



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 : EC00202018231, 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 : **Pemodelan End-To-End SNR Pada Dual-Hop Transmisi Dengan
Mixed-Multipath Fading Channel**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 1 Desember 2009, di Makassar

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000190282

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



PEMODELAN *END-TO-END* SNR PADA DUAL-HOP TRANSMISI DENGAN MIXED MULTIPATH FADING CHANNEL

Sirmayanti

Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi
Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik dua jenis model multipath fading channel berdasarkan analisis PDFnya; Distribusi Rayleigh dan Rician. Selanjutnya, dengan analisis ini dapat digunakan untuk mengetahui end-to-end instantaneous SNR pada dual-hop transmisi melalui sistem cooperative relay terhadap komunikasi Tx dan Rx . Dengan demikian pemodelan terhadap propagasi signal Tx - Relay - Rx melalui scenario fading yang berbeda pada masing-masing hop yaitu Rician fading pada hop pertama dan Rayleigh fading pada hop kedua, dan sebaliknya, dapat dilakukan. Melalui cooperative relay, Relay memberikan penguatan melalui fixed-gain relay G sehingga diperoleh nilai ekivalen SNR, γ_{eq} , antara link Tx - Relay dan Relay - Rx . Dengan demikian, distribusi eksponensial SNR pada masing-masing hop dapat menentukan nilai ekivalen end-to-end SNR pada Rx dengan mixed multipath fading channel yang digunakan.

Kata kunci : *Distribusi Rayleigh, Distribusi Rician, end-to-end SNR, fixed-gain, relay.*

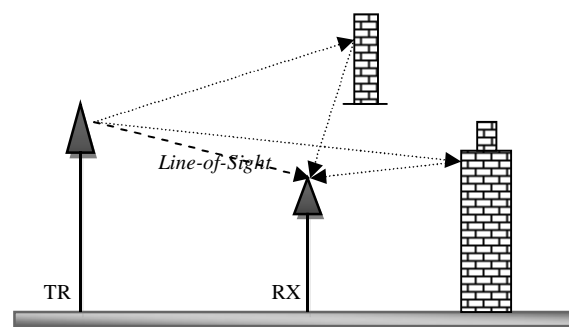
Propagasi gelombang radio melalui wireless channel merupakan suatu fenomena yang begitu komplisit dengan segala variasi efek yang diakibatkan seperti *multipath* dan *shadowing*.

Gambar 1 menunjukkan sebuah metode sistem transmisi komunikasi *multipath* yang mana terminal pemancar (Tx) mengirimkan signal informasi ke terminal penerima (Rx) melalui beberapa path dengan delay waktu yang berbeda. Dengan demikian, penerima akan menerima level signal yang berfluktuasi dari signal yang diterimanya. Peristiwa ini dikenal dengan fading. Fading dapat diklasifikasikan dalam *long term* fading dan *short term* fading [4]. *Long term* fading umumnya disebabkan oleh efek *shadowing* dan jarak antara terminal Tx dan Rx . Sedangkan *short term* fading umumnya disebabkan oleh propagasi *multipath* dari efek pantulan dari beberapa objek disekitar Tx dan Rx seperti bangunan gedung, jembatan, pegunungan, pepohonan, dan sebagainya.

Dalam tulisan ini, akan membahas mengenai analisa karakteristik end-to-end SNR pada dual hop transmisi dengan konsep relay system melalui model multipath fading channel yang digunakan yaitu Reyleigh dan Rician fading. Dalam simulasi ini, skenario yang digunakan

adalah mengamsusikan terdapatnya perbedaan fading pada masing-masing hop.

Rayleigh fading pada hop pertama (Tx - Relay) dan Rician fading pada hop kedua (Relay - Rx), dan sebaliknya. Kedua model ini umumnya mempertimbangkan variasi signal dari *short term* fading serta kondisi area propagasi.



