
2 ponsel	kontrol	305.14500*	44.25572	.000	175.6032	434.6868
	1 ponsel	115.96167	44.25572	.098	-13.5801	245.5034
	4 ponsel	-78.22167	44.25572	.554	-207.7634	51.3201
4 ponsel	kontrol	383.36667*	44.25572	.000	253.8249	512.9084
	1 ponsel	194.18333*	44.25572	.002	64.6416	323.7251
	2 ponsel	78.22167	44.25572	.554	-51.3201	207.7634

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Selain itu, dibuat juga diagram boxplot (Gambar 3) untuk menentukan signifikansi dari perbedaan tiap-tiap kelompok. Data

yang memiliki tanda (\*) adalah kelompok populasi yang memiliki perbedaan signifikan.



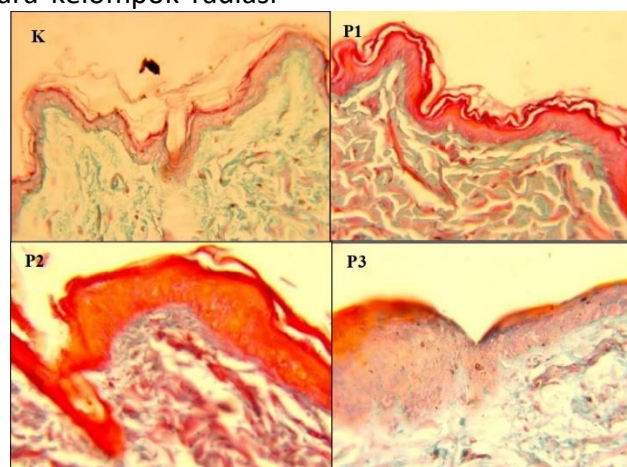
**Gambar 3. Diagram *Boxplot* Ketebalan Dermis terhadap Kontrol, 1 Ponsel, 2 Ponsel, dan 4 Ponsel**

Dari diagram *Box-Plot* dan uji *Anova* dengan *Post Hoc Bonferroni* tersebut, dapat disimpulkan bahwa:

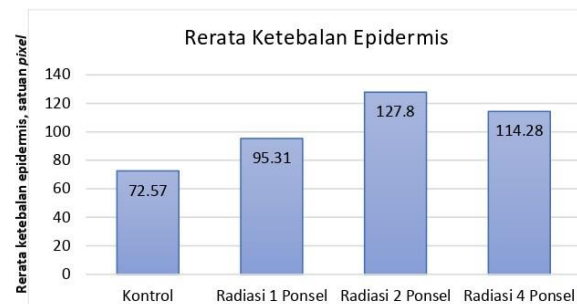
1. Terdapat perbedaan signifikan antara kelompok kontrol terhadap 1 ponsel, 2 ponsel, maupun 4 ponsel dengan nilai  $P=0.002$ ,  $0.000$ , dan  $0.000$  secara berurutan.
2. Tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok radiasi 1 ponsel terhadap kelompok radiasi 2 ponsel dengan nilai  $P=0,098$ .
3. Terdapat perbedaan signifikan antara kelompok radiasi 1 ponsel terhadap kelompok radiasi 4 ponsel dengan nilai  $P=0.002$ .
4. Tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok radiasi

2 ponsel terhadap kelompok radiasi 4 ponsel dengan nilai  $P=0.554$ .

Pada pengamatan epidermis, setiap preparat mikroskopik epidermis kulit difoto dengan perbesaran  $40 \times 10$  (Gambar 4) pada kelompok kontrol (K), kelompok radiasi 1 ponsel (P1), radiasi 2 ponsel (P2), dan radiasi 4 ponsel (P3). Hasil didapatkan dengan cara mengukur ketebalan epidermis dari foto preparat pada masing-masing kelompok percobaan dengan menggunakan aplikasi *ImageView*. Kemudian dicatat dalam satuan *pixel* (px) lalu dibagi 6 sesuai dengan jumlah sampel pada masing-masing kelompok perlakuan (Gambar 5).



