



**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER TERHADAP
GAMBARAN HISTOPATOLOGI KORTEKS PARIETAL
SEREBRI DAN PERUBAHAN AMBANG NYERI TIKUS
WISTAR**

Hasil Penelitian untuk Karya Ilmiah/Tesis

Disusun oleh :

Fatiha Sri Utami Tamad

22041318320014

Pembimbing :

- 1. dr. Trianggoro Budisulistyo, Sp.S(K). Dipl of Pain**
- 2. Prof. dr. Amin Husni, PAK, Sp.S(K), M.Sc**

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU PENYAKIT SARAF (NEUROLOGI)
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS DIPONEGORO
2022**

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG
ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER TERHADAP
GAMBARAN HISTOPATOLOGI KORTEKS PARIETAL
SEREBRI DAN PERUBAHAN AMBANG NYERI TIKUS
WISTAR**

KARYA AKHIR

Untuk memperoleh gelar Spesialis Neurologi pada Fakultas
Kedokteran Universitas Diponegoro

Oleh

Fatiha Sri Utami Tamad

Lahir di Kupang

PENGESAHAN KARYA AKHIR

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK
TELEPON SELULER TERHADAP GAMBARAN HISTOPATOLOGI
KORTEKS PARIETAL SEREBRI DAN PERUBAHAN AMBANG NYERI
TIKUS WISTAR**

Fatiha Sri Utami Tamad

22041318320014

Menyetujui,

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

dr.Trianggoro Budisulistyo,Sp.S(K),Dipl of Pain
NIP. 19720822 200812 1 002

Prof.dr.Amin Husni,PAK,Sp.S(K),MSc
NIP. 19490507 197603 1 002

Tanggal :

Tanggal :

Penguji I

Penguji II

Penguji III

Dr. dr. Retnaningsih Sp.S (K) KIC
19620103 198711 2 001

dr. Herlina Suryawati Sp.S (K)
19650501 199101 2 001

dr. Suryadi Sp.S Msi, Med (K)
19640214 200912 1 001

Tanggal :

Tanggal :

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Program Studi Neurologi
Fakultas Kedokteran UNDIP

dr.Hexanto Muhartomo,Sp.S(K), M.Kes.
NIP. 19650421 200501 1 001

Tanggal:

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa karya akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan didalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Oktober 2022

Fatiha Sri Utami Tamad

22041318320014

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan karya akhir dengan judul **Pengaruh paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap gambaran histopatologi korteks parietal serebri dan perubahan ambang nyeri tikus wistar** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan PPDS I Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro/RSUP DR. Kariadi Semarang. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Yos Johan Utama,SH, M.Hum sebagai Rektor Universitas Diponegoro saat ini yang telah memberi kesempatan bagi penulis untuk menempuh Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) I Ilmu Penyakit Saraf di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
2. Prof.Dr.dr.Dwi Pudjonarko,M.Kes,Sp.S(K) sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro saat ini, yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama menempuh Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) I Ilmu Penyakit Saraf di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
3. dr. Hexanto Muhartomo,Sp.S(K),M.Kes. sebagai sebagai Ketua Program Studi Ilmu Penyakit Saraf Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang, penulis sampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas segala kesabaran, ketulusan, motivasi, arahan dan masukan dalam memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya akhir

ini serta dalam menjalani Pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang.

