

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Pustaka

II.1.1 Gelombang Elektromagnetik

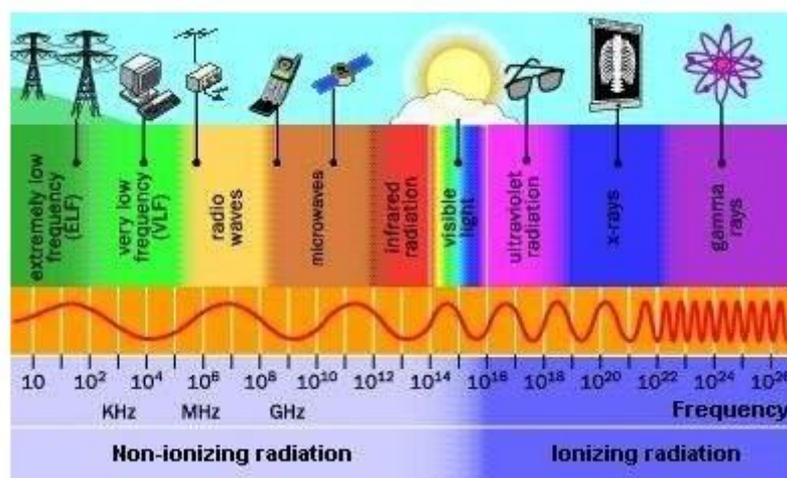
Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, dimana arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Gelombang ini dapat ditimbulkan oleh alat-alat elektronik saat dialiri listrik. Alat-alat elektronik ini pada akhirnya akan menimbulkan radiasi elektromagnetik (Rahmatullah, 2009).

Perbedaan frekuensi, panjang gelombang, energi foton, jarak paparan dari sumber dan lama paparan dapat menyebabkan efek radiasi yang berbeda. Secara garis besar radiasi elektromagnetik terbagi 2 kelompok yaitu radiasi pengion (ionisasi) dan radiasi tidak pengion (non-ionisasi) (Rahmatullah, 2009).

Radiasi gelombang elektromagnetik yang termasuk dalam radiasi ionisasi adalah sinar X, sinar Gamma, dan sebagian sinar ultraviolet. Dampak kesehatan yang terjadi akibat paparan radiasi gelombang elektromagnetik ionisasi meliputi efek akut dan kronis. Efek akut terdiri dari sindrom hemopoetik, sindrom gastrointestinal

dan sindrom saraf pusat. Terdapat kondisi yang muncul akibat ketiga efek tersebut yaitu mual dan ingin muntah, merasa tidak enak badan dan lesu, naiknya suhu badan, adanya perubahan pada pemeriksaan darah. Sedangkan efek kronisnya adalah kanker, perubahan genetika, memendeknya jangka hidup dan katarak (Rahmatullah, 2009).

Sedangkan radiasi gelombang elektromagnetik non-ionisasi adalah radiasi yang tidak memiliki kemampuan untuk mengionisasi molekul. Termasuk diantaranya adalah sebagian sinar ultraviolet, sinar tampak, sinar infra merah, gelombang mikro, gelombang radio, dan medan elektromagnetik berfrekuensi ekstrim rendah (Rahmatullah, 2009).



Gambar 1. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (sumber:

<http://digital-meter-indonesia.com>)

II.1.2 Efek Paparan Gelombang Elektromagnetik

1. Efek Termal

Kenaikan suhu jaringan yang dihasilkan dari paparan gelombang elektromagnetik disebut sebagai "efek termal" (Alaa *et al.*, 2011). Panas terutama terkait dengan penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi yang dihasilkan dari konduktivitas listrik yang ditingkatkan dari media jaringan. Efek termal dapat menyebabkan gangguan fungsi sel dan perkembangannya. Kenaikan suhu jaringan dalam organ berhubungan dengan ketidakseimbangan antara timbulnya panas dan pembuangan panas. Generasi panas tergantung pada *Specific Absorption Rate* (SAR) dan tingkat energi (densitas daya) dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan harus melebihi $100\text{mW}/\text{cm}^2$ untuk memiliki dampak pemanasan pada jaringan biologis.

