

**ANALISIS PERBANDINGAN METODE *POWER CONTROL* DAN
METODE *INNER LOOP POWER CONTROL* SEBAGAI
MANAJEMEN INTERFERENSI PADA JARINGAN LTE**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Annisa Christyanti

16524074

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN METODE *POWER CONTROL* DAN METODE *INNER LOOP POWER CONTROL* SEBAGAI MANAJEMEN INTERFERENSI PADA JARINGAN LTE

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Annisa Christyanti
16524074

Yogyakarta, 24 Agustus 2020

Menyetujui,

Pembimbing 1



Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng
155240104

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PERBANDINGAN METODE *POWER CONTROL* DAN METODE *INNER LOOP POWER CONTROL* SEBAGAI MANAJEMEN INTERFERENSI PADA JARINGAN LTE

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Annisa Christyanti

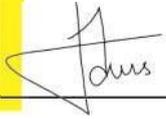
16524074

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 04 September 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng. 

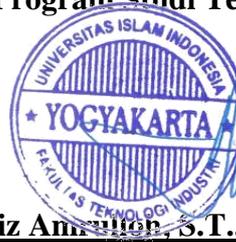
Anggota Penguji 1: Firdaus, S.T., M.T., Ph.D. 

Anggota Penguji 2: Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., Ph.D. 

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 04 September 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amriyati, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Penulis menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Penulis juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.



Yogyakarta, 24 Agustus 2020



Annisa Christyanti

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan rasa syukur bagi Allah SWT atas nikmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga bisa menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Metode *Power Control* dan Metode *Inner Loop Power Control* Sebagai Manajemen Interferensi Pada Jaringan LTE” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknoogi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam pelaksanaan penelitian ini tentunya banyak hambatan yang dilewati akan tetapi hambatan tersebut dapat teratasi atas bantuan banyak pihak, maka dari itu penulis menyampaikan banyak rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan material, emosional, dan spiritual selama menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia.
2. Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ida Nurcahyani, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro atas ilmu yang sudah diberikan kepada penulis hingga saat ini.
5. Rekan rekan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia khususnya angkatan 2016 yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.
6. Vera Giyaning Tiyas selaku sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan psikis dan emosional untuk penulis selama mengerjakan penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
7. Galang Ihza Al Hazar selaku sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi agar segera menyelesaikan penelitian ini.
8. Mba Chintya Maharani, Mas Rayhan Imam, Bang Afif Fairuzqi yang senantiasa membantu penulis dalam penguasaan materi penelitian ini.
9. M. Tri Nur Pamungkas dan Afif Abiyyuna selaku teman bimbingan penulis yang selalu memberikan dukungan selama mengerjakan penelitian ini.
10. dan pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga tulisan ini berguna bagi siapapun yang membacanya, penulis juga menyampaikan mohon maaf yang setulus-tulusnya apabila terdapat kekurangan dalam penulisan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 17 Juni 2020

Annisa Christyanti



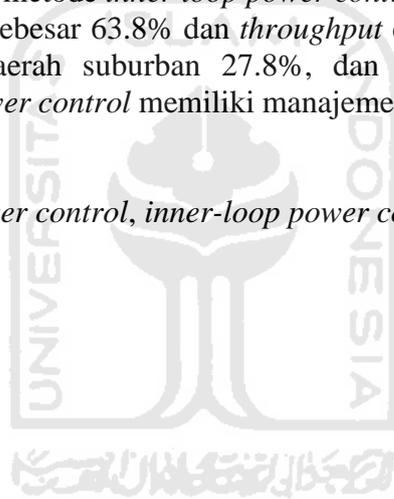
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

3GPP	: <i>Third Generation Partnership Project</i>
BER	: <i>Bit Error Rate</i>
BSC	: <i>Base Station Controller</i>
BTS	: <i>Base Transciever Station</i>
dB	: <i>decibel</i>
dBm	: <i>dB milliwatt</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ms	: <i>millisecond</i>
MUE	: <i>Macrocell User Equipment</i>
mW	: <i>milliwatt</i>
PBCH	: <i>Physical Broadcast Channel</i>
PCFICH	: <i>Physical Control Format Indicator Channel</i>
PDCCH	: <i>Physical Downlink Control Channel</i>
PDSCH	: <i>Physical Downlink Shared Channel</i>
PRACH	: <i>Physical Random Access Channel</i>
PUCCH	: <i>Physical Uplink Control Channel</i>
PUSCH	: <i>Physical Uplink Shared Channel</i>
RNC	: <i>Radio Network Controller</i>
SINR	: <i>Signal Interference to Noise Ratio</i>
TPC	: <i>Transmit Power Control</i>
UE	: <i>User Equipment</i>

ABSTRAK

Meningkatnya pengguna jaringan telekomunikasi pada suatu daerah juga menimbulkan banyak gangguan yang terjadi, diantaranya adalah interferensi. Interferensi yang timbul diakibatkan adanya peningkatan daya pada eNodeB. Salah satu efek yang ditimbulkan adalah penurunan kinerja jaringan pada daerah layanan. Adapun upaya untuk meningkatkan kinerja sebuah jaringan dengan permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan manajemen interferensi. Penulis melakukan manajemen interferensi dengan mengimplementasikan metode *power control* yang selanjutnya dilakukan perbandingan dengan metode *inner loop power control* guna mengetahui metode mana yang lebih optimal untuk mengatasi interferensi yang terjadi. Kedua metode ini mengatur daya yang dipancarkan pada sisi *uplink* pada tiga daerah jangkauan yakni daerah rural, suburban, dan urban yang selanjutnya menghasilkan nilai SINR dan *throughput*. Apabila nilai SINR dan *throughput* masih dibawah standar yang ditetapkan, maka simulasi berjalan kembali sampai mendapatkan nilai SINR dan *throughput* yang diharapkan. Setelah diimplementasikan metode *power control* terjadi rata-rata peningkatan nilai SINR dalam sistem menjadi sebesar 31.9% untuk ketiga daerah jangkauan dan nilai *throughput* dalam sistem pada daerah rural menjadi sebesar 23.9%, pada daerah suburban 15.5%, dan pada daerah urban 7.6%. Sedangkan saat diimplementasikan metode *inner loop power control* terjadi rata-rata peningkatan nilai SINR dalam sistem menjadi sebesar 63.8% dan *throughput* dalam sistem pada daerah rural menjadi sebesar 41.8%, pada daerah suburban 27.8%, dan daerah urban 14.2%. Secara keseluruhan metode *inner loop power control* memiliki manajemen yang lebih baik dibandingkan dengan metode *power control*.

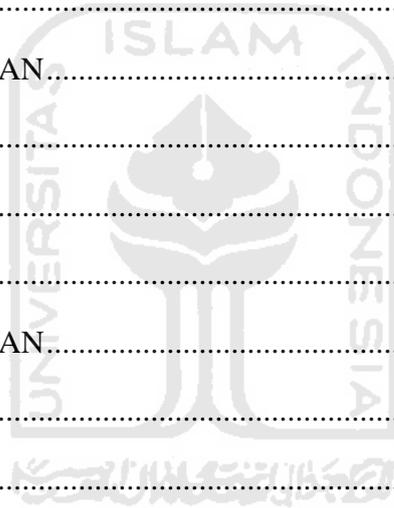
Kata Kunci: interferensi, *power control*, *inner-loop power control*, SINR, *throughput*.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 Perkembangan Teknologi Seluler.....	5
2.2.2 <i>Long Term Evolution (LTE)</i>	8
2.2.3 <i>Envolved Node B</i>	9
2.2.4 Jaringan Seluler.....	9
2.2.5 Pembagian Sel.....	10
2.2.6 Interferensi Jaringan Seluler	10
2.2.7 Metode <i>Power Control</i>	11
2.2.8 Metode <i>Inner Loop Power Control</i>	13

2.2.9 <i>Signal to Interference Noise Ratio (SINR)</i>	14
2.2.10 <i>Throughput</i>	14
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1.1 Membuat eNB dan MUE	17
3.1.2 Mengatur Parameter Simulasi.....	17
3.1.3 Menentukan Jarak (Daerah Jangkauan).....	18
3.1.4 Menghitung Daya Diterima	19
3.1.5 Metode <i>Power Control</i>	20
3.1.6 Metode <i>Inner Loop Power Control</i>	21
3.1.7 Menghitung SINR dan <i>Throughput</i>	22
3.1.8 Analisis Hasil	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Analisis QoS	23
4.1.1 Analisis SINR	23
4.1.2 Analisis <i>Throughput</i>	25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	1



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan Seluler	5
Gambar 2.2 Konfigurasi Teknik TDMA	6
Gambar 2.3 Konfigurasi Teknik CDMA	6
Gambar 2.4 Konfigurasi Teknik OFDMA	7
Gambar 2.5 OFDMA dan SC-FDMA	8
Gambar 2.6 Hubungan UE dengan eNB	9
Gambar 2.7 Desain Sistem <i>Cluster</i> Seluler	10
Gambar 2.8 Ilustrasi Aktivitas Interferensi Pada Pengguna Jaringan Seluler.....	11
Gambar 2.9 Mekanisme <i>Open Loop Power Control</i> dan <i>Closed Loop Power Control</i>	12
Gambar 2.10 Mekanisme Metode <i>Inner Loop Power Control</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Skenario Simulasi Jaringan	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode <i>Power Control</i>	20
Gambar 3.4 Diagram Alir Metode <i>Inner Loop Power Control</i>	21
Gambar 4.1 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Rural	23
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Suburban	24
Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Urban	24
Gambar 4.4 Grafik Rata-rata Nilai <i>Throughput</i> Daerah Rural.....	25
Gambar 4.5 Grafik Rata-rata Nilai <i>Throughput</i> Daerah Suburban	26
Gambar 4.6 Grafik Rata-rata Nilai <i>Throughput</i> Daerah Urban	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. ITU-R Pada Kebutuhan Minimum IMT-2020	7
Tabel 2.2 Klasifikasi Metode <i>Power Control</i>	13
Tabel 3.1 Parameter Simulasi.....	18
Tabel 3.2 Parameter SINR	22
Tabel 3.3 Parameter <i>Throughput</i>	22



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin meningkat membuat kebutuhan kualitas pelayanan menjadi sektor utama yang harus diseimbangkan dengan jumlah kebutuhan khususnya perkembangan dalam bidang teknologi telekomunikasi seluler. Teknologi telekomunikasi seluler saat ini sudah mencapai generasi ke empat *Fourth Generation* (4G) atau yang lebih dikenal dengan teknologi *Long Term Evolution* (LTE).

Berkembangnya teknologi telekomunikasi khususnya LTE ini seiring berjalannya dengan peningkatan jumlah pengguna setiap tahunnya. Oleh karena itu, peningkatan jumlah pengguna harus diikuti juga oleh meningkatnya sebuah infrastruktur jaringan telekomunikasi yang ada. Peningkatan dilakukan dengan tujuan untuk menjaga agar kualitas sebuah jaringan tetap optimal. Permasalahan yang biasanya terjadi dan bersifat mengganggu kualitas dari jaringan yang ada diantaranya noise dan interferensi. Adapun dampak atau efek yang ditimbulkan dari interferensi adalah dapat menyebabkan gerakan obstruksi pada salah satu alat penerima dan *crosstalk* pada gelombang permukaan [1].

Daya yang diberikan oleh pemancar (*transmitter*) pada komunikasi seluler merupakan salah satu faktor penentu kualitas layanan. Semakin besar daya yang diberikan, maka wilayah cakupan komunikasi yang dijalankan semakin luas. Namun disisi lain, penggunaan daya yang berlebihan akan mengakibatkan gangguan berupa interferensi pada penerima (*receiver*) maupun pemancarnya termasuk gangguan pada *transceiver* yang berdekatan [2].

