

## PEMBUATAN MODEL HYBRID 2 TEKNIK REDUKSI *PEAK-TO-AVERAGE POWER RATIO PARTIAL TRANSMIT SEQUENCE* DAN *CLIPPING FILTERING* PADA SISTEM MIMO-OFDM

Aida Nur Azizah<sup>1\*</sup>, Irma Saniatur Rohma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS - Kampus PENS Sukolilo Surabaya 60111

\*Email: aidanurazizah9@gmail.com

### Abstrak

Sistem MIMO digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel modern untuk memenuhi tuntutan kecepatan transmisi data yang tinggi untuk berbagai aplikasi dan layanan namun sistem MIMO-OFDM mempunyai kelemahan nilai PAPR (*Peak to Average Power Ratio*) yang tinggi dan membuat HPA (*High Power Amplifier*) bekerja pada daerah non-linier. Sehingga perlu dilakukan reduksi dengan teknik reduksi PAPR. dalam Penelitian ini dilakukan analisis reduksi PAPR pada sistem MIMO-OFDM menggunakan teknik hybrid *Improved Partial Transmits Sequence* dan *Simplified Clipping Filtering*. Analisis dilakukan dengan mengamati kinerja penggunaan teknik reduksi PAPR dan penggunaan tanpa teknik reduksi PAPR. Hasil simulasi menunjukkan pada probabilitas  $1 \times 10^{-5}$ , hasil kinerja tanpa teknik reduksi dibutuhkan level threshold  $PAPR_0$  sebesar  $\pm 12$  dB, sedangkan ketika menggunakan teknik reduksi hybrid *Improved PTS* dan *Simplified CF* dibutuhkan level threshold  $PAPR_0$  rata-rata  $\pm 6$  dB dan membandingkan kinerja teknik reduksi Hybrid *Improved PTS* - *Simplified CF* dengan nilai *Clipping ratio* 1,4 dan 1,6. Maka kinerja reduksi PAPR terbaik adalah dengan menggunakan teknik reduksi hybrid *Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan *Clipping ratio* 1,4 karena mampu menyuguhkan selisih nilai reduksi sebesar  $\pm 5,7$  dB daripada tanpa menggunakan teknik reduksi. dan penggunaan nilai *Clipping Ratio* yang semakin rendah menghasilkan nilai PAPR yang juga semakin rendah, karena Amplitudo maksimum semakin kecil.

**Kata Kunci :** *Clipping Filtering, MIMO-OFDM, PAPR, PTS*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem MIMO digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel modern untuk memenuhi tuntutan kecepatan transmisi data yang tinggi untuk berbagai aplikasi dan layanan. sistem MIMO menggunakan beberapa Antena pada *transmitter* dan *receiver*. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* merupakan teknik transmisi *multicarrier* yang populer digunakan pada komunikasi nirkabel yang efektif dapat mengatasi *multipath fading* dan *Intersymbol Interference (ISI)*. Penggabungan teknik MIMO dan OFDM dinamakan MIMO-OFDM menjadi salah satu kandidat yang paling menarik untuk komunikasi *wireless broadband*, seperti *wireless metropolitan area network (WMAN)* dan sistem *3GPP Long Term Evolution (LTE)* [1]. Namun, kelemahan utama dari sistem MIMO OFDM adalah PAPR yang tinggi, yang membuat sinyal OFDM mengalami distorsi pada daerah *nonlinier* penguat daya tinggi seperti *high power amplifier (HPA)*[2]. Oleh karena itu, Untuk mengatasi masalah ini, berbagai teknik reduksi PAPR telah disajikan, yaitu *Clipping* dan *Filtering* [3], SLM[4] dan PTS[5].

