

OPTIMALISASI OPERASI MIMO DENGAN TEKNIK SPATIAL MULTIPLEXING

Sirmayanti Sirmayanti¹⁾, Ichsan Mahjud²⁾

^{1,2)} Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Multi-Input Multi-Output (MIMO) with multiple Tx-Rx antennas is used to achieve an increase capacity of the wireless communication system. Spatial multiplexing in MIMO operations applies the division of bit streams into multi sub-streams as the concept of independent information transmission of each antenna, with the impact of interference reduction in each transceiver process. In achieving high spectral efficiency, MIMO performance is strongly influenced by the combination of the number of antennas at the transmitter and receiver. This research has aimed to carry out study and trial application of MIMO system based on LTE standard in the physical layer, LTE Physical Layer (PHY). The method involves all processing in data bits up to the PHY using the full Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) operation, mainly through layer mapping and pre-coding operations. The urgency of the research is to develop LTE application standards on 5G as a representative of the evolutionary transformation of cellular mobile technology. In addition, the LTE standard is still an important part in organizing access to mobile broadband technology. The results show that the optimization of MIMO performance operations with spatial multiplexing techniques linear on the number of antennas used. Low-order modulation quadrature phase shift keying (QPSK) levels and large $M \times N$ MIMO levels indicate better Rx-optimal and stability with low BER.

Keywords: MIMO, spatial multiplexing, LTE, OFDM, PHY

1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi wireless yang ada saat ini adalah dalam aplikasi teknologi seluler Generasi 4 (4G) walaupun Generasi 5 (5G) kini sudah dipersiapkan implementasinya pada beberapa tahun ke depan. *The 3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution* atau 3GPP LTE adalah standar akses data komunikasi nirkabel berkecepatan tinggi dalam teknologi 4G dengan berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA untuk ponsel seluler dan pada perangkat komunikasi mobile lain. Selain itu, *the Fourth Generation LTE* (4G LTE) adalah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA [1]. Sistem performansi dari sistem seluler generasi 4G LTE yang pada masa sekarang telah sangat banyak diterapkan, dan menjadi sistem terancang dari evolusi sistem telekomunikasi seluler saat ini yang sudah dikomersialkan. Dengan demikian, LTE memiliki kecepatan unduh hingga 300 Mbps dan unggah hingga 75 Mbps atau dalam standar 3GPP [2] bandwidth 4G LTE dapat mencapai kisaran antara 1,4 MHz hingga 20 MHz. Sejatinya LTE merupakan bagian air interface dari *Evolved Packet System* (EPS) dari jaringan 4G yang terbentuk dalam dua bagian arsitektur inti (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network- E-UTRAN*) dan *Evolved Packet Core-EPC* [3]. LTE yang mulai dikembangkan oleh 3GPP sejak tahun 2004 menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang mentransmisikan data melalui banyak operator spektrum radio.

Dalam uraian oleh *High Capacity Digital Communications Labs* bahwa teknologi *Multi-Input Multi-Output* (MIMO) telah dikenal sebagai teknik penting untuk mencapai peningkatan kapasitas keseluruhan sistem komunikasi nirkabel. Teknik ini mengaplikasikan penggunaan beberapa antenna pada sisi pemancar serta sisi penerima. Sementara itu teknik *spatial multiplexing* dalam sistem MIMO diwujudkan melalui konsep transmisi informasi independen dari masing-masing antena, dan dengan melalui teknik ini dapat memberi keuntungan berupa *interference reduction* yakni pengurangan gangguan disetiap proses transceiver. Selain itu, melalui *spatial multiplexing*, maka sistem wireless MIMO akan mencapai efisiensi spectral yang tinggi setelah pembagian *bit stream* menjadi *multi sub-streams*.