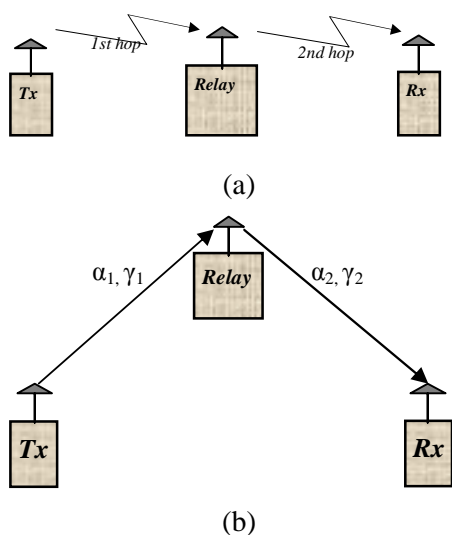
Gambar 1. Sistem transmisi propagasi multipath

Pemodelan fading channel dari propagasi gelombang radio ini dilakukan melalui analisis probability density function (PDF)-nya; $p_\alpha(\alpha)$ yaitu PDF pada fading amplitude α dan $p_\gamma(\gamma)$ yaitu PDF pada instantaneous *signal-to-noise power ratio* (SNR) per symbol.

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dalam rangka unit kerja kelompok research bidang wireless communication system (WCS) 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.

1. Dual hop transmisi pada AF-fixed gain relay

Konsep dasar dual hop transmisi direalisasikan berdasarkan konsep co-operative relay antara terminal T_x dan R_x . Sebuah channel informasi terlebih dahulu terkirim dari terminal pengirim menuju terminal relay (1st hop) sebelum tiba pada terminal penerima (2nd hop).

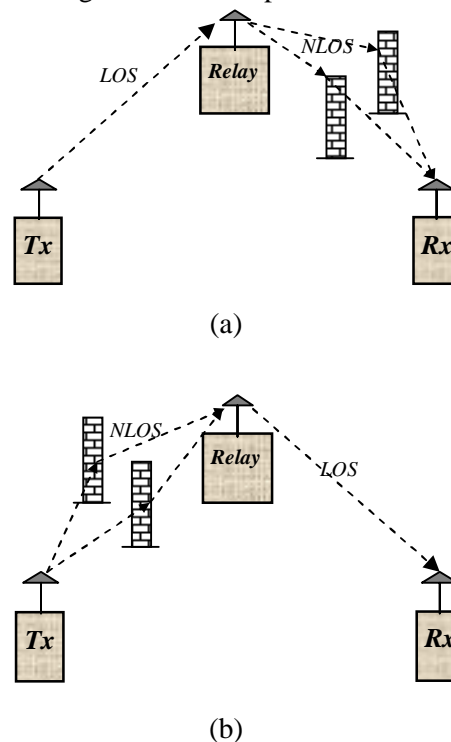


Gambar 2. Konsep dasar sistem co-operative relay (a) dual-hop transmisi (b) Link AF-Relay dengan fixed-gain

Gambar 2 (a) di atas menunjukkan konfigurasi network tiga-node terdiri atas T_x , Relay, dan R_x . Link pertama ($T_x - \text{Relay}$) dan link kedua ($\text{Relay} - R_x$) disebut sebagai link relay. Jika terminal pengirim tidak memiliki hubungan langsung ke terminal penerima maka signal informasi dari pengirim tidak dapat langsung dikirimkan ke penerima. Oleh karena itu, terminal pengirim dapat meneruskan informasi data tersebut melalui relay sebelum diteruskan ke penerima. Sedangkan, Gambar 2(b) menunjukkan proses pengiriman bit-channel informasi dari T_x menuju relay melalui konsep Amplify-and-Forward (AF) dengan menggunakan fixed-gain G

yang menetapkan nilai gain tetap sehingga menghasilkan variable instantaneous power signal yang bervariasi pada terminal relay. Parameter α dan γ menunjukkan amplitud fading dan signal to noise ratio (SNR) pada masing-masing hop.

Gambar berikut menunjukkan dua skenario yang akan digunakan dalam pemodelan ini.