4. dr.Aris Catur Bintoro,Sp.S(K) sebagai Kepala SMF Neurologi RSUP Dr.Kariadi Semarang , penulis sampaikan ucapan terimakasih sebesar – besarnya atas segala kesabaran, ketulusan,dan kebesaran hati dalam memberikan bimbingan keilmuan kepada penulis.
5. dr.Trianggoro Budisulistyo,Sp.S(K),Dipl.of Pain selaku pembimbing pertama karya akhir akhir dan juga selaku wali, penulis sampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas segala kesabaran, ketulusan, motivasi, arahan dan masukan dalam memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya akhir ini serta dalam menjalani Pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang.
6. Prof.dr.Amin Husni,PAK,Sp.S(K),MSc selaku pembimbing kedua karya akhir yang senantiasa memberikan motivasi, arahan, dan masukan dalam memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya akhir serta dengan sabar memantau perkembangan studi, memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam menjalani Pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang.
7. Dr. dr. Retnaningsih, Sp.S (K) KIC, dr. Herlina Suryawati, Sp.S (K), dan dr.Suryadi,Sp.S(K)Msi.Med sebagai tim penguji karya akhir yang dengan penuh kesabaran memberikan dukungan, arahan dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya akhir ini serta dalam menjalani Pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang .

8. Seluruh Staf Pengajar Bagian Ilmu Penyakit Saraf Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang, dr.Setiawan, SpS(K), dr.R.B. Wirawan,SpS(K), dr.M. Noerjanto,SpS(K), Prof.dr.M.I. Widiastuti Samekto,PAK,SpS(K),MSc, Prof.dr.Amin Husni, PAK, SpS(K), MSc, dr. Soetejo, SpS(K), Dr dr. Dodik Tugasworo, SpS(K), dr. ArisCatur Bintoro, SpS(K), DR.dr.Retnaningsih,SpS(K),KIC, Prof.Dr.dr.Dwi Pudjonarko,MKes,SpS(K), dr. Trianggoro Budisulistyo, SpS(K), Dipl of Pain, dr.Jimmy Eko Budi Hartono, SpS, dr. Herlina Suryawati, SpS(K), dr.Suryadi,SpS(K),MSi.Med, dr. Yovita Andhitara, SpS(K), FINS, FINA, MSi.Med, dr. Maria Belladona,SpS(K),MSi.Med, dr. Arinta Puspita Wati, SpS(K), dr.Elta Diah,SpS,MSi.Med, dr Rahmi Ardhini, SpS(K), dr Aditya Kurnianto, SpS, AIFO-K, FINA. atas bimbingan dan dukungan selama penulis menjalani Pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang.
9. dr. Yovi Nitawardani,Sp.PA, Staf laboratorium Patologi Anatomi RS Nasional Diponegoro, dan Kepala Laboratorium Hewan Coba Fakultas Kedokteran UNDIP beserta staf yang telah memberikan dukungan pada saat penelitian.
10. Ibu Sri Dewi Yuliasuti, Ibu Galih Ratna Fragilia, Ibu Wahyu Setyoningsih, Ibu Neni Pasono yang banyak sekali memberikan bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya akhir dan selama proses pendidikan PPDS I Neurologi FK UNDIP/ RSUP Dr. Kariadi Semarang.

11. Untuk Ayahanda Prof. Dr. Ir. Tamad, MSi, Ibunda Enah Suhaenah, AMd Kep, suami Dwi Purwanto, ST, MT, ananda Avicienna Rizhan Ayu Harwanto, kakak dr.Nurhanifah Tamad, adik Enta Ahmad Ramadhan ST ,MT, adik dr. Ayugita Nurazizah Tamad, mertua Drs. H. Nurdin Muhammad dan Hj Saatin Suryadi yang telah memberikan dukungan selama pembuatan karya akhir dan selama menjalani PPDS I Bagian Ilmu Penyakit Saraf/Neurologi FK UNDIP/RSUP Dr.Kariadi Semarang.
12. Seluruh saudara seperjuangan rekan sejawat PPDS I terutama NEURONA 71 (dr. Melly, dr. Wiwid, dr. Nuri, dr. Loco, dr. Dayu, dan dr. Dianita) terima kasih atas pengorbanan, kerjasama, saling membantu dan saling memotivasi dalam menempuh pendidikan ini.
13. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan masukan yang bersifat membangun untuk perbaikan karya akhir ini di kemudian hari. Besar harapan penulis agar karya akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk melakukan penelitian lanjutan.

