

OPTIMASI POSISI PILOT MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA Wi-Fi 802.11n

Wahyul Amien Syafei, Yunda Kumala Nasution, Sukiswo *)

Abstract

Wi-Fi is wireless communication technology that used widely not only for accessing the internet but also communicating data, image, voice and video. The newest wi-fi technology is 802.11n as an extension of 802.11a/b/g. By combining OFDM and MIMO techniques it can provide throughput up to 600Mbps. One of important factors to achieve such high throughput is the pilot position in training sequence. Wi-fi802.11n allocates it's pilots orthogonally.

This research optimizes the pilot location using Genetic Algorithm Differential Evolution. Optimum pilot position improves the accuracy of synchronization which leads to enhance the performance. The invented optimum pilot position set then be implemented into wi-fi 802.11n simulator to be analyzed the performance enhancement which represented in grafic BER vs SNR curve.

Run test under channel model B and D proof that the invented optimum pilot position gives performance enhancement of 0,5 dB and maintain it's stability compared towi-fi 802.11n system with set ortogonal pilot position.

Key words : Wi-fi, IEEE802.11n, Pilot Allocation, Genetic Algorithm Differential Evolution

Pendahuluan

Wi-Fi atau Wireless LAN merupakan jaringan komunikasi menggunakan frekuensi radio untuk mengkomunikasikan informasi dari satu point ke point yang lain tanpa menggunakan *physical connection*. Dalam konfigurasi Wireless LAN, seperti gambar 1, alat transmitter dan receiver yang disebut wireless router atau access point (AP) terhubung ke wired network pada lokasi yang tetap. [1]



Gambar 1. Sistem Wi-Fi / Wireless LAN

Wi-Fi digunakan tidak hanya untuk mengakses internet tapi juga untuk komunikasi data, image, voice, dan video. Wi-fi berkembang dengan pesat karena teknologi ini relatif murah dan mudah diimplementasikan. Standar wi-fi ditetapkan oleh Grup IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer*, yang dikenal dengan standar IEEE802.11. [2]

Standar wi-fi kecepatan tinggi yang mulai digunakan adalah 802.11n. Sistem yang merupakan pengembangan dari standar 802.11a/b/g ini mampu menyediakan laju data sampai 600 Mbps dengan menerapkan teknik multi antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) pada OFDM (*Orthogonal frequency division multiple-xing*). Kombinasi kedua teknik ini merupakan solusi yang menjanjikan dalam mendukung kebutuhan laju data yang tinggi. [3, 4]

OFDM adalah sebuah skema modulasi dengan banyak pembawa yang membagi lebar pita yang ada ke dalam *subcarrier* ortogonal yang dimodulasi secara independen sehingga lebih tahan terhadap *frequency selective channel*. Untuk melakukan kompensasi terhadap pengaruh kanal, sistem ini memerlukan informasi tentang *channel state information (CSI)*. Metode estimasi kanal yang berbasis pada pola pilot dapat diaplikasikan untuk mendapatkan CSI pada sistem OFDM. [5]

Desain pilot yang optimal dan penempatan simbol pilot diperoleh dengan mempertimbangkan kinerja estimasi kanal. Dalam hal ini susunan pilot baik pada data maupun bagian preamble Wireless LAN 802.11n sangatlah berpengaruh menentukan besar *Signal to Noise Ratio (SNR)* terhadap *Bit Error Rate (BER)* yang dihasilkan. [6]

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh susunan pilot yang optimal menggunakan Algoritma Genetika *Differential Evolution*. Susunan pilot yg optimal mampu memberikan nilai SNR lebih rendah dibanding pilot *orthogonal* pada standar wireless LAN 802.11n. Metode estimasi kanal yang dipakai adalah Minimum Mean Square Error (MMSE) dan simulasi dilakukan pada model kanal B dan D dari IEEE *TGn channel model*. [7]

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Sistem Wi-Fi 802.11n

Bagian ini menjelaskan secara ringkas teknologi yang mendukung Wi-Fi 802.11n dalam menyediakan laju data yang tinggi.

