



**REDUKSI PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO PADA  
SISTEM STBC MIMO-OFDM MENGGUNAKAN  
METODE *SELECTED MAPPING* DAN *PARTIAL  
TRANSMIT SEQUENCE***

**TESIS**

Oleh

**ANDI MADDANACA  
55409120004**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
2011**

## ABSTRACT

OFDM technique is an efficient bandwidth multicarrier technique. The use of OFDM technique can overcome multipath fading and inter-symbol interference (ISI). However, OFDM has two weaknesses, one of them is the peak-to-average power ratio (PAPR) is high. High PAPR will cause nonlinear distortion at high power amplifier (HPA) due to HPA limiting the output to a specific value and it can reduce the efficiency of power amplifiers. Therefore, the high PAPR should be reduced.

Proposed PAPR reduction method is by using Selected Mapping (SLM) and Partial Transmit Sequence (PTS). Both methods have shortcomings in terms of the complexity of multiplication and addition and presence of side information bits to be transmitted to the receiver. Therefore, the authors propose the development of such methods by modifying the phase rotation factor into the defined conversion pattern that more adaptive to SLM, and reduce iteration of generation of phase rotation factor in the PTS method with defining limited phase rotation factor.

Simulation results with 1000 OFDM symbols indicates that the PAPR reduction capability on the method of m-SLM and m-PTS approaches reduction capabilities of conventional methods. Bit error rate (BER) has also improved compared with no reduction. m-SLM outperform m-PTS, both on the value of PAPR reduction and the improvement of BER.

Keyword : OFDM, STBC, PAPR, SLM, PTS



## ABSTRAK

Teknik OFDM merupakan teknik *multicarrier* yang mengefisiensikan *bandwidth*. Penggunaan teknik OFDM dapat mengatasi *multipath fading* dan *intersymbol interference* (ISI). Namun demikian, OFDM mempunyai dua kelemahan, salah satunya adalah *peak-to-average power ratio* (PAPR) yang tinggi. PAPR yang tinggi akan menyebabkan distorsi nonlinear pada *high power amplifier* (HPA) karena HPA membatasi keluaran dengan nilai tertentu dan mengurangi efisiensi daya *amplifier*. Oleh karena itu, PAPR yang tinggi harus direduksi.

Metode reduksi PAPR yang diajukan adalah dengan menggunakan metode *Selected Mapping* (SLM) dan *Partial Transmit Sequence* (PTS). Kedua metode ini memiliki kekurangan dalam hal kompleksitas multiplikasi dan penjumlahan dan adanya *bit side information* yang harus dikirimkan ke *receiver*. Oleh karena itu, penulis mengajukan pengembangan dari metode tersebut dengan memodifikasi faktor rotasi fasa menjadi *pattern* konversi terdefinisi yang lebih adaptif pada SLM, dan mengurangi iterasi pembangkitan faktor rotasi fasa pada metode PTS dengan pendefinisian faktor rotasi fasa yang terbatas.

Hasil simulasi dengan 1000 simbol OFDM menunjukkan bahwa kemampuan reduksi PAPR pada metode m-SLM dan m-PTS mendekati kemampuan reduksi metode konvensional. *Bit error rate* (BER) yang dihasilkan juga mengalami perbaikan dibandingkan BER tanpa reduksi. m-SLM secara keseluruhan mengungguli kinerja dari m-PTS, baik pada nilai reduksi PAPR maupun pada perbaikan BER.

Kata kunci : OFDM, STBC, PAPR, SLM, PTS

## PENGESAHAN TESIS

Judul : **REDUKSI PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO PADA SISTEM STBC MIMO-OFDM MENGGUNAKAN METODE SELECTED MAPPING DAN PARTIAL TRANSMIT SEQUENCE**

Nama : Andi Maddanaca

NIM : 5540912004

Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

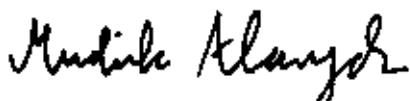
Tanggal : 31 Agustus 2011

Mengesahkan :

Direktur Pascasarjana

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Elektro

  
Prof. Dr. Didik J. Rachbini

  
Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus

Pembimbing Utama

  
Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : **REDUKSI PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO PADA SISTEM STBC MIMO-OFDM MENGGUNAKAN METODE SELECTED MAPPING DAN PARTIAL TRANSMIT SEQUENCE**

Nama : Andi Maddanaca

NIM : 5540912004

Program : Pascasarjana Program Magister Teknik Elektro

Tanggal : Agustus 2011

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, Agustus 2011



Andi Maddanaca

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan tesis dengan judul: **REDUKSI PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO PADA SISTEM STBC MIMO-OFDM MENGGUNAKAN METODE SELECTED MAPPING DAN PARTIAL TRANSMIT SEQUENCE** dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Elektro, kekhususan Manajemen Telekomunikasi pada Universitas Mercu Buana.

