

Analisis Performansi Jaringan 4g Lte Dengan Metode *Drive Test* Pada Telkom University Landmark Tower (Tult)

1st Bimasetya Perkasa
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bimasetyap@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Rd Rohmat Saedudin
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rdrohmat@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Fathinuddin
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

muhammadfathinuddin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pada saat ini, kemajuan pesat sistem telekomunikasi memungkinkan masyarakat memperoleh manfaat dari berbagai teknologi komunikasi dan informasi. Masyarakat dapat menggunakan dan menikmati layanan telekomunikasi berupa jaringan 4G LTE (Long Term Evolution). Teknologi 4G LTE lebih unggul dari pendahulunya, yaitu 3G, di mana 4G menawarkan kualitas jaringan yang lebih baik dan kecepatan transmisi data yang lebih cepat. Internet dibutuhkan pada berbagai kegiatan sehari-hari khususnya pada kegiatan belajar mengajar maupun komunikasi dalam pendidikan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa jaringan 4G LTE pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung Telkom University Landmark Tower (TULT) menggunakan metode drive test. Pengukuran dilaksanakan di waktu yang sama namun di hari yang berbeda sebanyak tiga kali. Penelitian ini berfokus pada analisa data berdasarkan parameter RSRP, (Received Signal Reference Power), RSRQ (Reference Signal Received Quality), dan SNR (Signal to Noise Ratio). Dengan pengukuran tiga parameter tersebut dapat diperoleh kualitas jaringan 4G LTE pada objek penelitian. Hasil dari analisis ketiga parameter disesuaikan dengan KPI. Berdasarkan hasil analisa pada penelitian ini, didapatkan hasil pada parameter RSRP dengan rata-rata range sinyal ≥ -90 dBm, nilai tertinggi terdapat pada lantai 4 dengan presentase sebesar 97,53% yang termasuk kategori sangat bagus. Sedangkan pada parameter RSRQ dengan rata-rata range sinyal ≥ -10 dBm, nilai tertinggi terdapat pada lantai 4 dengan presentase 10,71% yang termasuk buruk. Pada parameter SNR dengan rata-rata range sinyal ≥ 0 dBm, nilai tertinggi terdapat pada lantai 1 dengan presentase 96,17% yang termasuk sangat baik.

Kata Kunci— 4G, RSRP, RSRQ, SNR, drive test

I. PENDAHULUAN

Karena pesatnya perkembangan sistem telekomunikasi, masyarakat saat ini dapat memanfaatkan berbagai jenis teknologi komunikasi dan informasi. Internet adalah jaringan komunikasi yang menghubungkan antar perangkat.[1] Suatu perangkat dapat dihubungkan ke perangkat lain melalui jaringan komunikasi yang disebut Internet.

Seiring perkembangan teknologi telekomunikasi yang cepat, masyarakat dapat menggunakan dan menikmati layanan telekomunikasi berupa jaringan 4G LTE (*Long Term Evolution*). 4G LTE lebih unggul dari pendahulunya, yaitu

3G, di mana 4G menawarkan kualitas jaringan yang lebih baik dan kecepatan transmisi data yang lebih cepat.[1]

Internet merupakan salah satu komponen utama dalam kegiatan sehari-hari masyarakat Telkom University untuk melakukan pertukaran data secara *real time*. Jaringan internet yang baik menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat Telkom University guna memastikan kenyamanan dan akses lancar ke berbagai website pendukung berbagai kegiatan, terutama proses belajar mengajar. Salah satu pusat utama belajar di kampus tersebut adalah Telkom University Landmark Tower (TULT), yang merupakan kolaborasi beberapa fakultas yang ada di Telkom University.