1. OFDM

Konsep dasar OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah membagi data serial kecepatan tinggi menjadi data paralel kecepatan rendah yang ditransmisikan dengan beberapa *sub-carrier*. Masing-masing *subcarrier* dibuat saling *orthogonal* yang memungkinkan spektrum *overlap* untuk efisiensi *bandwidth*. Keuntungan lain sistem OFDM adalah *Inter-Symbol Interference* (ISI) yang disebabkan oleh kanal *multipath* dapat dihindari dengan penyisipan *guard interval* (GI) diantara dua simbol OFDM. Teknik OFDM dipakai pada *wi-fi* 802.11a dan g.

2. MIMO

MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) merupakan salah satu teknik diversitas, yaitu *spatial diversity*. Penggunaan teknik diversitas dapat mengurangi pemudaran dan interferensi dari user lain dan meningkatkan laju data tanpa mengorbankan lebar pita maupun daya pancarnya. Teknik MIMO ini menggunakan beberapa antena di pemancar dan penerima untuk meningkatkan performansi komunikasi. *Wi-Fi* 802.11n menerapkan teknik MIMO dengan empat antena sebagai pengembangan dari

standar *wi-fi* 802.11a yang menggunakan sistem satu antena.

a. Standard Wi-Fi 802.11n

Standard *wi-fi* 802.11n diratifikasi pada September 2009 beroperasi pada frekuensi band 5 GHz dengan *bandwidth* 40 MHz mampu menyediakan laju data maksimum 600 Mbps. Parameter *wi-fi* 802.11n ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Sistem *wi-fi* 802.11n

Parameter	Nilai
Jumlah <i>subcarrier</i> data	108
Jumlah <i>subcarrier</i> pilot	6
<i>Pilot Allocation</i>	Orthogonal pada [-53 -25 -11 11 25 53]
Frekuensi <i>spacing subcarrier</i>	0.3125 MHz
Modulasi <i>subcarrier</i>	BPSK, QPSK, 16, 64, 256 - QAM
<i>Coding Rate</i>	$\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{5}{6}$
Throughput	3 – 600 Mbps

b. Model Kanal TGn (Task Group n) IEEE

IEEE TGn menyediakan enam model kanal dari A sampai F untuk menguji sistem komunikasi *wi-fi* berbasis MIMO-OFDM. Setiap kanal memiliki karakteristik jumlah tap dan kluster yang berbeda tergantung pada luas dan kondisi kanal yang dimodelkan [7]. Parameter model kanal TGn ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Model Kanal dari Task Group of IEEE 802.11n

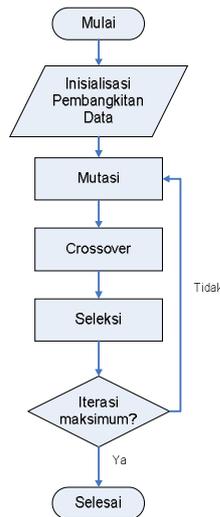
Channel	Condition	K(dB) LOS /NLOS	Distance to the 1 st wall (avg)	RMS delay spread (ns) NLOS	Max Delay (ns)	#of clusters
A	LOS/ NLOS	0/ $-\infty$	-	0	0	1 tap
B	LOS/ NLOS	0/ $-\infty$	5m	15	80	2
C	LOS/ NLOS	0/ $-\infty$	5m	30	200	2
D	LOS NLOS	3 / $-\infty$	10m	50	390	3
E	LOS/ NLOS	6 / $-\infty$	20m	100	730	4
F	LOS/ NLOS	6 / $-\infty$	30m	150	1050	6

Optimasi Pilot Untuk Wi-Fi 802.11n

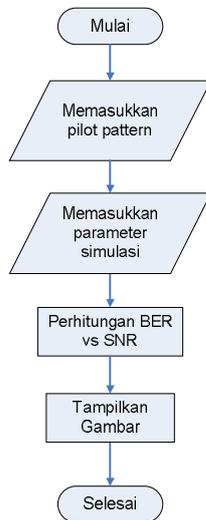
Optimasi pilot pada Wi-Fi 802.11n dilakukan menggunakan algoritma *Differential Evolution* (DE). Susunan pilot yg diperoleh diuji menggunakan simulator *wi-fi* 802.11n untuk mendapatkan grafik BER vs SNR yang menunjukkan kinerja sistem.