Semarang, Oktober 2022

Penulis

Fatiha Sri Utami Tamad

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Bidang Akademis	3
1.4.2 Bidang Penelitian	3
1.4.3 Bidang Pelayanan Kesehatan	4
1.5 Perbedaan Dengan Penelitian Lainnya	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Telepon Seluler	9
2.1.1 Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler	9
2.1.2 Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Otak	10

2.2 Korteks Parietal Serebri	12
2.2.1 Anatomi Korteks Parietal Serebri	12
2.2.2 Histologi Korteks Parietal Serebri	14
2.2.3 Sel Granular Korteks Parietal Serebri	16
2.2.4 Patologi Kerusakan Sel Granular	18
2.3 Nyeri	20
2.3.1 Definisi Nyeri	20
2.3.2 Fisiologi Nyeri	21
2.3.3 Ambang Nyeri.....	26
2.4 Pengaruh Paparan Telepon Seluler Terhadap Gambaran Histologi Korteks Parietal dan Ambang Nyeri	27
2.5 Penggunaan Hewan Coba Tikus Dalam Penelitian.....	29
2.6 Kerangka Teori.....	31
2.7 Kerangka Konsep.....	32
2.8 Hipotesis	32
2.8.1 Hipotesis Mayor.....	32
2.8.2 Hipotesis Minor	32
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Ruang Lingkup Penelitian.....	33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.3 Jenis dan Rancangan Penelitian	33
3.4 Populasi dan Sampel	34
3.4.1 Sampel Penelitian	34
3.4.1.1 Kriteria Inklusi	34
3.4.1.2 Kriteria Drop Out.....	35
3.4.2 Besar Sampel	35
3.5 Variabel Penelitian	35
3.5.1 Variabel Bebas	35
3.5.2 Variabel Antara	35
3.5.3 Variabel Terikat.....	36
3.6 Definisi Operasional	36

3.7 Instrumen Penelitian dan Cara Pemeriksaan	37
3.7.1 Instrumen Penelitian	37
3.7.2 Cara Pemeriksaan	38
3.8 Alur Penelitian	42
3.9 Analisa Data	43
3.10 Etika Penelitian	44
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Penelitian	45
4.1.1 Alur pelaksanaan penelitian	45
4.1.2 Perbedaan kerusakan gambaran histopatologi korteks parietal serebri tikus wistar yang terpapar gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan yang tidak terpapar	47
4.1.3 Perbedaan peningkatan ambang nyeri tikus wistar yang terpapar gelombang elektromagnetik telepon seluler dengan yang tidak terpapar	50
4.1.4 Hubungan kerusakan gambaran histopatologi korteks parietal serebri dengan peningkatan ambang nyeri akibat paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler	51
4.2 Pembahasan	52
4.3 Keterbatasan Penelitian	56
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Simpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	63
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Area Broadman Korteks Parietal Serebri (hijau)	14
Gambar 2. Histologi Korteks Serebri	16
Gambar 3. Histologi Sel Granular (g)	17
Gambar 4. Jejas, Adaptasi, dan Kematian Sel	18
Gambar 5. (A) inti sel piknotik; ditandai dengan penyusutan dan pepadatan inti sel. (B) tanda panah sel yang mengalami degenerasi hidropik	20
Gambar 6. Serat C tidak bermyelin bersinap dengan interneuron di lamina I (marginal layer) dan II (substantia gelatinosa of Rolando [SGR]). Serat cutaneous A δ berproyeksi pada lamina I, II, V, dan serat A β berterminasi primer pada lamina III-V di kornu dorsalis.....	24
Gambar 7. Proses Perjalanan Nyeri	26
Gambar 8. Kerangka Teori	31
Gambar 9. Kerangka Konsep	32
Gambar 10. Skema Rancangan Penelitian	33
Gambar 11. Degenerasi hidropik	36
Gambar 12. Inti sel piknotik pada sel nekrosis.....	37
Gambar 13. A. Jarak telepon seluler 3cm dari kandang; B. Kelompok kontrol hanya diletakkan pada kandang perlakuan 2 jam/hari; C. Kelompok perlakuan	39
Gambar 14. Penilaian ambang nyeri tikus.....	40
Gambar 15. Alur Penelitian	42

