



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202018226, 17 Juni 2020

**Pencipta**

Nama : **Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D**  
 Alamat : Jl Dg Ramang, Komp. Griya Mulia Asri F1 Kota Makassar, Makassar,  
 Sulawesi Selatan, 90241  
 Kewarganegaraan : Indonesia

**Pemegang Hak Cipta**

Nama : **P3M Politeknik Negeri Ujung Pandang**  
 Alamat : Perintis Kemerdekaan 10, Makassar, Sulawesi Selatan, 90245  
 Kewarganegaraan : Indonesia  
 Jenis Ciptaan : **Karya Tulis (Artikel)**  
 Judul Ciptaan : **Analisis Error Performance Pada Sistem Komunikasi Wireless Co-Operative Melalui AF Dan DF Relay**  
 Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 1 Desember 2008, di Makassar  
 Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.  
 Nomor pencatatan : 000190300

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
 Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001





# ANALISIS ERROR PERFORMANCE PADA SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS CO-OPERATIVE MELALUI AF DAN DF RELAY

Sirmayanti

Dosen Program Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

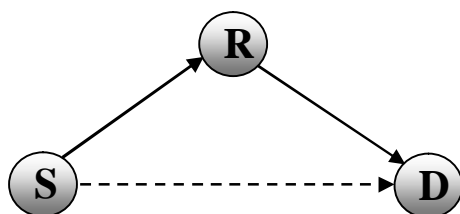
## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis error performance pada sistem komunikasi wireless co-operative melalui dua jenis metode relay yang digunakan: Amplify-and-Forward (AF) dan Decode-and-Forward (DF). Metode analisis ini dilakukan dengan menggunakan model relay sederhana yang berada diantara terminal pengirim dan penerima. Penganalisaan ini diawali dengan mengevaluasi karakteristik-karakteristik pada dua model multipath channel fading yang digunakan yaitu Rayleigh fading dan Rician fading. Selanjutnya, dengan menggunakan analisis melalui aplikasi MATLAB, analisis error performance tersajikan baik secara metode simulasi maupun teori terhadap metode AF dan DF.

**Kata Kunci:** Amplify-and-Forward, Decode-and-Forward, bit error, fading, instantaneous SNR

Pada saat ini, seiring dengan berkembangnya berbagai aplikasi multimedia dengan kebutuhan data rate yang terus bertambah, telah menunjukkan bahwa teknologi wireless co-operative relay sangat berperan penting sebagai salah satu design yang tersedia dengan perangkat cost yang murah dan fleksibel namun dapat mendukung peningkatan layanan aplikasi wireless yang terus meningkat.

Konsep dasar sistem komunikasi wireless co-operative relay berdasarkan pada sistem co-operative pentransmisian antara terminal pengirim dan terminal penerima melalui terminal relay. Dalam hal ini bahwa sebuah channel informasi terkirim dari terminal pengirim menuju terminal relay dahulu sebelum tiba pada terminal penerima. Gambar 1 berikut menunjukkan sistem co-operative relay antara terminal pengirim ke terminal penerima.



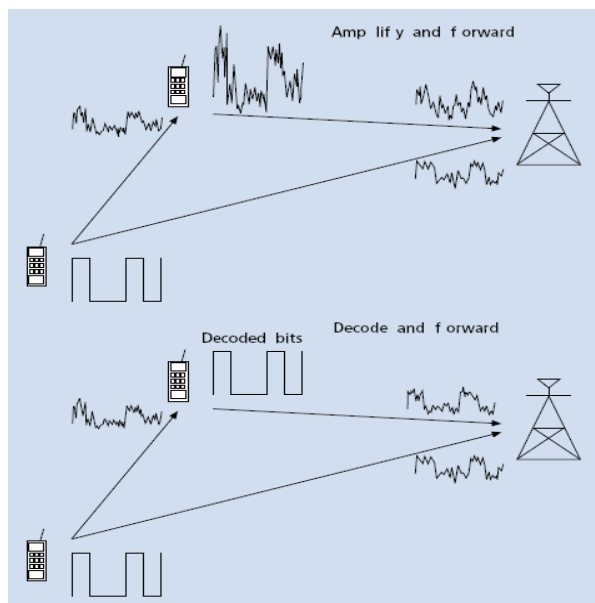
Gambar 1. Konsep dasar sistem komunikasi co-operative relay wireless

Pada Gambar 1 menunjukkan konfigurasi network tiga-node terdiri atas  $S$  (terminal pengirim),  $R$  (terminal relay) dan  $D$  (terminal penerima). Link  $S - D$  disebut sebagai link direct dan link  $S - R$  disebut sebagai link relay. Jika terminal pengirim tidak memiliki hubungan langsung terhadap terminal penerima dikarenakan oleh jarak jangkauan yang luas ataupun banyak fading, maka signal informasi dari perngirim tidak dapat langsung dikirimkan ke penerima. Oleh karena itu, terminal pengirim dapat meneruskan informasi data tersebut melalui beberapa media terminal penghubung. Peranan terminal relay disini sangatlah penting sebagai terminal penunjang pada sistem network tersebut. Sehingga terminal pengirim dapat mengirim signal informasi baik menuju ke relay maupun ke penerima langsung.

