

**ANALISIS RSRP DAN SINR PADA JARINGAN 4G DAN 5G
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DRIVE TEST* DI KOTA
TANGERANG SELATAN**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Diajukan oleh:

MUTIARA RAKSAWARDHANA

NPM. 3332180055

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2023**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut.

Judul : Analisis RSRP dan SINR Jaringan 4G dan 5G Dengan
Menggunakan Metode *Drive Test* di Kota Tangerang
Selatan
Nama Mahasiswa : Mutiara Raksawardhana
NPM : 3332180055
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.



Cilegon, 6 September 2023

Mutiara Raksawardhana

NPM. 3332180055

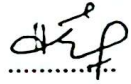



LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa skripsi berikut.

Judul : Analisis RSRP dan SINR Jaringan 4G dan 5G
Dengan Menggunakan Metode *Drive Test* di Kota
Tangerang Selatan
Nama Mahasiswa : Mutiara Raksawardhana
NPM : 3332180055
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 29 November 2023 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS.

Dewan Penguji

		Tanda Tangan
Pembimbing I	: Dina Estining Tyas Lufianawati, S.T., M.T.	
Pembimbing II	: Masjudin, S.T., M.Eng	
Penguji I	: Dr. Eng. Teguh Firmansyah, M.T. IPM.	
Penguji II	: Alief Maulana, S.T., M.T.	

Mengetahui,
Kepala Program Studi Teknik Elektro

Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng
NIP. 1983070332009121006

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis RSRP dan SINR Jaringan 4G dan 5G dengan Menggunakan Metode *Drive Test* Di Kota Tangerang Selatan. Shalawat serta salam semoga tercurah limpah bagi Nabi Muhammad SAW, keluarga serta para pengikutnya yang setia hingga akhir masa.

Penulisan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan, penulisan, dan penyelesaian skripsi ini, yaitu:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan doa serta dukungannya.
2. Bapak Romi Wiryadinata, S.T., M. Eng. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ibu Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan bimbingan akademik kepada penulis selama proses perkuliahan.
4. Ibu Dina Estining Tyas Lufianawati, S.T., M.T. dan Bapak Masjudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas bantuan, dukungan, dan motivasinya selama melaksanakan proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kedepannya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan khususnya pada bidang telekomunikasi dan komputer.

Cilegon, 29 November 2023

Penulis

ABSTRAK

Mutiara Raksawardhana
Teknik Elektro

ANALISIS RSRP DAN SINR JARINGAN 4G DAN 5G DENGAN MENGUNAKAN METODE *DRIVE TEST* DI KOTA TANGERANG SELATAN

Kota Tangerang Selatan disebut sebagai pusat kota bisnis, perdagangan, dan layanan untuk skala domestik dan internasional yang memiliki lokasi strategis serta memiliki peluang seperti skala Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang tinggi di atas angka nasional sehingga memerlukan layanan seluler yang sangat memadai. *Provider* Telkomsel telah mengeluarkan teknologi layanan 5G di berbagai kota di Indonesia, salah satunya yaitu Tangerang Selatan. Teknologi layanan 5G Telkomsel ini masih terbilang baru, sehingga membutuhkan pengukuran *drive test* jaringan untuk mengetahui kualitas jaringan dan kuat sinyal berdasarkan nilai parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP) dan *Signal to Interface Noise Ratio* (SINR). Penelitian ini dilakukan pada wilayah di Tangerang Selatan yang telah terjangkau oleh jaringan 5G Telkomsel. Pengujian dilakukan secara mobile mengikuti arah yang telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan *software G-Nettrack Pro*. Hasil pengujian memperoleh nilai RSRP tertinggi yaitu pada titik koordinat (-6.247.764, 106.649.853) dengan nilai RSRP -44 dBm dan nilai RSRP terendah pada titik koordinat (-6.299.828, 106.664.431) dengan nilai RSRP -110 dBm. Nilai SINR tertinggi berada pada titik koordinat (-6.299.878, 106.663.164) dengan nilai SINR sebesar 28 dB dan nilai SINR terendah berapa pada titik koordinat (-6.299.828, 106.664.431) dengan nilai SINR -14 dB. Secara menyeluruh kondisi jaringan 5G Telkomsel di Tangerang Selatan dalam kondisi bagus berdasarkan standarisasi *Key Performance Indicator* (KPI) Telkomsel, tetapi masih terdapat beberapa titik *bad spot area*.