Masalah yang sering terjadi adalah kurangnya kualitas jaringan di suatu instansi atau organisasi, yang tidak mencapai standar kualitas layanan yang ditetapkan oleh badan standar internasional. Ini menyebabkan layanan berbasis internet yang diterima oleh pengguna saat mengakses jaringan melalui jaringan lokal di institusi atau organisasi tersebut dianggap buruk, meskipun kualitas jaringan telekomunikasi dari provider besar sudah sangat baik dan canggih. Keadaan ini menarik perhatian untuk mengukur dan memverifikasi seberapa baik kualitas layanan yang disediakan oleh Telkom University, terutama di Telkom University Landmark Tower (TULT) yang merupakan salah satu pusat perkuliahan di kampus tersebut.

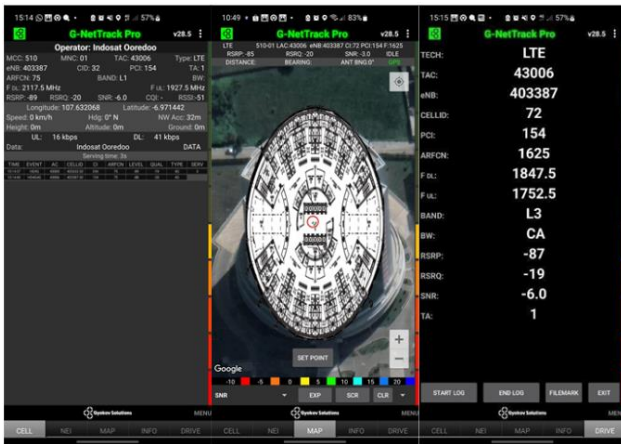
II. KAJIAN TEORI

A. Telkom University Landmark Tower (TULT)

Telkom University Landmark Tower (TULT) merupakan gedung baru yang ada di Telkom University serta terdapat 19 Lantai. TULT yang dibangun pada tahun 2019 dan selesai pada tahun 2021. Gedung TULT digunakan untuk kegiatan perkuliahan bagi para mahasiswa dan dosen. Terdapat tiga fakultas pada gedung TULT, yaitu Fakultas Rekayasa Industri, Fakultas Teknik Elektro, dan Fakultas Informatika. Mulai dari ruang kuliah, ruang kelas, ruang sidang, ruang lab, ruang administrasi, hingga kantin, TULT memiliki fasilitas yang lengkap untuk menunjang kegiatan perkuliahan.

B. G-Net Track Pro

Sebuah software bernama G-Net Track beroperasi dalam OS Android dan digunakan untuk memonitor jaringan pada sistem operasi Android. Aplikasi G-Net Track Pro mendukung teknologi LTE, UMTS, GSM, CDMA, EVDO dan HSDPA.. G-Net Track Pro dapat melakukan pengukuran baik di luar ruangan maupun di dalam ruangan. Pengguna dapat memperoleh informasi berupa Rxlev, Rxqual, SQL, MCC, MNC, CI, LAC, Time, Langitude, Latitude, Upload, Download, Type dari aplikasi G-Net Tracker Pro dari jaringan atau internet operator yang digunakan. [2]



Gambar 1 Aplikasi G-Net Track Pro

C. Jaringan 4G

Setelah internet mulai diperkenalkan di Indonesia, perilaku masyarakat di negeri ini mengalami perubahan. Hal ini dibuktikan dengan masyarakat yang sudah jarang menggunakan radio atau koran. Dalam kegiatan sehari-hari, masyarakat lebih memilih untuk menggunakan *smartphone*. Untuk memaksimalkan penggunaan *smartphone* dibutuhkan sebuah akses internet. Salah satu dari jaringan yang ada di Indonesia yaitu 4G LTE. 4G dirancang sebagai pengganti 3G dengan tujuan menawarkan koneksi yang lebih andal dan kecepatan yang jauh lebih tinggi daripada versi sebelumnya. 4G adalah istilah yang digunakan untuk menyebut generasi keempat dalam perkembangan teknologi jaringan seluler.[3] tidak hanya memberikan kecepatan transfer data yang tinggi, LTE juga dirancang dengan latensi rendah, spektrum lebih luas, dan teknologi paket akses radio yang lebih optimal untuk penerapan bandwidth yang fleksibel.

