

Penerapan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk Pengukuran Kuat Sinyal (*Drive Test*) pada Jaringan 4G LTE

Faisal Ahmad Ilham Nuari, Uke Kurniawan Usman*, AT Hanuranto
Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
* email: ukeusman@telkomuniversity.ac.id

Abstract

The work to get data directly from the field for optimizing a network is called drive test. The implementation of drive test by directly down to the field has several obstacles, such as the condition of the terrain is insufficient and risky to be passed by car. Barriers such as traffic congestion, risky environmental conditions and narrow road areas between buildings makes the implementation of drive test by using unmanned aerial vehicle (UAV) or known by drone. In this research, drive test is carried out on 4G LTE Network and uses an Android smartphone that has the G-NetTrack application installed. The Data parameters of the drive Test and QoS are searched. There are Reference Signal Receive Power (RSRP), Reference Signal Receiving Quality (RSRQ), Signal to Noise Ratio (SNR), delay and throughput. This research compares two methods, which are drive test with normal condition and drive test by using a UAV. The result of the drive test with normal condition is obtained an average value of RSRP -90.32 dBm, RSRQ -9.58 dB and SNR 3.99 dB. Whereas in the drive test by using UAV is obtained an average value RSRP -90.8 dBm, RSRQ 9.32 dB and SNR 4.77 dB. The results of this research showed that all parameters in comparison of both methods has meet the standard of Key Performance Indicator (KPI) with small value difference because drive test by using UAV is equals with normal drive test that is to know the real condition of obstacle in field.

Keywords: *Drive Test, Unmanned Aerial Vehicle, RSRP, RSRQ, SNR*

1. Pendahuluan

Mengetahui kondisi di lapangan secara langsung merupakan hal penting dalam tahapan pengembangan dan optimasi jaringan. *Drive test* dapat mengambil data secara *real* pada suatu wilayah untuk memastikan dan mengukur kualitas sinyal yang dipancarkan oleh *Base Transceiver Station* (BTS) yang mencakup *availability*, *capacity* dan *quality* sehingga dapat ditingkatkan untuk performansi layanan yang diberikan [1]. Data yang diambil dari *drive test* adalah jaringan 4G LTE. Pada Jaringan 4G LTE nilai yang dianalisis adalah kekuatan sinyal (RSRP), kualitas sinyal (RSRQ), *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Throughput* dan *Delay* [2-8].

Dalam perkembangan teknologi telekomunikasi nirkabel saat ini, usaha untuk mendapatkan data secara *update* dan efisien sangatlah penting. Penelitian untuk *drive test* pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan *drive test* normal pada umumnya dengan *drive test* menggunakan UAV di jalur *mapping* yang sudah ditentukan [7, 9]. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh nilai parameter yang diujikan dari pengimplementasian *drive test* dengan teknologi UAV dan diupload ke *database*. Usaha ini digunakan untuk mendapatkan hasil yang efisien dan lebih maksimal, sehingga membantu pekerjaan *drive test* di lapangan [6-10].

2. Metodologi Perancangan

2.1 Kondisi Existing

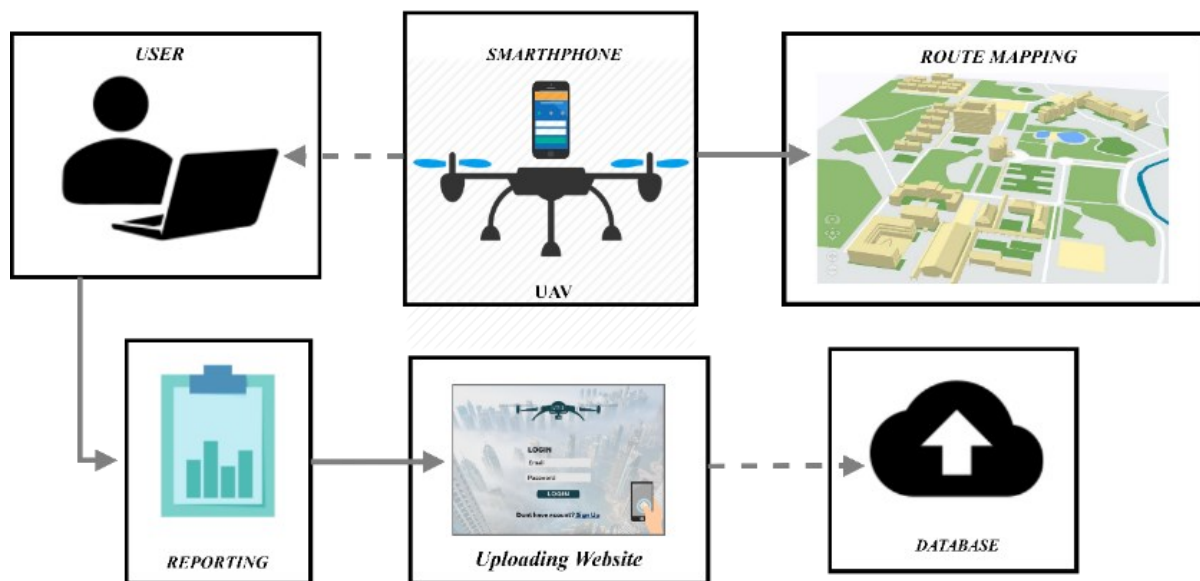
Penelitian *drive test* untuk jaringan 4G LTE dilakukan di kawasan Telkom University. Jalur *drive test* dimulai dari *gate* mobil ketiga, masuk ke arah Gedung Rektorat. Kemudian belok ke kiri mengitari fakultas teknik dan gedung GSG. Titik akhirnya sama dengan titik mulainya, yaitu di depan Gedung Rektorat. Rute *drive test* yang dilakukan dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Rute pelaksanaan *drive test*