Upaya peningkatan kualitas layanan seluler terus dilakukan guna mengoptimalkan layanan dari sebuah jaringan. Untuk membantu mengatasi interferensi yang ada pada jaringan LTE salah satu upaya yang dilakukan adalah melakukan manajemen interferensi. Pada penelitian kali ini penulis melakukan perbandingan antara dua metode yaitu Metode *Power Control* (PC) dan Metode *Inner Loop Power Control* (ILPC) sebagai manajemen interferensi jaringan seluler khususnya pada jaringan LTE guna menganalisis metode mana yang lebih optimal dan efisien untuk mengatasi interferensi jaringan yang ada. Sehingga kedepannya, apabila salah satu dari metode ini terbukti cukup efektif dalam melakukan manajemen interferensi maka metode ini dapat digunakan untuk mengatasi manajemen interferensi untuk memaksimalkan kinerja jaringan dengan cara mengoptimalkan interferensi yang ada. Pada skema *power control* penggunaannya didasarkan pada teknik yang mengatur dan memperbaiki level daya dari BTS pada kanal uplink dan downlink secara efisien. Metode ini bekerja dengan mengatur besaran dari daya yang

digunakan perangkat dalam transmisi yang dapat digunakan tiap sektornya sehingga dapat meminimalisir interferensi [3].

Dalam hal ini dilakukan sebuah analisis perbandingan efektifitas sebuah jaringan yang bekerja pada tiga wilayah jangkauan yaitu rural, suburban, dan urban yang terdiri dari dua eNB, pada saat sebelum diimplementasikan metode, sesudah diimplementasikan metode PC, dan sesudah diimplementasikan metode ILPC. Analisis ini nantinya diharapkan dapat menemukan metode yang lebih efisien untuk mengatasi masalah interferensi jaringan.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini beberapa rumusan masalah yang dikaji lebih lanjut dalam analisis penelitian perbandingan kedua metode yang digunakan untuk melakukan manajemen interferensi yaitu:

1. Bagaimana pengaruh interferensi dari komunikasi antar sel terhadap komunikasi seluler?
2. Metode manakah yang lebih optimal untuk melakukan manajemen interferensi diantara metode PC dan metode ILPC?
3. Berapa besar peningkatan parameter QoS yang dilihat dari kinerja metode PC dan metode ILPC sebagai manajemen interferensi?

1.3 Batasan Masalah

1. Hanya membahas dan melakukan manajemen interferensi di dalam dua eNB.
2. Jumlah *macrocell* yang terdapat dalam skenario jaringan adalah dua buah, dimana pada masing-masing *macrocell* terdapat 100 *user*.
3. Parameter simulasi yang digunakan sesuai dengan parameter jaringan LTE.
4. Setiap perangkat pengguna yaitu *Macrocell User Equipement* (MUE) menggunakan frekuensi radio yang sama.
5. Tidak mempertimbangkan kondisi *handover*.
6. Parameter yang dianalisis yaitu *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) dan *throughput*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari analisis penelitian yang penulis lakukan adalah untuk mengetahui metode manakah yang lebih efisien diantara metode PC dengan metode ILPC sebagai manajemen interferensi yang diukur dari peningkatan parameter QoS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui efek yang ditimbulkan oleh metode PC dan metode ILPC sebagai manajemen interferensi, yang mana dapat memperbaiki kinerja jaringan sehingga lebih baik dan berkualitas.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pada studi literatur ini terdiri dari beberapa jurnal dan *paper* penelitian yang membahas mengenai bagaimana mengatasi interferensi yang sering terjadi pada jaringan telekomunikasi. Selama tiga puluh tahun terakhir jaringan seluler telah berkembang cepat karena meningkatnya permintaan untuk mentransfer media yang efektif dan mudah untuk disesuaikan. Selain itu, peningkatan kapasitas pengguna adalah masalah yang sedang terjadi saat ini, karena pertumbuhan berkelanjutan dari jumlah pengguna.

Berdasarkan riset yang telah dilakukan pada penelitian [3] dapat diketahui bahwa pengguna yang berada di daerah tepi atau jauh dari *base station* sering mendapatkan sinyal yang rendah dikarenakan oleh interferensi dari banyaknya sinyal. Perencanaan jaringan untuk mengurangi interferensi ini didasarkan atas dua hal diantaranya kapasitas yang bisa didapatkan dari jumlah sel yang digunakan dan alokasi daya pancar yang dibutuhkan oleh suatu *base station*. Penelitian selanjutnya masih mengenai manajemen interferensi yaitu menurut [4], ada tiga parameter yang kinerjanya diamati untuk mengetahui tingkat interferensi yang terjadi didalamnya yaitu *Signal Interference Ratio* (SIR), *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR), *Bit Error Rate* (BER), dan *throughput*.

Persoalan *power control* yang diusulkan sejak tahun 1964 untuk mengurangi interferensi *co-channel* sebagai masalah program linier, di mana penulis mempertimbangkan penyelesaian untuk daya transmisi minimum yang diberikan nilai SINR yang diperlukan. Pada tahun-tahun berikutnya, para peneliti menyelidiki *power control* dalam berbagai aplikasi. Sebagian besar pekerjaan hingga awal 1990-an difokuskan pada teknik untuk mempertahankan kekuatan yang diterima pada tingkat yang konstan, misalnya untuk mengatasi masalah yang ada di jaringan CDMA [5].

Penelitian lain menyebutkan [6] algoritma *power control* digunakan untuk mengatasi interferensi *cross-tier downlink* dalam mode akses tertutup yang diperkenalkan. *Power control* digunakan untuk memungkinkan penggunaan kembali menggunakan spektrum dan untuk menjaga interferensi dalam tingkat yang dapat diterima. Menurut penelitian [7] *uplink power control* adalah tugas penting untuk sistem komunikasi telepon seluler. Hal ini meningkatkan QoS pada telepon seluler, dan lebih khusus lagi untuk standar komunikasi LTE. Di satu sisi, *power control* juga menyiapkan pengontrol daya pada ponsel untuk memastikan bahwa SINR tetap berada pada nilai yang sesuai dengan standar yang ada. Di sisi lain, hal ini terdiri dari meminimalkan daya yang

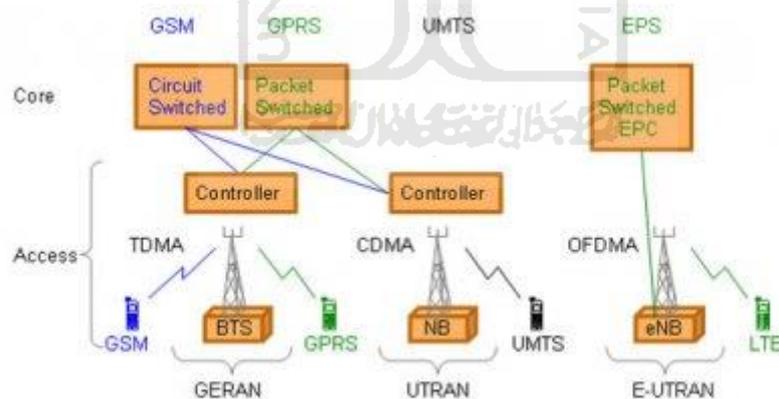
ditransmisikan secara keseluruhan dalam sel untuk meminimalkan gangguan di antara pengguna dan untuk memaksimalkan masa pakai baterai ponsel.

Adapun perbedaan dari penelitian penulis dengan penelitian yang lain mengenai manajemen interferensi adalah penelitian lain hanya melakukan manajemen interferensi dengan metode tertentu tanpa menganalisis hasil perbandingan metode lainnya dimana hasil analisis tersebut berguna untuk melihat perbedaan yang terjadi dalam hal manajemen interferensi yang dapat dilihat dari dua metode yang ada berdasarkan beberapa parameter yang telah ditetapkan. Sedangkan pada penelitian ini, penulis melakukan perbandingan antara metode PC dengan metode ILPC pada tiga daerah jangkauan guna melihat perbedaan metode mana yang lebih optimal dalam mengatasi interferensi.

2.2 Tinjauan Teori

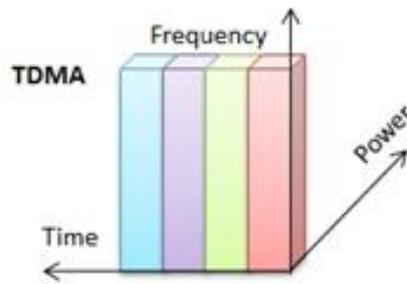
2.2.1 Perkembangan Teknologi Seluler

GSM dikembangkan untuk membawa layanan *real time* menggunakan cara *switch circuit* dengan layanan data yang hanya dimungkinkan melalui koneksi modem *switch circuit* dan dengan kecepatan data yang sangat rendah. Langkah pertama menuju solusi berbasis paket IP *switched* diambil dari evolusi GSM ke GPRS, menggunakan antarmuka udara dan metode akses yang sama yaitu *Time Division Multiple Access* (TDMA) [8].



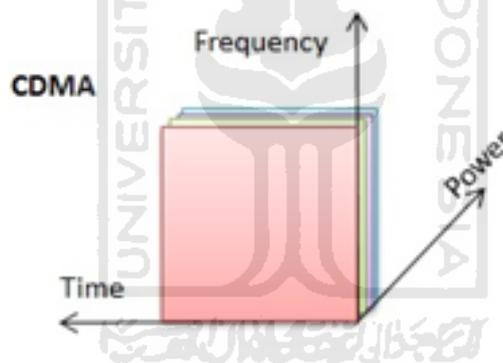
Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan Seluler [8]

Berbagi spektral dalam sistem komunikasi juga disebut *multiple access*, dilakukan dengan cara membagi dimensi pensinyalan sepanjang sumbu waktu, frekuensi, dan atau kode. TDMA merupakan salah satu teknik akses jamak yang menggunakan sinyal pembawa tunggal pada pentransmisian dengan menggunakan pembagian waktu (*time division*) di transponder satelit [9].



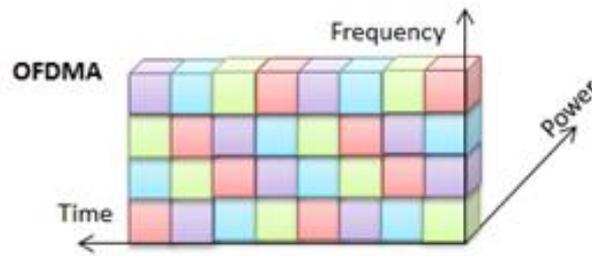
Gambar 2.2 Konfigurasi Teknik TDMA [10]

Code Division Multiple Access (CDMA) merupakan salah satu teknik *multiple access* berbasis teknik spektral tersebar (*spread spectrum*), yaitu dengan cara menebarkan sinyal informasi sepanjang lebar pita frekuensi tertentu dengan menggunakan urutan atau deret kode yang bersifat *random* dan berbeda untuk setiap *user*. Sistem komunikasi *spread spectrum* merupakan teknik *multiple access* dimana pengirim sinyal menduduki lebar pita frekuensi yang jauh lebih besar daripada spektrum minimal yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal informasi [9].



