

EMF-GUARD: PERANTI INTERNET BENDA UNTUK MENGESAN DAN MEMANTAU EMF TELEFON MUDAH ALIH DENGAN MASA NYATA DENGAN SAMBUNGAN BLE

FRANKLIN GELOM ANAK DERASI, ROSILAH HASSAN

FAKULTI TEKNOLOGI & SAINS MAKLUMAT 43600 UNIVERSITI KEBANGSAAN
MALAYSIA

ABSTRAK

Kemajuan yang pesat dalam teknologi peranti elektronik dan rangkaian tanpa wayar telah menimbulkan kebimbangan terhadap pendedahan yang berterusan kepada frekuensi elektromagnet (EMF), yang boleh membawa kepada risiko kesihatan. Tujuan projek ini adalah untuk membangunkan peranti yang boleh mengesan dan memantau tahap EMF yang dipancarkan oleh telefon mudah alih yang berdekatan menggunakan sistem internet benda dan teknologi rangkaian BLE. Dengan menggunakan mikropengawal ESP32 bersama sensor frekuensi, sistem akan menilai frekuensi kepada tiga tahap iaitu, selamat, sederhana dan berbahaya, serta memberikan respon visual dan bunyi dengan segera untuk situasi yang berbahaya. Selain itu, penggunaan aplikasi mudah alih yang disesuaikan untuk memaparkan data dalam masa nyata yang dihantar oleh ESP32. Kaedah pembangunan sistem menggunakan metodologi agile, membolehkan penambahbaikan berulang berdasarkan ujian dan prestasi sistem. Hasil ujian menunjukkan sistem dapat mengesan nilai EMF dalam tiga senario pengguna telefon mudah alih, iaitu, mod menunggu: 0.35 – 0.58 V/m, panggilan suara: 2.63 – 3.42 V/m dan penstriman video: 1.42 – 2.26 V/m. Respon LED dan buzzer adalah selaras dengan nilai ambang yang ditetapkan membuktikan ketepatan dan kebolehpercayaan sistem. Penyelesaian berdasarkan IoT ini ditujukan untuk meningkatkan kesedaran masyarakat tentang risiko pendedahan EMF dan mewujudkan persekitaran yang lebih selamat.

ABSTRACT

The rapid advancement in electronic device technology and wireless networks has raised concerns about continuous exposure to electromagnetic frequencies (EMF), which may lead to health risks. The objective of this project is to develop a device that can detect and monitor the level of EMF emitted by nearby mobile phones using an Internet of Things (IoT) system and BLE network technology. By using an ESP32 microcontroller together with a frequency sensor, the system evaluates the frequency into three levels: safe, moderate, and dangerous, and provides immediate visual and audio responses for dangerous situations. In addition, a customized mobile application is used to display real-time data transmitted by the ESP32. The system development method applies the agile methodology, enabling iterative improvements based on testing and system performance. Test results show that the system can detect EMF values in three mobile phone usage scenarios: idle mode: 0.35 – 0.58 V/m, voice call: 2.63 – 3.42 V/m, and video streaming: 1.42 – 2.26 V/m. The LED and buzzer responses are consistent with the defined threshold values, proving the system's accuracy and reliability. This IoT-based solution aims to raise public awareness about EMF exposure risks and create a safer environment.

PENGENALAN

Dalam era digital masa kini, telefon mudah alih telah menjadi keperluan asas dalam kehidupan harian masyarakat. Namun begitu, penggunaan berterusan dan kerap terhadap peranti ini turut mendedahkan pengguna kepada medan elektromagnet (EMF) yang dipancarkan oleh komponen elektronik dan sistem komunikasi dalam peranti tersebut. Pendedahan jangka panjang terhadap EMF, terutama pada jarak dekat, berpotensi menimbulkan kesan terhadap kesihatan seperti gangguan tidur, sakit kepala, dan kesan biologi lain yang masih dalam kajian. Oleh itu, wujud satu keperluan untuk membangunkan peranti dan aplikasi pengesan dan pemantau EMF yang mudah digunakan dan mampu meningkatkan kesedaran orang ramai terhadap tahap pendedahan yang dialami setiap hari.

