



Analisis Gelombang Elektromagnetik pada Transmisi Jaringan 5G di Indonesia

Rafif Abyakto^{1*}, Qonita Auliani², Naif Baihaqi³, Muhammad Rizki⁴, Diyajeng Luluk Karlina⁵

¹⁻⁵ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117

*Korespondensi penulis: 2283230007@untirta.ac.id

Abstract: Electromagnetic waves in 5G transmission in Indonesia, a cellular network based on electromagnetic waves, which has revolutionized wireless communications. This wireless technology is more advanced than previous wireless technologies (1G, 2G, 3G and 4G). Electromagnetic waves are a type of electromagnetic radiation consisting of electric and magnetic fields moving simultaneously. 5G operates at a higher frequency than previous cellular technologies. The relationship between 5G signals and electromagnetic waves and their impact on signal performance and range. Here we discuss how 5G operates at higher frequency ranges, including millimeter wave (mmWave), which offers very high data speeds and large capacities. 5G technology is a fifth generation wireless communication network that offers faster data speeds, lower latency, and greater connection capacity compared to previous generations. Of particular concern is the impact of the electromagnetic fields (EMF) generated by this technology on the environment and human health. 5G technology uses higher frequencies in the millimeter wave (mmWave) spectrum, reaching 24 to 100 GHz, in addition to low to medium frequencies also used by 4G networks. Research has shown that the electromagnetic field of 5G technology has different properties, such as shorter wavelengths so that the penetration depth into living tissue is smaller.

Keywords: 5G technology, Wave, Electromagnetic field.

Abstrak: Gelombang elektromagnetik pada transmisi 5G di Indonesia, jaringan seluler berbasis gelombang elektromagnetik, telah merevolusi komunikasi nirkabel. Teknologi nirkabel ini lebih maju dibandingkan teknologi nirkabel sebelumnya (1G, 2G, 3G, dan 4G). Gelombang elektromagnetik adalah jenis radiasi elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan magnet yang bergerak secara bersamaan. 5G beroperasi pada frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan teknologi seluler sebelumnya. Hubungan antara sinyal 5G dan gelombang elektromagnetik serta pengaruhnya terhadap kinerja dan jangkauan sinyal. Di sini kita membahas bagaimana 5G beroperasi pada rentang frekuensi yang lebih tinggi, termasuk gelombang milimeter (mmWave), yang menawarkan kecepatan data sangat tinggi dan kapasitas besar. Teknologi 5G merupakan jaringan komunikasi nirkabel generasi kelima yang menawarkan kecepatan data lebih cepat, latensi lebih rendah, dan kapasitas koneksi lebih besar dibandingkan generasi sebelumnya. Yang menjadi perhatian khusus adalah dampak medan elektromagnetik (EMF) yang dihasilkan oleh teknologi ini terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Teknologi 5G menggunakan frekuensi yang lebih tinggi pada spektrum gelombang milimeter (mmWave), mencapai 24 hingga 100 GHz, selain frekuensi rendah hingga menengah juga digunakan oleh jaringan 4G. Penelitian telah menunjukkan bahwa medan elektromagnetik teknologi 5G memiliki sifat yang berbeda, seperti panjang gelombang yang lebih pendek sehingga kedalaman penetrasi ke dalam jaringan hidup lebih kecil.

Kata kunci: Teknologi 5G, Gelombang, Medan elektromagnetik.

1. LATAR BELAKANG

Dari zaman ke zaman, teknologi selalu mengalami peningkatan yang sangat pesat di segala bidang. Peningkatan teknologi berdampak bagus juga untuk mempermudah pekerjaan manusia. Peningkatan atau perkembangan teknologi ini dipicu oleh salah satu faktor, yaitu peningkatan populasi manusia. Peningkatan populasi manusia membawa dampak yang cukup besar terhadap kehidupan di bumi. kebutuhan di berbagai aspek kehidupan seperti kesehatan,

pendidikan, komunikasi, dan lain-lain. Salah satu peningkatan teknologi terjadi pada dunia telekomunikasi.

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, dan salah satu inovasi terbesar dalam bidang ini adalah penerapan jaringan 5G. Teknologi 5G menjanjikan peningkatan kecepatan data, latensi yang lebih rendah, dan kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan generasi sebelumnya, seperti 4G. Dengan kemajuan ini, teknologi 5G diharapkan dapat mendukung berbagai aplikasi penting, termasuk Internet of Things (IoT), kendaraan otonom, dan telemedicine, yang sangat bergantung pada transmisi data yang cepat dan handal.