Performansi MIMO sendiri dipengaruhi oleh kombinasi jumlah antena pada pengirim dan penerima dan juga metode/algoritma deteksi MIMO-nya [4]. Untuk bagian atas pada sistem MIMO merupakan kanal sedangkan pada bagian bawah merupakan bagian signal processing dan coding. Komponen RF berada pada kanal karena mempengaruhi *transfer function end-to-end*. Dengan mengetahui sistem MIMO telah dijadikan sebagai rekomendasi untuk peningkatan efektivitas layanan dan keunggulan layanan komunikasi data dan seluler. Teknik *spatial multiplexing* telah diujicobakan melalui sistem MIMO berdasarkan standar LTE

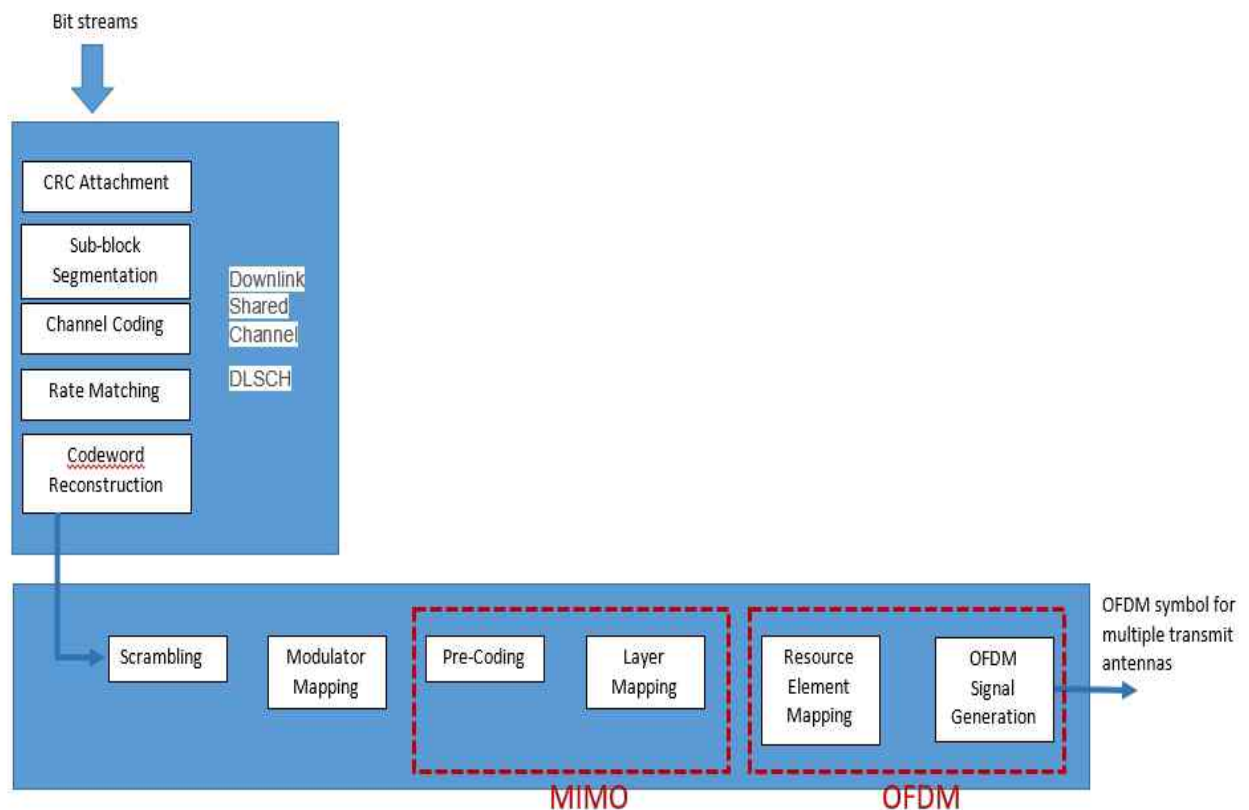
¹ Korespondensi penulis: Sirmayanti, Telp 082291298633, sirmayanti.sirmayanti@poliupg.ac.id

dengan operasi *layer mapping* and *pre-coding*, khususnya pada lapisan fisik (physical layer) yang melibatkan seluruh processing dalam bit data hingga sampai ke LTE *Physical Layer* (PHY).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Sistem Komunikasi dan Data (Siskomdat) Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pelaksanaan dilakukan selama 8 bulan (April – November) tahun 2019.

Pemodelan *Single-Input Single-Output* (SISO) berbasis OFDM-cooperative [5] dengan tujuan membangun pemodelan SISO pemancar-penerima (Tx-Rx) berbasis OFDM-cooperative yang akan lebih mengoptimalkan fungsi perangkat Tx-Rx sebagai sebuah terminal relay, dimana Tx-Rx akan bekerjasama sebagai relay terhadap sistem lainnya. Komunikasi SISO pada dasarnya terdiri atas penggunaan pemancar-Tx dan penerima-Rx masing-masing untuk satu buah sistem penyambungan. *Cooperative wireless* merupakan konsep konektivitas eksis yang terjangkau signal oleh setiap perangkat Tx-Rx lain yang memiliki fungsi sama. Untuk mengandalkan pengoperasian sistem *multicarrier* maka digunakan OFDM agar bandwidth yang tersedia setelah spektrum dibagi menjadi sub band menjadi lebih hemat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam hal pengembangan *multi-hop* OFDM-cooperative maka perlu mempertimbangkan beberapa aspek dalam penggunaan guard interval, interpolation dan decimation, slicer, sistem coding awal pada data originalnya, simulation melalui multipath channel dan lain-lain. Dengan demikian kelengkapan multi-carrier OFDM dapat lebih mudah menyesuaikan dengan standar-standar wireless yang sudah ada hingga saat ini, terutama terkait standar LTE pada hasil pengkajian penelitian ini.

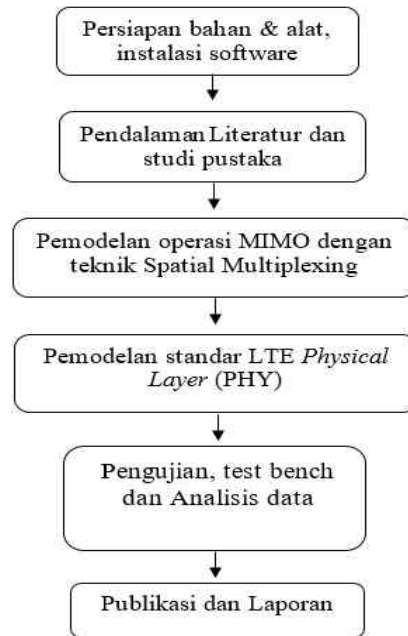


Gambar 1. Pemodelan Layer Fisik pada standar Transmitter LTE.

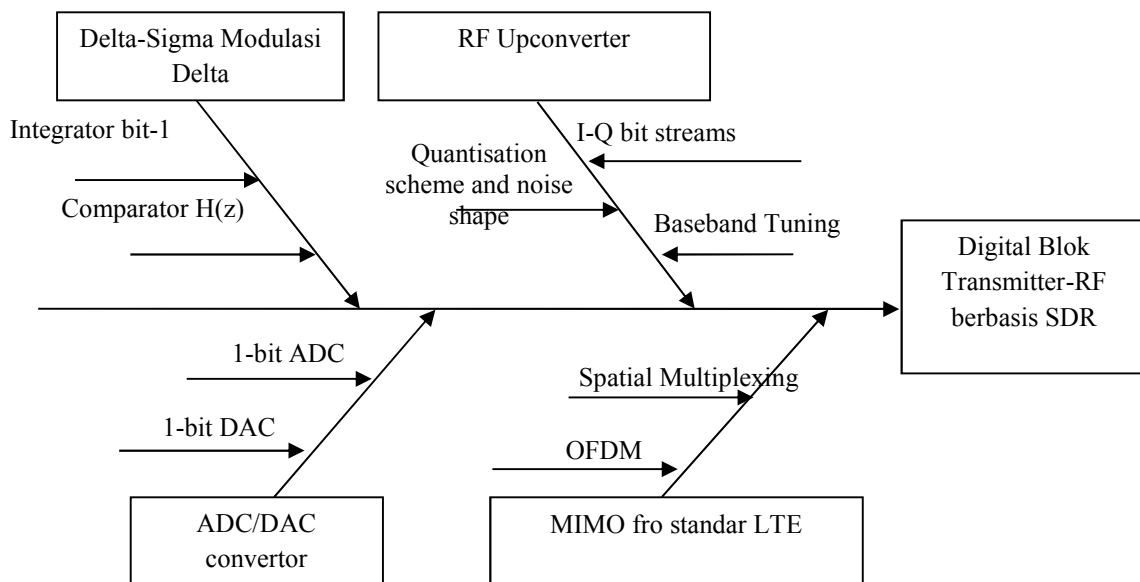
Penelitian ini telah dilaksanakan melalui percobaan simulasi menggunakan software Matlab. Proses pembangkitan sinyal dan pemodelan skenario sesuai pada Gambar 1 dilakukan keseluruhannya dengan software, hal ini mengingat untuk kemudahan melakukan simulasi dengan beragam variable input dibandingkan dengan pengukuran langsung menggunakan alat yang masih memiliki keterbatasan spesifikasi. Spesifikasi input signal dan spectrum analyser yang dibutuhkan adalah mencapai pada frekuensi tinggi GHz, sementara peralatan di lab yang tersedia belum memadai. Kebutuhan software yang telah digunakan harus

dilengkapi dengan beberapa Tool box seperti sistem *digital signal processing* (DSP) dan *Communication tools*. Urutan pengerjaan melalui Matlab telah dikerjakan melalui penulisan coding (Matlab Code).

Langkah-langkah kerja penelitian meliputi persiapan dan pengadaan bahan & alat, pengerjaan simulasi dan analisis data serta membuat laporan. Persiapan meliputi pengadaan bahan & alat dan pendalaman literature. Pengerjaan simulasi penulisan code pemograman dan simulasi pemodelan. Tahap akhir meliputi evaluasi dan laporan tertulis. Laporan ini dapat tertuang dalam bentuk draft tulisan karya ilmiah dan laporan penelitian. Adapun urutan pekerjaan dapat dilihat pada bagan Gambar 2.



Gambar 2. Urutan pekerjaan pada pelaksanaan penelitian.



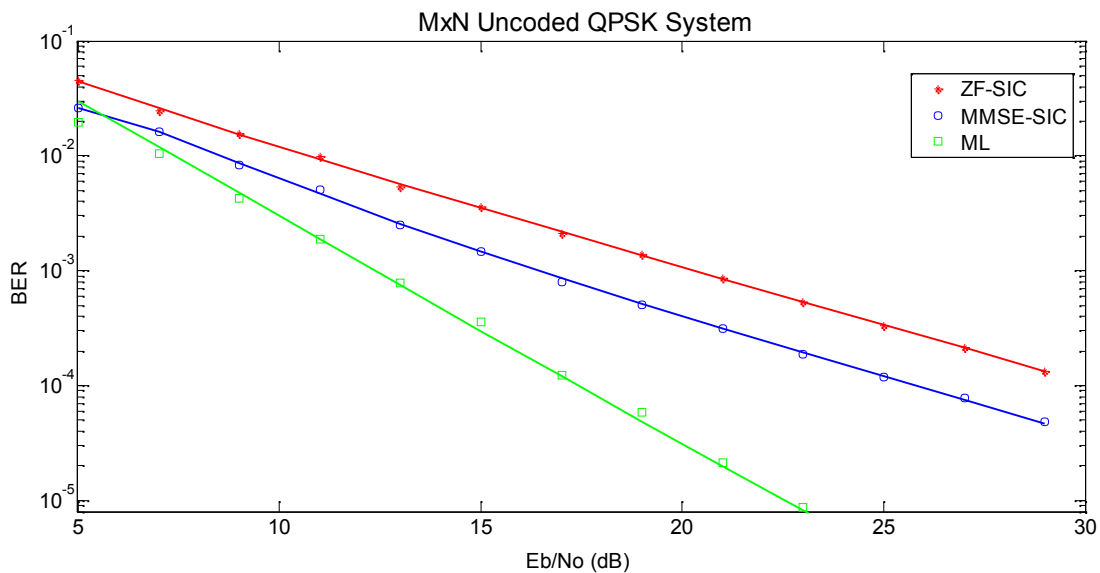
Gambar 3. Fishbone alur penelitian.

Dalam tahapan simulasi pemodelannya, metode yang digunakan telah menggunakan analisis untuk pengkajian pada operasi MIMO dengan teknik spatial multiplexing sesuai dengan standar LTE *Physical Layer* (PHY). Metode penelitian ini berdasarkan blok dasar sistem MIMO pada standar PHY sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

Skenario skema pemodelan Layer Fisik pada standar Transmitter LTE dikerjakan sesuai dengan *Fish Bone* pada Gambar 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema multiplexing spasial operasi MIMO dilaksanakan dengan membagi aliran data menjadi sub-aliran yang bebas (independen), dimana masing-masing dihubungkan dengan satu untuk setiap antenna pengirim yang digunakan. Konsep skema ini memberikan keuntungan multiplexing sehingga tidak memerlukan ortogonisasi eksplisit seperti yang diperlukan untuk pengkodean *space-time block coding*.

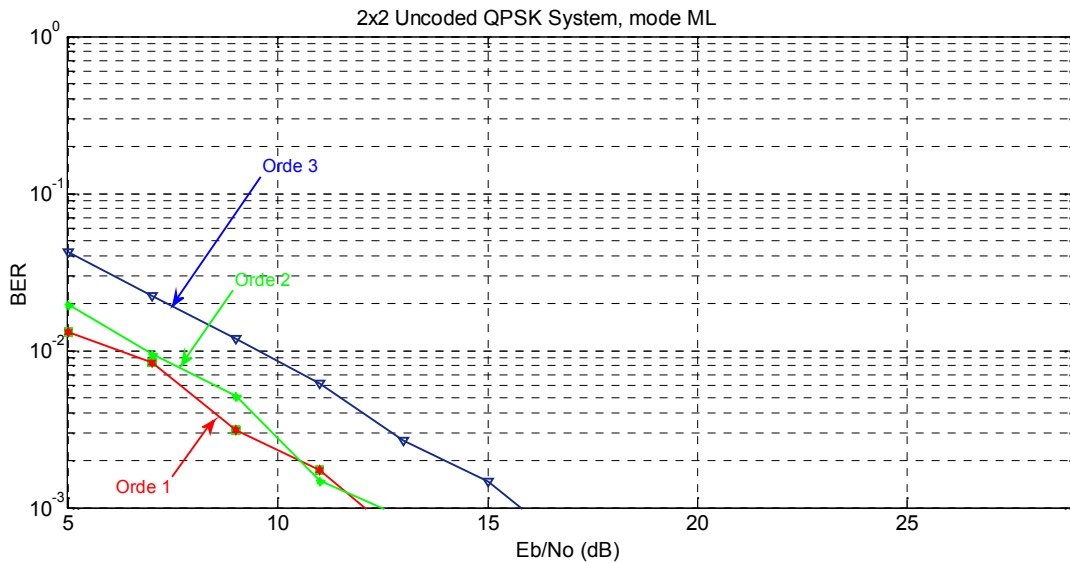


Gambar 4. Kinerja BER Rx dengan perbandingan tiga skenario

