

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Suliswaningsih, Adam Prayogo Kuncoro dan Geza Andika Basten yang berjudul “Perancangan Aplikasi Pendataan Pada Pos Pendakian Jalur Gunung Slamet Berbasis *Mobile Android*” pada tahun 2019, membahas mengenai aplikasi Android yang dapat memudahkan dalam pendataan serta *monitoring* data para pendaki Gunung Slamet di Jalur Bambang, Kabupaten Purbalingga. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem aplikasi untuk para pendaki Gunung Slamet berbasis *Mobile Android* dimana sistem yang dirancang berupa aplikasi berbasis penyimpanan data pada *server cloud* dan menggunakan MySQL sebagai *database*. Aplikasi yang dirancang dapat menyematkan fasilitas untuk mengupload foto serta syarat administratif wajib sebagai data pendukung bagi para pendaki [5]. Hasil penelitian Suliswaningsih, Adam Prayogo Kuncoro dan Geza Andika Basten pada tahun 2019 memberikan inovasi baru kepada penulis untuk mengembangkan penelitian tersebut. Ide pengembangan penelitian ini untuk melakukan *monitoring* lokasi para pendaki saat melakukan pendakian di Gunung Slamet.

Penelitian yang dilakukan oleh Adnan, Muhammad Rizal dan Amil Ahmad Ilham yang berjudul “*Performance of LoRa Gateway based Energy Consumption and Different Frame Sizes*” pada tahun 2018, membahas mengenai kinerja LoRa *gateway* yang dapat mengumpulkan data sensor sebelum dikirim ke *server cloud*. Pada penelitian ini, perangkat LoRa disematkan pada titik-titik kawasan hutan agar dapat mengirimkan data sensor saat terdeteksi kebakaran hutan sehingga data sensor tersebut akan dikirimkan ke LoRa *gateway* agar diteruskan ke internet. LoRa *gateway* memiliki peran penting dalam meneruskan data dari protokol jaringan LoRa ke internet. Data sensor yang akan diteruskan ke *server cloud* memiliki ukuran *frame* yang bervariasi sehingga ditentukan ukuran *frame* yang optimal pada LoRa *gateway* berdasarkan konsumsi energi. Hasil penelitian yang diperoleh menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam konsumsi energi pada ukuran muatan yang diuji di bawah 1500 *bytes* dan ukuran *frame* terbaik pada

penelitian ini adalah 1363 *bytes* berdasarkan konsumsi energi [6]. Hasil penelitian Adnan, Muhammad Rizal dan Amil Ahmad Ilham pada tahun 2018 memberikan ide kepada penulis dalam melakukan penelitian untuk penentuan lokasi LoRa *gateway* di Jalur Pendakian Gunung Slamet. Penelitian yang penulis lakukan dimulai dengan pengujian *coverage* sinyal LTE di wilayah tersebut dengan memperhatikan parameter RSRP, RSRQ, SINR, *Downlink Throughput* dan *Uplink Throughput* yang diperoleh dari *drive test*. Dari hasil *drive test* ditentukan 3 lokasi kandidat penempatan LoRa *gateway* yang selanjutnya akan dilakukan perbandingan hasil kualitas sinyal LTE di 3 lokasi tersebut sehingga dapat ditentukan lokasi terbaik penempatan LoRa *gateway*.

Penelitian yang dilakukan oleh Adrian I. Petratiu, Alexandru Lavric dan Eugen Coca yang berjudul “LoRaWAN Gateway: Design, Implementation and Testing in Real Environment” pada tahun 2019, membahas mengenai *gateway multi-channel* yang berkinerja tinggi pada teknologi LoRaWAN. Dalam penelitian ini, beberapa LoRaWAN *node* ditempatkan pada jarak yang berbeda dari *gateway*. Hasil pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini memastikan kinerja tingkat tinggi dan jarak komunikasi di pedesaan adalah 2,5 Km dan 1,3 Km di perkotaan dengan *Packet Error Rate* (PER) kurang dari 20%. Dalam memvalidasi kinerja *gateway* digunakan *platform The Thing Network* (TTN) yang memungkinkan untuk melihat semua paket data yang diterima dari setiap *node* yang terhubung dengan *cloud* [7]. Hasil penelitian Adrian I. Petratiu, Alexandru Lavric dan Eugen Coca pada tahun 2019 memberikan inspirasi kepada penulis untuk menggunakan *platform The Thing Network* (TTN) dalam memonitoring data lokasi para Pendaki Gunung Slamet yang dikirim dari LoRa ke LoRa Gateway.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) merupakan protokol teknologi nirkabel berdaya rendah yang menggunakan spektrum radio dengan pita frekuensi 433 MHz, 868 MHz dan 915 MHz. Adapun regulasi frekuensi yang digunakan menurut Peraturan Direktur Jendral Sumber Daya dan Perangkat Pos Indonesia No. 3 Tahun 2019 dimana frekuensi perangkat LPWA *non seluler* berada pada rentang frekuensi 920 – 923