2. Efek Non-Termal

Efek non-termal mencakup semua interaksi gelombang elektromagnetik dengan jaringan biologis tanpa produksi panas atau kenaikan suhu terukur. Secara khusus, medan magnet dari gelombang elektromagnetik memiliki potensi yang paling berbahaya pada organisme hidup. Hal ini disebabkan karena kemampuannya untuk menembus tubuh manusia sementara medan listrik pada manusia kurang memiliki kemampuan penetrasi kulit. Bahkan, arus balik diinduksi dalam tubuh kita

yang dihasilkan dari paparan medan elektromagnetik telepon seluler ponsel dapat menjelaskan efek termal non biologis pada jaringan, tingkat seluler dan sub-seluler (Alaa *et al.*, 2011; Myung dan Park, 2012).

Medan elektromagnetik mempunyai pengaruh terhadap status kesehatan manusia baik fisik maupun psikis. Penelitian menunjukkan bahwa (Hardjono dan Qadrijati, 2004):

1. Terhadap Binatang

Penelitian Soesanto (1996) dengan binatang kecil yang terpapar medan listrik sampai 100 kV/m menyatakan pengaruh pada komponen sistem saraf pusat.

2. Terhadap Manusia

Energi yang terkandung pada medan elektromagnetik terlebih pada frekuensi ekstrim rendah, sebenarnya terlalu kecil untuk dapat menyebabkan efek biologi. Namun dengan adanya perbedaan radiosensitivitas berbagai sel yang membentuk jaringan dan organ tubuh dan dihubungkan dengan dosis pajanan yang mungkin diterima memungkinkan terjadinya gangguan yang tidak diinginkan.

II.1.3 Handphone

Handphone (Swamardika, 2009) merupakan alat komunikasi dua arah dengan menggunakan gelombang radio atau *radio frequency* (RF). Ketika melakukan panggilan, suara akan ditulis dalam

sebuah kode tertentu ke dalam gelombang radio dan selanjutnya diteruskan melalui antena ponsel menuju ke *base station* terdekat dimana dilakukannya panggilan.

Handphone mentransmisikan dan menerima sinyal dari dan ke substasiun yang ditempatkan di tengah kota. Substasiun yang menerima sinyal paling jernih dari telepon seluler memberikan pesan ke jaringan telepon local jarak jauh. Jaringan *Personal Communication Services* (PCS) mirip dengan sistem telepon seluler. *Personal Communication Services* (PCS) menyediakan komunikasi suara dan data didesain untuk menjangkau daerah yang luas. Pita frekuensi 800 sampai dengan 3000 MHz telah dijatahkan untuk peralatan komunikasi ini. Saat ini Indonesia mempunyai dua jaringan telepon nirkabel yaitu sistem *Global System for Mobile Communication* (GSM) dan sistem *Code Division Multiple Access* (CDMA) (Swamardika, 2009).



Gambar 2. *Handphone* (sumber: <http://igadgets.us>)

Global System for Mobile Communication (GSM) menggunakan frekuensi standar 900Mhz dan frekuensi 1800Mhz dengan nama Personal Communication Network. Berbeda dengan GSM yang menggunakan *Time Division Multiplexing*, CDMA tidak memiliki frekuensi khusus pada setiap pengguna (Ahong, 2007).

II.1.4 *Specific Absorption Rate (SAR)*

Menurut Swamardika (2009) pengukuran kadar radiasi sebuah *handphone* umumnya disebut dengan *Specific Absorption Rate* (SAR). Pengukur energi radio frekuensi atau RF yang diserap oleh jaringan tubuh pengguna *handphone* bisa dinyatakan sebagai *units of watts perkilogram* (W/kg). Batas SAR yang ditetapkan oleh ICNIRP adalah 2.0W/kg (watts per kilogram). Sementara *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) juga telah menetapkan sebuah standar baru yang digunakan oleh negara Amerika dan negara lain termasuk Indonesia adalah dengan menggunakan batas 1.6W/kg.

Environmental Working Group (EWG) adalah sebuah badan berbasis di Amerika Serikat yang memberi perhatian terhadap masalah radiasi *handphone*, kesehatan manusia dan merilis daftar *handphone* yang berbahaya ataupun tak berbahaya bagi kesehatan manusia. Penyusunan daftar *handphone* itu berdasarkan pada level SAR. Level pada SAR adalah ukuran kuantitas frekuensi radio

yang diserap oleh tubuh kita. Semakin rendah levelnya, maka semakin baik untuk meminimalisir radiasi (Marcelline,2009).