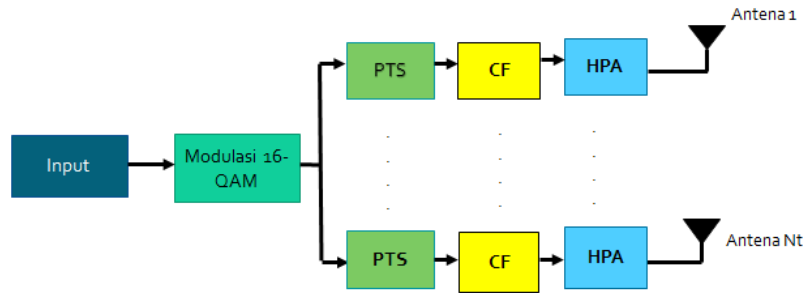
Diantara metode-metode tersebut, teknik *Partial Transmit Sequence* dapat mengurangi PAPR pada sistem MIMO-OFDM. Dalam skema PTS konvensional, blok input data dibagi menjadi beberapa *subblok* yang saling beda. Output dari proses IFFT pada setiap *subblok* dikalikan oleh sekumpulan faktor fase secara rotasi dan hasilnya dijumlah menghasilkan beberapa kandidat sinyal OFDM, kemudian dipilih sinyal OFDM dengan nilai PAPR terendah untuk ditransmisikan. Skema konvensional PTS adalah teknik *non-distorsi* dan mempunyai kinerja reduksi PAPR yang bagus, tetapi mempunyai kompleksitas perhitungan yang tinggi. Oleh karena itu algoritma *improved PTS* diterapkan untuk mengurangi kompleksitas perhitungan tersebut [6].

Teknik *clipping filtering* merupakan teknik reduksi PAPR yang paling sederhana. Teknik *Clipping filtering* dapat menghilangkan *out of band radiation* dengan memotong puncak sinyal dalam ranah waktu sesuai pada nilai yang ditetapkan dan kemudian menyaringnya. Tetapi, *clipping* ini dapat menyebabkan interferensi *in-band* dan *out-of-band* yang menurunkan kinerja sistem

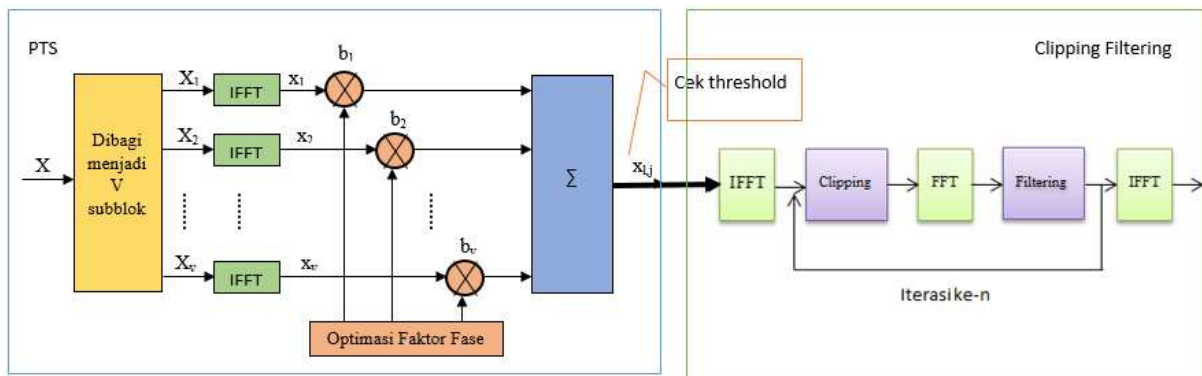
termasuk BER dan efisiensi spectrum. Dan Pada Teknik *Simplified Clipping Filtering* dalam satu iterasi memperoleh pengurangan PAR sama dengan dengan beberapa iterasi, sehingga dengan teknik *Simplified Clipping Filtering* dapat mengurangi kompleksitas perhitungan[7].

**2. METODOLOGI**

Gambar 1 merupakan sistem yang dirancang pada pemancar MIMO-OFDM. Pertama, data dibangkitkan secara acak sejumlah bit input yang ditentukan. Kemudian data tersebut dipetakan berdasarkan diagram konstelasi 16-QAM. Setelah itu, data hasil modulasi dikirimkan melalui beberapa antenna.