Dunia telekomunikasi selalu saja mengalami peningkatan. Pertama kali munculnya teknologi di generasi pertama atau 1G masih mengaplikasikan sistem analog. Tahun 1991 baru dikembangkan teknologi yang mengaplikasikan sistem digital yang disebut teknologi 2G. Teknologi 2G selain memberikan layanan suara juga mampu memberikan kemudahan dalam mentransfer data. Selanjutnya, perkembangan teknologi mulai memunculkan lagi teknologi 3G dan selanjutnya 4G, begitulah seterusnya. Peningkatan penduduk yang semakin banyak, sudah pasti permintaan akan konektivitas nirkabel semakin tinggi.

Teknologi 1G, 2G, 3G, 4G, mengalami peningkatan terus menerus karena teknologi tersebut memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas dan kecepatan. Semakin banyaknya perangkat yang terhubung dan permintaan akan data yang terus meningkat, 4g mulai mencapai Batasan dalam memberikan layanan yang memadai. Sinyal 5G dirancang untuk mengatasi keterbatasan teknologi sebelumnya dan memberikan layanan komunikasi yang lebih baik, lebih cepat, dan lebih handal untuk masa depan.

Penerapan suatu teknologi yang baru seperti 5G harus menyesuaikan dengan kebutuhan. Daerah seperti apa yang sesuai untuk penerapan teknologi 5G tersebut, selain menyesuaikan kebutuhan, juga harus memperhatikan daya beli masyarakat pada daerah tersebut terutama masyarakat di daerah terluar, terdepan, dan tertinggal akan berbeda dengan daya beli masyarakat perkotaan. Jurnal ini akan membahas tentang revolusi teknologi terbaru nirkabel yaitu teknologi 5G sebagai penerus dari teknologi sebelumnya yaitu teknologi 4G.

Jaringan 5G akan membutuhkan lebih banyak menara, perangkat keras canggih, dan investasi besar untuk membangun infrastruktur yang diperlukan. Tantangan teknis lainnya termasuk manajemen spektrum yang kompleks, interoperabilitas jaringan yang ada, dan keamanan data yang harus ditangani secara hati-hati (retizen.id) (JIDT). Kemungkinan teknologi 5G Kemungkinan teknologi 5G sangat menarik. Kecepatan pengunduhan yang jauh lebih cepat, latensi lebih rendah, dan kapasitas lebih tinggi membuka pintu bagi inovasi dan

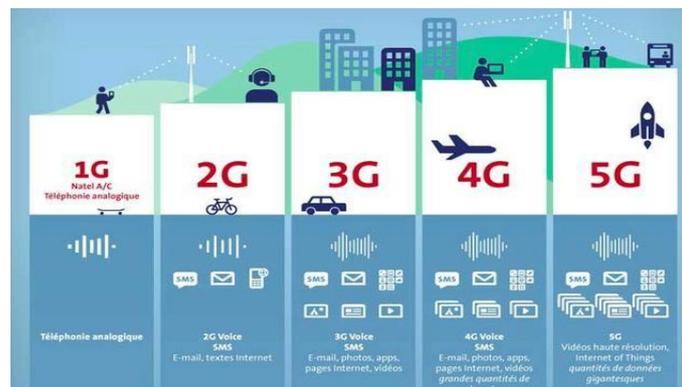
aplikasi baru yang tidak pernah kami bayangkan sebelumnya. 5G mempunyai potensi untuk merevolusi industri dengan memungkinkan teknologi seperti Internet of Things (IoT), kendaraan otonom, realitas virtual, dan banyak aplikasi pintar lainnya. Hal ini juga dapat mengubah cara kita bekerja, berkomunikasi, dan berinteraksi dengan perangkat dan lingkungan di sekitar kita

2. KAJIAN TEORITIS

Teknologi 5G

Teknologi 5G merupakan teknologi nirkabel yang lebih maju daripada teknologi nirkabel sebelumnya. Dengan bandwidth yang lebih besar, kecepatan data yang lebih tinggi, dan tingkat keterlambatan yang lebih rendah, teknologi ini dapat menawarkan operator peluang dan keuntungan untuk membangun model bisnis baru. Peningkatan kualitas teknologi ini dapat menyebabkan lebih banyak permintaan layanan dari pengguna untuk operator dan memungkinkan pembentukan model layanan baru (Jamil, 2024).