Projek ini bertujuan membangunkan peranti dan aplikasi internet benda untuk mengesan dan memantau tahap EMF secara masa nyata. Projek ini terdiri daripada perkakasan utama iaitu mikropengawal ESP32 yang disambungkan dengan sensor EMF jenis AD8317 dan antena GSM, yang berfungsi untuk mengesan kekuatan isyarat medan elektrik yang dipancarkan oleh telefon mudah alih berhampiran. Bacaan ini kemudian dihantar ke aplikasi mudah alih melalui sambungan Bluetooth Low Energy (BLE). Aplikasi Android ini direka bentuk menggunakan Jetpack Compose dan memaparkan nilai EMF dalam unit Volt per meter (V/m). Paparan ini disertakan dengan meter analog digital dan zon warna untuk mewakili tiga tahap pendedahan iaitu selamat ($0.00 - 1.15$ V/m), sederhana ($1.16 - 2.30$ V/m), dan bahaya ($2.31 - 3.46$ V/m).

Selain paparan pada aplikasi, sistem ini turut dilengkapi dengan komponen fizikal seperti LED dan buzzer yang dikawal oleh ESP32 untuk memberi maklum balas segera kepada pengguna. Warna LED akan berubah mengikut tahap pendedahan, manakala buzzer akan berbunyi secara pendek atau panjang bergantung kepada tahap bahaya yang dikesan. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan interaktiviti sistem, malah membantu pengguna mendapatkan maklumat segera walaupun tanpa melihat aplikasi. Secara keseluruhannya, projek ini menunjukkan potensi integrasi teknologi penderiaan EMF, mikropengawal, dan aplikasi mudah alih sebagai satu penyelesaian inovatif untuk pemantauan tahap pendedahan elektromagnet dalam kehidupan harian.

KAJIAN LITERATUR

Beberapa kajian dan pembangunan sistem pengesanan medan elektromagnet (EMF) telah dijalankan sebelum ini bagi tujuan pemantauan alam sekitar, industri, dan kesihatan. Walau bagaimanapun, setiap sistem mempunyai reka bentuk, julat frekuensi, dan aplikasi berbeza bergantung kepada keperluan penggunaannya. Perbandingan ini membantu dalam mengenal pasti kelebihan dan kekurangan sistem sedia ada, sekaligus menjadi rujukan utama dalam pembangunan sistem EMF-Guard.

Kajian pertama menumpukan kepada litar pengesan EMF untuk aplikasi tenaga frekuensi rendah, yang direka khusus untuk mengesan EMF dalam julat frekuensi rendah yang sering dikaitkan dengan peralatan industri dan persekitaran. Sistem ini memberi tumpuan kepada pengoptimuman litar untuk meningkatkan kepekaan terhadap EMF, namun tidak dilengkapi dengan ciri penunjuk visual atau kaedah penghantaran data. Simulasi dan pembinaan prototaip dilakukan menggunakan perisian seperti PSpice atau Proteus, dan interaksi pengguna adalah terhad kepada output litar sahaja tanpa sebarang visualisasi atau maklum balas masa nyata.

Kajian kedua pula memperkenalkan satu pengesan EMF novel untuk tenaga frekuensi sangat rendah (seperti 50 Hz) yang lebih berkait dengan talian kuasa dan peralatan elektrik rumah. Sistem ini turut menggunakan simulasi melalui Proteus dan menyediakan penunjuk LED untuk memvisualisasikan kehadiran EMF. Namun begitu, sistem ini masih tidak menyokong penghantaran data atau interaksi pengguna yang interaktif. Kedua-dua kajian ini memberikan asas teknikal dalam aspek reka bentuk dan pengesanan litar, tetapi masih mempunyai kekangan dari sudut keupayaan pemantauan secara langsung dan komunikasi dengan pengguna.

