

Simulasi Hybrid Relay Protocol Pada Sistem Komunikasi Kooperatif Dengan Maximum Ratio Combining

Ummul Khair

Politeknik Negeri Padang

Dedi Tri Laksono

Politeknik Negeri Padang

Alamat: Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164

Korespondensi penulis: ummkha7@gmail.com

Abstract. *The cooperative communication system functions to eliminate the effect of fading on the wireless channel. In a cooperative communication system, there are a number of relay nodes assigned to help the source transmit information to the destination. Hybrid Relay Protocol (HRP) is a combination of cooperative communication system protocols, namely AF and DF where the relay will choose one of the protocols using hybrid relay selection (HRS). Selection of the type of relay protocol used is based on the largest SNR. In this study, a performance simulation of the HRS cooperative communication system was carried out using the AF and DF relay protocol using the Maximum Ratio Combining (MRCC) technique. The parameter taken as a performance reference is the bit error rate (BER). Based on the simulation results when the SNR is 7 dB, the BER value for the DF protocol is 0, while for the AF protocol the BER value when the SNR is the same is 0.0355. Whereas the BER for the MRC technique at the destination node has obtained a value of 0 when the SNR is 8 dB for the SC technique the BER value when with the same SNR is 0.0119.*

Keywords: *Cooperative Communication System, Hybrid Relay Selection, Maximum Ratio Combining.*

Abstrak. Sistem komunikasi kooperatif berfungsi untuk mengeliminasi pengaruh fading pada kanal nirkabel, Dalam Sistem komunikasi kooperatif terdapat sejumlah node *relay* yang ditugaskan untuk membantu *source* dalam meneruskan informasinya ke *destination*. *Hybrid Relay Protocol* (HRP) merupakan kombinasi dari protokol sistem komunikasi kooperatif yaitu AF dan DF dimana pada *relay* akan memilih salah satu protokol dengan menggunakan *hybrid relay selection* (HRS). Pemilihan jenis protokol relay yang digunakan adalah berdasarkan SNR terbesar. Pada penelitian dilakukan simulasi kinerja dari HRS sistem komunikasi kooperatif dengan menggunakan protokol *relay* AF dan DF dengan teknik *Maximum Ratio Combining* (MRCC). Parameter yang diambil sebagai acuan performansi adalah *bit error rate* (BER). Berdasarkan hasil simulasi saat SNR sebesar 7 dB, nilai BER untuk protokol DF sudah mendapatkan nilai 0, sedangkan untuk protokol AF nilai BER ketika dengan SNR yang sama adalah 0.0355. Sedangkan BER untuk teknik MRC pada node *destination* sudah mendapatkan nilai 0 saat SNR 8 dB untuk teknik SC nilai BER-nya ketika dengan SNR yang sama adalah sebesar 0.0119.

Kata kunci: Sistem Komunikasi Kooperatif, Hybrid Relay Selection, *Maximum Ratio Combining*.

LATAR BELAKANG

Sistem komunikasi kooperatif berfungsi untuk mengeliminasi pengaruh fading pada kanal nirkabel, sehingga dapat meningkatkan kinerja sistem. Dalam Sistem komunikasi kooperatif terdapat sejumlah node *relay* yang ditugaskan untuk membantu *source* dalam meneruskan informasinya ke *destination*, dengan membentuk susunan antenna virtual. Sistem komunikasi kooperatif ini bisa menjadi kunci aspek teknologi dalam jaringan nirkabel generasi kelima (5G). *Hybrid Relay Protocol* (HRP) merupakan kombinasi dari protokol sistem komunikasi kooperatif yaitu AF dan DF dimana pada *relay* akan memilih salah satu protokol dengan menggunakan *hybrid relay selection* (HRS). Jika informasi yang dikirimkan adalah

benar, maka HRS akan memilih mengirimkan informasi dengan protokol DF dan sebaliknya. Pada node *relay*, pemilihan protokol apa yang akan digunakan dipilih berdasarkan nilai BER nya.

