

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan signifikan dalam permintaan akses internet serta akses instan ke layanan multimedia yang lebih cepat. Diperkirakan penggunaan *self driving cars*, *smart city*, dan *smart healthcare* akan ada hampir 39 miliar perangkat aktif pada akhir tahun 2025 di seluruh dunia [1]. Selain itu, teknologi jaringan seluler pada generasi selanjutnya juga telah memberikan serangkaian tuntutan yang penting agar dapat memberikan kepuasan pengguna jaringan seluler seperti *spectral efficiency*, konsumsi daya yang kecil, pemerataan sinyal, *bit rate* tinggi, *delay* yang rendah, dan jumlah perangkat yang dapat tersambung. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan adanya peningkatan kualitas serta efisiensi dalam bidang telekomunikasi terutama dalam segi pemancaran dan penerimaan gelombang radio agar memberikan manfaat yang lebih maksimal terutama bagi pengguna teknologi telekomunikasi. Peningkatan kualitas dan efisiensi dalam hal tersebut terutama dalam area yang padat, diperlukan adanya teknologi *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO). Sebuah perangkat radio yang menggunakan banyak jumlah pemancar dikenal dengan sebutan MIMO. MIMO merupakan suatu sistem dalam telekomunikasi yang menggunakan banyak antena disisi penerima maupun disisi pengirim yang dapat meningkatkan kapasitas kanal sehingga kecepatan data maupun kualitas layanan meningkat.

Teknologi MIMO memiliki perkembangan yang lebih lanjut yaitu *Massive Multiple-input Multiple-output* (mMIMO). Teknologi mMIMO memegang peran utama sebagai teknologi utama dalam komunikasi nirkabel 5G dan generasi seterusnya. Berbeda dengan MIMO skala kecil konvensional, *Base Station* (BS) dalam sistem *Massive* MIMO dilengkapi dengan ratusan antena untuk melayani sejumlah besar pengguna secara simultan. Berdasarkan analisis teoritis, penggunaan jumlah antena yang lebih besar dapat secara substansial meningkatkan efisiensi energi dan efisiensi pemanfaatan spektrum dalam sistem komunikasi [2].

Selain itu, jumlah antenna yang banyak juga tidak cukup. Diperlukan adanya *coverage* yang memadai untuk menjangkau pengguna di semua area yang dibutuhkan. Untuk meningkatkan *area coverage* serta kualitas jaringan komunikasi nirkabel diperlukan adanya *small cell*. Teknologi *small cell* ini merupakan sebuah tipe *Base Station* (BS) yang berjalan dengan tenaga dan jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan *Macrocell*. Berfungsi sebagai radio akses poin yang didesain untuk meningkatkan jarak cakupan serta kapasitas pengguna di area yang cukup padat pengguna, seperti stadion, *mall*, acara konser, dll. *Small cell* dapat dikatakan efektif untuk peningkatan kapasitas data, *data rate* yang tinggi, *delay* yang kecil, dan *Spectral Efficiency* (SE) tinggi yang dibutuhkan oleh sistem komunikasi nirkabel 5G [3].

Penggunaan *small cell* masih belum cukup praktis dalam implementasinya. *Virtual Small Cell* (VSC) memberikan manfaat yang besar terutama dalam mengurangi biaya *Capital Expenditure* (CAPEX) dan *Operational Expenditure* (OPEX). VSC bekerja di *macrocell* dengan cara mengaktifkan beberapa elemen antenna serta menggantikan penggunaan *picocell*. VSC dapat beradaptasi sesuai dengan kondisi trafik yang fluktuatif dan bisa meningkatkan *throughput* mencapai 50% dan mengurangi penggunaan daya secara keseluruhan. *Small cell* tradisional pada umumnya menggunakan perangkat keras yang memerlukan biaya lebih besar dalam mengimplementasikannya seperti penambahan perangkat keras tambahan. Namun, VSC hanya memerlukan elemen antenna pada antenna *macrocell* pada *Base Station* (BS). Penempatan VSC di dalam *macrocell* dapat mempengaruhi penguatan sinyal antara pengirim dan penerima, sehingga dapat mengalami peningkatan yang secara efektif dapat meningkatkan laju data pengguna dan kapasitas sistem. Selain itu juga dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan seluler [4].

Meskipun menyadari potensi keuntungan dari penerapan *Massive MIMO* dalam VSC, dalam implementasinya, dihadapi kendala dalam bentuk interferensi antar beberapa pengguna yang saling mengganggu sesama. Untuk mengatasi interferensi beberapa pengguna dan meningkatkan kualitas transmisi sinyal, diperlukan implementasi *precoding* pada *Base Station* (BS). Skema *precoding* seperti *precoding Maximum Ratio Transmission* (MRT), *Zero-Forcing* (ZF), dan

Minimum Mean Square Error (MMSE) mampu mencapai peningkatan laju kinerja yang hampir optimal [5].