Gambar 2.3 Konfigurasi Teknik CDMA [10]

OFDMA merupakan salah satu tipe dari *Frequency Division Multiplexing* (FDM) dimana dalam suatu pita frekuensi yang tersedia dibagi menjadi sejumlah frekuensi *subcarriers* orthogonal. Pertama-tama data diubah menjadi paralel *bit streams* kemudian dimodulasikan pada setiap *subcarriers* menggunakan skema modulasi konvensional. OFDMA menyediakan *data rate* rendah dari banyak pengguna dan telah membuat delay propagasi menjadi singkat dan konstan. Efek dari *multipath fading* berkurang dengan menggunakan OFDMA, hal ini dikarenakan data *user* dimodulasi ke dalam beberapa frekuensi orthogonal daripada frekuensi tetap selama periode koneksi. OFDMA dipilih sebagai dasar modulasi pada arah *downlink* dalam sistem LTE, dikarenakan memiliki efisiensi spektrum yang tinggi dan kuat dalam menghadapi *multipath fading* [11].



Gambar 2.4 Konfigurasi Teknik OFDMA [10]

Fourth Generation (4G) adalah jaringan *mobile broadband* generasi keempat yang menawarkan akses data yang tinggi. Terapat dua kandidat standar untuk 4G yang dikomersilkan di dunia yaitu yang mempunyai standar WiMAX dan standar *Long Term Evolution* atau disingkat LTE. Jaringan 4G telah mulai meningkatkan data *bandwidth* sekitar sepuluh kali lipat dari jaringan 3G. Teknologi 4G dihadirkan untuk menyediakan jaringan internet dengan kecepatan tinggi kepada pengguna namun tetap menjaga tingkat keamanan, menurunkan biaya layanan suara dan data, multimedia dan internet melalui IP. Kecepatan maksimal jaringan 4G adalah 100 Mbps.

Teknologi generasi kelima (5G) adalah teknologi jaringan nirkabel yang menawarkan akses dengan kecepatan data (*data rate*) yang sangat tinggi dan kapasitas yang lebih besar. *International Mobile and Communication (IMT) 2020* merupakan sebuah tolak ukur untuk spesifikasi teknologi 5G [12]. IMT-2020 telah memberikan spesifikasi teknologi 5G yang dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. ITU-R Pada Kebutuhan Minimum IMT-2020 [12]

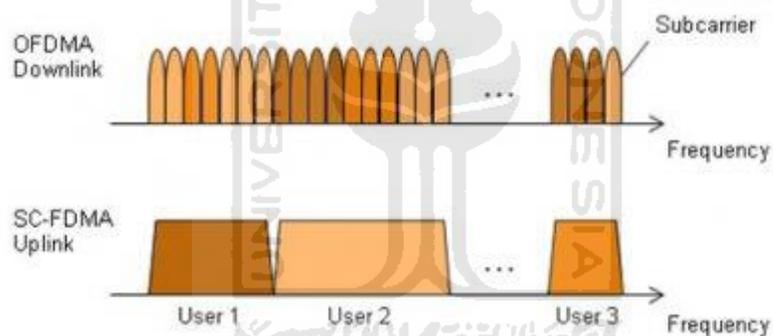
Parameter	Kebutuhan
Puncak <i>data rate</i>	DL = 20 Gbps; UL = 10 Gbps
Puncak efisiensi spektral	DL = 30 bps/Hz (asumsi 8 stream) UL = 10 bps/Hz (asumsi 4 stream)
<i>Bandwidth</i>	>100 MHz; sampai 1 GHz pada frekuensi > 6 GHz
<i>Reliability</i>	99.999 % probabilitas sukses
Latensi (ms)	1 ms

Sampai saat ini, penelitian-penelitian untuk mengembangkan teknologi 5G masih terus berlangsung. Ada dua faktor utama yang menggerakkan perkembangan dari 5G yang pertama adalah sebuah kebutuhan untuk mendukung peningkatan permintaan untuk layanan *broadband* dari berbagai pengiriman melalui *mobile network* dan yang kedua adalah kebutuhan untuk mendukung atau membuat layanan-layanan *Internet of Things (IoT)* termasuk untuk penerapan *Machine-toMachine (M2M)*. Untuk dapat memenuhi target-target kriteria fungsional performansi

yang telah disebutkan sebelumnya, terutama untuk memperoleh kepadatan kapasitas area, efisiensi spektral sistem, dan *peak throughput downlink* per koneksinya, teknologi 5G mengadopsi penggunaan sistem antena MIMO [13].

2.2.2 Long Term Evolution (LTE)

LTE merupakan sebuah evolusi teknologi seluler generasi ke empat yang sedang digunakan saat ini yang diperkenalkan pada 3GPP R8. Persyaratan utama untuk jaringan akses baru adalah efisiensi spektral tinggi, kecepatan data puncak yang tinggi, waktu perjalanan pengiriman dan penerimaan yang pendek serta fleksibilitas dalam frekuensi dan juga *bandwidth* yang memadai. LTE dikembangkan untuk sejumlah pita frekuensi - pita operasi E-UTRA, mulai dari 700 MHz hingga 2,7 GHz. LTE dikembangkan untuk mendukung teknologi *Time Division Duplex* (TDD) maupun *Frequency Division Duplex* (FDD). LTE menggunakan sistem *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) pada sisi downlink sedangkan pada sisi uplink menggunakan *Single Carrier Frequency Division Multiple* atau yang disingkat SC-FDMA. Sistem kerja OFDMA dan SC-FDMA dapat dilihat pada Gambar 2.5 [8].



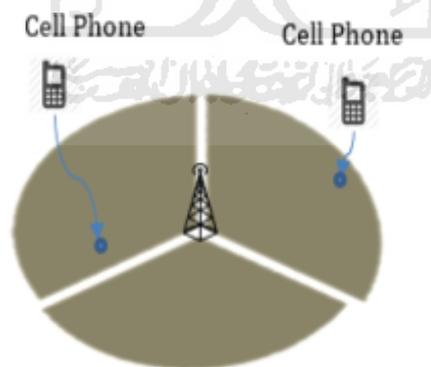
Gambar 2.5 OFDMA dan SC-FDMA [8]

Sebagai hasil pengembangan dari teknologi GSM, LTE memiliki kecepatan data rate hingga 100 Mbps pada *downlink*, 50 Mbps pada *uplink*, serta fleksibilitas *bandwidth* mulai dari 1,4 hingga 20 MHz. LTE berfungsi untuk mengembangkan arsitektur dari sisi *Radio Access Network* nya dan *System Architecture Evolution* (SAE) yang kemudian akan berfungsi untuk mengembangkan arsitektur dari *core network* nya. Pada sistem kerja LTE hasil yang didapatkan berupa *Evolved – Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN) sedangkan untuk hasil kerja SAE hasil yang didapatkan yaitu *Evolved Packet Core* (EPC). Keseluruhan sistem yang telah dikembangkan disebut dengan *Evolved Packet System* (EPS). Didalam *Evolved Packet System* (EPS) terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN, dan EPC. Pada teknologi LTE *Radio Access Network* dan *Core Network* memiliki fungsi untuk mengurangi *latency* jaringan, meningkatkan performansi sistem,

dengan tersedianya *spectrum* yang lebih luas dan teknologi paket radio yang lebih optimal. *Radio Access Network* juga memiliki fungsi untuk modulasi, *handover*, dan *header compression*. Sementara *core network* berfungsi untuk *charging* dan *mobility management*. Oleh karena itu LTE mampu mendukung semua aplikasi yang ada, baik *voice*, data, video, maupun IPTV karena LTE memberikan *coverage* dan kapasitas dan layanan yang lebih besar. Penerapan LTE juga memungkinkan untuk pengeluaran biaya yang lebih rendah dibanding dengan teknologi-teknologi pendahulunya. LTE juga mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasi, serta LTE dapat terhubung dengan teknologi yang sudah ada [14].

2.2.3 *Envolved Node B*

Envolved Node B atau yang biasa dikenal dengan eNodeB atau eNB adalah antar muka jaringan LTE dengan pengguna perangkat komunikasi. Pada jaringan GSM dikenal sebagai BTS dan pada jaringan UMTS dikenal sebagai *Node B*. Perbedaan eNB dengan BTS maupun *Node B* adalah kemampuannya untuk melakukan fungsi kontrol sambungan dan *handover*. Dengan demikian tidak ada lagi pengatur tambahan seperti BSC atau RNC pada sistem LTE [15]. Menurut 3GPP R8 dalam jaringan LTE eNB memiliki fungsi untuk manajemen sumber daya radio, alokasi dinamis sumber daya ke UE di uplink dan downlink, kompresi header IP dan enkripsi aliran data pengguna, dan penjadwalan transmisi informasi siaran [16].



Gambar 2.6 Hubungan UE dengan eNB [17]

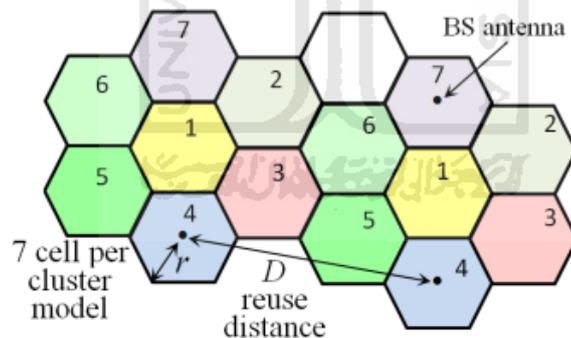
2.2.4 Jaringan Seluler

Operator jaringan membagi seluruh area jangkauan menjadi beberapa wilayah yang lebih kecil yang disebut sel, yang masing-masing dicakup oleh pemancar yang berbeda. Di sinilah istilah teknologi seluler berasal. Pada umumnya bentuk sel tidak beraturan karena kondisi topografi bumi serta kekuatan sinyal dari pemancar. Namun untuk memudahkan perhitungan sel, maka bentuk sel

selalu dianggap heksagonal. Setiap sel memiliki batas yang tidak beraturan karena posisi sel berbeda-beda setiap wilayah. Bukit, bangunan, dan benda lain semuanya menyebabkan sinyal dilemahkan secara berbeda di setiap arah [18].

2.2.5 Pembagian Sel

Saat merencanakan jaringan seluler, operator biasanya mengalokasikan pita frekuensi yang berbeda ke sel yang berdekatan sehingga gangguan berkurang bahkan ketika area cakupan sedikit tumpang tindih. Dengan cara ini, sel dapat dikelompokkan bersama dalam apa yang disebut *cluster*. *Cluster* biasanya terdiri dari tujuh sel, tetapi konfigurasi lain dimungkinkan. Ada sejumlah persyaratan yang saling bertentangan yang perlu diseimbangkan ketika memilih jumlah sel dalam sebuah *cluster*. Hal ini termasuk membatasi level interferensi dan jumlah pita frekuensi atau saluran yang dapat dialokasikan ke setiap situs sel. Sangat penting untuk membatasi gangguan antar sel yang menggunakan pita frekuensi yang sama. Topologi konfigurasi sel memiliki dampak besar pada hal ini. Semakin besar jumlah sel dalam gugus, semakin besar jarak yang dibutuhkan antara sel yang memiliki frekuensi yang sama [18]. Ukuran sel berdasarkan cakupan dibagi dalam beberapa jenis di antaranya *picocell* yang memiliki jangkauan 30 m, *microcell* yang memiliki jangkauan hingga 1 km, dan *macrocell* yang memiliki jangkauan hingga 30 km [19].