Gambar 16. PK. gambaran histopatologi korteks parietal serebri kelompok kontrol ; **PA.** gambaran histopatologi korteks parietal serebri kelompok perlakuan 1; **PB.** gambaran histopatologi korteks parietal serebri kelompok perlakuan 2 dengan lingkaran merah berupa sel granular yang mengalami degenerasi hidropik; **PC.** gambaran histopatologi korteks parietal serebri kelompok perlakuan 3 dengan lingkaran hijau berupa sel granular yang mengalami nekrosis.48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Matriks Penelitian	5
Tabel 2. Konversi Usia Tikus dan Manusia	30
Tabel 3. Definisi Operasional	36
Tabel 4. Hasil Penelitian Skor Gambaran Histopatologi Parietal dan Perubahan Ambang Nyeri Tikus	46
Tabel 5. Perhitungan Nilai Kappa.....	47
Tabel 6. Deskripsi rerata sel yang mengalami degenerasi hidropik dan nekrosis pada seluruh kelompok	48
Tabel 7. Deskripsi skor kerusakan gambaran histopatologi korteks parietal serebri tikus wistar seluruh kelompok.....	49
Tabel 8. Deskripsi perubahan ambang nyeri tikus wistar seluruh kelompok	50
Tabel 9. Hasil uji <i>post hoc</i> perubahan ambang nyeri.....	51
Tabel 10. Hubungan kerusakan gambaran histopatologi korteks parietal serebri dengan peningkatan ambang nyeri akibat paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler	52

DAFTAR SINGKATAN

GSM	: <i>Global System for Mobile Communication</i>
CDMA	: <i>Code Division Multiple Access</i>
MHz	: Megahertz
KHz	: Kilohertz
GHz	: Gigahertz
SAR	: <i>Specific Absorption Rate</i>
ICNIRP	: <i>International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ROS	: <i>Reactive Oxygen Specie</i>
SOD	: <i>Superoxide Dismutase</i>
NMDA	: <i>N Metil D Aspartad</i>
MDA	: <i>Malondialdehyd</i>
GSH	: <i>Glutathione Peroxidase</i>
DNA	: <i>Deoxyribonucleic Acid</i>
DMPP	: <i>Descending Modulatory Pain Pathways</i>
CCK	: <i>Cholecystokinin</i>
CGRP	: <i>Calcitonin Gene-Related Peptide</i>
SGR	: <i>Substantia gelatinosa of Rolando</i>
AIN	: <i>American Institute of Nutrition</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>
SPSS	: <i>Statistical Product and Service Solutions</i>
KEPK	: <i>Komisi Etik Penelitian Kesehatan</i>
IASP	: <i>International Association for the Study of Pain</i>

PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER MEMPENGARUHI PERSEPSI NYERI AKIBAT PERUBAHAN SEL GRANULAR KORTEKS PARIETAL SEREBRI TIKUS WISTAR

Fatiha Sri Utami Tamad* Trianggoro Budisulistyo** Amin Husni** Retnaningsih**
Herlina Suryawati** Suryadi**

*Residen Neurologi FK UNDIP/RSUP dr.Kariadi Semarang

**Staf Pengajar Bagian Neurologi FK UNDIP/RSUP dr.Kariadi Semarang

ABSTRAK

Latar belakang: Peningkatan jumlah pengguna telepon seluler menimbulkan kekhawatiran mengenai efek yang ditimbulkan. Radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler memiliki dampak negatif terhadap persepsi nyeri akibat perubahan sel granular pada korteks parietal serebri.

Tujuan: Mengetahui pengaruh paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler terhadap persepsi nyeri akibat perubahan sel granular korteks parietal serebri tikus wistar.