2.2 Skema Penelitian

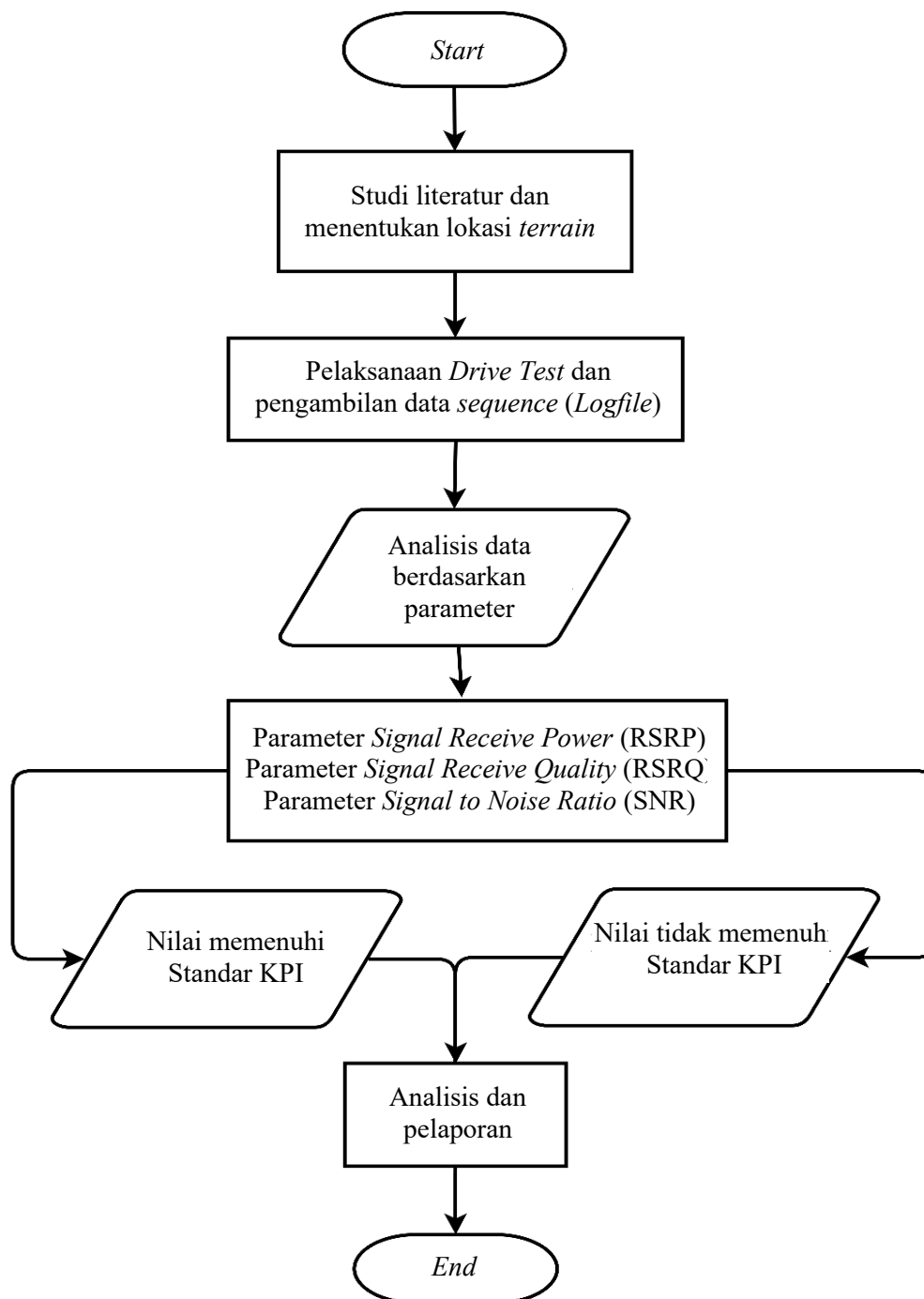
Drive test dilakukan dengan dua metode yaitu *drive test* normal dengan berjalan kaki atau *walking test* dan *drive test* menggunakan UAV. *Drive test* menggunakan UAV dilakukan dengan menempelkan *smartphone* pada UAV. Data yang diperoleh dari *drive test* kemudian dianalisis dan di-upload ke *database* melalui *website*. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur kerja penelitian

