

# PERFORMANSI *POWER LINE COMMUNICATION* (PLC) DENGAN PENERAPAN *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING* (OFDM) DAN VITERBI DECODING

**Aulia Ivan Maulana<sup>1</sup>, Basuki Rahmat<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Electrical Engineering Department, Institut Teknologi Telkom  
Jln. Telekomunikasi No.1 Bandung Indonesia 40257

Email: <sup>1</sup>ivan\_ca3m@yahoo.com, <sup>2</sup>bas@stttelkom.ac.id, <sup>3</sup>bpy@ittelkom.ac.id

## Abstrak

*Dewasa ini banyak pembangunan sistem komunikasi yang memerlukan instalasi jaringan baru. Dilain pihak jaringan transmisi listrik sudah banyak digelar hampir menjangkau seluruh perkantoran dan bahkan perumahan di daerah pinggiran. Power Line Communcation (PLC) adalah sistem transmisi data dengan memanfaatkan kabel listrik sebagai media transmisi. PLC dihadapkan kendala-kendala yang cukup rumit. Hal ini disebabkan berbagai kenyataannya PLC mengambil tempat secara langsung pada pada jaringan dimana kebanyakan dari peralatan listrik rumah tangga dioperasikan, akibatnya level noise pada jaringan akan menjadi tinggi. sehingga diperlukan suatu metode modulasi dan pengkodean yang mampu tepat. Pada penelitian ini dilakukan perancangan system PLC dengan penerapan modulasi multicarrier OFDM dan pengkodean konvolusi dengan algoritma viterbi pada proses decoding. Untuk mengetahui performansinya, system disimulasikan dengan bantuan software matlab. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan penggunaan OFDM dan kode konvolusi dapat memperbaiki kinerja sistem hingga tercapai BER kecil pada SNR 10 dB.*

**Kata kunci:** PL; viterbi; OFDM

## Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir, penggunaan dari sistem telekomunikasi telah meningkat dengan pesat. Oleh karena itu dibutuhkan penambahan kapasitas transmisi yang telah ada. Tapi jika melakukan instalasi jaringan baru, hal itu sangat tidak efisien dan memakan waktu yang lama. Sistem Power Line Communcation (PLC) merupakan salah satu solusi dari permasalahan ini. Power Line Communication (PLC) adalah sistem transmisi data dengan memanfaatkan kabel listrik sebagai pembawa frekuensi (frequency carrier). Dengan menggunakan PLC, maka daerah rural dengan keterbatasan jaringan PSTN dapat terjangkau jaringan komunikasi dengan syarat telah tersedia infrastruktur jaringan distribusi listrik. Prinsip dasar dari teknologi ini adalah menginjeksikan sinyal-sinyal data ke dalam saluran daya listrik pada frekuensi 1-30MHz.

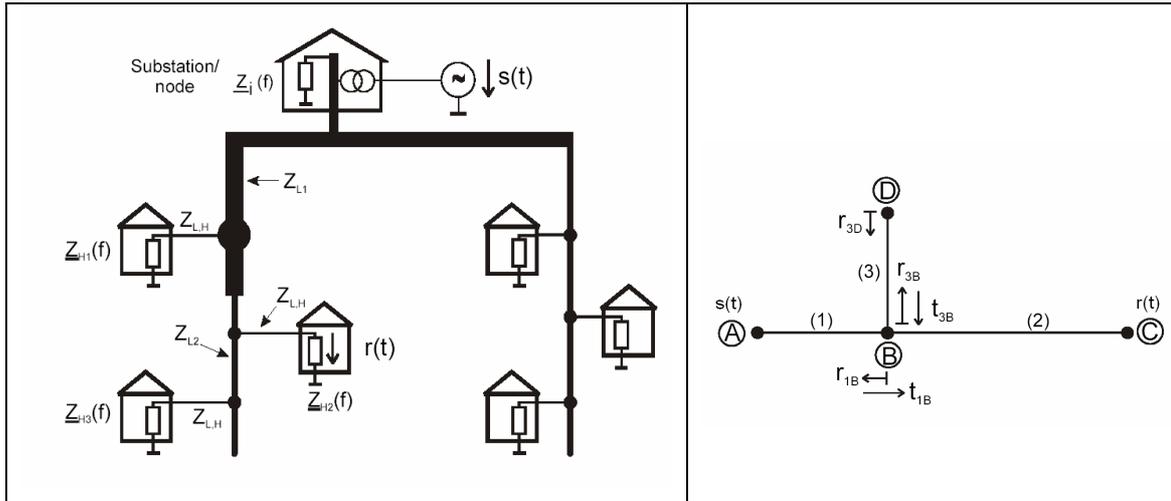
PLC sebagai teknologi yang memanfaatkan saluran listrik untuk menumpangkan sinyal suara dan data, dihadapkan kendala-kendala yang cukup rumit. Hal ini disebabkan berbagai kenyataan bahwa PLC mengambil tempat secara langsung pada pada jaringan dimana kebanyakan dari peralatan listrik rumah tangga dioperasikan, akibatnya level noise pada jaringan akan menjadi tinggi. Tentunya hal ini akan mempengaruhi kualitas dari pengiriman suara dan data, sehingga diperlukan suatu metode modulasi yang mampu memberikan solusi pemecahannya.

