

Penerapan Pemodelan Propagasi Dual-Hop Relay Wireless Melalui Analisa Diversity Combining

Lidemar Halide¹⁾, Farchia Ulfiah²⁾, Sirmayanti³⁾

^{1),2),3)} Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
Email : lidemarh@yahoo.com, sirmayanti.sirmayanti@poliupg.ac.id

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan keefektifan pemodelan signal-to-noise-ratio end-to-end (SNR) pada transmisi dual-hop melalui penerapan skema penggabungan keragaman untuk mencapai kinerja yang baik dari penerapan relay nirkabel. Penelitian ini juga fokus pada keragaman penggabungan skenario yang digunakan melalui diversifikasi Selection Combining (SC) dan Maximal-Ratio Combining (MRC). Pemodelan dilakukan dengan memodifikasi simulasi karakteristik kombinasi kanal multipath fading baik dari Tx-to-Relay maupun Relay- ke-Rx dengan dua model kanal multipath fading: Distribusi Rayleigh dan Rician. Dengan line of sight (LOS) untuk mengurangi kesalahannya maka perancangan pemodelan SNR end-to-end dapat dilakukan. Melalui pemodelan bit error rate (BER) pada skema keragaman SC dan MRC, hasilnya menunjukkan bahwa skema MRC lebih unggul daripada skema SC dimana kinerja BER menurun dengan meningkatnya nilai SNR. Kinerja BER MRC dan SC dengan skema relay Decode-and-Forward (DF) pada kisaran SNR 0 sampai 6 dB sangat mirip. Dan kinerja MRC BER meningkatkan nilai SNR lebih tinggi dari 6 dB.

Keywords: Relay, Cooperative, Wireless, Diversity

I. PENDAHULUAN

Propagasi gelombang radio melalui kanal wireless merupakan suatu fenomena yang begitu komplis dengan segala variasi efek yang diakibatkan seperti *multipath* dan *shadowing*. Efek *multipath* sering dijumpai pada lingkungan geografi yang padat dengan gedung tinggi, pegunungan, pepohonan, dan sebagainya. Sedangkan efek *shadowing* banyak disebabkan oleh jarak transmisi yang jauh dan senantiasa memerlukan banyak *repeater*. Kedua efek ini merupakan jenis *fading* dan banyak menimbulkan masalah propagasi seperti delay spread, limited band, interferensi, dan gangguan lainnya.

Saat ini dikembangkan sistem relay wireless *co-operative* sebagai bentuk perancangan baru penyediaan *high demand data rate* bagi aplikasi *multimedia* [1]. Dengan sistem ini, tidak diperlukan lagi banyak *repeater* yang mahal pengadaannya, namun *transmitter* (Tx) maupun *receiver* (Rx) dapat difungsikan sebagai relay dan bahkan sebagai *repeater* saja tanpa mengganggu sistem komunikasi lain yang berlangsung pada kedua terminal ini. Hal inilah yang mendasari konsep transmisi *multi-hop* dimana signal dipropagasikan dari Tx menuju ke relay dahulu sebelum sampai ke Rx dengan meminimalkan jumlah station perangkat yang diperlukan (*transmitter*, *relay*, *receiver*), meskipun melalui *multi-hopping* (beberapa

lintasan) pada transmisi yang berjarak jauh. Konsep *co-operative* wireless sangat erat kaitannya dengan penyelenggaraan industri telekomunikasi padakonsept *green-base transceiver station* (gBTS) yang diperkenalkan demi mewujudkan sistem telekomunikasi yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah dimasa depan [2].

Penelitian ini didasarkan pada ide penggabungan dua model *multipath fading channel*; distribusi *Rayleigh* dan *Rician* dalam skenario pemodelan komunikasi *end-to-end* pada sistem relay *co-operative-wireless* [3]. Dengan demikian akan didapat performansi *signal-to-noise ratio* (SNR) dari komunikasi *end-to-end* tersebut. *Mixed-multipath fading channel* bisa terjadi jika terdapat area propagasi *line of sight* (LOS) sehingga harus menggunakan salah satu model *fading channel* dan bahkan diperlukan penggabungan keduanya untuk mendapatkan *error* yang seminimal mungkin oleh karena adanya *fading* [4]. Namun sejauh penelitian ini terlaksana, asumsi yang digunakan ialah tidak adanya *direct path* langsung antara sumber Tx dan tujuan Rx sinyal. Jika terdapat *direct path*, tujuan Rx akan menerima sinyal yang sama pada slot waktu pertama melalui Tx langsung dan pada slot kedua melalui dari relay. Dengan demikian terminal Rx akan memerlukan penggunaan teknik *diversity combining* untuk menggabungkan kedatangan sinyal-sinyal dari arah yang berbeda.