Berbeda dengan teknologi sebelumnya, teknologi 5G memiliki tujuan utama untuk memenuhi layanan komunikasi bergerak dan menawarkan dukungan teknologi kepada sektor ekonomi dan industri. Teknologi ini akan menciptakan kondisi di mana konektivitas nirkabel akan berubah dari sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah menjadi sesuatu yang harus ada di industri. Pengumpulan data yang akan digunakan untuk analisis membutuhkan teknologi nirkabel ini.

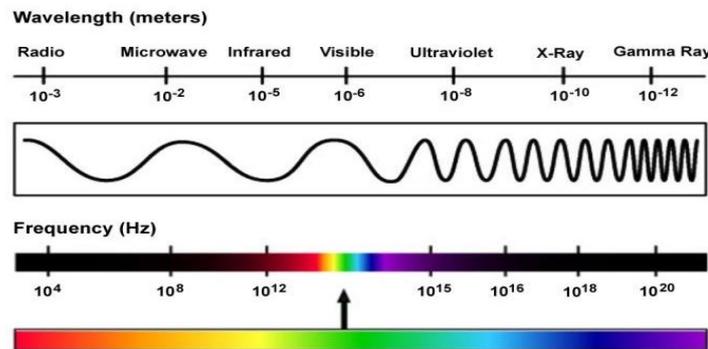


Gambar 1. Perkembangan jaringan

Pada gambar 1. Memperlihatkan bahwa perkembangan jaringan dari awal mula 1G sampai dengan 5G, jaringan 1G hanya bisa digunakan untuk telepon analaog. Jaringan berikutnya 2G pada jaringan ini sudah mulai lumayan berkembang yang bisa digunakan seperti telepon, SMS, dan E-mail. Jaringan berikutnya 3G jaringan pada saat ini sudah banyak yang bisa digunakan photos, pages internet, videos, apps, dan E-mail. pada jaringan ini jaringannya belum terlalu cepat tetapi sudah lebih baik dibandingkan jaringan

sebelumnya 2G. pada jaringan berikutnya 4G jaringan ini sudah cukup kencang dibandingkan jaringan sebelumnya, Jaringan ini sampai saat ini masih digunakan karena jaringannya masih cukup stabil dalam menjalankan beberapa kegiatan yang menggunakan jaringan 4G, kegunaannya hampir sama dengan jaringan 3G hanya saja kecepatan jaringannya lebih cepat dalam mengakses apapun. Jaringan berikutnya jaringan 5G jaringan ini khususnya di Indonesia belum begitu dapat di akses karena hanya beberapa kota atau wilayah tertentu yang dapat menggunakan jaringan 5G, pada dasarnya jaringan 5G ini merupakan pengemabangan terbaru dari jaringan 4G yang merupakan generasi ke 5 jaringan. Diluar negeri sudah banyak bisa digunakan jaringan 5G ini karena dari segi fasilitas yang sudah cukup mumpuni dalam memakai jaringan 5G ini. Di Indonesia dalam pengemabangan belum bisa di akses secara mearata di semua kota karena dari segi fasilitas belum mumpuni.

Gelombang Elektromagnetik



Gambar 2. Gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang dapat merambat tanpa memerlukan medium, Dimana energi elektromagnetik dapat merambat dalam bentuk gelombang dengan karakteristik yang dapat diukur, seperti Panjang gelombang, frekuensi, amplitude, dan kecepatan. Dimana amplitudo adalah tinggi gelombang, Panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak gelombang, dan frekuensi adalah jumlah gelombang yang melewati suatu titik dalam satu satuan waktu (Timor, 2016).