Kata Kunci: *Drive Test*, 5G, *G-Nettrack Pro*, RSRP, SINR

ABSTRACT

Mutiara Raksawardhana
Electrical Engineering

RSRP AND SINR ANALYSIS OF 5G NETWORK USING DRIVE TEST METHOD IN TANGERANG SELATAN CITY

South Tangerang is referred to as the city center for business, trade and services on a domestic and international scale which has a strategic location and has opportunities such as the Human Development Index (IPM) scale which is high above the national figure so that it requires very adequate cellular services. Telkomsel providers have issued 5G service technology in various cities in Indonesia, one of which is South Tangerang. Telkomsel's 5G service technology is still relatively new, so it requires a network drive test measurement to determine network quality and signal strength based on the Reference Signal Received Power (RSRP) and Signal to Interface Noise Ratio (SINR) parameter values. This research was conducted in areas in South Tangerang that have been covered by Telkomsel's 5G network. The test is carried out mobile following a predetermined route using the G-Nettrack Pro software. The test results obtained the highest RSRP value at coordinate points (-6,247,764, 106,649,853) with an RSRP value of -44 dBm and the lowest RSRP value at coordinate points (-6,299,828, 106,664,431) with an RSRP value of -110 dBm. The highest SINR value is at coordinates (-6,299,878, 106,663,164) with a SINR value of 28 dB and the lowest SINR value is at coordinates (-6,299,828, 106,664,431) with a SINR value of -14 dB. Overall, the condition of Telkomsel's 5G network in South Tangerang is in good condition based on Telkomsel's Key Performance Indicator (KPI) standardization, but there are still several bad spot points.

Keyword: Drive Test, 5G, G-Nettrack Pro, RSRP, SINR

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Telekomunikasi Seluler	6
2.2 Teknologi 4G.....	11
2.3 Teknologi 5G.....	15
2.4 <i>Drive Test</i>	17
2.4.1 <i>Reference Signal Received Power</i>	18
2.4.2 <i>Signal to Interference Noise Ratio</i>	20
2.5 Optimasi Jaringan.....	21
2.6 Metode Optimasi	22
2.7 <i>Software</i> Pendukung <i>Drive Test</i>	23
2.8 Kajian Pustaka	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Komponen Penelitian	28