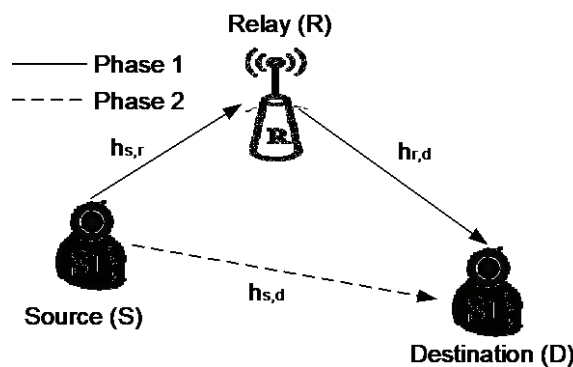
Pada penelitian sebelumnya sudah diusulkan beberapa sistem komunikasi kooperatif dan *relay selection*. Trung Q, mengkaji tentang performasi gain dari *hybrid decode amplify forward* pada sistem komunikasi kooperatif. Furuzan menentukan batas threshold SNR yang dipilih oleh *relay* pada sistem komunikasi kooperatif.

Berdasarkan penelitian sebelumnya penulis akan mensimulasikan protokol *relay* HRP pada sistem komunikasi kooperatif dengan menggunakan skema *maximum combining*, yaitu yaitu menjumlahkan semua sinyal informasi yang diterima kemudian hasil penjumlahan tersebut dideteksi untuk mendapatkan estimasi data dan SNR yang dikirimkan.

KAJIAN TEORITIS

1. Sistem Komunikasi Kooperatif

Sistem komunikasi kooperatif merupakan mekanisme yang mengumpulkan sumber daya dari node-node yang terdistribusi untuk meningkatkan seluruh kinerja jaringan nirkabel. Pada sistem komunikasi kooperatif, *source* (S) mengirimkan informasinya secara *broadcast* ke penerima (D) dan ke *relay* (R) yang merupakan *user* lain dalam area yang berada didekatnya. Kemudian sinyal yang diterima oleh R akan diolah terlebih dahulu untuk kemudian dikirimkan ke D. Sinyal yang diterima dari pengirim maupun dari *relay* akan mengalami proses *combining* di penerima.



Gambar 1. Sistem Komunikasi Koperatif

Source mengirimkan informasi ke *destination* dan *relay* dalam waktu yang sama. Sinyal yang diterima pada $y_{s,d}$, $y_{s,r}$ dapat ditulis sebagai berikut :

$$y_{s,r} = \sqrt{P} h_{s,r} x + n_{s,r} \quad (1)$$

$$y_{s,d} = \sqrt{P} h_{s,d} x + n_{s,d} \quad (2)$$

Relay akan meneruskan informasi dari *source* ke *destination*. Terdapat dua protokol di node *relay* ini yaitu AF (Amplify and Forward) dan DF (Decode and Forward).

Pada protokol *relay amplify and forward*, sinyal yang diterima oleh *relay* yang terdapat noise dikuatkan terlebih dahulu untuk menormalisasi sinyal yang disebabkan oleh fading. Kemudian dikirimkan kembali ke tujuan tanpa melalui proses decoding. Pada protokol DF, *relay* akan mendekodekan sinyal yang diterima dari *source* sebelum dikirimkan ke *destination* dan metode ini tidak akan ada penguatan yang terjadi pada sinyal yang akan dikirm tersebut. Pada metode *decode and forward*, sinyal informasi yang diterima *relay* akan dikodekan dengan dua cara, pertama dikodekan dengan cara mengkodekan informasi secara keseluruhan dan kedua mengkodekan sinyal informasi per simbol.

2. Maximum ratio combining (MRC)

Teknik ini hampir sama dengan teknik *equal gain combining*, yaitu menjumlahkan semua sinyal informasi yang diterima kemudian hasil penjumlahan tersebut dideteksi untuk mendapatkan estimasi data yang dikirimkan. Perbedaan teknik ini dengan teknik *equal gain combining* yaitu pada teknik MRC setiap sinyal yang diterima akan dikalikan dengan nilai konjugasi dari koefisien kanal yang telah dilalui. Hasil dari *maximum ratio combining* dituliskan pada persamaan 3 .

$$Z_{MRC}[n] = \sum_{i=1}^k \alpha_k y_k[n] \quad (3)$$

$$\alpha_k = |h_k| e^{-j\phi_k} / \sigma_k^2$$

3. Hybrid Relay Selection (HRS)

Gambar 2 merupakan blok diagram dari sistem komunikasi kooperatif dengan *Hybrid Relay Selection*. Skema ini dibagi menjadi dua fase.