Precoding memanfaatkan keberagaman transmitter dengan menggunakan *Channel State Information* (CSI) yang diberikan oleh perangkat penerima dan mengalokasikan daya dan fase secara terpisah per-pita frekuensi. *Precoding* yang dikombinasikan dengan algoritma penjadwalan merupakan strategi khusus yang dipilih pemancar untuk mengirimkan informasi secara optimal kepada beberapa penerima. Memahami teknik *precoding* memungkinkan peneliti telekomunikasi untuk merancang sistem komunikasi nirkabel yang efisien dan tangguh dengan memanfaatkan fitur bawaan 5G yaitu *Massive MIMO* [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh performa dari beberapa algoritma *precoding* seperti *Minimum Mean Square Error* (MMSE), *Zero-Forcing* (ZF), dan *Maximum Ratio Transmission* (MRT) terhadap pengguna dalam penerapan VSC. Penelitian ini dilakukan menggunakan simulasi perangkat lunak Matlab. Penggunaan perangkat lunak tersebut bertujuan untuk mengetahui serta menganalisis hasil data seperti parameter SINR, *spectral efficiency*, dan *power received* dari masing-masing algoritma ketika diterapkan dalam layanan VSC serta pengaruhnya terhadap UE. Diharapkan penelitian ini dapat membantu dalam menentukan tipe *precoding* yang terbaik pada skenario yang dibutuhkan, sehingga dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing algoritma ketika diterapkan pada teknologi VSC.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan permasalahan yang dijadikan sebagai rumusan masalah dalam penelitian:

1. Bagaimana kinerja algoritma *precoding* MMSE, MRT dan ZF terhadap diameter radius UE yang berbeda-beda dalam implementasi VSC?

1.3 Tujuan Dan Manfaat

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan mengapa dilakukan penelitian ini, selain itu juga memberikan beberapa manfaat terhadap penelitian ini jika diterapkan pada penggunaan jaringan yang dibutuhkan dalam skenario tertentu.

Tujuan Penelitian:

1. Mengetahui kinerja *precoding* MMSE, ZF, dan MRT untuk penerapan skenario *Non-Line-of-Sight* (NLOS) terhadap diameter radius UE yang berbeda-beda dalam acuan parameter SINR, *bandwidth efficiency*, dan *power received*.

Manfaat Penelitian:

1. Memberikan gambaran nyata terhadap kinerja *precoding* MMSE, MRT, dan ZF pada skenario penerapan UE dengan radius yang berbeda.
2. Mengetahui algoritma mana yang paling baik performanya pada tiap radius yang berbeda-beda.
3. Diharapkan dapat memberikan kontribusi penelitian lebih lanjut agar dapat memberikan kinerja jaringan yang lebih baik dalam skenario radius UE yang berbeda-beda.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Fokus penelitian adalah menganalisis performansi algoritma *precoding* MMSE, MRT, dan ZF.
2. Analisa berdasarkan simulasi pada perangkat lunak Matlab 2025a.
3. Penelitian dilakukan menggunakan sistem antena tipe *planar array* 16X16.
4. Penelitian dilakukan menggunakan pola elemen antena UPA mempunyai pola radiasi Gaussian.
5. Terdapat 30 UE yang tersebar secara *uniform*, sebaran UE menggunakan pola *Uniform Disc Position*.
6. Penelitian menggunakan diameter radius UE 30 m, 60 m, 80 m, dan 100 m.
7. Respons kanal antara BS dan UE adalah model kanal Rayleigh *Fading*.
8. Tinggi *Base Station* 35 m.
9. Tinggi UE 1.7 m.
10. Frekuensi *bandwidth* 100 MHz.
11. *Channel State Information* (CSI) diasumsikan sudah diketahui oleh *transmitter* maupun *receiver*.

12. Parameter penelitian adalah SINR, *bandwidth efficiency*, dan *power received*.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan perancangan *precoding* dengan rumus algoritma yang didapat dari berbagai literatur, seperti Jurnal ilmiah, Artikel, dan Buku-buku. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan cara merancang *precoding* berupa rumus dalam perangkat lunak Matlab. Kemudian dilakukan simulasi terhadap skenario radius UE yang melingkar, dengan radius yang berbeda-beda. Sehingga memperoleh hasil data yang dapat dianalisis, sehingga dapat mengetahui *precoding* yang paling bagus hasilnya.

1.6 Jadwal Kegiatan

Pada Tabel 1.1 terdapat jadwal pelaksanaan pengerjaan tugas akhir.

Tabel 1.1. Jadwal pelaksanaan kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Studi Literatur						
2.	Perencanaan Pengujian						
3.	Perancangan Program						
4.	Implementasi dan Pengujian						
5.	Analisis dan Hasil						
6.	Penyusunan Buku Laporan TA						