D. RSRP (Received Signal Reference Power)

RSRP adalah parameter tingkatan kekuatan sinyal yang diterima oleh user dalam satuan dBm, Semakin rendah nilai RSRP maka semakin besar jarak antara *site* dengan *user*. RSRP digunakan untuk memberikan informasi kekuatan sinyal dari suatu cell yang mengacu perhitungan *path loss*. *Reference Signal* (RS) atau RSRP di tiap titik jangkauan coverage, Pengguna di luar jangkauan tidak akan menerima sinyal LTE.[4]:

TABEL 1
Parameter RSRP

Nilai dBm	Keterangan
≤ -80	Very Good
< -80 s/d ≤ -90	Good

< -90 s/d ≤ -100	Normal
< -100 s/d ≤ -120	Bad
< -120	Very Bad

E. RSRQ (Reference Signal Received Quality)

Parameter yang disebut RSQ digunakan untuk menilai kualitas sinyal yang diterima. Rasio antara RSRP dsn RSSI disebut RSQ. [4]. Berikut adalah ketentuan baik atau buruk nilai RSRQ:

Tabel 2 Parameter RSRQ

Nilai dBm	Keterangan
≤ -8	Very Good
< -9 s/d ≤ -10	Good
< -10 s/d ≤ -15	Normal
< -15 s/d ≤ -19	Bad
< -20	Very Bad

F. SNR (Signal to Noise Ratio)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan rasio daya antara sinyal yang diinginkan dan sinyal yang tidak diinginkan (noise) pada waktu tertentu. SNR menunjukkan kualitas sinyal informasi yang diterima sistem transmisi. Selain itu, ambang batas untuk sinyal analog yang dapat diterima adalah SNR. Nilai SNR meningkat seiring dengan kualitas sinyal.. [1]

TABEL 3
Parameter SNR

Nilai dBm	Keterangan
≤ 30 s/d > 15	Very Good
≤ 15 s/d > 0	Good
≤ 0 s/d > -5	Normal
≤ -5 s/d > -11	Bad
≤ -11 s/d ≥ -20	Very Bad

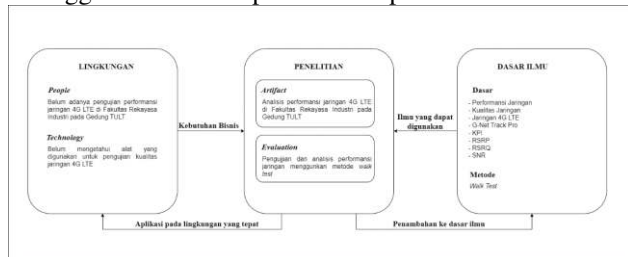
H. Drive Test

Drive test adalah metode pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui kondisi *real time* yang dialami oleh pengguna jaringan dengan bantuan *software* dan *hardware* tertentu.[5] Dengan menggunakan metode *drive test* dapat didapatkan presentase kualitas performa jaringan dari suatu daerah atau gedung. *Drive test* dapat dilakukan baik diluar ruangan ataupun di dalam ruangan atau gedung (*walk test*). Penggunaan metode ini dilakukan ketika terjadi masalah dengan pemancar atau sebagai *test* rutin. Pada teknologi LTE, parameter yang digunakan dalam metode *drive test* yaitu, RSRP, RSRQ, dan SNR.

III. METODE

A. Model Konseptual

Dalam melakukan perancangan penelitian serta membahas keterkaitan antar data yang ada dibutuhkan sebuah model konseptual yang merupakan sebuah kerangka kerja sehingga masalah dari penelitian dapat diselesaikan.