a. Fasa Pertama

Source node mengirimkan sinyal (s) dengan panjang L frame pada *destination* node dan *relay* node. Sinyal yang diterima pada *destination* node dan *relay* node dengan persamaan:

$$y_0 = \sqrt{\epsilon} h_0 s + n_0 \quad (4)$$

$$y_{1i} = \sqrt{\epsilon} h_{1i} s + n_{1i} \quad (5)$$

Kemudian nilai SNR sesaat pada *destination* node dan *relay* node ke- i dapat dihitung dengan:

$$\gamma_0 = \frac{E(|\sqrt{\epsilon} h_o s|^2)}{E(|n_o|^2)} = \frac{\epsilon}{N_o} |h_o|^2 = \bar{\gamma} |h_o|^2 \quad (6)$$

$$\gamma_{1i} = \frac{\epsilon}{N_o} |h_{1i}|^2 = \bar{\gamma} |h_{1i}|^2 \quad (7)$$

Dimana $E(|s|^2) = L$, $E(|n|^2) = L N_o$, dan $\bar{\gamma} \triangleq \epsilon/N_o$.

b. Fasa Kedua

Pada fasa kedua, masing-masing *relay* node menafsirkan sinyal yang diterima. Kemudian sinyal tersebut akan dikelompokkan kedalam group AF (G_{AF}) atau group DF (G_{DF}) berdasarkan hasil CRC (*Cyclic Redundancy Check*). Jika hasil pemeriksaan dari CRC sinyal yang diterima di node *relay* benar, maka sinyal pada node *relay* tersebut akan dikelompokkan ke grup DF, jika tidak dikodekan dengan benar akan dikelompokkan ke grup AF. Hasil dari SNR sesaat pada node *relay* ini dapat ditulis dengan persamaan:

$$\gamma_i = \begin{cases} \frac{\gamma_{1i}\gamma_{2i}}{\gamma_{1i} + \gamma_{2i} + 1}, & \text{if } i \in G_{AF} \\ \gamma_{2i}, & \text{if } i \in G_{DF} \end{cases} \quad (8)$$

Dimana γ_{2i} merupakan nilai SNR sesaat dari link antara node *relay* i -th dan node *destination* dengan persamaan:

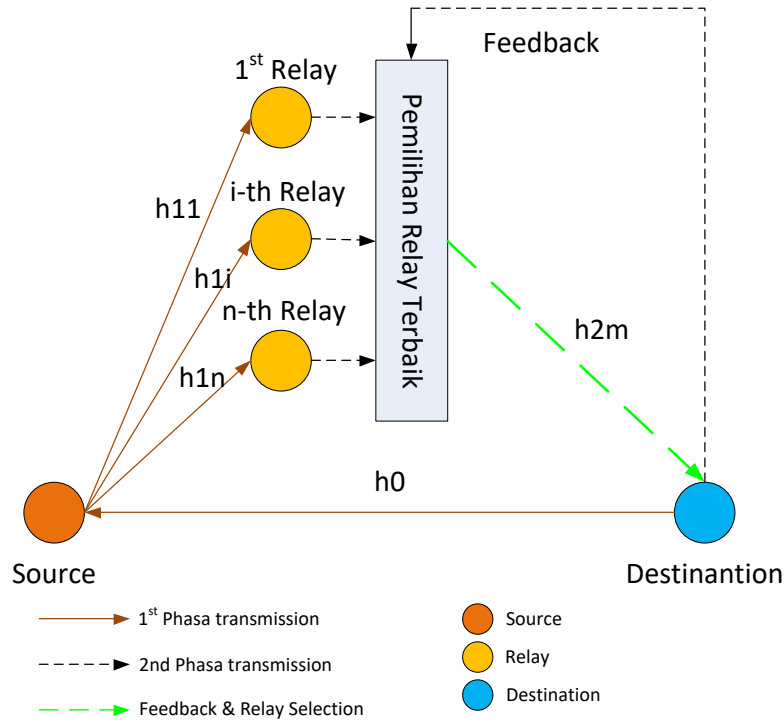
$$\gamma_{2i} = \frac{\epsilon}{N_o} |h_{2i}|^2 = \bar{\gamma} |h_{2i}|^2 \quad (9)$$

Kemudian, *destination* node memilih node *relay* berdasarkan nilai maximum SNR γ_m .