Penyelesaian Tesis ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, kami menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
2. Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus sebagai dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga kami menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Segenap dosen dan staf Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Kedua orang tua atas segala doa restunya selama ini sehingga kami dapat melalui setiap rintangan dengan selamat dan penuh kesabaran. Semoga Allah SWT juga memberikan keselamatan dunia dan akhirat kepada keduanya, Amin.
5. Istri, adik dan anak-anak atas dorongan dan doanya.
6. Segenap teman-teman Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Begitu pula ucapan terima kasih kepada semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu per satu atas jasa-jasanya dalam membantu dan menumbuhkan gairah optimisme kami, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan menyadari berbagai kekhilafan yang bukan tidak mungkin akan terdapat dalam tulisan ini, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun terhadap Tesis ini. Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Jakarta, Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL .....   | i    |
| ABSTRACT .....  | ii   |
| ABSTRAK .....   | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....   | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN (ORIGINALITY) .....                    | v    |
| KATA PENGANTAR .....  | vi   |
| DAFTAR ISI .....  | viii |
| DAFTAR TABEL .....  | xii  |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xii  |
| DAFTAR SINGKATAN .....  | xiv  |
| <br>  |      |
| BAB I PENDAHULUAN .....   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....                                       | 2    |
| 1.3 Perumusan Masalah .....                                       | 2    |
| 1.4 Balasan Masalah .....   | 3    |
| 1.5 Metodologi Penelitian .....                                   | 3    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                   | 4    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                       | 5    |
| 2.1 <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i> .....            | 5    |
| 2.1.1 Struktur Dasar Sistem MIMO .....                            | 5    |
| 2.2 <i>Space-Time Coding</i> .....                                | 6    |
| 2.2.1 Sistem <i>Space-Time Block Coding</i> .....                 | 7    |
| 2.3 <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM)</i> ..... | 9    |
| 2.3.1 Konsep OFDM .....   | 10   |
| 2.3.2 Orthogonalitas OFDM .....                                   | 11   |
| 2.3.3 Prinsip Kerja OFDM .....                                    | 14   |
| 2.3.4 Keuntungan dari OFDM .....                                  | 16   |
| 2.3.5 Kelemahan dari OFDM .....                                   | 17   |
| 2.3.6 <i>Peak-to-Average Power Ratio (PAPR)</i> .....             | 18   |



