

ANALISIS KINERJA KOMPRESI CITRA DWT DAN FRAKTAL PADA TRANSMISI CITRA DENGAN SISTEM SC-FDMA

Dodi Setiabudi¹, Dedy Wahyu Herdiyanto², Akbar Felayati³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37, Kampus Tegalboto, Jember 68121

dodi@unej.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi telekomunikasi memiliki peranan penting dalam kecepatan proses pengiriman citra. SC-FDMA merupakan teknologi akses jamak dengan teknik single carrier yang membagi bandwidth kanal dan memiliki keunggulan nilai PAPR yang rendah. Namun ukuran file citra yang besar akan menjadi masalah pada media penyimpanan maka diperlukan adanya kompresi. Kompresi DWT dan Fraktal merupakan salah satu kompresi lossy yang dapat mengecilkan ukuran citra. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja antara kompresi DWT dan Fraktal menggunakan sistem SC-FDMA. Penelitian dijalankan melalui modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM dengan parameter PSNR, SSIM, dan waktu transmisi. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa metode DWT dengan nilai PSNR 41,8594 dB menghasilkan kualitas citra yang lebih baik daripada metode Fraktal dengan nilai PSNR 30,5940 dB. Sedangkan kinerja waktu transmisi dari kompresi Fraktal lebih baik dengan waktu rata-rata 9,8274 detik daripada kompresi DWT dengan waktu 13,1121 detik.

Keyword : *kompresi DWT, kompresi Fraktal, SC-FDMA, PSNR, waktu transmisi*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, telekomunikasi memiliki peranan penting dalam perkembangan teknologi di bidang transmisi data yang berkembang. Salah satu teknologi telekomunikasi yang digunakan saat ini adalah Long Term Evolution atau LTE. LTE dalam proses transmisinya menggunakan dua akses jamak yaitu Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) di sisi downlink dan Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA) di sisi uplink. Sistem SC-FDMA memiliki nilai Peak to Average Power Ratio lebih rendah daripada OFDMA [1]. Hasil tersebut merupakan kelebihan SC-FDMA dibandingkan OFDMA pada proses transmisi yang dibutuhkan data digital yang akan dikirim. Proses transmisi objek data memiliki permasalahan ukuran file yang cukup besar, sehingga diperlukan juga penyimpanan yang cukup besar untuk melakukan proses transmisi. Objek data berupa citra dengan ukuran file yang besar ketika dikirimkan akan memerlukan waktu yang lama dan memori penyimpanan yang besar. Oleh karena itu pada transmisi citra diperlukan adanya sebuah metode kompresi untuk meningkatkan keefektifan dalam proses transmisi [2].

Kompresi merupakan proses mereduksi ukuran suatu data untuk menghasilkan representasi digital yang padat atau mampat namun tetap mewakili informasi yang terkandung dalam data tersebut [3]. Proses transmisi data memerlukan adanya kompresi untuk mengurangi penggunaan memori data yang berlebih sehingga ukuran data menjadi lebih kecil dan waktu yang diperlukan dapat dipersingkat. Selain itu, proses reduksi sebagian informasi dapat di optimasi sehingga informasi yang dihilangkan tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan karakter file dari

segi kualitas. Kompresi yang akan dilakukan pengujian yaitu DWT dan Fraktal.

Discrete Wavelet Transform atau DWT merupakan teknik yang mendekomposisi citra pada frekuensi subband citra tersebut [10]. Berdasarkan penelitian [6] menggunakan sistem SC-FDMA berbasis DWT untuk mengurangi noise dan interferensi pada sistem komunikasi nirkabel. Hasil penelitian tersebut menunjukkan teknik yang digunakan memiliki kinerja lebih baik dengan menurunkan tingkat kesalahan. Penelitian lain yang dilakukan [4] menggunakan metode transformasi wavelet haar dan DWT untuk dibandingkan kinerjanya. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil rasio kompresi pada transformasi wavelet haar sebesar 41%, sedangkan pada DWT diperoleh hasil rasio kompresi sebesar 29,5%. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilakukan sebuah komparasi untuk metode DWT dengan metode lain agar diketahui tingkat keefektifan dari metode DWT, sehingga metode tersebut dapat diimplementasikan lebih luas. Metode yang digunakan untuk pembandingan dalam penelitian ini menggunakan kompresi Fraktal.