Tujuan optimasi penempatan pilot adalah untuk memperoleh susunan pilot yang menghasilkan SNR lebih rendah dibanding dengan pilot orthogonal yang merupakan pilot standar pada 802.11n yang terletak pada

subcarrier [-53 -25 -11 11 25 53]. Diagram alir proses optimasi menggunakan algoritma genetika DE dan Pengujian susunan pilot optimal pada simulator Wi-Fi 802.11n ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Diagram alir optimasi posisi pilot menggunakan algoritma genetika *Differential Evolution*.



Gambar 3 Diagram alir simulasi optimal pilot pada WLAN 802.11n

1. Metode Memperoleh Optimal Pilot

Penempatan pilot yang sesuai untuk keperluan estimasi kanal dapat memberikan SNR yang lebih rendah. Wi-fi 802.11n menggunakan 6 *subcarrier* untuk pilot pada index ke -53 -25 -11 11 25 53. Setiap pilot memiliki nilai yang berbeda untuk tiap antenna pengirim. Pada penelitian ini dilakukan optimasi penempatan pilot menggunakan algoritma genetika *Differential Evolution*.

2. Differential Evolution^[13]

Differential Evolution adalah teknik stokastik yang menggunakan informasi dari tiap individu pada populasi yang ada untuk menghasilkan individu baru sebagai solusi optimasi.

a. Mutasi

Pada proses mutasi, vektor baru berasal dari kombinasi vektor acak yang dipilih dari populasi pada tiap generasi. Untuk tiap vektor target

$x_i (i = 1, 2, \dots, m)$, vektor mutasi pada tiap generasi G didefinisikan sebagai:

$$V_{i,G+1} = x_{r_1,G} + \eta(x_{r_2,G} - x_{r_3,G}) \dots \dots \dots (1)$$

dengan $i, r_1, r_2, r_3 \in \{1, 2, \dots, m\}$ adalah index integer acak berbeda dan η adalah faktor penskalaan yang menetapkan perbedaan antara x_{r_1} dan x_{r_2} .

b. Crossover

Crossover menghasilkan solusi baru dengan mengacak vektor-vektor yang bersaing, dan hal ini meningkatkan keragaman dari populasi, yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut.

$$U_{i,G+1} = \begin{cases} V_{i,G+1} & \text{if } rand_j(0,1) \leq C_r, \forall j = k, \dots \dots (2) \\ x_{i,G} & \text{else} \end{cases}$$

dengan C_r adalah konstanta crossover dan $rand_j(0,1)$ adalah penaksiran nilai ke- j dari jumlah acak tiap generasi. $k \in \{1, 2, \dots, D\}$ adalah indeks parameter acak.

c. Seleksi

Seleksi memutuskan apakah individu yang diujicoba $U_{i,G+1}$ yang akan menjadi bagian dari populasi untuk generasi selanjutnya ($G+1$) atau tidak.

$$x_{i,G+1} = \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{if } f(U_{i,G+1}) < f(x_{i,G}) \dots \dots \dots (3) \\ x_{i,G} & \text{else} \end{cases}$$

dengan $f(\cdot)$ adalah fungsi *fitness* atau fungsi pembatas.

