

# Skema Differential Space Time Frequency Block Code pada SC-FDMA untuk Broadband Wireless Access

I Nyoman Apraz Ramatryana<sup>1,\*</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>1</sup>, Iswahyudi Hidayat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitas Telkom, Fakultas Teknik Elektro, Terusan Buah Batu, Bandung

\* E-mail : [ramatryana@gmail.com](mailto:ramatryana@gmail.com)

**Abstrak.** Permasalahan yang timbul dari kombinasi antara komunikasi berlaju data tinggi dan komunikasi dalam kondisi mobilitas tinggi menyebabkan diperlukan teknik penggabungan antara teknik modulasi dan pengkodean yang handal dengan *multicarrier*. Sesuai standar 3GPP *release-8* yaitu tentang teknik *multicarrier* yang digunakan adalah *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada sisi uplink. Teknik SC-FDMA merupakan teknik *multicarrier* yang bersifat multi akses. Teknik modulasi *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* merupakan sebuah teknik untuk laju data tinggi dengan menggunakan teknik *Space Time Frequency Block Code (STFBC)*. Pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya penggabungan teknik *multicarrier* dan MIMO yang telah dilakukan adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* dan teknik MIMO dengan menggunakan *Space Time Block Code (STBC)* atau *Space Frequency Block Code (SFBC)*. Pada penelitian ini, penulis merancang desain coding STFBC dengan *Differential Coding* dan setiap lengan dari data terdapat penggabungan teknik SC-FDMA. Hasil akhir dari penelitian adalah terbukti teknik *Differential Space Time Frequency Block Code (DSTFBC)* yang terdapat SC-FDMA disetiap lengan data antenna dapat meningkatkan kehandalan nilai BER yang lebih baik dibandingkan teknik SC-FDMA biasa.

**Kata Kunci:** MIMO, DSTFBC, SC-FDMA, BER.

## 1. Pendahuluan

Salah satu teknologi komunikasi *wireless* khususnya *Broadband Wireless Access (BWA)*, yang mendukung layanan komunikasi berlaju data tinggi dalam kondisi mobilitas tinggi adalah *Long Term Evolution (LTE)*. Permasalahan yang timbul pada komunikasi berlaju data tinggi adalah rawan terjadi *selective fading*. Sedangkan permasalahan yang terjadi pada komunikasi dengan kondisi mobilitas tinggi adalah terjadi kondisi *fast fading* menyebabkan degradasi sinyal sangat signifikan. Untuk mengatasinya bisa dipergunakan teknik *robust modulation*, yaitu kombinasi antara teknik modulasi dan pengkodean yang handal. Permasalahan lain pada kondisi mobilitas tinggi adalah ketidakmampuan teknik estimasi kanal dan pemecahan permasalahan ini adalah dengan menggunakan teknik modulasi yang menerapkan diferensial *modulation*. Permasalahan yang timbul dari kombinasi antara komunikasi berlaju data tinggi dan komunikasi dalam kondisi mobilitas tinggi menyebabkan diperlukan teknik penggabungan antara teknik modulasi dan pengkodean yang handal dengan *multi carrier*.

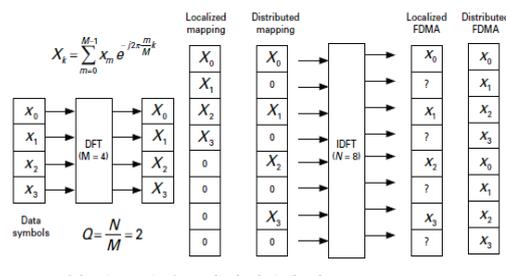
Sesuai standar 3GPP *release-8* yaitu tentang teknik *multicarrier* yang digunakan adalah *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada sisi uplink. Teknik SC-FDMA merupakan teknik *multicarrier* yang bersifat multi akses. Teknik modulasi *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* merupakan sebuah teknik untuk laju data tinggi dengan menggunakan teknik *Space Time Frequency Block Code (STFBC)*. Pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya penggabungan teknik *multicarrier* dan MIMO yang telah dilakukan adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* dan teknik MIMO dengan menggunakan *Space Time Block Code (STBC)* atau *Space Frequency Block Code (SFBC)*. Pada penelitian ini, penulis merancang desain coding STFBC dengan *Differential Coding* dan setiap lengan dari data terdapat penggabungan teknik SC-FDMA. Hasil akhir dari penelitian adalah terbukti teknik *Differential Space Time Frequency Block Code (DSTFBC)* yang terdapat SC-FDMA disetiap lengan data antenna dapat meningkatkan kehandalan nilai BER yang lebih baik dibandingkan teknik SC-FDMA biasa.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)

Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) adalah teknik yang menjanjikan untuk tingkat komunikasi data uplink tinggi dan telah diadopsi oleh 3GPP untuk itu sistem seluler generasi berikutnya, disebut *Long Term Evolution* (LTE). SC-FDMA baru-baru ini dianggap sebagai skema transmisi *uplink* menjanjikan untuk generasi komunikasi bergerak berikutnya karena memiliki nilai Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) yang rendah. SC-FDMA merupakan bentuk modifikasi dari OFDM dengan kinerja *throughput* dan kompleksitas yang sama. Hal ini sering dipandang sebagai DFT-coded OFDM dimana simbol data dalam domain waktu ditransformasikan ke domain frekuensi dengan Transformasi Fourier Diskrit (TFD) sebelum melalui standar modulasi OFDM. Dengan demikian, SC-FDMA mewarisi semua keuntungan dari OFDM atas teknik terkenal lainnya seperti TDMA dan CDMA. Di SC-FDMA serta OFDM, pemerataan dicapai di sisi penerima setelah perhitungan FFT, dengan mengalikan masing-masing koefisien Fourier dengan bilangan kompleks. Keuntungannya adalah bahwa FFT dan ekualisasi pada domain frekuensi membutuhkan daya komputasi yang kurang dari pemerataan *timedomain* konvensional.

LTE adalah sistem *mobile* generasi berikutnya dari 3GPP dengan fokus pada *broadband* nirkabel. LTE didasarkan pada *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dengan *cyclic prefix* (CP) di *downlink*, dan *Single-Frekuensi Carrier Division Multiple Access* (SC-FDMA) dengan *cyclic prefix* untuk *uplink*. Downlink skema modulasi Data didukung adalah QPSK, 16QAM, 64QAM dan, dan pada skema modulasi uplink adalah BPSK, QPSK, 8PSK dan 16QAM. Penggunaan Multiple Input Multiple Output (MIMO) dengan skema sampai empat antena di sisi mobile dan empat antena pada base station.



Gambar 11 Blok SC-FDMA

### 2.2. Space Time Frequency

*Space Time Frequency* (STF) adalah skema yang digunakan dalam teknik *transmit diversity* untuk mencapai *diversity gain* pada sistem MIMO namun tidak menawarkan *coding gain*. Skema transmisinya adalah membuat sinyal yang akan ditransmisikan ortogonal satu dengan lainnya dan perancangannya tergantung pada jumlah antena pemancar. Skema transmisi *Space Time Frequency* (STF) yang digunakan pada penelitian ini adalah skema transmisi yang diperkenalkan oleh Alamouti<sup>[4]</sup>.

$$\begin{matrix}
 T_{X1} & T_{X2} \\
 f_{2k} / t_{2k} & \begin{bmatrix} x_0 & x_1 \\ -x_1^* & x_0^* \end{bmatrix} \\
 f_{2k+1} / t_{2k+1} &
 \end{matrix}$$

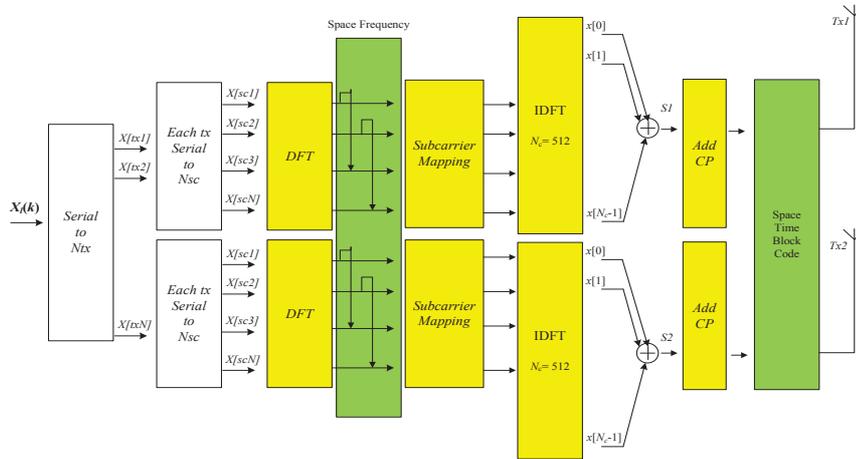
Gambar 12 Skema matriks transmisi STF

Pada saat  $f_{2k}$  atau  $t_{2k}$ , antena  $T_{X1}$  memancarkan sinyal  $x_0$  dan antena  $T_{X2}$  memancarkan sinyal  $x_1$ , kemudian saat  $f_{2k+1}$  atau  $t_{2k+1}$ , antena  $T_{X1}$  memancarkan sinyal  $-x_1^*$  dan antena  $T_{X2}$  memancarkan sinyal  $x_0^*$ . Tanda \* merupakan operasi konjugasi.