3.2.1	Perangkat Keras	28
3.2.2	Perangkat Lunak	29
3.3	Penentuan Wilayah	30
3.4	Jadwal Penelitian	32
3.5	Metode Kerja	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisis Hasil <i>Drive Test</i> di Kota Tangerang Selatan	35
4.2	Analisis Hasil <i>Reference Signal Received Power</i>	38
4.2.1	Jaringan 4G	38
4.2.2	Jaringan 5G	40
4.3	Analisis Hasil <i>Signal to Interface Noise Ratio</i>	41
4.3.1	Jaringan 4G	42
4.3.2	Jaringan 5G	42
4.4	<i>Bad Spot Area</i> RSRP dan SINR Jaringan 5G.....	44
4.5	<i>Bad Spot Area</i> SINR Jaringan 5G	46
4.6	Rekomendasi Solusi	48
BAB V PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN A.....		A-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan Sistem Komunikasi Seluler	6
Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan 4G	13
Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan 5G	16
Gambar 3.2 Peta <i>Coverage</i> 5G Telkomsel Tangerang Selatan.....	31
Gambar 3.3 Proses Pengambilan Data <i>Drive Test</i>	32
Gambar 3.4 Visualisasi Hasil Drive Test Dengan <i>Google Earth</i>	33
Gambar 3. 5 Pengolahan Data Hasil <i>Drive Test</i> Pada <i>Atoll</i>	34
Gambar 4.1 Peta Keseluruhan Arah <i>Drive Test</i>	35
Gambar 4.2 Peta Titik Lokasi Jaringan 5G	36
Gambar 4. 3 Arah <i>Drive Test</i> yang Terdeteksi 4G.....	37
Gambar 4.4 Hasil Klasifikasi dari Pengukuran RSRP Jaringan 4G dan Pembagian Kategori Kualitas Jaringan	39
Gambar 4.5 Hasil Klasifikasi dari Pengukuran RSRP Jaringan 5G dan Pembagian Kategori Kualitas Jaringan	41
Gambar 4.6 Hasil Klasifikasi dari Pengukuran SINR Jaringan 5G dan Pembagian Kategori Kualitas Jaringan	44
Gambar 4.7 <i>Bad Spot Area</i> 1 Jaringan 5G	45
Gambar 4. 8 <i>Bad Spot Area</i> 2 Jaringan 5G	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Key Performance Indicator</i> RSRP Telkomsel	19
Tabel 2.2 <i>Key Performance Indicator</i> SINR Telkomsel.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Smartphone</i>	28
Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop.....	29
Tabel 3.3 Komponen Penelitian <i>Software</i>	29
Tabel 4.1 Jumlah Titik Nilai RSRP Jaringan 4G	38
Tabel 4.2 Persentase Hasil Nilai RSRP Jaringan 4G	38
Tabel 4.3 Jumlah Titik Nilai RSRP Jaringan 5G	40
Tabel 4.4 Persentase Hasil Nilai RSRP Jaringan 5G	40
Tabel 4.5 Jumlah Titik dan Persentase Nilai SINR Jaringan 4G	42
Tabel 4.6 Jumlah Titik Nilai SINR Jaringan 5G.....	43
Tabel 4.7 Persentase Hasil Nilai SINR Jaringan 5G.....	43
Tabel 4.8 Nilai SINR Buruk Tetapi Nilai RSRP Baik	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Tangerang Selatan merupakan kota modern yang berada di Provinsi Banten. Kota Tangerang Selatan dikenal kaya akan wisata kulinernya di kawasan BSD [1]. Menurut Menteri Koinfo Jhonny G. Palet bahwa Kota Tangerang Selatan disebut sebagai pusat kota bisnis untuk skala perdagangan dan layanan domestik hingga internasional [2]. Kota Tangerang Selatan memiliki lokasi yang strategis, serta memiliki peluang seperti indeks pembangunan manusia (IPM) yang tinggi di melebihi tingkat angka nasional. Hal ini berdasarkan persentase jumlah pengguna seluler, kemampuan masyarakat dalam daya beli, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita hingga percepatan pertumbuhan ekonomi yang juga sangat tinggi [3].

Meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap internet perlu diimbangi dengan kecepatan akses data yang dapat memenuhi kebutuhan internet yang semakin bertambah setiap harinya. Berdasarkan data pada Hootsuite (*We Are Social*) mencatat bahwa jumlah pengguna layanan internet di Indonesia mencapai 205 Juta pada Januari 2022. Berdasarkan data tersebut diketahui ada 73,7% dari jumlah penduduk Indonesia yang telah menggunakan internet, nilai ini lebih tinggi 1% dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun sebelumnya [4].

Upaya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam mengakses layanan internet, maka adanya penyedia layanan internet yang menawarkan akses internet melalui jaringan nirkabel [5]. Masyarakat membutuhkan akses jaringan seluler karena mudah digunakan dimana saja selama masih terjangkau dengan area cakupannya [6][7]. Teknologi komunikasi saat ini menjadi sangat penting, untuk menghadapi hal ini teknologi komunikasi seluler sudah berkembang pesat dalam kualitas pelayanannya [8]. Diketahui saat ini sudah tersedianya layanan teknologi komunikasi seluler terbaru yaitu teknologi seluler generasi 5 (5G). Kecepatan layanan internet pada jaringan 5G ini dinilai lebih cepat dibandingkan dengan jaringan 4G dengan menjanjikan tingkat transmisi yang lebih besar [9].