MHz [8]. LoRa memiliki suatu format modulasi yang diakuisisi oleh *Semtech* dengan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) dengan *opsi* untuk menambah *Spreading Factor* (SF) dan *Bandwidth* yang berbeda dalam mengoptimalkan modulasi untuk memenuhi kisaran dan persyaratan data sehingga dapat menjangkau area yang luas [9].

Modulasi yang dihasilkan pada LoRa menggunakan modulasi FM. Dengan proses modulasi ini, suatu informasi yang berfrekuensi rendah bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa. LoRa merupakan proses perubahan suatu gelombang periodik tertentu sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa informasi. Perubahan gelombang pada LoRa berlangsung secara teratur dan berulang-ulang sehingga mempunyai sumber berupa gangguan yang bertahap serta berupa getaran. Proses perubahan suatu gelombang periodik disebut modulasi [10].

LoRa adalah turunan dari *Chirp Spread Spectrum* (CSS) dengan *Forward Error Correction* (FEC). Pada umumnya, LoRa dapat memberikan jangkauan sinyal yang luas dibandingkan dengan jaringan seluler. Selain itu, LoRa menggunakan daya yang rendah dan perpindahan data yang terjamin keamanannya. LoRa digunakan dalam komunikasi M2M (*Machine to Machine*), contohnya untuk mengembangkan *Smart City*. Dengan LoRa, sensor-sensor akan mudah dihubungkan dengan manusia atau mesin dimana saja [11].

Transmisi pada LoRa menggunakan pita lebar untuk mengatasi gangguan dan menangani keseimbangan frekuensi yang disebabkan oleh *low cost crystals*. Penerima LoRa dapat mengkodekan transmisi sebesar 19,5 dB dibawah lantai kebisingan sehingga memungkinkan jarak komunikasi yang sangat Panjang. Sifat-sifat utama LoRa ialah jarak jauh, ketahanan tinggi, resistansi *multipath*, resistansi *doppler* dan daya rendah [12].

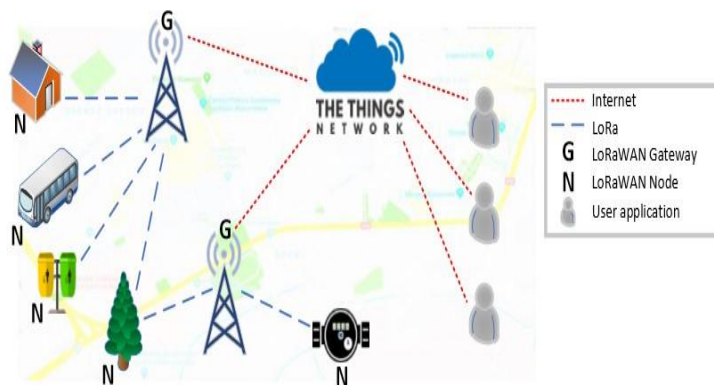
2.2.2 Low Power Wide Area (LPWA)

Low Power Wide Area (LPWA) adalah tipe *wireless telecommunication wide area network* yang di rancang untuk dapat melakukan komunikasi jarak jauh dengan *bit rate* yang rendah dibandingkan jaringan lainnya. Tipe jaringan LPWA di peruntukan untuk penggunaan daya rendah seperti sensor yang dioperasikan pada baterai. Daya rendah, *bit rate* rendah dan penggunaannya yang membedakan

jaringan LPWA dari *wireless wide area network* (WAN) yang digunakan untuk keperluan menghubungkan pengguna atau keperluan komersil dan menggunakan lebih banyak data serta menggunakan lebih banyak daya. Data *rate* LPWAN berkisar dari 0,3 kbit/s hingga 50 kbit/s per *channel* [13].