### 3. Pemodelan Sistem

#### 3.1 SC-FDMA dengan skema DSTFBC pengirim

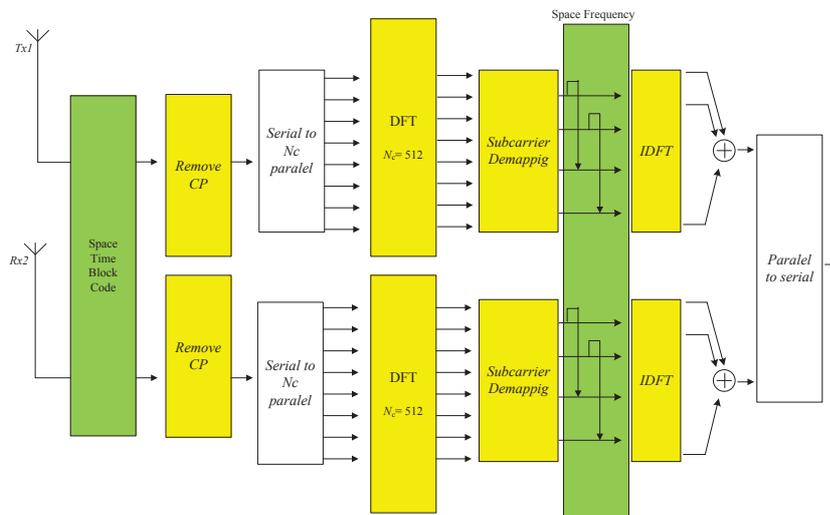
Perancangan skema DSTFBC yang terintegrasi pada SC-FDMA dimulai dengan menentukan spesifikasi dan parameter skema DSTFBC dan SC-FDMA yang dirancang.



Gambar 3 Blok SC-FDMA dengan DSTFBC Pengirim

#### 3.2 Blok Penerima

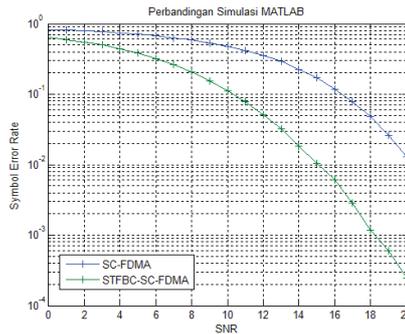
Blok penerima terdiri dari empat tahapan yaitu SC-FDMA dengan skema DSTFBC penerima, demapper, convolutional code dan interleaver sisi penerima, dan data digital terima.



Gambar 4 Blok SC-FDMA dengan DSTFBC Penerima

### 4. Pengujian dan Analisis

Untuk membuktikan bahwa teknik DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA memiliki hasil yang lebih optimal maka berikut perbandingan hasil simulasi SC-FDMA dan DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA.



Gambar 5 Perbandingan simulasi pada MATLAB

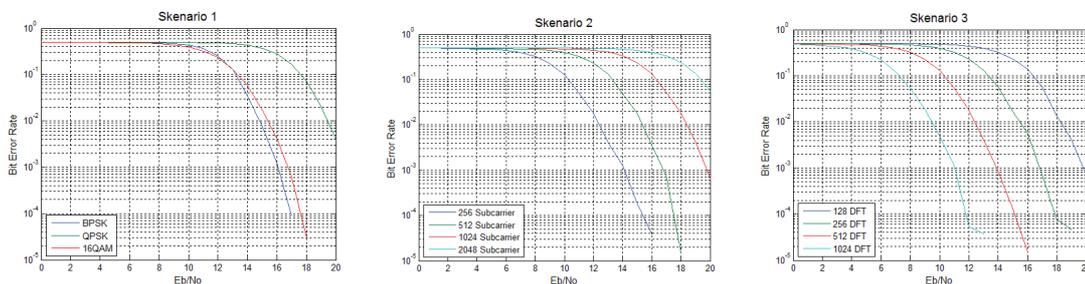
#### 4.1 Desain DSTFBC + SC-FDMA Skema Distributed Mapping