Teknik Multiplexing spasial juga membutuhkan teknik decoding yang kuat di penerima. Penelitian ini telah menggunakan sistem $M \times N$ MIMO atau 2×2 MIMO dengan dua antenna pengirim dan dua antenna penerima. Data perbandingan menggunakan 1×1 MIMO (SISO) dan 3×3 MIMO juga dapat diperlihatkan. Pada data termodulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), kami menggunakan input Rayleigh fading pada masing-masing Tx-Rx dan tetap saling independen. Di ujung penerima Rx, terdapat setting saluran tanpa umpan balik (feedback) ke pemancar, sehingga sistem multiplexing spasial ini disebut pula dengan system *open-loop spatial*.

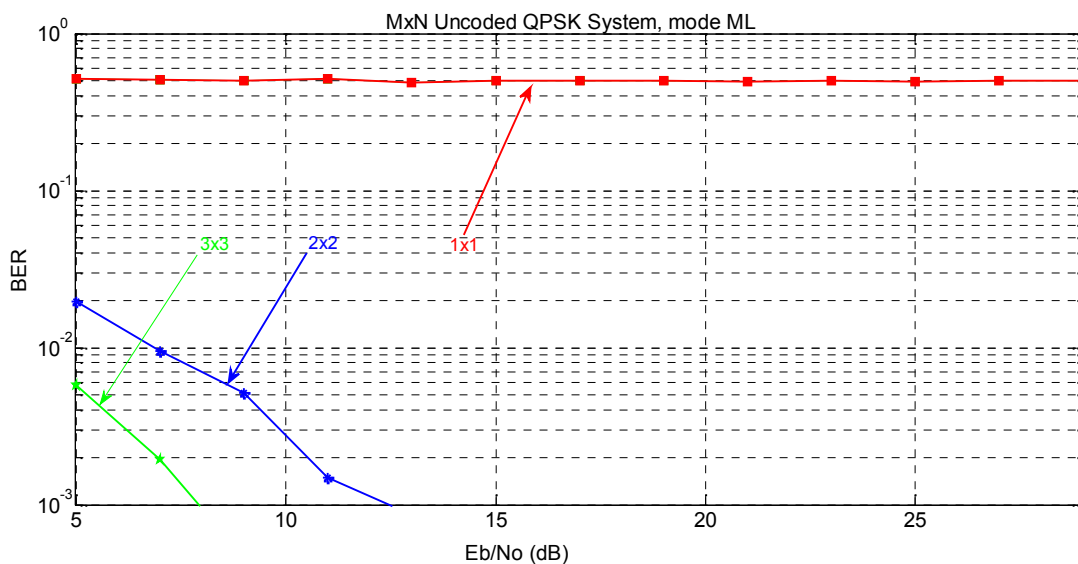
Selain itu, dua parameter yang digunakan dalam perbandingan hasil skenario ini adalah *non-linear interference cancellation* yakni *Zero-Forcing* (ZF) dan *Minimum-Mean-Square-Error* (MMSE). Dengan kedua parameter ini, dapat diperlihatkan hasil kinerja pada penerimaan Rx-optimal atau disebut *Maximum-Likelihood* (ML).

Dari hasil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kinerja Rx-ML adalah yang terbaik sebagai parameter Rx-optimal. Secara eksponensial, Rx-ML linear terhadap jumlah antenna yang digunakan sedangkan bagi Rx-MMSE-SIC dan Rx-ZF-SIC masih senantiasa terpengaruh dengan interferensi cancellation.