LPWA muncul pada tahun 2013 sebagai teknologi nirkabel yang cocok untuk kebutuhan spesifikasi M2M dan perangkat IoT. Teknologi LPWA memungkinkan perangkat IoT untuk beroperasi dengan optimal hingga 10 tahun dengan pengisian baterai hanya satu kali. Durasi tersebut sangat ideal untuk solusi dengan mobilitas terbatas yang tidak memiliki sumber daya yang dapat diandalkan untuk mengisi ulang. Teknologi LPWA mendukung transfer data dalam paket data kecil mulai dari 10 – 1000 *byte*. Hal ini memungkinkan peningkatan efisiensi dan kecepatan optimal mulai 3 *Kbps* – 375 *Kbps* [14].

LPWA tidak merujuk pada satu teknologi tertentu, melainkan berfungsi untuk jaringan yang dirancang untuk berkomunikasi secara nirkabel dengan daya yang lebih rendah daripada jaringan lain seperti seluler, satelit, atau WiFi. Selain itu, LPWA berkomunikasi dengan jarak yang lebih besar daripada jaringan berdaya rendah lainnya dengan menggunakan *Bluetooth*. LPWA mirip dengan istilah *Local Area Network* (LAN) atau *Metropolitan Area Network* (MAN) karena tidak memiliki definisi resmi dan spesifikasi. *Bandwidth* yang sangat terbatas dari jaringan LPWA tidak cocok untuk sebagian besar aplikasi konsumen dan komersial seperti *video*, *audio* atau bahkan pesan teks. Dengan demikian, jaringan LPWA digunakan hampir secara eksklusif oleh perangkat di *Internet of Things* (IoT) dan komunikasi *Machine to Machine* (M2M) [15].

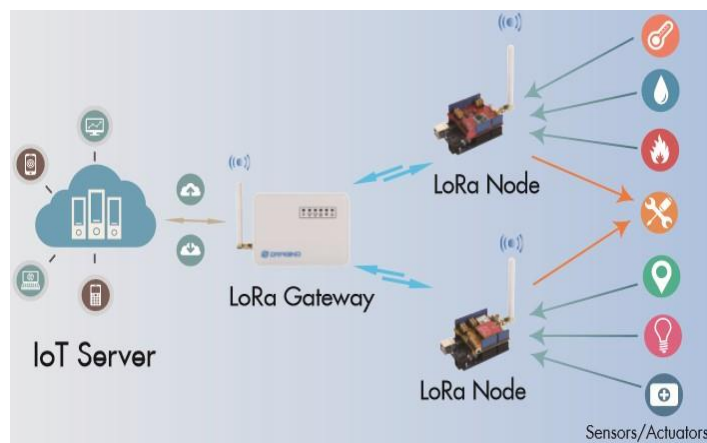


Gambar 2.1 Arsitektur Dasar LoRaWAN [7]

2.2.3 LoRa Gateway

LoRa *gateway* adalah perangkat yang dapat menerima sinyal dari kanal LoRa *wireless*, jika ada paket baru yang datang maka LoRa *Gateway* akan menterjemahkannya dan mengirimkan ke *server* IoT. *Gateway* merupakan pusat lalu lintas data untuk menghubungkan antara dua jaringan yang berbeda. LoRa *gateway* memiliki jangkauan konektivitas yang jauh dengan menggunakan energi yang kecil, tetapi perangkat LoRa hanya dapat berkomunikasi dengan perangkat yang menggunakan protokol LoRa yang sama. Agar perangkat LoRa dapat berkomunikasi dengan protokol komunikasi yang berbeda, maka diperlukan *Gateway* yang berfungsi sebagai jembatan antar perangkat yang memiliki protokol jaringan berbeda [6].

LoRa *gateway* menggunakan jaringan *bandwidth* tinggi seperti WiFi, *ethernet*, atau seluler untuk terhubung ke *platform* IoT karena lalu lintas besar yang dapat dikumpulkan dari *node* yang terhubung. *Gateway* dapat berkomunikasi dengan ratusan atau ribuan *node*. Jika lebih banyak *gateway* pada area cakupan *node*, maka semua *gateway* akan menerima pesan dan meneruskannya ke *platform* IoT. Dengan demikian, dengan menggunakan algoritma khusus maka *platform* IoT akan memfilter pesan yang digandakan atau tidak diinginkan dan akan memilih *gateway* terbaik untuk meneruskan pesan yang antri untuk *downlink* [7].