Pada proses SC-FDMA terdapat proses *subcarrier mapping* yang terdiri dari *distributed mapping* dan *localized mapping*. Kedua *subcarrier mapping* ini merupakan teknik peletakan data input dari IDFT yang bersifat multi akses untuk multi user. Pada subbab ini akan dilakukan pengujian dan analisis terhadap *distributed mapping* yang terdiri dari 3 skenario yaitu:

1. Pengujian dan analisis pengaruh modulasi digital BPSK, QPSK, dan 16QAM terhadap BER.
2. Pengujian dan analisis pengaruh jumlah *subcarrier* IDFT terhadap BER.
3. Pengujian dan analisis pengaruh jumlah titik DFT pada proses SC-FDMA terhadap BER.

#### Pengaruh Modulasi Digital BPSK, QPSK, dan 16QAM terhadap BER

Dalam skenario ini dilakukan pengujian tiga modulasi digital yaitu BPSK, QPSK, dan 16QAM. Nilai  $E_b/N_0$  yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Berikut grafik BER dengan menggunakan tiga jenis modulasi Digital pada DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA skema *subcarrier mapping* jenis *distributed*.



Gambar 6. BER Distributed Mapping

Antara BPSK dan QPSK hasil simulasi sudah sesuai teori dimana BPSK akan memiliki grafik BER yang lebih curam karena memiliki error yang lebih kecil dibandingkan QPSK. Untuk 16QAM hasilnya ternyata jauh lebih baik dibandingkan QPSK namun 16QAM masih lebih buruk dibandingkan BPSK. Dalam skenario ini dilakukan pengujian empat nilai jumlah *subcarrier* yaitu 256, 512, 1024, dan 2048. Jumlah titik DFT tetap yaitu 128 untuk 1 user. User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Nilai  $E_b/N_0$  yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Berikut grafik BER dengan menggunakan jumlah *subcarrier* yang berbeda pada DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA skema *subcarrier mapping* jenis *distributed*.

Semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin buruk hal ini dikarenakan user yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Dalam skenario ini dilakukan pengujian empat nilai jumlah titik DFT yaitu 128, 256, 512, dan 1024. Jumlah *subcarrier* tetap yaitu 128 untuk 1 user. User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Nilai  $E_b/N_0$  yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin baik hal ini dikarenakan pemakaian *subcarrier* IDFT akan semakin banyak dan efisien apabila jumlah titik DFT diperbesar untuk 1 user.

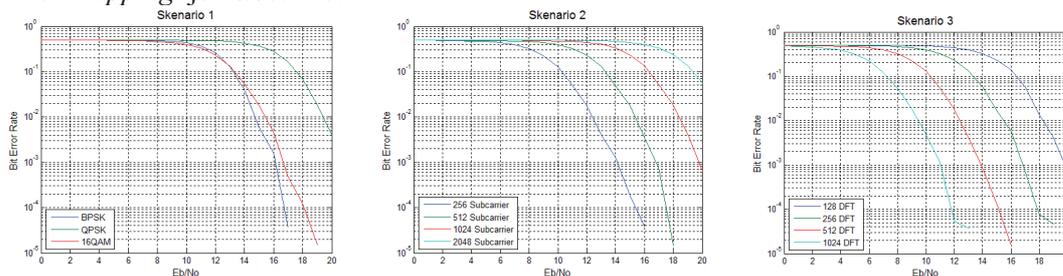
#### 4.2 Desain DSTFBC + SC-FDMA Skema Localized Mapping

Pada proses SC-FDMA terdapat proses *subcarrier mapping* yang terdiri dari *distributed mapping* dan *localized mapping*. Kedua *subcarrier mapping* ini merupakan teknik peletakan data input dari IDFT yang bersifat multi akses untuk multi user. Pada subbab ini akan dilakukan pengujian dan analisis terhadap *distributed mapping* yang terdiri dari 3 skenario yaitu:

1. Pengujian dan analisis pengaruh modulasi digital BPSK, QPSK, dan 16QAM terhadap BER.
2. Pengujian dan analisis pengaruh jumlah *subcarrier* IDFT terhadap BER.
3. Pengujian dan analisis pengaruh jumlah titik DFT pada proses SC-FDMA terhadap BER.

#### Pengaruh Modulasi Digital BPSK, QPSK, dan 16QAM terhadap BER

Dalam skenario ini dilakukan pengujian tiga modulasi digital yaitu BPSK, QPSK, dan 16QAM. Nilai Eb/No yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Berikut grafik BER dengan menggunakan tiga jenis modulasi Digital pada DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA skema *subcarrier mapping* jenis *localized*.