Kompresi dengan metode Fraktal memiliki karakter yaitu rasio kompresi yang tinggi, gambar decoding tidak terkait dengan resolusi, penguraian cepat, dan waktu pengkodean yang panjang [9]. Penelitian yang dilakukan oleh [5] menjelaskan tentang penggunaan metode hybrid berdasarkan variasi ukuran blok untuk kompresi citra berwarna dan skala abu-abu. Hasil dari penelitian menunjukkan metode HFVS dapat meningkatkan PSNR dan CR dibandingkan dengan kompresi dengan ukuran blok tetap. Penelitian lain dilakukan [7] membandingkan beberapa skema pengkodean kompresi fraktal untuk citra medis skala abu-abu

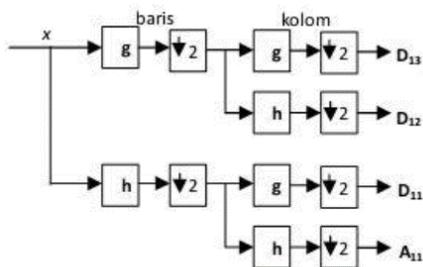
berdasarkan partisi tetap. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode FDFP memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan metode yang lainnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan metode DWT maupun metode Fraktal, dapat dikatakan bahwa kedua metode tersebut merupakan dua metode yang memiliki kualitas kompresi yang relatif tinggi. Kualitas yang dihasilkan masing-masing metode tersebut perlu diuji untuk proses implementasi, dalam hal ini adalah proses transmisi. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah penelitian untuk melakukan perbandingan kinerja antara dua metode tersebut untuk diimplementasikan pada proses transmisi menggunakan SC-FDMA. Penelitian tersebut perlu dilakukan untuk mengetahui metode yang optimal untuk proses transmisi sehingga proses transmisi dapat berlangsung secara optimal tanpa mengurangi kualitas data yang dikirimkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Discrete Wavelenght Transform

Transformasi *wavelet* dapat memberikan informasi frekuensi yang muncul dan memberikan informasi skala atau waktu. *Wavelet* dapat digunakan untuk menganalisa suatu gelombang (sinyal) sebagai kombinasi frekuensi dan waktu [3]. Fungsi skala yang ditranslasikan dan didilatasi merupakan asal dari basis *wavelet*. Menurut fungsi skalanya *wavelet* memiliki sebutan lain yaitu *Daubechies*, *Coiflets*, dan *Symlet*. Oleh karena itu terbentuk fungsi *wavelet* pertama yang dinamakan *mother wavelet*.



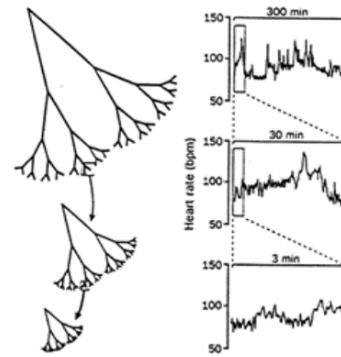
Gambar 1. Dekomposisi bidang 2 dimensi

Wavelet-wavelet selanjutnya dapat dibentuk dengan mendilatasi dan mentranslasi *wavelet* pertama. Proses dekomposisi sinyal *x* dapat dilakukan proses kebalikannya, yaitu dengan merekonstruksi sinyal *x* dari aproksimasi dan *detail*-nya. Rekonstruksi dilakukan dengan melewati aproksimasi dan *detail* pada *filter* dan menggabungkannya.

2.2. Fraktal

Fraktal berarti adalah pecah (*broken*) atau tidak teratur (*irregular*). Fraktal pertama kali dikenalkan oleh Benoit B Mandelbrot sekitar tahun

1973. Fraktal merupakan cara yang tepat untuk membuat permodelan fenomena alam (*natural phenomenon*) dan dianggap sebagai alat yang andal untuk merepresentasikan objek-objek alam [3]. Fraktal memiliki ciri yaitu kemiripan dengan dirinya sendiri dalam sekala yang berbeda, artinya bagian yang lebih kecil pada objek tersebut akan mirip dengan objek itu sendiri bila dilihat secara keseluruhan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2 berikut yang merupakan *self similarity* fraktal.