Teknologi terus berkembang pesat disegala bidang. Kemajuan teknologi juga memberikan dampak positif yaitu mempermudah tugas-tugas manusia. Peningkatan atau perkembangan teknologi ini disebabkan oleh salah satu faktor yaitu pertumbuhan penduduk. Pertambahan populasi manusia memberikan dampak yang signifikan terhadap kehidupan bumi. Kebutuhan dalam berbagai bidang kehidupan, seperti kesehatan, pendidikan, dan komunikasi. Kemajuan teknologi salah satunya terjadi pada dunia telekomunikasi. Dunia komunikasi terus berkembang. Saat teknologi ini pertama kali muncul, pada generasi pertama atau 1G, sistem analog masih digunakan. Pada tahun 1991,

dikembangkan teknologi baru dengan menggunakan metode digital yang disebut teknologi 2G. Teknologi 2G ini memberikan layanan suara dan memudahkan transmisi data. Selanjutnya perkembangan teknologi menyebabkan lahirnya 3G dan 4G. Seiring bertambahnya populasi, permintaan akan konektivitas nirkabel pasti akan meningkat. Teknologi 1G, 2G, 3G, dan 4G memiliki keterbatasan kapasitas dan kecepatan dan terus ditingkatkan. Dengan semakin banyaknya perangkat yang terhubung dan kebutuhan data terus meningkat, 4G mencapai batasnya dalam menyediakan layanan yang memadai. Sinyal 5G diharapkan dapat mengatasi keterbatasan teknologi sebelumnya dan memberikan layanan komunikasi yang lebih baik, lebih cepat dan andal dimasa depan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk mengumpulkan data dan informasi yang relevan terkait dengan revolusi sinyal 5G berbasis gelombang elektromagnetik. Sumber-sumber yang diterima harus berfokus pada revolusi sinyal 5G, gelombang elektromagnetik, dan aspek-aspek terkaitnya. Setelah mengumpulkan sumber-sumber literatur yang relevan, dilakukan analisis dan sintesis informasi dari berbagai sumber. Dari mengidentifikasi tren, perkembangan, dan isu-isu kunci yang muncul dalam literatur terkait dengan sinyal 5G berbasis gelombang elektromagnetik.

Mempertimbangkan kredibilitas dan kualitas sumber-sumber literatur yang digunakan terlebih dahulu dalam penelitian ini. Hal ini mencakup mengevaluasi sumber-sumber yang diterbitkan di jurnal ilmiah terkemuka, kredibilitas penulis, dan kualitas metodologi penelitian yang digunakan dalam sumber tersebut. Berdasarkan hasil analisis dan sintesis literatur, maka bisa disusun konsep-konsep kunci terkait dengan revolusi sinyal 5G berbasis gelombang elektromagnetik. Hasil dari metode studi literatur ini disajikan dalam bentuk laporan yang terstruktur dan terorganisasi dengan baik dalam jurnal ini. Referensi yang digunakan dalam jurnal untuk mendukung argumen dan temuan yang disajikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi seluler adalah teknologi yang berkaitan dengan telepon seluler yang fungsinya sebagai alat komunikasi. Teknologi seluler mencakup kemampuan pelayanan komunikasi dengan jarak jauh. Teknologi seluler telah mengalami peningkatan atau evolusi dari 1G sampai 5G. "G" disini merupakan singkatan dari generation atau generasi. Setiap generasi telepon seluler memiliki kecepatan mentransfer data lebih pesat daripada generasi-generasi

terdahulunya. Teknologi 5G adalah teknologi seluler yang menggunakan teknologi elektromagnetik dengan frekuensi lebih tinggi daripada teknologi seluler sebelumnya.

Gelombang elektromagnetik didefinisikan sebagai gelombang yang terbentuk dari medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus, serta merambat melalui ruang tanpa memerlukan medium (Santosa, 2015). Gelombang ini memiliki sifat dualitas, yaitu sebagai gelombang dan partikel, sehingga dapat mentransfer energi dalam bentuk foton. Gelombang elektromagnetik digunakan oleh teknologi 5G untuk mentransmisikan data. Gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam jaringan 5G punya radiasi non-ionisasi atau frekuensi rendah. Gelombang elektromagnetik 5G memiliki frekuensi yang lebih tinggi daripada teknologi seluler sebelumnya, sehingga membutuhkan sel kecil atau disebut juga Base Transceiver Station (BTS) yang dapat dipasang di area yang lebih sempit. Hal ini dikarenakan gelombang elektromagnetik 5G menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang disebut gelombang milimeter.