Gambar 3. Skenario sistem pemodelan (a) LOS pada $T_x - \text{Relay}$ dengan distribusi Rician dan NLOS pada $\text{Relay} - R_x$ dengan distribusi Rayleigh (b) NLOS pada $T_x - \text{Relay}$ dengan distribusi Rayleigh dan LOS pada $\text{Relay} - R_x$ dengan distribusi Rician.

Gambar 3(a) dan (b) menunjukkan skenario pemodelan yang akan dianalisis dengan asumsi terdapatnya perbedaan channel fading model yang digunakan baik antara hop pertama dan hop kedua. Dalam hal ini bahwa jika terdapat line of sight (LOS) antara terminal pemancar dan penerima maka distribusi Rician akan digunakan, sebaliknya jika terdapat NLOS (Non LOS) pada kedua sisi terminal tersebut, maka distribusi Rayleigh akan digunakan.

Selama proses transmisi signal pada T_x ke R_x , fading dapat mempengaruhi level signal penerimaan pada R_x , signal tersebut akan termodulasi dengan amplitud fading α 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 amplitude fading α .

METODE

Dalam penelitian ini, beberapa tahapan penelitian dilakukan dalam pemodelan ini, yaitu:

- Pemodelan karakteristik distribusi Rayleigh
- Pemodelan karakteristik distribusi Rician
- PDF instantaneous end-to-end SNR melalui fixed-gain
- PDF instantaneous end-to-end SNR dengan mixed multipath fading channel

Secara umum, memperoleh PDF instantaneous SNR pada masin-masing hop ditentukan dengan $\gamma = \alpha^2 \frac{\varepsilon_i}{N_s}$. Selanjutnya, rata-rata SNR per symbol ditentukan pula dengan $\bar{\gamma} = \Omega \frac{\varepsilon_i}{N_s}$, dimana masing-masing $\Omega = \bar{\alpha}^2$ merupakan nilai mean-square and ε_i merupakan energy per symbol pada tiap hop ($i = 1, 2$). Sehingga dengan demikian diperoleh bahwa PDF $p_\gamma(\gamma)$ dapat diekspresikan dalam persamaan berikut,

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

Dalam hal ini, telah disebutkan sebelumnya bahwa pada masing-masing fading channel perolehan PDF ditentukan melalui $p_\alpha(\alpha)$ yaitu PDF pada fading amplitude α dan $p_\gamma(\gamma)$ yaitu PDF pada instantaneous signal-to-noise power ratio (SNR) per symbol.

1. Rayleigh Model

Distribusi Rayleigh lebih umum digunakan untuk model propagasi multipath fading dimana tidak terdapatnya hubungan langsung LOS antara pemancar dan penerima. PDF pada amplitude channel fading α dapat ditentukan dengan:

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

Lebih lanjut lagi, dengan menggunakan analisa dari [4, Eq. (2.3)], maka PDF $p_\gamma(\gamma)$ dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

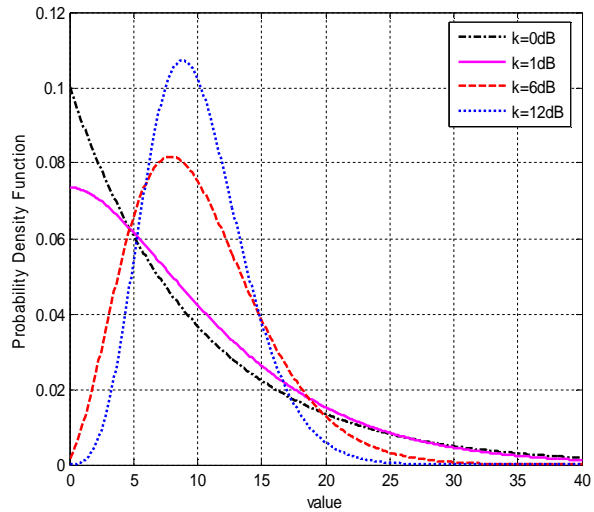
$$p_\gamma(\gamma) = \frac{1}{\bar{\gamma}} \exp\left(-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right), \quad \gamma \geq 0 \dots\dots\dots (3)$$

2. Rician Model

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 [4].