Gambar 2. *Self similarity* fraktal

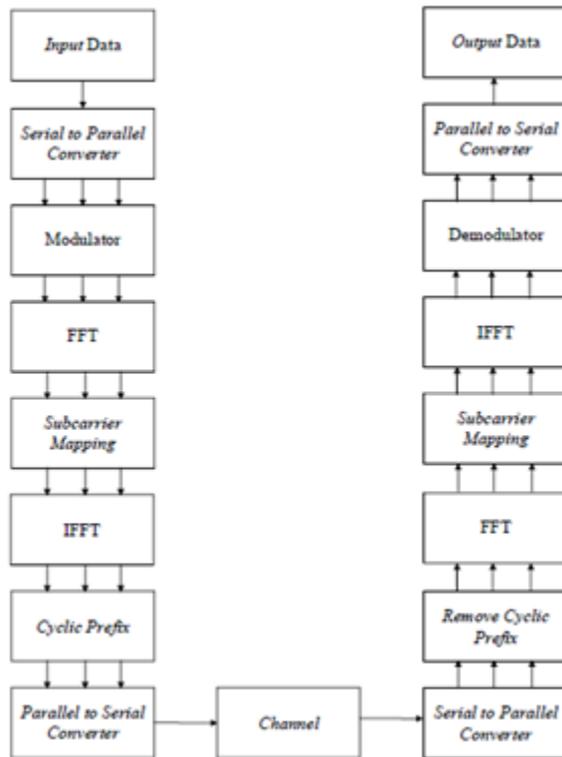
Bagian penting dari fraktal adalah *self similarity* yaitu berapapun skala/ukuran yang digunakan untuk menghasilkan objek fraktal maka objek yang dihasilkan akan tetap memiliki keseluruhan objek fraktal [3]. Hasil iterasi akan selalu lebih kecil daripada sebelumnya dan akan diperoleh hasil akhir satu titik tetap (*fixed point*) atau *attractor*. Titik *attractor* inilah yang menyebabkan apapun jenis citra masukan maka hasil akhirnya akan sama, hanya posisi dan orientasi yang akan memengaruhi hasil akhir. Transformasi kontraktif dibutuhkan pada setiap iterasi untuk menghasilkan objek yang mirip dengan citra masukannya.

2.3. SC-FDMA

Sistem *transmitter single carrier* adalah sistem dimana blok data dikirimkan menggunakan satu *carrier* dan dimodulasikan dengan simbol *rate* yang tinggi. Akibat *bandwidth* info yang digunakan lebih besar dari *bandwidth coherent* maka kanal akan mengalami frekuensi *selective fading*. Untuk mengatasi frekuensi *selective fading* digunakan teknik equalisasi pada *receiver*. Berikut ini merupakan gambaran sistem kerja SC-FDMA yang terdapat pada blok diagram.

Serangkaian proses terjadinya transmisi pada sistem SC-FDMA meliputi *input* data citra, konverter *serial to parallel* (S/P), *modulator*, FFT, *subcarrier mapping*, IFFT, *cyclic prefix*, konverter *parallel to serial* (P/S). *Cyclic prefix* merupakan duplikat bagian akhir dari simbol SC-FDMA untuk menghilangkan *delay spread* yang terjadi antar data yang saling tumpang tindih, nilai *cyclic prefix* sebesar 13. Selanjutnya, data yang didapat dari

konverter P/S dilewatkan melalui kanal AWGN. Setelah melalui kanal AWGN proses hingga menghasilkan *output* rekonstruksi citra merupakan kebalikan dari proses awal.

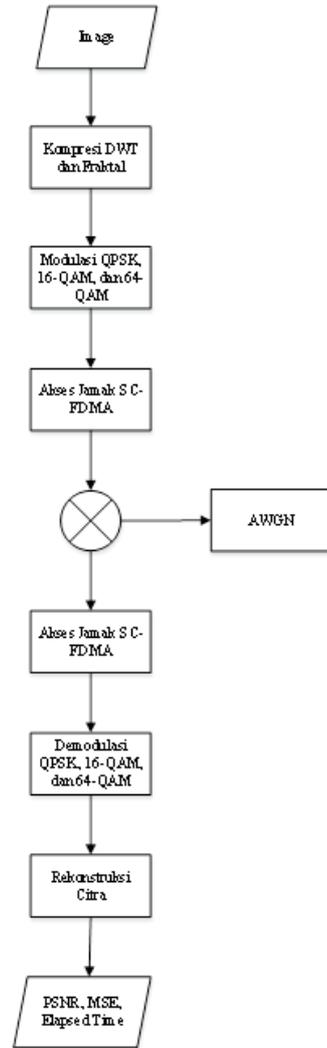


Gambar 3. Blok diagram SC-FDMA

3. METODE PENELITIAN

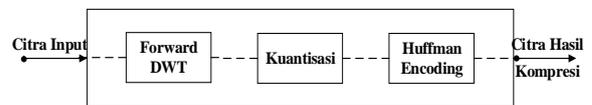
3.1. Rancangan system

Perancangan sistem meliputi kompresi citra, modulasi dan demodulasi dengan sistem SC-FDMA melalui kanal AWGN, rekonstruksi citra, dan hasil keluaran PSNR, MSE, dan waktu yang diperlukan seperti gambar 4. Proses diawali dengan memasukkan citra yang diambil dari direktori MatLab sebagai sampel menggunakan citra *football.jpg* dan *onion.jpg*. Citra input kemudian melalui proses kompresi DWT atau kompresi Fraktal. Dalam prosesnya citra akan diubah sesuai dengan metode yang digunakan. Pada metode DWT citra akan diubah menjadi *subband filter* untuk menentukan aproksimasi dan *detail*-nya, sedangkan metode Fraktal citra akan diubah menjadi blok *domain* dan blok *range* untuk menentukan apakah citra akan didekomposisi atau tidak. Setelah melewati proses kompresi citra akan dimodulasikan menggunakan QPSK, 16-QAM dan 64 QAM yang diterapkan pada sistem SC-FDMA, kemudian selanjutnya melewati kanal AWGN. Proses setelah melewati kanal AWGN merupakan kebalikan dari proses sebelum kanal AWGN hingga keluaran berupa analisis kinerja citra yang telah direkonstruksi.