Gambar 2.2 Struktur Jaringan LoRa *gateway* [16]

2.2.4 LoRa Gateway Tipe LG02-N

LG02-N adalah LoRa *gateway open source* dengan *dual channel* yang memungkinkan untuk menjembatani jaringan nirkabel LoRa ke jaringan IP melalui WiFi, *Ethernet*, jaringan seluler 3G atau 4G. Nirkabel LoRa memungkinkan pengguna untuk mengirim data dan menjangkau jarak yang sangat jauh dengan kecepatan data yang rendah. Selain itu, LG02-N juga menyediakan komunikasi spektrum penyebaran jarak jauh dan kekebalan interferensi tinggi. LG02-N memiliki metode koneksi internet seperti *interface* WiFi, *port Ethernet* dan *port host* USB. *Interface* tersebut memberikan metode yang fleksibel bagi *user* untuk menghubungkan jaringan sensor ke internet.

Tabel 2.1 Spesifikasi LG02-N [17]

Interface	LoRa Spec
10M/100M RJ45 Ports x 2	<i>Frequency Range:</i> 1. Band 1 (HF): 862 ~ 1020 Mhz 2. Band 2 (LF): 410 ~ 528 Mhz
WiFi: 802.11 b/g/n	
LoRa <i>Wireless</i>	
<i>Power Input:</i> 12V DC	

Tabel 2.1 menjelaskan spesifikasi penggunaan LoRa *gateway* pada gambar 2.3. Perangkat *gateway* LG02-N dapat mendukung protokol LoRaWAN dalam frekuensi tunggal dan protokol transisi LoRa yang disesuaikan. LG02-N dapat digunakan untuk memberikan solusi nirkabel IoT berbiaya rendah untuk mendukung 50 – 300 *node* Sensor. LG02-N memberikan biaya rendah untuk koneksi jaringan IoT sehingga LG02-N sangat cocok untuk menyiapkan jaringan LoRa skala kecil atau menggunakannya untuk memperluas jangkauan jaringan LoRaWAN saat ini [17].



Gambar 2.3 Dragino LoRa Gateway LG02-N [18]

2.2.5 Teknologi Seluler

Teknologi seluler adalah teknologi informasi dan telekomunikasi yang pertumbuhannya sangat pesat. Perkembangan teknologi seluler membuka kemungkinan untuk berkomunikasi dengan lebih baik dan mudah. Selain menawarkan kecepatan, perkembangan ini juga dinilai lebih dinamis dan cocok untuk mendukung segala aktivitas di zaman ini. Masing-masing generasi mulai dari 1G hingga 4G memiliki standar jaringan tertentu yang disesuaikan dengan standar jaringan telepon dan sistem telepon seluler pada saat itu.

2.2.5.1 Generasi Pertama (1G)

Teknologi generasi pertama ditemukan pada tahun 1980 saat *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS) bekerjasama dengan *Nordic Mobile Telephony* (NMT) dan TACS. 1G merupakan teknologi yang menggunakan sistem analog dan teknik komunikasi *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) yang memungkinkan untuk membagi alokasi frekuensi masing-masing pelanggan di suatu sel sehingga setiap pelanggan saat melakukan pembicaraan memiliki frekuensi sendiri.

Teknologi 1G tidak dapat melayani komunikasi data dalam kecepatan tinggi dan hanya dapat melayani komunikasi suara. Selain itu, jumlah pelanggan yang dapat ditampung dalam satu sel sedikit dan satu pelanggan menggunakan satu buah kanal frekuensi sehingga penggunaan spektrum frekuensi banyak. Adapun yang termasuk teknologi 1G yaitu *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS), *Nordic Mobile Telephony* (NMT), TACS, DataTAC, HICAP, Mobitex, C 450, C-Netz [19].

