

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian sebelumnya tentang Analisis Perancangan *LTE Home* Pada Jaringan 4G *LTE* Berbasis *Open Radio Access Network* mengusulkan teknologi *LTE Home* berbasis *Open Radio Access Network* (ORAN) sebagai solusi untuk memperbaiki jaringan *LTE*, dengan memasang pemancar *LTE Home* di rumah pelanggan dan terkoneksi langsung ke jaringan inti melalui transmisi pita lebar milik sendiri/sewa. Hasil dari penelitian ini dapat menyelesaikan masalah konektivitas tidak langsung dengan sistem jaringan inti yang terjadi pada *LTE Home* berbasis *modem CPE* dan juga membuka peluang penerapan teknologi seperti *IoT* untuk rumah pintar dan gedung pintar [4].

Pada penelitian lainnya tentang Perancangan Jaringan 4G *Long Term Evolution* (*LTE*) 1800 MHz di Kota Mataram yang mengkaji perancangan jaringan *LTE* pada frekuensi 1800 MHz. Penelitian ini menggunakan metode perencanaan kapasitas (*capacity planning*) dan perencanaan cakupan (*coverage planning*) pada 2 wilayah kota Mataram, yaitu daerah urban dan sub-urban. Penelitian ini menggunakan 2 model propagasi yang disesuaikan dengan kondisi bangunan di setiap wilayahnya, yaitu model propagasi Okumura-Hatta pada daerah *sub-urban* dan model propagasi COST-231 *Walfisch-Ikegami* pada daerah urban. Dari penelitian ini didapatkan hasil *Pathloss* model propagasi COST-231 *Walfisch-Ikegami* lebih besar dari pada *Okumura-Hatta* [5].

Penelitian tentang Penerapan Metode ACP untuk Optimasi *Physical Tuning Antena Sektoral* pada Jaringan 4G *LTE* di Kota Purwokerto dengan optimasi *physical tuning* antena sektoral untuk meningkatkan kualitas jaringan 4G (*LTE*). Optimasi dilakukan dengan merubah tinggi antena, *azimuth* dan *tilting* antena. menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP). Hasil optimasi *physical tuning* antena sektoral menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) diperoleh nilai RSRP berada di atas -100 dBm dan 94,868% parameter CINR berada di atas 0 dB [6].

Selain itu pada penelitian tentang Pengaruh Perubahan *Tilt* Antena Sektoral BTS Secara *Electrical* dan *Mechanical* di yang dilakukan *Site XL 3G Pakuwono* membahas mengenai

unjuk kerja atau performansi sistem seluler baik berbasis sistem CDMA maupun GSM dapat diukur dengan melihat beberapa parameter *Quality of Service (QoS)* seperti *Key Performance Indicator (KPI)*. Dari hasil penelitian salah satu penyebab menurunnya level sinyal dan kualitas sinyal pada suatu area adalah rundukan (*tilting*). Dari penelitian ini diperoleh *Tilting* secara electrical 2° didapatkan hasil sebesar -76 dBm, sedangkan *Tilting* secara *Mechanical* 2° didapatkan hasil sebesar -90 dBm [7].

Kemudian pada penelitian lainnya yang menganalisis Performansi dan Optimalisasi *Coverage* Layanan *LTE* Telkomsel di Denpasar Bali. Dimana pengumpulan data dilakukan dengan *drive test* dengan memperhitungkan parameter RSRP, SINR, dan PDCP *Throughput*. Hasil data yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan parameter KPI teori dan KPI Telkomsel. Nilai performansi *LTE Cluster* Denpasar Barat sebelum optimalisasi adalah 42,12 % untuk RSRP *Idle Mode*, 41,12 % untuk RSRP *Dedicated Mode*, 98,61 % untuk SINR, 82,3 % untuk *Download Throughput*, dan 59,78 % untuk *Upload Throughput*. Metode optimalisasi yang digunakan adalah mengubah *basic* parameter yaitu mengganti kabel *feeder* pada antena sektoral eNodeB, elektrikal *tilt*, dan penambahan *new site* [8].

Analisis dan Optimasi *Bad Coverage* pada Jaringan 4G *LTE* 1800 Mhz dilakukan di daerah pengamatan Tanjakan Mauk Tangerang Selatan. Pengukuran kualitas jaringan *LTE* dilakukan menggunakan metode *drive test* menggunakan *software* GENEX Probe dan disimulasikan menggunakan Atoll. Area yang ditinjau pada penelitian ini yaitu di kawasan Tanjakan Mauk. Dari hasil penelitian ini performansi pada kondisi eksisting mengalami peningkatan setelah dilakukan proses optimasi. Nilai RSRP meningkat menjadi 92,77% dengan *threshold* di -100 dB nilai RSRQ meningkat menjadi 96,05% dengan *threshold* diatas -15 dB 85% dan nilai SINR meningkat menjadi 94,93% [9].

Penelitian tentang peningkatan kualitas sinyal pada jaringan 4G *LTE* yang berfokus untuk meningkatkan dan mengoptimasi kondisi jaringan 4G operator XL Axiata dilakukan di area kampus Universitas Jendral Achmad Yani. Dalam penelitian ini menggunakan metode *antenna physical tuning* dengan parameter yang dianalisis ialah RSRP. Sampel data didapatkan secara aktual melalui *drive test*. Dari hasil yang didapatkan diketahui bahwa kondisi *coverage* di area kampus memiliki level RSRP di atas -95 dBm dan tergolong buruk sehingga perlu dilakukan optimasi. Dari hasil optimasi dengan teknik *physical tuning* dari *site* yang telah ditentukan, didapatkan peningkatan kondisi jaringan yang jauh lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Nilai RSRP yang kurang dari -100 dBm meningkat dari 56.69% menjadi 81.46% dari total *coverage* dan SINR yang bernilai lebih dari 0 dB turut mengalami peningkatan dari 68.17% menjadi 80.71% dari total *coverage* [10].