Distribusi Rician dapat didefenisikan sebagai Rician faktor- K yaitu ratio antara level daya pada bagian LOS terhadap level daya scattered pada bagian indirect. Pada [3], dijelaskan bahwa K biasanya diekspresikan dalam bentuk *decibel* (dB). Umumnya variable nilai faktor- K baik pada area indoor maupun outdoor normalnya berada antara 0 hingga 12 dB. Jika K (dB) = $-\infty$, hal ini mengarah pada karakteristik distribusi Rayleigh. Sedangkan saat $K = \infty$, model ini disebut channel AWGN (tidak berfading).

Beragam nilai faktor- K untuk PDF distribusi Rician melalui instantaneous SNR per symbol pada channel diperlihatkan pada Gambar 4. Rician faktor- K divariasikan dari 0 dB, 1 dB, 6 dB dan 12 dB. Dapat dilihat pada gambar bahwa pada saat $K = 0$ ($-\infty$ dB), grafik menunjukkan pada karakteristik distribusi Rayleigh.



Gambar 4. PDF distribusi Rician dengan variasi faktor-K

PDF pada amplitudo fading α dapat dituliskan dengan persamaan [4, Eq. (2.15)]:

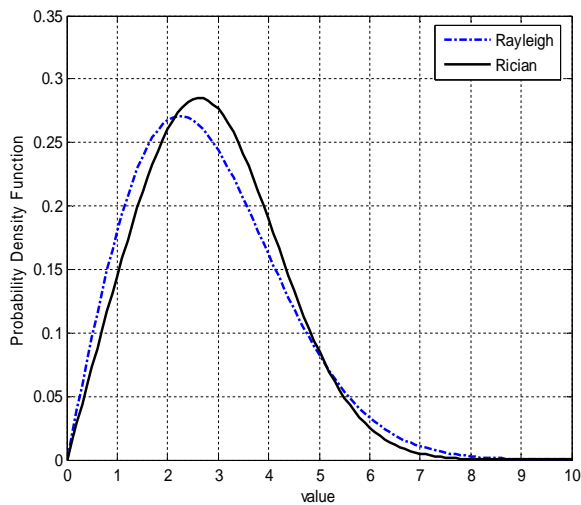
$$p_\alpha(\alpha) = \frac{2(1+n^2)e^{-n^2\alpha}}{\Omega} \exp\left[-\frac{(1+n^2)\alpha^2}{\Omega}\right] I_0\left[2n\alpha\sqrt{\frac{(1+n^2)}{\Omega}}\right] \quad (4)$$

dimana $I_0(\cdot)$ adalah zeroth-order modifikasi dari fungsi Bessel, sedangkan n merupakan parameter fading pada Nakagami- n dengan nilai antara 0

hingga ∞ yang mana berhubungan dengan Rician K -factor yaitu $K = n^2$.

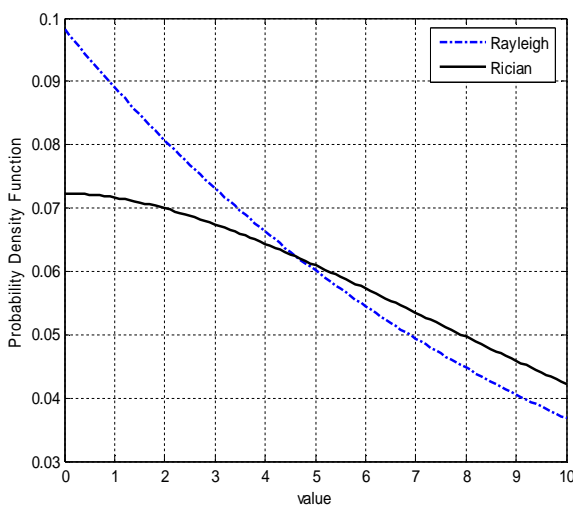
Gambar 5 berikut memgambarkan plotting PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician dengan amplitude fading α . Rician faktor- K pada simulasi ini diatur pada nilai 1 dB.