Menurut (Suraweera, 2008) Sistem relay yang digunakan untuk analisis performance pada wireless co-operative relay terdiri atas Amplify-and-Forward (AF) dan (Menurut Hasna,2002) adalah Decode-and-Forward (DF). Secara sederhana, Gambar 2 berikut memperlihatkan perbandingan atas kedua metode relay yang digunakan.

**ANALISIS ERROR PERFORMANCE PADA SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS  
CO-OPERATIVE MELALUI AF DAN DF RELAY  
(Sirmayanti)**

**ANALISIS ERROR PERFORMANCE PADA SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS  
CO-OPERATIVE MELALUI AF DAN DF RELAY  
(Sirmayanti)**



Gambar 2.  
Model Relay AF dan DF (modifikasi dari Nosratinia,  
2004)

*Amplify-and-Forward (AF)*: Masing-masing node secara co-operative menerima sebuah versi signal noise dari hasil penerimaan signal. Kemudian, node ini akan menguatkan dan mengirimkan kembali versi signal noise tersebut. Dengan kata lain, terminal relay akan mengirimkan signal informasi yang diterimanya ke dalam channel kedua di terminal pengirim setelah memberikan penguatan dan kemudian meneruskannya kembali ke terminal penerima yang diinginkan.

*Decode-and-Forward (DF)*: Penguatan tidak dibutuhkan dalam node relay ini. Node co-operative relay terlebih dahulu mengkode ulang signal yang diterima dari terminal pengirim kemudian meneruskannya kembali ke terminal penerima. Saat relay menerima signal dari pengirim dengan daya penerimaan signal yang cukup baik, relay akan melakukan pengkodean terhadap signal tersebut sesuai dengan metode pengkodean yang digunakan, setelah ini signal tersebut akan diteruskan kembali ke penerima melalui channel kedua.

Selain itu, menurut (Pabst,2004) design wireless co-operative relay juga telah menjadi perhatian menarik bagi para peneliti untuk

menciptakan sistem design yang baik sehingga kestabilan performance transmisi signal dapat terjaga dalam proses pengiriman signal informasi. Dengan menggunakan analisis secara teori dan matematis, hasil penelitian sejauh ini telah menunjukkan bahwa implementasi sistem komunikasi wireless melalui sistem network relay dapat menjadi solusi yang efektif untuk peningkatan kapasitas channel dalam pengiriman informasi dari sebuah terminal pengirim ke terminal penerima (Laneman, 2004). Beberapa hasil penelitian terdahulu telah banyak menganalisa tentang performance sistem transmisi melalui dual-hop relay melalui beberapa perbedaan skenario fading yang digunakan antara lain Rayleigh (Hasna,2002; Hasna and M.S. Alouini,2002), Nakagami- $m$  (Suraweera,2008) dan lognormal fading (Safari,2008).

## METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dalam rangka unit kerja kelompok research bidang wireless Teknik Telkom Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berbagai sumber bacaan dan artikel dijadikan sebagai sumber literatur untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini, akan membahas mengenai analisis error performance pada kedua metode relay yang digunakan. Terlebih dahulu, kami akan mendiskusikan mengenai propertis pada model-model multipath channel fading melalui Rayleigh dan Rician fading yang digunakan. Selanjut akan dilakukan analisis error performance baik secara simulasi analitikal maupun teoritikal terhadap metode relay AF dan DF. Analisa ini menggunakan program aplikasi MATLAB versi 7.0 untuk menampilkan gambar hasil analisis.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Modeling of Multipath Fading Channel**

Hasil simulasi terhadap karakteristik multipath channel fading pada Reyleigh dan Rician akan dibahas. Sistem simulasi ini menggunakan  $p_\alpha(\alpha)$ , probability density function (PDF) pada fading amplitud  $\alpha$  and  $p_\gamma(\gamma)$ , PDF pada instantaneous signal-to-noise power ratio (SNR) per symbol.