Untuk meningkatkan performansi sistem yang mentransmisikan data ke suatu kanal telekomunikasi, beberapa teknik pengkodean telah umum digunakan seperti kode blok dan kode konvolusi. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan simulasi untuk mengetahui performansi (dalam hal ini BER) dari penggunaan viterbi decoding dengan modulasi OFDM pada PLC.

## Lintasan sinyal jamak (*multipath*)

Komponen multipath mewakili keadaan struktur *powerline* terhubung dari jenis peralatan dan berbagai jenis kabel yang memiliki karakteristik impedansi yang berbeda – beda, menyebabkan propagasi sinyal tidak dapat dipandang sebagai suatu transmisi yang *Line Of Sight* (LoS) karena adanya pantulan dari sambungan – sambungan yang tidak *matched*.

Propagasi sinyal dengan lintasan jamak dipelajari dengan contoh sederhana yang dapat dengan mudah dianalisa (gambar 1). Saluran memiliki satu cabang dan terdiri dari segmen (1), (2), dan (3) dengan panjang  $\ell_1$ ,  $\ell_2$ ,  $\ell_3$  dan karakteristik impedansi  $Z_{L1}$ ,  $Z_{L2}$ ,  $Z_{L3}$ .



Gambar 1. Contoh Jaringan listrik dengan satu cabang

Fungsi transfer lengkap dari kanal jaringan listrik dengan mempertimbangkan propagasi *multipath* dan redaman kabel:

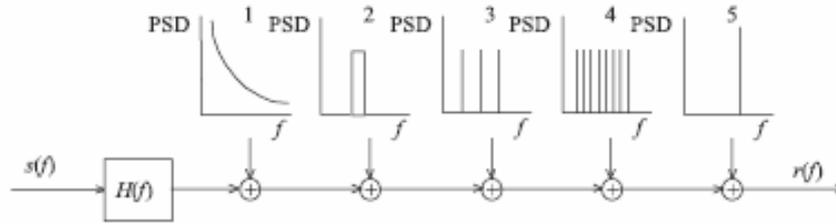
$$H(f) = \sum_{i=1}^N \left\{ g_i \cdot e^{-(a_0 + a_1 \cdot f^k) \cdot d} \cdot e^{-j2\pi f \frac{d_i}{v_p}} \right\} \quad (1)$$

Harga faktor pantul dan faktor transmisi ≤ satu, sehingga faktor bobot (g<sub>i</sub>) yang merupakan perkalian antara faktor pantul dan faktor transmisi ≤ satu.  $g_i \leq 1$

**Noise pada power line communication**

Telah banyak pengamatan dan pengukuran dalam usaha memberikan gambaran lengkap tentang karakteristik noise dalam lingkungan PLC. Sumber noise dapat dikelompokkan menjadi 5 kategori:

