

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR
**PERBAIKAN KINERJA *WIRELESS LAN HIGH-TROUGHPUT 802.11n*
DENGAN OPTIMALISASI ALOKASI PILOT**

Yunda Kumala Nasution¹⁾, Wahyul Amin Syafei²⁾, Sukiswo²⁾

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstract – *Wireless LAN is wireless technology that can be used for voice and data communication. The increase of user requirement in Wireless LAN system caused the development of Wireless LAN increasing too. Standard of Wireless LAN is IEEE802.11a/b/g and IEEE802.11n use OFDM and MIMO technique for increase data rate without additional bandwidth.*

The purpose of this final task is to find the better location of the pilot than the standard orthogonal on 802.11n Wireless LAN with data rate up to 600Mbps. The design of this pilot is expected to increase the throughput of the generated by Wireless LAN. The system design using genetic algorithm differential evolution formed with Matlab programming. Where each individual selected by algorithm is an individual that represents the better location of the pilot than orthogonal pilot. The established of optimum composition of the pilot then simulated with 802.11n Wireless LAN simulator. So the SNR vs BER of orthogonal pilot IEEE 802.11n Wireless LAN can be compared to optimal pilot of Genetic Algorithm.

The result gave conclusion that pilots set obtained by Genetic Algorithms, generate BER vs SNR better than the orthogonal pilot Wireless LAN 802.11n either on channel B and channel D. The optimal pilot of D channels generated 33db SNR for BER 10^{-6} while orthogonal pilot generated SNR 33.5db. The optimal pilot of B channels generated 29.5db SNR for BER 10^{-4} , while the orthogonal pilot generated 30db SNR. This means Genetic Algorithm can be used to obtain a better pilot placement than the orthogonal pilot.

Keyword : *Wireless LAN, IEEE802.11n, Optimal Pilot*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wireless LAN merupakan teknologi jaringan nirkabel yang dapat digunakan untuk komunikasi suara maupun data. *Wireless LAN* berkembang dengan pesat karena teknologi ini relatif murah dan mudah diimplementasikan. Standar untuk *Wireless LAN* ini dibuat oleh Grup IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer*). Grup IEEE inilah yang menetapkan standar-standar *wireless* yang disebut juga standar IEEE802.11.

Penelitian mengenai *wireless LAN* yang pernah dilakukan salah satunya oleh Wahyul Amien mengenai *study on level design of gigabit WLAN system* [2]. Standar *wireless* yang saat ini telah digunakan yaitu WLAN IEEE802.11n. Sistem komunikasi *wireless* ini membutuhkan dukungan penuh dari laju transmisi data dan kualitas dari layanan. *Orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) dipahami sebagai sebuah solusi menjanjikan dalam mendukung kebutuhan tersebut. OFDM adalah sebuah skema modulasi dengan banyak pembawa yang membagi lebar pita yang ada ke dalam *subcarrier* ortogonal yang dimodulasi secara independen. Namun, pada sistem tersebut, dibutuhkan pengetahuan tentang *channel state information* (CSI). Metode estimasi kanal berbasis pada pola pilot dapat diaplikasikan untuk mendapatkan CSI pada sistem OFDM.

Desain pilot yang optimal dan penempatan simbol pilot diperoleh dengan mempertimbangkan estimasi kanal. Lokasi pilot untuk sistem *wireless* yang dioptimasi menggunakan batas pada fungsi objektif minimum dari estimasi kanal mean square error (MSE). 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. Yang artinya, semakin baik susunan pilot maka SNR yang dihasilkan pun semakin kecil. Untuk itu dibutuhkan suatu algoritma yang dapat menentukan lokasi pilot terbaik yang akan menghasilkan SNR lebih rendah. Penelitian ini menggunakan Algoritma Genetika *Differential Evolution* untuk memperoleh susunan pilot yang optimal yang diharapkan mampu memberikan nilai SNR lebih rendah dibanding pilot *orthogonal* pada standar *wireless LAN 802.11n*. Optimal pilot yang diperoleh tersebut diharapkan dapat memperbaiki unjuk kerja sistem *wireless LAN 802.11n*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Memperoleh susunan pilot dengan algoritma genetika yang dapat memberikan SNR vs BER rendah dibandingkan susunan pilot *orthogonal*

1) Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

2) Dosen Teknik Elektro UNDIP

standar pada wireless LAN 802.11n pada unjuk kerja sistem.