II.1.5 Stres

Dalam istilah medis, stres didefinisikan sebagai suatu rangsangan fisik dan psikologi yang menghasilkan reaksi mental dan fisiologi yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit. Sedangkan secara teknis, stres merupakan pengrusakan keseimbangan tubuh (homeostasis) yang dicetus oleh pengalaman-pengalaman yang tidak menyenangkan, baik yang nyata maupun yang tidak nyata (Catootjie, 2007). Stresor adalah suatu keadaan yang menimbulkan respon stres (Wiyono, 2007).

Stres yang muncul akibat adanya stresor dapat berupa stres akut (dalam kondisi *fight or flight* atau pengalaman hidup sehari-hari) dan stres kronik (beban stres yang terakumulasi hari demi hari). Keadaan stres dapat menimbulkan respon adaptasi berupa respon fisiologis maupun psikologis. Gangguan yang muncul akibat sindroma stres bervariasi, mulai dari gangguan emosi, perilaku, fungsi reproduksi, pertumbuhan, imunitas dan kognitif (Wiyono, 2007).

Pada saat stres, perhatian akan meningkat dan otak terfokus terhadap ancaman yang datang. *Cardiac output* dan pernafasan meningkat, selain itu juga peningkatan katabolisme dan laju darah

diperuntukkan untuk memasok kebutuhan otak, jantung, dan otot (Tsigos, 2002).

Stres mempunyai peranan terhadap memori, dan paparan stres dari lingkungan yang tidak dikenal akan menyebabkan defisit dalam memori kerja yang menandakan kerusakan dari hippocampus (Bremner, 1999).

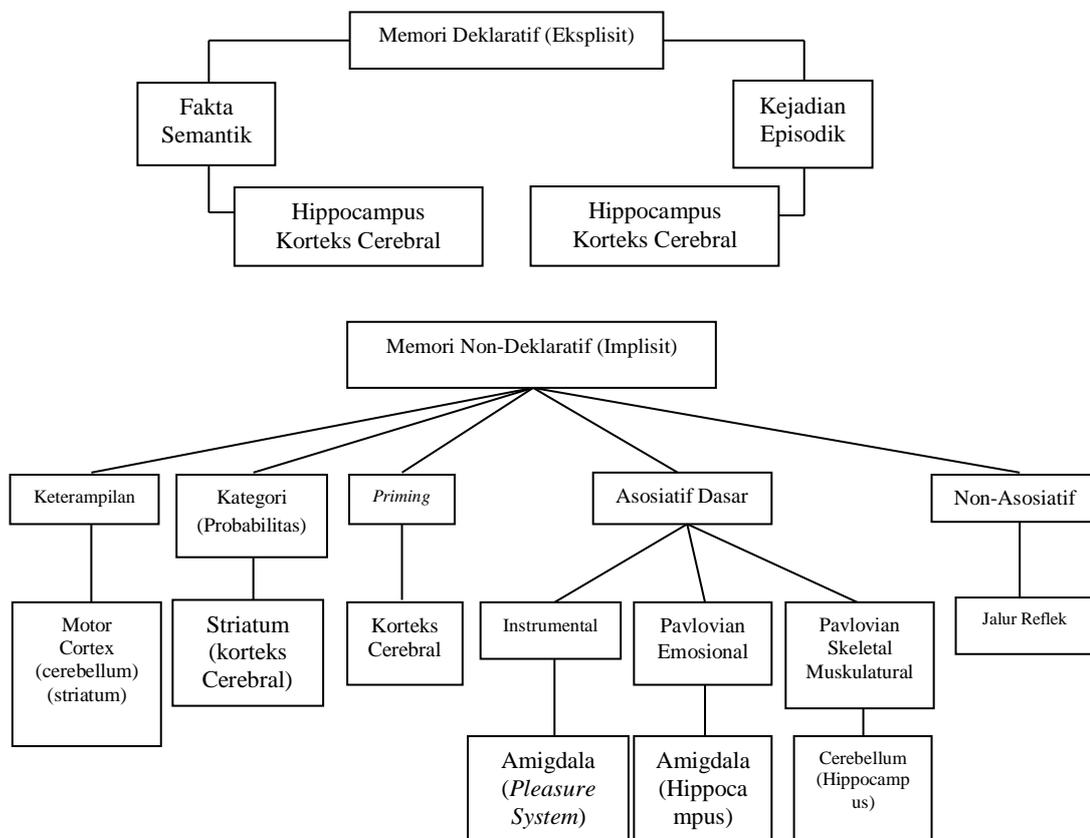
Pada keadaan stres disekresikan hormon glukokortikoid (Wiyono, 2007). Pelepasan hormon ini melalui aksis hipotalamus-pituitaria-adrenalis (aksis HPA). Mekanismenya melalui pelepasan *corticotropinreleasing hormone* (CRH) dari hypothalamus. Hormon ini akan memacu pelepasan *adrenocorticotrophinhormone* (ACTH) dari kelenjar pituitaria dan selanjutnya terbawa aliran darah sampai ke cortex adrenalis. Organ ini mensekresikan hormon glukokortikoid. Selanjutnya hormon ini dapat mempengaruhi fungsi memori dengan pengaruhnya pada sistem limbik.