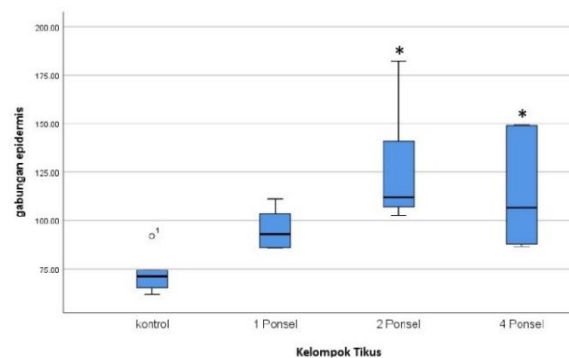
**Gambar 4. Struktur Histologi Kulit Tikus yang Diberikan Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Ponsel**  
Ket: K : Kelompok Kontrol tanpa Perlakuan; P1 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 1 ponsel; P2 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 2 Ponsel; P3 : Kelompok Perlakuan yang Diberikan Paparan Radiasi 4 Ponsel; Tanda panah menunjukkan penipisan epidermis. Perbesaran Mikroskop  $10 \times 40$ ; Pengambilan foto dengan *optilab software*; Teknik Pewarnaan Menggunakan *Masson's Trichrome*



Gambar 5. Diagram Rerata Ketebalan Epidermis (px) pada Perbesaran 40x10

Dari diagram di atas, terlihat bahwa rata-rata ketebalan epidermis pada tikus tampak mengalami kenaikan dari kelompok kontrol sampai kelompok radiasi 2 ponsel, lalu mengalami penurunan pada kelompok radiasi 4 ponsel. Rata-rata ketebalan terkecil adalah 72,57 px, lalu semakin meningkat sampai rata-rata terbesar terdapat pada kelompok radiasi 2 ponsel, yaitu 127,8 px.

Dari hasil uji Anova, didapatkan nilai  $P < 0,05$  yaitu 0,003. Maka, data diuji kembali untuk menentukan rata-rata populasi yang benar-benar memiliki perbedaan yang signifikan. Data kembali dianalisa dengan membuat *Boxplot* (Gambar 6) dan uji *Post Hoc Bonferroni* (Tabel 2).



Gambar 6. Diagram *Box-Plot* Ketebalan Epidermis Kelompok Kontrol terhadap Kelompok Radiasi 1 Ponsel, Radiasi 2 Ponsel, dan Radiasi 4 Ponsel

Tabel 2. Uji *Post Hoc Bonferroni* Epidermis

(I) kode	(J) kode	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kontrol	1 ponsel	-22.74000	13.10818	.589	-61.1092	15.6292
	2 ponsel	-53.56500*	13.10818	.003	-91.9342	-15.1958
	4 ponsel	-41.71167*	13.10818	.028	-80.0809	-3.3425
1 ponsel	kontrol	22.74000	13.10818	.589	-15.6292	61.1092
	2 ponsel	-30.82500	13.10818	.174	-69.1942	7.5442
	4 ponsel	-18.97167	13.10818	.980	-57.3409	19.3975
2 ponsel	kontrol	53.56500*	13.10818	.003	15.1958	91.9342
	1 ponsel	30.82500	13.10818	.174	-7.5442	69.1942
	4 ponsel	11.85333	13.10818	1.000	-26.5159	50.2225
4 ponsel	kontrol	41.71167*	13.10818	.028	3.3425	80.0809
	1 ponsel	18.97167	13.10818	.980	-19.3975	57.3409
	2 ponsel	-11.85333	13.10818	1.000	-50.2225	26.5159

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## SIMPULAN

Ponsel yang digunakan pada penelitian ini merupakan ponsel yang dianggap sudah memenuhi batas keamanan radiasi dengan kisaran SAR 1,6 W/Kg. Namun, dari hasil penelitian yang dilakukan, paparan radiasi ponsel tersebut dapat menyebabkan perubahan pada struktur mikroskopik kulit tikus hamil, seperti: Dermis pada kulit tikus menebal seiring dengan banyaknya ponsel yang meradiasi tikus hamil tersebut, radiasi ponsel menyebabkan mekanisme adaptasi berupa hiperplasia epidermis pada

kelompok perlakuan, mekanisme adaptasi maksimal nampak pada kelompok radiasi 2 ponsel, kemampuan ini nampak menurun pada kelompok radiasi 4 ponsel, serta banyaknya ponsel yang meradiasi akan berimbas pada derajat kelainan struktur mikroskopik kulit pada tikus hamil.