**Gambar 1. Blok Diagram Sistem MIMO-OFDM Sisi Pemancar**



**Gambar 2. Blok Diagram Teknik Reduksi Hybrid PTS-Clipping Filtering**

Berdasarkan gambar 2, data input X yang berasal dari hasil modulasi dibagi menjadi V subblok,  $X_v = [X_{v,0}, \dots, X_{v,L-1}]$  dengan  $v = 1, 2, \dots, V$  [2]. Terdapat tiga skema pembagian subblok, yaitu *adjacent partitioning*, *interleaved partitioning*, dan *pseudorandom partitioning* [8]. Setiap subblok akan di IFFT berdasarkan persamaan berikut

$$x_v = IFFT(X_v) \tag{1}$$

Berikutnya faktor fase diberikan untuk menghasilkan sinyal kandidat PTS. Kumpulan faktor fase ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut

$$b_v = e^{j\phi_w}, v = 1, 2, \dots, V \tag{2}$$

dimana w adalah jumlah faktor fase. Masing-masing subblok x dikalikan dengan faktor fase b dan kemudian dijumlahkan semua subblok menghasilkan sinyal kandidat. Ide dasar dari algoritma *improved PTS* adalah membagi L sinyal kandidat ke J stage. Pada stage ke-j, sinyal kandidat Lj dibangkitkan menggunakan jenis partisi subblok dan kombinasi faktor fase untuk stage ke-j. Sehingga sinyal kandidat pada stage ke-j dapat diekspresikan dengan persamaan sebagai berikut [9]. Perhitungan ini direpresentasikan dengan

$$x_{l,j} = \sum_{v=1}^{V_j} b_{v,w}^j \cdot x_v^j \quad (3)$$

Sinyal OFDM yang telah direduksi menggunakan teknik PTS, kemudian akan dijadikan sebagai *input* untuk proses reduksi menggunakan teknik *clipping filtering*. Pada teknik *Clipping Filtering*, sinyal akan dipotong sebanyak *threshold* yang telah ditentukan sehingga didapat *clipping noise*  $f(n)$ , sesuai dengan persamaan berikut ini

$$\hat{x}(t) = \begin{cases} Ae^{j\Phi(t)}, & |x(t)| > A \\ x(t), & |x(t)| \leq A \end{cases} \quad (4)$$

$$f(n) = x(t) - \hat{x}(t) \quad (5)$$

*Clipping noise* tersebut kemudian diubah kedalam domain frekuensi, setelah itu dilakukan proses *filtering*, sinyal hasil filtering  $\widehat{F}_k$  dikalikan dengan beta dan kemudian sinyal OFDM dikurangkan dengan hasil perkalian dan didapatkan sinyal dengan domain waktu. Sebagaimana persamaan di bawah ini [7].

$$\widehat{X}_k = X_k - \beta \widehat{F}_k \quad (6)$$

$$\beta \Delta = \frac{\text{total filter clipping noise setelah } K \text{ iterasi}}{\text{filter clipping noise dibangkitkan di iterasi pertama}} \quad (7)$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai PAPR. Berikut ini adalah persamaan PAPR.

$$PAPR = \frac{\max_{k=0, \dots, N-1} |\widehat{X}_k|^2}{\sigma^2} \quad (8)$$

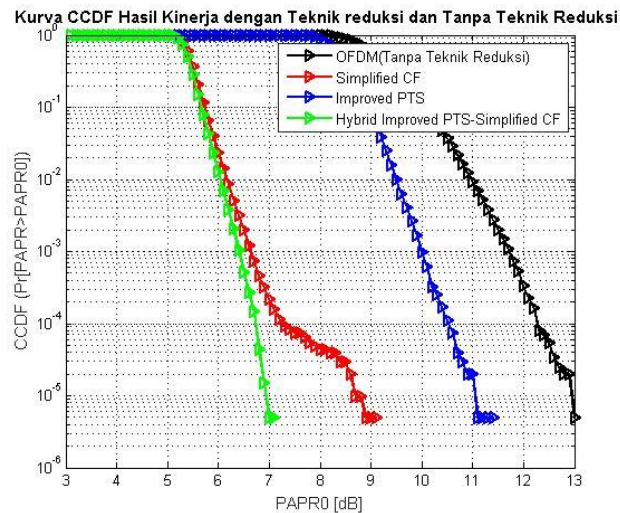
dimana  $\sigma^2$  adalah daya rata-rata dari sinyal OFDM yang telah direduksi dan pembilang merepresentasikan daya puncak dari sinyal OFDM yang telah di reduksi. Dari nilai PAPR tersebut akan dilakukan pengeplotan kurva CCDF dengan persamaan sebagai berikut.