- *Noise* latar berwarna (tipe 1) – yang dimana kerapatan spektral daya (psd) relatif lebih rendah dan menurun terhadap frekuensi. Tipe *noise* ini utamanya disebabkan oleh superposisi dari banyak sumber *noise* intensitas rendah. Parameter noise ini akan bervariasi terhadap waktu.
- *Noise* pita sempit (tipe 2) – yang biasa berbentuk sinyal sinus, dengan amplituda termodulasi. Tipe ini biasa menempati beberapa sub-pita yang relatif kecil dan tidak putus terhadap spektrum frekuensi. *Noise* ini biasanya dihasilkan oleh stasiun *broadcast* dan penyiaran yang menggunakan panjang gelombang pendek. Aplituda biasanya akan bervariasi sepanjang hari dan akan menjadi lebih besar diwaktu malam, ketika pengaruh pemantulan atmosfer menjadi lebih kuat.
- *Noise* impuls tidak berulang, tidak sinkron terhadap frekuensi utama (tipe 3) – *noise* dalam bentuk impuls yang biasanya memiliki kecepatan pengulangan antara 50KHz dan 200KHz. Noise ini biasanya disebabkan oleh *switching* perbekalan daya.
- *Noise* impuls berulang, sinkron terhadap frekuensi utama (tipe 4) – *impulse* memiliki kecepatan pengulangan 50 atau 100 Hz yang sinkron terhadap frekuensi utama listrik. Seperti *impulse* yang memiliki durasi cepat (dalam mikrodetik) dan memiliki rapat spektral daya yang terus turun terhadap frekuensi. *Noise* ini biasanya disebabkan oleh perangkat power supply yang beroperasi sinkron terhadap frekuensi utama, seperti *converter* daya yang terkoneksi kepada pencatuan utama.
- *Noise* impuls tidak sinkron (tipe 5) – *impulse* utamanya disebabkan oleh *transient* proses *switching* dalam jaringan. Impulse ini memiliki durasi mulai dari beberapa mikrodetik hingga beberapa milidetik dan memiliki waktu antar kedatangan yang berubah-ubah. Kerapatan spektral daya dapat lebih dari 50dB diatas *noise* latar. Dilihat dari karakteristiknya, *impulse* ini merupakan penyebab utama terjadi kesalahan dalam komunikasi digital melalui jaringan PLC.



Gambar 2. Noise pada kanal PLC

Untuk mensimulasikan pengaruh noise impuls digunakan model *two-term Gaussian mixture*, dengan *probability density function* dari model noise dapat dimodelkan sebagai berikut:

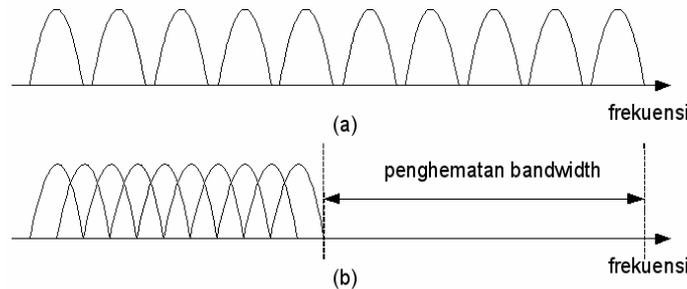
$$(1 + \varepsilon)N(0, \sigma^2) + \varepsilon N(0, k\sigma^2) \tag{2}$$

Dengan  $\sigma > 0, 0 \leq \varepsilon \leq 1$ , dan  $k \geq 1$ .

Distribusi  $N(0, \sigma^2)$  merepresentasikan *background noise* (Gaussian dengan *zero mean* dan *variance*  $\sigma^2$ ) dan bagian  $N(0, k\sigma^2)$  merepresentasikan komponen *noise impuls* (Gaussian dengan *zero mean* dan *variance*  $k\sigma^2$ ) dan  $\varepsilon$  merupakan peluang terjadi impuls.

**OFDM**

*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) merupakan teknik modulasi *multicarrier*, dimana antar *subcarrier*nya satu dengan yang lain saling ortogonal. Karena sifat ortogonalitas ini, maka antar *subcarrier* yang berdekatan bisa dibuat *overlapping* tanpa menimbulkan efek *intercarrier interference* (ICI). Hal ini akan membuat sistem OFDM mempunyai efisiensi spektrum yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan teknik modulasi *multicarrier* konvensional, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.



Gambar 3. Multicarrier biasa dan OFDM

**IDFT sebagai Modulator OFDM**

Misalkan keluaran dari signal mapping dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$s(t) = A_n(t)e^{j\Phi_n(t)} \tag{3}$$

dimana :  $S_n(t)$  = keluaran simbol dari signal mapping

$A_n(t)$  = amplitudo simbol

$\Phi_n(t)$  = fasa simbol

$S_n(t)$  dapat berupa data yang termodulasi secara BPSK, QPSK, maupun QAM, sehingga data-data paralel pada setiap subcarrier dapat dinyatakan oleh persamaan (3), yang kemudian dibawa oleh N subcarrier yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut sinyal kompleks OFDM  $s(t)$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$s(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S_n(t)e^{j\omega_n t} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A_n(t)e^{j[\omega_n t + \Phi_n(t)]} \tag{4}$$

Apabila sinyal pada persamaan (4) dicuplik dengan frekuensi pencuplikan  $f=1/T$ , maka akan dihasilkan sinyal dengan persamaan sebagai berikut :

$$s(kT) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A_n(kT)e^{j[\omega_n kT + \Phi_n(kT)]} \tag{5}$$