Pada penelitian lainnya tentang perancangan jaringan *indoor* 4G LTE TDD 2300 MHz menggunakan *Radiowave Propagation Simulator* di gedung kampus ST3 Telkom Purwokerto lantai 1 dan 2 berdasarkan model propagasi COST 231-*Multiwall Indoor*. Parameter yang dibutuhkan untuk perancangan jaringan selular *indoor* ini ialah luas gedung, jenis material gedung dan jumlah user untuk mengetahui jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan agar semua ruangan dapat mendapatkan sinyal yang bagus. Dari hasil perhitungan *coverage*, dengan total luas area yang direncanakan 1482 m² dibutuhkan 10 FAP. Perancangan menggunakan 3 skenario, skenario terbaik adalah skenario 2 (FAP diletakkan di tengah-tengah setiap ruangan) menghasilkan *level* daya sinyal yaitu -63.91 dBm dan *Signal to Interference Ratio* (SIR) sebesar 3.00 dB [11].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Teknologi LTE

LTE (*Long Term Evolution*) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). *LTE* merupakan pengembangan dari teknologi UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) dan HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) yang mana *LTE* disebut sebagai generasi ke-4. Dalam memberikan kecepatan, jaringan *LTE* memiliki kemampuan transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain memiliki kecepatan *transfer* data, *LTE* juga dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada. *LTE* mempunyai kecepatan akses datanya mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *Uplink*. sebagai perbandingan kecepatan data pada WCDMA Release 7 adalah 28 Mbps di *downlink* dan 11 Mbps di *uplink*. sejak saat itu teknologi 4G *LTE* secara luas digunakan oleh berbagai negara di dunia, termasuk indonesia [12].

LTE merupakan standar teknologi *mobile broadband* berbasis *all IP* yang dikeluarkan oleh 3GPP. *LTE* didesain sebagai teknologi 4G yang menyediakan *multi megabit bandwidth*, penggunaan jaringan radio secara efisien, pengurangan *latency* serta meningkatkan mobilitas dan kapasitas. Hal ini karena teknologi *LTE* mampu diimplementasikan secara bersama-sama dengan teknologi 2G/3G *existing*, sehingga pengoperasiannya menjadi *low cost*. Berbagai

kelebihan tersebut bertujuan untuk meningkatkan interaksi pengguna jasa telekomunikasi ke jaringan, yang pada akhirnya memenuhi layanan *wireless broadband* (WBB) atau *mobile broadband* (MBB), seperti *internet broadband*, *online TV*, *social network* dan *interactive gaming* [13].

Standarisasi *LTE* ditetapkan oleh 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) yang dapat menyediakan kecepatan *transfer* data 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink*. 3GPP adalah sebuah badan standarisasi yang menangani komunikasi *wireless* berbasis jaringan untuk pengembangan sistem komunikasi bergerak. *LTE* dikembangkan untuk memberikan kecepatan *data rate* yang lebih tinggi, *latency* yang lebih rendah, kapasitas yang lebih luas dan teknologi paket radio yang lebih optimal [14].

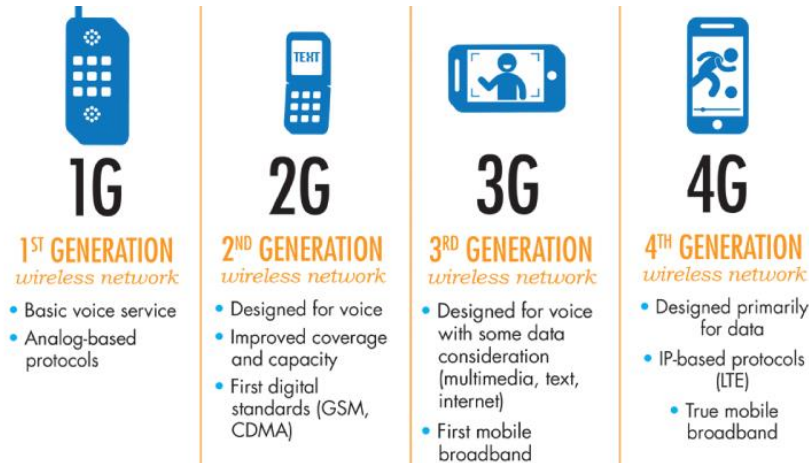
LTE merupakan evolusi dari jaringan seluler yang dipersiapkan untuk teknologi 4G. Keuntungan utama dengan *LTE* adalah *throughput* yang tinggi, *latency* yang rendah, FDD dan TDD pada platform yang sama, peningkatan pengalaman pelanggan dan arsitektur sederhana yang mengakibatkan biaya operasional yang rendah. *LTE* juga akan mendukung sel dengan teknologi jaringan yang lebih lama seperti GSM, CDMAOne, WCDMA (UMTS), dan CDMA 2000. Banyak fasilitas yang didapat sehingga perlu untuk upgrade 3G UMTS ke teknologi komunikasi *mobile* 4G, yang pada dasarnya adalah sebuah sistem *mobile broadband* dengan peningkatan layanan multimedia [15].

Tabel 2. 1 *LTE Requirements* [16]

<i>Technical Items</i>	<i>LTE Advance, IMT-Requirement</i>
<i>Downlink Peak Data Rate</i>	<i>1 GBPS (low mobility 15 km/hr)</i>
<i>Uplink Peak Data Rate</i>	<i>500 Mbps (low mobility 15 km/hr)</i>
<i>Bandwidth</i>	<i>Scalable up to 100 MHz</i>
<i>User Plan Latency</i>	<i>10 ms</i>
<i>Control Plan Latency</i>	<i>50 to 100 ms</i>
<i>Access Scheme</i>	<i>OFDMA</i>

Berdasarkan Tabel 2.1 telah dijelaskan bahwa jaringan *LTE Advance* mempunyai *downlink peak data rate* hingga 1 Gbps untuk *low mobility* dengan kecepatan 15 km per jam. Sedangkan untuk *uplink peak data rate* sebesar 500 Mbps untuk *low mobility* dengan kecepatan 15 km per jam. *Bandwidth* pada teknologi *LTE Advance* dapat diskalakan hingga 100 MHz. Besar *user plan latency* sebesar 10 ms sedangkan *control plan latency* sebesar 50 hingga 100 ms. Teknik *multiple access* yang digunakan ialah *Orthogonal Frequency Division*

Multiple Access (OFDMA) yang merupakan teknik modulasi untuk komunikasi *wireless broadband* dimasa yang akan datang karena tahan melawan frekuensi *selective fading* dan interferensi *narrowband* dan efisien menghadapi *multi-path delay spread*.