$$\Pr(PAPR > PAPR_0) = 1 - (1 - e^{-PAPR_0})^N \quad (9)$$

dimana  $PAPR_0$  adalah nilai PAPR tertentu [10].

### 3. SIMULASI DAN HASIL

Simulasi pertama dilakukan dengan membandingkan kinerja teknik reduksi *Partial Transmit Sequence* (PTS) saja, *Clipping Filtering* saja *Hybrid* PTS-CF dan tanpa teknik reduksi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jumlah antenna 2 dengan jenis MIMO *ordinary*-PTS, jumlah *subcarrier* yang digunakan adalah 512, jumlah subblok pada PTS adalah 4, faktor fase yang digunakan pada PTS adalah  $\{1, -1\}$ , *Clipping ratio* 1.4, jumlah iterasi 3 dan menggunakan modulasi 16-QAM. Pengamatan dilakukan pada CCDF atau probabilitas  $PAPR > PAPR_0 \cdot 10^{-5}$ , yaitu kemungkinan terkecil dari 100000 puncak simbol OFDM. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4



**Gambar 4.** Kurva CCDF

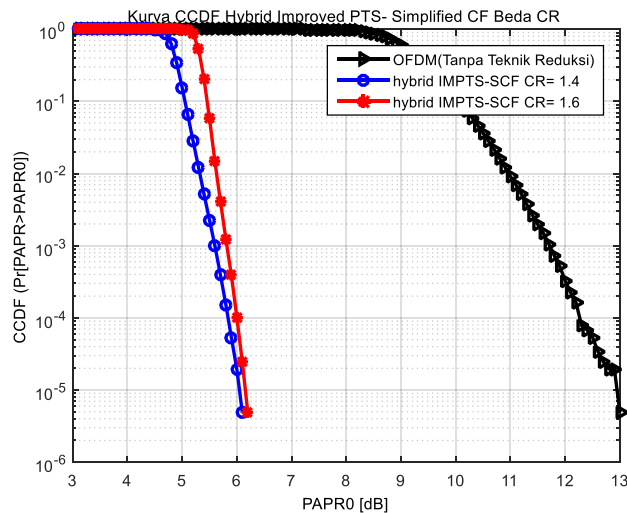
Hasil pengamatan nilai PAPR saat probabilitas CCDF adalah  $10^{-4}$  ditunjukkan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1 Hasil simulasi untuk pengamatan nilai PAPR dengan saat probabilitas CCDF  $10^{-4}$**

Nilai PAPR <sub>0</sub> pada pengamatan CCDF $10^{-5}$ (dB)	
OFDM (Tanpa Teknik Reduksi)	12.9
<i>Improved Partial Transmit Sequence</i>	11
<i>Simplified Clipping Filtering</i>	8.7
<i>Hybrid Improved PTS – Simplified CF</i>	6.95