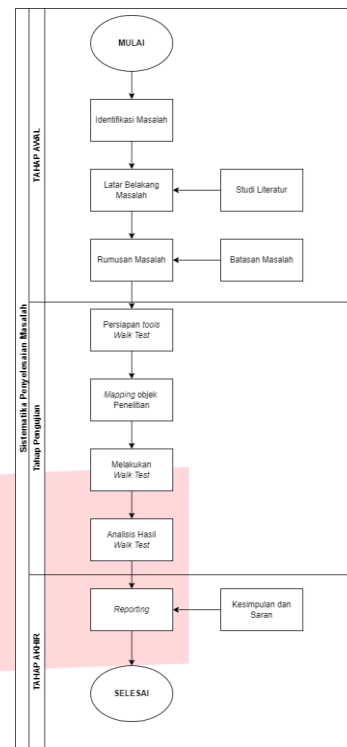


GAMBAR 2 Model konseptual

Model konseptual diatas menjelaskan aspek-aspek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, aspek lingkungan, aspek penelitian, dan aspek dasar ilmu. Pada aspek lingkungan terdapat entitas *people* yang mana belum adanya pengujian performansi jaringan 4G LTE pada Fakultas Rekayasa Industri di Gedung Telkom University Landmark Tower (TULT). Dengan permasalahan yang ada dibutuhkan suatu *technology* untuk menguji kualitas jaringan 4G LTE pada gedung tersebut, aplikasi *G-Net Track Pro* merupakan salah satu *tools* yang dapat digunakan untuk menguji kualitas jaringan 4G LTE yaitu seperti, RSRP, RSRQ, dan SNR. Kemudian pada aspek penelitian terdapat entitas *build* dan *evaluation*, entitas *build* berisikan *artifact* yang digunakan untuk mengetahui kualitas performansi jaringan pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung Telkom University Landmark Tower (TULT). Setelah itu akan dilakukan *evaluation* terhadap penelitian ini. Pada aspek terakhir yaitu dasar ilmu, berisikan beberapa teori dan metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *walk test*.

B. Sistematika Penelitian

Dalam melakukan penelitian dibutuhkan sistematika penyelesaian masalah, pada penelitian ini terdapat 3 tahap sistematika penyelesaian masalah.



GAMBAR 3 Sistematika penyelesaian masalah

1. Tahap awal

Pada tahap awal menjelaskan tentang proses identifikasi masalah penelitian yang akan dilakukan. Apabila identifikasi masalah telah dilakukan dan mendapatkan permasalahan, maka dilanjutkan dengan pembuatan latar belakang penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan studi literatur yang ada. Studi literatur dilakukan untuk dijadikan pedoman informasi-informasi terkait dengan permasalahan penelitian dan didapatkan melalui jurnal, buku, penelitian terdahulu dan sumber literatur lainnya.

2. Tahap Pengujian

Pada Tahap pengujian, dimulai dengan instalasi alat yang digunakan untuk penelitian pada *smartphone* dan mempelajari penggunaan aplikasi *G-Net Track Pro*. Setelah melakukan instalasi dan mempelajari alat yang digunakan, dilakukan *mapping* pada objek penelitian yang digunakan yaitu Fakultas Rekayasa Industri di Telkom University Landmark Tower (TULT) sesuai dengan koordinat objek yang ada pada *Google Maps*. Tujuan dari *mapping* sendiri untuk menyesuaikan objek penelitian dengan aplikasi *G-Net Track Pro*. Tahapan selanjutnya adalah *walk test*. *Walk test* dilakukan pada lorong utama pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung Telkom University Landmark Tower (TULT) yaitu terdapat pada lantai 1, lantai 4, lantai 8, lantai 9, dan lantai 18. Adapaun pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada masing-masing lantai. Setelah pengujian dengan *walk test* selesai dan mendapatkan hasil, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh yaitu RSRP, RSRQ, dan SNR.