|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.7 Reduksi <i>Peak-to-Average Power Ratio</i> .....   | 23        |
| 2.3.7.1 <i>Selected Mapping</i> .....  | 24        |
| 2.3.7.2 <i>Partial Transmit Sequence</i> .....   | 26        |
| 2.3.8 Karakter PAPR OFDM .....   | 28        |
| 2.3.9 Menggunakan CCDF untuk operasi statistik PAPR OFDM .....   | 29        |
| 2.3.9.1 Pengenalan <i>Complementary Cumulative Distribution Function</i> CCDF.....                                       | 29        |
| 2.4 Kanal Propagasi .....  | 31        |
| 2.4.1 <i>Multipath Fading Rayleigh</i> .....   | 31        |
| 2.4.2 Pergeseran Doppler.....  | 32        |
| 2.5 <i>High Power Amplifier</i> .....  | 33        |
| <b>BAB III PERANCANGAN MODEL DAN SIMULASI.....</b>   | <b>35</b> |
| 3.1 Pemodelan Blok-blok Fungsional Sistem .....  | 35        |
| 3.1.1 Bagian Pengirim .....  | 35        |
| 3.1.2 Pemodelan Kanal.....   | 39        |
| 3.1.2.1 Kanal <i>Additive White Gaussian Noise (AWGN)</i> .....  | 39        |
| 3.1.2.2 Kanal <i>Multipath Fading Rayleigh</i> .....   | 39        |
| 3.1.3 Bagian Penerima.....   | 42        |
| 3.2 Parameter Simulasi .....   | 44        |
| 3.2.1 Parameter Model Layer Fisik .....  | 44        |
| 3.2.2 Parameter <i>Multipath Fading</i> .....  | 45        |
| 3.2.3 Sistem yang diajukan .....   | 45        |
| 3.2.3.1 <i>m-Selected Mapping</i> .....  | 46        |
| 3.2.3.2 <i>m-Partial Transmit Sequence</i> .....   | 47        |
| 3.2.3.3 <i>Flowchart</i> Sistem yang diajukan .....  | 49        |
| <b>BAB IV ANALISA HASIL PENGAMATAN .....</b>   | <b>53</b> |
| 4.1 Analisa Hasil Pengamatan Pada Metode <i>Selected Mapping</i> (SLM) Konvensional .....                                | 53        |
| 4.1.1 Perbandingan PAPR dengan subcarrier (N) berbeda pada faktor rotasi berbeda .....                                   | 53        |
| 4.1.2 Perbandingan Kinerja ( <i>Bit Error Rate</i> ) SLM pada subcarrier (N) berbeda dan faktor rotasi (W) berbeda ..... | 55        |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>4.2 Analisa Hasil Pengamatan Pada Metode Partial Transmit Sequence (PTS) Konvensional .....</b>                                     | <b>58</b>   |
| <b>4.2.1 Perbandingan PAPR dengan <i>subcarrier</i> (N) yang berbeda dan faktor rotasi (W) yang berbeda pada metode PTS .....</b>      | <b>58</b>   |
| <b>4.2.2 Perbandingan Kinerja (<i>Bit Error Rate</i>) PTS pada <i>subcarrier</i> (N) berbeda dan faktor rotasi (W) berbeda .....</b>   | <b>60</b>   |
| <b>4.3 Analisa Hasil Pengamatan Pada Metode Selected Mapping Termodifikasi (m-SLM) .....</b>   | <b>63</b>   |
| <b>4.3.1 Perbandingan PAPR dengan <i>sub-block</i> M dan <i>subcarrier</i> (N) yang berbeda dengan faktor rotasi W=2 .....</b>         | <b>63</b>   |
| <b>4.3.2 Perbandingan Kinerja (<i>Bit Error Rate</i>) m-SLM pada <i>subcarrier</i> (N) berbeda dan faktor rotasi (W) berbeda .....</b> | <b>65</b>   |
| <b>4.4 Analisa Hasil Pengamatan Pada Metode Partial Transmit Sequence Termodifikasi (m-PTS) .....</b>                                  | <b>68</b>   |
| <b>4.4.1 Perbandingan PAPR dengan <i>sub-block</i> V dan <i>subcarrier</i> (N) berbeda dengan faktor rotasi (W) berbeda .....</b>      | <b>68</b>   |
| <b>4.4.2 Perbandingan Kinerja (<i>Bit Error Rate</i>) m-PTS pada <i>subcarrier</i> (N) berbeda dan faktor rotasi (W) berbeda .....</b> | <b>70</b>   |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>   | <b>75</b>   |
| <b>5.1 Kesimpulan .....</b>  | <b>75</b>   |
| <b>5.2 Saran.....</b>  | <b>77</b>   |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>78</b>   |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>  | <b>82</b>   |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>xiv</b>  |
| <b>Skrip MATLAB .....</b>  | <b>xiv</b>  |
| <b>Pattern Faktor Rotasi Fasa .....</b>  | <b>xxxi</b> |
| <b>Data Plot Simulasi .....</b>  | <b>xlii</b> |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 3.1 Parameter <i>multipath fading</i> .....                                 | 45 |
| Tabel 4.1 Perbandingan amplitudo PAPR pada SLM konvensional .....                 | 54 |
| Tabel 4.2 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode SLM W2 konvensional ..   | 56 |
| Tabel 4.3 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode SLM W4 konvensional ...  | 57 |
| Tabel 4.4 Perbandingan amplitudo PAPR pada PTS konvensional .....                 | 59 |
| Tabel 4.5 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode PTS W2 Konvensional...61 | 61 |
| Tabel 4.6 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode PTS W4 Konvensional...62 | 62 |
| Tabel 4.7 Perbandingan amplitudo PAPR pada m-SLM .....                            | 64 |
| Tabel 4.8 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode m-SLM W2 .....           | 66 |
| Tabel 4.9 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode m-SLM W4 .....           | 67 |
| Tabel 4.10 Perbandingan amplitudo PAPR pada m-PTS .....                           | 69 |
| Tabel 4.11 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode m-PTS W2.....71         | 71 |
| Tabel 4.12 Perbandingan <i>Bit Error Rate</i> pada metode m-PTS W4.....72         | 72 |