Gambar 6 menampilkan PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician berdasarkan SNR per symbol pada channel, γ , yang terdistribusi berdasarkan pada distribusi non-central *chi-square* yang ditentukan oleh persamaan (5)



Gambar 5. PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician dengan channel amplitude fading.

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



Gambar 6. PDF pada distribusi Rayleigh dan Rician oleh instantaneous SNR per symbol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Instantaneous End-to-End SNR

Dengan mengamsusikan bahwa T_x mengirimkan signal $s(t)$ selama time slot pertama dengan rata-rata power ε_i , dimana $i = 1, 2$ adalah per hop SNR menuju R_x melalui terminal relay. Dalam hal ini, $T_x - \text{Relay}$ sebagai hop pertama dan $\text{Relay} - R_x$ sebagai hop kedua. Selanjutnya, relay memberikan penguatan dengan menambahkan fixed gain G , sebagaimana dijelaskan pada [1] bahwa nilai nilai gain G diperoleh sebagai nilai ekivalen SNR γ_{eq} antara link $T_x - \text{Relay}$ dan $\text{Relay} - R_x$. Dengan demikian, end-to-end SNR pada masing-masing hop γ_1 dan γ_2 dapat didistribusikan secara eksponensial dengan masing-masing parameter $\bar{\gamma}_1 = \Omega_1 \frac{\varepsilon_1}{N_{o1}}$ dan $\bar{\gamma}_2 = \Omega_2 \frac{\varepsilon_2}{N_{o2}}$, dimana $\Omega_i = \alpha_i^{-2}$ ($i = 1, 2$ adalah nilai rata-rata daya fading pada i th hop). SNR instantaneous end-to-end pada terminal R_x ditentukan dengan persamaan berikut

$$\gamma_{eq} = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{c + \gamma_2} \dots\dots\dots(6)$$

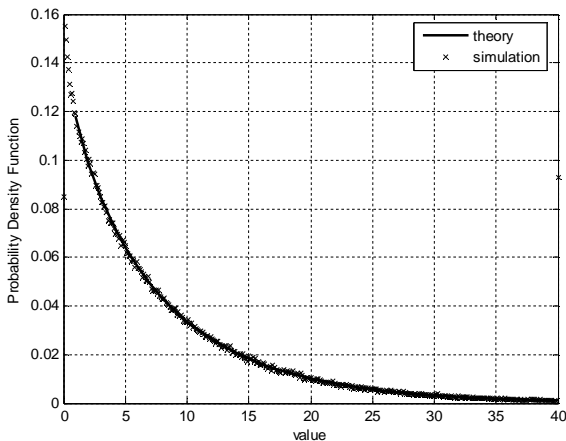
dimana dengan asumsi bahwa $c = 1 + \frac{\varepsilon_1}{N_o}$ yaitu sebuah konstanta fixed G , dan link $T_x - \text{Relay} - R_x$ juga diasumsikan menjadi independent.

Sebagai tambahan, penentuan PDF secara teori untuk SNR end-to-end SNR khusus pada sistem fixed gain relay dapat diperoleh melalui,

$$p_{\gamma}(\gamma) = \frac{2}{\bar{\gamma}_1} \exp\left(\frac{-\gamma}{\bar{\gamma}_1}\right) \left[\frac{\sqrt{\frac{c\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}} K_1\left(2\sqrt{\frac{c\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}}\right) + \frac{c}{\bar{\gamma}_2} K_0\left(2\sqrt{\frac{c\gamma}{\bar{\gamma}_1 \bar{\gamma}_2}}\right) \right] \dots(7)$$

dimana $K_o(.)$ adalah zeroth-order modifikasi dari fungsi Bessel.