Gambar 4. Diagram alir rancangan system

Pada penelitian ini akan menggunakan kompresi *Discrete Wavelet Transform* (DWT) untuk menghasilkan *subband-subband* dekomposisi pada level 2, melalui proses transformasi balik (IDWT) yang mendapatkan citra rekonstruksi sebagai keluaran.



Gambar 5. Diagram kompresi citra dengan DWT pada pengirim

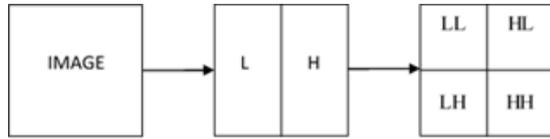


Gambar 6. Diagram dekompresi citra dengan DWT pada penerima

Pada gambar 5 proses diawali dengan memasukkan citra input kemudian diproses oleh forward DWT, kuantisasi, dan huffman encoding menghasilkan citra hasil kompresi. Sedangkan

gambar 6 menunjukkan proses sebaliknya, citra hasil kompresi melalui proses huffman decoding, dekuantisasi, dan invers DWT kemudian menghasilkan citra rekonstruksi.

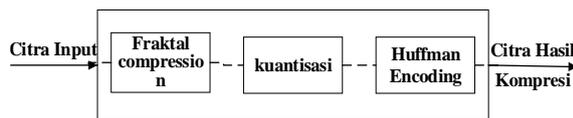
Adapun rancangan blok diagram kompresi dan dekompresi menggunakan DWT dalam penelitian ini seperti gambar 5 dan 6 diatas.



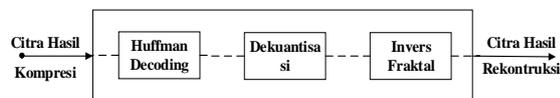
Gambar 7. Proses DWT

Discrete Wavelet Transform (DWT) diterapkan pada gambar *input* dalam kompresi gambar dan ditunjukkan pada Gambar 7. DWT diterapkan pada struktur citra dengan ukuran piksel $A \times B$ yang menetapkan empat sub citra: LL, LH, HL, dan HH. Sub-gambar ini menyebabkan empat vektor koefisien dengan panjang masing-masing. Vektor koefisien ini dikuantisasi secara merata dan dikodekan biner dengan M bit untuk mengatur aliran empat bit.

Pada penelitian ini akan menggunakan kompresi Fraktal untuk menghasilkan keluaran citra yang terkompresi dengan kualitas yang menyerupai aslinya namun memiliki ukuran yang lebih kecil. Citra input akan melalui proses kompresi fraktal, dalam prosesnya partisi yang digunakan yaitu *quadtree*. Setelah itu hasil akan dikuantisasi dan melalui *Huffman encoding* sehingga dihasilkan citra kompresi. Pada sisi penerima merupakan kebalikan dari proses pengiriman.



Gambar 8. Diagram kompresi citra dengan fraktal pada pengirim



Gambar 9. Diagram dekompresi citra dengan fraktal pada penerima

Adapun rancangan blok diagram kompresi dan dekompresi fraktal dalam penelitian ini seperti gambar 8 dan 9 diatas. Pada gambar 8 proses diawali dengan memasukkan citra input kemudian diproses oleh kompresi fraktal, kuantisasi, dan huffman encoding menghasilkan citra hasil kompresi. Sedangkan gambar 9 menunjukkan proses sebaliknya, citra hasil kompresi melalui proses huffman decoding, dekuantisasi, dan invers Fraktal kemudian menghasilkan citra rekonstruksi.

3.2. Pengambilan Data

Pada penelitian ini, proses pengambilan data dilakukan dengan simulasi menggunakan MATLAB. File citra yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah 2 gambar berwarna. Adapun gambar yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1 dibawah. Dimensi citra yang digunakan berbeda dimaksudkan untuk melihat pengaruh kompresi pada ukuran dimensi. Masukan berupa citra akan diproses menggunakan kompresi Fraktal dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT).