$$\gamma_m = \max_{1 \leq i \leq n} \{\gamma_i\} \quad (10)$$

Node *relay* yang dipilih mentransmisikan sinyal m menggunakan AF jika $m \in G_{AF}$ Dan menggunakan DF jika $m \in G_{DF}$. Pada node *destination* sinyal yang diterima dari kedua fasa di gabungkan dengan teknik combining *maximal ratio combining* (MRC) dan kemudian meneruskannya ke decoder. Setelah MRC, SNR efektif dari sinyal yang diterima, dilambangkan dengan γ_{HRS} , dihitung dengan menggunakan persamaan:

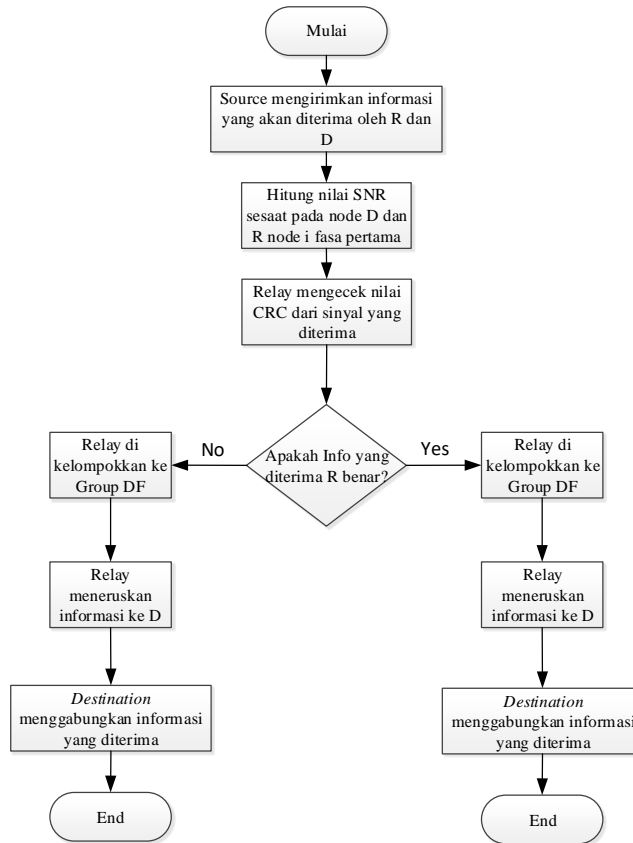
$$\gamma_{HRS} = \gamma_0 + \gamma_m \quad (11)$$



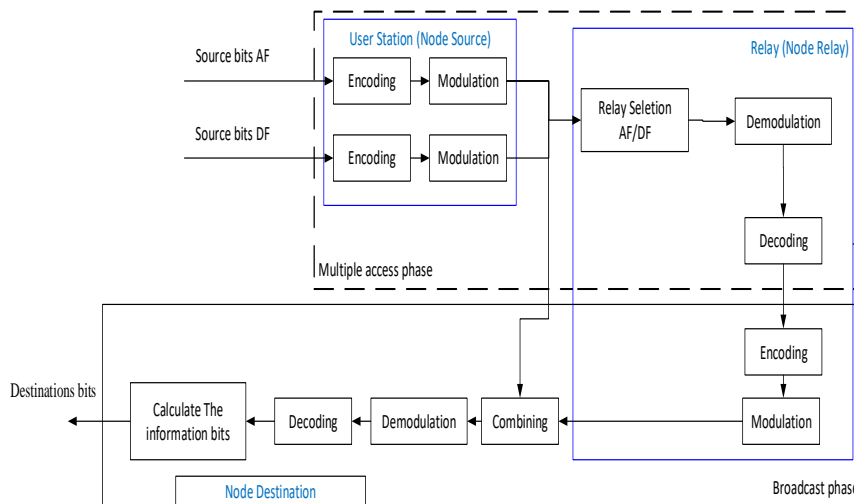
Gambar 2. Blok diagram sistem komunikasi kooperatif dengan HRS skema