Pada (Simon,2000) menjelaskan bahwa ketika fading mempengaruhi signal penerimaan pada receiver, signal tersebut akan termodulasi dengan amplitud fading  $\alpha$  dan  $p_\alpha(\alpha)$  yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pada saat propagasi berlangsung. Signal tersebut kemudian ditambahkan dengan additive white Gaussian noise (AWGN) dimana diasumsikan menjadi statically independent terhadap amplitud fading  $\alpha$ . Dengan demikian kita dapat memperoleh PDF instantaneous SNR per symbol pada channel  $\gamma$ , yaitu  $\gamma = \alpha^2 \frac{\epsilon_i}{N_0}$  and rata-rata SNR per symbol  $\bar{\gamma} = \Omega \frac{\epsilon_i}{N_0}$ , dimana masing-masing  $\Omega = \overline{\alpha^2}$  merupakan nilai mean-square and  $\epsilon_i$  merupakan energy per symbol pada tiap node ( $i = 1, 2$ ). Oleh karena itu diperoleh bahwa PDF  $p_\gamma(\gamma)$  dapat diekspresikan dalam persamaan [(Simon,2000) Eq. (2.3)]

$$p_\gamma(\gamma) = \frac{p_\alpha\left(\sqrt{\frac{\Omega\gamma}{\bar{\gamma}}}\right)}{2\sqrt{\frac{\Omega\gamma}{\bar{\gamma}}}} \tag{1}$$

*a. Rayleigh Distribution*

Rayleigh distribution secara umum digunakan untuk model propagasi multipath fading dimana tidak terdapatnya hubungan langsung line-of-sight (LOS) antara pemancar dan penerima. PDF pada amplitud channel fading  $\alpha$  dapat ditentukan dengan [simon,2000 Eq. (2.6)]

$$p_\alpha(\alpha) = \frac{2\alpha}{\Omega} \exp\left(-\frac{\alpha^2}{\Omega}\right), \alpha \geq 0 \tag{2}$$

Lebih lanjut lagi, dengan menggunakan analisa dari [(Simon,2000) Eq. (2.3)], maka PDF  $p_\gamma(\gamma)$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$p_\gamma(\gamma) = \frac{1}{\bar{\gamma}} \exp\left(-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right), \gamma \geq 0 \tag{3}$$

*b. Rician Distribution*

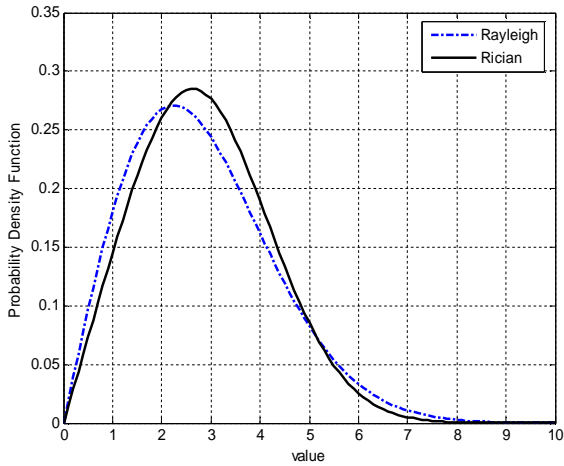
Model ini lebih sering digunakan pada model propagasi yang terdiri atas kondisi LOS yang kuat pada link pengirim dan penerima. Model ini lebih dikenal dengan Nakagami- $n$  model (Simon, 2000).

Rician distribution dapat didefinisikan sebagai Rician  $K$ -factor yaitu ratio antara level daya pada bagian LOS terhadap level daya scattered pada bagian indirect. Pada Prabhu,2002 dijelaskan bahwa  $K$  biasanya diekspresikan dalam bentuk decibel (dB) dan ketika  $K$  (dB) =  $-\infty$  hal inilah yang disebut dengan distribusi Rayleigh. Sedangkan saat  $K \rightarrow \infty$  model ini disebut channel AWGN (tidak berfading). Umumnya variable nilai  $K$ -factor baik pada area indoor maupun outdoor normalnya berada antara 0 hingga 12 dB (Parsons,2002).

PDF pada amplitudo fading  $\alpha$  dapat dituliskan dengan persamaan [(simon, 2000), Eq. (2.15)]:

$$p_\alpha(\alpha) = \frac{2(1+n^2)e^{-n^2\alpha^2}}{\Omega} \exp\left[-\frac{(1+n^2)\alpha^2}{\Omega}\right] I_0\left[2n\alpha\sqrt{\frac{1-n^2}{\Omega}}\right] \tag{4}$$

dimana  $I_0(\cdot)$  adalah zeroth-order modifikasi dari fungsi Bessel (Prabhu,2002), sedangkan  $n$  merupakan parameter fading pada Nakagami- $n$  dengan nilai antara 0 hingga  $\infty$  yang mana berhubungan dengan Rician  $K$ -factor yaitu  $K = n^2$ .

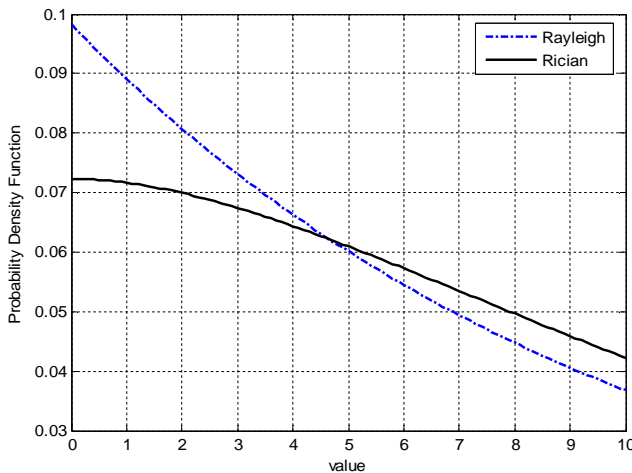


Gambar 3. PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician oleh channel amplitudo fading

Gambar 3 menggambarkan PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician dengan amplitudo fading  $\alpha$ . Rician  $K$ -factor pada simulasi ini diatur pada nilai 1 dB.

Gambar 4 berikut menampilkan PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician berdasarkan SNR per symbol pada channel,  $\gamma$ , yang terdistribusi berdasarkan pada distribusi non-central *chi-square* yang ditentukan oleh persamaan berikut [(simon,2000)Eq.(2.16)]

$$p_{\gamma}(\gamma) = \frac{(1+n^2)e^{-n^2}}{\gamma} \exp\left[-\frac{(1+n^2)\gamma}{\gamma}\right] I_0\left[2n\sqrt{\frac{(1+n^2)\gamma}{\gamma}}\right] \quad (5)$$



Gambar 4. PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician oleh instantaneous SNR per symbol

### Analisis Error Performance pada Model AF and DF

Dengan mengasumsikan bahwa terminal pengirim mengirimkan signal  $s(t)$  selama time slot pertama dengan rata-rata power  $\varepsilon_i$ , dimana  $i = 1, 2$  adalah per hop SNR. Selanjutnya, relay memberikan penguatan dengan menambahkan pengali  $G$  menghasilkan  $r_R(t)$ , seperti terlihat pada persamaan berikut :

$$r_R(t) = \alpha_1 s(t) + n_1(t), \quad (6)$$

$$r_D(t) = \alpha_2 G r_R(t) + n_2(t), \quad (7)$$

$$r_D(t) = \alpha_2 G (\alpha_1 s(t) + n_1(t)) + n_2(t), \quad (8)$$

dimana:

$r_R(t)$  : Signal penerimaan pada  $R$ .

$r_D(t)$  : Signal penerimaan pada  $D$  via  $R$ .

$\alpha_1$  : Channel amplitudo fading antara  $S$  dan  $R$ .

$\alpha_2$  : Channel amplitudo fading antara  $R$  dan  $D$ .

$n_1(t)$  : Signal AWGN dengan daya  $No_1$  pada input  $R$ .

$n_2(t)$  : Signal AWGN dengan daya  $No_2$  pada input  $D$ .

$G$  : Gain pada  $R$ .

Maka end-to-end SNR pada penerima pada ditulis dengan [(Hasna, 2004), Eq. (3)]

$$\gamma_{eq} = \frac{\frac{\varepsilon_1 \alpha_1^2}{No_1} \frac{\alpha_2^2}{No_2}}{\frac{\alpha_2^2}{No_2} + \frac{1}{G^2 No_2}}, \quad (9)$$

dimana:

$\gamma_{eq}$  : SNR pada terminal  $D$

$\varepsilon_1$  : Daya pada signal pengiriman pada terminal  $S$ , dimana daya signal  $s(t)$  adalah:

$$E[|s(t)|^2] = \varepsilon_1 \quad (10)$$

$\varepsilon_2$  : Daya pada signal penerimaan pada terminal  $R$ .

Dalam pemilihan sebuah gain  $G$  khususnya pada sistem relay AF dapat ditentukan dengan dua cara yaitu : channel state information (CSI)-assisted relay (Hasna,2004) dan fixed gain (blind) relay (Suraweera,2008). Pada CSI-assisted relay, relay menggunakan instantaneous CSI dari link hop sebelumnya dan selanjutnya melakukan pengontrolan daya pada signal penerimanaan. Lain halnya pada fixed gain relays, dimana relay senantiasa menetapkan nilai gain tetap sehingga menghasilkan variable instantaneous power signal yang bervariasi pada terminal relay; hal ini pula memudahkan untuk mengontrol rata-rata daya pada signal pengiriman. Secara garis besar, fixed-gain relay mempunyai kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan dengan CSI-assisted relay karena tidak perlu untuk menentukan keberadaan ukuran gain dari terminal pengirim.