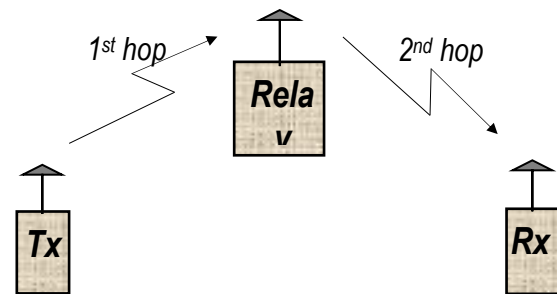
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka telah disusun permasalahan sebagai berikut yaitu (i) bagaimana menentukan pemodelan *end-to-end* SNR menggunakan *mixed-multipath fading channel* dengan pertimbangan persyaratan LOS dan Non-LOS, dan (ii) bagaimana menerapkan *dual-hop* terminal dengan teknik *diversity combining* untuk mengurangi *error probability* propagasi yang lebih efektif.

Tujuan khusus yang telah dicapai dalam penelitian ini adalah pembuatan pemodelan teknik *diversity combining* untuk mengurangi *error probability* propagasi yang lebih efektif melalui skema SC dan MRC diversities. Mengingat bahwa akses wireless dapat terjadi melalui propagasi indoor dan outdoor, memenuhi LOS dan non-LOS (NLOS), serta efek *multipath* dan *shadowing* juga tidak dapat dihindarkan terutama bagi daerah yang lalu lintas spektrum frekuensinya sangat padat, oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat mengembangkan pemodelan digitalisasi perangkat transmisi RF yang lebih optimal, terbaru dan diaplikasikan dalam sistem telekomunikasi wireless masa depan (G5). Hasil penelitian ini akan mengungkapkan sistem terbaru metode *relay wireless co-operative* dengan skenario *diverity combining*. Metode ini diharapkan dapat memodifikasi sistem propagasi melalui kondisi LOS atau NLOS sehingga dapat mengurangi *error probability* dalam propagasinya, meningkatkan data rate dan memudahkan dalam mendesain *micro-cell* dalam situasi *fading* yang besar.

II. KAJIAN LITERATUR

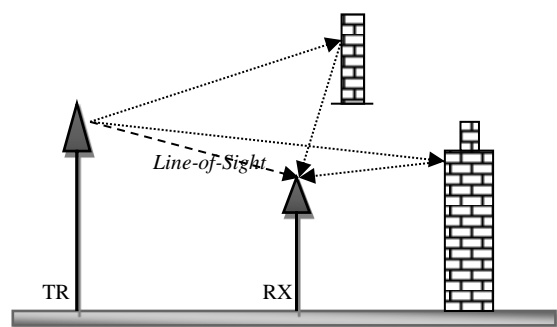
Konsep dasar sistem komunikasi relay wireless *co-operative* berdasarkan pada sistem *co-operative* pentransmisi antara terminal Tx dan terminal Rx melalui terminal relay. Dalam hal ini bahwa sebuah kanal informasi terkirim dari terminal Tx menuju terminal relay dahulu sebelum tiba pada terminal Rx. Gambar 1 berikut menunjukkan system relay *co-operative* antara terminal pengirim ke terminal penerima. Konfigurasi *network* tiga-node terdiri atas Tx, R (terminal relay) dan Rx. Link Tx - R disebut sebagai *link direct* dan link Tx - 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 pengirim tidak dapat langsung dikirimkan ke penerima [5]. Oleh karena itu, terminal pengirim dapat meneruskan informasi data tersebut melalui beberapa media terminal penghubung. Peranan 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.



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

Gambar 2 menunjukkan sebuah metode sistem transmisi komunikasi *multipath* dimana Tx mengirimkan signal informasi ke 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. *Long term* fading umumnya disebabkan oleh efek *shadowing* dan jarak antara terminal Tx dan Rx [6]. 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.



Gambar 2. Sistem transmisi propagasi multipath.