Gambar 2. 1 Perkembangan Teknologi Seluler [17]

Gambar 2.1 menjelaskan tentang perkembangan teknologi seluler. Dimulai dari *first generation* (1G) yang mana dikenal dengan *Advanced Mobile Phone System* (AMPS) dengan teknologi *analog*. Lalu 2G dengan teknologi yang masih *analog* atau dikenal dengan *Global System for Mobile Communications* (GSM) berbasis teknologi *Time Division Multiple Access* (TDMA). Kemudian 3G menggunakan standar *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS). Teknologi ini sanggup menghantarkan kecepatan data yang lebih cepat dari generasi sebelumnya dengan kecepatan mencapai 2 Mbps. Dan kini 4G hadir menggunakan standar *Long Term Evolution* (LTE) berbasis teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dengan kecepatan layanan yang jauh lebih tinggi dari generasi sebelumnya.

2.2.2 Arsitektur LTE

Arsitektur Jaringan *LTE* dalam suatu konfigurasi jaringan telekomunikasi bergerak dalam hal ini *LTE* diperkenalkan suatu jaringan yang baru yang diberi nama *Evolved Packet System* (EPS). EPS terdiri dari jaringan akses yang pada *LTE* disebut dengan *Evolved UMTS Terrestrial Access Network* (E-ULTRAN) dan jaringan inti yang pada *LTE* disebut *System Architecture Evolution* (SAE). SAE merupakan istilah yang menggambarkan evolusi jaringan *core* menuju *Evolved Packet Core* (EPC) [11].

Dalam teknologi 4G terdapat 3 komponen utama yang perlu diketahui, antara lain ialah.

a) *Radio Access Network*

Terdiri dari sebuah *Base Station* yang berbasis IP. *Base Station* tersebut berfungsi sebagai digital/*Base Band Unit* dan radio/*RF Unit*. Contoh komponen utama yang masuk kedalam *Radio Access Network* antara lain *E- NodeB*

b) *Core Network*

Sebuah *Core Network* terdiri dari *Gateway dan signaling* paket. Komponen utama dari *Core Network* antara lain: S-GW (*Serving Gateway*), P-GW (*Packet Data Network Gateway*), MME (*Mobility Management Element*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*).

c) *Komponen Lain*

Komponen yang bersifat lebih umum, misalnya jaringan *transport* seperti *Ethernet*, IP/MPLS dan optik. Selain *transport* ada juga *service control layer* seperti IMS

Adapun perangkat bagian-bagian yang terdapat dalam arsitektur jaringan *LTE* sebagaimana pada gambar 2.2 adalah sebagai berikut.

a) *UE (User Equipment)*

Perangkat *UE* memiliki kemampuan komunikasi berbasis CS (*Circuit Switch*) dan PC (*Packet Switch*) yang terdiri dari USIM dan TE (*Terminal Equipment*). Pada *UE LTE* memiliki kemampuan penggunaan MIMO *downlink* dimana jumlahnya tergantung dari masing – masing kategori [14].

b) *E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)*

E-UTRAN merupakan pengembangan dari arsitektur jaringan UMTS. Terdapat *eNode B* pada E-UTRAN yang merupakan pengembangan dari *Node B* pada jaringan UMTS. Pada *LTE* masing – masing user dapat dibedakan berdasarkan *resource block*.

c) *MME (Mobile Management Entity)*

MME mempunyai fungsi mengontrol setiap *node* jaringan *LTE*. Ketika *UE* pada kondisi *idle*, MME bertanggung jawab untuk melakukan *tracking* dan *paging*, memilih SGW mana yang akan digunakan *UE* pada saat *initial attach*, serta memilih SGSN tujuan untuk *handover* dengan menggunakan jaringan 2G atau 3G.

d) *SGW (Serving SAE Gateway)*

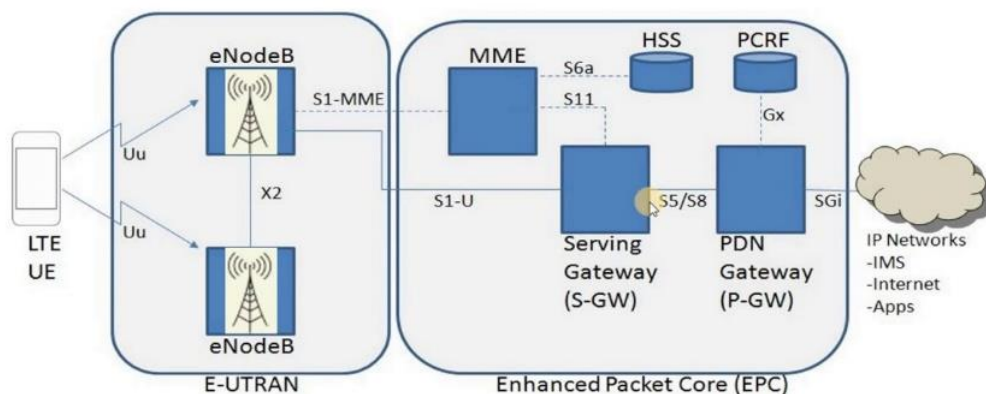
SGW mempunyai fungsi untuk *packet routing* dengan menentukan jalur dan meneruskan data yang berupa *packet* dari masing – masing *user*, sebagai penghubung antara *UE* dan *eNode B* ketika terjadi inter *handover*, dan sebagai *link* penghubung antara jaringan *LTE* dengan jaringan 2G dan 3G.

e) PGW (*Packet Data Network Gateway*)

PGW mempunyai fungsi untuk mengalokasikan *IP Address* untuk *user* dan manajemen QoS. PGW merupakan pusat link yang menghubungkan antara teknologi *LTE* dengan teknologi non-3GPP (WiMAX), dan 3GPP2 (CDMA 2000 1x, CDMA EV-DO dll).

f) PCRF (*Policy Charging and Rules Function*)

PCRF mempunyai fungsi untuk mengontrol *rating* dan *charging* pada perhitungan *billing user*, dan membuat keputusan dalam mengontrol QoS ketika terjadi hubungan.



Gambar 2. 2 Arsitektur Teknologi 4G [4]

2.2.3 Parameter Performansi Radio *LTE*

Ada beberapa parameter optimasi dalam jaringan *LTE*. Beberapa parameter optimasi diantaranya adalah sebagai berikut.

a) *Physical Cell Identity (PCI)*

Merupakan identitas dari setiap *cell/transmitter* yang akan dikirimkan ke setiap pelanggan. PCI pada sebuah site dalam teknologi yang sama biasanya mempunyai angka yang berurutan. *Range PCI* dalam *LTE* berkisar dari 0-503 [11].

b) *Reference Signal Received Power (RSRP)*

Merupakan sinyal *LTE power* yang diterima oleh user dalam frekuensi tertentu. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, Maka semakin kecil pula RSRP yang diterima oleh *user*. RS merupakan *Reference Signal* atau RSRP di tiap titik jangkauan *coverage*. *User* yang berada di luar jangkauan maka tidak akan mendapatkan layanan *LTE*. *Range* nilai RSRP secara umum dibagi menjadi 3 yaitu Bagus, Normal, dan Buruk [4].

Tabel 2. 2 *Range* Nilai RSRP [18]

Range (dBm)	Keterangan
-90 s/d -70	Bagus
-110 s/d -91	Normal
-130 s/d -111	Buruk

c) *Reference Signal Received Quality (RSRQ)*

RSRQ sangat berhubungan dengan RSRP dan RSSI. *Received Signal Strength Indication (RSSI)* adalah ukuran *power bandwidth* termasuk *-serving cell power*, *Noise*, dan *interference power*. RSRQ didefinisikan sebagai rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI. *Range* nilai RSRQ secara umum dibagi menjadi 3 yaitu Bagus, Normal, dan Buruk [4].

Tabel 2. 3 *Range* Nilai RSRQ [18]

Range (dBm)	Keterangan
-15 s/d 0	Bagus
-20 s/d -16	Normal
-30 s/d -21	Buruk

d) *Signal to Interface Noise Ratio (SINR)*

SINR tidak didefinisikan pada standar spesifikasi 3GPP. Parameter SINR justru sering digunakan oleh *provider* atau operator dalam menentukan relasi antara kondisi akses radio frekuensi dengan *throughput* yang diterima oleh *user*. *Range* nilai SINR secara umum dibagi menjadi 3 yaitu Bagus, Normal, dan Buruk [9].

Tabel 2. 4 *Range* Nilai SINR [18]

Range (dB)	Keterangan
16 s/d 30	Bagus
1 s/d 15	Normal
-10 s/d 0	Buruk

2.2.4 Optimasi Jaringan Seluler

Proses optimasi jaringan akses radio seluler adalah proses dimana semua informasi mengenai *hardware* konfigurasi, *hardware problem*, konfigurasi antena (ketinggian, *azimuth*, *tilting*), parameter *setting*, topologi jaringan dan informasi aktivitas yang berkaitan dengan topologi jaringan, definisi KPI (*Key Performance Indicator*), dan juga performansi jaringan harus dikumpulkan sebagai sebuah kesatuan informasi untuk melakukan analisa dan *improvement* pada sebuah jaringan seluler.

2.2.4.1 Physical Tuning

Physical tuning merupakan metode optimasi dimana optimasi dilakukan dengan mengubah atau mengatur perangkat fisik pada jaringan yang ada di lapangan. *Physical tuning* yang dapat dilakukan adalah *tilting*, *adjustment height* atau mengatur ulang tinggi antena, *adjustment azimuth* antena dan lain sebagainya. *Tilting* merupakan pengarah sudut elevasi pada antena. Tujuan dari *tilting* adalah agar pancaran antena mengarah pada *coverage* area yang seharusnya atau dominan area. Beberapa parameter yang diubah dalam optimasi adalah sebagai berikut.

1) Mechanical Tilt

Mechanical tilting dilakukan dengan cara mengubah *azimuth antenna* dengan tingkat kemiringan antena secara fisik. Dampak yang dihasilkan oleh *tilting* ini adalah berubahnya luas *coverage* secara keseluruhan. *Mechanical tilt* adalah perubahan arah antena *tilting* dengan mengubah *tilt angle* yang terletak di *bracket* (pengait antena). Derajat kemiringan dapat diukur menggunakan *tilt* meter. Secara sederhana, *mechanical downtilt* adalah pengaturan arah antena secara vertikal (ke atas atau ke bawah). Semakin besar derajat *mechanical*, maka antena semakin menunduk yang menyebabkan *coverage* pada *main lobe* berkurang, sedangkan pada sisi *side lobe* akan melebar.

2) Electrical Tilt

Tilting elektrik adalah mengubah *coverage* antena dengan cara mengubah fasa *antenna*, sehingga terjadi perubahan pada *beamwidth antenna*. Mengubah fasa *antenna* dapat dilakukan dengan cara mengubah setingan *elctrical tilt* pada *antenna*, yaitu 1, 2, 3 dst. Pengaturan *tilt* elektrik biasanya berada di bagian bawah antena.

Electrical tilt adalah perubahan bentuk polarisasi antena yang di atur secara elektronik. *Electrical tilt* mengubah karakteristik fasa sinyal setiap elemen antena. Semakin besar nilai *electrical* maka semakin kecil pula *coverage* yang diberikan.

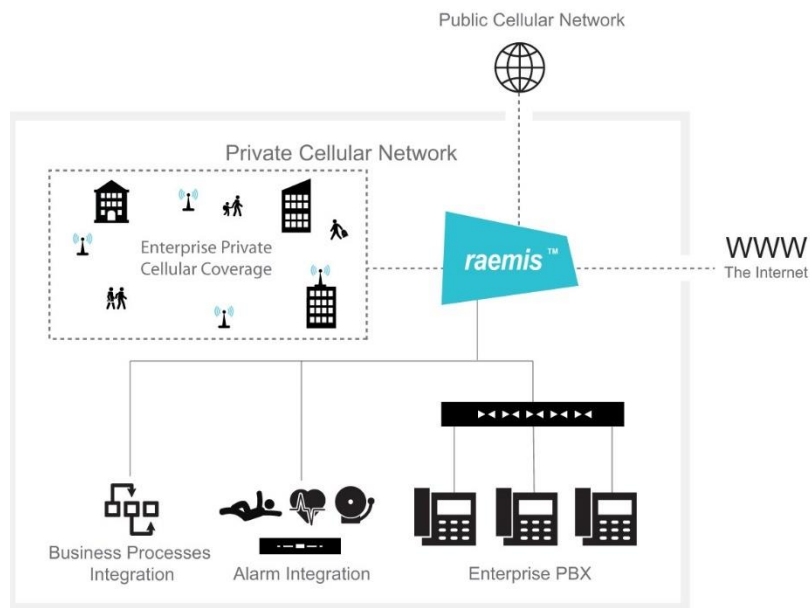
3) *Azimuth*

Azimuth adalah arah *antena* yang di atur secara horizontal dengan cara mengubah-ubah posisi *clamp* (penjepit antena) yang terhubung ke kaki tower. Batas pergeseran antena biasanya 5 derajat – 100 derajat. Petunjuk pengarahannya agar arah *antenna* sesuai dengan *planning site* menggunakan alat bantu berupa kompas. Arah utara adalah titik acuan sebagai penentu posisi 0 derajat [6].

2.2.4.2 Add Sector

Add Sector merupakan sebuah langkah untuk menambahkan antena sektoral pada sebuah *site*. Penambahan antena sektoral ini bertujuan untuk memberikan cakupan area baru yang sebelumnya belum *tercover* oleh pancaran sinyal dari suatu *site* tersebut. *Add Sector* juga berfungsi untuk meningkatkan *capacity* dari suatu *site*. Selain untuk *improve* kondisi jaringan tertentu dari suatu *site*, *Add Sector* juga bertujuan untuk menambah jenis jaringan/teknologi. Sepertihalnya *Add Sector* untuk penambahan jaringan *LTE* pada *site* yang sebelumnya belum *provide* jaringan *LTE*.

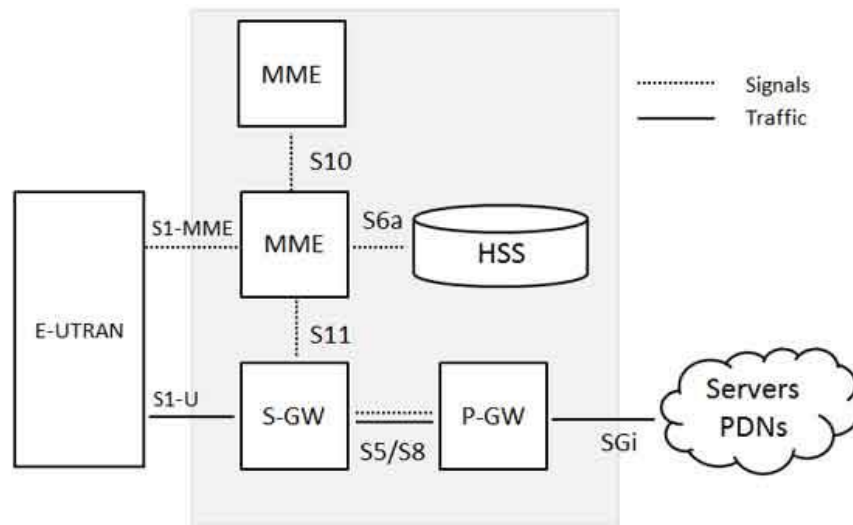
2.2.5 Seluler *Mobile Private Network* (SMPN)



Gambar 2. 3 Seluler *Mobile Private Network* [19]

Seluler *Mobile Private Network* (SMPN) adalah sebuah infrastruktur jaringan seluler yang dibangun secara khusus untuk menyediakan layanan komunikasi seluler kepada pengguna dalam suatu organisasi atau entitas tertentu. SMPN berfungsi sebagai jaringan telekomunikasi internal yang terisolasi dari jaringan seluler publik yang umumnya dioperasikan oleh penyedia layanan telekomunikasi. Dalam SMPN, infrastruktur jaringan, seperti stasiun basis, pusat panggilan, dan *gateway*, dikelola dan dioperasikan secara mandiri oleh organisasi atau perusahaan yang memilikinya. Salah satu aspek penting dari SMPN adalah tingkat keamanan yang tinggi. Karena jaringan ini ditujukan untuk digunakan oleh pengguna internal suatu organisasi, langkah-langkah keamanan tambahan dapat diimplementasikan, seperti enkripsi data, otentikasi ganda, dan pengendalian akses yang ketat.

2.2.6 Core Network (CN)



Gambar 2. 4 Core Network LTE [20]

Core Network (CN) adalah bagian utama dari infrastruktur jaringan yang berfungsi untuk menghubungkan berbagai komponen jaringan, termasuk perangkat akses pengguna, server, dan jaringan eksternal. CN berperan sebagai tulang punggung jaringan, yang bertugas untuk memastikan bahwa data dapat ditransfer dengan cepat, efisien, dan aman di seluruh jaringan. Seperti pada gambar 2.4 CN pada jaringan LTE atau lebih dikenal dengan EPC terdiri dari MME, S-GW, P-GW, dan HSS.

CN memiliki beberapa fungsi utama, antara lain:

- 1) *Routing*: Menentukan jalur terbaik untuk pengiriman data dari sumber ke tujuan.
- 2) *Switching*: Mentransfer data antar *node* dalam jaringan dengan cepat.
- 3) *Aggregation*: Menggabungkan lalu lintas data dari berbagai sumber untuk efisiensi dan manajemen yang lebih baik.
- 4) *Security*: Menyediakan mekanisme keamanan untuk melindungi data dan sumber daya jaringan.
- 5) *Service Delivery*: Mendukung berbagai layanan seperti *voice*, *video*, dan *data transfer*.

CN terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

- 1) *Router*: Perangkat yang mengarahkan lalu lintas data di seluruh jaringan.

- 2) *Switch*: Perangkat yang menghubungkan berbagai perangkat dalam jaringan dan memungkinkan pertukaran data.
- 3) *Firewalls*: Perangkat atau perangkat lunak yang mengawasi dan mengontrol lalu lintas jaringan berdasarkan aturan keamanan.
- 4) *Load Balancers*: Perangkat yang mendistribusikan lalu lintas jaringan secara merata untuk mencegah kelebihan beban pada satu *server* .

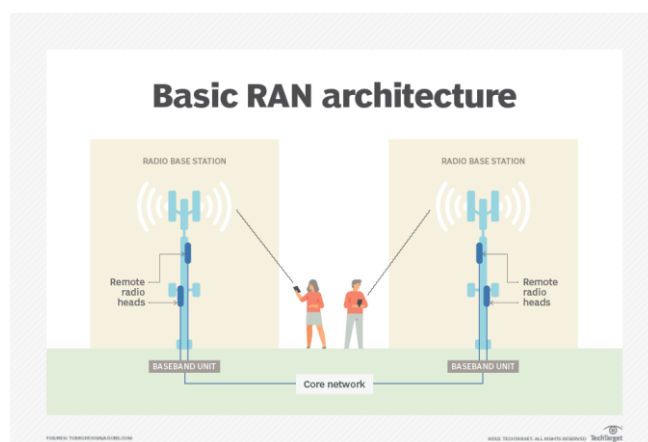
Terdapat berbagai teknologi digunakan dalam CN untuk meningkatkan kinerja dan keamanan, antara lain:

- 1) *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*: Teknologi yang mempercepat lalu lintas jaringan dan meningkatkan pengelolaan jaringan.
- 2) *Software-Defined Networking (SDN)*: Teknologi yang memisahkan pengendalian jaringan dari perangkat keras, memungkinkan manajemen yang lebih fleksibel.
- 3) *Virtual Private Networks (VPN)*: Teknologi yang menyediakan koneksi aman melalui jaringan publik.

Terdapat beberapa tantangan utama dalam pengelolaan CN antara lain:

- 1) *Scalability*: Mampu mengakomodasi pertumbuhan lalu lintas data tanpa penurunan kinerja.
- 2) *Reliability*: Menjamin ketersediaan jaringan yang konsisten dan minim gangguan.
- 3) *Security*: Melindungi jaringan dari ancaman dan serangan cyber.
- 4) *Cost Management*: Mengelola biaya operasional dan pemeliharaan yang efisien.

2.2.7 Radio Access Network (RAN)



Gambar 2. 5 Radio Access Network [21]

Radio Access Network (RAN) adalah komponen utama dari jaringan telekomunikasi seluler yang menghubungkan perangkat pengguna, seperti ponsel dan *tablet*, dengan *Core Network*. RAN terdiri dari berbagai elemen yang bertugas untuk menangani komunikasi radio antara perangkat pengguna dan jaringan inti, serta menyediakan akses ke layanan telekomunikasi seperti panggilan suara, pesan teks, dan data *internet*.

RAN memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

- 1) *Transmission*: Mengirim dan menerima sinyal radio antara perangkat pengguna dan base station.
- 2) *Modulation and Demodulation*: Mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog dan sebaliknya, untuk transmisi melalui medium radio.
- 3) *Handover*: Mengelola perpindahan panggilan atau sesi data dari satu *base station* ke *base station* lain tanpa terputus.
- 4) *Resource Management*: Mengalokasikan sumber daya radio seperti frekuensi dan kanal untuk memastikan kinerja jaringan yang optimal.
- 5) *Quality of Service (QoS) Management*: Menjaga kualitas layanan dengan mengatur prioritas lalu lintas data dan panggilan.

RAN terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk:

1. *Base Station (BS)*: Juga dikenal sebagai *eNodeB* dalam jaringan *LTE*. *Base station* adalah titik akses utama yang menghubungkan perangkat pengguna dengan *Core Network*.
2. *Radio Network Controller (RNC)*: Dalam jaringan 3G, RNC bertanggung jawab untuk mengendalikan beberapa base station dan mengelola fungsi seperti *handover* dan *resource management*.
3. *Antenna*: Perangkat yang mengirim dan menerima sinyal radio ke dan dari perangkat pengguna.
4. *Backhaul*: Koneksi antara base station dan *Core Network*, yang dapat menggunakan teknologi kabel atau nirkabel.

2.2.8 Baicells

Baicells adalah perusahaan teknologi yang mengembangkan solusi inovatif untuk jaringan akses nirkabel, dengan fokus pada teknologi *LTE* dan 5G. *Baicells* menyediakan perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan penyedia layanan komunikasi,

operator jaringan komunitas, dan perusahaan untuk membangun dan mengelola jaringan nirkabel yang efisien dan hemat biaya

Baicells Nova 249 adalah salah satu produk *Customer Premises Equipment (CPE) LTE outdoor* yang dirancang untuk menyediakan akses internet nirkabel dengan menggunakan teknologi *LTE*. *Baicells Nova 249* merupakan solusi yang ideal untuk penyedia layanan internet dan operator jaringan yang ingin memberikan konektivitas yang handal dan cepat kepada pelanggan mereka, terutama di area pedesaan atau di lokasi yang sulit dijangkau oleh infrastruktur kabel.

Baicells Nova 249 memiliki beberapa fitur utama, antara lain :

1) Teknologi *LTE Cat4*:

Nova 249 mendukung teknologi *LTE* kategori 4, yang memungkinkan kecepatan unduh hingga 150 Mbps dan kecepatan unggah hingga 50 Mbps. Ini memastikan pengalaman pengguna yang baik untuk aplikasi *streaming video*, telepon internet (VoIP), dan penggunaan internet umum lainnya.

2) Dukungan Frekuensi *Band*:

Perangkat ini mendukung berbagai band frekuensi *LTE*, termasuk band TDD (*Time Division Duplex*) dan FDD (*FreqUency Division Duplex*). Ini memungkinkan fleksibilitas dalam penerapan tergantung pada infrastruktur jaringan dan regulasi yang berlaku di wilayah tertentu.

3) Antena Eksternal dengan Kemampuan MIMO:

Dilengkapi dengan antena eksternal yang mendukung teknologi *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*, yang memperbaiki sensitivitas sinyal dan mengoptimalkan kualitas koneksi, terutama di area dengan cakupan sinyal yang rendah atau interferensi.

4) Konektivitas *Ethernet* dan *Wi-Fi*:

Baicells Nova 249 memiliki *port Ethernet* untuk koneksi kabel langsung ke perangkat, serta kemampuan *Wi-Fi* untuk menyediakan akses nirkabel kepada perangkat lain di sekitarnya. Ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan jaringan dan akses bagi pengguna.

5) Perlindungan IP65 *Weatherproof*:

Perangkat ini dirancang untuk digunakan di luar ruangan (*outdoor*) dengan tingkat perlindungan IP65, yang menyediakan ketahanan terhadap debu dan air. Hal ini membuatnya cocok untuk instalasi di lingkungan yang tidak terlindungi dari kondisi cuaca eksternal seperti hujan dan sinar matahari.

6) Manajemen Jarak Jauh dan Pengelolaan Sentral.

Nova 249 mendukung manajemen jarak jauh melalui *platform* manajemen *Baicells*, yang memungkinkan administrator untuk memantau dan mengelola perangkat dari lokasi pusat. Ini termasuk pengaturan konfigurasi, pemantauan kinerja, dan pemecahan masalah.

7) Fleksibilitas dan Aplikasi Penggunaan.

Baicells Nova 249 cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk penyediaan layanan *internet broadband* di daerah pedesaan, konektivitas untuk perusahaan kecil dan menengah, serta solusi jaringan komunitas. Ini menawarkan solusi yang efektif untuk meningkatkan cakupan jaringan dan memenuhi kebutuhan konektivitas yang berkualitas tinggi.

2.2.9 MAGMACORE

Magma adalah *platform* perangkat lunak sumber terbuka yang memberi operator jaringan solusi jaringan inti seluler yang terbuka, fleksibel, dan dapat diperpanjang. *Magma* memungkinkan konektivitas yang lebih baik dengan [22]:

- 1) Mengizinkan operator untuk menawarkan layanan seluler tanpa penguncian vendor dengan jaringan inti sumber terbuka yang modern
- 2) Memungkinkan operator untuk mengelola jaringan mereka secara lebih efisien dengan lebih banyak otomatisasi, lebih sedikit waktu henti, prediktabilitas yang lebih baik, dan lebih gesit untuk menambahkan layanan dan aplikasi baru
- 3) Mengaktifkan federasi antara operator yang ada dan penyedia infrastruktur baru untuk memperluas infrastruktur pedesaan
- 4) Mengizinkan operator yang terkendala dengan spektrum berlisensi untuk menambah kapasitas dan jangkauan dengan menggunakan Wi-Fi dan CBRS

Magma memiliki tiga komponen utama:

1) *Access Gateway (AGW)*

Access Gateway (AGW) dalam *Magmacore* adalah komponen yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat pengguna dan jaringan inti (*Core Network*). AGW bertanggung jawab untuk menangani berbagai fungsi yang berkaitan dengan akses jaringan, manajemen mobilitas, dan keamanan. AGW menyediakan layanan jaringan dan penegakan kebijakan. Dalam jaringan *LTE*, AGW

mengimplementasikan inti paket yang berevolusi (EPC). Ia bekerja dengan perangkat keras radio komersial yang sudah ada dan tidak dimodifikasi.

2) *Orchestrator*

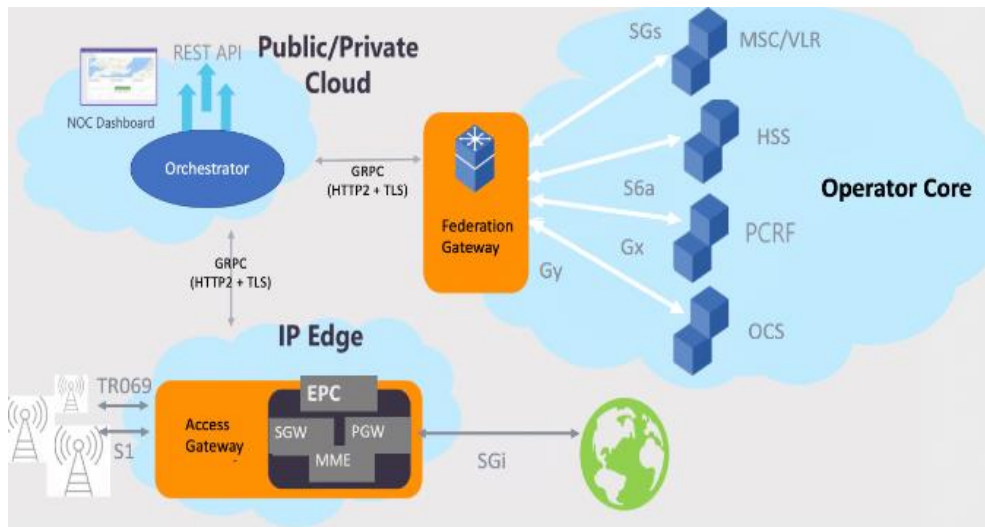
Orchestrator dalam *Magma* adalah komponen penting yang menyediakan manajemen terpusat dan koordinasi berbagai elemen jaringan yang terhubung. *Orchestrator* bertanggung jawab untuk mengatur, mengontrol, dan memantau semua aspek dari jaringan *Magma*, memastikan bahwa semuanya bekerja dengan lancar dan efisien. *Orchestrator* adalah layanan *cloud* yang menyediakan cara sederhana dan konsisten untuk mengonfigurasi dan memantau jaringan nirkabel dengan aman. *Orchestrator* dapat dihosting di *cloud* publik/pribadi maupun diinstal secara lokal. Metrik yang diperoleh melalui platform memungkinkan Anda melihat analitik dan arus lalu lintas pengguna nirkabel melalui *UI web Magma*.

3) *Federation Gateway*

Federation Gateway (FGW) adalah komponen penting dalam arsitektur jaringan yang memungkinkan integrasi dan interoperabilitas antara berbagai jaringan yang terdistribusi. Fungsi utama dari FGW adalah menghubungkan beberapa jaringan yang dikelola secara independen untuk bekerja secara terpadu, memungkinkan manajemen terpusat dan berbagi sumber daya antar jaringan. FGW mengintegrasikan jaringan inti operator dengan *Magma* dengan menggunakan antarmuka 3GPP standar ke komponen operator yang ada. Ini bertindak sebagai proxy antara *Magma AGW* dan jaringan operator dan memfasilitasi fungsi inti, seperti otentikasi, paket data, penegakan kebijakan, dan pengisian agar tetap seragam antara jaringan operator yang ada dan jaringan yang diperluas dengan *Magma*.

4) *Network Management System (NMS)*

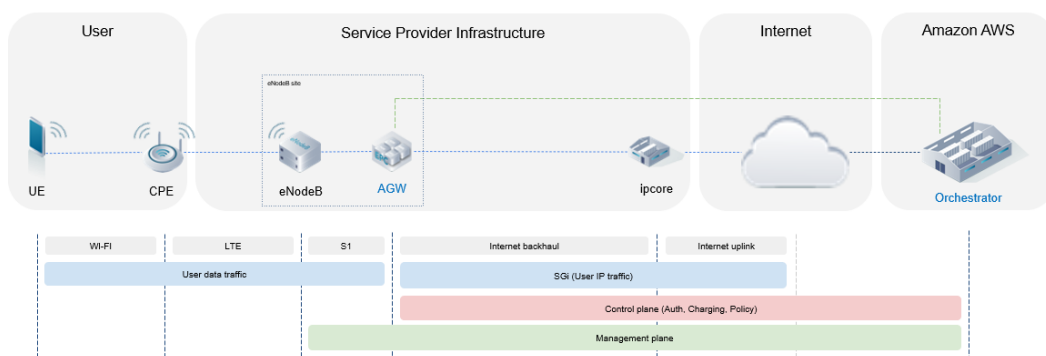
NMS berfungsi untuk mengawasi, mengendalikan, dan mengelola jaringan serta perangkat-perangkat yang terhubung dalam jaringan tersebut. NMS memantau kondisi jaringan secara real-time, termasuk status perangkat jaringan seperti *router*, *switch*, dan *server*. Dengan monitoring ini, NMS dapat mendeteksi masalah atau kegagalan yang terjadi dalam jaringan, seperti perangkat yang tidak berfungsi, kegagalan koneksi, atau penggunaan sumber daya yang berlebihan.



Gambar 2. 6 Arsitektur *MagmaCore* [22]

2.2.10 *Standalone Architecture*

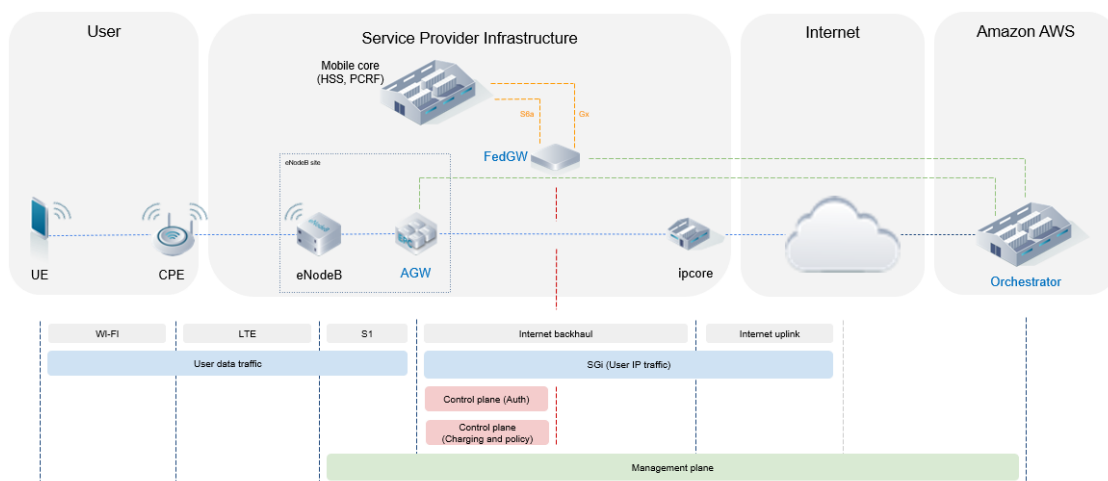
Arsitektur *standalone* (SA) dalam jaringan seluler merupakan sebuah jaringan komunikasi yang sifatnya *independent*. Dalam *Mobile Private Network* ini jaringan *Standalone* digambarkan dimana infrastruktur *end to end* nya dikelola secara mandiri. Pada gambar 2.7 merupakan jaringan *Standalone Mobile Private Network* menggunakan *MagmaCore*. Di sisi *Radio Access Network* (RAN) yang terdiri dari CPE dan eNodeB ke *Core Network* (CN) yang terdiri dari AGW dan *Orchestrator* dikelola secara mandiri oleh *owner*. Sehingga aktivitas seperti *provisioning SIM Card*, penentuan *bandwidth* internet, *Charging* internet dapat di kelola sendiri. Model arsitektur ini cocok untuk membuat jaringan *Mobile private Network*.



Gambar 2. 7 Arsitektur SA

2.2.11 *Federate Architecture*

Arsitektur *Federate* atau dikenal juga sebagai *Non Standalone* (NSA) dalam jaringan seluler merupakan sebuah jaringan komunikasi yang sifatnya tidak *independent*. Dalam *Mobile Private Network* jaringan *Federated* digambarkan dimana infrastruktur *end to end* nya dikelola tidak murni secara mandiri dan masih terintegrasi dengan provider jaringan seluler yang lain. Pada gambar 2.8 merupakan jaringan *Federated Mobile Private Network* menggunakan *Magmacore*. Di sisi *Radio Access Network* (RAN) yang terdiri dari CPE dan eNodeB yang murni dikelola oleh *owner*. Sedangkan di sisi *Core Network* (CN) yang terdiri dari AGW, FGW dan *Orchestrator* terdapat integrasike arah *provider* lain melalui FGW. Sehingga aktivitas seperti *provisioning SIM Card*, penentuan *bandwidth* internet, *Charging* internet dikelola oleh provider penyedia *SIM Card*. Sementara *owner* melalui *Orchestrator* dan AGW dapat melakukan pengaturan *bandwidth* tambahan.



Gambar 2. 8 Arsitektur *Federated*

2.2.12 RF Chamber

RF Chamber adalah ruang yang dirancang khusus untuk pengujian dan pengukuran peralatan yang memancarkan atau menerima gelombang radio frekuensi (RF). Pada penelitian ini ada 2 metode *testing* menggunakan *RF Chamber*, yaitu *Closed Chamber* (*testing* dengan kondisi *RF Chamber* tertutup) dan *Open Chamber* (*testing* dengan kondisi *RF Chamber* terbuka). Berikut adalah beberapa fungsi dan karakteristik utama dari *RF Chamber*:

1. **Isolasi Elektromagnetik:** *RF Chamber* memiliki dinding yang dilapisi dengan bahan penyerap *RF* untuk mencegah interferensi elektromagnetik dari luar dan untuk

- menghindari pancaran RF dari dalam keluar. Ini memastikan bahwa pengukuran yang dilakukan di dalam ruangan tersebut adalah akurat dan bebas dari gangguan eksternal.
2. Pengujian Perangkat *RF*: *RF Chamber* digunakan untuk menguji berbagai perangkat yang memancarkan atau menerima sinyal RF, seperti ponsel, pemancar radio, perangkat *Wi-Fi*, radar, dan perangkat komunikasi lainnya.
 3. Kalibrasi Antena: Dalam *RF Chamber*, antena dapat diuji dan dikalibrasi untuk memastikan bahwa mereka bekerja dengan efisiensi dan akurasi yang diinginkan.
 4. Pengukuran EMC (*Electromagnetic Compatibility*): *RF Chamber* juga digunakan untuk pengujian kompatibilitas elektromagnetik, untuk memastikan bahwa perangkat tidak mengganggu perangkat lain dan dapat berfungsi dengan baik di lingkungan elektromagnetik yang ada.
 5. *Desain dan Ukuran*: *RF Chamber* bisa bervariasi dalam ukuran, dari yang kecil (untuk pengujian perangkat kecil) hingga yang sangat besar (untuk pengujian kendaraan atau pesawat). Desainnya juga bisa bervariasi tergantung pada aplikasi spesifiknya.



Gambar 2. 9 *RF Chamber*