2.3 Diagram Alir

Drive test dilakukan menggunakan *smartphone* yang sudah terinstal aplikasi G-NetTrack dan *smartphone* tersebut dibawa oleh UAV. Metode *drive test* yang dilakukan sama dengan *drive test* normal, yaitu merekam data langsung di lapangan dan berpindah dari satu titik ke titik yang lainnya berdasarkan rute yang ditentukan. *Smartphone* yang dibawa oleh UAV dimonitor dan dikendalikan melalui laptop dengan aplikasi TeamViewer. Nilai dari *drive test* yang dianalisis adalah nilai untuk mengukur kualitas pancaran sinyal oleh BTS yang mencakup *availability*, *capacity* dan *quality*. Nilai parameter yang dibutuhkan yaitu RSRP, RSRQ, SNR dan parameter QOS *Delay*, *Throughput*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses *drive test*

2.4 Spesifikasi Alat

Adapun spesifikasi alat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

No.	Perangkat	Spesifikasi
1	<i>Smartphone</i>	Samsung A50
2	Laptop	Asus A451L
3	Software <i>Drive Test</i>	G-NetTrack v17.5
4	<i>Flight Controller UAV</i>	Flight controller pixhawk 2.1 cube
5	Remote UAV	Remote taranis x9r
6	<i>Reciver Signal UAV</i>	Receiver frsky x9r
7	Komponen Penggerak UAV	4 motor t-motor mn4014-9 400 kv 4 esc t-motor 40a 4 propeller 16*6.5
8	Baterai UAV	Baterai lipo 6s 10000 & 8000 mAh (optional)
9	Kartu SIM Provider	Provider XL Axiata <i>support</i> 4G LTE

2.5 Parameter Pengukuran

2.5.1 Reference Signal Receive Power (RSRP)

Reference Signal Receive Power (RSRP) adalah power dari sinyal yang diterima oleh User Equipment. Semakin jauh jarak antara site dengan user, maka semakin kecil RSRP yang diterima oleh user. Parameter RSRP digunakan oleh perangkat untuk menentukan titik handover. Range baik dan buruk RSRP dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan RSRP mengikuti Persamaan (1) [3-5].

$$RSRP(dbm) = RSSI(dbm) - 10 \times \log(12 \times N) \quad (1)$$

Dimana RSSI didapat Persamaan (2).

$$RSSI(dbm) = P1 + P2 + P3 \quad (2)$$

dengan:

RSSI = Indikator kekuatan sinyal/*Received Signal Strength Indicator*







N = Jumlah *Resource Blok*

P2 = *Power noise*

P1 = *Power sinyal*

P3 = *Power interferensi*

Tabel 2. KPI Parameter RSRP

Warna	Kategori	Nilai RSRP (dBm)
	<i>Excellent</i>	≥ -70
	<i>Very Good</i>	-70 s/d -80
	<i>Good</i>	-80 s/d -90
	<i>Normal</i>	-90 s/d -100
	<i>Bad</i>	-100 s/d -110
	<i>Very Bad</i>	110 s/d -120

2.5.2 Reference Signal Receive Quality (RSRQ)

Reference Signal Receive Quality (RSRQ) adalah rasio antara RSRP dan *wideband power*. RSRQ merupakan kualitas sinyal yang diterima. RSRQ adalah yang membantu parameter RSRP saat terjadi *handover*. Parameter RSRQ juga didefinisikan sebagai rasio antara jumlah *resource block* terhadap rata-rata daya linier yang terima oleh *user* termasuk daya dari *serving cell*, *noise*, dan interferensi[12]. Range KPI nilai RSRQ dari 2 s/d -20 dapat dilihat pada Tabel 3. Perhitungan rumus RSRQ mengikuti Persamaan (3) [3-7].

$$RSRQ(db) = \frac{N \times RSSP(dbm)}{RSSI} \quad (3)$$

dimana:

RSRP = Kuat sinyal yang diterima oleh UE dari eNodeB

RSSI = Indikator kekuatan sinyal

N = Jumlah *Resource Blok*

Tabel 3. KPI Parameter RSRQ

Warna	Kategori	Nilai RSRQ (dB)
	<i>Excellent</i>	≥ 2
	<i>Very Good</i>	2 s/d -1
	<i>Good</i>	-1 s/d -7
	<i>Normal</i>	-7 s/d -10
	<i>Bad</i>	-10 s/d -14
	<i>Very Bad</i>	-14 s/d -20

2.5.3 Signal To Noise Ratio (SNR)

SNR adalah rasio kualitas antara daya yang diterima dengan rata-rata *noise* yang mempengaruhi saat pengiriman atau penerimaan data[12]. Range nilai KPI untuk SNR dari -10 s/d 20 sesuai Tabel 4, dengan perhitungan SNR mengikuti Persamaan (4) [3-7].

$$SNR(db) = \frac{S}{N} \quad (4)$$

dimana:

S = Rata-rata kuat sinyal.

I = *Power* rata-rata interferensi.

N = *Power Noise*.