2.2.5.2 Generasi Kedua (2G)

Teknologi generasi kedua merupakan teknologi yang sudah menggunakan sistem digital dan teknik komunikasi *Code Division Multiple Access* (CDMA). 2G dikembangkan karena tuntutan pasar dan kebutuhan akan kualitas yang semakin baik. Selain digunakan untuk melakukan komunikasi suara, teknologi 2G juga dapat melakukan *Short Message Service* (SMS) yang merupakan layanan dua arah untuk mengirim pesan pendek sebanyak 160 karakter. Selain itu, 2G juga dapat melakukan transfer data dengan kecepatan maksimal 9600 *bps*.

Dibanding teknologi 1G, 2G memiliki layanan suara yang lebih jernih karena berbasis digital dimana sebelum sinyal suara analog dikirimkan diubah menjadi sinyal suara digital terlebih dahulu. Hal tersebut memungkinkan untuk memperbaiki sinyal suara akibat gangguan interferensi atau *noise* dari frekuensi yang lain. Perbaikan sinyal dilakukan pada penerima dan akan dikembalikan dalam bentuk analog sehingga efisiensi frekuensi dan spektrum menjadi meningkat [20].

2.2.5.3 Generasi Ketiga (3G)

Teknologi generasi ketiga dikembangkan oleh suatu kelompok yang diakui dan merupakan kumpulan para ahli dan pelaku bisnis yang berkompeten dalam bidang teknologi *wireless* di dunia. Teknologi generasi ketiga merupakan teknologi komunikasi yang berevolusi dan berkembang karena tuntutan teknologi komunikasi. Hal tersebut disebabkan karena teknologi telekomunikasi memerlukan pertukaran data yang besar, cepat dan dapat digunakan *mobile* dimana saja.

International Telecommunication Union (ITU) mendefinisikan 3G sebagai teknologi yang dapat unjuk kerja sebagai berikut:

- 1) Memiliki kecepatan transfer data sebesar 2 *Mbps* pada *user* yang diam.
- 2) Memiliki kecepatan transfer data sebesar 384 *Kbps* pada kecepatan berjalan kaki.
- 3) Memiliki kecepatan transfer data sebesar 144 *Kbps* pada kecepatan *user* 100 km/jam.

Dari persyaratan diatas terhitung ada 5 teknologi 3G yaitu WCDMA, CDMA2000, TD-SCDMA, UWC-138 dan DECT+. Akan tetapi, berdasarkan kesepakatan 3G dalam *International Mobile Telecommunication 2000 (IMT 2000)* memutuskan bahwa standar 3G bercabang menjadi 3 sistem yang akan diberlakukan di dunia, yaitu *Wideband-CDMA (WCDMA)* yang didukung oleh *Europea Telecommunication Standards Institute (ETSI)*, CDMA200 yang didukung oleh komunitas CDMA Amerika Utara dan TD-SCDMA yang didukung oleh China.

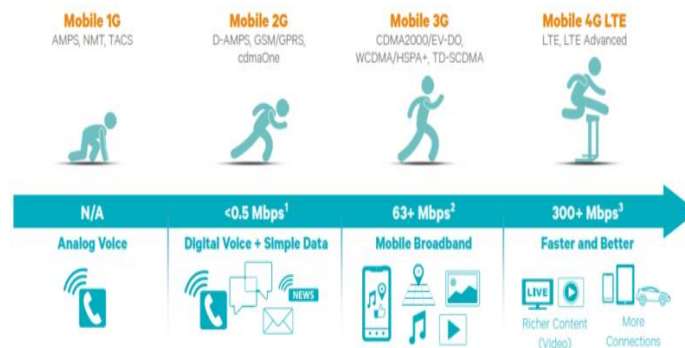
Frekuensi yang digunakan oleh teknologi 3G yaitu frekuensi penerimaan (*downlink*) 1920 – 1980 MHz dan frekuensi pengiriman (*uplink*) 2110 – 2170 MHz. Teknologi 3G memiliki kecepatan transfer data cepat yaitu 144 *Kbps* – 2 *Mbps*

sehingga dapat memungkinkan untuk melayani layanan *broadband* seperti internet. Selain itu, teknologi 3G mampu melayani *video streaming* dan *conference* [21].

2.2.5.4 Generasi Keempat (4G)

Teknologi generasi keempat merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya. Teknologi 4G adalah jaringan pita lebar yang memberikan layanan sangat cepat untuk melakukan proses akses data. Teknologi 4G menyediakan solusi IP yang telah terintegrasi dimana data, suara dan arus multimedia dapat sampai kapan saja dan dimana saja *user* berada [22]. Selain memiliki kecepatan transfer data, 4G juga memberikan *coverage* dan kepastian layanan yang lebih besar, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya, mendukung penggunaan *multiple* antenna, dapat mengurangi biaya dan operasional, serta dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.