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini node *source* (S) mengirimkan informasi yang akan diterima oleh node *destination* (D) dan node relay (R). Informasi pada node R diolah dengan protokol AF dan DF kemudian dipilih berdasarkan nilai SNR untuk dikirimkan menuju node D, jika informasi dikodekan dengan benar atau SNR nya besar maka R akan menggunakan protokol DF/AF untuk mengirimkannya ke D. Sinyal yang diterima dari S maupun dari R akan di *combining* dengan menggunakan teknik *maximum combining* di penerima atau node D. Flowchart dan Pemodelan sistem komunikasi kooperatif dengan HRS seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Flowchart sistem komunikasi kooperatif dengan HRS skema



Gambar 4. Model sistem komunikasi kooperatif hybrid relay

Pada perancangan ini akan dibuat simulasi sistem komunikasi kooperatif dengan protokol *hybrid relay selection* menggunakan MATLAB. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses ini seperti pembuatan encoder untuk proses pembangkitan bit pada bagian informasi, modulasi, *relay selection* memilih jenis protokol *relay* apa yang akan

digunakan, AF atau DF protokol *relay*, combining untuk menggabungkan sinyal informasi dari *direct* dan multihop, demodulasi sebagai pengubah sinyal modulasi kebentuk sinyal aslinya, decoder untuk menkonversi ke bit semula, dan dilakukan perhitungan BER, dimana pada bagian ini ditampilkan variasi daya pengirim pada kanal udara, serta akan ditampilkan berapa banyak bit yang eror dari seluruh bit yang dikirimkan. Parameter yang digunakan pada simulasi ini dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Modulasi	QPSK
Koefisien kanal semua node	1
Kanal	Rayleigh Fading
Noise	AWGN
P_S	1 Watt
P_R	1 Watt
SNR	0:40
Jumlah Bit	1e6 bit

Berdasarkan Gambar 4. Pada tahap pertama, node *source* mengirimkan sinyal informasi ke node *relay*, dan node *destination*. Sinyal yang diterima pada node *relay* dan *destination* sesuai dengan persamaan 1 dan 2.

Untuk tahap kedua, pada node *relay* sinyal yang diterima dari node 1 akan dipilih protokol AF atau DF. Pemilihan ini menggunakan skema *Hybrid Relay Selection*, yaitu berdasarkan nilai BER masing-masing protokol. Parameter pemilihan protokol *hybrid relay* ini adalah dengan menggunakan persamaan 8.

Sinyal yang diterima pada node *destination* jika menggunakan protokol DF adalah:

$$y_{RDDF} = h_{RD}X_{RD} + w \quad (12)$$

Jika protokol *relay* yang digunakan adalah AF untuk mengirimkan sinyal ke node *destination*, maka sinyal tersebut akan mengalami penguatan terlebih dahulu sebelum dikirim. Sehingga sinyal yang diterima pada node *destination* adalah:

$$y_{RDAF} = h_{RD}X_{RD}\beta + w \quad (13)$$

Dimana β merupakan koefisien penguatan pada AF $\beta = \frac{\sqrt{P_R}}{\sqrt{P_S} h_{SR} + n}$

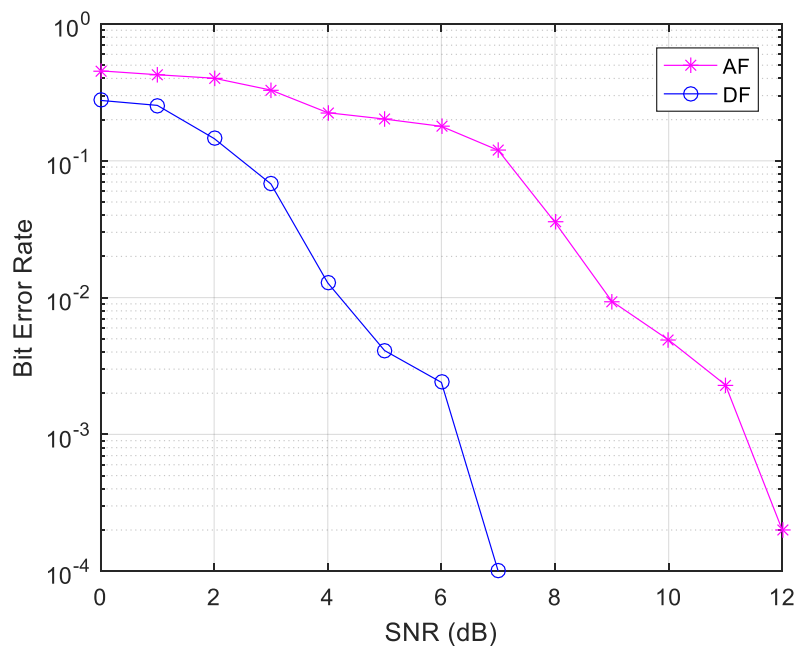
Sinyal yang terpilih dipersiapkan untuk dikirimkan ke node *destination*. Node *destination* menerima dua sinyal yaitu sinyal yang dikirimkan dari *source* dan sinyal yang dikirimkan dari *relay*. Kedua sinyal tersebut akan mengalami proses *combining*. Setelah

