

Spectrum Analysis with Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) input signal for Upconverter Structure

Sirmayanti¹⁾, Farchia Ulfiah²⁾, Airin Dewi Utami Thamrin³⁾

^{1),2),3)} Program Studi Teknik Telekomunikasi,
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
sirmayanti.sirmayanti@poliupg.ac.id

Abstract

Penelitian ini membahas tentang pentingnya mengetahui kinerja sumber sinyal pada sebuah konektivitas komunikasi yang memiliki data rate tinggi dan berbandwidth besar seperti pada orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). Kelemahan OFDM pada permasalahan high-peak-to-average power ratio (PAPR) namun dapat ditanggulangi jika sistem ini diintegrasikan sebagai input masukan pada struktur upconverter Cartesian Delta Sigma. Solusi OFDM ini menggunakan aplikasi OFDM IEEE 802.11g dengan bandwidth sebesar 16 MHz pada carrier frequency 1.024 GHz. Dengan demikian, karakteristik sinyal uji masukan OFDM menunjukkan skema struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma dapat diaplikasikan pada sistem transmisi nirkabel digital, misalnya yakni pada teknologi Long Term Evolution (LTE) and WIMAX serta pada sistem perancangan transceiver GHz upconverter dimasa yang akan datang.

Keywords : Multi-carrier, OFDM, Sigma-Delta, upconverter

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka mendukung sistem konektivitas komunikasi melalui media nirkabel seperti wireless local area network (WLAN), mobile cellular 3G & 4G, electronic banking, dan digital broadcasting maka akan diperlukan lebih banyak supply daya yang bekerja dengan linieritas yang baik, kecepatan data yang tinggi, bandwidth (lebar pita) yang tinggi serta efisiensi penggunaan daya itu sendiri. Di era teknologi nirkabel saat ini pun, para konsumen juga sudah mempertimbangan melalui pemilihan device (perangkat pemakai) berdasarkan jenis ukuran, berat dan dimensi peralatan yang akan digunakannya. Dari sudut pandang operator dan provider penyedia jasa telekomunikasi juga sudah mempertimbangkan untuk membangun sistem peralatan transceivers (pengirim dan penerima) secara hemat atau tidak berbiaya besar dalam pembangunan dan perawatannya.

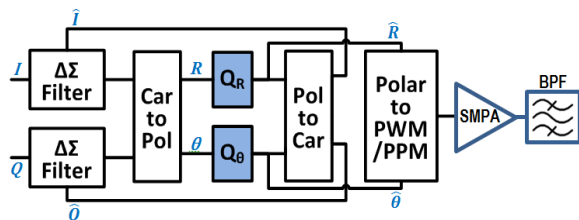
Dalam perangkat transceivers, penggunaan komponen-komponen analog atau peralatan pasif diyakini sebagai pengguna paling terbesar akan konsumsi daya energi terutama pada komponen penguat daya (amplifiers). Oleh karena itu, biaya perbaikan dan perawatan memerlukan dana yang tidak sedikit. Demikian pula bahwa komponen-komponen analog tersebut masih memiliki ketidaklinieran sistem yang belum sempurna sehingga kualitas hasil kerjanya tidak optimal

dan kurang efisien. Switch mode power amplifier (SMPAs) memiliki efisiensi tinggi namun linieritasnya masih sangat kurang [1,2]. SMPA dapat beroperasi jika sistem inputnya dikemudi menggunakan sederetan sinyal pulsa agar kelinearan tersebut dapat terpenuhi. Untuk menghasilkan sederetan sinyal pulsa maka dibutuhkan suatu proses konversi yang cocok bagi SMPA tersebut. Beberapa literature menyebutkan bahwa penggunaan sistem modulasi pulse width and pulse position modulation (PWM/PPM) adalah cara yang efektif untuk permasalahan ini [2-4]. Oleh karena itu struktur konversi sinyal (analog-to-digital conversion, ADC, dan digital-to-analog conversion, DAC) melalui teknik Cartesian Delta Sigma adalah efektif untuk masalah linearitas [3, 4].

Selanjutnya, dalam hal mendukung tercapainya konektivitas komunikasi dengan kecepatan data (data rate) yang tinggi dan berbandwidth besar melalui sistem multi-carrier, maka orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) adalah solusinya. Namun demikian, OFDM memiliki permasalahan dalam hal high-peak-to-average power ratio (PAPR) sehingga dapat membatasi tercapainya efisiensi energi yang diharapkan [5].

Oleh karena itu, penelitian ini telah menggunakan penggabungan sistem-sistem seperti yang dijelaskan di atas agar harapan

untuk mendapatkan konektivitas nirkabel dengan *data rate* yang lebih tinggi, namun tetap terjaga dari segi efisiensi spektral dan linearitas. Sebuah arsitektur baru pemancar komunikasi telah dibangun berdasarkan kriteria yang diinginkan tersebut. Struktur upconverter Cartesian Delta Sigma, Gambar 1, memiliki skema sistem konversi sinyal yang handal. Sistem ini mampu bekerja untuk menghasilkan sederetan sinyal pulsa dari input baseband analog. Sederetan sinyal pulsa ini diperoleh setelah melalui proses PWM/PPM dan kemudian akan men-driver SMPA [6].



Gambar 1. Struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma

Fokus diskusi pada hasil penelitian ini adalah bagaimana menggunakan OFDM sebagai sinyal input masukan bagi struktur upconverter Cartesian Delta Sigma. Sistem OFDM yang merupakan salah satu solusi tepat untuk pemenuhan *data rate* yang tinggi mampu juga menyediakan kapasitas bandwidth data yang besar. Hal ini dilakukan melalui pembagian spektrum menjadi *subband-subband* yang berbentuk paralel sehingga *bandwidth* tersebut menjadi *subband* relative lebih kecil, jika dibandingkan dengan *bandwidth* koheren [5]. Sistem OFDM memungkinkan *subband per carrier* tersebut memiliki jarak yang sempit bahkan hingga saling *overlapped* sehingga lebih menghemat penggunaan *bandwidth carrier* jika dibandingkan dengan skema *multicarrier* yang lainnya seperti *Frequency Division Multiplexing* (FDM).

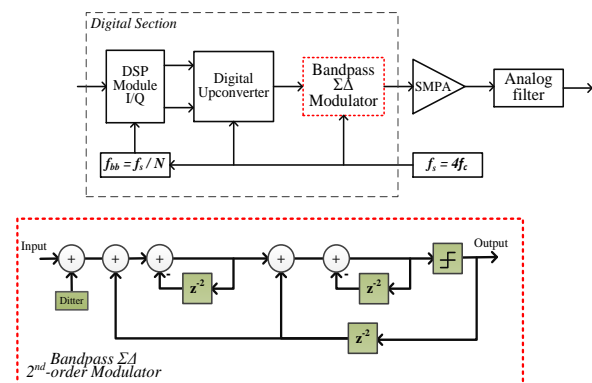
II. KAJIAN LITERATURE

A. Arsitektur RF-upconverter

A.1 Arsitektur band-pass $\Delta\Sigma$

Teknik modulasi *band-pass* Delta Sigma ($\Delta\Sigma$), seperti terlihat pada Gambar 2, merupakan struktur permulaan bagi desain pemancar RF menggunakan SMPA [7]. Modulator *band-pass* $\Delta\Sigma$ mampu menghasilkan sebuah deretan signal pulsa dan mampu menekan noise hasil kuantisasi sehingga sangat cocok sebagai masukan ke penguat-penguat SMPA tersebut.

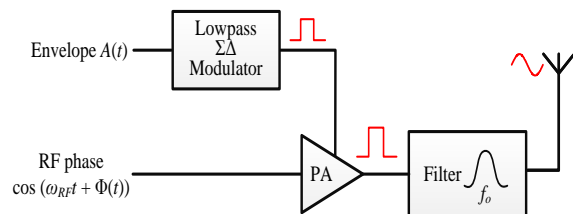
Teknik modulasi ini dapat menghilangkan prosesi analog melalui konversi *digital signal processing* (DSP) yaitu dengan cara mengganti *band-pass* $\Delta\Sigma$ 1-bit ADC dengan *band-pass* $\Sigma\Delta$ 1-bit DAC. Modul DSP digunakan untuk menghasilkan input signal baseband *I-Q*. Setelah itu, kedua input tersebut akan diinterpolasi dengan frekuensi cuplik (*sampling frequency*) yang cukup besar sebelum dilakukan konversi sinyal. Metode konversi dilakukan dengan cara masing-masing signal baseband *I-Q* dikalikan dengan deret pulsa 1,1,-1,-1,... (untuk baseband-*I*) and -1,1,1,-1,... (untuk baseband-*Q*). Hasil proses konversi kemudian digabungkan dan diteruskan ke modulator *band-pass* $\Delta\Sigma$ dimana akan menghasilkan sederetan signal digital untuk kemudian diteruskan ke SMPA.



Gambar 2. Struktur band-pass $\Delta\Sigma$ (2nd order).

A.2 Arsitektur polar $\Delta\Sigma$

Teknik polar $\Delta\Sigma$ beroperasi pada signal berskema polar (amplituda $A(t)$ and fasa $\Phi(t)$) dan bukan skema *I-Q* [8]. Struktur polar $\Delta\Sigma$ ini telah diperkenalkan bertujuan untuk mengurangi aktivitas switching dan mengurangi penggunaan komponen analog.

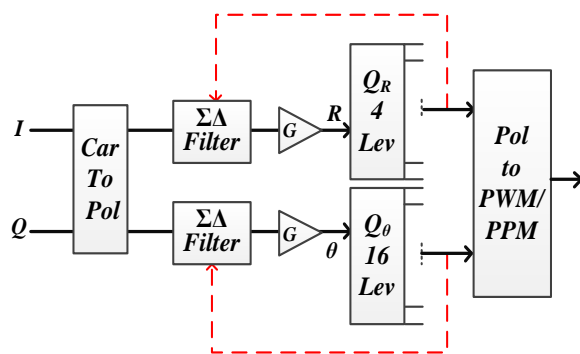


Gambar 3. Arsitektur polar $\Delta\Sigma$ based burst-mode.

Gambar 3 memperlihatkan struktur polar $\Delta\Sigma$ yang terdiri atas modulator *low-pass* $\Delta\Sigma$ 1-bit dan sebuah gerbang penguat. Setiap sampel amplituda signal input $A(t)$ akan mewakili nilai rata-rata periode 'on'-'off' berbentuk signal pulsa dan inilah sebagai bagian output modulator

low-pass $\Delta\Sigma$. Sedangkan fasa input akan mewakili pewaktuan pada pembawa RF. Gerbang penguat beroperasi dalam mode saturasi dengan input berupa gelombang segiempat.

Struktur polar $\Delta\Sigma$ lainnya seperti terlihat pada Gambar 4 menggunakan input signal berupa baseband *I-Q* dan dikonversi kedalam format polar menghasilkan R, θ [9]. Dua buah modulator *low-pass* $\Delta\Sigma$ ditempatkan untuk masing-masing signal R (amplituda) dan θ (fasa). Nilai R dikuantisasi dalam 4 level sedangkan dan θ dikuantisasi dalam 16 level terdistribusi antara nilai 0 hingga 2π . Luaran hasil kuantisasi akan dijadikan unit *loop* (*feedback*) kembali ke filter $\Delta\Sigma$ dan sekaligus juga diteruskan ke blok 'Polar to PWM/PPM' untuk menghasilkan pulsa *waveform*. Hasil inilah kemudian akan menjadi input untuk SMPA.



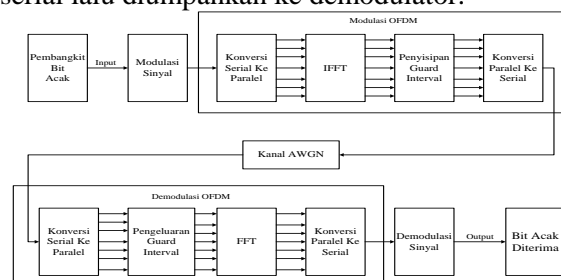
Gambar 4. Arsitektur polar $\Delta\Sigma$ oleh Bassoo (2009).

Dari hasil studi pustaka dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa struktur $\Delta\Sigma$ dapat menghasilkan akurasi lebar dan posisi pulsa pada setiap cycle di frekuensi pembawa (*carrier frequency*). Dengan demikian dalam struktur $\Delta\Sigma$ signal fasa harus dimodifikasi untuk mengurangi pergeseran fasa. Selain itu, struktur polar $\Delta\Sigma$ memiliki bandwidth besar dibandingkan dengan struktur *I-Q* sehingga proses ini bisa mengurangi modulasi lebar pita yang diinginkan. Walaupun demikian, struktur ini tetap unggul dalam mengurangi kecepatan cuplik. Kekurangan struktur polar $\Delta\Sigma$ terdapat pada *noise quantization* dan *noise floor* yang tinggi yang menyebabkan munculnya banyak komponen spectral yang tak diinginkan bahkan menjadi gangguan bagi signal utama. Kuantisasi level pada struktur-struktur diatas umumnya masih bergantung pada periode clock umum. Peningkatan kinerja dengan meneliti model kuantisasi per periode clock dengan mempertimbangkan setiap perubahan *oversampling ratio* (OSR) diharapkan akan lebih

akurat sehingga dapat sangat berpengaruh dalam membentuk lebar dan posisi bagi signal RF yang lebih efisien.

B. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

Prinsip kerja dasar OFDM seperti terlihat pada Gambar 5. Pada sisi pemancar, setiap input data diumpangkan ke modulator untuk dimodulasi, modulasi ini dapat berupa *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM), dan lain lain. Sinyal yang telah termodulasi tersebut dibagi secara paralel pada sejumlah carrier (subcarrier) yang memiliki pita dengan saluran yang sempit, kemudian data tersebut ditambahkan *cyclic prefix* (CP) dan diaplikasikan ke dalam *spectral density* melalui *inverse fast Fourier transform* (IFFT). Setelah itu data dilewatkan melalui konverter paralel ke serial, selanjutnya data siap untuk ditransmisikan melalui kanal. Pada sisi penerima OFDM, data yang diterima dilewatkan melalui konverter serial ke paralel, dan selanjutnya dilewatkan pada proses *fast Fourier transform* (FFT), kemudian melepas bagian CP pada data dan selanjutnya dilewatkan data dikembalikan dalam bentuk serial lalu diumpangkan ke demodulator.



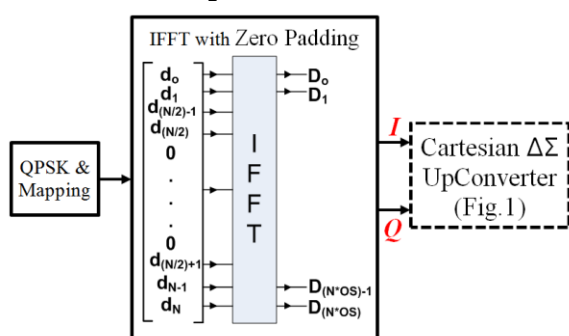
Gambar 5. Sistem OFDM sederhana.

Setiap input data pada sisi pemancar OFDM dapat berupa signal acak dalam bit. Dengan kata lain, pembangkitan data informasi dilakukan secara random atau acak. Data yang dibangkitkan nilainya sesuai dengan level modulasi yang digunakan. Konsep data serial yang berupa bit-bit tersebut kemudian diubah ke dalam ukuran simbol yang dibutuhkan dalam transmisi, sebagai contoh 2 bit per simbol untuk QPSK, sebelum akhirnya masuk ke dalam blok serial ke paralel. Blok serial ke paralel berfungsi untuk mengubah aliran data yang terdiri dari satu baris menjadi beberapa baris dan beberapa kolom. Hasil dari konversi serial ke paralel berupa matriks bit-bit dengan jumlah baris menyatakan jumlah *subcarrier* yang akan digunakan dan jumlah kolom menyatakan jumlah simbol data yang

dikirimkan pada tiap *subcarrier*. Pembangkitan IFFT tergantung pada besarnya nilai frekuensi carrier yang dikirimkan, amplitud dan phase dari frekuensi tersebut dinyatakan dengan tanggapan nilai x dan y , kemudian ditempatkan pada N -point IFFT. Panjang CP yang digunakan adalah hasil penjumlahan dari banyaknya titik IFFT dan *guardtime* yang kemudian ditempatkan di belakang simbol. Tujuan penyisipan CP ini adalah mencegah ISI dan *inter carrier interference* (ICI) pada sistem OFDM. Sebelum memasuki kanal transmisi, simbol OFDM dalam bentuk stream paralel dikonversi ke bentuk stream serial sinyal baseband OFDM.

III. METODE PENELITIAN

A. Konstektual pemodelan



Gambar 6. OFDM sebagai input signal IQ bagi struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma (Gambar 1).

Tabel 1. Simulation parameters

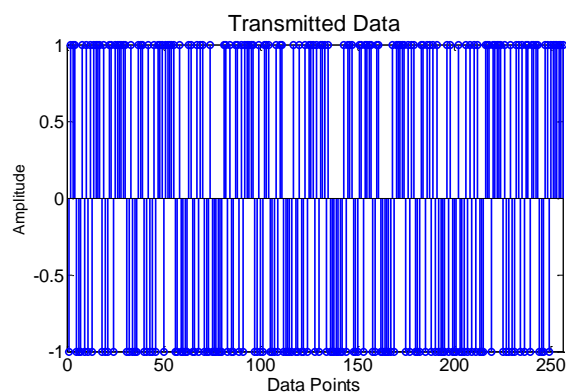
Parameter	Value
Modulated Signal	QPSK, IEEE 802.11g OFDM
Frequency carrier, f_c	1024 MHz
OSR_{BB}	128
Oversampling ratio (OSR_{RF})	16
K	256
A	16
Δf	1 MHz
Offset frequency	20 MHz, guard band $0.25B_{ofdm}$

Aplikasi OFDM IEEE 802.11g [10] akan digunakan. Gambar 6 memperlihatkan model simulation bagi struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1. Agar sistem pemodelan ini dapat diimplementasikan pada teknologi *Long Term Evolution* (LTE) and WIMAX maka input variable OFDM berupa bandwidth (B) = $\frac{f_c}{64}$ dengan $f_c=1024$ MHz atau setara dengan $B_{ofdm} = 16$ MHz. Frequency sampling (f_s) didefinisikan sebagai factor jumlah

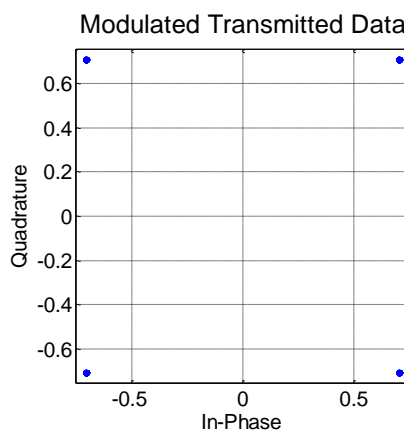
output bin- k , k adalah sebuah integer bernilai n yaitu $\frac{n}{2} > k \geq \frac{1}{2}$ [11]. Jika Δf didefinisikan sebagai frekuensi bin (jarang antara active tones (A) tiap subcarrier) maka B_{ofdm} bernilai $A * \Delta f$. N adalah jumlah subcarriers yaitu sebagai nilai sampling rate dalam IFFT. Selengkapnya bagi semua parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan ini diawali analisis dasar OFDM sebelum diaplikasikan ke dalam input signal IQ bagi struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma. Proses mapping dan modulasi QPSK dilaksanakan untuk memisahkan komponen *inphase* dan *quadrature* data yang bernilai '0' diubah menjadi '-1' sehingga hal ini memudahkan untuk menghasilkan bit binary untuk proses QPSK, misalnya dalam menghasilkan 4 kuadran konstelasi QPSK. Gambar 7 menunjukkan data input BPSK dan Gambar 8 adalah responsi mapping pemodulasian QPSK. Hasil mapping ini pada dasarnya dapat disebut juga dengan sinyal termodulasi QPSK.



Gambar 7. Data input BPSK

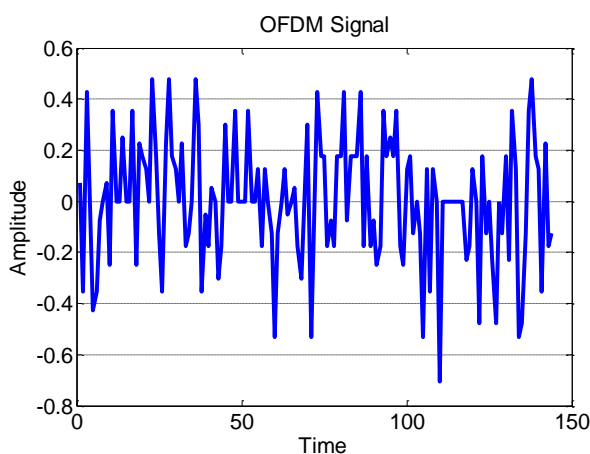


Gambar 8. Mapping QPSK.

Proses selanjutnya yaitu sistem konversi *serial-to-parallel*. Dalam simulasi yang dilakukan, bit-bit output dari mapper disusun kedalam matriks paralel sehingga memudahkan untuk dilakukan Fourier transform IFFT dan penyisipan bit CP untuk memudahkan pembentukan subcarriernya.

IFFT/FFT merupakan salah satu konsep dasar beroperasinya OFDM system. *Spectral density* yang dihasilkan merupakan salah satu hal bagi keunggulan OFDM melalui pengoperasian IFFT/FFT untuk memastikan terbentuknya subcarrier-subcarrier yang tidak saling mengganggu (interferensi) dengan yang lainnya. Setiap sample symbol pada IFFT akan membentuk sebuah simbol bagi OFDM, dan signal time domain B_T merupakan hasil dari proses IFFT yang siap ditransmisikan. Pada sisi penerima, blok FFT berfungsi untuk penerimaan signal penerima B_T dan membawanya ke dalam domain frekuensi. Dalam simulasi yang dilakukan, kami menggunakan panjang 64 bit dari tiap-tiap blok IFFT/FFT hasil dari Gray QPSK.

Pada blok IFFT, bit pada *cyclic prefix* akan dikalikan dengan nilai *oversampling ratio* (OSR) yang dua kali lebih besar dari data yang ditransmisikan (*Nyquist rate*), sehingga ukuran data akan menjadi lebih panjang. Pada dasarnya, proses oversampling pada blok IFFT bertujuan untuk mengurangi *noise* dan membantu mencegah *aliasing* dan *distorsi fase*. Gambar 8 menunjukkan bentuk signal OFDM sesudah blok IFFT.



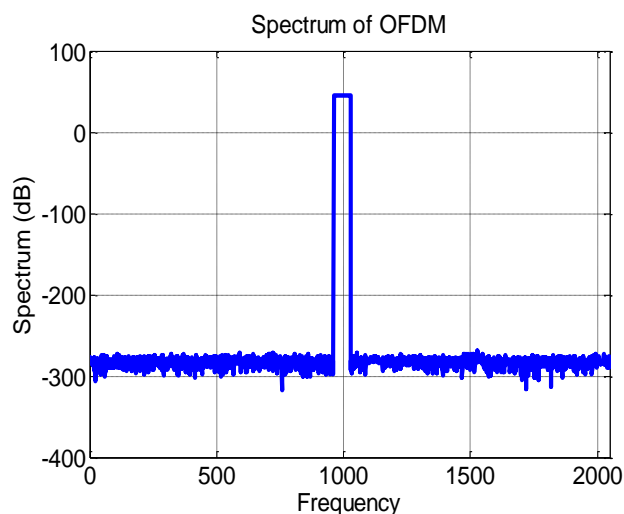
Gambar 8. Signal OFDM pada blok IFFT.

Pada sistem penerima sebagaimana dilakukan pula demapping and decoding, proses ini bertujuan untuk mengembalikan kondisi semula

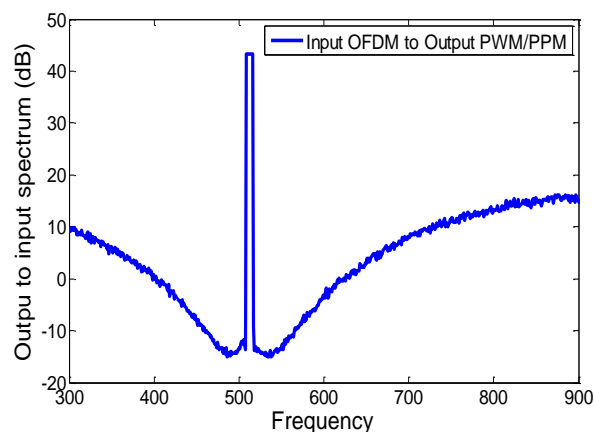
data informasi dari pengirim setelah tergabung dalam subcarrier yang terpisah.

Data yang telah melewati blok FFT yang bertujuan untuk mengembalikan data seperti semula sebelum tahapan demapping yang merupakan data serial. Sebelum proses FFT, pemisahan CP dilaksanakan pada blok 'delete CP'. Pada blok ini CP yang telah ditambahkan pada transmitter akan dilepas, begitu juga dengan data samplangnya sehingga data yang dihasilkan sama dengan sejumlah bit data seperti pada blok Mapper.

Gambar 9 dan Gambar 10 masing-masing menunjukkan spectrum OFDM sebelum dan sesudah digunakan sebagai input signal IQ bagi struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma. Penempatan signal input OFDM pada struktur upconverter dapat membantu untuk terwujudkan aplikasi bandwisth besar pada sistem ini.



Gambar 9. Spectrum dasar OFDM



Gambar 10. Spectrum output PWM/PPM dengan input signal OFDM.

V. KESIMPULAN

Dalam makalah ini, performansi spectrum OFDM sebagai sinyal input struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma telah tersajikan. Karakteristik sinyal uji masukan OFDM menunjukkan skema struktur RF-upconverter Cartesian Delta Sigma dapat diaplikasikan pada sistem transmisi nirkabel digital, pada teknologi LTE and WIMAX serta pada sistem perancangan transceiver GHz upconverter.

REFERENSI

- [1] P. Lavrador, T. Cunha, P. Cabral, dan J. Pedro, The linearity-efficiency compromise, *IEEE Microwave Magazine*, vol.11, no. 5, hal. 44-48 (2010).
- [2] H. Sjoland, et al., *Switched Mode Transmitter Architectures, Analog Circuit Design Smart Data Converters, Filters on Chip, Multimode Transmitters*, A.H.M Van Roermund, Ed. Netherlands: Springer, hal. 325-342 (2009).
- [3] V. Bassoo et.al, *A potential transmitter architecture for future generation green wireless base station*, EURASIP Journal on Wireless Com. & Net. Article ID 821846, 8 pages (2009).
- [4] B. T. Thiel, et al, System Architecture of an All-Digital GHz Transmitter using Pulse-Width/Position-Modulation for Switching-Mode PAs, Asia Pacific Microwave Conference (APMC), hal. 2340–2343 (2009).
- [5] R. V. Nee dan R. Prasad, *OFDM for wireless multimedia communications*, Artech House Publisher (2000).
- [6] S. Sirmayanti, S., and M. Faulkner. $\Sigma\Delta$ Modulator for Digital Wireless Architecture: A review a revie. IEEE MICEEI International Conference, hal. 83-87 (2014).
- [7] J. Keyzer, J. Hinrichs, A. Metzger, M. Iwamoto, I. Galton, dan P. Asbeck. Digital generation of RF signals for wireless communications with band-pass DS modulation. Microwave Symposium Digest, 2001 IEEE MTT-S International, hal. 2127-2130 (2001).
- [8] M. Nielsen dan T. Larsen. *A transmitter architecture based on delta-sigma modulation and switch-mode power amplification*. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 54, hal. 735-739 (2007).
- [9] V. Bassoo dan M. Faulkner, *Sigma-delta digital drive signals for switchmode power amplifiers*. Electronics Letters, vol. 44, hal. 1299-1300 (2009).
- [10] Ho, M-J., et al. IEEE 802.11 g OFDM WLAN throughput performance, *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC Fall 58th*. Vol. 4. (2003).
- [11] S. Sirmayanti, V. Bassoo, dan M. Faulkner, OFDM performance with Odd-Even Quantisation in Cartesian DS upconverters, IEEE International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICPCS), hal. 1-5 (2012).