Gambar 5. Kinerja BER Rx-optimum ML versus Eb/No terhadap penggunaan order modulasi QPSK yang digunakan

Gambar 5 dan Gambar 6 berikut adalah masing-masing perbandingan kurva BER pada optimasi ML dengan terhadap nilai Eb/No. Pada kurva Gambar 5 menunjukkan kinerja BER Rx-optimum ML versus Eb/No terhadap penggunaan modulasi orde QPSK yang digunakan. Terdapat 3 jenis modulasi orde yang diperbandingkan yaitu orde 1, orde 2, dan orde 3. Hasil menunjukkan level orde 1 menunjukkan kestabilan dengan level BER yang kecil linear terhadap besaran Eb/No. Sedangkan pada Gambar 6 menunjukkan kinerja BER Rx-optimum ML versus Eb/No terhadap penggunaan jumlah antenna penerima (MxN). Melalui teknik *spatial multiplexing* ini menunjukkan bahwa MIMO dengan tingkat MxN yang lebih banyak menunjukkan level BER yang kecil dibandingkan SISO.



Gambar 6. Kinerja BER Rx-optimum ML versus Eb/No terhadap penggunaan jumlah antenna MxN (M-Tx Antenna, N-Rx Antenna).

4. KESIMPULAN

MIMO dalam aplikasi penggunaan beberapa antenna pada sisi pemancar serta sisi penerima, dan melalui metode *spatial multiplexing* menghasilkan *bit stream* menjadi *multi sub-streams* dengan dampak *interference reduction* disetiap proses transceiver. Dalam mencapai efisiensi spektral yang tinggi, performansi MIMO sangat dipengaruhi oleh kombinasi jumlah antenna pada pengirim dan penerima dan juga

metode/algorithm deteksi MIMO yang digunakan. Kinerja Rx-ML, Rx-MMSE-SIC dan Rx- ZF-SIC telah dibandingkan. Secara eksponensial, Rx-ML linear terhadap jumlah antena yang digunakan sedangkan bagi Rx-MMSE-SIC dan Rx- ZF-SIC masih senantiasa terpengaruh dengan interferensi cancellation. Peluang penggunaan antenna $N \times N$ dalam jumlah yang berbeda tetap menunjukkan hasil yang sama atau tanpa *channel estimation* dengan penunjukkan hasil yang baik. Hasil menunjukkan bahwa optimasi operasi kinerja MIMO dengan teknik spatial multiplexing linear terhadap jumlah antena yang digunakan. Kinerja ini ditunjukkan melalui parameter BER terhadap level modulasi orde QPSK dan tingkat $M \times N$ antena yang digunakan. Level modulasi orde rendah dan level $M \times N$ MIMO yang lebih banyak (besar) menunjukkan kestabilan transceiver Rx-ML yang baik dengan BER yang rendah dan kecil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ian F. Akyildiz, David M. Gutierrez-Estevez, dan Elias Chavarria Reyes, "The evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced," [Physical Communication Journal](#), Vol. 3, Issue 4, hal. 217-244, 2010.
- [2] H. Ji, S. Park, J. Yeo, Y. Kim, J. Lee dan B. Shim, "Ultra-Reliable and Low-Latency Communications in 5G Downlink: Physical Layer Aspects," *IEEE Wireless Communications Journal*, vol. 25, no. 3, hal. 124-130, doi: 10.1109/MWC.2018.1700294, 2018.
- [3] Zarrinkoub Homan. Understanding LTE with MATLAB. John Wiley & Son. UK, 2014.
- [4] Tarokh V., Seshadri N., dan Calderbank A. R., "Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction," *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 44(2), hal. 744-765, 1998.
- [5] Sirmayanti, S., Nuraeni Umar, Lidemar Halide dan Sulaeman, "Pemodelan Single-Input Single-Output (SISO) Berbasis OFDM-Cooperative," *Jurnal Elekrika Jurusan Teknik Elektro PNUP*. Vol. 2 Edisi hal. 34-40, November 2016.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang, sesuai dengan Surat perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: 020/PL10.13/PL/2019 Tanggal: 1 April 2019.