Sebagai perbandingan, projek EMF-Guard yang dibangunkan ini menawarkan penambahbaikan yang ketara. Ia direka khusus untuk mengesan EMF yang dipancarkan oleh telefon mudah alih, iaitu salah satu sumber utama pendedahan harian kepada pengguna. Peranti ini mengintegrasikan sensor EMF dengan mikropengawal ESP32, sambungan Bluetooth Low Energy (BLE), LED, dan buzzer untuk memberikan amaran visual dan bunyi berdasarkan tahap EMF yang dikesan. Tambahan pula, EMF-Guard menyokong penghantaran data masa nyata ke aplikasi mudah alih yang dibangunkan khas, sekaligus membolehkan pengguna memantau bacaan secara langsung. Dengan pendekatan ini, EMF-Guard bukan sahaja memenuhi keperluan teknikal, malah meningkatkan pengalaman pengguna dan kesedaran terhadap pendedahan EMF dalam persekitaran harian.

METODOLOGI

Metodologi projek ini merangkumi beberapa peringkat utama iaitu reka bentuk sistem, pemprosesan dan penghantaran data, pembangunan aplikasi mudah alih, maklum balas fizikal, dan pengujian sistem secara menyeluruh. Kesemua peringkat ini dibangunkan berasaskan pendekatan internet benda yang membolehkan pengesanan dan pemantauan EMF masa nyata menggunakan kombinasi perkakasan dan perisian.

Pada peringkat awal, reka bentuk sistem dimulakan dengan pembangunan perkakasan pengesanan EMF menggunakan mikropengawal ESP32. Penderia EMF jenis AD8317 digunakan untuk mengesan kekuatan isyarat yang dipancarkan oleh telefon bimbit. Isyarat analog yang diterima akan dianalisis dan ditukarkan kepada unit kekuatan medan elektrik dalam Volt per meter (V/m). Antena GSM disambungkan kepada penderia EMF untuk meningkatkan sensitiviti pengesanan. Di samping itu, modul LED dan buzzer turut disambungkan kepada ESP32 bagi menyediakan maklum balas fizikal secara langsung kepada pengguna berdasarkan tahap EMF yang dikesan.

Seterusnya, pemprosesan dan penghantaran data dilaksanakan melalui sambungan Bluetooth Low Energy (BLE) antara ESP32 dan telefon pintar. ESP32 akan menghantar nilai EMF dalam bentuk rentetan teks (string) ke aplikasi mudah alih secara masa nyata. Penukaran voltan kepada V/m dilakukan berdasarkan formula penentukuran yang ditetapkan, dan hanya nilai V/m yang akan dihantar ke aplikasi. BLE dipilih kerana penggunaan tenaganya yang rendah dan keupayaannya untuk menyokong pemantauan berterusan dalam masa nyata.