- Membandingkan unjuk kerja susunan pilot orthogonal dengan pilot optimal yang diperoleh melalui algoritma genetika pada kanal B dan D.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

- Sistem WLAN yang digunakan adalah standar *wireless* LAN IEEE 802.11n.
- Estimasi Kanal dengan Minimum Square Error (MSE).
- Penyusunan letak simbol pilot agar diperoleh SNR yang lebih baik dibanding pilot standar ortogonal.
- Algoritma genetika digunakan untuk optimasi penempatan pilot.
- Pemodelan kanal dengan *Tgn channel* pada kanal D dan B.

II. DASAR TEORI

2.1 OFDM

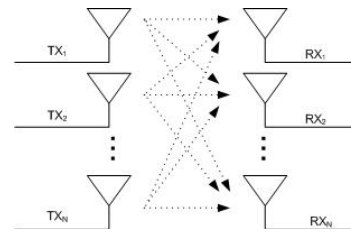
Konsep dasar OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah membagi data serial kecepatan tinggi menjadi data paralel kecepatan rendah yang ditransmisikan dengan beberapa *subcarrier* [3]. Masing-masing *subcarrier* dibuat saling *orthogonal* yang memungkinkan spektrum *overlap* untuk efisiensi *bandwidth*. Selain itu pada sistem OFDM *Inter-Symbol Interference* (ISI) yang juga disebabkan oleh kanal *multipath* dapat dihindari dengan penyisipan *guard interval* (GI).

Blok diagram pemancar OFDM sederhana antara lain terdiri dari *serial to paralel*, modulasi, IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dan penyisipan *guard interval*, sedangkan pada penerima OFDM terdiri dari pemisahan *guard interval*, FFT (*Fast Fourier Transform*), demodulasi dan *paralel to serial*.

2.2 MIMO

MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) merupakan salah satu teknik diversitas, yaitu *spatial diversity* dimana 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. Pada 802.11n menggunakan teknik MIMO yang merupakan perkembangan dari teknik yang digunakan 802.11a sebelumnya yaitu SISO (*Single-*

Input Single Output). 802.11n menggunakan MIMO dengan 4 buah antena pemancar.



Gambar 2.1 MIMO

2.3 Pemodelan Kanal Tgn (Task Group n) IEEE

Pemodelan kanal pada Tgn terdiri dari 6 model kanal yaitu model kanal A sampai F berdasar sistem MIMO-OFDM, yang tiap kanalnya berbeda bergantung pada besar lingkungan kanal yang mempengaruhi jenis kluster dan tap dari tiap model^[8]. Pemodelan kanal ini ditetapkan oleh lembaga IEEE (*Institute of Electrical Electronics Engineers*). Jumlah kluster terdiri dari 6 yang tergantung pula pada jenis kanalnya.

Tabel 2.1 Parameter Tgn kanal model dari IEEE 802.11n^[8]

Chan nel	Condi tion	K(dB) LOS /NLOS	Distanc e to the 1 st wall (avg)	RMS delay spread (ns) NLOS	Max Delay (ns)	#of cluster s
A	LOS/ NLOS	0/ -∞	-	0	0	1 tap
B	LOS/ NLOS	0/-∞	5m	15	80	2
C	LOS/ NLOS	0/-∞	5m	30	200	2
D	LOS NLOS	3 /-∞	10m	50	390	3
E	LOS/ NLOS	6 / -∞	20m	100	730	4
F	LOS/ NLOS	6 / -∞	30m	150	1050	6

2.4 Wireless LAN

Wireless LAN merupakan jaringan yang menggunakan media udara dengan menggunakan frekuensi radio dalam mengkomunikasikan informasi dari satu point ke point yang lain tanpa menggunakan *physical connection*. Dalam konfigurasi *Wireless LAN* pada umumnya alat *transmitter* dan *receiver* yang disebut *access point* (AP) terhubung pada *wired network* pada lokasi yang tetap. Antena pada *access point* inilah yang dapat meng-cover sinyal radio di sekitarnya sehingga pengguna dapat mengaksesnya dalam radius tertentu dari penempatan AP ini.

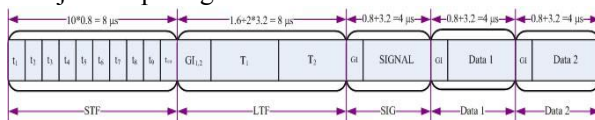


Gambar 2.2 Sistem Wireless LAN [5]

2.5 Standard Wireless LAN IEEE802.11a

Standard WLAN IEEE802.11a dikenalkan pada tahun 1999 dengan pengembangan menggunakan teknik OFDM pada *physical layer*. Standard ini menggunakan frekuensi yang lebih tinggi dari sebelumnya yaitu 5 GHz dan dapat menghasilkan kecepatan hingga 54 Mbps dengan menggunakan *bandwidth* 20 MHz. *Wireless LAN* 802.11a menyediakan pilihan laju data 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 dan 54 Mbps dengan modulasi BPSK, QPSK, 16-QAM atau 64-QAM. Berikut ini adalah parameter-parameter IEEE802.11a.

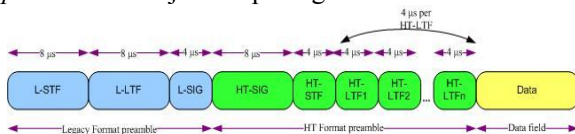
Sedangkan susunan paket pada IEEE802.11a yang terdiri dari *Short Training Field* (STF), *Long Training Field* (LTF), *Signal Field* dan *Data Field* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Format paket pada IEEE802.11a

2.6 Standard Wireless LAN IEEE802.11n

Standard WLAN IEEE802.11n dikenalkan pada tahun 2007 dengan menggunakan frekuensi yang sama dengan 802.11a yaitu 5 GHz dan *bandwidth* 40 MHz. Pada standard ini digunakan teknik *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO) pada *physical layer*. Dengan teknik MIMO ini menyediakan *Spatial Division Multiplexing* (SDM) sehingga dapat secara spasial memultipleks data menjadi beberapa *stream* data sehingga mengalami peningkatan laju data hingga 600 Mbps. Untuk memastikan *backward compability* dengan IEEE 802.11a maka digunakan *mixed format* (MF) *preamble* dengan struktur *Legacy-STF* (L-STF), L-LTF dan L-SIG serupa dengan IEEE 802.11a dan untuk struktur *High Throughput* (HT) akan dijelaskan selanjutnya. Susunan *mixed format preamble* ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Mixed format preamble untuk IEEE802.11n

2.7 Modulasi Digital

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi pada sinyal *carrier*. Sedangkan yang dimaksud dengan modulasi digital adalah sinyal informasi yang ditumpangkan berupa data digital. WLAN IEEE802.11 menggunakan modulasi ini sebagai pemetaan atau simbol *mapper*. Modulasi yang digunakan antara lain BPSK, QPSK, 16 QAM dan 64-QAM.

2.8 Metode Memperoleh Optimal Pilot

Dalam perancangan 802.11n (*High Throughput*) digunakan teknik OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) untuk memperoleh laju data yang tinggi dan juga MIMO untuk memperoleh keluaran yang tinggi. *High Throughput* 802.11n dihadapkan pada masalah SNR (*Signal to Noise Ratio*). Banyak teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi SNR. Salah satunya adalah dengan penempatan pilot yang tepat dimana hubungannya dengan estimasi kanal dapat memberikan SNR yang lebih rendah.

Pilot merupakan bagian penting yang digunakan untuk estimasi. Oleh karena itu penempatan pilot sangat berpengaruh pada nilai SNR yang dihasilkan. WLAN 802.11n menggunakan 6 *subcarrier* pilot dengan posisi pada subcarrier ke -53 -25 -11 11 25 53 yang masing-masing nilainya berbeda untuk tiap antenna pengirim. Dalam hal ini digunakan teknik perhitungan optimasi penempatan pilot dengan menggunakan *Differential Evolution*.

2.8.1 Differential Evolution [13]

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

2.8.1.1 Mutasi

Pada proses mutasi, vektor baru berasal dari kombinasi dari vektor acak yang dipilih dari populasi pada tiap generasi, yang digambarkan sebagai berikut. Untuk tiap vektor target $x_i (i = 1, 2, \dots, m)$, vector mutasi pada tiap generasi G didefinisikan sebagai:

$$V_{i,G+1} = x_{r_1,G} + \eta(x_{r_2,G} - x_{r_3,G}) \tag{2.1}$$

dimana $i, r_1, r_2, r_3 \in \{1, 2, \dots, m\}$ adalah index integer acak berbeda dan η adalah faktor

penskalaan yang menetapkan perbedaan antara x_{r1} dan x_{r2} .

2.8.1.2 Crossover

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

$$U_{i,G+1} = \begin{cases} V_{i,G+1} & \text{if} \\ x_{i,G} & \text{else} \end{cases} \text{rand}_j(0,1) \leq C_r \forall j = k, \quad (2.2)$$

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

2.8.1.3 Seleksi

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

$$x_{i,G+1} = \begin{cases} U_{i,G+1} & \text{if} \\ x_{i,G} & \text{else} \end{cases} f(U_{i,G+1}) < f(U_{i,G}), \quad (2.3)$$

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

2.8.1.4 Fungsi *Fitness* pada *Differential Evolution*

Fungsi MSE sebagai estimasi kanal digunakan sebagai fungsi objektif dari algoritma DE. Dalam hal ini, kerumitan dalam perhitungan dapat dikurangi dengan teorema *Gershgorin circle* dikarenakan 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.

$$\text{tr}\{(AA^H)^{-1}\} = \sum_{i=1}^L \frac{1}{\lambda_i} \leq \begin{cases} \frac{L}{P - R_{max}} & , P > R_{max} \\ +\infty & , P > R_{max} \end{cases} \quad (2.4)$$

Dimana $P(i = 1, \dots, L)$ 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 berikut.

$$R_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^L |b_{ij}| \quad (2.5)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka diperoleh $\frac{R_{max}}{P}$ sebagai fungsi fitness dari DE.

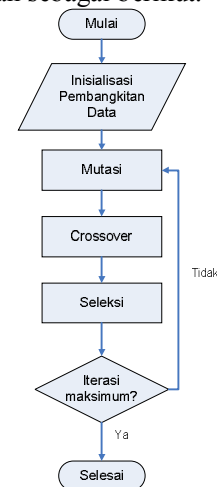
Dalam tujuan untuk mengoptimasi posisi dari subcarrier pilot maka pertama kali dilakukan inialisasi acak pada posisi pilot yaitu antara 0 sampai 128. Kombinasi yang dimungkinkan untuk susunan pilot kemudian diujicobakan menggunakan fungsi fitness $\frac{R_{max}}{P}$.

III. PERANCANGAN OPTIMAL PILOT WIRELESS LAN IEEE802.11n

Perancangan optimal pilot pada *wireless LAN 802.11n* dilakukan dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* (DE). Perancangan algoritma *Differential Evolution* menggunakan *software* matlab 2008a. Setelah dilakukan perancangan penempatan pilot dengan algoritma tersebut, selanjutnya akan disimulasikan menggunakan *software* simulasi *wireless LAN 802.11n* sehingga diperoleh grafik BER vs SNR yang akan menunjukkan unjuk kerja sistem dengan penempatan pilot menggunakan algoritma DE.

3.1 Algoritma Genetika *Differential Evolution*

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, teknik penempatan pilot agar diperoleh pilot yang menghasilkan SNR lebih rendah dibanding dengan pilot orthogonal yang merupakan pilot standar *wireless LAN 802.11n* yang terletak pada subcarrier -53 -25 -11 11 25 53, adalah menggunakan algoritma genetika *Differential Evolution*. Adapun diagram alir *Differential Evolution* adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir algoritma genetika *Differential Evolution*.

3.2 Penempatan pilot pada *Wireless 802.11n*

Parameter untuk sistem ini antara lain mengikuti standard 802.11a dengan frekuensi yang

sama yaitu 5 GHz dan *bandwidth* kanal 40 MHz. Parameter lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Parameter 802.11n

Parameter	Nilai
Jumlah <i>subcarrier</i> data	108
Jumlah <i>subcarrier</i> pilot	6
Total <i>subcarrier</i>	114
Frekuensi <i>spacing subcarrier</i>	0.3125 MHz
Periode FFT/IFFT	3.2 μ s
Durasi <i>guard interval</i>	0.8 μ s
Durasi simbol	4 μ s
Durasi <i>preamble</i>	16 μ s
Modulasi <i>subcarrier</i>	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
<i>Coding Rate</i>	$\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{5}{6}$
<i>Bandwidth</i>	40 MHz

Setelah diperoleh susunan pilot melalui algoritma genetika, maka selanjutnya hasil tersebut akan dimasukkan ke dalam *software* simulasi *wireless* 802.11n untuk selanjutnya dibandingkan dengan pilot orthogonal yang telah ditetapkan pada standar *wireless* LAN 802.11n oleh IEEE.

3.2.1 Freq. Parameter

Dalam *software* simulasi susunan pilot untuk pilot orthogonal adalah [-53 -25 -11 11 25 53]. Susunan tersebut ditentukan pada *Freq.Parameter* dengan pemrograman sebagai berikut.

```
[FORMAT CW CH_OFFSET] == [1 1 0]
FreqP.Lebar pita = 40e6 ;
FreqP.FFTP = 128 ;
FreqP.Nst = 114 ;
FreqP.Nsd = 108 ;
FreqP.Nsp = 6 ;
FreqP.SubcarrierPattern = [(-58:-2) (2:58)] ;
```

Di atas terlihat bahwa jumlah *subcarrier* yang tersedia yaitu 128 sedangkan yang digunakan untuk data hanya 108, pilot 6 *subcarrier* dan sisanya adalah *zero*. Untuk pola susunan *subcarrier* ditentukan dari rentan -58 hingga 58 dengan nilai -1 hingga 1 adalah *zero*. Pada pemrograman pola susunan pilot dimasukkan ke dalam *pilot pattern* sebagai berikut.

```
FreqP.PilotPattern_n = [-53 -25 -11 11 25 53] +
64 + 1 ;
```

Susunan pilot di atas merupakan susunan pilot orthogonal yang merupakan standar pilot untuk WLAN 802.11n. Ketika algoritma genetika sudah memperoleh susunan pilot yang tepat maka untuk selanjutnya pola susunan pilot dimasukkan ke dalam *pattern* di atas.

3.2.2 Pilot Generator

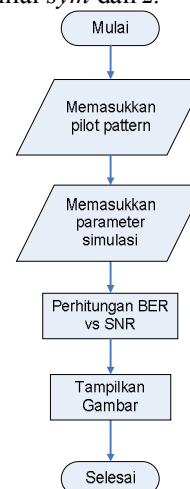
Dalam pilot generator terdapat *pilot_f* dan *pilot_t*. Nilai *pilot_f* yang ditentukan akan berbeda untuk tiap antenna pengirim. Dalam pemrograman ini hanya dapat menentukan nilai *pilot_f* hingga 4 antenna pengirim. Sedangkan nilai *pilot_t* merupakan pilot *polarity* berjumlah 128 yang akan digunakan untuk penentuan nilai pilot dalam *pilot.inserter*.

3.2.3 Pilot Inserter

Preamble pada *wireless* LAN 802.11n yang didalamnya terdapat susunan pilot adalah *Signal Field* (SIG) serta *Data Field*. Susunan pilot tersebut ditentukan dalam *pilot.inserter*.

```
case 'l-sig'
PIout(:, [FreqP.PilotPattern_a])=Pilot_t(1)*Pilo
t_f ;
case 'ht-sig'
for sym = 1 : 2
PIout(:, [FreqP.PilotPattern_a] + (sym-1)*64) =
Pilot_t(sym+z-2)*Pilot_f ;
end
case 'data'
for sym = 1 : Nsym
PIout(:, [FreqP.PilotPattern_n + (sym-1)*128] =
Pilot_t(mod(sym+z-1, 127)+1)*Pilot_f ;
End
```

L-SIG merupakan format legacy SIG untuk *wireless* 802.11n yang berasal dari SIG *wireless* 802.11a. Nilai dari keluaran pilot L-SIG merupakan hasil perkalian dari *pilot_t* pertama dengan *pilot_f*. Untuk HT-SIG nilai keluaran pilot merupakan hasil perkalian *pilot_t* ke-2 dan ke-3 bergantung pada *sym* yang merupakan simbol OFDM dan nilai *z* yang bergantung pada format paket. Sedangkan untuk DATA nilai keluaran pilot merupakan hasil perkalian *pilot_t* ke-4 dengan *pilot_f* bergantung nilai *sym* dan *z*.

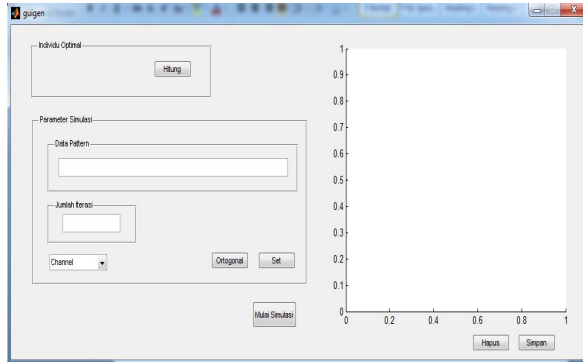


Gambar 3.2 Flowchart simulasi optimal pilot WLAN 802.11n

IV. ANALISIS DAN PENGUJIAN SISTEM

4.1 Pilot Pattern dengan *Differential Evolution*

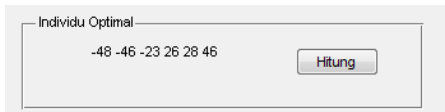
Untuk memperoleh pola susunan pilot yang tepat maka dilakukan uji coba dengan memasukkan pola pilot yang telah diperoleh ke dalam software *wireless LAN 802.11n*.



Gambar 4.1 Main Program Simulasi Optimal dan Ortogonal

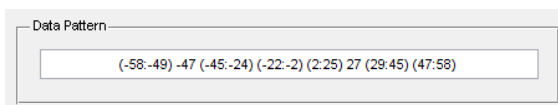
Pilot

Tombol “Hitung” digunakan untuk memulai penghitungan optimal pilot dengan algoritma genetika *Differential Evolution*. Jika tombol ditekan maka akan menghasilkan 6 buah bilangan yang menunjukkan letak pilot pada *subcarrier*.



Gambar 4.2 Individu Optimal Algoritma Differential Evolution

Selanjutnya pada bagian parameter simulasi terdapat dialog box “Data Pattern” yang perlu di atur dengan menyesuaikan pilot optimal yang telah diperoleh sebelumnya.



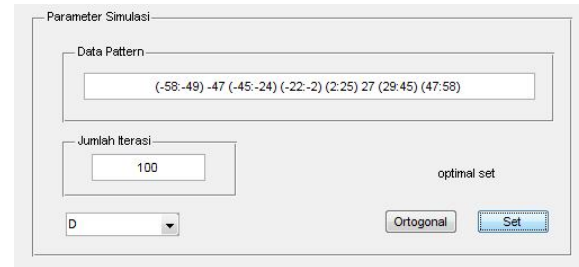
Gambar 4.3 Data *Pattern* HT-Wireless LAN 802.11n

Selanjutnya parameter lain yang dapat diatur adalah “Channel” yang menentukan jenis kanal yang akan digunakan. Dimana tersedia tiga tipe kanal yaitu kanal B, D, serta AWGN. Serta “Jumlah Iterasi” menentukan banyaknya iterasi data yang dilakukan.



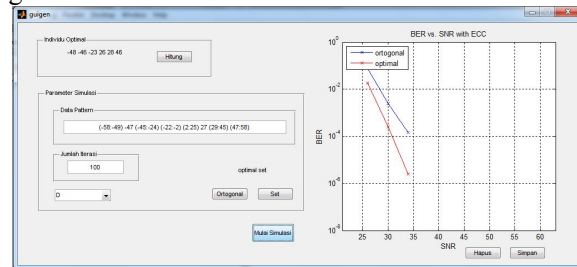
Gambar 4.4 Penentuan Parameter Kanal dan Jumlah Iterasi

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



Gambar 4.5 Pengaturan Simulasi untuk Optimal Set

Selanjutnya untuk memulai simulasi gunakan tombol “Mulai”. Jika simulasi berhasil maka akan keluar grafik SNR vs BER pada kotak gambar.

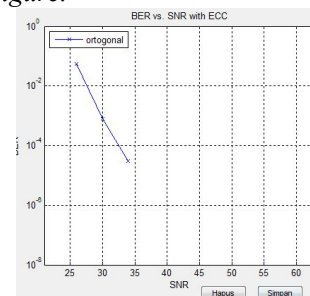


Gambar 4.6 Hasil keluaran simulasi pilot optimal

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

4.2 Pilot Pattern dengan Pilot Ortogonal

Simulasi untuk pilot orthogonal yang merupakan pilot standar *wireless LAN 802.11n* yaitu terletak pada *subcarrier* [-53 -25 -11 11 25 53]. Dengan menggunakan tombol “Ortogonal”, maka akan mengganti pola pilot pada *Freq. Parameter* menjadi pilot orthogonal. Kemudian tekan tombol “Mulai” maka simulasi untuk pilot orthogonal akan dilakukan. Selanjutnya akan ditampilkan gambar hasil simulasi orthogonal pada kotak *Axis Figure*.



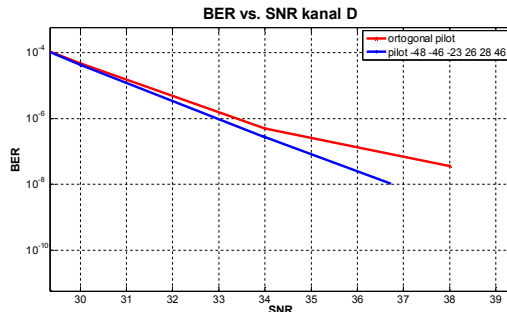
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Pilot Ortogonal

4.3 Hasil Simulasi

Setelah dilakukan pengujian hingga beberapa kali maka didapat hasil terbaik untuk pilot optimal adalah pada posisi *subcarrier* [-48 -46 -23 26 28 46] dengan simulasi parameter sebagai berikut maka didapat gambar

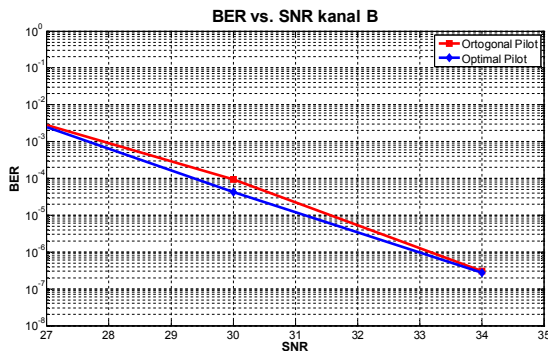
Tabel 4.1 Parameter Simulasi Wireless LAN 802.11n

Parameter	Nilai
Iterasi	10000
L-Length	1000
HT-Length	10000
Antena	MIMO 4x5
MCS	30
Durasi <i>guard interval</i>	0.8 μ s (Normal GI)
<i>Coding Rate</i>	$\frac{3}{4}$
<i>Bandwidth</i>	40 MHz



Gambar 4.8 Hasil Simulasi pilot orthogonal vs pilot optimal di kanal D

Dari gambar di atas terlihat bahwa ketika BER 10^{-6} untuk pilot optimal menghasilkan SNR 33db sedangkan pilot orthogonal menghasilkan SNR 33.5db. Untuk selanjutnya grafik pilot optimal terus menurun yang menunjukkan bahwa unjuk kerja sistem semakin baik.



Gambar 4.9 Hasil Simulasi pilot orthogonal vs pilot optimal di kanal B

Dari gambar di atas terlihat bahwa ketika BER 10^{-4} untuk pilot optimal menghasilkan SNR