Terdapat dua metode *diversity combining* yang digunakan dalam literature ini yakni *Selection Combing* (SC) dan *maximal-ratio combining* (MRC). Dalam SC diversity, link SNR terkuat selalu akan dipilih bagi penerima Rx [7-8]. Oleh karena itu, sistem ini secara sederhana akan memilih jalur terbaik bagi setiap L noisy signals s_1, s_2, \dots, s_L dan hanya akan menggunakan signal terpilih tersebut sebagai signal penerima \tilde{s} [7]. Dalam hal ini, perangkat diversity combiner sebagaimana terlihat pada Gambar 3 beroperasi dengan formulasi sebagai berikut

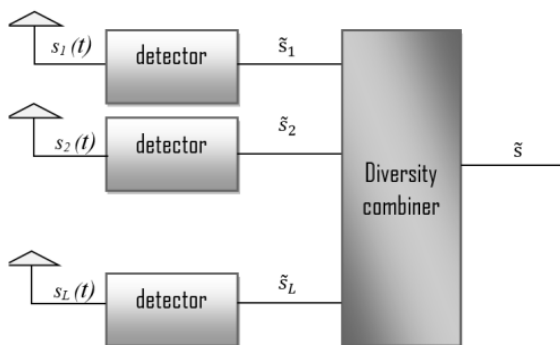
$$\tilde{s} = \max_i \tilde{s}_i \dots\dots\dots$$

(1)

Sedangkan prinsip dasar dalam MRC adalah bahwa signal-signal dari berbagai link secara linear akan dikombinasikan melalui koefisien *weight* sehingga kumpulan SNR dapat lebih dimaksimalkan. Lebih lanjut lagi bahwa *maximum power ratio* akan cocok direalisasikan dari berbagai kombinasi linear pada $s_L(t)$ sehingga nilainya akan sesuai sama dengan penjumlahan tiap individu power ratio [8]. Metode ini dapat dituliskan dalam persamaan :

$$\tilde{s} = \sum_{i=1}^L \tilde{s}_i \dots\dots\dots$$

(2)



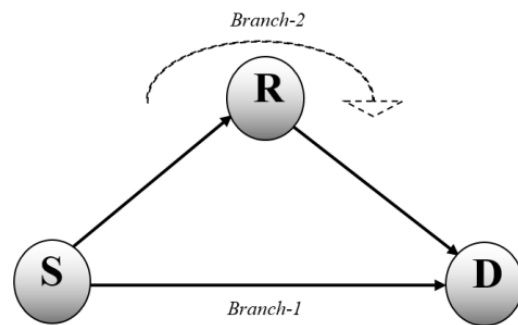
Gambar 3. Post-detection diversity receiver [8].

SC diversity memiliki keunggulan dalam hal kemudahan implementasi. Salah satu kerugiannya adalah metode ini memiliki ketidakefektifan untuk mendeteksi performansi error karena hanya satu antenna yang digunakan sedangkan informasi lain dari cabang antenna lain akan diabaikan. Meskipun demikian dapat dilihat bahwa sistem MRC diversity lebih kompleks dari SC, namun diketahui bahwa MRC merupakan teknik

terbaik pada setiap permasalahan yang berhubungan dengan *fading* [5].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Transmisi & Frekuensi Tinggi dan Laboratorium Pengolahan Sinyal Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan di tahun 2017. Instrumen yang digunakan untuk menunjang penelitian ini yaitu pemodelan dengan menggunakan pemograman MATLAB.



Gambar 4. Relaying system dengan direct and relay paths.

Tahap awal penelitian ini yakni membuat pre-simulasi *instantaneous end-to-end SNR*. Skenario yang digunakan ialah *dual-hop* terminal untuk menentukan karakteristik tepat pada terminal Tx-Rx (branch-1 S-D) dan Tr-relay-Rx (branch-2 S-R-D), Gambar 4.

Pada langkah ini, lebih banyak kegiatan berupa analisis pemodelan *end-to-end SNR* menggunakan *mixed-multipath fading channel* dengan *dual-hop* terminal untuk menentukan karakteristik tepat pada terminal Tx-Rx dan Tr-relay-Rx. Desain pemodelan *dual-hope end-to-end SNR* yang menggunakan *mixed-multipath fading channel* dengan karakteristik dari model Rayleigh dan Rician. Kemudian skenario pemodelan yang lebih efektif melalui teknik SC dan MRC diversity dapat dilihat pada Gambar 3. Masing-masing node S-R-D akan memuat menggunakan skenario SC dan MRC dan hasil simulasinya akan dianalisa.