Telkomsel merupakan operator pertama di Indonesia yang menghadirkan layanan 5G secara komersial pada tahun 2021 [10]. Layanan 5G Telkomsel sudah dapat diakses di beberapa kota besar seperti DKI Jakarta dan sekitarnya serta beberapa kota besar lainnya. Sampai saat ini Telkomsel terus melakukan pengembangan pada layanan 5G yang ditawarkan. Salah satu bentuk pengembangan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan tambahan spektrum di pita frekuensi 2,3 GHz usai dilakukan *refarming* di spektrum tersebut. Teknologi 5G memiliki kualitas terdepan yang diyakini paling efektif, sehingga permintaannya akan besar di masa mendatang [11]. Teknologi 5G ini diharapkan dapat menjadi momentum untuk kemajuan teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia.

Terdapat penelitian terkait mengenai kualitas jaringan LTE di Kota Tangerang Selatan [12]. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut mengatakan bahwa kualitas jaringan LTE di Tangerang Selatan belum optimal dikarenakan rata-rata hasil *drive test* dengan parameter RSRP dan SINR masuk ke dalam kategori buruk. Hasil tersebut disebabkan karena kurangnya jumlah site, serta gedung-gedung yang menghalangi site.

Adapun penelitian terkait yang membahas mengenai *quality drive test benchmarking* di Kota Gowa [13]. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kualitas jaringan 4G pada beberapa *provider*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa *provider* Tri memberikan *serving system* yang lebih kuat saat pengambilan data pada beberapa wilayah. Hal ini terjadi karena saat pengambilan data operator tri menetap di jaringan LTE tidak berpindah ke jaringan UMTS ataupun GSM, sedangkan *serving system* operator Telkomsel pada saat pengambilan data di beberapa wilayah terdapat perpindahan *serving system* dari LTE dan UMTSi.

Penelitian terkait lainnya mengenai analisis performansi jaringan 4G Telkomsel di Kota Tanjungpinang [14]. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *drive test*. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa kualitas jaringan 4G Telkomsel di Kota Tanjungpinang berada pada kategori baik, tetapi terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kualitas jaringan menjadi

buruk pada beberapa titik. Lokasi yang padat, banyaknya gedung tinggi, serta cuaca menjadi faktor kualitas sinyal menjadi menurun dan tidak stabil.

Drive test merupakan suatu metode pengukuran yang dilakukan dalam sistem komunikasi untuk mendapatkan suatu informasi di lapangan mengenai kualitas sinyal BTS secara *real time* [15]. Pengukuran dilakukan dari arah BTS ke *handphone* (MS) atau dari arah sebaliknya dengan menggunakan *handphone* yang telah disiapkan fitur khusus di dalamnya untuk melakukan pengukuran ini. Proses *drive test* biasanya dilakukan secara bergerak dengan menggunakan mobil. Sehingga dapat diartikan bahwa *drive test* adalah proses pengukuran kondisi suatu jaringan *provider* guna dapat mengetahui kualitas dari jaringan tersebut. Berdasarkan permasalahan yang ada, pada penelitian ini dilakukan analisis *Reference Signal Received Power* (RSRP) dan *Signal of Interference Noise Ratio* (SINR) jaringan 4G dan 5G dengan menggunakan metode *drive test* di Tangerang Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka pada penelitian ini dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil pengukuran kualitas jaringan dengan parameter RSRP dan SINR layanan 4G dan 5G pada *provider* Telkomsel di Kota Tangerang Selatan?
2. Bagaimana analisis *drive test* layanan 4G dan 5G pada *provider* Telkomsel di Kota Tangerang Selatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil pengukuran kualitas jaringan dengan parameter RSRP dan SINR layanan 4G dan 5G pada *provider* Telkomsel di Kota Tangerang Selatan.
2. Mengetahui hasil analisis *drive test* layanan 4G dan 5G pada *provider* Telkomsel di Kota Tangerang Selatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Bagi bidang pendidikan, diharapkan dapat memberikan wawasan dalam bidang telekomunikasi untuk menambah pengetahuan mengenai kualitas internet pada jaringan 4G dan 5G.
2. Bagi akademis, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pada akademisi yang sedang mengkaji mengenai telekomunikasi khususnya pada *drive test* jaringan 4G dan 5G.
3. Bagi *provider* yang digunakan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi jika adanya kekurangan sehingga dapat dikembangkan dengan lebih baik.
4. Bagi pengguna, diharapkan pengguna dapat memilih jenis *provider* yang akan digunakan berdasarkan kualitas jaringan di daerah tersebut.
5. Bagi penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menjadi suatu pembaruan informasi bagi keperluan penelitian mengenai telekomunikasi yang dinamis dan berkembang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengukuran menggunakan metode *drive test* berdasarkan RSRP dan SINR.
2. Pengukuran dilakukan pada jaringan 4G dan 5G dengan menggunakan *provider* Telkomsel.
3. Lokasi pengukuran dilakukan pada area cakupan layanan 5G Telkomsel yang tersedia di Kota Tangerang Selatan.
4. Penelitian ini dilakukan tidak berdasarkan struktur geografis dan banyaknya jumlah pemakai.
5. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *software G-Net Track Pro, Atoll, Open Signal*, dan *Google Earth*.
6. Data yang digunakan merupakan data primer yang didapatkan melalui pengukuran secara langsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini, disusun berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan sebagai berikut:

1. BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan latar belakang masalah dalam penelitian ini, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

2. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang dibutuhkan dalam penelitian ini, diantaranya mengenai perkembangan telekomunikasi seluler dan *drive test*.

3. BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan metodologi penelitian yang dilakukan meliputi diagram alir penelitian, komponen penelitian, metode pengumpulan data, waktu dan tempat penelitian.

4. BAB IV: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil analisis *Drive Test* yang telah dilakukan pada layanan 5G Telkomsel di Kota Tangerang Selatan.

5. BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jumino and E. Mulyanto., “Analisa Keunggulan Potensi Ekonomi Regional Tangerang Selatan,” *PEKOBIS: Jurnal Pendidikan, Ekonomi dan Bisnis*, vol. 5, no. 1, 2021. <http://dx.doi.org/10.32493/pekobis.v5i1.P32-40.9478>
- [2] Anonim, “Profil Kota Tangerang Selatan,” 2018, [Online]. Available: <https://biropemerintahan.bantenprov.go.id/profil-kota-tangerang-selatan>. [Accessed 18 Mei 2022]
- [3] Siregar A. R., and A. N. K. Movinta, “Dorong Tangsel Jadi Smart City, Pemkot Bersiap Pasang Layanan 5G,” 2022, [Online]. Available: <https://megapolitan.kompas.com/read/2022/04/07/08430671/dorong-tangsel-jadi-smart-city-pemkot-bersiap-pasang-layanan-5g> [Accessed 26 Mei 2022]
- [4] Kurnadi A., “Pengguna Internet di Indonesia Capai 205 Juta pada 2022,” 2022, [Online]. Available: <https://dataindonesia.id/digital/detail/pengguna-internet-di-indonesia-capai-205-juta-pada-2022> [Accessed 26 Mei 2022]
- [5] Al-Darrab A., I. Al-Darrab, and A. Rushdi., “Software-Defined Networking load distribution technique for an internet service provider,” *Journal of Network and Computer Application*, vol. 155, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102547>
- [6] Daeng I. T. M., N. N. Mewengkang, and E. R. Kalesaran, “Penggunaan Smartphone Dalam Menunjang Aktivitas Perkuliahan Oleh Mahasiswa Fispol Unsrat Manado,” *E-Journal "Acta Diurna"*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [7] Talika F. T., “Manfaat Internet Sebagai Media Komunikasi Bagi Remaja Di Desa Air Mangga Kecamatan Laiwui Kabupaten Halmahera Selatan,” *E-Journal "Acta Diurna"*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [8] Ji H., S. Park, J. Yeo, Y. Kim, J. Lee, and B. Shim, “Ultra-Reliable and Low-Latency Communications in 5G Downlink: Physical Layer Aspects,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 25, no. 3, pp. 124–130, 2018. <https://dx.doi.org/10.1109/MWC.2018.1700294>
- [9] Syms S., H. Wang, and A. Basar, “5G Network Simulation in Smart Cities using Neural Network Algorithm,” *Journal of Artificial Intelligence and*