Pada persamaan (5) dapat kita lihat bahwa dalam satu periode pencuplikan, simbol data tidak berubah sampai dicuplik sebanyak  $k=N$  dan jika  $\omega_n = n\Delta\omega$ , maka

$$\begin{aligned} s(kT) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{j[\omega_n kT + \Phi_n]} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{j\Phi_n} e^{j[\omega_n kT]} \end{aligned} \tag{6}$$

Pada persamaan (6) dapat kita lihat bahwa durasi satu simbol data  $\tau = NT$   
Jika persamaan (6) kita bandingkan dengan bentuk umum Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT):

$$y(kT) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} Y(n) e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \tag{7}$$

maka fungsi  $A_n e^{j\theta_n}$  pada persamaan (6) merupakan sinyal yang dicuplik pada domain frekuensi, dan  $s(kT)$  adalah representasi sinyal dalam domain waktu. Persamaan (6) ekuivalen jika

$$\begin{aligned} n\Delta\omega kT &= 2\pi nk/N \\ \Delta f &= \frac{1}{NT} = \frac{1}{\tau} \end{aligned} \tag{8}$$

Sehingga persamaan (6) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$s(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} A(n) e^{j\theta(n)} e^{j\frac{2\pi nk}{N}}$$

$$s(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S(n) e^{j\frac{2\pi nk}{N}} \tag{9}$$

Persamaan (9) merupakan syarat orthogonal, yaitu jarak antar subcarrier yang berdekatan adalah  $1/\tau$ , dimana  $\tau$  adalah durasi satu simbol data. Sehingga dapat disimpulkan bahwa IDFT dapat digunakan sebagai modulator OFDM.

**DFT sebagai Demodulator OFDM**

Jika persamaan (9) menjadi masukan modulator OFDM, maka untuk mendapatkan kembali simbol data dari tiap subcarrier, maka digunakan DFT. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$S(m) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-j\frac{2\pi mk}{N}} \tag{10}$$

$$S(m) = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S(n) e^{j\frac{2\pi nk}{N}} e^{-j\frac{2\pi mk}{N}} \tag{11}$$

$$S(m) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n) \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi k(n-m)}{N}} \tag{12}$$

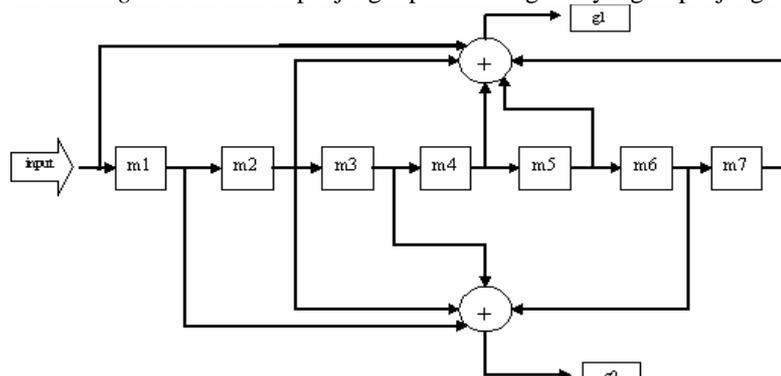
$$S(m) = \sum_{n=0}^{N-1} S(n) \delta(n - m) \tag{13}$$

Pada persamaan (13) dapat kita lihat bahwa jika  $S_n = S_m$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa DFT dapat digunakan sebagai demodulator OFDM.

**Convolutional Coding**

Kode konvolusi dapat terdiri dari  $m$  memori (jumlah *shift register*) dan  $n$  output yang tidak hanya tergantung dari  $k$  input pada suatu waktu tertentu tapi juga input sebelumnya. Besar  $n$  dan  $k$  merupakan integer yang rendah, dengan  $k < n$ , sedangkan jumlah memori  $m$  besar untuk mendapatkan kemampuan koreksi yang baik. Kode konvolusi dapat ditulis dalam bentuk  $(n,k,m)$ . Dengan *code rate*  $r = 1/n$

*Constraint length*  $K$  adalah jumlah bit maksimum pada suatu output yang dapat dipengaruhi oleh bit input. Secara praktisnya *constraint length* diambil dari panjang input shift register yang terpanjang ditambah satu.  $K = 1+m$



Gambar 4. Blok encoder kode konvolusi rate 1/2

**Convolutional Decoding**

Untuk melakukan proses dekoding maka digunakan algoritma viterbi, algoritma ini didasarkan pada metode pencarian *maximum likelihood* secara matematis sehingga dapat melakukan koreksi kesalahan untuk kata kode yang panjang. Setiap kali didapat kata kode dengan jarak paling kecil, maka kata kode ini disimpan dalam suatu register, kata kode ini dinamakan *survivor*.