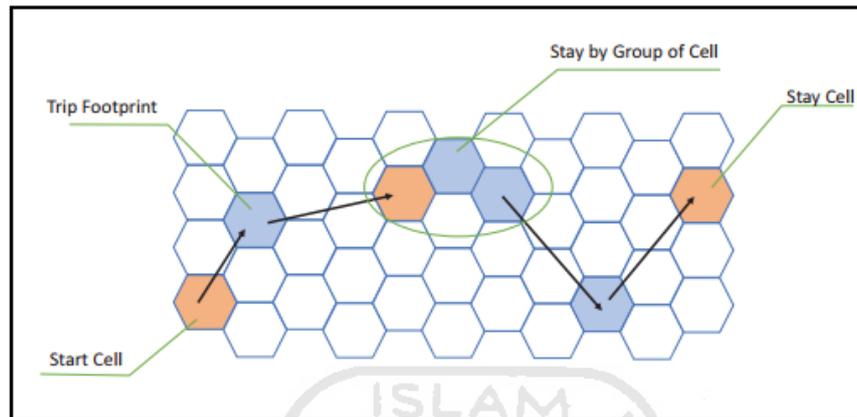


Gambar 2.7 Desain Sistem *Cluster* Seluler [20]

2.2.6 Interferensi Jaringan Seluler

Interferensi adalah suatu sinyal pengganggu yang tidak diinginkan keberadaannya dan merupakan salah satu faktor yang membatasi kinerja sistem jaringan seluler. Penyebab terjadinya interferensi dikarenakan frekuensi yang digunakan sama atau frekuensi yang berdekatan (*adjacent channel*) dan juga disebabkan oleh besarnya daya pancar yang digunakan untuk transmisi sinyal. Interferensi dapat menurunkan kinerja pengirim dalam memancarkan sinyal informasi dan mengganggu kinerja penerima dalam menerima sinyal informasi yang dikirimkan oleh *transmitter*.

Akibat yang ditimbulkan oleh interferensi ini adalah terjadinya *error* pada bit-bit informasi yang sedang ditransmisikan dan dapat menyebabkan terjadinya *delay* saat proses transmisi. *Error* yang disebabkan oleh interferensi ini dapat berdampak pada informasi yang diterima oleh penerima menjadi *corrupt* dan tidak dapat dibaca oleh penerima tersebut. Informasi yang *corrupt* tersebut akan ditransmisikan ulang kepada penerima, sehingga terjadi *delay* atau penambahan waktu dalam mentransmisikan informasi tersebut [21].



Gambar 2.8 Ilustrasi Aktivitas Interferensi Pada Pengguna Jaringan Seluler [17]

Adapun jenis-jenis interferensi dalam jaringan dua tingkat adalah diklasifikasikan sebagai berikut [22] :

- a. Interferensi *co-tier* : Jenis interferensi ini terjadi di antara elemen-elemen jaringan yang dimiliki oleh tingkat yang sama dalam jaringan. Dalam kasus jaringan *femtocell*, gangguan *co-tier* terjadi antara *femtocell* tetangga.
- b. Interferensi *cross-tier* : Jenis interferensi ini terjadi di antara elemen-elemen jaringan yang dimiliki oleh tingkatan jaringan yang berbeda, yaitu interferensi antara *femtocell* dan *macrocell*.

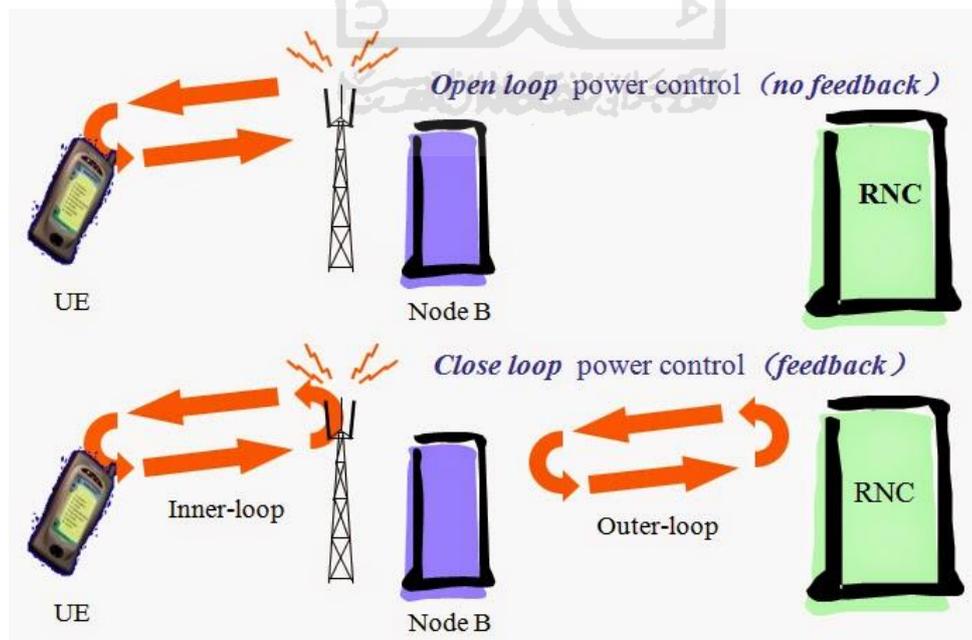
2.2.7 Metode *Power Control*

Metode *power control* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam melakukan manajemen interferensi komunikasi jaringan seluler. Metode ini bekerja dengan mengatur atau mengontrol besaran daya yang digunakan perangkat dalam transmisi baik oleh perangkat eNB maupun perangkat UE sehingga daya interferensi dapat diminimalisasi karena level interferensi yang tinggi dari sel tetangga dapat membatasi area cakupan jika yang menjadi sumber interferensi tersebut tidak dikontrol dayanya. Metode ini memperbaiki beberapa parameter seperti SINR, *throughput*, dan BER. Kontrol daya dalam transmisi yang dilakukan UE merupakan hal yang dibutuhkan. Agar daya pancar sesuai dengan kebutuhan dan meningkatkan parameter QoS

sehingga pengaruh interferensi yang diterima dapat diminimalisir [23]. Selain itu metode ini juga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum dan kualitas layanan [24].

Untuk memaksimalkan efisiensi spektral, 3GPP LTE merancang untuk kedua frekuensi *reuse* yakni pada sisi *downlink* dan *uplink*, artinya semua sel yang ada dalam jaringan menggunakan pita frekuensi yang sama. Jadi dengan penggunaan kembali frekuensi 1, baik data maupun saluran kontrol akan peka terhadap gangguan antar sel. Kinerja tepi sel dan kapasitas sel dapat dibatasi oleh *inter-cell interference*. Karenanya peran *closed loop power control* menjadi penentu untuk menyediakan SINR yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat yang dapat diterima komunikasi antara eNB dan UE sambil mengendalikan gangguan yang disebabkan oleh sel tetangga [25].

Metode *power control* terbagi menjadi dua mekanisme yakni *uplink power control* dan *downlink power control*. *Uplink power control* dibagi menjadi tiga jenis yakni *open loop power control*, *inner loop power control*, dan *closed loop power control*. Sedangkan *downlink power control* dibagi menjadi dua yakni *dynamic power allocation* dan *fixed power control* [26]. Dapat dilihat pada Gambar 2.9, dalam *open loop power control* UE menentukan daya transmisinya dengan algoritma pengaturan daya sendiri. Algoritma pengaturan daya ini menerima banyak masukan, tetapi semua masukan ini berasal dari pengaturan internal UE atau data pengukuran oleh UE, tidak ada masukan umpan balik dari eNB. Sedangkan dalam *close loop power control* terdapat umpan balik dari eNB ke UE [27].



Gambar 2.9 Mekanisme *Open Loop Power Control* dan *Closed Loop Power Control*

Beberapa kegunaan yang terdapat pada *power control* diantaranya adalah sebagai berikut [28]:

1. Memastikan kualitas layanan (QoS)

Power control menyesuaikan daya pancar ke nilai yang optimal untuk menyediakan layanan dengan tingkat kualitas tertentu.

2. Mengurangi interferensi

Power control mengurangi interferensi dalam sel terutama interferensi yang berasal dari sel tetangga.

3. Konsumsi daya lebih rendah

Uplink power control menurunkan konsumsi daya pada UE, dan *downlink power control* menurunkan konsumsi daya pada eNodeB.

4. Memperluas cakupan dan kapasitas

Interferensi banyak terjadi dalam sebuah jaringan, terutama interferensi ke sel tetangga yang berasal dari UE di tepi sel. Untuk mengurangi interferensi, *uplink power control* menggunakan teknik yang dikenal sebagai *Fractional Power Control* (FPC) untuk menurunkan interferensi ke sel tetangga, sehingga meningkatkan kapasitas jaringan.

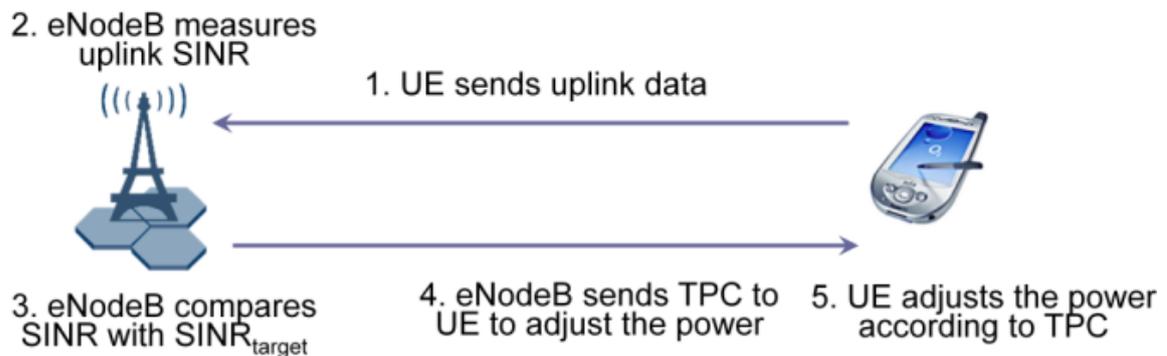
Tabel 2.2 Klasifikasi Metode *Power Control* [28]

<i>Uplink Power Control</i>	<i>Downlink Power Control</i>
Sounding RS	<i>Cell-specific Reference Signal</i>
	<i>Synchronization Signal</i>
PRACH	PBCH
	PCFICH
PUSCH	PDCCH
	PDSCH
PUCCH	PDCCH

2.2.8 Metode *Inner Loop Power Control*

Metode *inner loop power control* merupakan bagian dari metode *uplink power control*. *Inner loop power control* dalam *uplink* adalah kemampuan pemancar UE untuk menyesuaikan daya keluarannya sesuai dengan satu atau lebih perintah TPC yang diterima di downlink. Langkah pengontrolan daya dalam hal ini adalah perubahan daya UE keluaran pemancar sebagai respon terhadap perintah TPC yang diturunkan di UE. Pemancar UE harus memiliki kemampuan untuk mengubah daya keluaran dengan ukuran langkah 1 dB, 2 dB atau 3 dB sesuai nilai TPC di slot segera setelah TPC_cmd dapat diturunkan. Salah satu kelemahan metode ini adalah apabila

terdapat kesalahan berlebih pada pengulangan kontrol daya dapat menurunkan kapasitas sistem. [29]. Gambar 2.10 menunjukkan mekanisme metode *inner loop power control*.