Metode: Penelitian eksperimental menggunakan metode *randomized posttest with control group design*. Sampel adalah 28 tikus terbagi 4 kelompok. Kelompok kontrol tidak diberi paparan, kelompok perlakuan dipaparkan gelombang elektromagnetik 2100 MHz selama 2 jam/hari dengan jarak 3 cm selama 15 hari pada kelompok perlakuan 1, selama 30 hari pada kelompok perlakuan 2, dan selama 45 hari pada kelompok perlakuan 3. Pengukuran onset nyeri menggunakan metode panas. Perubahan ambang nyeri diambil dari selisih onset nyeri sesudah paparan dengan sebelum paparan. Perubahan sel granular pada korteks parietal serebri dinilai dari total skor dengan ketentuan sel normal (jumlahx0), sel degenerasi hidropik (jumlahx1) dan sel nekrosis (jumlahx2).

Hasil: Semakin lama paparan telepon seluler semakin tinggi ambang nyeri dan skor kerusakan sel granular korteks parietal serebri. Terdapat perbedaan bermakna ambang nyeri dan perubahan sel granular korteks parietal serebri antar kelompok ($p=0,000$). Terdapat hubungan bermakna antara perubahan sel granular korteks parietal serebri dengan ambang nyeri pada tikus wistar yang terpapar gelombang elektromagnetik ($p=0,000$).

Kesimpulan: Paparan gelombang elektromagnetik telepon seluler mempengaruhi persepsi nyeri akibat perubahan sel granular korteks parietal serebri tikus wistar.

Kata kunci: Telepon seluler, Elektromagnetik, Ambang nyeri, Sel granular, Korteks parietal serebri

EXPOSURE MOBILE PHONE ELECTROMAGNETIC WAVES AFFECTING PAIN PERCEPTION DUE TO CHANGES IN GRANULAR CELLS OF THE PARIETAL CORTEX WISTAR RATS

Fatiha Sri Utami Tamad* Trianggoro Budisulistyo** Amin Husni** Retnaningsih**
Herlina Suryawati** Suryadi**

*Neurology Resident of UNDIP Medicine faculty/Dr. Kariadi Hospital, Semarang
**Lecturer in the Neurology Department, UNDIP Medical Faculty /RSUP dr. Kariadi Semarang

ABSTRACT

Background: The increasing number of cellular phone users raises concerns about the effects. Cell phone electromagnetic wave radiation has a negative impact on pain perception due to granular cell changes in the cerebral parietal cortex.

Objective: To determine the effect of exposure electromagnetic waves cell phones on pain perception due to changes in the granular cells of the cerebral parietal cortex wistar rats.

Methods: Experimental research using randomized posttest with control group design. Samples were 28 rats divided into 4 groups. The control group was not exposed, the treatment group was exposed to 2100 MHz electromagnetic waves for 2 hours / day with a distance of 3 cm for 15 days in treatment group 1, for 30 days in treatment group 2, and for 45 days in treatment group 3. Measurement of pain onset using the hot method. Changes in pain threshold were taken from the difference in pain onset after exposure to before exposure. Granular cell changes in the cerebral parietal cortex were assessed from the total score with the provisions of normal cells (sumx0), hydropic degenerated cells (sumx1) and necrotic cells (sumx2).

Results: The longer the exposure to cell phones, the higher the pain threshold and the cerebral parietal cortex granular cell damage score. There was a significant difference in pain threshold and changes in cerebral parietal cortex granular cells between groups ($p=0.000$). There is a significant relationship between changes in the parietal cerebral cortex granular cells and pain threshold in wistar rats exposed to electromagnetic waves ($p=0.000$).

Conclusion: Exposure to cell phone electromagnetic waves affects pain perception due to changes in the granular cells of the cerebral parietal cortex wistar rats.

Keywords: Cellular telephone, Electromagnetic, Pain threshold, Granular cells, Cerebral parietal cortex