Langkah-langkah kerja penelitian meliputi persiapan, pelaksanaan teknis dan laporan. Langkah kerja terbagi atas beberapa tahapan dan terurai sebagai berikut:

(1) *Pendalaman literature*: Pendalaman *literature review* (studi pustaka) akan

difokuskan pada standar wireless dan software dalam memenuhi standar validasi yang tepat.

(2) *Persiapan bahan & alat*: Persiapan bahan & alat dilaksanakan melalui pengadaan/pembelian bahan (bahan habis pakai dan ATK) serta alat penunjang yang dibutuhkan. Bahan dan alat ini dapat berupa hardware dan software.

(3) *Instalasi software*: Software yang digunakan harus ditunjang dengan lisensi dan versi software yang memadai termasuk toolbox dan modulnya. Dalam penelitian ini software yang dibutuhkan berupa *MATLAB*[®] versi 2015b dilengkapi dengan *Toolbox Signal Processing* dan *Toolbox Communication*.

(4) *Penentuan variable, algoritma dan code pemrograman*: Pengerjaan pra simulasi (*preliminary simulation*) sangat perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah dan spesifikasi bahan dan alat yang dibutuhkan. Penentuan variable, algoritma dan kode pemrograman dilakukan dalam memudahkan pelabelan pada keseluruhan sistem. Pelabelan variable juga untuk memudahkan dalam analisa matematika.

(5) *Simulasi pemodelan (Simulasi MATLAB)*: Dalam proses simulasi, fungsi *function* dan *looping* akan digunakan dalam pemodelan *multi-hop* sehingga pelabelan variable yang tepat bisa memudahkan dalam pengerjaan dalam skenario SC dan MRC.

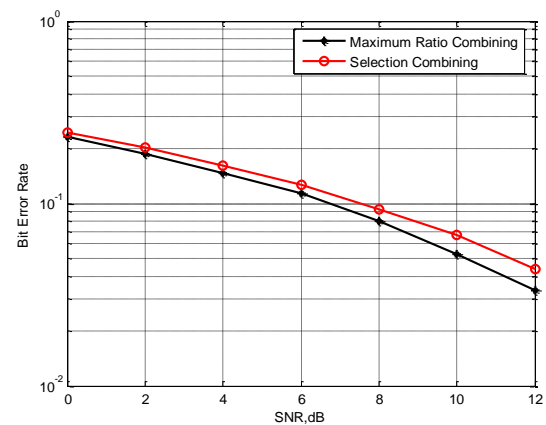
(6) *Pengujian dan evaluasi*: Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pemodelan yang sudah dihasilkan, yang dilaksanakan mencakup keseluruhan alir penelitian ini. Untuk memvalidasi maka akan dilaksanakan pengukuran sehingga dapat menghasilkan konsep rancangan integrasi sistem teknologi berskala laboratorium (*prototype dan low fidelity*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

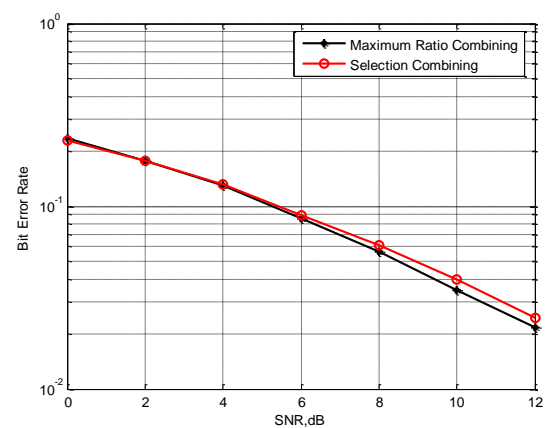
Gambar 5 dan Gambar 6 mengilustrasikan kinerja BER terhadap rata-rata SNR per hop bagi skema *Amplify-and-Forward* (AF) dan *Decode-and-Forward* (DF) relaying dengan keragaman SC dan MRC. Dalam pemodelan ini, data input ditransmisikan melalui *binary pahse shift keying* (BPSK) menggunakan realisasi 10000 sekuens bit acak dari melalui kanal Rayleigh faded untuk nilai SNR dari 0 sampai 12 dB. Variabel lainnya adalah $G = 1$, dan $\mu = 1$.