3. Tahap Akhir

Pada tahap akhir, hasil penelitian dan hasil pengujian yang menggunakan metode *walk test* dijelaskan. Hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan dilakukan *reporting* dalam bentuk laporan yang akan dijadikan sebagai

kesimpulan. Lalu berdasarkan hasil analisa, pengujian, dan kesimpulan, diberikan rekomendasi kepada Fakultas Rekayasa Industri di gedung Telkom University Landmark Tower (TULT) terkait dengan performansi jaringan 4G LTE.

C. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mempersiapkan perangkat yang akan digunakan. Selanjutnya pelaksanaan pengumpulan data untuk mengetahui nilai RSRP, RSRQ, dan SINR. Berikut adalah tahapan dari pengumpulan data menggunakan *G-Net Tracker Pro* dengan metode *walk test*:

1. Langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan penelitian yaitu mempersiapkan perangkat dan aplikasi *G-Net Tracker Pro* yang telah terinstall di *smartphone*. Lalu memasukkan denah pelaksanaan *walk test* ke dalam aplikasi *G-Net Tracker Pro* serta menjalankan aplikasi screen recorder
2. Langkah kedua melakukan *start log* dan memilih jenis RF yang akan diukur yaitu RSRP, RSRQ, SINR.
3. Langkah ketiga yaitu peneliti melakukan *walk test* dengan menentukan *set point* atau titik pada denah secara manual dengan berjalan pada gedung sesuai dengan denah.
4. Langkah keempat yaitu ketika pengukuran telah selesai dilakukan, menekan tombol *end log* dan hasil dari *walk test* akan tersimpan secara otomatis dengan format .txt pada folder *log file* yang ada di aplikasi *G-Net Tracker Pro*. Hasil record yang telah didapat, dapat digunakan sebagai dokumentasi pelaksanaan *walk test*.

D. Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan sebuah proses *input* dan *output* data agar menjadi sebuah informasi yang sangat dibutuhkan. Peneliti melakukan pengolahan data dengan berpedoman pada tabel KPI yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai tertinggi, nilai terendah dan nilai rata-rata serta melakukan persentase nilai. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui titik terbaik, titik terendah serta kualitas dari performansi jaringan 4G LTE pada objek yang diteliti yaitu Fakultas Rekayasa Industri pada gedung Telkom University Landmark Tower (TULT). Data yang diolah dan dianalisis merupakan data yang diperoleh dari hasil *walk test* pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung Telkom University Landmark Tower (TULT).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran

Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pada Fakultas Rekayasa Industri pada Telkom University Landmark Tower yaitu pada lantai 1, lantai 4, lantai 8, lantai 9, dan lantai 18 dengan rentang waktu 13 Juni 2023 hingga 17 Juni 2023. Pengambilan data dilakukan pada hari yang berbeda dengan rentang waktu yang serupa yaitu pada siang hari. Pemilihan waktu dalam pelaksanaan penelitian dipilih berdasarkan tingkat keramaian pengunjung pada gedung Fakultas Rekayasa Industri. Beberapa pengambilan data pada Fakultas Rekayasa Industri tidak dilaksanakan pada hari yang sama, dikarenakan perlunya pendampingan dari dosen pembimbing terkait, mengingat beberapa lantai Fakultas Rekayasa Industri tidak dapat dikunjungi secara bebas dan perlu perizinan.

B. Analisis Hasil Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan menggunakan aplikasi *G-Net Track Pro* dengan metode *walk test* menghasilkan data berupa *file* dengan format .txt lalu dilakukan analisa dengan bantuan aplikasi *Microsoft Excel*. Adapun parameter data 4G LTE pada Indosat Ooredoo yang digunakan yaitu, RSRP, RSRQ, dan SNR. Berikut merupakan hasil analisis yang telah diolah dalam *microsoft excel* dengan parameter RSRP, RSRQ, dan SNR:

1. Analisa Hasil RSRP

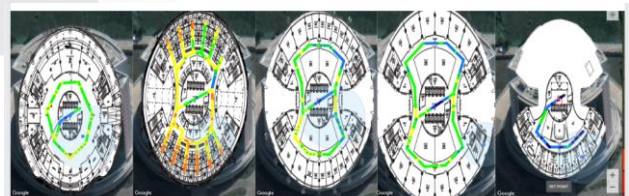
Kualitas sinyal mempengaruhi kenyamanan dalam penggunaan jaringan internet.[5] Analisa kualitas jaringan dilakukan untuk mengetahui seberapa baik/buruk jaringan yang ada pada objek penelitian. Pengukuran RSRP pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali, dengan rentang waktu yang sama dan hari yang berbeda. Berikut merupakan contoh penjelasan dari analisa nilai RSRP pengukuran pada Fakultas Rekayasa Industri di Gedung Telkom University Landmark Tower:

Tabel 4 Hasil pengukuran RSRP

Berdasarkan tabel 4 diatas, pada pengukuran pertama

Hasil Pengukuran RSRP						
Range	Jumlah Titik Koordinat Walk Test					
	Lantai 1	Lantai 4	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 18	
≥ -80	93	626	121	71	0	
-90 to -81	194	124	183	228	15	
-100 to -91	24	37	82	66	50	
-120 to -101	2	0	7	9	39	
< -120	0	0	0	0	2	
Total	313	787	393	374	106	

menyatakan bahwa kualitas sinyal RSRP sangat baik pada lantai 1 hingga 9 dan lantai 18 dinyatakan baik.



Gambar 4 Hasil pengukuran RSRP

2. Analisa Hasil RSRQ

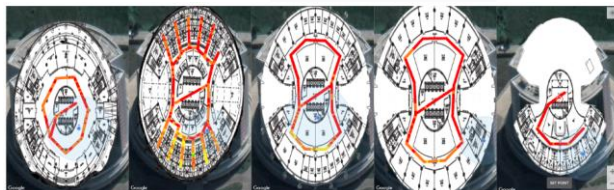
RSRQ digunakan untuk mengukur kualitas sinyal dalam penggunaan frekuensi tertentu. Seberapa baik perangkat menerima sinyal pada saluran tertentu dibandingkan dengan pengganggu yang ada ditunjukkan dengan nilai RSRQ, serta nilai RSRQ yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal

yang lebih baik.[2] Berikut merupakan contoh tabel penjelasan dari analisa RSRQ pada pengukuran Fakultas Rekayasa Industri di Telkom University Landmark Tower (TULT):

TABEL 5
Hasil pengukuran RSRQ

Hasil Pengukuran RSRQ						
Range	Jumlah Titik Koordinat <i>Walk Test</i>					
	Lantai 1	Lantai 4	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 18	
≥ -8	0	10	0	0	0	
-10 to -9	2	81	32	4	0	
-14 to -11	167	356	101	107	5	
-20 to -15	144	340	260	263	101	
< -20	0	0	0	0	0	
Total	313	787	393	374	106	

Berdasarkan tabel 5 diatas, pada pengukuran pertama menyatakan bahwa kualitas sinyal RSRQ buruk pada semua lantai.



GAMBAR 5
Hasil pengukuran RSRQ

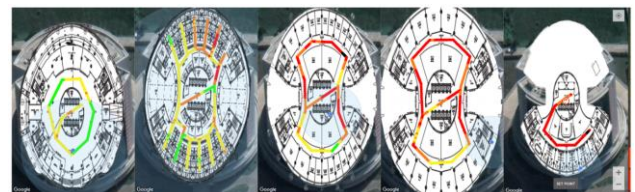
3. Analisa Hasil SNR

Kualitas sinyal ditandai dengan nilai SNR dalam desibel (dB). Nilai SNR yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kekuatan sinyal yang diinginkan jauh lebih besar daripada kekuatan sinyal derau, sehingga sinyal lebih jelas dan akurat. Interferensi atau gangguan pada sinyal bisa terjadi karena beberapa faktor, beberapa faktor diantaranya yaitu letak geografis dan banyaknya pengguna pada suatu *cell*. Pada penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian dengan waktu yang berbeda. Berikut merupakan contoh tabel penjelasan dari analisa SNR pada pengukuran Fakultas Rekayasa Industri di Gedung Telkom University Landmark Tower (TULT):