Tabel 4. KPI Parameter SNR

Warna	Kategori	Nilai SNR (dB)
	<i>Excellent</i>	≥ 20
	<i>Very Good</i>	15 s/d 10
	<i>Good</i>	10 s/d 5
	<i>Normal</i>	5 s/d 0
	<i>Bad</i>	0 s/d -5
	<i>Very Bad</i>	< -10

2.6 Implementasi UAV

Skenario pertama *drive test* menggunakan UAV yang dilakukan yaitu menggunakan remot manual sebagai *controller* untuk menghindari *obstacle* yang ada selama melalaui rute yang ditentukan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Skenario kedua *drive test* menggunakan UAV yang diintegrasikan dengan modul *auto pilot* yang bernama ArduPilot

sehingga dapat berjalan secara otomatis untuk menuju titik koordinat yang sudah ditentukan dalam mapping GPS yang dapat dikonfigurasi pada software Ardupilot.

2.7 Website

Website dibuat untuk menyimpan data ke *database* dan diteruskan ke aplikasi android untuk menampilkan hasil *drive test*. *Website* ini dapat diakses oleh beberapa pengguna atau *multi user* lewat menu *sign up* dan *login*.

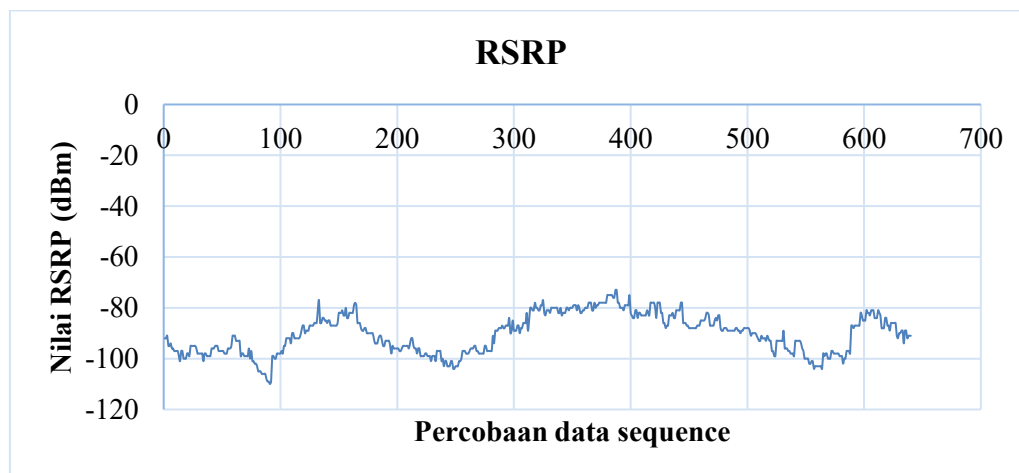
3. Pembahasan

3.1 Analisis Drive Test Normal

Setelah melakukan pengambilan data dengan berjalan kaki pada rute Telkom University dan menggunakan aplikasi G-NetTrack, didapatkan empat nilai yaitu: RSRP, RSRQ, SNR dan *Delay*.

3.1.1 Hasil Nilai Parameter RSRP

Berdasarkan *drive test* yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebanyak 640 *data sequence* dari *script* yang dijalankan pada aplikasi G-NetTrack. Nilai rata-rata dari parameter RSRP diperoleh -90.32 dBm. Mengacu pada Tabel 2 tentang standar *Key Performance Indicator* (KPI), maka daya sinyal yang diterima, tergolong dalam kategori normal. Perolehan nilai RSRP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perolehan nilai RSRP dari *drive test* normal

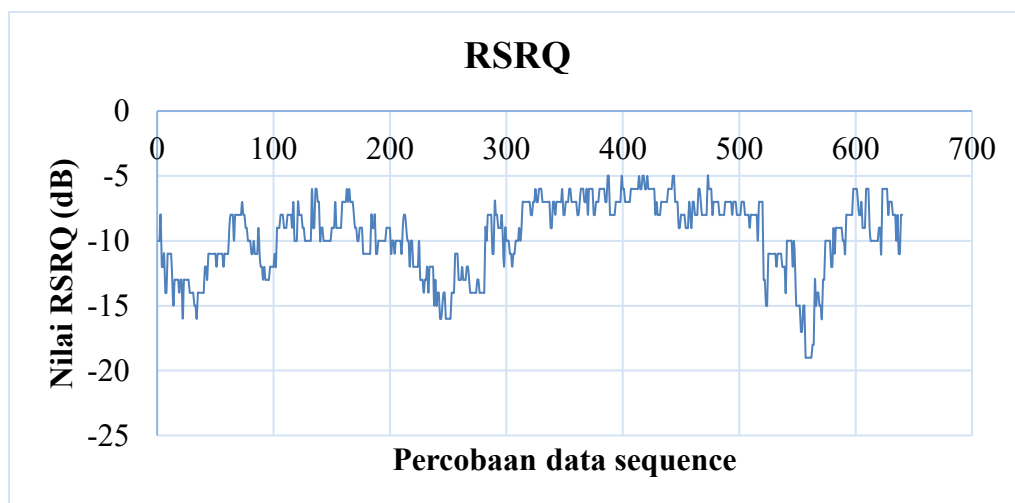
Berdasarkan pengujian diperoleh informasi nilai pada setiap titik yang berada di dalam peta mapping *drive test* yang dilakukan. Warna titik pada mapping mengindikasikan kategori RSRP dari *Very Good* sampai dengan *Bad*. Warna kuning menandakan nilai RSRP pada titik tersebut dikategorikan *Very Good* karena minimnya *obstacle* yang ada sehingga dapat secara langsung *line of sight* dengan BTS. Sedangkan warna biru tua dikategorikan *Bad*. Berdasarkan data yang sudah diperoleh pada Gambar 4, terjadi penurunan nilai RSRP pada beberapa titik. Titik yang mengalami penurunan dapat dilihat pada Gambar 5 dengan warna biru tua yang masuk kedalam kategori *Bad*. Penurunan tersebut disebabkan adanya *obstacle* yang menyebabkan komunikasi menjadi tidak bersifat *line of sight* sehingga nilai RSRP yang didapatkan tidak maksimal.