Penggunaan obat-obatan seperti glukokortikoid, dexamethasone, atau kortisol menunjukkan gangguan pada fungsi memori kerja verbal deklaratif pada orang sehat. Kadar kortisol berhubungan dengan fungsi memori, yang dibuktikan dengan eksaserbasi defisit memori dengan stres yang diinduksi oleh kenaikan kadar kortisol (Bremner, 1999).

Hormon glukokortikoid dapat masuk ke dalam otak dan berikatan dengan dua tipe reseptor steroid adrenal intraseluler. Hormon ini bekerja terutama di hippocampus yang mengandung reseptor glukokortikoid dengan konsentrasi tertinggi (Wiyono, 2007).

II.1.6 Memori Kerja dan Hippocampus

Memori secara fisiologis merupakan hasil dari perubahan kemampuan penjalaran sinaptik dari satu neuron ke neuron berikutnya. Perubahan ini menghasilkan jaras-jaras yang terfasilitasi yang disebut jejak-jejak ingatan (*memory traces*) (Guyton, 2006).



Gambar 3. Skema Memori dan Struktur Otak yang Terkait (sumber: *In Search of Memory Traces*, Thompson, 2005)

Memori secara traditional terbagi dalam tiga subproses yang berurutan: *encoding*, *storage*, dan *retrieval*. *Encoding* adalah proses memasukan informasi ke dalam sistem saraf. Setelah proses *encoding* dilanjutkan dengan proses *storage* dimana terjadi penyimpanan informasi ke dalam otak menjadi memori. Bagian terakhir dari proses pembentukan memori adalah *retriveal*, pemanggilan kembali informasi yang telah disimpan (Syaifullah, 2010).

Memori kerja didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan dan meningkatkan daya ingat terhadap informasi untuk mengarahkan tindakan yang sedang dilakukan. Komponen penting dalam memori kerja adalah penyimpanan informasi jangka pendek yang menyimpan informasi seperti lokasi spatial dan informasi tentang suatu objek dipertahankan dalam *buffer* memori jangka pendek dan dibuang setelah respon yang dibutuhkan telah dikerjakan. Kesemuanya ini diistilahkan dengan *workspace*. Komponen lain dari memori kerja melibatkan proses kognitif disebut *excecutive function*, bekerja untuk mengkoordinasikan semua aktivitas dalam memori kerja, termasuk material (*content*) dan proses yang harus dikoordinasikan untuk keluar dan masuk *workspace* (Syaifullah, 2010).

Salah satu bentuk memori kerja (Wiyono, 2007) adalah memori spasial, yaitu bentuk memori mengenai ruang dan tempat yang

dihubungkan dengan kemampuan individu dan spesies untuk bertahan hidup. Memori spasial berperan penting dalam *foraging behaviour* (perilaku mencari makan) pada hewan rodensia (hewan pengerat) dan jenis unggas (burung).

Hippocampus dan cortex medial prefrontal merupakan area penting yang berhubungan dengan memori kerja pada tikus. Cortex medial prefrontal berhubungan dengan penyimpanan temporer dan pemrosesan informasi yang berlangsung dalam subdetik hingga beberapa detik. Sedangkan hippocampus memiliki fungsi yang lebih penting dalam perpanjangan memori kerja hingga waktu yang lebih lama. Sehingga kerusakan yang terjadi pada struktur hippocampus ini akan sangat mempengaruhi kualitas memori kerja (Yoon *et al*, 2008).