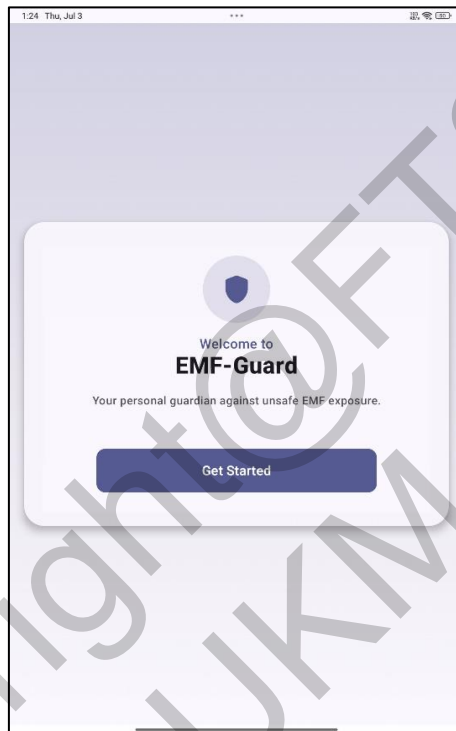
Aplikasi Android dibangun menggunakan Jetpack Compose sebagai kerangka antarmuka pengguna (UI) moden. Aplikasi ini memaparkan nilai EMF dalam bentuk meter analog jarum yang dibahagikan kepada tiga zon warna iaitu biru untuk tahap Selamat (0.00–1.15 V/m), kuning untuk tahap Sederhana (1.16–2.30 V/m), dan merah untuk tahap Bahaya (2.31–3.46 V/m). Pengguna boleh melihat bacaan terkini secara langsung apabila aplikasi disambungkan kepada peranti ESP32 melalui BLE. Paparan ini membantu pengguna memahami tahap pendedahan dengan lebih mudah dan intuitif.

Akhir sekali, sistem diuji dalam pelbagai situasi menggunakan telefon bimbit sebagai sumber EMF, termasuk ketika membuat panggilan, penggunaan data internet, dan mod aktif peranti. Jarak pengesanan standard ditetapkan pada 5 cm daripada antenna sensor untuk mendapatkan bacaan paling stabil. Hasil ujian digunakan untuk menilai ketepatan bacaan, keberkesanan maklum balas LED dan buzzer, serta kestabilan penghantaran data BLE ke aplikasi. Melalui pendekatan ini, sistem EMF-Guard dibangun secara menyeluruh dan memenuhi objektif pemantauan EMF secara masa nyata dalam konteks penggunaan telefon mudah alih.

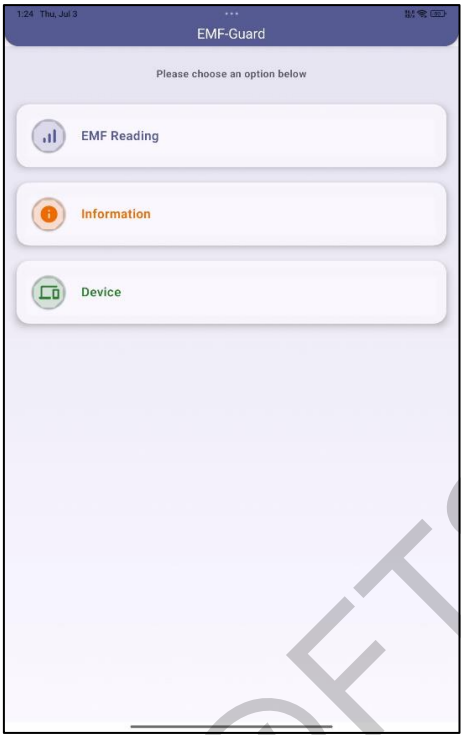
HASIL

Peranti EMF-Guard telah berjaya dibangunkan dokumentasi pembangunannya telah direkodkan sepenuhnya. Antara muka pengguna aplikasi EMF-Guard dibangunkan menggunakan teknologi Jetpack Compose yang membolehkan reka bentuk moden dan reaktif. Reka bentuk menumpukan kepada kesederhanaan, kefungsian dan kejelasan maklumat.

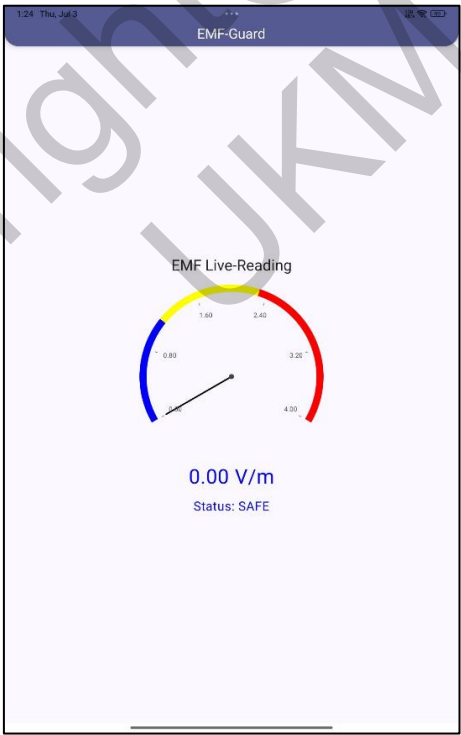
Antara muka aplikasi EMF-Guard:



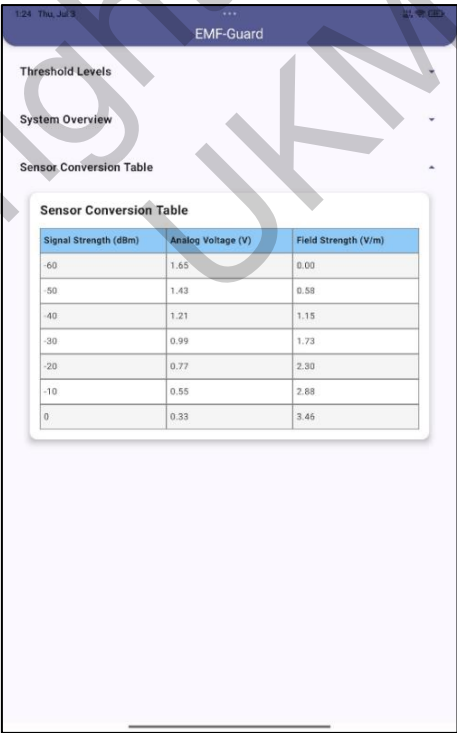
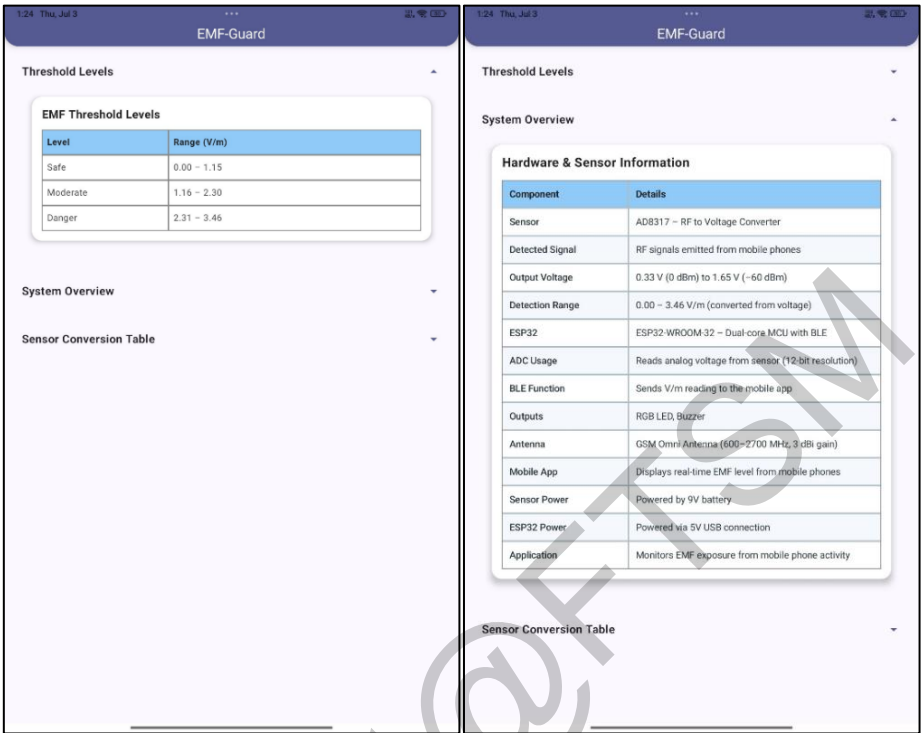
Welcome Page UI