Gambar 5. Penyebaran titik *sequence* dalam rute *drive test* normal

3.1.2 Hasil Nilai Parameter RSRQ

Pada *drive test* yang dilakukan, nilai rata-rata RSRQ yang diperoleh yaitu -9.58 dB dan menurut standar KPI tergolong normal. Perolehan nilai RSRQ ditampilkan pada Gambar 6.

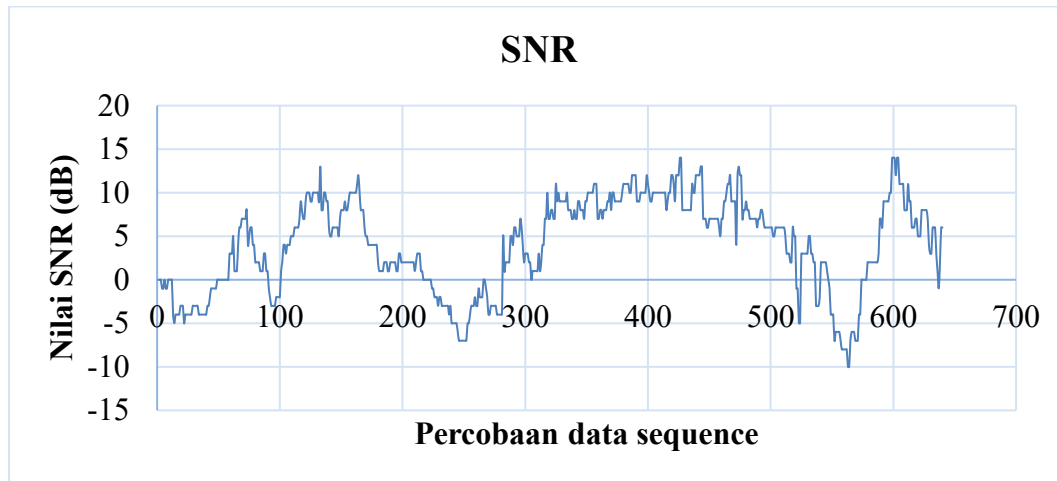


Gambar 6. Perolehan nilai RSRQ dari *drive test* normal

Sama halnya dengan parameter RSRP, penurunan nilai yang ditunjukkan pada Gambar 6 terjadi akibat adanya *obstacle* di lintasan komunikasi BTS dengan UE, sehingga tidak memenuhi LOS dan menyebabkan penurunan nilai RSRQ.

3.1.3 Hasil Nilai Parameter SNR

Melalui *drive test* yang dilakukan, perolehan nilai SNR sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 7, memiliki rata-rata sebesar 3.99 dB. Menurut Tabel 4, nilai ini tergolong dalam kategori normal.



Gambar 7. Perolehan nilai SNR dari *drive test* normal

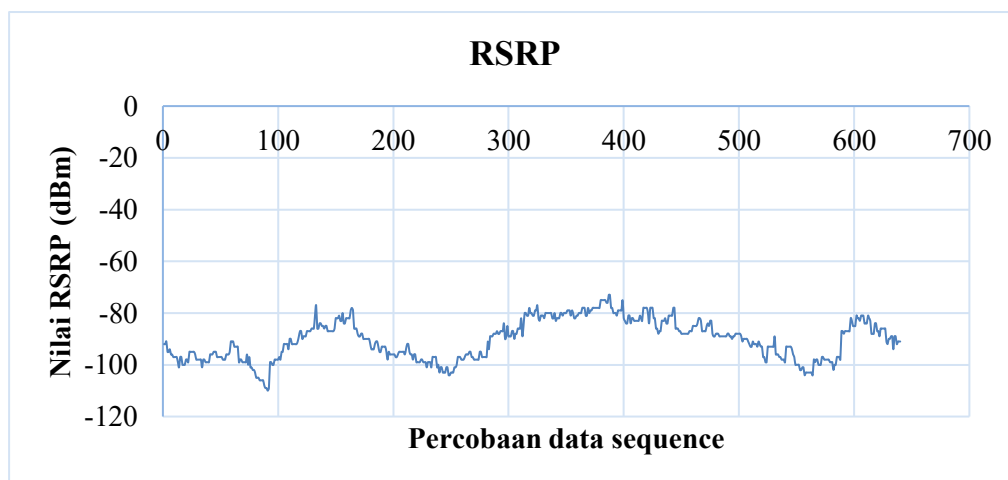
Penurunan nilai SNR yang ditampilkan pada Gambar 7 terjadi karena keberadaan *obstacle* pada lintasan komunikasi BTS dan UE.