Gambar 7 BER Localized Mapping

Antara BPSK dan QPSK hasil simulasi sudah sesuai teori dimana BPSK akan memiliki grafik BER yang lebih curam karena memiliki error yang lebih kecil dibandingkan QPSK. Untuk 16QAM hasilnya ternyata jauh lebih baik dibandingkan QPSK namun 16QAM masih lebih buruk dibandingkan BPSK. Dalam skenario ini dilakukan pengujian empat nilai jumlah *subcarrier* yaitu 256, 512, 1024, dan 2048. Jumlah titik DFT tetap yaitu 128 untuk 1 user. User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Nilai Eb/No yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Berikut grafik BER dengan menggunakan jumlah *subcarrier* yang berbeda pada DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA skema *subcarrier mapping* jenis *localized*. Dari gambar 4.11 dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin buruk hal ini dikarenakan User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Dalam skenario ini dilakukan pengujian empat nilai jumlah titik DFT yaitu 128, 256, 512, dan 1024. Jumlah *subcarrier* tetap yaitu 128 untuk 1 user. User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Nilai Eb/No yang digunakan adalah dari 0 sampai 20 dB terhadap BER. Semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin baik hal ini dikarenakan pemakaian *subcarrier* IDFT akan semakin banyak dan efisien apabila jumlah titik DFT diperbesar untuk 1 user.

## 5. Kesimpulan

Desain Coding DSTFBC yang terintegrasi SC-FDMA didalamnya terbukti memiliki kehandalan yang lebih baik dari sisi BER terhadap DSTFBC sendiri maupun SC-FDMA sendiri. Modulasi digital 16QAM memiliki hasil yang jauh lebih baik dibandingkan QPSK. Untuk Modulasi BPSK memiliki hasil BER yang paling baik. Semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin buruk hal ini dikarenakan User yang disimulasikan hanya 1 user sehingga untuk *subcarrier* lain diberi padding nol. Semakin besar nilai *subcarrier* maka nilai BER akan semakin baik hal ini dikarenakan pemakaian *subcarrier* IDFT akan semakin banyak dan efisien apabila jumlah titik DFT diperbesar untuk 1 user. Untuk Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan metode MIMO dan *multicarrier* lain yang dapat meningkatkan kehandalan. Penelitian ini juga dapat dikembangkan kearah implementasi FPGA maupun simulasi modelsim.

## 6. Daftar Referensi

- [1] Rina Pudji Astuti, Andriyan B. Suksmono, Sugihartono, dan Adit Kurniawan. The Simulated Performance of Multilevel DUSTF Encoding for MIMO Wireless Communications.
- [2] Goldsmith, Andrea.2005.”*Wireless Communication*”. Cambridge University Press, USA New York.
- [3] Cristina Ciochina, Damien Castelain, David Mottier and Hikmet Sari. Single Carrier Space-Frequency Block Coding Performance Evaluation. France.
- [4] Darlis, Denny. (2010). Perancangan dan Implementasi Prosesor OFDM Baseband untuk Prototipe Modem PLC pada FPGA. Tesis. IT Telkom : Tidak Diterbitkan.
- [5] Faiza, Delsina.(2008). Kombinasi Space Time Block Code dengan Teknik MC-CDMA Pada Sistem MIMO. Thesis. ITB. Bandung. Tidak Diterbitkan.
- [6] Adzha, Kamaru.(2005). Design and Implementation of OFDM Transmitter and Receiver On FPGA Hardware. Tesis. UTM. Malaysia : Tidak Diterbitkan.
- [7] Baese, Uwe Meyer.(2001). Digital Signal Processing With Field Programmable Gate Arrays. Springer. Jerman.
- [8] Faiza, Delsina.(2008). Kombinasi Space Time Block Code dengan Teknik MC-CDMA Pada Sistem MIMO. Thesis. ITB. Bandung. Tidak Diterbitkan.
- [9] Fazel. K dan S. Kaiser.(2003). Multicarrier and Spread Spectrum System. John Willey & Sons. England.
- [10] F. Portier, J-Y dan Baudais, J-F. Helard, Performance of STBC MC-CDMA system over outdoor realistic MIMO channels. France.
- [11] Hara, Shinsuke dan Ramjee Prasad.(2003). Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications. Artech House. Boston, London.
- [12] Jeffrey G. Andrews, Ghosh, dan Muhammad Rias.(2007). Fundamental of WiMAX :Understanding Broadband Wireless Networking. Massachussets : Prentice Hall.