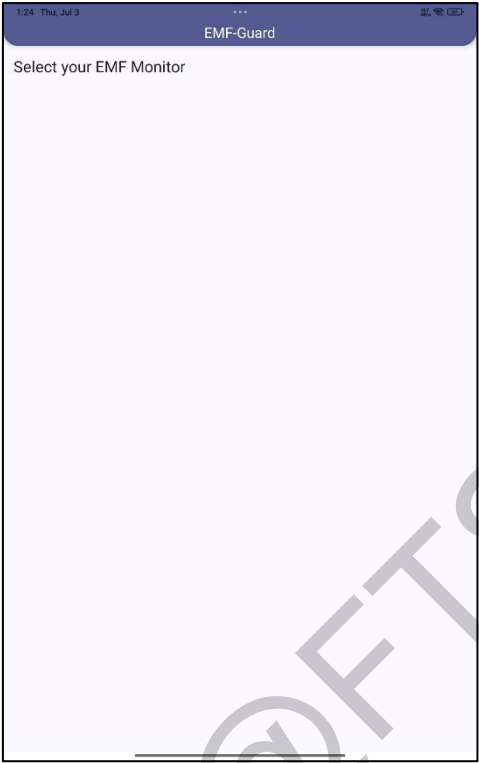
Homepage UI



EMF reading UI



Information UI



Device list UI

Hasil pengujian peranti EMF-Guard dilakukan berdasarkan tiga senario penggunaan telefon mudah alih, iaitu mod menunggu, panggilan suara dan penstriman video. Jadual keputusan dan tindak balas peranti menunjukkan keputusan bacaan EMF telefon mudah alih yang berjaya dikesan berdasarkan senario penggunaan telefon mudah alih dan respon peranti.

Aktiviti	Bacaan EMF (V/m)	Tahap Pendedahan	Warna LED	Status Buzzer
Mod Menunggu	0.35 – 0.58 V/m	Selamat	Biru	Tiada bunyi
Panggilan Suara	2.63 – 3.42 V/m	Bahaya	Merah	Bunyi berpanjang dan berterusan
Penstriman Video	1.42 – 2.2 V/m	Sederhana	Kuning	Bunyi pendek dan berterusan

Jadual keputusan dan tindak balas peranti

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek ini membuktikan bahawa peranti internet benda untuk mengesan dan memantau EMF dapat dibangunkan pada kos rendah tetapi tetap berfungsi dengan berkesan. Gabungan antara penderia EMF, mikropengawal ESP32, komunikasi BLE serta aplikasi mudah alih telah berjaya menghasilkan satu prototaip peranti pengesanan dan pemantau EMF masa nyata yang dapat memberikan maklumat penting berkaitan pendedahan kepada EMF kepada pengguna. Walaupun terdapat kekangan, projek EMF-Guard ini berpotensi untuk dikembangkan pada masa hadapan dengan penambahbaikan dari segi ketepatan, kecekapan tenaga, fungsi tambahan dan kebolehlanjutan. Projek ini juga menyumbang kepada kesedaran pengguna terhadap risiko EMF dan kepentingan pemantauan persekitaran digital mereka.

PENGHARGAAN

Dengan hati yang tulus ikhlas, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Prof. Dr. Rosilah Hassan yang banyak mencurahkan segala nasihat dan tunjuk ajar dalam membimbing saya sepanjang proses menyempurnakan projek ini.

Saya ingin menitipkan ucapan terima kasih dengan segala jasa beliau dalam mengorbankan masa dan mencurahkan ilmu bagi membantu saya dapat menghasilkan projek ini supaya berjalan dengan lancar. Kesempatan ini juga saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada seluruh ahli keluarga dan rakan-rakan saya yang banyak memberi panduan dalam memudahkan urusan saya bagi melengkapkan penghasilan projek ini.