d. Fungsi Fitness pada Differential Evolution

Fungsi MSE pada metode estimasi kanal digunakan sebagai fungsi objektif dari algoritma DE. Dalam hal ini, kerumitan dalam perhitungan dapat dikurangi dengan teorema *Gershgorin circle* dikarenakan sifat matriks A dapat menentukan *eigenvalues* dari AA^H yang merupakan bilangan riil positif. Batas atas dari MSE digunakan sebagai fungsi objektif untuk DE yang diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$tr\{(AA^H)^{-1}\} = \sum_{i=1}^L \frac{1}{\lambda_i} \leq \begin{cases} \frac{L}{P-R_{max}} & , P > R_{max} \\ +\infty & , P > R_{max} \end{cases} \dots \dots \dots (4)$$

dengan $P(i = 1, \dots, L)$ adalah diagonal element dari matrix (AA^H) , $\lambda_i (i = 1, \dots, L)$ adalah *eigenvalues* dan $R_{max} = \max(R_i)$ adalah jarak maksimum dari *Gershgorin disk*, yang didefinisikan sebagai:

$$R_i = \sum_{j=1, j \neq i}^L |b_{ij}| \dots \dots \dots (5)$$

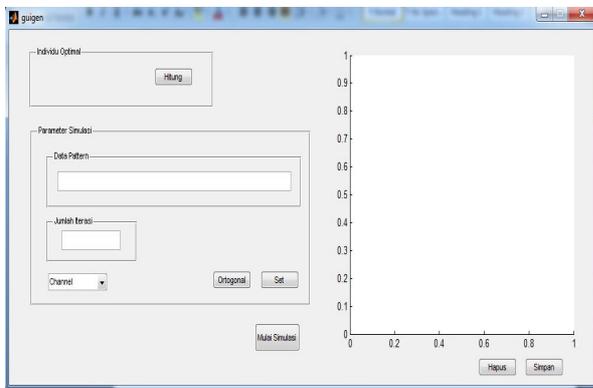
Dari persamaan diatas diperoleh fungsi fitness DE adalah $\frac{R_{max}}{P}$.

Untuk mengoptimasi posisi dari subcarrier pilot maka pertama kali dilakukan insialisasi acak pada posisi pilot yaitu antara 0 sampai 128. Kombinasi yang dimungkinkan untuk susunan pilot kemudian diujicobakan menggunakan fungsi fitness $\frac{R_{max}}{P}$.

Analisis Dan Pengujian Sistem

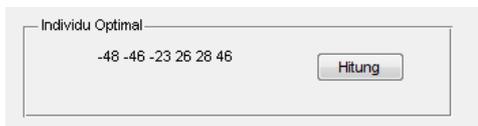
Pilot Pattern Optimal dg *Differential Evolution*.

Kami sudah mengembangkan program dg Graphical User Interface (GUI) berbasis MatLab untuk menghitung posisi optimal pilot dan memudahkan analisa. Kemudian untuk memeriksa kontribusinya pada kinerja sistem dilakukan uji coba dengan memasukkan pola pilot yang telah dioptimasi ke dalam software simulator *wi-fi* 802.11n. Gambar 4 menampilkan Main Menu.



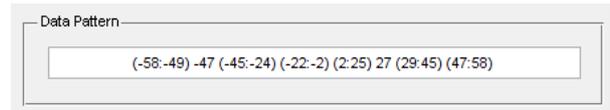
Gambar 4. Menu utama pada program simulasi pilot optimal dan ortogonal

Tombol “Hitung” digunakan untuk memulai penghitungan optimal pilot dengan algoritma genetika *Differential Evolution*. Jika tombol ditekan maka akan menghasilkan enam bilangan yang menunjukkan letak pilot pada *subcarrier*, seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Posisi pilot sebagai individu optimal hasil algoritma genetika differential evolution

Selanjutnya pada bagian parameter simulasi terdapat dialog box “Data Pattern” yang perlu di atur untuk memasukkan nilai posisi pilot optimal. Hal ini tampak pada gambar 6.



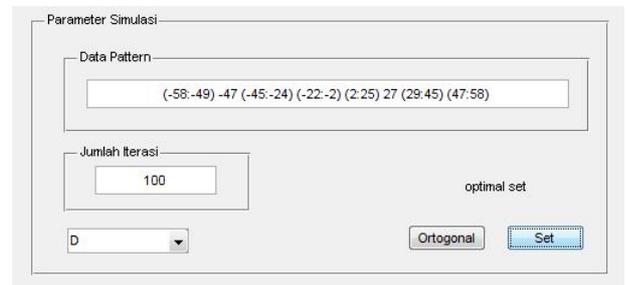
Gambar 6. Data *Pattern* untuk memasukkan nilai posisi pilot optimal pada simulator *wi-fi* 802.11n

Parameter lain yang diatur adalah “Channel” untuk menentukan jenis kanal yang digunakan. Tersedia tiga tipe kanal yaitu kanal AWGN, B, dan D. “Jumlah Iterasi” menentukan banyaknya iterasi data yang dilakukan, sebagaimana gambar 7.