29.5db sedangkan pilot orthogonal menghasilkan SNR 30db.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan serta analisis dan pengujian pada Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan menggunakan Algoritma Genetika Differential Evolution, melalui tahapan inialisasi, mutasi, *crossover* hingga seleksi dapat diperoleh susunan 6 pilot pada *subcarrier* [-48 -46 -23 26 28 46] yang lebih baik dibanding 6 pilot orthogonal pada *subcarrier* [-53 -25 -11 11 25 53] dilihat dari grafik BER vs SNR.
2. Pada algoritma genetika *Differential Evolution* nilai fitness yang merupakan *lower bound* dari Estimasi Kanal *Minimum Mean Square Error* (MMSE) diperoleh sebesar $1.77e-16$ - $1.75e-49i$ untuk susunan 6 pilot pada *subcarrier* [-48 -46 -23 26 28 46].
3. Simulasi untuk optimal pilot menggunakan konstanta *crossover* 0.5 dan konstanta mutasi 0.1.
4. Untuk kanal model D pilot orthogonal menghasilkan SNR 33.5db sedangkan pilot optimal menghasilkan SNR 33db pada BER 10^{-6} .
5. Untuk kanal model B pilot orthogonal menghasilkan SNR 30db sedangkan pilot optimal menghasilkan SNR 29.5db pada BER 10^{-4} .
6. Dalam penelitian diperoleh selisih antara pilot orthogonal dan pilot optimal sebesar 0.5db baik pada kanal B ataupun kanal D.
7. Setelah dilakukan penelitian menggunakan simulasi *wireless LAN 802.11n* maka untuk mendapatkan selisih level sinyal sebesar 0.5db dibutuhkan minimal iterasi sebesar 10000 dan panjang paket 10000.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pemrograman ini adalah:

1. Algoritma Genetika Differential Evolution dapat dikembangkan untuk menemukan susunan pilot pada Wireless LAN 802.11ac dengan mengganti jumlah individu yang akan dibangkitkan.

Pengembangan diperlukan untuk memperoleh unjuk kerja yang jauh lebih baik dibanding susunan pilot orthogonal misalnya dapat dilakukan dengan

mengganti model estimasi kanal dengan MMSE ataupun pengestimasi kanal lainnya agar susunan pilot yang diperoleh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crow, B.P., et al, "IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks", *IEEE Comm.*, 116-126, September 1997.
- [2] Amien, Wahyul S, *A Study on System Level Design of Gigabit Wireless LAN System*, Kyushu Institute of Technology, 2009.
- [3] Van Nee, R. and Prasad, R., *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, Boston, 2000.
- [4] Bahai, A.R. dan Saltzberg, B.R., *Multi-carrier Digital Communications Theory and Applications of OFDM*, Kluwer Academic Publishers, New York, 1999.
- [5] Segkos, Michail, *Advanced Techniques to Improve the Performance of OFDM Wireless LAN*, Naval Postgraduate School Monterey California, Juni 2004.
- [6] Rappaport, T.S., *Wireless Communication: Principles and Practice 2nd ed.* Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [7] Jiang and Hanzo, "Multiuser MIMO-OFDM for Next-Generation Wireless Systems", *Proceedings of the IEEE*, Vol.95, No.7, July 2007.
- [8] Erceg, Vinko, "Tgn Channel Models" , *IEEE doc 802.11-03/940r3*, May 2004.
- [9] Amien, Wahyul S, *Performance Verification of WLAN IEEE802.11n under Channel Model D*, Conference on Information Technology and Electrical Engineering (CITEE), 2011.
- [10] Perahia, Eldad and Robert Stacey, *Next Generation Wireless LANs- Throughput, Robustness, and Reliability in 802.11n*, Cambridge University Press, 2008.
- [11] "Suplement to IEEE STANDARD for Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements", IEEE Std 802.11a-1999(R2003), Juni 2003.
- [12] "Draft STANDARD for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements", IEEE P802.11n./D9.0, March 2009.
- [13] Seyman, M.Nuri and Necmi Taspinar, "Optimization Pilot Tones Using Differential

Evolution Algorithm in MIMO-OFDM System", Tubitak University, 2011.

BIODATA MAHASISWA



Yunda Kumala Nasution, lahir di Baucau Timor Leste 1 Juli 1989. Menempuh pendidikan di SD Negeri 3 Bandar Jaya, SMP Negeri 1 Bandar Sribawono, SMA Negeri 2 Bandar Lampung dan melanjutkan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Dr. Wahyul Amien., S.T., M.T.
NIP. 197112181995121001

Dosen Pembimbing II

Sukiswo, S.T., M.T.
NIP. 196907141997021001