Tabel 1. File citra pengujian

No.	Nama Citra	Dimensi
1	<i>Onion.jpg</i>	198x135
2	<i>Football.jpg</i>	320x256

Lalu pada proses *modulasi*, dilakukan pengambilan data dengan level konstelasi yang berbeda, yaitu QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Sinyal QPSK dapat digambarkan menggunakan diagram konstelasi dua dimensi dengan empat titik. Pada 16-QAM, satu simbol terdiri dari 4 bit informasi dan setiap bit informasi mewakili 2 bit simbol. Sedangkan pada 64-QAM, setiap simbol terdiri dari 6 bit sehingga setara dengan 26 atau 64 simbol. Pengambilan data dari setiap pengujian dilakukan sebanyak 1 kali. Hasil analisa berupa parameter Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) dan SSIM yang akan dijadikan sebagai hasil penelitian.

3.3. Variabel Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem ini terdapat parameter-parameter sebagai data yang akan diambil nilainya seperti berikut.

1. *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas citra hasil kompresi. Nilai PSNR dapat dihitung dari kuadrat nilai maksimum sinyal dibagi dengan MSE. Nilai maksimum 255 diperoleh karena citra 8 bit yang digunakan. Perubahan nilai PSNR dalam desibel dapat dilakukan seperti persamaan berikut.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE^2} \quad (1)$$

2. *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) adalah metode untuk memprediksi kualitas dari gambar atau video berbasis persepsi. SSIM digunakan untuk mengukur persamaan antara dua gambar berdasarkan pada gambar awal yang tidak terkompresi sebagai referensi. SSIM dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$SSIM(x, y) = [l(x, y)]^\alpha \cdot [c(x, y)]^\beta \cdot [s(x, y)]^\gamma \quad (2)$$

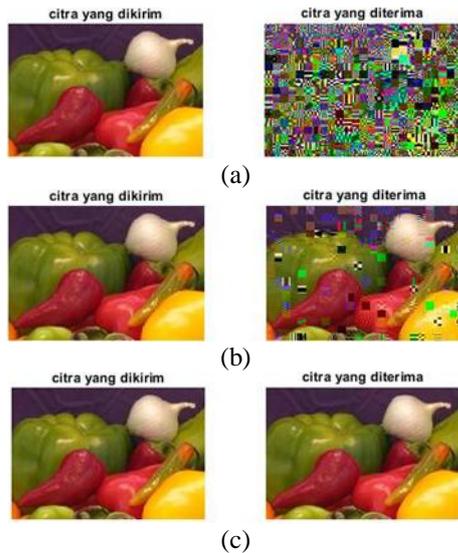
Dimana l merupakan luminance, c adalah contrast, s adalah structure, dan α, β , dan $\gamma =$ konstanta positif.

3. Waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman gambar diawali setelah citra terkompresi dikirim melalui sistem sampai diterima.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perbandingan Kinerja kompresi DWT dan Fraktal

Proses transmisi telah ditetapkan nilai SNR dengan rentang -2 dB hingga 12 dB yang mempengaruhi kualitas citra yang diterima. Pada gambar 9 dapat dilihat output citra.



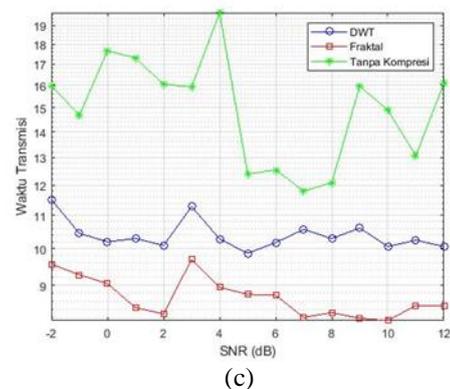
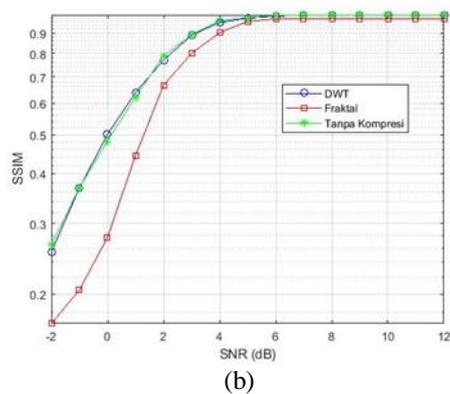
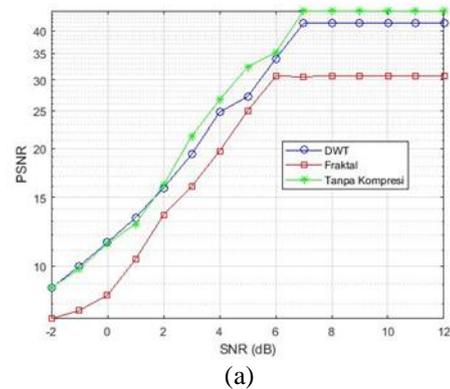
Gambar 10. Output citra pada modulasi 16-QAM saat (a) SNR = -2 dB, (b) SNR = 5 dB, dan (c) SNR = 12 dB