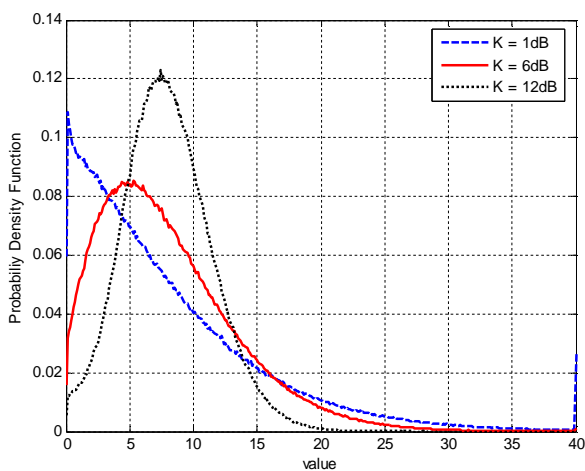
Gambar 7 menunjukkan PDF perbandingan hasil analisis teori dan simulasi *Montecarlo* pada instantaneous end-to-end SNR melalui Rayleigh fading. Gambar in diperoleh dengan menggunakan 500000 RV bit melalui realisasi amplitude fading α serta menetapkan nilai tetap $C = 1$ dan rata-rata total SNR pada masing-masing $\bar{\gamma}_1$ dan $\bar{\gamma}_2$ yaitu 10 dB.



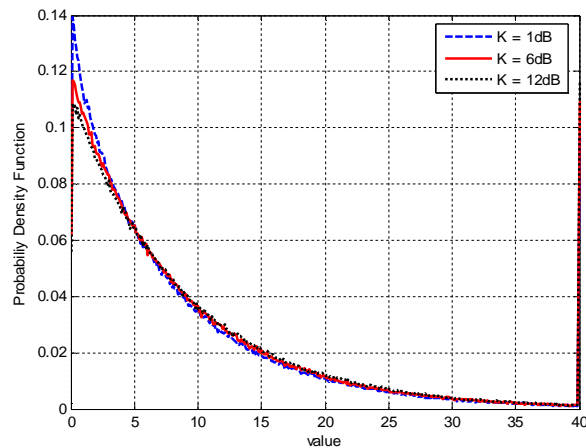
Gambar 7. Perbandingan antara hasil teori dan simulasi *Montecarlo* pada end-to-end SNR.

2. End-to-end SNR dengan Mixed Multipath Fading Channel

Dengan mengamsumsi adanya perbedaan fading channel pada masing-masing hop sesuai dengan skenario yang ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 8 menunjukkan karakteristik end-to-end SNR dengan terdapatnya LOS pada hop pertama (Rician distribusi) dan NLOS pada hop kedua (Rayleigh distribusi). Sedangkan Gambar 9 menunjukkan karakteristik end-to-end SNR dengan terdapatnya NLOS pada hop pertama (Rayleigh distribusi) dan LOS pada hop kedua (Rician distribusi). Dalam simulasi ini, variasi nilai faktor- K pada Rician model juga diperlihatkan pada gambar.



Gambar 8. PDF end-to-end SNR dengan distribusi Rician pada Tx - Relay dan distribusi Rayleigh pada Relay - Rx



Gambar 9. PDF end-to-end SNR dengan distribusi Rayleigh pada Tx - Relay dan distribusi Rician pada Relay - Rx

Berdasarkan kedua gambar di atas terlihat jelas pengaruh propagasi *multipath* melalui dual-hop transmisi pada sistem transmisi relay network. Dengan mengetahui karakteristik masing-masing fading channel yang digunakan dalam pemodelan ini, hal ini membantu dalam menyajikan hasil PDF end-to-end SNR melalui skenario yang berbeda pada masing-masing hop. Terlihat pada Gambar 8 dan 9 bahwa skenario terdapatnya LOS pada salah satu link, maka menunjukkan perbedaan performance PDF. Jika terdapat LOS pada link Tx - Relay, dari gambar terlihat perbedaan performance PDF end-to-end dari pengaruh faktor- K yang digunakannya. Sebaliknya, jika terdapat LOS pada link Relay - Rx terlihat bahwa perbedaan faktor- K menunjukkan karakteristik PDF end-to-end SNRnya hampir sama pada setiap titik plotting yang digunakan. Sehingga fungsi relay semakin jelas untuk digunakan dalam meningkatkan performance dalam sistem transmisi. Hal ini berarti pula bahwa LOS sangat menentukan performance sistem transmisi terutama peranan relay dalam mem-forward signal informasi dari Tx ke Rx .