## DAFTAR GAMBAR

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1.  | Konfigurasi antena pada sistem <i>space time</i> .....                | 6  |
| Gambar 2.2   | Skema Transmisi Alamouti.....   | 7  |
| Gambar 2.3.  | Bagan Antena <i>Receiver</i> pada Sistem MIMO 2x2.....                | 9  |
| Gambar 2.4.  | Perbandingan spektrum frekuensi FDM dan OFDM.....                     | 11 |
| Gambar 2.5.  | Spektrum sinyal <i>carrier</i> OFDM .....                             | 15 |
| Gambar 2.6.  | Fluktuasi nilai amplitudo pada sinyal OFDM .....                      | 18 |
| Gambar 2.7   | Kurva daerah kerja <i>power amplifier</i> .....                       | 19 |
| Gambar 2.8   | Efek linearitas PA terhadap distorsi sinyal <i>multicarrier</i> ..... | 20 |
| Gambar 2.9.  | Perbandingan PAPR (dB) terhadap jumlah <i>carrier</i> .....           | 23 |
| Gambar 2.10. | Prinsip dasar <i>Selected Mapping</i> .....                           | 24 |
| Gambar 2.11. | Pendekatan <i>Partial Transmit Sequence</i> .....                     | 26 |
| Gambar 2.12  | Model <i>tapped delay line</i> kanal <i>multipath fading</i> .....    | 32 |
| Gambar 2.13  | Ilustrasi Efek Doppler .....  | 32 |
| Gambar 3.1   | Blok Diagram Umum Sistem STBC MIMO-OFDM .....                         | 35 |
| Gambar 3.2   | Blok Diagram bagian <i>Transmitter</i> pada STBC MIMO-OFDM ...        | 35 |
| Gambar 3.3.  | Diagram konstalasi QPSK.....  | 36 |
| Gambar 3.4   | <i>Serial to Parallel Converter</i> .....                             | 36 |
| Gambar 3.5   | Pola aliran data STBC.....  | 37 |
| Gambar 3.6   | Pemodelan Kanal AWGN .....  | 39 |
| Gambar 3.7   | Pemodelan Kanal Rayleigh .....  | 40 |
| Gambar 3.8   | Generator Pembangkit <i>Fading Rayleigh</i> .....                     | 41 |
| Gambar 3.9   | Blok Diagram Penerima pada Sistem STBC MIMO-OFDM .....                | 42 |
| Gambar 3.10  | Penerimaan sinyal pada antenna Rx .....                               | 43 |
| Gambar 3.11  | Metode m-SLM dengan faktor rotasi terdefinisi .....                   | 46 |
| Gambar 3.12  | Metode m-PTS dengan faktor rotasi terdefinisi .....                   | 48 |
| Gambar 3.13  | <i>Flowchart Transmitter m-Selected Mapping</i> .....                 | 49 |
| Gambar 3.14  | <i>Flowchart Receiver m-Selected Mapping</i> .....                    | 50 |
| Gambar 3.15  | <i>Flowchart Transmitter m-Partial Transmit Sequence</i> .....        | 51 |
| Gambar 3.16  | <i>Flowchart Receiver m-Partial Transmit Sequence</i> .....           | 52 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Gambar 4.1 | Perbandingan PAPR SLM W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....   | 53 |
| Gambar 4.2 | Perbandingan BER SLM W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....    | 55 |
| Gambar 4.3 | Perbandingan PAPR PTS W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....   | 58 |
| Gambar 4.4 | Perbandingan BER PTS W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....    | 60 |
| Gambar 4.5 | Perbandingan PAPR m-SLM W2 pada <i>subcarrier N=64</i> ..... | 65 |
| Gambar 4.6 | Perbandingan BER m-SLM W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....  | 65 |
| Gambar 4.7 | Perbandingan PAPR m-PTS W2 pada <i>subcarrier N=64</i> ..... | 68 |
| Gambar 4.8 | Perbandingan BER m-PTS W2 pada <i>subcarrier N=64</i> .....  | 70 |

## DAFTAR SINGKATAN

|        |   |  |
|--------|---|--|
| 4G     | : | 4 <sup>th</sup> Generation                     |
| AWGN   | : | Additive White Gaussian Noise                  |
| BER    | : | Bit Error Rate                                 |
| BPSK   | : | Binary Phase Shift Keying                      |
| CCDF   | : | Complementary Cumulative Distribution Function |
| CDF    | : | Cumulative Distribution Function               |
| FFT    | : | Fast Fourier Transform                         |
| HPA    | : | High Power Amplifier                           |
| IF     | : | Intermediate Frequency                         |
| IFFT   | : | Invers Fast Fourier Transform                  |
| LOS    | : | Line Of Sight                                  |
| M-PSK  | : | M-ary Phase Shift Keying                       |
| MIMO   | : | Multiple Input Multiple Output                 |
| MISO   | : | Multiple Input Single Output                   |
| m-PTS  | : | modified Partial Transmit Sequence             |
| m'-SLM | : | modified Selected Mapping                      |
| PAPR   | : | Peak-to-Average Power Ratio                    |
| PDF    | : | Probability Density Function                   |
| PSK    | : | Phase Shift Keying                             |
| PTS    | : | Partial Transmit Sequence                      |
| QPSK   | : | Quadrature Phase Shift Keying                  |
| RF     | : | Radio Frequency                                |
| SIMO   | : | Single Input Multiple Output                   |
| SISO   | : | Single Input Single Output                     |
| SLM    | : | Selected Mapping                               |
| SM     | : | Spatial Multiplexing                           |
| SNR    | : | Signal to Noise Ratio                          |
| STBC   | : | Space Time Block Code                          |
| WiMAX  | : | Wireless Interoperability for Microwave Access |