3.2 Analisis Drive Test menggunakan UAV

Hasil pengambilan data *drive test* dengan mengimplementasikan UAV yang dirutekan, sama dengan pengambilan data dengan *drive test* normal. *Drive test* dilakukan dengan cara UAV membawa *smartphone* untuk menghindari beberapa *obstacle* yang ada. Didapatkan empat parameter pengujian yaitu RSRP, RSRQ, SNR dan *Delay*.

3.2.1 Hasil Nilai Parameter RSRP

Proses pengambilan data dengan *drive test* yang menggunakan UAV memperoleh 655 *data sequence*. Perolehan nilai RSRP dapat dilihat pada Gambar 8 dengan nilai rata-rata sebesar -90.8 dBm. Menurut standar KPI, nilai tersebut tergolong kategori normal.



Gambar 8. Perolehan nilai RSRP dari *drive test* dengan UAV

Warna titik yang ada pada Gambar 9 menandakan beberapa variasi kategori RSRP dari *Excellent* sampai *Bad*. Warna orange hingga biru muda termasuk ke kategori yang dapat

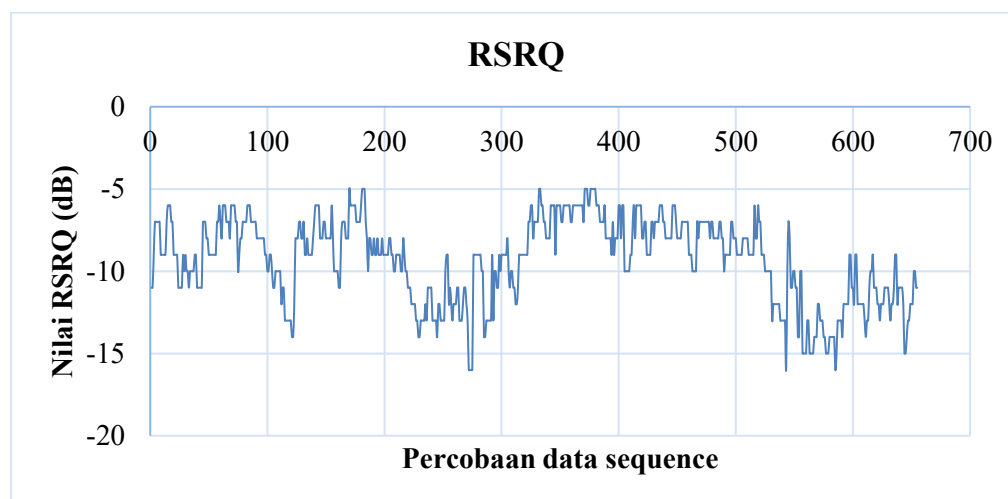
diterima menurut KPI. Titik yang dikategorikan *bad* tersebut disebabkan adanya *obstacle* yang menyebabkan komunikasi menjadi tidak bersifat *line of sight*.



Gambar 9. Penyebaran titik *sequence* dalam *drive test* dengan UAV

3.2.2 Hasil Nilai Parameter RSRQ

Pada *Drive test* yang dilakukan menggunakan UAV untuk membawa *smartphone* melewati rute yang sama dengan *Drive test* normal, didapatkan nilai parameter RSRQ seperti yang terlihat pada Gambar 10. Nilai rata-rata RSRQ yang diperoleh yaitu -9.32 dB dimana menurut standar KPI, tergolong kategori normal.

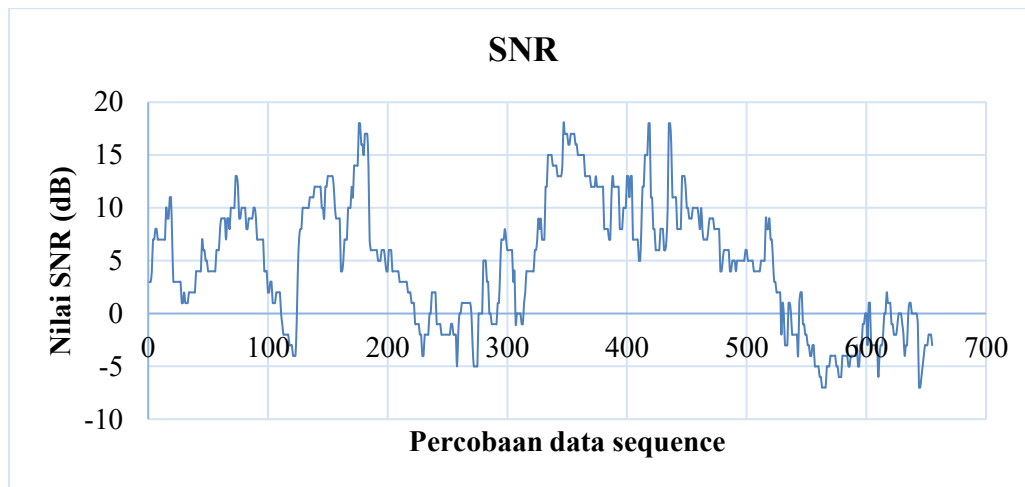


Gambar 10. Perolehan nilai RSRQ dari *drive test* dengan UAV

Penurunan yang terjadi pada nilai RSRQ seperti yang ditampilkan pada Gambar 11 terjadi karena adanya *noise* dan interferensi saat *drive test* sedang berlangsung.