Gambar 2.10 Mekanisme Metode *Inner Loop Power Control* [28]

2.2.9 Signal to Interference Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan nilai dari rasio antara daya sinyal yang diterima oleh pengguna (UE) atau eNB terhadap jumlah daya interferensi dan daya noise yang terjadi. Besarnya nilai dari daya interferensi dan noise akan menyebabkan SINR pada suatu komunikasi tidak memenuhi standar QoS. Nilai SINR akan semakin membaik ketika nilai daya yang diterima oleh pengguna semakin besar [30]. Namun daya yang diterima harus masih dalam ambang batas (*threshold*) yang telah ditetapkan. Dalam menentukan besarnya SINR digunakan persamaan 2.1 berikut:

$$SINR = \frac{P}{I + N} \quad (2.1)$$

dengan nilai:

- $SINR$ = Signal to Interference Noise Ratio (dB)
- P = Daya yang diterima (watt)
- I = Daya Interferensi (watt)
- N = Daya Noise (watt)

2.2.10 Throughput

Nilai *throughput* dapat dikatakan sebagai *bandwidth* aktual yang digunakan dari sebuah transmisi data pada proses komunikasi. *Throughput* merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas suatu layanan komunikasi. Nilai *throughput* secara umum dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [31] :

$$C = B \times \log_2 (1 + SINR) \quad (2.2)$$

dengan nilai:

C = Kapasitas *throughput* (Bps)

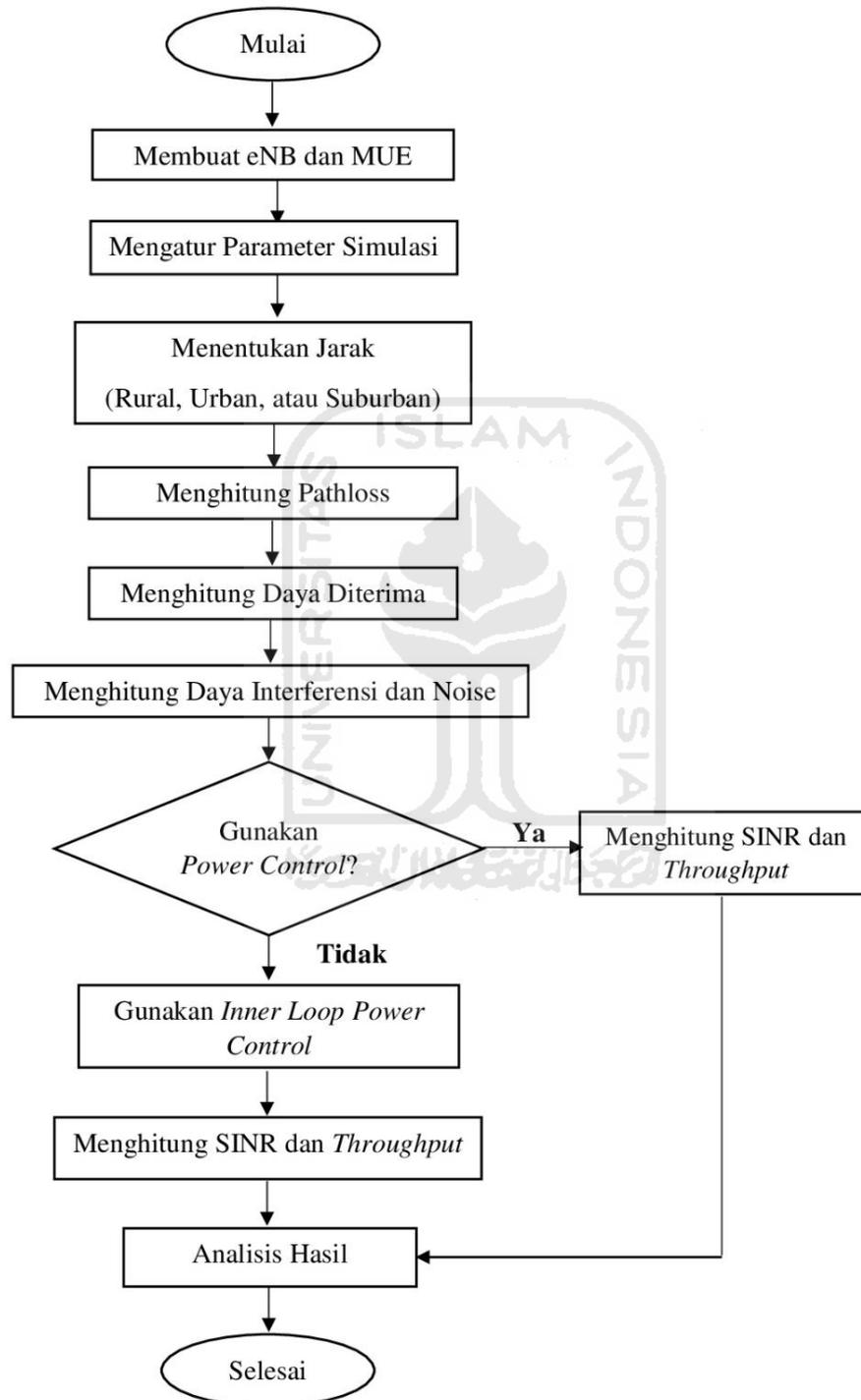
B = Nilai *bandwidth* (Hz)



BAB 3

METODOLOGI

Pada bab ini akan menjelaskan alur penelitian dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1 Membuat eNB dan MUE

Langkah pertama dalam melakukan simulasi ini adalah dengan membangkitkan eNB dan UE. Jumlah eNB yang digunakan dalam simulasi adalah 2 buah. Satu *macrocell* terdiri dari satu eNB yang masing-masing memiliki *user* berjumlah 100. Jadi total *user* yang ada dalam 2 *macrocell* adalah 200 *user*. eNB diletakkan pada posisi tetap, dengan koordinat sumbu x dan sumbu y. Koordinat ini ditentukan agar posisi masing-masing eNB terletak tepat di tengah sel seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menyebarkan UE dengan jumlah 100 *user* untuk setiap *macrocell*.

3.1.2 Mengatur Parameter Simulasi

Parameter yang digunakan dalam simulasi ditunjukkan pada Tabel 3.1. Besar nilai radius atau jarak cakupan eNB 1 yang digunakan dibagi menjadi 3 yaitu dengan jarak 450 meter untuk daerah rural dimana diasumsikan sebagai daerah *outdoor* yang tidak terdapat gedung tinggi. Jarak 800 meter diasumsikan untuk wilayah suburban dimana diasumsikan daerah *outdoor* dan tidak terdapat gedung tinggi terlalu banyak. Lalu jarak 950 meter adalah untuk wilayah urban, dimana wilayah tersebut diasumsikan sebagai wilayah *outdoor* dan terdapat banyak gedung tinggi. Lalu jarak cakupan eNB 2 adalah 1550 meter untuk daerah rural, 1200 meter untuk daerah suburban, dan 1050 meter untuk daerah urban. Nilai-nilai tersebut berdasarkan asumsi yang didasarkan pada konstruksi yang ada di lapangan, bahwa ada eNB yang terletak di daerah perkotaan maupun pedesaan, oleh karena itu jarak eNB yang ada tidak selalu sama. Pada simulasi ini eNB 1 terletak lebih dekat dengan daerah rural, sedangkan pada eNB 2 terletak lebih dekat dengan daerah urban atau perkotaan. Nilai daya transmisi maksimal dari eNB yang digunakan pada simulasi adalah nilai transmisi maksimal sesuai dengan standar 3GPP [32]. Nilai *bandwidth* yang digunakan pada simulasi merupakan nilai *bandwidth* maksimum pada jaringan LTE yakni 20 MHz dan nilai *noise* yang digunakan adalah *noise thermal* dengan nilai -174 dBm/Hz.

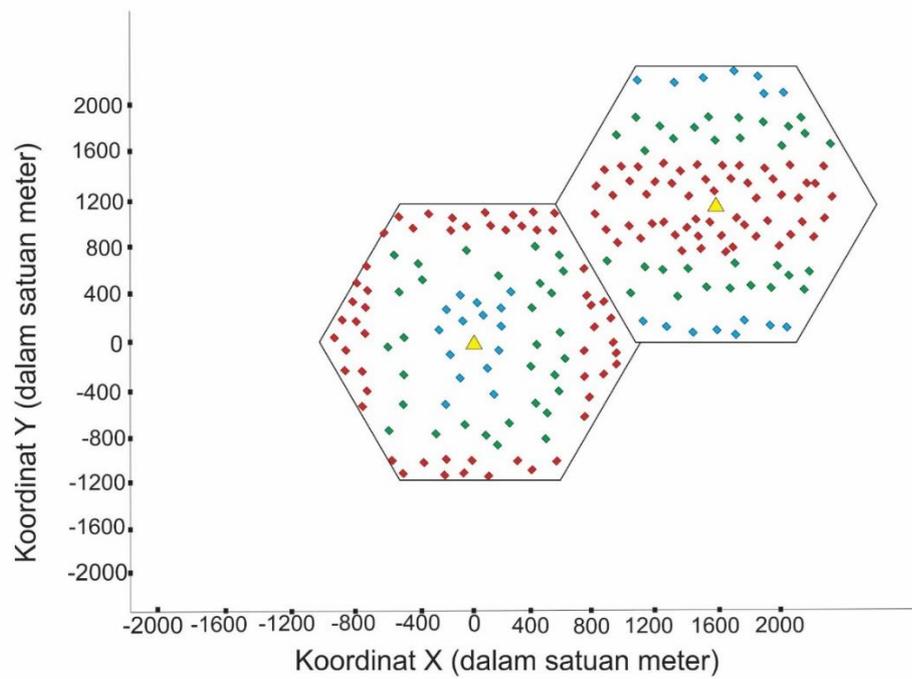
Tabel 3.1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Jumlah eNB	2 buah
Jumlah <i>macrocell</i>	2 buah
Jumlah <i>user</i> per <i>macrocell</i>	100 <i>user</i>
Radius eNB 1	Rural = 0 – 450 m Suburban = 450 – 800 m Urban = 800 – 950 m
Radius eNB 2	Rural = 1200 – 1550 m Suburban = 1050 – 1200 m Urban = 950 – 1050 m
Daya maksimal transmisi eNB	46 dBm
Daya maksimal transmisi UE	23 dBm
<i>Limit power</i>	20 dB
<i>Bandwidth</i>	20 MHz
<i>Noise Thermal</i>	-174 dBm/Hz

3.1.3 Menentukan Jarak (Daerah Jangkauan)

Dalam penelitian ini penulis menggunakan tiga daerah jangkauan yang berbeda guna menganalisis interferensi yang terjadi dan cara mengurangnya. Tiga daerah jangkauan yang akan digunakan dalam simulasi yaitu daerah rural, suburban, dan urban. Perbedaan wilayah rural, suburban, dan urban dilihat dari jarak antar eNB 1 ke UE maupun jarak antar eNB 2 ke UE. Topologi jaringan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Ketiga daerah jangkauan ini juga memiliki standar yang berbeda. Pengertian daerah rural adalah daerah pedesaan yang jauh dari kota dan biasanya dicakup oleh *macrocell* ataupun satelit. Pengguna pada daerah rural pun cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan pengguna pada daerah suburban dimana pada daerah rural hanya terdiri dari 30 *user*. Selanjutnya daerah suburban, yaitu daerah yang hampir mendekati perkotaan yang biasanya tercover oleh *macrocell*. Pengguna pada daerah suburban cenderung lebih banyak dari pengguna pada daerah rural yang terdiri dari 60 *user*. Sedangkan daerah urban adalah daerah perkotaan yang memiliki penduduk padat dan memiliki banyak gedung tinggi yang bisa menjadi faktor pemicu interferensi dalam suatu jaringan. Pada simulasi yang dijalankan daerah urban memiliki 110 *user*.