## DUKUNGAN FINANSIAL

-

## UCAPAN TERIMA KASIH

-

## KONFLIK KEPENTINGAN

-

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kemp S. Digital in 2018 essential insights into internet, social media, mobile, and ecommerce use around the world. We are social. 2018. Cited in 9 Januari 2019.  
Available from: <https://wearesocial.com/blog/2018/01/global-digital-report-2018>
2. Keykhosravi A, Neamatshahi M, R. Mahmoodi, E. Navipour. Radiation effects of mobile phones and tablets on the skin: A Systematic review. Hindawi Advances in Medicine Volume. 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/9242718>
3. Solomon S. Review of radiofrequency health effects research scientific literature 2000-2012. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. 2014.
4. Classic K. Radiofrequency (RF) radiation. Health Physics Society. Cited in 9 Januari 2019. Available from: <https://hps.org/hpspublications/articles/rfradiation.html>
5. Islam M.T, Faruque MRI, Misran N. Reduction of specific absorption rate (SAR) in the human head with ferrite material and metamaterial. Progress in Electromagnetic Research. 2009 vol 9:47-58
6. Sumbayak E.M. Dampak gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap otak. Jurnal kedokteran Meditek. 2016;22(59):
7. Mollaoglu H., Cesur G., Gokalp O., et al. Prevention of mobile phone induced skin tissue changes in rat: an experimental studi. PubMed. 2004.
8. Tepe SC, Nesrin S, Cengiz K, Ömür Ç, elikbiç. Effects of 900 MHz radiofrequency radiation on skin hydroxyproline contents. Cell Biochem Biophys. 24 April 2014. Doi: 10.1007/s12013-014-9968-6
9. Ozgunera F, Gulsen A, Hakan M, Osman G, Ahmet K, Gokhan C. Prevention of mobile phone induced skin tissue changes by melatonin in rat: an experimental study. Toxicology and Industrial Health. 2004;20(6):133-9.



10. Bak A, Roszkowski K. Oxidative stress in pregnant women. *Archives of Perinatal Medicine*. 2013;19(3):150-5.
11. Dahlan MS. *Statistik Untuk Kedokteran dan Kesehatan Edisi 5*. Jakarta: Salemba Medika. 2011
12. Frianto F, Inarah F, Hafrizal R. Evaluasi faktor yang mempengaruhi jumlah perkawinan tikus putih (*Rattus norvegicus*) secara kualitatif. *Jurnal Farmasi Kalbar*. 2015;3(1):4 hlm.
13. AVMA Guidelines for the euthanasia of animals: 2020 edition. Available from: <https://www.avma.org/sites/default/files/2020-01/2020-Euthanasia-Final-1-17-20.pdf>
14. Artwohl J, Brown P, Corning B, Stein S; ACLAM Task Force. Report of the ACLAM Task Force on Rodent Euthanasia. *J Am Assoc Lab Anim Sci*. 2006;45(1):98-105.
15. The guide for the care and use of laboratory animals: 8<sup>th</sup> edition. National Research Council 2011. Available from <https://grants.nih.gov/grants/olaw/guide-for-the-care-and-use-of-laboratory-animals.pdf>
16. Diana MT. Makalah Pewarnaan Jaringan. Universitas Muhamad Husni Thamrin. Cited in 9 Januari 2020. Available from: <https://docplayer.info/73065344-Makalah-pewarnaan-jaringan.html>
17. Rieppo L, Janssen I, Rahunen K, Lehenkari P, Finnilä MAJ, Saarakkala S. Histochemical quantification of collagen content in articular cartilage. *Plos One*. November 7, 2019: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224839>.
18. Kurniawan C, Thomas BW, Perdamean S. Analisis ukuran partikel menggunakan free software image-J. Seminar Nasional Fisika, Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Serpong 2011.
19. Desai NR, Kavindra KK, Ashok A. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2009,7(114):9hlm. doi:10.1186/1477-7827-7-114
20. Azab EA, Shaban AE, Exposure to electromagnetic fields induces oxidative stress and pathophysiological changes in the cardiovascular system. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*. 2017;4(2):540-5.
21. Haschek W, Rousseaux C, Wallig M. *Handbook of toxicologic pathology*. San Diego: Academic Press; 2002.