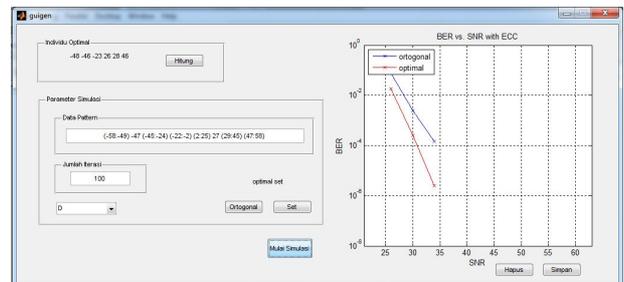
Gambar 7. Penentuan parameter kanal dan jumlah iterasi

Setelah semua parameter ditentukan untuk simulasi optimal pilot maka tombol “Set” diklik. Selanjutnya pada dialog box akan muncul “Optimal Set”, seperti tampak pada gambar 8.



Gambar 8. Pengaturan parameter simulasi untuk optimal set

Simulasi dimulai dengan menekan tombol “Mulai”. Hasil akhirnya adalah informasi kinerja sistem yang ditampilkan dalam grafik SNR vs BER pada kotak gambar, sebagaimana ditampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil simulasi berupa kurva kinerja sistem menggunakan pilot ortogonal dan optimal

Tombol “Hapus” digunakan untuk menghapus gambar dan mereset ulang simulasi. Sedangkan tombol “Simpan” dapat digunakan untuk menyimpan gambar dalam format *figure* matlab.

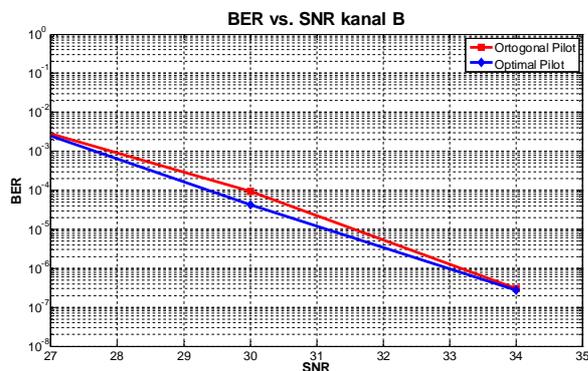
Simulasi pada Model Kanal B dan D. [12]

Pengujian dilanjutkan pada model kanal B dan D. Sistem wi-fi 802.11n dengan pilot ortogonal pada *subcarrier index* [-53 -25 -11 11 25 53] dibandingkan dengan pilot optimal pada index [-48 -46 -23 26 28 46]. Parameter simulasi ditampilkan pada Tabel 3. Grafik kinerja kedua skenario pada model kanal B dan D dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.

Tabel 3 Parameter Simulasi *wi-fi* 802.11n

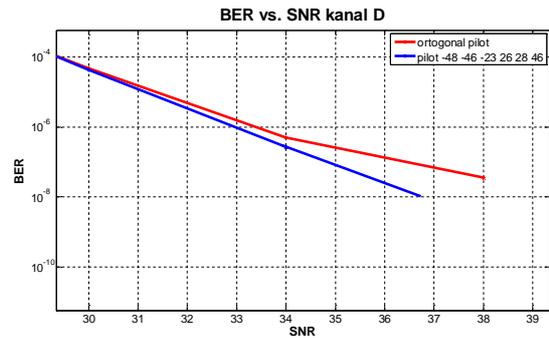
Parameter	Nilai
Iterasi	10000
L-Length	1000
HT-Length	10000
Antena	MIMO 4x5
MCS	30
Durasi <i>guard interval</i>	0,8 μ s
<i>Coding Rate</i>	$\frac{3}{4}$
Kanal	B dan D IEEE TGn

Simulasi pada model kanal B menunjukkan bahwa BER 10^{-4} dicapai oleh sistem dengan pilot optimal dengan SNR 29.5dB (garis biru) sedangkan pilot ortogonal dengan SNR 30dB (garis merah).