TABEL 6
Hasil pengukuran SNR

Hasil Pengukuran SNR pada Pengukuran Pertama						
Range	Jumlah Titik Koordinat <i>Walk Test</i>					
	Lantai 1	Lantai 4	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 18	
> 15	0	0	0	0	0	
15 to 0	299	536	92	91	0	
-1 to -4	14	115	81	90	15	
-5 to -11	0	136	176	193	91	
< -11	0	0	8	0	0	
Total	313	787	393	374	106	

Pada tabel 6 di atas menunjukkan pada lantai 1 dan 4 memiliki kualitas yang sangat baik, pada lantai 8 dan 9 buruk dan lantai 18 sangat buruk.



GAMBAR 6
Hasil pengukuran SNR

V. KESIMPULAN

Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak tiga kali pada waktu yang sama dan di hari yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari pengukuran jaringan 4G LTE di Fakultas Rekayasa Industri pada gedung TULT diperoleh dari aplikasi *G-Net Track Pro* dengan menggunakan metode *walk test* berupa kekuatan RSRP, RSRQ, dan SNR. Berdasarkan hasil yang diperoleh saat pengukuran pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung TULT, kekuatan RSRP pada lantai 1 hingga lantai 9 dinyatakan sangat baik, dan lantai 18 buruk. Kekuatan RSRQ pada semua lantai yang diuji dinyatakan sangat buruk dan kekuatan SNR pada lantai 1 dan lantai 4 sangat baik, lantai 8 dan 9 buruk, serta lantai 18 sangat buruk.

Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak tiga kali pada waktu yang sama dan di hari yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari pengukuran jaringan 4G LTE di Fakultas Rekayasa Industri pada gedung TULT diperoleh dari aplikasi *G-Net Track Pro* dengan menggunakan metode *walk test* berupa kekuatan RSRP, RSRQ, dan SNR. Berdasarkan hasil yang diperoleh saat pengukuran pada Fakultas Rekayasa Industri di gedung TULT, kekuatan RSRP ≥ -90 pada lantai 1 yaitu 91,69%,

lantai 4 95,29%, lantai 8 95,29%, lantai 9 79,94%, dan lantai 18 14,15%.

VI. REFERENSI

- [1] Y. Rahmaddian, "Analisis Performansi Jaringan 4G LTE di Gedung ITL FT UNP Kampus Air Tawar Barat," vol. 7, no. 4, 2019.
- [2] F. Farida and A. H. Yunianto, "Analisis Performansi Jaringan 4G Operator Telkomsel di Kota Tanjungpinang menggunakan Metode Drive Test," *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.31629/sustainable.v9i1.835.
- [3] Jalaluddin, F. Imansyah, and P. W. F. Trias, "Analisis Performansi Jaringan dan Kualitas Sinyal 4G LTE Telkomsel di Area Fakultas Teknik Untan Pontianak," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/42007/75676586702>
- [4] W. E. Setyawan, F. Imansyah, J. Marpaung, R. Ratiandi, and R. S. Yacoub, "Analisis Performansi Jaringan 4G Lte Operator Hutchison 3 Di Rumah Sakit Umum Universitas Tanjungpura Pontianak," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. vol1 no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/44497>
- [5] R. Nihayah, "Analisa Kualitas Jaringan 4G Lte Untuk Provider - Provider Di Surakarta Berdasarkan Parameter Drive Test Menggunakan Software Genex Probe 5.1," *Univ. Semarang*, 2020.