Pada sisi air interface LTE menggunakan teknologi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) pada sisi *uplink* dan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) pada sisi *downlink*. Sedangkan pada sisi *antenna* LTE mendukung penggunaan *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) *antenna*. *Bandwidth* LTE adalah dari 1,4 MHz sampai 20 MHz operator jaringan dapat memilih *bandwidth* yang berbeda dan memberikan layanan yang berbeda berdasarkan spektrum [23].



Gambar 2.4 Teknologi Seluler 1G s/d 4G [24]

2.2.6 *Software Atoll*

Software Atoll merupakan model dan optimasi program multi teknologi jaringan yang berskala dan fleksibel serta mendukung keseluruhan jaringan *wireless* operator dari model awal untuk proses perancangan dan optimasi. Selain itu, *software Atoll* juga merupakan sistem informasi terbuka yang mudah terhubung dengan aplikasi IT yang lain dan meningkatkan produktivitas. *Atoll* di desain untuk bekerja di berbagai kondisi dari perorangan hingga perusahaan besar yang didasarkan oleh konfigurasi menggunakan komputer. *Atoll* mendukung GSM / GPRS / EDGE, UMTS / HSPA, LTE, CDMA20001xRTT/EV-DO, TD SCDMA, WiMAX dan *Link Microwave* [25].

2.2.7 *Drive Test*

Drive test adalah salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. *Drive test* merupakan kegiatan pengambilan data (*collecting*) pada sebuah jaringan yang menggunakan *hardware* dan *software* tertentu. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai jaringan secara real di lapangan. Informasi yang dikumpulkan adalah kondisi aktual *Radio Frequency* (RF) pada suatu eNodeB [26]. Adapun mayoritas parameter yang digunakan dalam *drive test* pada teknologi 4G LTE adalah sebagai berikut [27]:

2.2.7.1 *Parameter Reference Signal Received Power (RSRP)*

Parameter RSRP merupakan parameter kuat sinyal dari jaringan LTE yang diterima oleh *User Equipment* (UE). Parameter RSRP berfungsi dalam menentukan titik – titik saat terjadi *handover* dan untuk mengetahui luas jangkauan dari sektor *antenna* pada suatu eNodeB. Range parameter RSRP dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.2 Range Parameter RSRP [28]

Warna	Nilai RSRP (dBm)	Kategori
Blue	≥ -75	<i>Excellent</i>
Green	< -75 s/d ≥ -92	<i>Very Good</i>
Yellow	< -92 s/d ≥ -105	<i>Good</i>
Brown	< -105 s/d ≥ -115	<i>Fair</i>
Black	< -115	<i>Poor</i>

2.2.7.2 Parameter *Reference Signal Recived Quality* (RSRQ)

Parameter RSRQ merupakan parameter untuk mengetahui kualitas sinyal yang membantu parameter RSRP ketika terjadi *handover*. Parameter RSRQ juga didefinisikan sebagai rasio antara jumlah *resource block* terhadap rata – rata daya linier yang diterima oleh *user* termasuk dari interferensi, *-serving cell* dan *noise*. Range untuk parameter RSRQ dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Range Parameter RSRQ [28]

Warna	Nilai RSRQ (dB)	Keterangan
Merah	≥ -5	<i>Excellent</i>
Jingga	$< -5 \text{ s/d } \geq -10$	<i>Very Good</i>
Kuning	$< -10 \text{ s/d } \geq -15$	<i>Good</i>
Hijau	$< -15 \text{ s/d } \geq -20$	<i>Fair</i>
Biru	< -20	<i>Poor</i>

2.2.7.3 Parameter *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR)

Parameter SINR merupakan parameter untuk mengetahui kualitas sinyal yang diterima berupa daya *noise* dan daya interferensi dimana mempengaruhi pengiriman dan penerimaan data yang dilakukan oleh *user*. Range untuk parameter SINR dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Range Parameter SINR [28]

Warna	Nilai SINR (dB)	Keterangan
Merah	≥ 20	<i>Excellent</i>
Jingga	$\geq 10 \text{ s/d } < 20$	<i>Good</i>
Kuning	$\geq 0 \text{ s/d } < 10$	<i>Fair</i>
Biru	< 0	<i>Poor</i>