Akhir sekali, terima kasih saya ucapkan kepada semua pihak secara langsung mahupun tidak langsung yang telah membantu saya sejak daripada awal mula lagi penghasilan projek ini.

RUJUKAN

- Asana. (2024, February 2). *Agile methodology: A beginner's guide*. Asana. Retrieved from: <https://asana.com/resources/agile-methodology>
- Yasar, K., & Gillis, A. S. (June 2024). Internet of Things (IoT). Retrieved from: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>.
- IBM. (2023, May 12). What is the Internet of Things (IoT)?. Diambil daripada: <https://www.ibm.com/think/topics/internet-of-things>.
- Oracle. (n.d.). Internet of Things (IoT). Oracle. Diambil daripada: <https://www.oracle.com/my/internet-of-things/>
- Proctor, B. (2023, May 17). Bluetooth vs. Bluetooth Low Energy. Diambil daripada: <https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy>.
- Nesbo, E. (2021, December 27). What Is BLE (Bluetooth Low Energy) and How Does It Work? MakeUseOf. Diambil daripada: <https://www.makeuseof.com/what-is-ble-bluetooth-low-energy/>
- Manassas, A., Apostolidis, C., Iakovidis, S., Babas, D., & Samaras, T. (2023). A study of the long term changes in the electromagnetic environment using data from continuous monitoring sensors in Greece. *Scientific Reports*, 13, Article 13784. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41034-3>
- Cirino, E., & Lamoreux, K. (2023, December 8). Electromagnetic fields (EMF): What they are and how they affect your health. Healthline. Medically reviewed by Avi Varma, MD, MPH, AAHIVS, FAAFP. Diambil daripada: <https://www.healthline.com/health/emf>

Safe Living Technologies. (2021, July 23). What is an EMF radiation detector? Safe Living

Technologies. Diambil daripada: [https://safelivingtechnologies.com/news/what-is-an-emf-radiation-](https://safelivingtechnologies.com/news/what-is-an-emf-radiation-detector/#:~:text=Thus%2C%20an%20EMF%20detector%20is,words%2C%20EMF%20detectors%20measure%20radiation)

[detector/#:~:text=Thus%2C%20an%20EMF%20detector%20is,words%2C%20EMF%20detectors%20measure%20radiation](https://safelivingtechnologies.com/news/what-is-an-emf-radiation-detector/#:~:text=Thus%2C%20an%20EMF%20detector%20is,words%2C%20EMF%20detectors%20measure%20radiation)

Kang, H. S., & Exworthy, M. (2022). Wearing the future—wearables to empower users to take greater responsibility for their health and care: scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(7), e35684.

Bait-Suwailam, M. M. (2015). Electromagnetic field detector circuit for low-frequency energy applications. *The Journal of Engineering Research [TJER]*, 12(1), 69-80.

Bohari, Z.H., Sulaima, M.F., Nasir, M.N., Bukhari, W.M., Jali, M.H., & Baharom, M.F. (2014).

A Novel Electromagnetic Field Detector for Extremely Low Frequency Energy.

Imperva. (n.d.). OSI Model Explained: The 7 Layers of Networking. Retrieved from

<https://www.imperva.com/learn/application-security/osi-model/>.

Wikipedia contributors. (n.d.). Bluetooth Low Energy. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.

Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy.

Canva

<https://www.canva.com/>

Draw io

<https://app.diagrams.net/>

Froehlich, A. (2022, May 5). 6 types of enterprise networking topologies. TechTarget. Diambil

daripada: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/tip/6-types-of-enterprise-networking-topologies>

Android Jetpack Compose Documentation

Forum GitHub dan StackOverflow (Rujukan kod BLE dan Jetpack Compose)

Franklin Gelom Anak Derasi (A193122)

Prof. Dr. Rosilah Hassan

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM