

SKRIPSI

**PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE*
NETWORK LTE 900 MHZ MENGGUNAKAN *MAGMACORE***

***DESIGNING A 900 MHZ LTE CELLULAR MOBILE PRIVATE
NETWORK USING MAGMACORE***



Disusun oleh

**DEKA NANDA FADHILAH
2212101124**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

SKRIPSI

**PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE*
NETWORK LTE 900 MHZ MENGGUNAKAN *MAGMACORE***

***DESIGNING A 900 MHZ LTE CELLULAR MOBILE PRIVATE
NETWORK USING MAGMACORE***



Disusun oleh

**DEKA NANDA FADHILAH
2212101124**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

**PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE*
*NETWORK LTE 900 MHZ MENGGUNAKAN MAGMACORE***

***DESIGNING A 900 MHZ LTE CELLULAR MOBILE PRIVATE
NETWORK USING MAGMACORE***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2024**

Disusun oleh

**DEKA NANDA FADHILAH
2212101124**

DOSEN PEMBIMBING

**Solichah Larasati, S.T., M.T.
Khoirun Ni'amah, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900* MHZ MENGGUNAKAN *MAGMACORE*

DESIGNING A 900 MHZ LTE CELLULAR MOBILE PRIVATE NETWORK USING *MAGMACORE*

Disusun oleh
DEKA NANDA FADHILAH
2212101124

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 18 Juli 2024

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Sholichah Larasati, S.T., MT.
NIDN. 0617069301

()

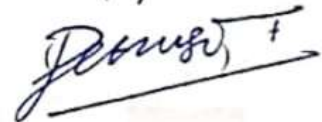
Pembimbing Pendamping : Khoirun Ni'amah, S.T., M.T.
NIDN. 0619129301

()

Penguji 1 : Dr. Alfin Hikmaturokhman, ST., M.T.
NIDN. 0621087801

()

Penguji 2 : Petrus Kerowe Goran, S.T., M.T.
NIDN. 0620018502

()

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto


Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T.
NIDN. 0620079201

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **DEKA NANDA FADHILAH**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900 MHZ MENGGUNAKAN MAGMACORE***” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 02 Juli 2024

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text '5000', and 'METERAI TEMPEL'. Below the stamp, the alphanumeric code '0A3D1ALX103658958' is printed.

(Deka Nanda Fadhilah)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **PERANCANGAN JARINGAN *SELULER MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900 MHZ MENGGUNAKAN MAGMACORE*** ”.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Solichah Larasati, S.T., M.T. selaku pembimbing I.
2. Ibu Khoirun Ni'amah, S.T., M.T. selaku pembimbing II.
3. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
4. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro.
5. Seluruh dosen, staf dan karyawan Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Purwokerto, 02 Juli 2024

(Deka Nanda Fadhilah)

ABSTRAK

Masyarakat di daerah terpencil Indonesia masih mengalami kesulitan dalam mengakses internet. Padahal kebutuhan akan internet sangatlah besar, baik bagi masyarakat modern hingga sektor industri. Skenario industri masa kini ingin memanfaatkan kemampuan terkait *IoT*. Industri manufaktur, transportasi, logistik, pertanian, dan energi adalah beberapa sektor yang paling jelas terlihat. Untuk menunjang kegiatan sektor industri seperti pemanfaatan perangkat *IoT* maupun kegiatan operasional yang lain dibutuhkan sebuah konektivitas yang aman, *private* dan ekonomis sesuai kebutuhan masing-masing sektor industri. Sehingga keberlangsungan kegiatan operasional industri dapat berjalan dengan baik. Dalam hal ini Jaringan *Seluler Mobile Private Network* (SMPN) menggunakan frekuensi 900 MHz muncul sebagai solusi atas kebutuhan tersebut dengan *High Level Design* yang sederhana dengan sistem *open source* yang tentunya bernilai ekonomis. Perancangan *Seluler Mobile Private Network* mengkonfigurasi 2 bagian utama yaitu disisi *Radio Access Network* (RAN) dan *Core Network* (CN). Pada jaringan ini administrator mempunyai kuasa penuh untuk mengkonfigurasi dan melakukan *monitoring* dari jaringan. Hanya *UE* dengan *SIM Card* yang sudah dilakukan *provisioning* saja yang dapat terhubung ke jaringan SMPN. Sistem jaringan *edge server* memungkinkan semua data dan komputasi disimpan secara lokal sehingga lebih aman jika dibandingkan dengan sistem *cloud*. Hasil *Testing User Experience* jaringan SMPN dengan *Closed RF Chamber* memenuhi target KPI dengan perolehan RSRP sebesar -62 dBm, SINR 26 dB, *Throughput* DL 71,6 Mbps, *Throughput* UL 23,6 Mbps. Sedangkan hasil dari *Testing User Experience* dengan *Open RF Chamber* tidak memenuhi target KPI dengan perolehan RSRP sebesar -108 dBm, SINR -5 dB, *Throughput* DL 0,876 Mbps, *Throughput* UL 0,91 Mbps.

Kata Kunci : *Seluler Mobile Private Network* (SMPN), *Radio Access Network* (RAN), *Core Network* (CN), *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR).

ABSTRACT

People in remote areas of Indonesia still have difficulty accessing the internet. In fact, the need for the internet is very large, both for modern society and the industrial sector. Today's industrial scenario wants to leverage IoT-related capabilities. Manufacturing, transportation, logistics, agriculture, and energy industries are some of the most clearly visible sectors. To support the activities of the industrial sector such as the use of IoT devices and other operational activities, a secure, private and economical connectivity is needed according to the needs of each industrial sector so that the continuity of industrial operational activities can run well. In this case the cellular network Mobile Private Network (SMPN) using a frequency of 900 MHz appears as a solution to these needs with a simple High Level Design with an open source system that is certainly economically valuable. Mobile Private Network Mobile private Network design configures 2 main parts, namely Radio Access Network (RAN) and Core Network (CN). In this network the administrator has full authority to configure and monitor the network. Only the EU with a provisioned SIM Card can connect to the SMPN network. The edge server network system allows all data and computing to be stored locally, making it more secure than a cloud system. The results of User Experience Testing of SMPN network with Closed RF Chamber meet the KPI target with the acquisition of RSRP of -62 dBm, SINR 26 dB, DL Throughput of 71.6 Mbps, UL Throughput of 23.6 Mbps. While the results of User Experience Testing with Open RF Chamber did not meet the target KPI with the acquisition of RSRP of -108 dBm, SINR -5 dB, DL Throughput of 0.876 Mbps, UL Throughput of 0.91 Mbps.

Keywords : *Cellular Mobile Private Network (CMPN), Radio Access Network (RAN), Core Network (CN), Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR).*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA	5
2.2 DASAR TEORI.....	7
2.2.1 TEKNOLOGI <i>LTE</i>	7
2.2.2 ARSITEKTUR <i>LTE</i>	10
2.2.3 PARAMETER PERFORMANSI RADIO <i>LTE</i>	13
2.2.4 OPTIMASI JARINGAN SELULER	15
2.2.4.1 <i>PHYSICAL TUNNING</i>	15
2.2.4.2 <i>ADD SECTOR</i>	16
2.2.5 SELULER <i>MOBILE PRIVATE NETWORK</i> (SMPN).....	17
2.2.6 <i>CORE NETWORK</i> (CN).....	18
2.2.7 <i>RADIO ACCESS NETWORK</i> (RAN).....	20
2.2.8 <i>BAICELLS</i>	21

2.2.8	<i>MAGMACORE</i>	21
2.2.10	<i>STANDALONE ARCHITECTURE</i>	25
2.2.11	<i>FEDERATE ARCHITECTURE</i>	26
BAB 3	METODE PENELITIAN	28
3.1	ALAT DAN BAHAN	28
3.2	ALUR PENELITIAN	28
3.3	PEMILIHAN RADIO AKSES TEKNOLOGI (RAT)	30
3.4	BLOK DIAGRAM SISTEM	31
3.5	INSTALASI RAN	32
3.6	INSTALASI CN	34
BAB 4	HASIL DATA DAN PEMBAHASAN	36
4.1	<i>HIGH LEVEL DESIGN</i> JARINGAN SELULER <i>MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900 MHZ</i>	36
4.2	KONFIGURASI <i>NODE ELEMEN</i> PADA JARINGAN <i>MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900 MHZ</i>	37
4.2.1	KONFIGURASI <i>RADIO ACCESS NETWORK (RAN)</i>	38
4.2.2	KONFIGURASI <i>CORE NETWORK (CN)</i>	41
4.3	HASIL <i>TESTING USER EXPERIENCE</i> JARINGAN SELULER <i>MOBILE PRIVATE NETWORK LTE 900 MHZ</i>	46
4.3.1	HASIL <i>ATTACH TESTING</i>	46
4.3.2	HASIL <i>SPEED TEST</i>	51
BAB 5	PENUTUP	55
5.1	KESIMPULAN	55
5.2	SARAN	55
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perkembangan Teknologi Seluler	10
Gambar 2. 2 Arsitektur Teknologi 4G	12
Gambar 2. 3 <i>Seluler Mobile Private Network</i>	17
Gambar 2. 4 <i>Core Network LTE</i>	18
Gambar 2. 5 <i>Radio Access Network</i>	20
Gambar 2. 6 Arsitektur <i>Magmacore</i>	25
Gambar 2. 7 Arsitektur SA	25
Gambar 2. 8 Arsitektur Federated	26
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	29
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem	31
Gambar 3. 3 <i>Setting IP PC Client</i>	32
Gambar 3. 4 Tampilan <i>GUI Baicells</i>	33
Gambar 3. 5 <i>Setting</i> Parameter RAN.....	33
Gambar 3. 6 <i>Reboot eNodeB</i>	34
Gambar 3. 7 Instalasi AGW	34
Gambar 3. 8 <i>Running Script</i> instalasi.....	35
Gambar 3. 9 Instalasi <i>Orchestrator</i>	35
Gambar 3. 10 Mengintegrasikan AGW dengan <i>Orchestrator</i>	35
Gambar 3. 11 <i>ENodeB</i> Status.....	35
Gambar 4. 1 <i>High Level Design</i> Jaringan SMPN <i>LTE 900 MHz</i>	36
Gambar 4. 2 Tampilan Fisik Jaringan SMPN <i>LTE 900 MHz</i>	37
Gambar 4. 3 Tampilan <i>GUI Baicells Nova 249</i>	38
Gambar 4. 4 Tampilan <i>GUI Baicells Nova 249</i>	39
Gambar 4. 5 <i>Menu Quick Setting</i>	40
Gambar 4. 6 <i>Menu Equipment</i>	41
Gambar 4. 7 <i>Menu Network NMS</i>	43
Gambar 4. 8 <i>Menu Subscriber</i>	44
Gambar 4. 9 <i>Menu Traffic</i>	45
Gambar 4. 10 <i>Attach Testing</i> Percobaan Ke-1.....	47
Gambar 4. 11 <i>Attach Testing</i> Percobaan Ke-2.....	48
Gambar 4. 12 <i>Attach Testing</i> Percobaan Ke-3.....	49
Gambar 4. 13 <i>Speed Test</i> Percobaan ke-1	51
Gambar 4. 14 <i>Speed Test</i> Percobaan ke-2	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>LTE Requirements</i>	9
Tabel 2. 2 <i>Range Nilai RSRP</i>	13
Tabel 2. 3 <i>Range Nilai RSRQ</i>	14
Tabel 2. 4 <i>Range Nilai SINR</i>	14
Tabel 3. 1 <i>Radio Akses Teknologi</i>	31
Tabel 4. 1 <i>Hasil Attach Testing</i>	50
Tabel 4. 2 <i>Hasil Speed Test</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan akan internet bagi masyarakat modern begitu besar. Banyak kegiatan sehari-hari yang tidak dapat dipisahkan dari internet. *Browsing*, bermain *game online*, *streaming video*, hingga bekerja pun pada saat ini dapat dilakukan secara *online* menggunakan jaringan internet. Kebutuhan akan internet yang tinggi ini seharusnya diimbangi dengan penyediaan layanan internet yang baik maupun cakupan jaringan internet yang memadai. Di Indonesia sendiri nyatanya tidak semua wilayah mempunyai jaringan internet yang baik. Masih banyak daerah yang belum terjangkau jaringan internet, seperti di daerah-daerah pedalaman atau *remote area*.

Menurut hasil survei Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2014 mayoritas pengguna internet di Indonesia hidup di wilayah barat Indonesia, khususnya pulau Jawa. Penetrasi pengguna internet di Indonesia sebesar 34.9% dari total penduduk di Indonesia. Sedangkan dilihat dari wilayah akses pengguna internet, sekitar 89.1% pengguna internet di Indonesia berdomisili di wilayah *urban*. Hal ini mengindikasikan bahwa daerah rural masih memiliki ketertinggalan, sehingga berbagai kebijakan pemerintah difokuskan untuk daerah *rural*, terutama perbatasan [1].

Kebutuhan internet yang tinggi juga terjadi di sektor industri. Skenario industri masa kini ingin memanfaatkan kemampuan terkait *IoT*. Industri manufaktur, transportasi, logistik, pertanian, dan energi adalah beberapa sektor yang paling jelas terlihat. Menurut *Transforma Insights TAM Forecast Database* pada tahun 2022, pangsa sektor sambungan seluler pribadi (*mobile private network*) pada tahun 2025 adalah Energi (33%), Pertanian (22%), Manufaktur (12%) dan Transportasi & Penyimpanan (9%). Salah satu faktor yang mendorong adopsi jaringan *Mobile Private Network* ialah kenyataan bahwa pasar besar telah menerbitkan lisensi atau menyediakan spektrum khusus untuk jaringan pribadi (*private network*). Pada tahun 2020 Komisi Komunikasi *Federal* Amerika Serikat

membuka pita frekuensi 3350 MHz hingga 3700 MHz sebagai spektrum *Citizens Broadband Radio Service (CBRS)* yang digunakan untuk mendukung sektor-sektor industri mengembangkan jaringan pribadi mereka [2].

Sektor industri seperti pertambangan, perkebunan dan perikanan yang umumnya terletak di area terpelosok juga sering mengalami permasalahan internet. Kebutuhan akan internet untuk konektivitas alat-alat penunjang kegiatan industri yang memanfaatkan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, sensor-sensor, maupun peralatan lainnya. Pada sektor pertambangan batu bara misalnya, untuk melakukan survey tambang diperlukan modernisasi teknologi dengan teknologi *IoT*. Hal ini bertujuan agar pekerja tidak perlu lagi mengambil data secara langsung di dalam tambang yang rawan akan ledakan gas methana [3].

Untuk menunjang berbagai kegiatan dalam sektor industri, termasuk pemanfaatan perangkat *Internet of Things (IoT)* dan kegiatan operasional lainnya, sangat penting untuk memiliki konektivitas yang memenuhi beberapa kriteria utama: aman, private, dan ekonomis. Dalam konteks industri yang semakin bergantung pada teknologi digital, konektivitas yang kuat dan handal menjadi elemen krusial untuk memastikan bahwa berbagai aplikasi dan sistem dapat berfungsi dengan optimal. Konektivitas yang aman memastikan perlindungan data dan privasi, sedangkan konektivitas yang private memungkinkan kontrol penuh atas jaringan tanpa adanya gangguan dari pihak ketiga. Selain itu, aspek ekonomis dari jaringan harus disesuaikan dengan anggaran dan kebutuhan spesifik setiap sektor industri.

Mempertimbangkan semua faktor tersebut, penulis terinspirasi untuk melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan Jaringan Seluler *Mobile Private Network LTE 900 MHz* menggunakan *MagmaCore*.” Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi jaringan yang dapat mengatasi tantangan-tantangan ini dengan merancang dan mengimplementasikan jaringan seluler private berbasis LTE pada frekuensi 900 MHz. Dengan menggunakan *MagmaCore* sebagai platform Core Network, penelitian ini berfokus pada penyediaan konektivitas yang aman, privat, dan ekonomis yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan sektor industri serta masyarakat di daerah terpencil.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana *High Level Design* jaringan Seluler *Mobile Private Network* (SMPN) *LTE* 900 MHz yang akan dibuat?
2. Bagaimana konfigurasi *Node Elemen* pada jaringan Seluler *Mobile Private Network* *LTE* 900 MHz yang akan dibangun?
3. Bagaimana hasil *Testing User Experience* dari jaringan Seluler *Mobile Private Network* *LTE* 900 MHz yang akan dibangun?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Seluler *Mobile Private Network* yang dibangun merupakan sebuah *prototype*.
2. Instalasi dan *Testing* perangkat dilakukan di dalam lab menggunakan *RF Chamber* (*Closed Chamber* dan *Open Chamber*) agar frekuensi *Testing* tidak terpancar ke area publik.
3. *Testing* jaringan yang dilakukan secara statik karena area hanya di dalam *RF Chamber*
4. Parameter jaringan yang diamati pada *Testing User Experience* ialah parameter *LTE* yaitu *RSRP* dan *SINR* melalui *Attach Testing*, serta *Troughput* melalui *Speed Test*.
5. Jaringan *LTE* yang dibuat hanya untuk akses internet (*data plane*).
6. Konfigurasi *Node Elemen* yang dilakukan ialah konfigurasi di sisi *Radio Access Network* (RAN) dan *Core Network* (CN).
7. *Magmacore* yang dibangun menggunakan sistem *Standalone*

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui *High Level Design* jaringan Seluler *Mobile Private Network* *LTE* 900 MHz yang akan dibuat.

2. Untuk mengetahui konfigurasi *Node Elemen* pada jaringan *Seluler Mobile Private Network LTE 900 MHz* yang akan dibangun.
3. Untuk mengetahui hasil *Testing User Experience* nilai dan kualitas SINR, RSRQ dan *Troughput* dari jaringan *Mobile Private Network LTE 900 MHz* yang akan dibangun.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat sebagai referensi dan solusi dalam pembangunan jaringan *Seluler Mobile Private Network* untuk sektor industri dan *remote area* menggunakan *Magmacore* yang berbasis *Open Source*.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian :

1. BAB 1 : PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah yang diangkat, manfaat dan tujuan penelitian.

2. BAB 2 : DASAR TEORI

Pada bagian ini membahas tentang referensi penelitian sebelumnya, landasan teori mengenai *Seluler Mobile Private Network*, Jaringan *LTE*, dan *Magmacore*.

3. BAB 3 : METODE PENELITIAN

Pada bagian ini membahas mengenai alat dan bahan yang digunakan dan alur penelitian meliputi : *hardware* dan *software* yang digunakan dalam pembangunan jaringan *Seluler Mobile Private Network LTE 900 MHz*.

4. BAB 4 : HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

Pada Bagian ini membahas tentang HLD, konfigurasi dan hasil *Testing User Experience* dari *Seluler Mobile Private Network LTE 900 MHz*

5. BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian [4] 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.

Pada penelitian [5] 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 peneliiana ini didapatkan hasil *Pathloss* model propagasi COST-231 *Walfisch-Ikegami* lebih besar dari pada *Okumura-Hatta*.

Pada penelitian [6] memaparkan tentang penerapan metode ACP untuk optimasi *physical tuning antenna* sektoral pada Jaringan 4G *LTE* yang dilakukan 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 tuninnng* 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.

Selain itu pada penelitian [7] memaparkan tentang pengaruh perubahan *tilt* antena sektoral bts secara *electrical* dan *mechanical* yang dilakukan dilakukan di *site* XL 3G Pakubuwono. Penelitian ini 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.

Kemudian pada penelitian [8] yang memaparkan dan menganalisis tentang performansi dan optimalisasi *coverage* layanan *LTE* telkomsel di Denpasar. 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*.

Pada penelitian [9] yang membahas tentang analisis dan optimasi *bad coverage* pada jaringan 4G *LTE* 1800 Mhz. Penelitian ini 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 di tinjau 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 menjadi 96,05% dengan *threshold* diatas -15 dB 85% dan nilai SINR meningkat menjadi 94,93%.

Sementara itu pada penelitian [10] memaparkan tentang peningkatan kualitas sinyal pada jaringan 4G *LTE* yang berfokus untuk meningkatkan dan mengoptimasi kondisi jaringan 4G operator XL Axiata. Penelitian ini 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*.

Pada penelitian [11] memaparkan tentang perancangan jaringan *indoor* 4G *LTE* TDD 2300 MHz. Perancangan dilakukan 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.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Teknologi *LTE*

LTE (*Long Term Evolution*) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek 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].

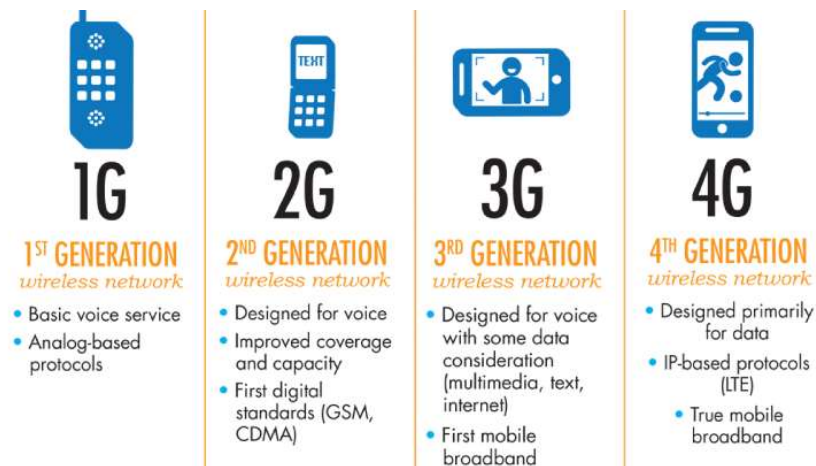
Tabel 2. 1 *LTE Requirements* [16]

<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*.

OFDMA sangat efektif dalam lingkungan dengan variasi kualitas saluran dan pengguna yang berbeda-beda. Misalnya, dalam sistem LTE. OFDMA digunakan untuk mengelola alokasi sumber daya radio dengan cara yang adaptif, yang memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan *throughput* dan kualitas layanan berdasarkan kondisi saluran dan kebutuhan pengguna. Teknik ini juga

membantu dalam mengurangi latensi dan meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan dengan menyediakan akses yang lebih adil dan efisien ke spektrum yang tersedia



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)*

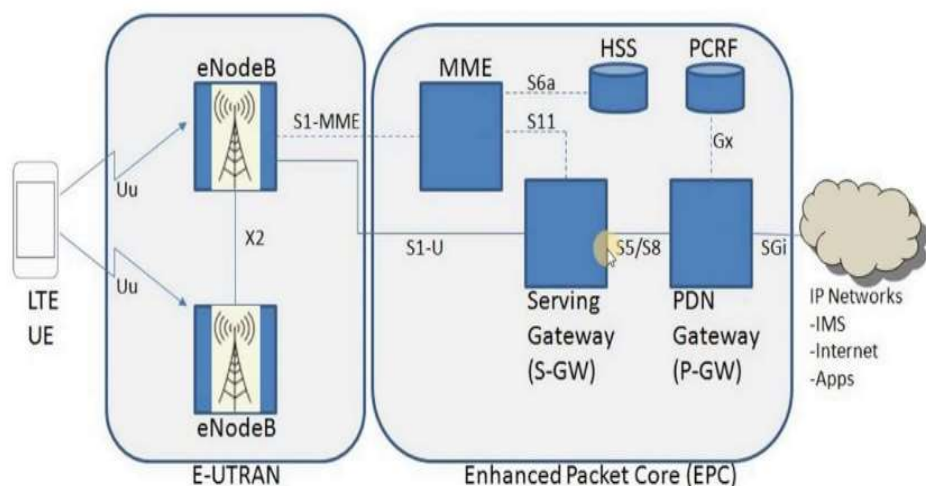
SGW mempunyai fungsi untuk *packet routing* dengan menentukan jalur dan meneruskan data yang berupa *packet* dari masing – masing *user*, sebagai penghubung antara *UE* dan *eNode B* ketika terjadi inter *handover*, dan sebagai *link* penghubung antara jaringan *LTE* dengan jaringan 2G dan 3G.

e) *PGW (Packet Data Network Gateway)*

PGW mempunyai fungsi untuk mengalokasikan *IP Address* untuk *user* dan manajemen *QoS*. *PGW* merupakan pusat link yang meghubungkan anara 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]