- Capsule Networks*, vol. 3, no. 1, pp. 43–52, 2021.
<https://doi.org/10.36548/jaicn.2021.1.004>
- [10] Imandiar Y. P., “Jadi Operator 5G Pertama di RI, Telkomsel Masih Terus Berbenah,” 2022, [Online]. Available: <https://inet.detik.com/telecommunication/d-5886257/jadi-operator-5g-pertama-di-ri-telkomsel-masih-terus-berbenah> [Accessed 27 Mei 2022]
- [11] Dahiya M., “Need and Advantages of 5G wireless Communication Systems,” *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Study*, vol. 5, no. 6, 2017.
- [12] Sirait R. and R. F. Dhuha, “Kajian Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Pada Node B 4G di Kota Tangerang Selatan,” *Techno.Com*, vol. 19, no. 2, pp. 178–189, 2020. <https://dx.doi.org/10.33633/tc.v19i2.3326>
- [13] Firman, A. M. M. Mutsuito, Rahmania, T. Wahyuni, and L. Anas, “Analisa Quality Drive Test Benchmarking Menggunakan Software Nemo Analyze,” *AINET Jurnal Informatika*, vol. 3, no. 2, 2021. <https://doi.org/10.26618/ainet.v3i2.7572>
- [14] Farida F. and A. H. Yunianto, “Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang Menggunakan Metode Drive Test,” *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2020. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v9i1.835>
- [15] Nihayah R., “Analisa Kualitas Jaringan 4G LTE Untuk Provider - Provider Di Surakarta Berdasarkan Parameter Drive Test Menggunakan Software Genex Probe 5.1,” *Skripsi Teknik Elektro Universitas Semarang*, 2021.
- [16] Maududy I. and Z. Ahyadi, “Perkembangan Teknologi Jaringan GSM Dalam Komunikasi Seluler,” *POROS Teknik*, vol. 10, no. 2, 2018. <https://doi.org/10.31961/porosteknik.v10i2.698>
- [17] Anonim, “Perkembangan Teknologi 1G, 2G, 3G, 3.5G, 4G Dan 5G,” 2018, [Online]. Available: <https://sis.binus.ac.id/2018/03/09/perkembangan-teknologi-1g-2g-3g-3-5g-4g-dan-5g/> [Accessed 18 Mei 2022]
- [18] Hikmaturokhman A., W. Pamungkas, and M. A. S. Malisi, “Analisis Kualitas Jaringan 2G Pada Frekuensi 900MHz Dan 1800MHz Di Area Purwokerto,” *JURNAL INFOTEL (Informatics, Telecommunication, and*