Gambar 10. Kinerja sistem *wi-fi* 802.11n dengan pilot ortogonal (merah) vs pilot optimal (biru) pada model kanal B

Simulasi pada model kanal D sebagaimana gambar 4.9 menunjukkan bahwa BER 10^{-6} dicapai oleh sistem *wi-fi* dengan pilot optimal pada SNR 33dB (garis biru) sedangkan pilot ortogonal pada 33.5dB (garis merah). Lebih jauh lagi tampak bahwa grafik pilot optimal terus menurun yang menunjukkan kestabilan kinerja sistem. Sedangkan sistem dengan pilot ortogonal grafiknya melandai yang menunjukkan terjadi distorsi sinyal. Hal ini membuktikan bahwa pilot optimal mampu memperbaiki kinerja sistem.



Gambar 11. Kinerja sistem *wi-fi* 802.11n dengan pilot ortogonal (merah) vs pilot optimal (biru) pada model kanal D

Kesimpulan

Kami telah melakukan optimasi susunan pilot pada runtun training untuk *wi-fi* 80211n menggunakan Algoritma Genetika Differential Evolution. Pengujian pada model kanal B dan D menunjukkan perbaikan kinerja sebesar 0.5 dB dibanding sistem *wi-fi*-Fi 802.11n dengan susunan pilot ortogonal. Lebih jauh pada model kanal D, sistem *wi-fi*-Fi 802.11n dengan susunan pilot ortogonal mengalami distorsi sedangkan susunan pilot optimal meningkatkan kinerja sistem dengan menjaga kestabilan sistem.

Acknowledgement

Sebagian dari penelitian ini dibiayai oleh Hibah Bersaing Dana DIPA FT UNDIP TA 2011/2012

Daftar Pustaka

1. Crow, B.P., et al, “IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks”, *IEEE Comm.*, 116-126, September 1997.
2. Van Nee, R. and Prasad, R., *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, Boston, 2000.
3. “Suplement to IEEE STANDARD for Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific require-ments”, IEEE Std 802.11a-1999(R2003), Juni 2003.
4. “Draft STANDARD for Information Tech-nology - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metro-politan Area Networks - Specific Requirements”, IEEE P802.11n. / D9.0, March 2009.
5. Syafei, Wahyul Amien, *A Study on System Level Design of Gigabit Wireless LAN System*, Kyushu Institute of Technology, 2009.
6. Perahia, Eldad and Robert Stacey, “Next Generation Wireless LANs- Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n”, Cambridge University Press, 2008.
7. Erceg, Vinko, “Tgn Channel Models”, *IEEE doc 802.11-03/940r3*, May 2004.
8. Bahai, A.R. dan Saltzberg, B.R., *Multi-carrier Digital Communications Theory and Applications*

- of OFDM, Kluwer Academic Publishers, New York, 1999.
9. Segkos, Michail, *Advanced Techniques to Improve the Performance of OFDM Wireless LAN*, Naval Postgraduate School Monterey California, Juni 2004.
 10. Rappaport, T.S., *Wireless Communication: Principles and Practice 2nd ed.* Prentice Hall, New Jersey, 2002.
 11. Jiang and Hanzo, “Multiuser MIMO-OFDM for Next-Generation Wireless Systems”, *Proceedings of the IEEE*, Vol.95, No.7, July 2007.
 12. Amien, Wahyul S, *Performance Verification of WLAN IEEE802.11n under Channel Model D*, Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE), 2011.
 13. Seyman, M.Nuri and Necmi Taspinar, “Optimization Pilot Tones Using Differential Evolution Algorithm in MIMO-OFDM System” , Tubitak University, 2011.