dari yang buram sampai yang terlihat jelas, ketika SNR sebesar -2 dB kualitas citra yang diterima sangat buram. Hasil terlihat lebih baik dengan berkurangnya noise didapat dengan SNR sebesar 5 dB. Sedangkan SNR sebesar 12 dB menunjukkan hasil pengujian yang terlihat mendekati citra asli.

Tabel 2. Nilai PSNR, SSIM, dan waktu transmisi pada modulasi 16-QAM

SNR	PSNR (dB)		SSIM		Waktu Transmisi (s)	
	DWT	Fraktal	DWT	Fraktal	DWT	Fraktal
-2	8,7799	7,3342	0,25502	0,16863	11,5109	9,5614
-1	10,0106	7,7058	0,36849	0,20474	10,4473	9,2713
0	11,4989	8,4304	0,50141	0,277	10,1963	9,0415
1	13,3089	10,4046	0,63869	0,44385	10,2924	8,434
2	15,8568	13,5376	0,77041	0,66607	10,0885	8,2853
3	19,3134	15,9878	0,88853	0,80072	11,2838	9,6904
4	24,7799	19,7153	0,95674	0,90131	10,281	8,9466
5	27,1691	24,9919	0,98019	0,96185	9,8633	8,7634
6	33,9354	30,5865	0,99183	0,97656	10,1738	8,7399
7	41,8594	30,5746	0,99773	0,97657	10,5653	8,2025
8	41,8594	30,5940	0,99773	0,97658	10,2933	8,3148
9	41,8594	30,5940	0,99773	0,97658	10,6091	8,182
10	41,8594	30,5940	0,99773	0,97658	10,0603	8,1268
11	41,8594	30,5940	0,99773	0,97658	10,2434	8,4906
12	41,8594	30,5940	0,99773	0,97658	10,0603	8,4739

Pada tabel 2 berisi mengenai nilai PSNR, SSIM, dan waktu transmisi pada kompresi DWT dan Fraktal. Hasil dari pengujian PSNR menunjukkan kompresi DWT memiliki nilai 41,8594 dB lebih besar daripada kompresi Fraktal yang bernilai 30,5940 dB. Hal yang sama terlihat pada nilai SSIM kompresi DWT yang lebih besar daripada kompresi Fraktal. Oleh karena itu, kualitas citra kompresi DWT lebih baik daripada Fraktal dilihat dari parameter PSNR dan SSIM. Untuk waktu transmisi kompresi Fraktal lebih cepat daripada kompresi DWT. Kompresi DWT dapat menurunkan ukuran citra sebesar 49% dari ukuran aslinya. Sedangkan kompresi Fraktal dapat menurunkan ukuran citra sebesar 60% dari ukuran aslinya. Itu menunjukkan bahwa rasio kompresi Fraktal lebih besar daripada kompresi DWT.

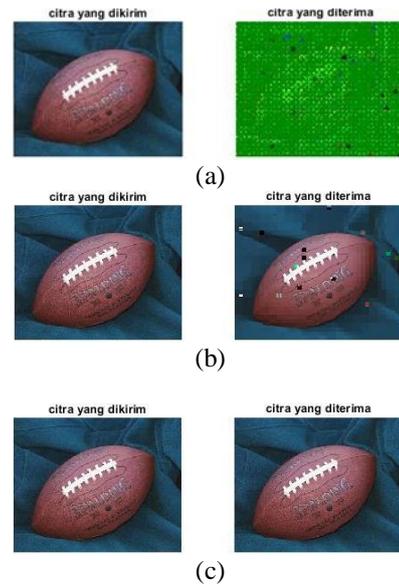


Gambar 11. Grafik SNR terhadap (a) PSNR, (b) SSIM, dan (c) waktu transmisi pada kompresi DWT dan Fraktal

Berdasarkan data gambar 11 grafik dari PSNR dan SSIM yang didapat maka kualitas citra kompresi DWT lebih baik daripada kompresi Fraktal. Kompresi DWT menghasilkan nilai PSNR dan SSIM lebih tinggi dibandingkan kompresi Fraktal. Untuk parameter waktu transmisi, kompresi Fraktal memiliki kinerja paling baik diantara yang lain. Hasil tersebut didapatkan karena kompresi Fraktal memiliki karakteristik kompresi yang tinggi.