Gambar 3.2 Skenario Simulasi Jaringan

Keterangan:

-  : eNB
-  : *User* rural area
-  : *User* suburban area
-  : *User* urban area

Setelah menentukan daerah jangkauan, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah menghitung *pathloss* berdasarkan jarak yang telah ditetapkan pada Tabel 3.1. Perhitungan *pathloss* dapat dilihat melalui persamaan 3.3 berikut ini.

$$Pl \text{ Cell Link} = 128 + 37,6(\log(d[\text{km}])) \quad (3.3)$$

dengan nilai:

$$Pl \text{ Cell Link} = \text{Pathloss Seluler Link (dB)}$$

$$d = \text{Jarak antara dua perangkat yang dilakukan perhitungan pathloss (km)}$$

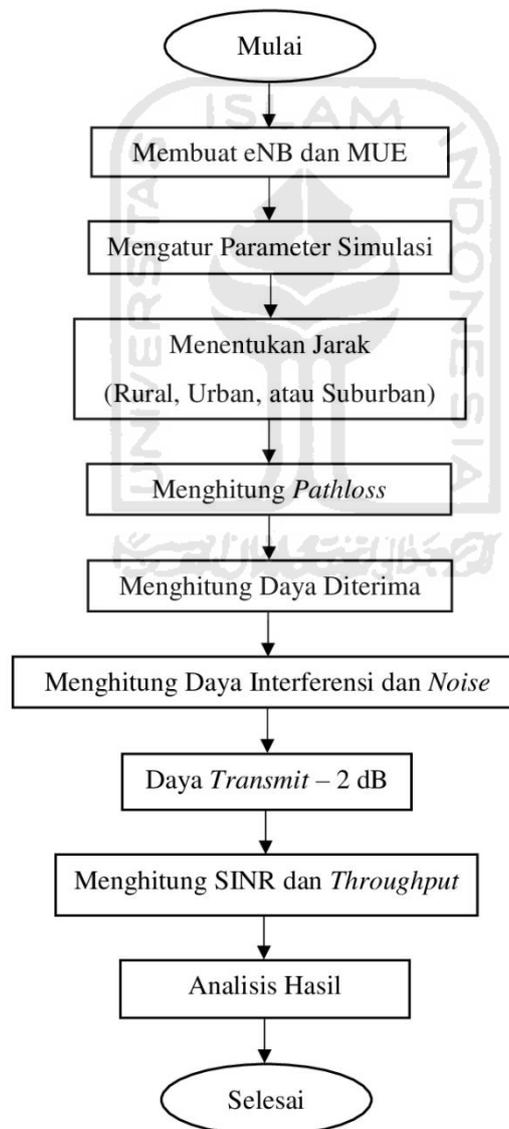
3.1.4 Menghitung Daya Diterima

Perhitungan daya ini dilakukan oleh simulasi yang dipantau secara terus menerus dengan nilai yang telah ditentukan oleh penulis. Daya yang diterima adalah daya yang dipancarkan oleh eNB terhadap *user* yang selanjutnya akan digunakan sebagai perhitungan dalam simulasi. Kuat

sinyal yang diterima oleh UE dari eNB masing-masing berbeda satu sama lain. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh redaman akibat rugi-rugi lintasan propagasi yang dialami setiap UE berbeda tergantung pada jarak masing-masing UE dengan eNB.

3.1.5 Metode *Power Control*

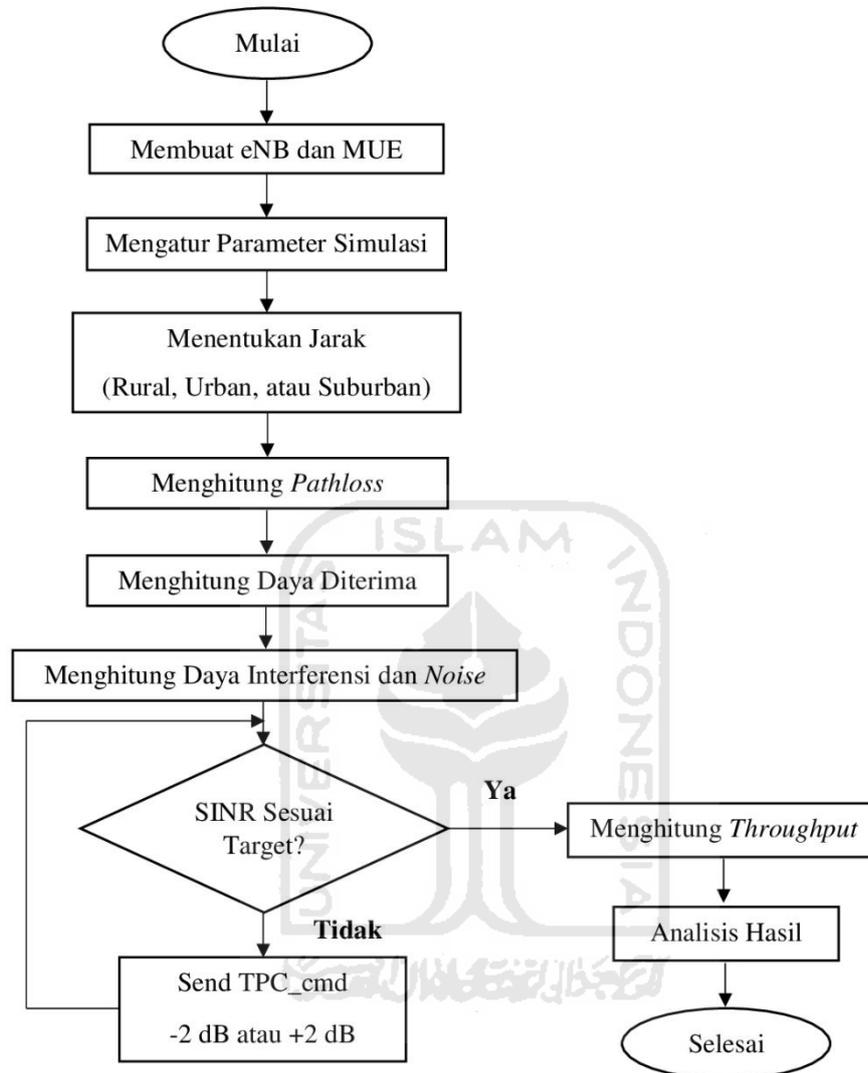
Gambar 3.3 menunjukkan langkah pengurangan intereferensi dengan menggunakan metode *power control*. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *uplink power control* dengan mekanisme *open loop* yakni tidak ada perulangan atau umpan balik dari eNB ke UE. Metode ini memainkan daya *transmit* yakni dengan cara menurunkan daya transmisi penginterferensi sebesar 2 dB sebanyak 10 kali yakni dari nilai 46 dB sampai 28 dB yang selanjutnya dilakukan perhitungan nilai SINR dan *throughput*.



Gambar 3.3 Diagram Alir *Metode Power Control*

3.1.6 Metode *Inner Loop Power Control*

Langkah pengurangan interferensi yang terjadi dengan menggunakan metode *inner loop power control* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Metode *Inner Loop Power Control*

Ketika sakelar *InnerLoopPuschSwitch* di bawah parameter *ULPCAlgoSwitch* diatur ke ON, daya pancar untuk PUSCH secara berkala diatur untuk menyesuaikan dengan perubahan lingkungan saluran berdasarkan perbedaan antara SINR terukur dan SINR target. Jika SINR terukur lebih besar dari SINR target, maka eNB mengirimkan perintah TPC untuk melakukan penurunan daya pancar. Jika SINR terukur lebih kecil dari SINR target, eNB mengirimkan perintah TPC untuk meningkatkan daya pancar [28]. Apabila SINR telah memenuhi target maka proses pengulangan akan berhenti dan selanjutnya simulasi akan melakukan perhitungan nilai *throughput*. Target nilai SINR yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Perbedaan antara metode *power control* dengan metode *inner loop power control* adalah dalam metode *power control* simulasi akan berjalan selama 10 kali tanpa umpan balik dari eNB. Sedangkan pada metode *inner loop power control* terdapat umpan balik dari eNB untuk melakukan perulangan secara terus menerus sampai nilai SINR terpenuhi seiring dengan berjalannya pengontrolan nilai TPC.

3.1.7 Menghitung SINR dan *Throughput*

Nilai QoS yang diamati pada penelitian ini adalah SINR dan *throughput*. Berikut adalah standar parameter yang baik, untuk SINR ditunjukkan pada Tabel 3.2, dan untuk nilai *throughput* ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Parameter SINR [33]

Kategori	SINR (dB)
Sangat Bagus	≥ 20
Bagus	13 – 20
Sedang	0 – 13
Jelek	≤ 0

Tabel 3.3 Parameter *Throughput* [33]

Kategori	<i>Throughput</i>
Sangat Bagus	$> 2,1$ Mbps
Bagus	1200 kbps – 2,1 Mbps
Sedang	700 – 1200 kbps
Jelek	338 – 700 kbps
Sangat Jelek	0 – 338 kbps

3.1.8 Analisis Hasil

Analisis yang dilakukan dari pengamatan pada perangkat UE pada sistem dengan jumlah total 200 pengguna, dimana parameter yang diamati adalah nilai SINR dan *throughput*. Langkah selanjutnya setelah didapati nilai SINR dan *throughput* adalah menganalisis hasil perbandingan dari ketiga simulasi yakni sebelum diberikan metode, sesudah diberikan metode *power control* dan sesudah diberikan metode *inner loop power control*. Bertambah besarnya nilai QoS menjadi parameter penulis atas keberhasilan simulasi yang dijalankan.

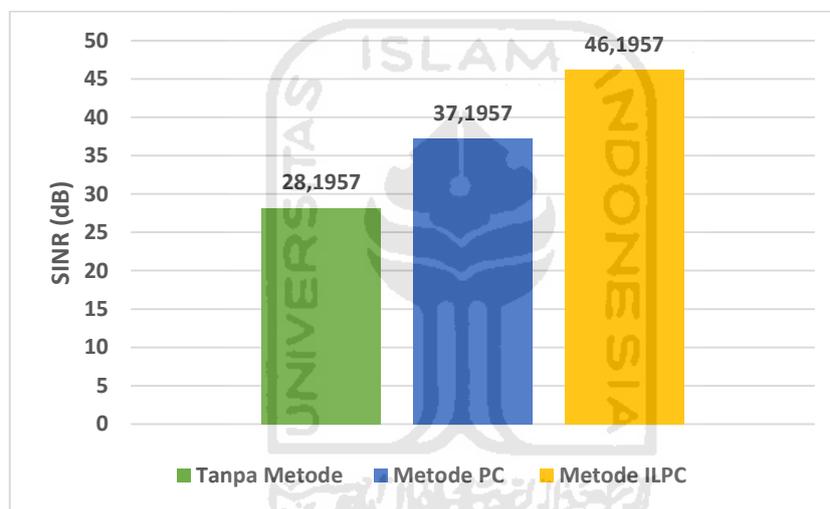
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis QoS

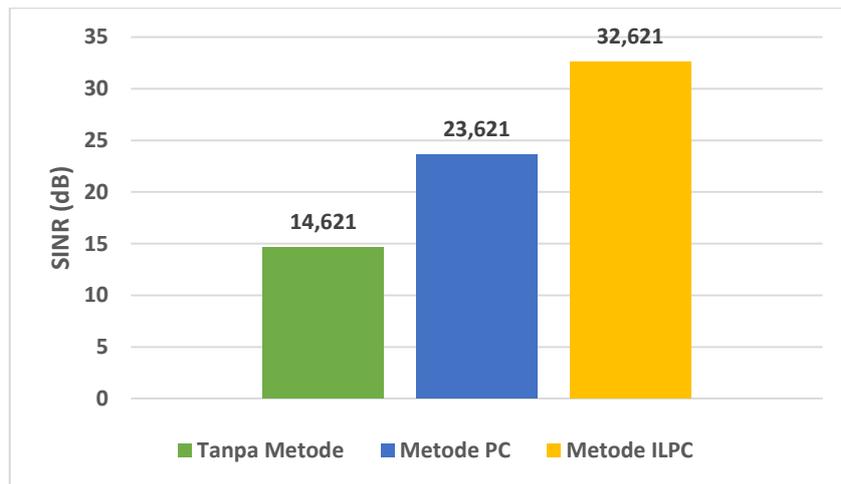
4.1.1 Analisis SINR

Setelah didapatkan nilai daya terima (S), daya interferensi (I), dan noise, maka selanjutnya adalah menghitung SINR. Gambar 4.1 menunjukkan grafik rata-rata perhitungan nilai SINR pada daerah rural dari ketiga skenario. Dapat dilihat grafik SINR yang terus naik sampai dengan skenario ketiga. Dari ketiga skenario ini metode *power control* dan *inner loop power control* terbukti dapat memperbaiki nilai SINR jaringan pada daerah tersebut.