SIMPULAN

Telah diperoleh hasil simulasi pemodelan *end-to-end SNR sistem wireless dual hop cooperative relay* melalui *mixed multipath fading channel*. Dengan mengetahui karakteristik model fading channel yang digunakan yaitu Rayleigh dan Rician, diperlukan untuk mengetahui end-to-end SNR pada Rx . Dengan memilih fixed-gain G pada terminal relay, menunjukkan bahwa terjadi

penguatan penerimaan signal pada Rx. Mixed multipath fading channel terjadi jika selama propagasi signal terdapat area LOS dan NLOS baik antara Tx – Relay dan Relay – Rx dengan asumsi bahwa Rician fading terjadi pada hop pertama dan Rayleigh fading terjadi pada hop kedua, dan sebaliknya,

Parsons, J. D., 1992, *The mobile radio propagation channel*, New York, Halste Press.

Simon, M. K. and M. S. Alouini, 2000, *Digital communication over fading channels: a unified approach to performance analysis*, Canada, John Wiley & Sons, Inc.

DAFTAR PUSTAKA

Hasna, M. O. and M.S. Alouini, *A performance study of dual-hop transmissions with fixed gain relays*, IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 3, pp. 1963-1968, Nov. 2004.

Hasna, M. O. 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.

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

Judul Ciptaan : Pemodelan End-to-end SNR pada Dual-Hop Transmisi Dengan Mixed-Multipath Fading Channel

Jumlah Penulis : 1 (satu) orang

Status Pengusul : **penulis pertama**/~~Penulis kedua~~/~~penulis korespondensi~~ **

Identitas Ciptaan : a. Jenis Ciptaan : Karya Tulis (Artikel)
 b. Nomor Pencatatan : EC00202018231 / 000190282
 c. Tanggal Pencatatan : 17-Jun-20

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Ciptaan			Yang Diperoleh
	Internasional /Internasiona l bereputasi**	Nasional Terakreditasi	Nasional ***	
a. Kelengkapan unsur isi artikel (10%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)				30
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)				30
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)				28
Total = (100%)				98
Nilai Pengusul = $98 \times 60\% = 98$.				

Catatan Reviewer :

- Sesuai bidang keahlian.
 - Ada sertifikat Haki

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 : Pemodelan End-to-End SNR pada Dual Hop Transmisi dengan Mixed-Multipath Fading Chanel

Nama Pencipta : Sirmayanti

Identitas Karya Teknologi : a. Nomor dan Tanggal Permohonan : EC00202018231, 17 Juni 2020
 b. Jenis Ciptaan : Karya Tulis (Artikel)
 c. Tanggal dan tempat diumumkan : 1 Desember 2019 di Makassar
 d. Nomor Pencatatan : 000190282

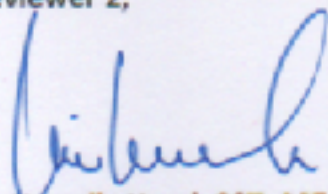
Kategori Karya teknologi : International
 (beri ✓ pada kolom yang tepat) Nasional / Karya Ciptaan yang telah memiliki sertifikat dari Kemenkumham
 Lokal

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		4
c. Implementasi (30%)		4,5		3,5
Total (100%)		15		12,5
Nilai Pengusul: 12,5				
Catatan Penilaian oleh Reviewer: Orisinalitas karya yang diciptakan cukup. Secara konseptual, karya teknologi ini bisa dikategorikan baik. Untuk implementasi, karya cipta masih bersifat teori. Namun karya ini dalam bentuk artikel ilmiah dapat membantu peneliti lain dalam bidang serumpun.				

Makassar, 11 September 2021

Reviewer 2,



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