Pada pengamatan probabilitas PAPR>PAPR<sub>0</sub> sebesar  $10^{-5}$  pada sistem MIMO-OFDM tanpa teknik reduksi menghasilkan nilai PAPR<sub>0</sub> sebesar 12.9 dB. Pada sistem MIMO-OFDM dengan teknik reduksi *Improved PTS* menghasilkan nilai PAPR<sub>0</sub> sebesar 11 dB sehingga dapat mereduksi PAPR sebesar 1.9 dB. Pada sistem MIMO-OFDM dengan teknik reduksi *Simplified CF* menghasilkan nilai PAPR<sub>0</sub> sebesar 8.7 dB sehingga dapat mereduksi PAPR sebesar 4.2 dB. Sedangkan saat menggunakan teknik reduksi *Hybrid Improved PTS - Simplified CF* menghasilkan nilai PAPR<sub>0</sub> sebesar 6.95 dB sehingga dapat mereduksi PAPR sebesar 5.95 dB. Berdasarkan hasil diatas, teknik reduksi dengan metode *Hybrid Improved PTS - Simplified CF* menghasilkan kinerja reduksi yang lebih baik 4.05 dB dibandingkan *Improved PTS* saja. Sedangkan dibandingkan dengan teknik reduksi *Simplified CF* saja, *Hybrid Improved PTS - Simplified CF* menghasilkan kinerja reduksi yang lebih baik 1.75 dB. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5

Pada pengujian kedua ini membandingkan kinerja teknik reduksi *Hybrid Improved PTS - Simplified CF* dengan nilai *Clipping ratio* 1,4 dan 1,6 dengan jumlah iterasi 2. Seperti simulasi pertama, pengamatan dilakukan dengan mengambil titik probabilitas yang sama dari ketiga grafik yaitu  $10^{-5}$ , kemudian dilihat berapa batas nilai PAPR pada probabilitas tersebut.



**Gambar 5. Kinerja Sistem dengan teknik reduksi *Hybrid Improved PTS* dan *SCF* beda CR dan tanpa teknik reduksi.**

Berdasarkan Gambar diatas diperoleh nilai  $PAPR_0$  Hasil tersebut dapat dituliskan seperti pada tabel 3.2 sebagai berikut.

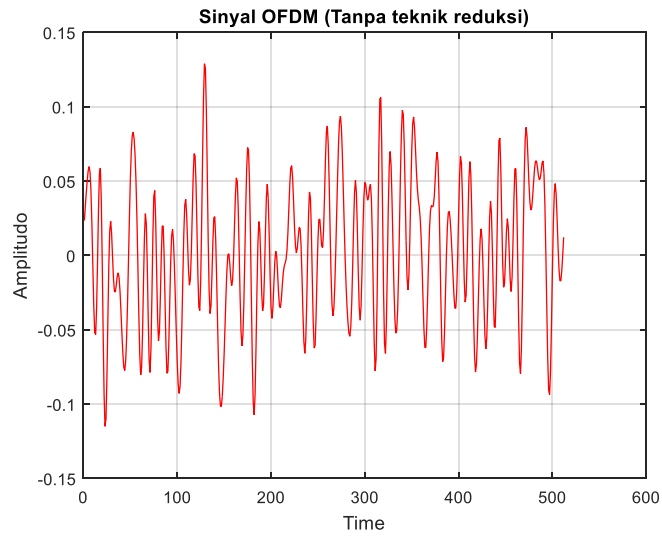
**Tabel 3.2. Hasil simulasi untuk Pengamatan pada Probabilitas  $10^{-5}$**

Nilai $PAPR_0$ pada pengamatan $Prob(PAPR > PAPR_0) \times 10^{-5}$	
OFDM (tanpa teknik reduksi)	13 dB
Hybrid Improved PTS-SCF CR=1.4	6,05 dB
Hybrid Improved PTS-SCF CR=1.6	6,16 dB