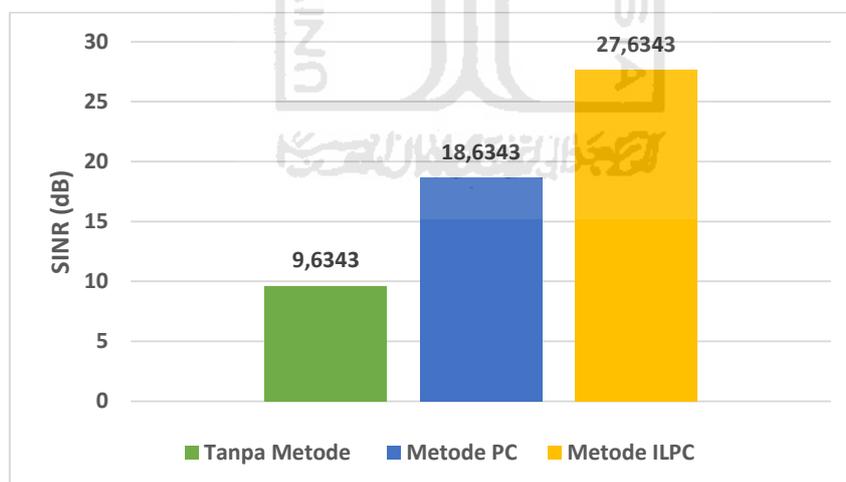
Gambar 4.1 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Rural

Naiknya nilai SINR tersebut menandakan bahwa interferensi yang dihasilkan dapat diminimalisir. Standar parameter pengukuran SINR dapat dilihat pada Tabel 3.2. Peningkatan nilai SINR memiliki nilai yang signifikan yaitu sebesar 9 dB pada setiap skenario yang ada untuk ketiga daerah jangkauan, hal ini dikarenakan pengaturan daya pancar dari eNB yang mempengaruhi nilai SINR yang dihasilkan. Nilai SINR pada daerah rural atau pedesaan cenderung lebih besar daripada daerah lainnya dikarenakan bahwa pengguna jaringan pada daerah rural cenderung lebih sedikit yakni berjumlah 30 pengguna dibandingkan dengan daerah urban atau perkotaan yang pengunanya jauh lebih banyak.



Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Suburban

Sedangkan pada daerah suburban dengan kepadatan pengguna yang diasumsikan berjumlah 60, dibandingkan dengan tidak menggunakan metode SINR hanya bernilai 14.621 dB yang mana masih dibawah standar nilai SINR yang baik pada jaringan LTE. Hal ini dikarenakan pengaturan daya pancar dari eNB yang mempengaruhi nilai SINR yang dihasilkan. Pada daerah suburban atau pinggiran kota ini memiliki nilai SINR yang cenderung lebih rendah daripada daerah rural dikarenakan pengguna jaringan pada daerah pinggiran kota lebih banyak daripada daerah rural.



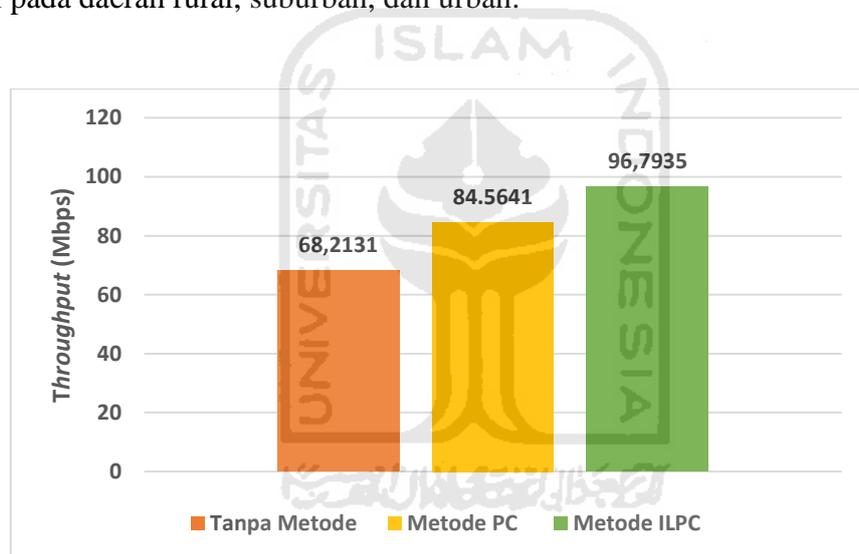
Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Nilai SINR Daerah Urban

Berbeda pada daerah urban, pada daerah ini cenderung memiliki nilai SINR yang paling rendah dari ketiga skenario. Hal ini dikarenakan pengguna jaringan di daerah perkotaan padat, oleh karena itu nilai SINR setiap UE juga menjadi lebih kecil dibandingkan dengan daerah pedesaan dan daerah pinggiran kota karena harus membagi dengan pengguna lain yang lebih banyak. Hal ini membuktikan bahwa dengan naiknya nilai SINR maka interferensi yang terjadi

pada ketiga daerah jangkauan tersebut dapat diminimalisir dengan menggunakan kedua metode tersebut. Dapat dilihat metode ILPC memiliki hasil rata-rata nilai SINR tertinggi untuk ketiga daerah jangkauan daripada hasil simulasi tanpa menggunakan metode dan menggunakan metode *power control*. Hal ini membuktikan bahwa metode ILPC bisa digunakan untuk mengatasi interferensi jaringan yang terjadi.

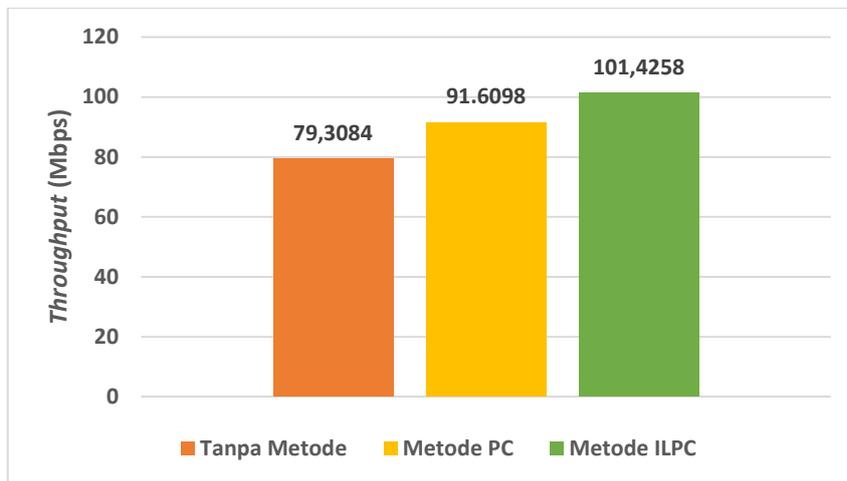
4.1.2 Analisis *Throughput*

Setelah mendapatkan nilai SINR, selanjutnya parameter QoS yang diamati adalah nilai *throughput* dari sistem pada perangkat UE. Dalam melakukan perhitungan digunakan persamaan 2.2 yang mengacu pada standar parameter *throughput* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3. Berikut adalah rata-rata nilai *throughput* yang diperoleh dari simulasi dengan tanpa menggunakan metode, dengan menggunakan metode PC, dan dengan menggunakan metode ILPC dari masing-masing skenario yakni pada daerah rural, suburban, dan urban.



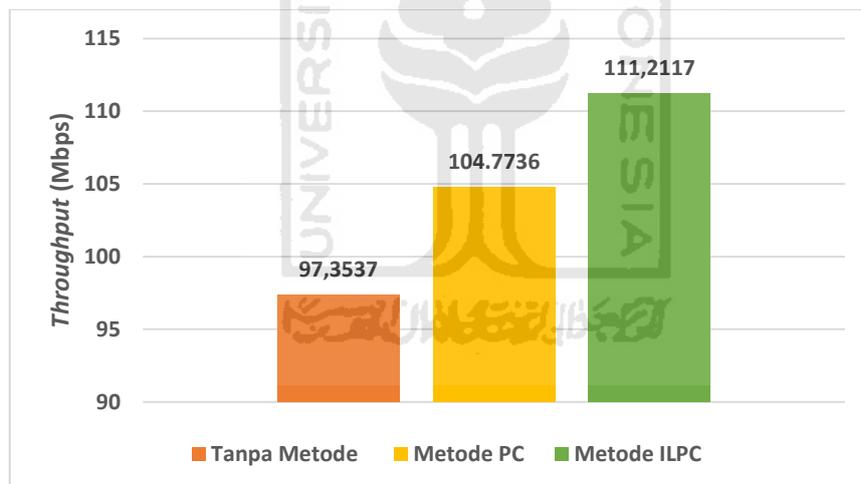
Gambar 4.4 Grafik Rata-rata Nilai *Throughput* Daerah Rural

Gambar 4.4 menunjukkan rata-rata nilai *throughput* dari simulasi untuk daerah rural. Diperoleh bahwa dalam simulasi nilai *throughput* mengalami kenaikan setelah penggunaan kedua metode baik metode PC maupun metode ILPC. Hasil nilai *throughput* untuk setiap *user* pada daerah rural yang berjumlah 30 terdiri dari tiga nilai yaitu tanpa metode didapatkan hasil sebesar 2.27 Mbps, dengan metode PC sebesar 2.81 Mbps, dan dengan metode ILPC sebesar 3.22 Mbps. Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai *throughput* pada daerah rural memiliki hasil yang sangat baik.



Gambar 4.5 Grafik Rata-rata Nilai *Throughput* Daerah Suburban

Pada daerah suburban dengan jumlah pengguna sebanyak 60, didapatkan tiga nilai throughput yang berbeda untuk setiap user yang ada didalam daerah jangkauan tersebut yaitu tanpa metode didapatkan hasil sebesar 1.32 Mbps, dengan metode PC 1.52 Mbps, dan metode ILPC sebesar 1.69 Mbps.



Gambar 4.6 Grafik Rata-rata Nilai *Throughput* Daerah Urban

Sedangkan pada daerah urban yang memiliki kepadatan pengguna yang berjumlah 110. Ada tiga nilai yang berbeda untuk setiap *user* pada daerah urban yaitu dengan tanpa metode 0.08 Mbps, dengan metode PC 0.95 Mbps, dan dengan metode ILPC sebesar 1.01 Mbps. Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai *throughput* pada daerah urban memiliki nilai yang cukup bagus, namun tidak sebgus dua daerah sebelumnya dikarenakan pengguna pada daerah perkotaan lebih banyak.