Menurut jurnal yang ditulis oleh (Mustofa, 2016) berjudul "Studi Rectenna (Rectifier Antenna) Untuk Mengubah Gelombang Elektromagnetik RF Menjadi Sumber Tegangan DC", gelombang elektromagnetik RF dijelaskan sebagai pembawa energi dan informasi yang memiliki potensi untuk dikonversi menjadi sumber tegangan DC menggunakan teknologi rectenna. Dalam jaringan 5G, frekuensi tinggi seperti mmWave digunakan untuk mendukung kecepatan data yang lebih tinggi dan kapasitas jaringan yang lebih besar. Frekuensi tinggi ini memiliki karakteristik yang mirip dengan RF dalam penelitian tersebut, seperti rentan terhadap atenuasi dan memiliki jangkauan terbatas, sehingga relevan dengan tantangan propagasi sinyal 5G. Selain itu, konsep konversi energi elektromagnetik yang diangkat dalam jurnal ini berpotensi dikembangkan untuk mendukung efisiensi energi di era 5G, misalnya dalam perangkat IoT yang terhubung dengan jaringan tersebut. Dengan demikian, meskipun fokus jurnal ini lebih pada teknologi rectenna, pembahasannya memberikan dasar yang relevan untuk memahami sifat gelombang elektromagnetik pada frekuensi tinggi yang juga digunakan dalam transmisi jaringan 5G di Indonesia.

Menulis jurnal yang ditulis oleh (Santosa, 2015) berjudul "Perancangan *Rectifier Antenna* Mikrostrip Array Tiga Elemen Untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 900 MHz", antenna microstrip array yang dirancang menunjukkan potensi untuk menangkap dan mengonversi energi elektromagnetik dari frekuensi komunikasi tertentu menjadi energi Listrik. Dalam konteks jaringan 5G di Indonesia, teknologi ini berpotensi diterapkan untuk mendukung efisiensi energi pada system komunikasi nirkabel, mengingat 5G beroperasi pada spektrum yang lebih luas, termasuk frekuensi tinggi. Gelombang

elektromagnetik pada jaringan 5G memiliki karakteristik seperti peningkatan kecepatan transmisi data, latensi rendah, dan kemampuan untuk mendukung perangkat dalam jumlah besar, sehingga membutuhkan analisis yang mendalam terhadap perilaku propagasi gelombang, redaman, serta dampaknya terhadap lingkungan, yang relevansinya dapat disandingkan dengan penelitian pada frekuensi GSM seperti yang dikaji dalam jurnal tersebut.

Menurut jurnal yang ditulis oleh (Mujahidin, 2015) berjudul “Rancang Bangun *Rectified Antenna* Mikrostrip UFO Pada Frekuensi *Ultra Wideband* (UWB) Sebagai Pemanen Energi Elektromagnetik”, jaringan 5G memanfaatkan spektrum frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan generasi sebelumnya (4G). Gelombang elektromagnetik pada frekuensi ini memungkinkan kecepatan data yang lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah, yang sangat penting untuk aplikasi seperti Internet of Things (IoT), kendaraan otonom, dan komunikasi real-time. Penting juga mempertimbangkan dampak gelombang elektromagnetik terhadap Kesehatan manusia dan lingkungan, terutama dengan peningkatan penggunaan frekuensi tinggi dalam jaringan 5G.

Menurut jurnal yang ditulis oleh (Yuwono & Saputra, 2018) berjudul “Rancang Bangun *Switch Rectifier Antenna* Sebagai Otomatisasi Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi 2.4GHz”, gelombang elektromagnetik pada frekuensi 2.4 GHz merupakan bagian dari spektrum radio yang sering digunakan dalam komunikasi nirkabel, termasuk Wi-Fi dan perangkat IoT. Frekuensi ini berada di pita ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) dan dikenal memiliki jangkauan sinyal yang baik dengan kemampuan penetrasi yang cukup kuat melalui penghalang seperti dinding, meskipun kecepatan data yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan frekuensi yang lebih tinggi. Gelombang elektromagnetik beroperasi pada frekuensi yang lebih tinggi, mulai dari sub-6 GHz hingga pita milimeter yang mencapai 24 GHz hingga 100 GHz. Pada frekuensi tinggi ini, gelombang elektromagnetik memiliki karakter yang unik, seperti kapasitas data yang lebih besar dan latensi yang rendah, tetapi dengan tantangan dalam jangkauan dan penetrasi sinyal. Hal ini menjadikan kebutuhan akan teknologi pemanen energi, seperti antenna rectifier yang dirancang dalam penelitian ini semakin penting.