Dalam proses dekoding jika pada beberapa level ditemukan sebuah path tidak mungkin dapat menghasilkan metrik terbesar, maka path tersebut akan dibuang oleh dekoder tersebut. Maka sebuah dekoder yang membandingkan metrik tersebut dari seluruh path yang memasuki sebuah kondisi (*state*) dan yang hanya menyimpan *survivor* pada

kondisi tersebut akan menghasilkan lintasan yang termirip jika operasi diulang untuk seluruh kondisi pada setiap level.

Viterbi decoder menempatkan pada setiap cabang dari setiap jalur *surviving* suatu metrik yang sebanding dengan jarak hamming dari percabangan antara output transisi dengan kode terima. Jumlah *branch* metrik menghasilkan *path* metrik dan akhirnya dikodekan sebagai *survival path* dengan metrik paling besar.

Berikut langkah algoritma viterbi untuk proses dekoding, yaitu :

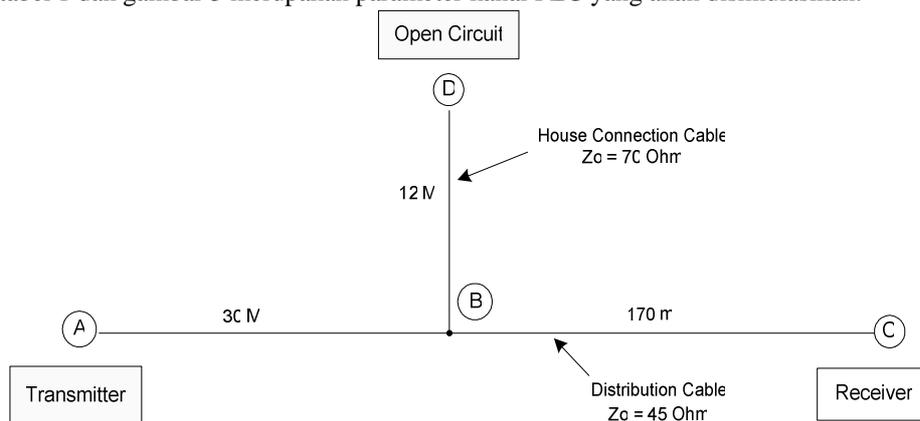
- 1) Langkah 1 : Sampai dengan level  $0 < j < m$ , hitung metrik cabang untuk lintasan tunggal yang memasuki setiap kondisi dan simpan metrik gabungan dari setiap kondisi. Untuk sebuah BSC (Binary Symmetric Channel) hitung jarak dari  $r$  cabang yang memasuki setiap kondisi.
- 2) Langkah 2 : Untuk  $m < j < L$ , hitung metrik lintasan gabungan untuk seluruh path yang memasuki sebuah kondisi dengan menambah metrik cabang yang memasuki kondisi tersebut ke metrik lintasan path level sebelumnya. Simpan lintasan yang *survivor* dengan metrik terbesar dan buang seluruh *non survivor*.
- 3) Langkah 3 : untuk  $L < j < m+L$  dalam porsi ekor dari struktur *trellis*, ada sedikit kondisi karena enkoder menembalikan ke kondisi *all zero*. Ulangi langkah ke-2 untuk setiap level. Metrik untuk setiap lintasan dihitung dengan menambah metrik dari *survivor* pada level sebelumnya ke cabang metrik sendiri. Hentikan pada level  $L+m$  dimana hanya ada satu kondisi *all zero*. Maka algoritma berhenti. Untuk melakukan proses dekoding dari kode konvolusi melalui analisa dari diagram trellis enkodeingnya.

**Perencanaan Kanal Power Line Communication**

Perencanaan model akan dimulai dengan menentukan parameter kanal *power line*. Pada kanal PLC dimodelkan dengan komponen *multipath* yang mewakili keadaan struktur *power line communication*. Rumusan matematis fungsi transfer pada persamaan (1) sebagai dasar untuk mensimulasikan kanal PLC.

Untuk mensimulasikan persamaan (1), maka terlebih dahulu menentukan parameter masukan dari simulasi, seperti faktor bobot, panjang lintasan, delay, parameter redaman ( $k$ ,  $a_0$ , dan  $a_1$ ).

Pada tabel 1 dan gambar 5 merupakan parameter kanal PLC yang akan disimulasikan.