Nilai *throughput* untuk ketiga daerah jangkauan dengan kedua metode yang digunakan mengalami kenaikan yang signifikan jika dibandingkan tanpa menggunakan metode.

Meningkatnya nilai *throughput* ini juga seiring dengan meningkatnya nilai SINR. Hal ini menunjukkan bahwa kedua parameter ini memiliki keterkaitan dan harus selalu diperhatikan performansinya karena mewakili kualitas sebuah jaringan dalam komunikasi seluler. Nilai *throughput* pada daerah rural memiliki nilai tertinggi diantara kedua daerah jangkauan yang lain, hal ini juga diseimbangkan dengan jumlah *user* yang ada pada setiap wilayah, dimana *user* yang ada pada wilayah rural hanya berjumlah 30. Sedangkan pada daerah urban atau perkotaan memiliki pengguna jaringan paling banyak pada simulasi ini yakni berjumlah 110 pengguna dan juga memiliki hasil nilai *throughput* paling rendah diantara dua daerah jangkauan yang lain. Dari persoalan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah *user* sangat mempengaruhi nilai *throughput* yang dihasilkan. Semakin banyak pengguna maka semakin sedikit pula persediaan *bandwidth* aktual yang didapatkan oleh pengguna jaringan tersebut.

Selain analisis dari sisi pengguna, sebelum mendapatkan nilai SINR maupun *throughput*, sebelumnya dilakukan perhitungan *pathloss*. Dari sisi karakteristik daerah jangkauan yang digunakan menunjukkan bahwa *pathloss* yang dihasilkan pada daerah urban memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan daerah suburban maupun rural area dikarenakan wilayah urban memiliki struktur bangunan yang lebih tinggi dan padat.

Secara keseluruhan metode yang lebih baik dalam mengatasi masalah interferensi adalah metode *inner loop power control* karena metode *inner loop power control* memiliki manajemen yang lebih baik daripada metode *power control*, dan memiliki performa yang lebih konstan dalam pengaturan daya, serta keluaran yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih variatif. Namun kesalahan berlebih pada pengulangan pengontrolan daya dapat menurunkan kapasitas sistem.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan pembahasan penelitian ini dapat penulis simpulkan bahwa:

1. Metode PC dan metode ILPC mampu melakukan manajemen interferensi yang terjadi dengan mengontrol daya *transmit* dari perangkat yang memberi interferensi.
2. Metode PC dan ILPC mampu memperbaiki nilai SINR dan *throughput* menjadi lebih optimal.
3. Pada daerah rural, suburban, dan urban terjadi peningkatan rata-rata nilai SINR yang didapatkan setiap pengguna menjadi sebesar 31.9% untuk metode PC dan 63.8% untuk metode ILPC.
4. Saat diimplementasikan metode PC pada daerah rural terjadi peningkatan rata-rata nilai *throughput* dalam suatu sistem jaringan menjadi sebesar 23.9%, daerah suburban sebesar 15.5%, dan daerah urban sebesar 7.6%.
5. Saat diimplementasikan metode ILPC pada daerah rural terjadi peningkatan rata-rata nilai *throughput* dalam suatu sistem jaringan menjadi sebesar 41.8%, daerah suburban sebesar 27.8%, dan daerah urban sebesar 14.2%.
6. Secara keseluruhan metode ILPC lebih efisien untuk manajemen interferensi yang terjadi dibandingkan dengan metode PC.
7. Interferensi dari komunikasi antar *macrocell* terhadap komunikasi jaringan seluler sangat mempengaruhi *power transmit* yang diberikan oleh eNB terhadap UE dan juga sebaliknya.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini penulis menyarankan agar kinerja penelitian selanjutnya:

1. Menambahkan jumlah *user* pada setiap sel.
2. Mempertimbangkan mobilitas *user*.
3. Menambahkan parameter QoS yang dianalisis.

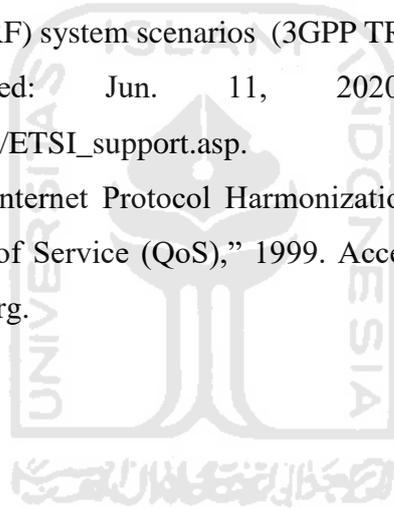
DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Pokharna, M. Kumawat, and S. Bhati, "Reduction of Interference," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, no. Issue-3, pp. 1005–1007, Apr. 2019, doi: 10.31142/ijtsrd22896.
- [2] T. Chiang, Mung. Hande, Prashanth. Lan, *Power Control in Wireless Cellular Networks*. 2010.
- [3] R. J. Nst *et al.*, "Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) di Kota Bandung Menggunakan Metode Optimal Fractional Frequency Reuse (OFFR) Sebagai Manajemen Interferensi," vol. 3, no. 3, pp. 4537–4543, 2016.
- [4] W. Mustika, B. M. S. Nirmala, and S. Sulisty, "Pendekatan Teori Permainan Potensial untuk Manajemen Interferensi pada Jaringan Makro-Femto," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i1.182.
- [5] E. Karamad, R. Adve, and J. Chow, "Power Control and Interference Management in Dense Wireless Networks," Nov. 2012, Accessed: Apr. 30, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1211.2487>.
- [6] R. Shabbar, A. Al shamali, and H. Bany Salameh, "A Power-controlled Interference Management Mechanism for Femtocell-Based Networks," *Int. J. High Perform. Comput. Netw.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2016, doi: 10.1504/ijhpcn.2016.10015432.
- [7] D. D. Phan, E. Moulay, P. Coirault, F. Launay, and P. Combeau, "Potential Feedback Control for the Power Control in LTE," *IEEE Trans. Automat. Contr.*, vol. 60, no. 9, pp. 2506–2511, 2015, doi: 10.1109/TAC.2014.2382154.
- [8] "LTE." <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte> (accessed May 13, 2020).
- [9] L. Agustinus, B. Sumajudin, G. Jonathan, D. T. Elektro, and D. Kolot, "Analisa Perbandingan Kapasitas Transponder Satelit Dengan Menggunakan TDMA Terhadap CDMA Pada Modulasi Yang Paling Optimum di Masing-masing Akses," 2008.
- [10] "In search of a Multiple Access Scheme (MAS) for 5G | NETMANIAS." <https://www.netmanias.com/en/post/blog/11798/5g/in-search-of-a-multiple-access-scheme-mas-for-5g> (accessed Sep. 15, 2020).
- [11] A. F. Andre Yohanes Antoni, "Pengalokasian Sumber Daya Radio Pada Sistem MIMO-OFDMA 2x2 Berbasis Quality of Service (QoS) Guaranteed," pp. 1–7, 2018.
- [12] A. T. Magrifaghبران, D. Arseno, and R. Satria, "Perancangan Antena Mikrostrip Array Dengan Kemampuan Beamforming Untuk Komunikasi 5G," 2019.
- [13] E. L. Wijaya, A. A. Pramudita, and T. Yunita, "Pengaturan Polarisasi Elemen Patch Sirkular

- Pada Sistem Antena MIMO Susunan Bidang Untuk Komunikasi 5G,” pp. 1–8, 2020.
- [14] D. A. Nursafiri, “Perancangan Jaringan Long Term Evolution (LTE) di Tol Jakarta-Cikampek Elevated,” 2020.
- [15] A. Purba, P. K. Sudiarta, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. Udayana, “Perencanaan Jaringan LTE Dengan Memanfaatkan Lampu Penerangan Jalan Sebagai Titik Base Station di Wilayah Denpasar,” vol. 5, no. 2, pp. 191–199, 2018.
- [16] “LTE eNB Tutorial: eNB Functions.” <https://www.artizanetworks.com/resources/tutorials/fuc.html> (accessed Sep. 14, 2020).
- [17] X. Chen *et al.*, “Trip-Chain-Based Travel-Mode-Shares-Driven Framework using Cellular Signaling Data and Web-Based Mapping Service Data,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 2673, no. 3, pp. 51–64, 2019, doi: 10.1177/0361198119834006.
- [18] “CommScope Definitions: What are Cell Clusters?” <https://www.commscope.com/blog/2015/commscope-definitions-what-are-cell-clusters/> (accessed May 13, 2020).
- [19] V. Pusvita, “Evaluasi dan Perencanaan Jumlah Kebutuhan Base Tranceiver Station (BTS) di Kabupaten Nunukan,” *J. Pekommas*, vol. 3, no. 2, p. 143, 2018, doi: 10.30818/jpkm.2018.2030204.
- [20] H. Amca, “Hand-Over Power Level Adjustment for Minimizing Cellular Mobile Communication Systems Health Concerns,” no. June, 2019.
- [21] A. Abadi, “Manajemen Interferensi Dengan Menggunakan Power Control Untuk Komunikasi Device-To-Device (D2D) Dalam Jaringan Komunikasi Seluler,” Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2017.
- [22] F. Mhiri, K. Sethom, and R. Bouallegue, “A Survey on Interference Management Techniques in Femtocell Self-Organizing Networks,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 36, no. 1. Academic Press, pp. 58–65, Jan. 01, 2013, doi: 10.1016/j.jnca.2012.04.021.
- [23] M.P Pamungkas, “Analisis Manajemen Interferensi Komunikasi Device-To-Device (D2D) Menggunakan Metode Power Control,” 2017.
- [24] S. Mumtaz and J. Rodriguez, *Smart Device to Smart Device Communication*, vol. 9783319049. 2014.
- [25] B. Muhammad, “Closed Loop Power Control for LTE Uplink,” 2008.
- [26] A. Indah Ayu Lestari, Ali Nurdin, “Analisis Manajemen Interferensi Jaringan Uplink 4G-LTE Dengan Metode Power Control di PT Telekomunikasi Seluler,” 2017.
- [27] “ShareTechnote.” https://www.sharetechnote.com/html/PowerControl_LTE.html#Power_Control_in_LTE

(accessed Sep. 21, 2020).

- [28] Huawei Technologies Co, “LTE Power Control Feature Overview,” 2010.
- [29] “5.4.2 Inner Loop Power Control in the Uplink – iTecTec.” <https://itectec.com/spec/5-4-2-inner-loop-power-control-in-the-uplink/> (accessed Sep. 22, 2020).
- [30] “LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access - Google Buku.” https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=uhr3KwSww2kC&oi=fnd&pg=PR13&dq=H.+Holma+dan+A.+Toskala,+LTE+for+UMTS+--+OFDMA+and+SC-FDMA+Based+Radio+Access,+New+York+:+John+Wiley+%26+Sons,+Inc.,+2009&ots=qgIIB1328H&sig=fA9q0E11BPvhiBI3UBAVS5IUUJk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed May 13, 2020).
- [31] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, vol. 9780521837. Cambridge University Press, 2005.
- [32] TSGR, “TR 136 942 - V10.2.0 - LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios (3GPP TR 36.942 version 10.2.0 Release 10),” 2011. Accessed: Jun. 11, 2020. [Online]. Available: http://portal.etsi.org/chaircor/ETSI_support.asp.
- [33] “Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS),” 1999. Accessed: Jun. 11, 2020. [Online]. Available: <http://www.etsi.org>.



LAMPIRAN