Gambar 4. Hippocampus pada kedua hemisfer tikus (sumber: Paxinos, 2007)

Peranan dari hormon stres, yaitu glukokortikoid, terhadap hippocampus konsisten dengan hipotesis McEwen *et al*. (2000)

bahwa hippocampus berperan dalam stres yang berhubungan dengan gangguan psikiatri.

Menurut Wiyono (2007) akibat paparan glukokortikoid dosis tinggi secara kronik terhadap hippocampus dapat menimbulkan akibat yang merusak berupa penurunan neurogenesis, atrofi neuronal disertai penurunan memori, dengan salah satu mekanisme adalah terjadinya disrupsi metabolik, yaitu glukokortikoid menghambat *uptake* glukosa pada neuron maupun astrosit di otak.

Penurunan glukosa sebagai sumber energi ini menyebabkan peningkatan glutamat di celah ekstraseluler, karena pengendalian *release* dan *uptake* glutamat merupakan proses yang memerlukan energi dalam jumlah besar. Glukokortikoid meningkatkan konsentrasi glutamat di celah ekstraseluler. Berbagai bukti menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi glutamat ekstraseluler dapat menyebabkan apoptosis neuron dan astrosit. Konsentrasi tinggi glutamat juga akan mengaktifasi reseptor NMDA (*Nmethyl-D-aspartate*) yang akan menginduksi terjadinya perubahan degeneratif, khususnya apoptosis, karena pengaruh glukokortikoid. Paparan glukokortikoid secara kronik atau stres kronik menyebabkan perubahan morfologi hippocampus dengan adanya kematian neuron piramidal, atrofi dan *remodeling* dendrit terutama di CA1 dan CA3 juga terjadi apoptosis astrosit (Wiyono, 2007).

II.1.7 Perubahan Perilaku

Respons normal terhadap stres terdiri atas tiga komponen

(Maramis, 2009), yaitu:

1. Respon emosi dengan perubahan somatis yang menyertainya
Respon emosi terhadap bahaya dan ancaman akan berupa perasaan takut dan cemas, sedangkan terhadap perpisahan dan kehilangan akan berupa depresi. Gejala somatik akibat adanya bahaya dan ancaman adalah keterjagaan autonomik, dan akibat perpisahan dan kehilangan adalah berkurangnya aktivitas fisik.
2. Respon psikologis yang mengurangi dampak pengalaman itu
Respon psikologis berfungsi untuk mengurangi dampak pengalaman traumatik dapat berupa kesulitan mengingat kembali detail pengalaman itu atau kehilangan perasaan terhadap peristiwa tersebut (mati rasa). Menurut teori Freud, kedua hal ini diakibatkan oleh represi, yaitu proses mental aktif yang tidak disadari.
3. Cara menghadapi situasi (*coping*) dan respons emosi berkaitan dengan itu
Tidak semua strategi *coping* bersifat adaptif, ada yang bahkan bersifat maladaptif. Strategi *coping* adaptif akan mengurangi distress jangka pendek dan jangka panjang; termasuk disini penghindaran situasi yang menimbulkan distress, memecahkan masalah, dan berdamai dengan situasi. Namun, bila berlangsung terus, penghindaran dapat merugikan dan

mencegah terjadinya pemecahan masalah dan berdamai dengan situasi. Strategi *coping* maladaptif efektif untuk jangka pendek tetapi akan menimbulkan kesulitan dalam jangka panjang. Strategi maladaptif ini dapat berupa penggunaan alkohol dan zat berlebihan, melepas emosi melalui perilaku histrionik atau agresif, dan mencederai diri sendiri dengan sengaja.

Secara perilaku, respon terhadap stres dapat dalam kondisi *fight or flight* atau perilaku yang berhubungan dengan kesehatan. Sistem imunitas merespon stres akut dengan cara makan, konsumsi alkohol, dan merokok.

Pada tikus yang dipaparkan dengan stres ringan dalam periode kronik menunjukkan penurunan umum dalam merespon, salah satunya ditunjukkan dengan penurunan konsumsi sukrosa per oral (Pothion, 2004). Penelitian Murray (2013) menyebutkan juga bahwa stres kronik yang bersifat ringan menurunkan pilihan beberapa substansi oral salah satunya sukrosa.