4.2. Perbandingan Kinerja pada modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM

Pada gambar 12 dibawah menunjukkan citra yang dikirim dan citra yang diterima saat SNR -2 dB, 5 dB, dan 12 dB. Hasil yang didapat menunjukan citra yang lebih jelas ketika nilai nilai SNR sebesar 8 dB.

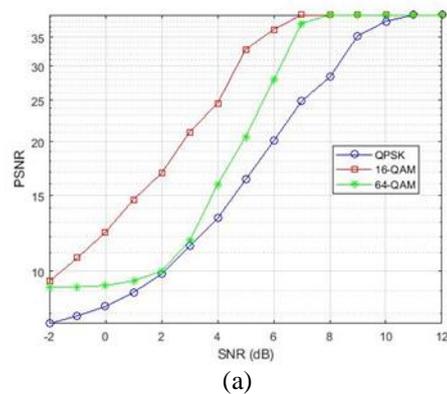


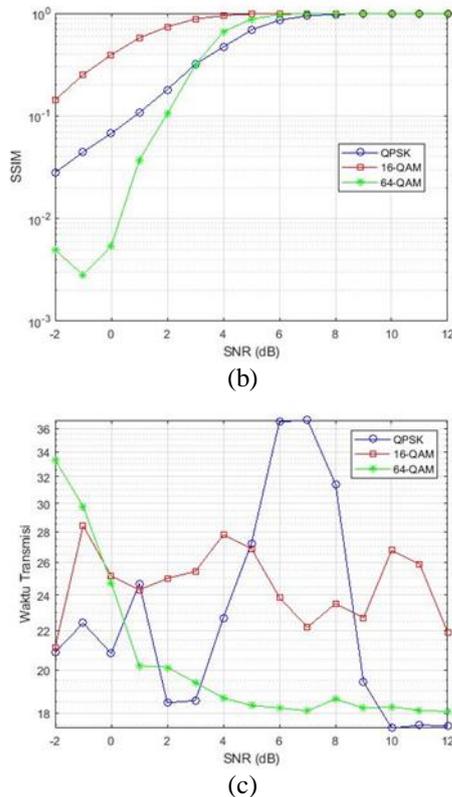
Gambar 12. Output citra DWT saat (a) SNR = -2 dB, (b) SNR = 5 dB, dan (c) SNR = 12 dB

Tabel 3. Nilai PSNR, SSIM, dan Waktu Transmisi pada sistem SC-FDMA menggunakan kompresi DWT

SNR	PSNR (dB)			SSIM			Waktu Transmisi (s)		
	QPSK	16-QAM	64-QAM	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	16-QAM	64-QAM
-2	7,5545	9,4822	9,1598	0,028006	0,14302	0,00494	20,8609	21,1265	33,3276
-1	7,8768	10,7427	9,1951	0,044399	0,25188	0,00282	22,412	28,3926	29,7685
0	8,2809	12,3169	9,264	0,06748	0,39445	0,005395	20,8111	25,1423	24,7153
1	8,9304	14,6718	9,5011	0,1073	0,57511	0,037216	24,6697	24,2943	20,1963
2	9,8509	16,9004	10,0026	0,18051	0,7387	0,10502	18,4627	24,9776	20,1259
3	11,4376	21,0675	11,7727	0,31909	0,87883	0,31293	18,553	25,4093	19,3935
4	13,2791	24,5786	15,9125	0,46946	0,95011	0,66203	22,7014	27,7844	18,6788
5	16,3291	32,7896	20,5639	0,68676	0,98326	0,87748	27,2031	26,866	18,3384
6	20,085	36,4785	27,9088	0,85795	0,99054	0,97203	36,5791	23,8505	18,2313
7	24,8558	39,4203	37,6872	0,94506	0,99221	0,99075	36,7195	22,181	18,0969
8	28,2747	39,4203	39,4203	0,97535	0,99221	0,99221	31,4284	23,5026	18,6304
9	35,2687	39,4203	39,4203	0,98825	0,99221	0,99221	19,4106	22,6956	18,2227
10	38,093	39,4203	39,4203	0,99097	0,99221	0,99221	17,3555	26,7496	18,2735
11	39,4203	39,4203	39,4203	0,99221	0,99221	0,99221	17,4704	25,8747	18,1271
12	39,4203	39,4203	39,4203	0,99221	0,99221	0,99221	17,4681	21,9122	18,0708

Untuk memudahkan pembacaan hasil maka data akan disajikan dalam bentuk seperti pada tabel 3 SNR terhadap PSNR, SSIM, dan waktu transmisi. Pada tabel 3 berisi mengenai nilai PSNR, SSIM, dan waktu transmisi pada modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM. Berdasarkan tabel 3 modulasi 16-QAM memiliki kinerja paling optimal dengan mencapai nilai tertinggi PSNR 39,4203 dB saat SNR sebesar 7 dB disusul dengan modulasi 64-QAM saat SNR 8 dB dan terakhir modulasi QPSK saat SNR 11 dB. Hal yang sama terlihat pada parameter SSIM dengan kinerja paling baik pada modulasi 16-QAM.





Gambar 13. Grafik SNR terhadap (a) PSNR, (b) SSIM, dan (c) waktu transmisi pada kompresi DWT dan Fraktal

Berdasarkan data yang telah didapatkan dapat diketahui bahwa modulasi 16-QAM memiliki kinerja terbaik pada dua parameter daripada 64-QAM dan QPSK karena memiliki nilai maksimal PSNR dan SSIM terjadi pada SNR yang lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan teori titik konstelasi, kinerja modulasi dengan konstelasi kecil akan semakin baik, terlihat 16-QAM lebih baik daripada 64-QAM dengan jenis modulasi sama. Untuk parameter waktu transmisi pada masing-masing modulasi secara umum fluktuatif. Hasil terbaik didapat pada modulasi 16-QAM dilihat dari rata-rata waktu transmisi dengan nilai terendah saat menggunakan kompresi Fraktal dan tanpa kompresi. Sedangkan untuk kompresi DWT rata-rata waktu transmisi terendah pada modulasi 64-QAM.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian data dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu kompresi DWT dan Fraktal terbukti dapat memperkecil ukuran citra sebesar 49% untuk metode DWT dan untuk metode Fraktal sebesar 60%.. Pengujian pada kompresi DWT dan Fraktal juga dapat mempercepat waktu transmisi pada sistem SC-FDMA. Pada penelitian ini, modulasi 16-QAM memiliki kinerja terbaik pada semua parameter daripada modulasi 64-QAM dan QPSK. Kompresi DWT menghasilkan nilai PSNR dan

SSIM lebih baik daripada kompresi Fraktal. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya dapat membandingkan kinerja menggunakan metode kompresi yang berbeda untuk mengetahui kinerja terbaik pada kualitas citra.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayatullah, Priyanto. 2017. Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasi Nyata. Bandung: Informatika.
- [2] Chrisnatalis, Bachtiar & Rony. (2020). Comparative Compression of Wavelet Haar Transformation with Discrete Wavelet Transform on Colored Image Compression. JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering). 3(2).
- [3] G. A. Shaik, T. B. Reddy, M. Ismail B., M. Alam and M. Tahernezhad, "Variable Block Size Hybrid Fractal Technique for Image Compression," 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2020, pp. 510-515.
- [4] Padmapriya, V. M., (2018). Image Transmission in 4G LTE Using DWT Based SC-FDMA System. Biomed Pharmacol J, Vol 11(3).
- [5] Biswas, A.K., Karmakar, S. & Sharma, S. Performance analysis of a new fractal compression method for medical images based on fixed partition. Int. j. inf. tecnol. 14, 411–419, 2022.
- [6] Amalia, Fitri, Mulyono dan Jumawan. 2016. Analisis Kinerja Jenis Modulasi pada Sistem SC-FDMA. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri: Vol. 14 No. 1 (pp. 52-56).
- [7] Zhao, E. dan D. Liu. 2005. Fractal Image Compression Methods: A Review. Proceedings of the Third International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05) 2(2). 4-7 Juli 2005. IEEE Computer Society Washington: 756-759.
- [8] Gonzales, R. C. dan R. E. Woods. Digital Image Processing Second Edition. USA: Prentice-Hall, 2002.
- [9] Myung, Hyung G and David J. Goodman. Single Carrier FDMA: a new air interface for long term evolution. USA: Wiley Series on Wireless Communication and Mobile Computing, 2008.
- [10] Biswas, A. K., Karmakar, S., and Sharma, S., (2020). Effectiveness of the fractal dimension based classification methods for fractal compression of medical images. First International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), pp. 155-160.
- [11] Darwis, D., Pasaribu, A. F. O., (2020). Komparasi Metode DWT dan SVD untuk

- Mengukur Kualitas Citra Steganografi. *NERO*, Vol 5(2) 100-108.
- [12] Freeman, Roger L. *Fundamentals of telecommunications*. John Wiley & Sons, 1999.
- [13] Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [14] Sara, Umme, Akter, Morium, dan Uddin, M. Shorif. 2019. *Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR-A Comparative Study*. *Journal of Computer and Communication*.
- [15] Ikromina, F. I., Ujianto, E.I.H., (2019). *Invisible Watermarking Citra Digital Menggunakan Kombinasi Metode Discrete Cosine Transform dan Discrete Wavelet Transform*. *JANAPATI*, Vol 8(3) 261-271