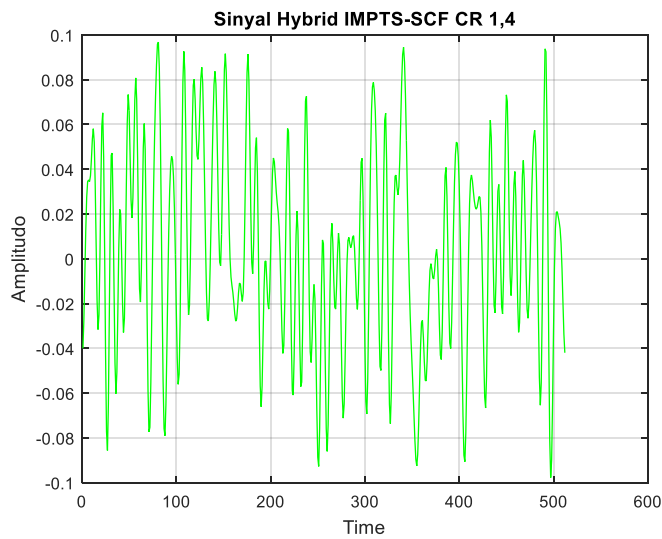
Pada pengamatan probabilitas  $PAPR > PAPR_0$  sebesar  $10^{-5}$  didapatkan data seperti pada tabel 2. Pada sistem, tanpa teknik reduksi dibutuhkan level threshold  $PAPR_0$  sebesar 13 dB, sedangkan dengan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR 1,4 dibutuhkan level threshold  $PAPR_0$  sebesar 6,05 dB. dan dengan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR 1,6 dibutuhkan level threshold  $PAPR_0$  sebesar 6,16 dB. Dari hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa kinerja reduksi PAPR terbaik adalah dengan menggunakan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR yang lebih kecil yaitu 1,4 karena mampu menyuguhkan selisih nilai reduksi sebesar 6,95 dB daripada tanpa menggunakan teknik reduksi. dan penggunaan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR 1,6 lebih bagus dengan selisih 6,84 dB daripada tanpa menggunakan teknik reduksi. dan penggunaan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR 1,4 lebih bagus dengan selisih 0,11 dB daripada dengan teknik reduksi *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan CR 1,6. Hal ini dikarenakan jika nilai *Clipping Ratio* yang digunakan semakin rendah maka menghasilkan nilai PAPR yang juga semakin rendah, karena Amplitudo maksimum semakin kecil. Dan nilai *Clipping Ratio* pada sistem dapat diubah untuk mendapatkan daya (PAPR) yang optimal.

Daya dari sinyal yang dipancarkan sesuai dengan nilai puncak yang dimiliki oleh sinyal. Jika nilai puncak sinyal semakin tinggi, maka daya pancarnya juga semakin tinggi. Maka dari itu, dalam penelitian ini juga diamati nilai puncak pada sinyal.

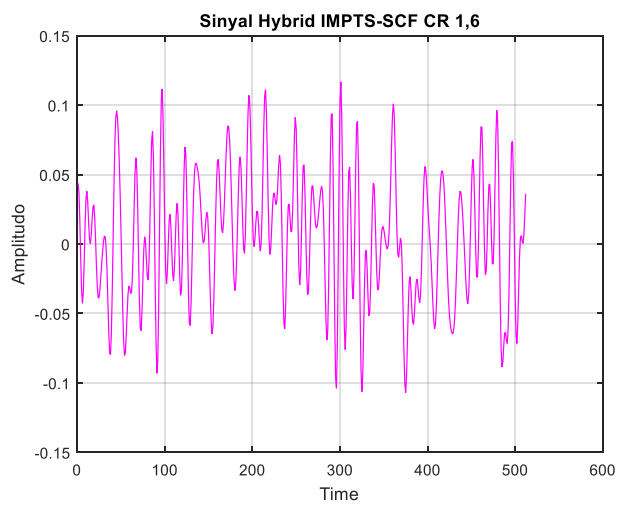
Untuk sinyal OFDM tanpa reduksi PAPR ditunjukkan pada gambar 7 dan sinyal setelah reduksi PAPR dengan teknik *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan *Clipping Ratio* sebesar 1,4 ditunjukkan pada gambar 8 dan pada gambar 9 adalah sinyal setelah reduksi PAPR dengan teknik *hybrid Improved PTS* dan *Simplified CF* dengan nilai *Clipping Ratio* sebesar 1,6.