2.2.7.4 Parameter *Throughput*

Parameter *Throughput* merupakan *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam melakukan pengukuran menggunakan rute internet yang spesifik saat sedang mendownload suatu *file*. *Throughput* jaringan

merupakan tingkat rata – rata keberhasilan pengiriman data melalui saluran komunikasi. Range untuk parameter *Throughput* dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.5 Range Parameter *Throughput* [28]

Warna	Nilai <i>Throughput</i> (bps)	Keterangan
	≥ 20000000	<i>Excellent</i>
	≥ 10000000 s/d < 20000000	<i>Very Good</i>
	≥ 3000000 s/d < 10000000	<i>Good</i>
	≥ 1000000 s/d < 3000000	<i>Fair</i>
	< 1000000	<i>Poor</i>

2.2.8 *Nemo Handy*

Nemo Handy adalah *software drive test* yang sangat cocok dalam melakukan pengukuran baik diluar maupun didalam ruangan. *Nemo Handy* merupakan solusi berbasis *Android* untuk mengukur dan memantau *air interface* jaringan nirkabel dan kualitas layanan aplikasi seluler. Dalam melakukan *drive test*, *nemo handy* mampu *monitoring* teknologi jaringan seperti 5G NR, CDMA, WCDMA, EVDO, GSM, LTE / LTE-A, HSDPA HSUPA, HSPA+, *wireless network* dan *mobile application Quality of Service* dan *Quality of Experience*.

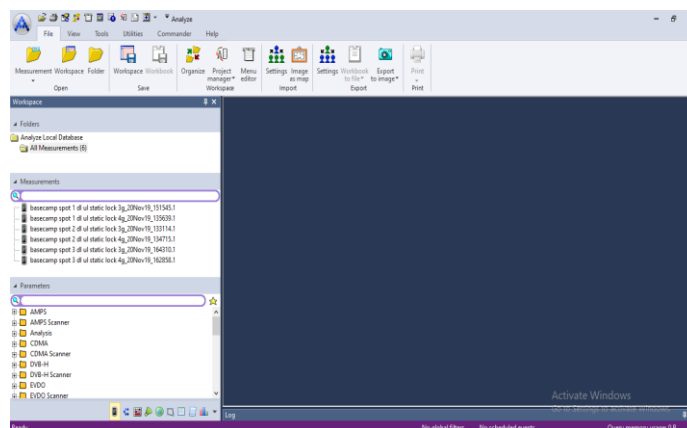
Nemo Handy telah menetapkan standar untuk perangkat pengukuran jaringan genggang sejak tahun 2005 dan terus berlanjut hingga saat ini. *Nemo Handy* adalah telepon biasa dan alat ukur dalam satu perangkat. Selain itu, *Nemo Handy* dapat mencatat dan menampilkan koordinat geografis menggunakan penerima GPS internal seluler. Semua parameter jaringan yang didukung oleh *interface* pelacak seluler terminal dan pesan pensinyalan, telah dicatat dan tersedia untuk pemutaran dengan *Nemo Outdoor*, *Nemo Analyze*, *Nemo WindCatcher*, atau alat *third-party post-processing* [29].



Gambar 2.5 Tampilan *Software Nemo Handy* [29]

2.2.9 *Nemo Analyze*

Nemo Analyze adalah alat analisis yang sangat efisien dan dapat diskalakan sepenuhnya untuk perbandingan, pemecahan masalah otomatis dan pelaporan statistik berdasarkan data uji lapangan. *Nemo Analyze* mendukung semua teknologi jaringan 3GPP, termasuk 5G NR, NB-IoT, LTE-M, LTE-A CA, VoLTE / ViLTE, VoWiFi dan mMIMO. Sistem Analisis *Nemo* menggabungkan mesin database yang inovatif, mudah dipasang dan digunakan dengan perawatan rendah yang telah dirancang dan dioptimalkan secara khusus untuk pasca-pemrosesan data uji lapangan berkinerja tinggi. *Nemo Analyze* adalah solusi pasca-pemrosesan terbaik untuk data yang dihasilkan oleh alat *Nemo* [30].



Gambar 2.6 Tampilan *Software Nemo Analyze*