Gambar 5. Bentuk jaringan *power line* yang disimulasikan  
Kanal multipath diatas mempunyai respon impulse

$$h(t) = \sum_{i=1}^N c_i \delta(t - \tau_i)$$

dimana :

$$c_i = g_i \cdot e^{-(a_0 + a_1 f^k) d_i}$$

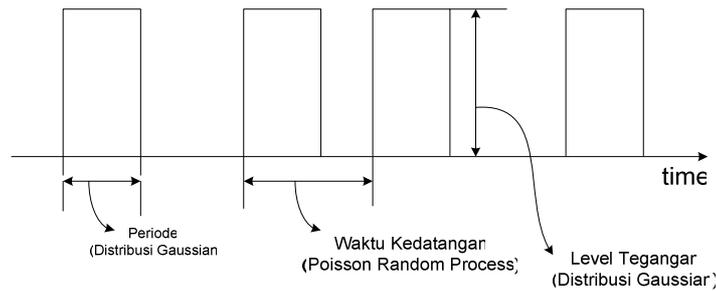
Faktor bobot ( $g_i$ ), panjang lintasan ( $d_i$ ), delay lintasan ( $\tau_i$ ) dihitung berdasarkan harga – harga yang terdapat pada model jaringan yang digunakan pada simulasi, sedangkan parameter  $k$ ,  $a_0$ , dan  $a_1$  ditentukan berdasarkan nilai tipikal dari kabel yang digunakan *power line communication*

**Pembangkitan Impulse Noise**

Karena background noise bersifat kontans dan bervariasi terhadap waktu maka dapat dimodelkan dengan AWGN (Additive White Gaussian Noise). Yang merupakan noise dengan distribusi gaussian. Untuk mensimulasikan pengaruh impulse noise digunakan model *two-term Gaussian mixture* [2], dengan *probability density function* dari model noise dapat dimodelkan dengan persamaan

$$(1 + \epsilon)N(0, \sigma^2) + \epsilon N(0, k\sigma^2),$$

dengan  $\sigma > 0, 0 \leq \epsilon \leq 1$ , dan  $k \geq 1$ .



Gambar 6. Pemodelan *impulse noise*

Distribusi  $N(0, \sigma^2)$  merepresentasikan *background noise* (Gaussian dengan *zero mean* dan *variance*  $\sigma^2$ ) dan bagian  $N(0, \kappa^2)$  merepresentasikan komponen *noise impuls* (Gaussian dengan *zero mean* dan *variance*  $\kappa^2$ ) dan  $\epsilon$  merupakan peluang terjadi impuls.

**Perencanaan Parameter Simulasi**

Parameter sistem yang disimulasikan diberikan pada tabel berikut ini:

- Frekuensi carrier = 2.4 Mhz
- Coding schema = kode konvolusi dengan K=8
- Channel coding rate = 1/2
- Generator 1 = 255<sub>8</sub>
- Generator 2 = 162<sub>8</sub>
- Modulation Schema = BPSK
- Jumlah path = 4
- Topologi = satu percabangan (1 Tap)
- Channel model = fungsi transfer model *multipath propagation*
- SNR = -10 – 50 dB
- Jumlah bit per iterasi = 10000
- Decoder = *viterbi decoding*

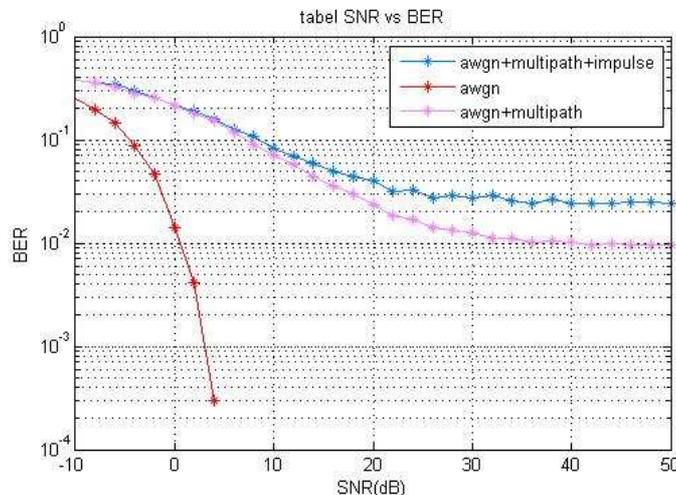
Nilai *delay spread* akan menentukan kondisi kanal fading apakah *flat fading* atau *frequency selective fading*. Dalam simulasi ini nilai *delay spread* pada kanal PLC adalah 3  $\mu$ s. Nilai *bandwidth* koheren dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$Bw_k = \frac{1}{\sigma_m} = 1 / (3 \cdot 10^{-6} \text{ s}) = 333.33 \text{ KHz}$$

Karena *bandwidth* sinyal (2.688 MHz) lebih besar dari *bandwidth* koheren (333.33KHz), maka berarti kanal bersifat *frekuensi selektif fading*.