melakukan combining tahap terakhir adalah mendemodulasi sinyal yang diterima dengan demodulasi QPSK sehingga didapatkan estimasi sinyal yang diterima. Selanjutnya sinyal yang diterima dibandingkan dengan sinyal yang dikirim untuk dihitung nilai *Bit Error Rate* .

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Output Hasil simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif protokol AF dan DF

Pada simulasi sistem komunikasi kooperatif, dibandingkan kinerja masing-masing protokol AF dan DF. Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi dari protokol AF dan DF.

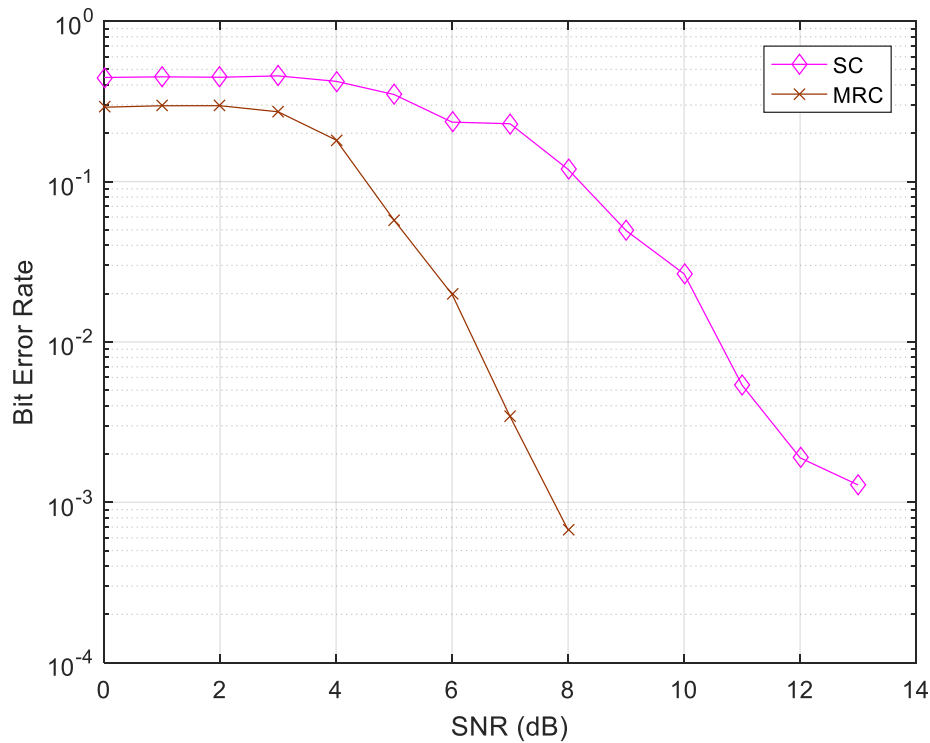


Gambar 5. Perbandingan BER AF dan DF pada node Relay

Berdasarkan Gambar 5 bahwa protokol DF memiliki nilai BER yang kecil dibandingkan AF. Saat SNR sebesar 7 dB, nilai BER untuk protokol DF sudah mendapatkan nilai 0, sedangkan untuk protokol AF nilai BER ketika dengan SNR yang sama adalah 0.0355. Berdasarkan hasil pada node relay, maka protokol yang dipilih yaitu protokol DF untuk melanjutkan pengiriman informasi ke node *destination*.

2. Output Hasil simulasi Sistem Komunikasi Kooperatif HRS dengan teknik SC (selective combining) dan MRC

Untuk simulasi sistem komunikasi kooperatif HRS, akan dibandingkan kinerja masing-masing teknik *combining* yaitu SC dan MRC. Gambar 6 menunjukkan perbandingan hasil simulasi HRS dengan MRC dan SC.



Gambar 6. Simulasi sistem komunikasi kooperatif HRS dengan MRC dan SC

Berdasarkan Gambar 5 protokol *relay* yang dipilih pada node *relay* tadi adalah DF, kemudian pada node *destination* akan di campurkan informasi dari *source* dan *relay* menggunakan teknik *combining* MRC. Dari hasil simulasi perbandingan sistem komunikasi kooperatif HRS menggunakan Teknik *combining* MRC dan SC membuktikan pada teknik MRC lebih baik dibandingkan teknik SC. Teknik *combining* MRC menjumlahkan antara sinyal dari jalur *source-destination* (SISO) dan sinyal multihop (protokol *relay* DF). Berdasarkan Gambar 6, kinerja sistem komunikasi kooperatif HRS dengan teknik MRC lebih baik daripada sistem komunikasi kooperatif HRS dengan teknik SC. Misalnya saat SNR sebesar 8 dB, nilai BER untuk teknik MRC sudah mendapatkan nilai 0 sedangkan untuk teknik SC nilai BER-nya ketika dengan SNR yang sama adalah sebesar 0.0119.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi sistem komunikasi kooperatif protokol *hybrid relay selection*, pemilihan jenis protokol relay yang digunakan adalah berdasarkan SNR terbesar. Hasil simulasi skema HRS ini memilih protokol DF dalam melanjutkan informasi ke node *destination*. Teknik *combining* MRC lebih baik dari teknik SC. Contoh saat SNR 8 dB nilai BER pada MRC sudah 0, sedangkan pada SC nilai BER nya 0.0119. Penelitian tentang sistem komunikasi kooperatif dengan protokol *hybrid relay selection* masih bisa dikembangkan lagi. Penelitian yang bisa dikerjakan untuk penelitian selanjutnya antara lain implementasi sistem ini pada

modul *Software Defined Radio*, dan menambahkan skema *network coding* pada sistem ini untuk meningkatkan *throughput* dan *security*.

DAFTAR REFERENSI

- K. J. R. Liu, A. K. Sadek, W. Su, and A. Kwasinski, *Cooperative Communications and Networking*, vol. 53, no. 9. 2008.
- A. S. Ibrahim, A. K. Sadek, W. Su, and K. J. R. Liu, "Cooperative Communications with *relay* Selection: When to Cooperate and Whom to Cooperate With?," *IEEE Transactions Wireless Communication.*, vol. 7, no. 7, pp. 2814–2827, 2008.
- T. Liu, L. Song, Y. Li, Q. Huo, and B. Jiao, "Performance Analysis of Hybrid *Relay* Selection in Cooperative Wireless Systems," *IEEE Transactions On Communication.*, vol. 60, no. 3, pp. 779–788, 2011.
- T. Q. Duong and H. J. Zepernick, "On the performance gain of hybrid decode-amplify-forward cooperative communications," *Eurasip Journal Wireless On Communication Network.*, vol. 2009, 2009.
- F. A. Onat, A. Adinoyi, Y. Fan, H. Yanikomeroglu, J. S. Thompson, and I. D. Marsland, "Threshold selection for SNR-based selective digital *relaying* in cooperative wireless networks," *IEEE Transaction Wireless Communication.*, vol. 7, no. 11, pp. 4226–4237, 2008.
- X. Song, M. Zhang, W. Liu, and F. Liu, "Threshold-based hybrid *relay* selection scheme," *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA.)*, vol. 2016–Septe, pp. 222–227, 2016.
- Nosratinia, T. E. Hunter, and a Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks," *Communications Magazine IEEE*, vol. 42, no. 10, pp. 74–80, 2004.
- Rappaport, T.S., "*Wireless Communications: Principles and Practice 2/E*", Prentice Hall, 2001.
- C. . J. K. W Peter Hong, Wan Jen Huang, *Cooperative Communications and Networking*. New York Dordrecht Heidelberg London, 2010.
- Proakis, John G., Masoud Salehi., "*Digital Communications*", The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 2008.
- Khair. U, Suwadi, and Wirawan, "Performance of hybrid *relay* selection in cooperative communications system," 2017 2nd International conferences on ICITISEE., 2017.