- Electronics*), vol. 5, no. 2, 2013. <https://doi.org/10.20895/infotel.v5i2.1>
- [19] Ikhsan, “Perkembangan Teknologi Jaringan Seluler 1G, 2G, 3G, 4G, 5G,” 2020, [Online]. Available: <https://sasanadigital.com/perkembangan-jaringan-mobile-network-dari-masa-ke-masa-1g-ke-5g/> [Accessed 17 Oktober 2022]
- [20] Wijaya A., “Perkembangan Teknologi 5G,” *Universitas Pendidikan Indonesia*, 2021. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20005.52967>
- [21] Fatmi Y., A. Zainuddin, and S. M. A. Sasongko, “Analisa Kualitas Handover Pada Jaringan 3G Berdasarkan Data Drive Test Menggunakan Software G_Nettrack Dan Tems Mobile Insight Di Wilayah Mataram (Studi Kasus PT. Indosat Tbk),” *Dielektrika*, vol. 5, no. 2, pp. 82–90, 2018.
- [22] Gemiharto I., “Teknologi 4G-LTE dan Tantangan Konvergensi Media Di Indonesia,” *Jurnal Kajian Telekomunikasi*, vol. 3, no. 2, pp. 212–220, 2015. <https://doi.org/10.24198/jkk.v3i2.7409>
- [23] Karo F. K., E. S. Nugraha., and F. N. Gustiyana, “Analisis Hasil Pengukuran Performansi Jaringan 4G LTE 1800 MHz di Area Sokaraja Tengah Kota Purwokerto Menggunakan Genex Asistant Versi 3.18,” *AITI: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 16, no. 2, pp. 115–124, 2019. <https://doi.org/10.24246/aiti.v16i2.115-124>
- [24] Ulfah M., “Analisa Coverage Area Jaringan 4G LTE,” *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 5, no. 1, 2017. <https://doi.org/10.32487/jtt.v5i1.213>
- [25] Eze K. G., M. N. O. Sadiku, and S. M. Musa, “5G Wireless Technology: A Primer,” *International Journal Scientific Engineering and Technology*, vol. 7, no. 7, pp. 62–64, 2018.
- [26] Mendonca S., B. Damasio, L. C. D. Freitas, L. Oliveira, M. Cichy, and A. Nicita, “The rise of 5G technologies and systems: A quantitative analysis of knowledge production,” *Telecommunication Policy*, vol. 46, no. 4, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102327>
- [27] Fodor G., N. Rajatheva, W. Zirwas, L. Thiele, M. Kurras, K. Guo, A. Tolli, J. H. Sorensen, E. D. Carvalho, “An Overview of Massive MIMO Technology Components in METIS,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 6, pp. 155–161, 2017. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600802>

- [28] Anonim, "IEEE 5G and Beyond Technology Roadmap White Paper," [Online]. Available: <https://futurenetworks.ieee.org/roadmap/roadmap-white-paper#:~:text=IEEE%205G%20and%20Beyond%20Roadmap%20White%20Paper&text=It%20describes%20key%20technology%20trends,of%20service%20and%20network%20slicing>. [Accessed 2 Januari 2023]
- [29] Remmert H., "What is 5G Network Architecture," 2021, [Online]. Available: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture> [Accessed 21 September 2022]
- [30] Manon I. E., "Optimasi Jaringan 3G Berdasarkan Drive Test PT. Nexwave Di Kedungwuni Pekalongan," *Skripsi Teknik Elektro Universitas Semarang*, 2018.
- [31] Nihayah R., "Analisa Kualitas Jaringan 4G LTE Untuk Provider - Provider Di Surakarta Berdasarkan Parameter Drive Test Menggunakan Software Genex Probe 5.1," *Skripsi Teknik Elektro Universitas Semarang*, 2020.
- [32] Azima F., "Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel Di Kecamatan Siantan Menggunakan Metode Drive Test," *Skripsi Informatika Universitas Maritim Raja Ali Haji*, 2022.
- [33] Rahmat F. A., D. Chandra, Zurnawita, and Yulidon, "Analisis Kinerja Kualitas Jaringan 4G LTE Di Kawasan Perumahan Singgalang, Koto Tengah, Kota Padang," *Telekontran Jurnal Ilmu Telekomunikasi Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 10, no. 2, 2022. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v10i2.7904>
- [34] Akram A., F. H. Melvandino, W. Y. Bragaswara, and H. Ramza, "Analisis Kinerja Jaringan 4G LTE Menggunakan Metode Drive Test Di Kelurahan Kampung Rambutan, Jakarta Timur," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 11, no. 3, 2023. <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3140>
- [35] Yuhaneef A., S.Yusnita, and G. Riandaisan, "Analisis Kualitas Throughput Jaringan 4G LTE Indosat pada Site 01JKS504 Di Kebayoran Lama, Jakarta Barat," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 276–282, 2023. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.396>