3.2.3 Hasil Nilai Parameter SNR

Hasil nilai parameter SNR yang didapatkan dari *drive test* menggunakan UAV di rute yang sama dengan *drive test* normal dapat dilihat pada Gambar 11, dengan nilai rata-rata sebesar 4.77 dB, sehingga menurut standar KPI termasuk kedalam kategori normal.



Gambar 11. Perolehan nilai SNR dari *drive test* dengan UAV

Melalui *drive test* yang dilakukan, dapat diperoleh informasi mengenai indikator dengan warna merah sampai dengan biru muda yang menandakan terdapat nilai dengan kategori *very good* sampai dengan *very bad*. Sama seperti parameter lainnya, keberadaan *obstacle* juga berdampak pada parameter SNR.

3.3 Analisis Perbandingan Kedua Metode *Drive Test*

3.3.1 Perbandingan Nilai RSRP

Nilai RSRP dari kedua *drive test* tidak jauh berbeda. Pada beberapa titik nilai RSRP mengalami penurunan yang terjadi akibat adanya *obstacle* pada lintasan komunikasi, sehingga mempengaruhi nilai yang diperoleh. Perbandingan nilai RSRP dari kedua metode *drive test* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan nilai RSRP dari kedua metode *drive test*

Warna	Range	Jumlah dan Presentase Data Nilai RSRP			
		Drive Test Normal		Drive Test UAV	
	≥ -70	0	0	15	2.29%
	-70 s/d -80	76	11.88%	77	11.75%
	-80 s/d -90	257	40.16%	188	28.70%
	-90 s/d -100	257	40.15%	299	45.65%
	-100 s/d -110	50	7.81%	75	11.45%
	-110 s/d -120	0	0	1	0.15%
Jumlah		640	100%	655	100%

Berdasarkan Tabel 5, nilai RSRP pada *drive test* normal adalah -90.32 dBm, lebih besar 0,48 dBm dibanding nilai RSRP pada *drive test* menggunakan UAV yang nilainya sebesar -90.8 dBm.

3.3.2 Perbandingan Nilai RSRQ

Nilai RSRQ yang didapat dari kedua metode *drive test* tidak jauh berbeda. Pada beberapa titik nilai RSRQ mengalami penurunan, hal tersebut dikarenakan adanya *noise* dan juga interferensi sehingga mempengaruhi hasil nilai yang didapatkan. Perbandingan kedua metode *drive test* dalam hal nilai RSRQ dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan nilai RSRQ kedua metode *drive test*

Warna	Range	Jumlah Data Nilai RSRQ			
		Drive Test Normal		Drive Test UAV	
	≥ 2	0	0	0	0
	2 s/d -1	0	0	0	0
	-1 s/d -7	181	28.28%	187	28.55%
	-7 s/d -10	245	38.28%	264	40.30%
	-10 s/d -14	177	27.65%	184	28.09%
	-14 s/d -20	37	5.78%	20	3.05%
Jumlah		640	100%	655	100%

Berdasarkan Tabel 6, nilai RSRQ pada *drive test* normal adalah -9.58 dB, sedangkan nilai *drive test* menggunakan UAV adalah -9.32 dB. Terdapat selisih 0.26 dB dengan nilai lebih besar pada metode *drive test* menggunakan UAV.

3.3.3 Perbandingan Nilai SNR

Nilai SNR yang diperoleh dari kedua metode *drive test* tidak jauh berbeda. Pada beberapa titik nilai SNR mengalami penurunan, hal tersebut disebabkan karena adanya *obstacle* pada lintasan komunikasi sehingga berdampak negative terhadap nilai SNR yang didapatkan. Perbandingan nilai SNR dari kedua metode dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan nilai SNR dari kedua metode *drive test*

Warna	Range	Jumlah Data Nilai SNR			
		Drive Test Normal		Drive Test UAV	
	≥ 20	0	0	24	3.66%
	15 s/d 10	51	7.97%	95	14.50%
	10 s/d 5	252	39.37%	186	28.40%
	5 s/d 0	162	25.31%	164	25.09%
	0 s/d -5	136	21.25%	154	23.51%
	< -5	39	6.09%	32	4.88%
Jumlah		640	100%	655	100%

Nilai SNR yang diperoleh dari *drive test* normal adalah 3.99 dB, lebih kecil 0,78 dB dibanding nilai pada *drive test* menggunakan UAV yang mencapai 4.77 dB.

3.3.4 Perbandingan Nilai Delay

Pengukuran nilai delay dilakukan dengan cara menghitung lamanya waktu tempuh data, dimulai saat melakukan ping ke alamat yang dituju oleh *script data sequence*. Nilai rata-rata delay yang didapatkan pada *drive test* normal adalah 169.2 ms, sedangkan pada *drive test* dengan UAV, nilainya sebesar 169,31.

3.3.5 Perbandingan Nilai *Throughput*

Permasalahan *throughput* yang nilainya kurang bagus dapat terjadi karena kualitas dan daya sinyal yang diterima oleh *user* buruk dalam jaringan tersebut. Penyebab lainnya adalah kapasitas jaringan yang tidak dapat mencukupi kebutuhan *user*. Nilai rata-rata *throughput* yang diperoleh saat melakukan *drive test* normal adalah 2,1 Mbps, sedangkan untuk *drive test* dengan UAV, nilai *throughput* yang diperoleh sebesar 1,9 Mbps. Perolehan nilai *throughput* dari kedua metode tersebut dalam kapasitas jaringan yang disediakan masih jauh dari standar KPI yang ada, dimana nilai yang memenuhi standar KPI adalah rata-rata *throughput* harus lebih besar atau sama dengan 20 Mbps.

4. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dipaparkan di muka, dapat disimpulkan bahwa daya sinyal dan kualitas sinyal yang dipancarkan dari site ke *user* tercukupi. *Drive test* yang dilakukan pada area Telkom University dengan ketiga parameter yang diukur pada beberapa titik yang sama memiliki nilai yang buruk. Nilai yang buruk tersebut dikarenakan adanya *obstacle* seperti Gedung Rektorat, Masjid Syamsul Ulum dan Gedung GSG yang menyebabkan komunikasi *User* dan BTS tidak bersifat *line of sight* sehingga terjadi *noise* dan interferensi. Nilai parameter yang didapatkan pada penelitian masing-masing parameter memiliki selisih nilai yaitu: kekuatan sinyal (RSRP) lebih besar 0,5 dBm pada metode *drive test* UAV, sedangkan nilai kualitas sinyal (RSRQ) lebih besar 0,26 dBm pada *drive test* normal dan nilai rasio *noise* sinyal (SNR) lebih besar 0,78 dB pada *drive test* normal. Selain itu, nilai QoS *delay* yang didapatkan yaitu 169,2 ms dan 169,31 ms sehingga termasuk kategori normal. Hal ini berhubungan dengan nilai SNR yang dikategorikan normal, sedangkan nilai *throughput* yang didapatkan adalah 2,1 Mbps dan 1,9 Mbps, mempunyai nilai yang jauh dari standar KPI yaitu 20 Mbps. Dapat disimpulkan bahwa hasil *drive test* normal dan *drive test* menggunakan UAV memiliki perbedaan nilai yang kecil. Hal ini dikarenakan *drive test* yang menggunakan UAV dilakukan dengan metode yang sama dengan *drive test* normal untuk mengetahui kondisi secara real dari *obstacle* yang ada di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] Hikmaturokhman, A., Wardhana, L., Aginsa, B. F., Dewantoro, A., Rian, M. F., Harto, I., & Mahardhika, G. (2014). *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia* (Edisi Pert, Vol. 1).
- [2] Rahmaddian, Y., & Huda, Y. (2020). Analisis Performansi Jaringan 4G LTE di Gedung ITL FT Unp Kampus Air Tawar Barat. *VoteTEKNIKA: Jurnal Vocational Teknik Elektronika dan Informatika*, 7(4), 40-48.
- [3] Ariyani, S. (2016). Evaluasi Kualitas Layanan (QOS) Jaringan Data Selluler Pada Teknologi 4G LTE. *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 1(2).
- [4] Efriyendro, R., & Rahayu, Y. (2017). Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater *Drive Test* Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam (Doctoral dissertation, Riau University).
- [5] Hastruman, P., Fahmi, A., & Usman, U. K. (2020). Analisa Kinerja pada Perencanaan TD-LTE ADVANCED Studi Kasus Kota Bandung. *AVITEC*, 2(2), 75-90.
- [6] Rahmat Gemilang, Y. U. S. U. F. (2016). Kendali Jarak Jauh UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Tipe Quadcopter Menggunakan Transceiver Nrf24l01+ Beserta Job Sheet Uji Coba. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 5(3).

- [7] Usman, U. K., Prihatmoko, G., Hendraningrat, D. K., & Purwanto, S. D. (2012). *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung, Indonesia: Rekayasa Sains.
- [8] Nursafitri, D. A., Usman, U. K., & Maulana, M. I. (2020, July). Long Term Evolution (LTE) Network Planning in Jakarta-Cikampek Elevated Toll. In *2020 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT)* (pp. 146-150). IEEE.
- [9] Dilaga, D. F. S., Usman, U. K., & Perdana, D. (2019, November). Evaluation of Listen Before Talk (LBT) mechanism fairness at LTE-Licensed Assisted Access (LAA) against Wi-Fi 5 GHz. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1367, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- [10] Putri, K. S. H., & Usman, U. K. (2019, November). Analysis of Vehicle to Vehicle Communication Parameter on 5G Network. In *2019 Symposium on Future Telecommunication Technologies (SOFTT)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.