**Gambar 7. Sinyal OFDM Tanpa Teknik Reduksi**



**Gambar 8. Sinyal Teknik Reduksi Hybrid Improved PTS-SCF, CR=1,4**



**Gambar 9. Sinyal Teknik Reduksi Hybrid Improved PTS-SCF, CR=1,6**

Dari sinyal keluaran tersebut, nilai puncak dari sinyal OFDM tanpa proses reduksi PAPR sebesar 0,13 sedangkan setelah proses reduksi dengan teknik *Hybrid Improved PTS-SCF* untuk  $CR=1,6$  nilai puncak menjadi 0,11 dan setelah proses reduksi dengan teknik *Hybrid Improved PTS-SCF* untuk  $CR=1,4$  nilai puncak menjadi 0,098. Dari hasil tersebut, nilai puncak sinyal mengalami penurunan saat direduksi. Jika nilai puncak semakin kecil, maka daya yang dipancarkan juga semakin kecil karena daya adalah kuadrat dari nilai puncak. Penurunan daya pancar yang semakin kecil bergantung pada *Clipping ratio* yang diberikan. Jika nilai *Clipping Ratio* semakin kecil, maka menghasilkan *threshold* yang semakin kecil, sehingga nilai puncak dari sinyal akan semakin rendah.

#### 4. KESIMPULAN

Hybrid PTS dan CF merupakan sebuah teknik reduksi gabungan dimana *output* dari teknik reduksi PTS digunakan sebagai input pada teknik reduksi CF. Sehingga sinyal direduksi sebanyak dua kali. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan teknik reduksi *hybrid* PTS dan CF dapat mereduksi nilai PAPR hingga 6 dB.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan nikmat-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai pada waktunya. Penyusun menyadari bahwa terwujudnya paper ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, doa serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa cahaya Islam dan menerangi seluruh alam.
2. Orang Tua dan Adik yang telah memberikan doa, semangat serta dukungan dengan sepenuh hati.
3. Bapak Aries Pratiarso, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ir. Yoedy Moegiharto, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu, motivasi serta arahan yang sangat bermanfaat dalam Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu, menemani, dan bersama-sama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih atas segala bantuan dan dukungannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sheng-Ju Ku "Low-Complexity PTS-Based Schemes for PAPR Reduction in SFBC MIMO-OFDM Systems" IEEE 2014.
- [2] Kamal Singh and Abhinav Dogra, "A New Phase Sequence PAPR Reduction Technique Based On SLM And PTS Techniques", Dec 2012.
- [3] J. Armstrong, "Peak-to-average power reduction for OFDM by repeated clipping and frequency domain" 2002.
- [4] S. S. Jeng and J. M. Chen, "Efficient PAPR reduction in OFDM systems based on a companding technique with trapezium distribution," IEEE Trans. Broadcast., vol. 57, no. 2, pp. 291–298, Jun. 2011
- [5] Y. Wang, L.-H. Wang, J.-H. Ge, and B. Ai, "An efficient nonlinear com-panding transform for reducing PAPR of OFDM signals", IEEE Trans. Broadcast., vol. 58, no. 4, pp. 677–684, Dec. 2012
- [6] Inoue.Yuya, Tsutsui.H, Miyanaga.Y, "Study of PAPR Reduction Using Coded PTS in 8x8 MIMO-OFDM Systems", IEEE, hal. 363- 368, Jepang, 2013.
- [7] Luqing Wang and Chintha Tellambura, "A Simplified Clipping and Filtering Technique for PAR Reduction in OFDM Systems" IEEE 2005.
- [8] Gupta, Ishita., "Implementation Of A Single IFFT Block Based Partial Transmit Sequence Technique For PAPR Reduction In OFDM", Department of Electronics and Communication Engineering National Institute of Technology Rourkela Rourkela, Odisha, 769 008, India. May 2013.
- [9] Xiao.Yue, Wen.Qing-song, Li.Shao-qian, "Improved PTS for PAPR Reduction in OFDM System", IEEE, China, 2007

- [10] Li. Yun, Gao. Mingyu dan Yi, Zhiqiang, "A Cooperative and Alternate PTS Scheme for PAPR Reduction in STBC MIMO-OFDM System", *IEEE*, hal. 268-271, 2012.