Pada persamaan (9) dijelaskan bahwa nilai gain  $G$  diperoleh sebagai nilai ekivalen SNR  $\gamma_{eq}$  antara link  $S - R$  dan  $R - D$ . Sehingga, gain relay dengan sistem instantaneous CSI-assisted system dapat diperoleh dengan persamaan berikut [(Hasna,2004) Eq. (4)]

$$G^2 = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 \alpha_1^2 + N_{\sigma_1}} \quad (11)$$

dan gain relay dengan sistem fixed gain relay system pada terminal relay dapat pula ditentukan dengan persamaan berikut [(Hasna,2002) Eq. (12)]

$$G^2 = \frac{1}{\alpha_1^2 + N_{\sigma_1}}, \quad (12)$$

a. Instantaneous End-to-end SNR

1) CSI-assisted Relay

Dengan mensubstitusikan persamaan (11) dan (9) menghasilkan  $\gamma_{sq_1}$ , maka SNR instantaneous end-to-end pada terminal  $D$ ,  $\gamma_{sq}$ , dapat dituliskan dengan

$$\gamma_{sq} = \frac{\alpha_1^2 \alpha_2^2 \epsilon_1 G^2}{\alpha_1^2 N_{\sigma} G^2 + N_{\sigma}} = \frac{\frac{\epsilon_1^2 \epsilon_1}{N_{\sigma}} \frac{\epsilon_2^2 \epsilon_2}{N_{\sigma}}}{\frac{\epsilon_1 \alpha_1^2}{N_{\sigma}} + \frac{\epsilon_2^2 \epsilon_2}{N_{\sigma}} + 1}, \quad (13)$$

jika diasumsikan bahwa  $\gamma_1 = \alpha_1^2 \frac{\epsilon_1}{N_{\sigma}}$  dan  $\gamma_2 = \alpha_2^2 \frac{\epsilon_2}{N_{\sigma}}$  (masing-masing merupakan instantaneous SNR pada link  $S - R$  dan  $R - D$ ), sebagai hasil persamaan (13) dapat disederhanakan dengan [(Hasna,2004) Eq. (5)]

$$\gamma_{sq_1} = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2 + 1} \quad (14)$$

2) Fixed-gain Relay

Dengan asumsi  $C = 1 + \frac{\epsilon_1}{N_{\sigma}}$  (yaitu sebuah konstanta fixed  $G$ ), dan link  $S - R - D$  juga diasumsikan menjadi independent. Sehingga,  $\gamma_1$  dan  $\gamma_2$  dapat didistribusikan secara eksponensial dengan masing-masing parameter  $\bar{\gamma}_1 = \Omega_1 \frac{\epsilon_1}{N_{\sigma_1}}$  dan  $\bar{\gamma}_2 = \Omega_2 \frac{\epsilon_2}{N_{\sigma_2}}$ , dimana  $\Omega_i = \overline{\alpha_i^2}$  ( $i = 1, 2$  adalah nilai rata-rata daya fading pada  $i$ th link). Dengan demikian, dengan kembali mensubstitusikan  $C$ ,  $\bar{\gamma}_1$ , dan  $\bar{\gamma}_2$  pada (13), maka SNR instantaneous end-to-end pada terminal  $D$ ,  $\gamma_{sq_2}$ , dapat ditentukan dengan persamaan berikut [(Hasna,2004) Eq. (6)]

$$\gamma_{sq_2} = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{C + \gamma_2} \quad (15)$$

Sebagai tambahan, penentuan PDF secara teori untuk SNR end-to-end SNR khusus pada sistem fixed gain relay dapat diperoleh melalui [(Hasna,2004) Eq. (10)]

$$p_{\gamma}(\gamma) = \frac{2}{\bar{\gamma}_1} \exp\left(\frac{-\gamma}{\bar{\gamma}_1}\right) \left[ \sqrt{\frac{C\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}} K_1\left(2\sqrt{\frac{C\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}}\right) + \frac{C}{\bar{\gamma}_2} K_0\left(2\sqrt{\frac{C\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}}\right) \right], \quad (16)$$

dimana  $K_0(\cdot)$  adalah zeroth-order modifikasi dari fungsi Bessel.



**ANALISIS ERROR PERFORMANCE PADA SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS  
CO-OPERATIVE MELALUI AF DAN DF RELAY  
(Sirmayanti)**

*b. Error performance*

Pembahasan berikut menganalisa tentang error performance pada sistem relay AF dan DF dengan menampilkan hasil analisa baik secara sistem simulasi maupun teori pada bit error rate (BER) pada AF dan DF sistem.

*1) Amplify-and-Forward Scheme*

Pada Suraweera,2008 dijelaskan bahwa nilai rata-rata BER ditentukan melalui penentuan PDF  $\gamma_{s,q}$  dan pertimbangan kondisi BER pada AWGN,  $P_b(e|\gamma)$ . Sehingga secara matematis  $P_b(e)$  dapat dituliskan dengan persamaan berikut

$$P_b(e) = \int_0^{\infty} p(e|\gamma) p_{\gamma_{s,q}}(\gamma) d\gamma \quad (17)$$

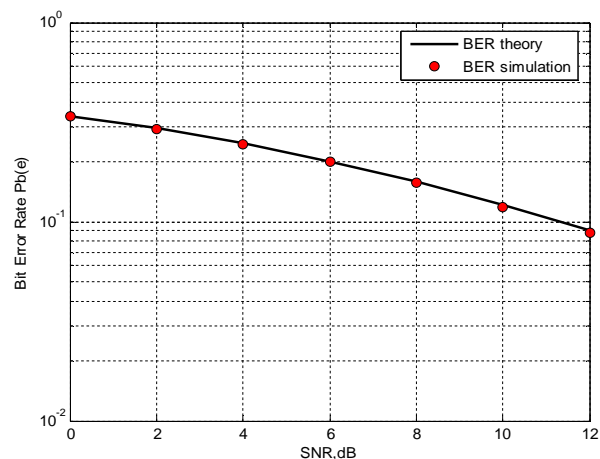
dimana  $p(e|\gamma) = Q(\sqrt{2\gamma})$  untuk BPSK dan  $p_{\gamma_{s,q}}$  adalah ekpresi sesuai pada persamaan dari persamaan (16).  $Q(\sqrt{2\gamma})$  merupakan fungsi Gaussian  $Q$ -function (Suraweera,2008), [(Simon,2000) Eq. (4.1)] yang dapat dituliskan dengan

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (18)$$

Lebih lanjut lagi, dengan pertimbangan melalui propagasi dengan Rayleigh fading, maka secara matematis penentuan error probability pada  $P_b(e)$  dalam persamaan (17) dapat diekspresikan dengan persamaan berikut [(Suraweera ,2008) Eq. (12)]

$$P_b(e) = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{l}{\sqrt{1+(l/\delta_i)^2}} e^{-l[K_1(l) - K_0(l)]} \right), \quad (19)$$

dimana  $l = \frac{C}{(2 + \epsilon_1 \beta) \delta_2}$  dan  $\delta_i$  masing-masing ditentukan dengan  $\frac{\epsilon_1}{N_G}$  dan  $\frac{\epsilon_2}{N_G}$ .



Gambar 5. Performane BER secara simulasi and teori pada relay AF

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat hasil yang sangat cocok baik antara hasil simulasi dan teori BER pada sistem model AF ini.

*2) Decode-and-Forward Scheme*

Pada pembahasan berikut, dengan mengamsusikan bahwa pada saat relay melakukan pengkodean terhadap signal informasi yang datang, tidak terdapat code yang salah atau memiliki error dari sistem pengkodeannya. Sehingga dengan demikian relay tidak memiliki peluang untuk melaksanakan pendeteksian dan pengoreksian terhadap setiap data informasi yang masuk, Pada kondisi ini, setiap symbol bit data yang diterima akan langsung dikodekan ulang dan kemudian dikirimkan kembali ke terminal penerima.

Relay DF mendeteksi setiap signal informasi yang masuk dan kemudian mengkodekannya secara symbol per symbol. Perlu pula diketahui bahwa pada masing-masing terminal menggunakan modulasi BPSK dimana symbol tersebut dideteksi dengan cara menentukan bahwa jika  $s(t)$  adalah  $+1$  untuk  $Re[s(t)] \geq 0$  dan  $-1$  untuk  $Re[s(t)] < 0$ .

Pada Hasna,2002 dijelaskan bahwa signal yang diterima oleh relay beracuan pada sistem cascade dua state terhadap signal yang masuk. Oleh karena itu, rata-rata BER dapat dituliskan dengan [(Hasna,2002) Eq. (25)]

$$P_b(e|\gamma_1, \gamma_2) = P_b(e|\gamma_1) + P_b(e|\gamma_2) - 2P_b(e|\gamma_1)P_b(e|\gamma_2) \quad (20)$$

Perlu diingat bahwa  $P_b(e|\gamma_1)$  dan  $P_b(e|\gamma_2)$  masing-masing merupakan nilai rata-rata BER pada link  $S - R$  dan  $R - D$ . Ketika nilai rata-rata tersebut melalui dua random variable yang masing-masing independent terhadap  $\gamma_1$  dan  $\gamma_2$  maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi [(Hasna ,2002) Eq. (26)]

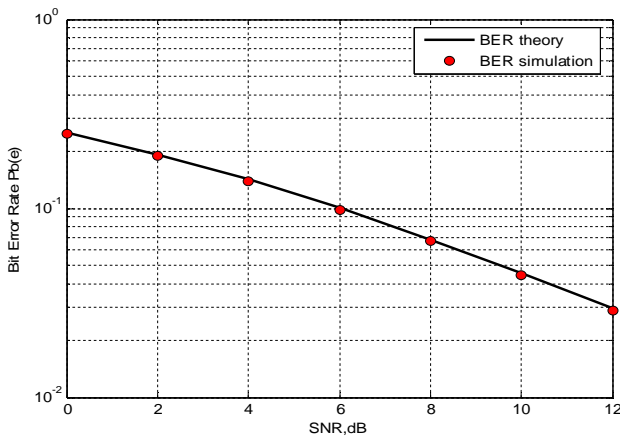
$$P_b(e) = P_b(e_1) + P_b(e_2) - 2P_b(e_1)P_b(e_2) \quad (21)$$

Hal yang sangat kita ketahui bersama bahwa untuk kondisi channel pada fading Rayleigh, maka BPSK pada BER dapat ditentukan dengan (Suraweera, 2008).

$$P_b(e_1) = \int_0^\infty Q(\sqrt{2\gamma}) p_{\gamma_{rq}}(\gamma) d\gamma \quad (22)$$

Sehingga dengan demikian, melalui hasil substitusi terhadap (22) kedalam (21), akhirnya diperoleh rata-rata BER pada sistem relay DF melalui persamaan berikut ( Proakis, 2001)

$$P_b(e) = \frac{1}{2} \left( 2 - \left( 1 - \sqrt{\frac{\gamma_1}{1+\gamma_1}} \right) - \left( 1 - \sqrt{\frac{\gamma_2}{1+\gamma_2}} \right) - \left( \left( 1 - \sqrt{\frac{\gamma_1}{1+\gamma_1}} \right) \left( 1 - \sqrt{\frac{\gamma_2}{1+\gamma_2}} \right) \right) \right), \quad (23)$$



Gambar 6. Performance BER secara simulasi dan teori pada relay DF

Lebih lanjut lagi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 bahwa diperoleh hasil yang cocok pada hasil simulasi dan teori pada performace BER untuk sistem relay DF.

### KESIMPULAN

Telah diperoleh hasil pada sistem *wireless co-operative relay* menggunakan metode sistem AF dan DF. Dari hasil simulasi menunjukan bahwa metode AF dapat mencapai performance yang lebih baik yang sesuai dengan cara pemilihan nilai gain yang dibutuhkan oleh relay. Analisa ini sangat diperlukan untuk menginvestigasi performance error pada kedua metode AF dan DF dengan mempertimbangkan kondisi fading pada masing-masing link pemancar-relay dan relay-penerima.

### DAFTAR PUSTAKA

A. Nosratinia, T. E., and A. Hedayat. "Cooperative communication in wireless networks," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 42, pp. 74-80, Oct. 2004.

G. S. Prabhu and P.M. Shankar, "Simulation of flat fading using MATLAB for classroom instruction," *IEEE Trans. on Education*, vol. 45, pp. 19-25, Feb. 2002.

H. Suraweera and G. K. Karagiannidis, "Closed-form error analysis of the non-identical nakagami-m relay fading channel," *IEEE Comm. Letters*, vol. 12, pp. 1-3, Apr. 2008.

H. Mheidat and M. Uysal, "Impact of receive diversity on the performance of amplify-and-forward relaying under APS and IPS power constraints," *IEEE Comm. Letters*, vol. 10, pp. 468-470, June 2006.

I. Lee, "BER analysis for Decode-and-forward relaying in dissimilar rayleigh fading channels," *IEEE Comm. Letters*, vol. 11, pp. 52-54, Jan. 2007.

J. D. [Parsons](#), 1992. "The mobile radio propagation channel," New York: Halsted Press.

J. G. Proakis, 2001. "Digital communications." 4<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill: Boston.

**ANALISIS ERROR PERFORMANCE PADA SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS  
CO-OPERATIVE MELALUI AF DAN DF RELAY  
(Sirmayanti)**

- J. N. Laneman, D. N. C. Tse, and G. W. Wornell, "Cooperative diversity in wireless networks: efficient protocols and outage behavior," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 50, pp. 3062-3080, Dec. 2004.
- M. K. Simon and M. S. Alouini, 2000. "Digital communication over fading channels: a unified approach to performance analysis." John Wiley & Sons, Inc: Canada.
- M. O. Hasna and M.S. Alouini, "Performance analysis of two-hop relayed transmissions over rayleigh fading channels," in *Proc. IEEE Vehicular Tech. Conf.*, vol. 4, pp. 1992-1996, Sept. 2002.
- M. Safari and M. Uysal, "Cooperative diversity over log-normal fading channels: Performance analysis and optimization," *IEEE trans. Wireless Comm.*, vol.7, pp. 1963-1972, May 2008.
- R. Pabst, R *et al.*, "Relay-based deployment concepts for wireless and mobile broadband radio," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 42, pp.80-89, Sept. 2004.