**Karakteristik pengaruh noise impulse pada kanal PLC**

Gambar 7 menunjukkan perbandingan kinerja dari kanal PLC dengan noise impulse dengan kanal tanpa impulse.

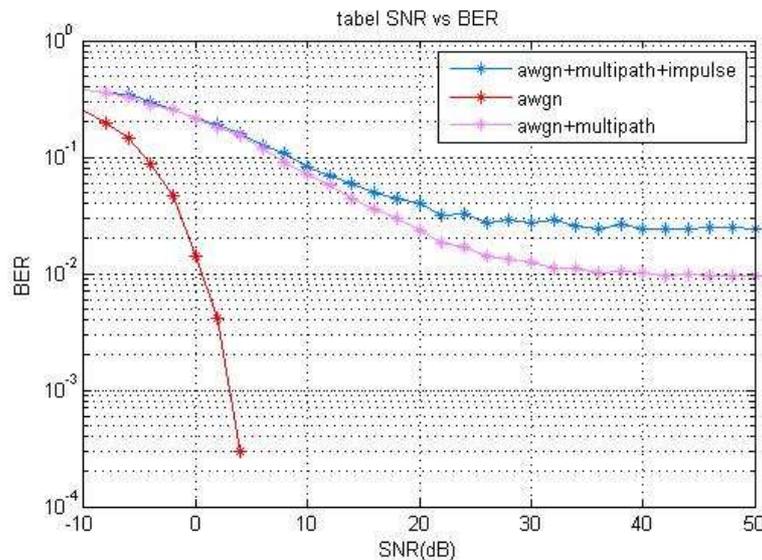


Gambar 7. Perbandingan kinerja dari kanal PLC dengan noise impulse dengan kanal tanpa impulse

Dapat kita lihat bahwa pada performa dari sistem tidak begitu berpengaruh pada kisaran SNR -10dB sampai 10 dB, tapi pada SNR 30dB terjadi penurunan yang cukup signifikan yaitu dari BER 0.0124 menjadi 0.0286. Pengaruh noise impuls menyebabkan kinerja pada kanal PLC menurun cukup signifikan, hal ini terjadi karena *distribusi noise* yang terjadi tidak lagi sama. Pada simulasi ini, jumlah impuls yang digunakan adalah 100 sample dengan rata-rata lebar impuls 10 simbol. Waktu kedatangan diantara impuls dilakukan secara distribusi *Poisson Random Process*. Durasi impuls akan sangat mempengaruhi kinerja dari sistem, karena semakin besar durasi impuls akan mengakibatkan penurunan kinerja yang cukup signifikan, noise impuls ini akan menyebabkan terjadinya *burst error* dan biasanya pada sistem PLC untuk mengatasi pengaruh noise impuls diperlukan perancangan metoda FEC yang baik.

**Karakteristik pengaruh noise impulse pada kanal PLC**

Gambar 8 menunjukkan perbandingan kinerja dari kanal PLC dengan noise impulse dengan kanal tanpa impulse.



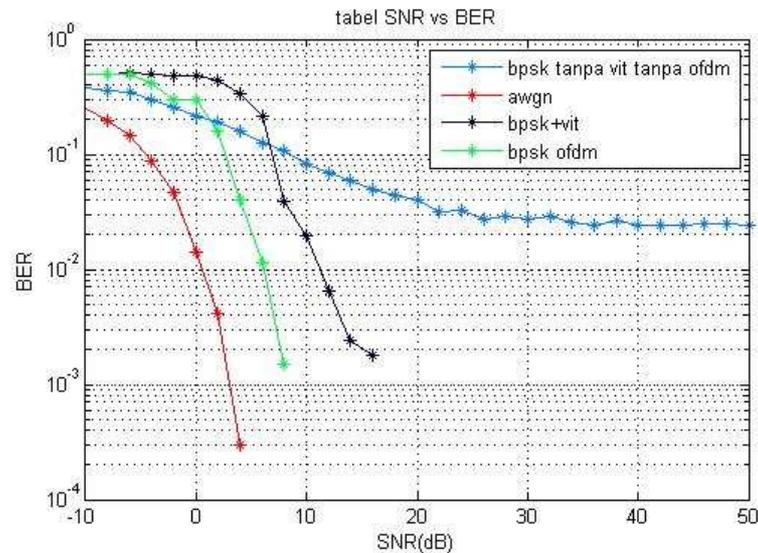
Gambar 8. perbandingan kinerja dari kanal PLC dengan noise impulse dengan kanal tanpa impulse.