Pada *Amplify-and-Forward* (AF): Masing-masing node secara *co-operative* menerima

sebuah versi signal noise dari hasil penerimaan signal [9]. Kemudian, node ini akan menguatkan dan mengirimkan kembali versi noise signal tersebut. Dengan kata lain, relay akan mengirimkan signal informasi yang diterimanya ke dalam kanal kedua di terminal pengirim setelah memberikan penguatan dan kemudian meneruskannya kembali ke terminal penerima yang diinginkan. Pada *Decode-and-Forward* (DF): Penguatan tidak dibutuhkan dalam node relay ini [10]. Node relay *co-operative* 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 kanal kedua.



Gambar 5. Hasil simulasi BER pada MRC dan SC dengan skema AF.



Gambar 6. Hasil simulasi BER pada MRC dan SC dengan skema DF.

Seperti yang terlihat dari Gambar 5 dan Gambar 6, hasil yang diperoleh memperlihatkan kinerja BER dari kombinasi keragaman MRC sedikit lebih baik daripada SC. Selain itu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, kinerja BER MRC dan SC dengan skema relaying DF di kisaran SNR 0 sampai 6 dB sangat mirip. Dan kinerja BER MRC meningkatkan nilai SNR lebih tinggi dari 6 dB.

Melalui pemodelan kinerja BER MRC dan SC, dapat dikatakan bahwa skema MRC lebih unggul dari skema SC. Seperti yang diharapkan, kinerja BER menurun seiring dengan meningkatnya nilai SNR. Namun perlu dicatat bahwa dalam sistem praktisnya kedepan beberapa bentuk metode koreksi kesalahan dapat digunakan digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan propagasi kesalahan pada relay karena mengidentifikasi ketepatan simbol yang ditransmisikan oleh sumbernya. Selain itu dalam beberapa hasil penelitian lainnya telah mempertimbangkan menggunakan sistem DF di mana relay menerjemahkan sinyal yang diterima akan menetapkan *threshold* ambang batas. Dalam sistem ini, jika sinyal yang diterima memiliki SNR di bawah SNR yang telah ditentukan, relay tidak akan memecahkan kode sinyal dan meneruskannya ke tujuan.

V. KESIMPULAN

Hasil simulasi pemodelan melalui *mixed multipath fading channel* dapat menunjukkan *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. Melalui pemodelan kinerja BER pada skema diversity MRC dan SC, hasil menunjukkan bahwa skema MRC lebih unggul dari skema SC dimana kinerja BER-nya menurun seiring dengan meningkatnya nilai SNR.

REFERENSI

[1] Laneman, J. N., Tse, D. N. C., dan Wornel, G. W. I. 2004. Cooperative diversity in wireless networks: efficient

protocols and outage behavior. *IEEE Transactions on Information Theory*. Vol 50(12), hal 3062 - 3080.

- [2] Pabst, R., Walke, B.H., Schultz, D.C., Herhold, P., Yanikomeroglu, H., Mukherjee, S., Viswanathan, H., Lott, M., Zirwas, W., Dohler, M. and Aghvami, H., 2004. Relay-based deployment concepts for wireless and mobile broadband radio. *IEEE Communications Magazine*. Vol 42(9), hal. 80-89.
- [3] Lidemar, H. dan Sirmayanti. 2016. Pemodelan Propagasi Green-Relay Wireless. Proceeding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2016, hal. 261-267
- [4] Lidemar, H. dan Sirmayanti. 2015. Studi dan analisis pemodelan end-to-end SNR pada transmisi relay dual-hop dengan mixed-multipath fading channel. Laporan Hibah Bersaing, Penelitian Rutin PNUP 2015.
- [5] Simon, M. K. and M. S. Alouini, 2000. *Digital communication over fading channels: a unified approach to performance analysis*. John Wiley & Sons, Inc: Canada
- [6] Hasna, M.O. and Alouini, M.S. 2002. Performance analysis of two-hop relayed transmissions over Rayleigh fading channels. *IEEE Vehicular Technology Conference Proceedings*. Vol. 4, hal. 1992-1996.
- [7] Brennan, D. G. 2003. Linear diversity combining techniques. *IEEE of Signal Processing Journal*. Vol. 91, hal. 331-356.
- [8] Stuber, G. L., 2001. *Principle of mobile communication*. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers: Boston/Dordrecht/London.
- [9] Mheidat, H. dan Uysal, M. 2006. Impact of receive diversity on the performance of amplify-and-forward relaying under APS and IPS power constraints. *IEEE Communications letters*. Vol 10(6), hal. 468-470.
- [10] Lee, I., and Kim, D. 2007. BER analysis for Decode-and-forward relaying in dissimilar Rayleigh fading channels. *IEEE Communications letters*. Vol 11(1).