Dapat disimpulkan bahwa, teknologi rectenna yang berfungsi sebagai pemanen energi elektromagnetik memiliki relevansi signifikan dalam mendukung pengembangan jaringan 5G di Indonesia. Jaringan 5G yang menggunakan spektrum frekuensi tinggi, termasuk mmWave dan sub-6 GHz, menawarkan kecepatan data tinggi, latensi rendah, dan kapasitas besar, namun menghadapi tantangan seperti jangkauan terbatas, redaman sinyal, dan dampak lingkungan. Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai rectenna, baik untuk frekuensi GSM, UWB, maupun pita ISM, menunjukkan potensi besar dalam mengonversi energi elektromagnetik

menjadi sumber daya listrik, yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi energi pada perangkat IoT dan system komunikasi 5G. dengan memanfaatkan teknologi ini, tantangan energi pada jaringan 5G dapat diatasi, menjadikannya lebih berkelanjutan dan mendukung perkembangan ekosistem digital yang lebih luas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan munculnya teknologi 5G, dapat disaksikan perkembangan besar dalam dunia komunikasi dan konektivitas. Teknologi ini menawarkan banyak manfaat yang menjajikan, antara lain kecepatan transfer data yang sangat tinggi, latensi rendah, dan kemampuan mendukung berbagai aplikasi baru yang inovatif. Selain itu, penggunaan teknologi 5G juga akan membantu mentransformasi berbagai sektor seperti layanan kesehatan, industri, dan transportasi. Namun dengan kekuatan yang besar, datang pula tanggung jawab yang besar. Perlu diingat bahwa penerapan 5G juga menghadirkan beberapa tantangan, termasuk keamanan, privasi, dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan dan penggunaan teknologi 5G penting dilakukan dengan memperhatikan etika, peraturan yang ketat, serta perlindungan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Teknologi 5G adalah pendorong utama revolusi komunikasi saat ini. Hal ini tidak hanya mengubah cara kita berkomunikasi, namun juga menciptakan peluang besar dalam hal inovasi dan pertumbuhan ekonomi. Dengan mengembangkan dan mengintegritaskan teknologi ini secara hati-hati, kami dapat memanfaatkan potensi penuhnya untuk menciptakan dunia yang lebih terhubung, efisien, dan berkelanjutan. 5G akan menjadi tulang punggung masyarakat digital kita yang semakin canggih, karena revolusi komunikasi terkini ini adalah titik awal dari perjalanan menarik dan berkelanjutan yang kita semua nantikan. Dalam konteks ini, kita harus terus memantau perkembangan dan perubahan teknologi 5G serta bersiap beradaptasi dengan berbagai perubahan yang akan membentuk masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Jamil, M. A., Haetami, A., Mayasari, M., Aina, M., Sukini, S., & Ulimaz, A. (2024). Peran Teknologi 5G Dalam Mendorong Inovasi Pembelajaran. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 7(1), 1841–1853. <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/25562>
- Mujahidin, I., Yuwono, R., & Mustofa, A. (n.d.). RANCANG BANGUN RECTIFIER ANTENNA MIKROSTRIP UFO PADA FREKUENSI ULTRA WIDEBAND (UWB) SEBAGAI PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Jalan MT . Haryono 167 , Malang 65145 , Indonesia. cm, 2–7.

- Mustofa, N., Jatmiko, D., & Suseno, E. (2016). Studi Rectenna (Rectifier Antenna) Untuk Mengubah Gelombang Elektromagnetik Rf Menjadi Sumber Tegangan Dc. *Youngster Physics Journal*, 5(1), 27–34.
- Santosa, R. P., Yuwono, R., & Mustofa, A. (2015). PERANCANGAN RECTIFIER ANTENNA MIKROSTRIP ARRAY TIGA ELEMEN UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI GSM 900 MHz. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 3(1), 110847. <https://www.neliti.com/publications/110847/>
- Timor, A. R., Andre, H., Elektro, J. T., Teknik, F., & Andalas, U. (2016). Yang Ditimbulkan Oleh Gejala Gempa. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(3), 315–324.
- Yuwono, R., & Saputra, H. (2018). Rancang Bangun Switch Rectifier Antenna Sebagai Otomatisasi Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi 2.4Ghz. *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, 10(2), 63–67. <https://doi.org/10.21776/jeccis.v10i2.470>