Dapat kita lihat bahwa pada sistem yang melewati kanal dengan multipath fading dan juga noise impulse BER 10<sup>-2</sup> dicapai pada SNR 28 dB. Pengaruh noise impuls menyebabkan kinerja pada kanal PLC menurun cukup signifikan, hal ini terjadi karena *distribusi noise* yang terjadi tidak lagi sama. Pada simulasi ini, jumlah impuls yang digunakan adalah 100 sample dengan rata-rata lebar impuls 10 simbol. Waktu kedatangan diantara impuls dilakukan secara distribusi *Poisson Random Process*. Durasi impuls akan sangat mempengaruhi kinerja dari sistem, karena semakin besar durasi impuls akan mengakibatkan penurunan kinerja yang cukup signifikan, noise impuls ini akan menyebabkan terjadinya *burst error* dan biasanya pada sistem PLC untuk mengatasi pengaruh noise impuls diperlukan perancangan metoda FEC yang baik.

**Perbaikan kinerja kistem dengan menggunakan OFDM**

Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kode convolutional dan OFDM kinerja dari sistem mengalami perbaikan yang signifikan. Pada SNR 8 dB, kinerja sistem membaik dari 0.0395 pada sistem dengan kode konvolusi menjadi 0.0015 pada sistem dengan kode konvolusi dan OFDM. Dengan menggunakan OFDM, masalah yang ditimbulkan oleh kanal multipath dapat teratasi karena meskipun sinyal OFDM mengalami frekuensi selective fading, tetapi tiap sub carrier dari sistem OFDM hanya mengalami *flat fading*.

Secara umum, permasalahan yang ada pada kanal Power Line Communication dapat diatasi dengan menggunakan kode konvolusi dan modulasi OFDM. Penggunaan dari kode konvolusi dan interleaver dapat mengatasi masalah eror yang ditimbulkan oleh noise background dan noise impulse yang menyebabkan terjadinya burst eror. Sementara penggunaan dari OFDM dapat mengatasi masalah frekuensi selective fading yang diakibatkan oleh kanal multipath karena meskipun pada sinyal OFDM mengalami frekuensi selective, tapi pada tiap-tiap subcarriernya mengalami flat fading. Sehingga penggunaan dari metode-metode tersebut dapat memperbaiki kinerja dari sistem hingga tercapai BER 0 pada SNR 10 dB.



Gambar 8 kinerja kistem dengan menggunakan OFDM

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Pengaruh multipath fading menyebabkan penurunan kinerja sistem menurun sebesar  $10^{-1}$  pada SNR dibawah 0 dB dan hampir 20 kali pada SNR diatas 0 dB pada kanal dengan modulasi BPSK dibandingkan dengan kanal tanpa multipath fading.
- Pengaruh noise impulse menyebabkan penurunan kinerja sistem menurun sehingga untuk mendapatkan sebesar BER  $10^{-2}$  diperlukan SNR 28 dB.
- Penggunaan OFDM dan kode konvolusi dapat memperbaiki kinerja sistem hingga tercapai BER kecil pada SNR 10 dB.

### Daftar Pustaka

- Zimmermann, M dan Dostert K.A. *Multi-path Signal Propagation Model for Power Line Channel in the High Frequency Range*. Institute of Industrial Information System. Germany,1999
- Trung Q. Bui. *Coded Modulation Techniques With Bit Interleaving And Iterative Processing For Impulsive Noise Channels*. University of Saskatchewan. 2006
- Halid Hrasnica, Halid dan Haidine, Abdelfatteh. *Broadband Powerline Communications Networks*. Dresden University of Technology, Germany. 2004
- Rahmawati, Kartika. *Pemodelan Dan Analisis Robust Decoder Untuk Kanal Power Line Communication (PLC)*. Telkom Institut of Technology, Bandung. 2007
- Ersen, Ekrem. *Synchronization, Channel Estimation And Detection For Ultra-Wideband Systems*. Electrical and Electronics Engineering, Bo-gazi»ci University. 2006
- R'oka, Ratislav dan Dlh'an, Stanislav. *Modelling Of Transmission Channels Over The Low-Voltage Power Distribution Network*. 2005
- Anatory, Justinian and Friends. *Broadband PowerLine Communications: Performance Analysis*. 2006.
- Amirshahi-Shirazi, Pouyan. *Broadband Access And Home Networking Through Powerline Networks*. The Pennsylvania State University. 2006