**LEMBAR**  
**HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW**  
**KARYA ILMIAH : KARYA ILMIAH YANG TELAH MEMILIKI SERTIFIKAT DARI KEMENKUMHAM**

Judul Ciptaan : Analisi Error Performance Pada Sistem Komunikasi Wireless Co-Operative Melalui AF dan DF

Jumlah Penulis : 1 (satu) orang

Status Pengusul : **penulis pertama**/Penulis-kedua/penulis-korespondensi \*\*

Identitas Ciptaan : a. Jenis Ciptaan : Karya Tulis (Artikel)  
 b. Nomor Pencatatan : EC00202018226 / 000190300  
 c. Tanggal Pencatatan : 17-Jun-20

Hasil Penilaian Peer Review :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Ciptaan			Nilai Akhir Yang Diperoleh
	Internasional /Internasiona l bereputasi** <input type="checkbox"/>	Nasional Terakreditasi <input type="checkbox"/>	Nasional *** <input checked="" type="checkbox"/>	
a. Kelengkapan unsur isi artikel (10%)			10	10
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)			30	30
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)			30	30
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)			30	30
<b>Total = (100%)</b>				100
<b>Nilai Pengusul = <math>100 \times 60\% = 60</math>.</b>			100	

Catatan Reviewer :

Karya tulis Ilmiah sudah dimasukkan pada Surat Pencatatan Ciptaan (Sertifikat paten).

Makassar, 2 Ags 2021  
 Reviewer 2,

**Dr. Ir. Satriani Said Akhmad, M.T.**  
 NIP. 19670904 199303 2 001  
 Unit kerja : Jurusan Teknik Elektro PNUP

\*Dinilai oleh dua Reviewer secara terpisah

\*\*coret yang tidak perlu

\*\*\*nasional/terindeks di DOAJ, CABI, Copernicus

**LEMBAR**  
**HASIL PENELITIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW**  
**KARYA ILMIAH: RANCANGAN DAN KARYA TEKNOLOGI/SENI YANG TIDAK DIPATENKAN\***

Judul Karya Teknologi : Analisis Error Performance pada Sistem Komunikasi Wireless Co-Operative melalui AF dan RF Relay

Nama Pencipta : Sirmayanti

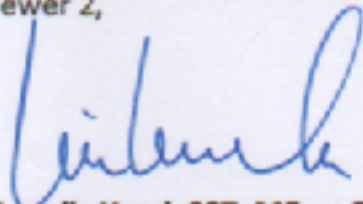
Identitas Karya Teknologi : a. Nomor dan Tanggal Permohonan : EC00201018226, 17 Juni 2020  
 b. Jenis Ciptaan : Karya Tulis (Artikel)  
 c. Tanggal dan tempat diumumkan : 1 Desember 2008 di Makassar  
 d. Nomor Pencatatan : 000190300

Kategori Karya teknologi :  International  
 (beri ✓ pada kolom yang tepat)  Nasional / Karya Ciptaan yang telah memiliki sertifikat dari Kemenkumham  
 Lokal

Hasil Penilaian Peer Review :

Komponen yang dinilai	Nilai maksimum untuk membuat rancangan dan karya teknologi yang tidak dipatenkan			Nilai Akhir yang diperoleh
	Internasional <input type="checkbox"/>	Nasional / Karya Ciptaan yang telah memiliki sertifikat dari Kemenkumham <input checked="" type="checkbox"/>	Lokal <input type="checkbox"/>	
a. Orisinalitas karya (40%)		6		5
b. Konseptual (30%)		4,5		3
c. Implementasi (30%)		4,5		4
Total (100%)		15		12
<b>Nilai Pengusul: 12</b>				
Catatan Penilaian oleh Reviewer:  Orisinalitas karya yang diciptakan cukup baik, namun secara konseptual kurang up-to-date. Implementasi karya cukup baik karena dihasilkan dalam bentuk karya ilmiah yang dapat berguna bagi peneliti lain.				

Makassar, 11 September 2021  
 Reviewer 2,



Iin Karmila Yusri, SST. MEng. PhD  
 NIP. 19760403 200212 2 001  
 Unit Kerja: Jurusan Teknik Elektro PNUP