

ANALISIS KONSUMSI DAYA SISTEM KOMUNIKASI KOOPERATIF MULTI RELAY DENGAN METODE PEMILIHAN RELAY

Fityanul Akhyar^{#1}, Nasaruddin^{#2}, Rusdha Muharar^{#3}

[#] Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jln. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

¹fityanul@gmail.com

²nasaruddin@unsyiah.ac.id

³r_muharar@unsyiah.ac.id

Abstrak— Kinerja pada sistem komunikasi kooperatif nirkabel dapat ditingkatkan dengan menggunakan relay antara base station dan perangkat pengguna, dimana jarak antara base station dan pengguna dapat diperpendek sehingga kinerja transmisi dapat ditingkatkan. Relay dapat diasumsikan sebagai mini base station, repeater, atau perangkat bergerak. Mekanisme sistem relay dapat dilakukan dengan memanfaatkan protokol – protokol yang ada dalam sistem komunikasi kooperatif seperti *amplify and forward* (AF), *decode and forward* (DF) dan *quantize and forward* (QF). Penelitian ini mengkaji kinerja pada sistem komunikasi kooperatif nirkabel dengan protokol QF menggunakan strategi pemilihan relay (*relay-selection strategy*), yaitu *reactive relay selection* dan *proactive relay selection* pada topologi jaringan multi-relay. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi komputer dengan pemodelan sistem dan analisis matematis. Penelitian ini dapat memberi solusi untuk meningkatkan kinerja pada sistem komunikasi nirkabel, khususnya sistem komunikasi kooperatif.

Kata Kunci— topologi, komunikasi kooperatif nirkabel, *quantize and forward* (QF), strategi pemilihan relay, simulasi komputer.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan terbaru pada bidang sistem komunikasi nirkabel, sistem komunikasi kooperatif telah menjadi fokus penelitian sebagai salah satu strategi pengiriman informasi untuk meningkatkan kinerja sistem. Bentuk optimasi kinerja pada sistem komunikasi kooperatif nirkabel adalah dengan memanfaatkan sifat alami yaitu broadcast pada sistem komunikasi nirkabel. Ide dasarnya adalah node yang ada didalam jaringan nirkabel berbagi informasi dengan memanfaatkan node yang ada disekitarnya sebagai virtual antenna (relay) sehingga dapat meningkatkan performansi dari pada sistem. Dalam proses transmisi pada sistem komunikasi kooperatif, relay berfungsi untuk membantu pengiriman informasi yang diterimanya kepada node tujuan [1]. Pemilihan relay (*relay-selection*) merupakan isu penting dalam sistem komunikasi kooperatif. Fungsi relay ini berkembang pula sebagai salah satu teknik yang digunakan untuk meningkatkan kinerja pada sistem komunikasi kooperatif.

II. LANDASAN TEORI

A. Protokol Multi Relay *Quantize and Forward* (QF)

Protokol *quantize and forward* (QF) merupakan metode relay yang melakukan proses kuantisasi terhadap sinyal informasi yang diterima oleh relay sebelum diteruskan ke tujuan. Pada protokol QF, relay tidak mendekodekan sinyal dari sumber tetapi menggunakan proses observasi. Sinyal yang diterima akan dikuantisasi dan kemudian diteruskan ke tujuan. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Hal ini menjadikan protokol menjadi lebih efisien ketika kanal S-R dan S-D mempunyai kualitas yang sama dan kondisi link R-D baik. Sehingga protokol QF dapat diterapkan pada sistem komunikasi digital meskipun kondisi link S-R dalam kondisi *outage*, dimana kondisi ini tidak berlaku pada protokol DF. Kemudian pemrosesan analog tidak dibutuhkan pada protokol QF seperti pada protokol AF. Selanjutnya, Protokol QF menggunakan memori yang terbatas untuk data yang diterima pada relay dengan kuantisasi data yang diterima pada tempat penyimpanan (*storage*).

Pada tahap pertama, sumber mengirimkan sinyal informasi, x_S , secara broadcast ke relay dan tujuan. Pada saat proses transmisi sinyal informasi akan dipengaruhi oleh fading dan noise. Sehingga sinyal yang diterima oleh tujuan y_{SD} dan sinyal terkuantisasi pada relay \hat{y}_{SR} adalah sebagai berikut [2]:

$$y_{SD} = h_{SD}x_S + n_D \quad (1)$$

$$y_{SR} = h_{SR}x_S + n_{RS} \quad (2)$$

$$\hat{y}_{SR} = Qh_{SR}x_S + Qn_{RS} + \check{n}_{RS} \quad (3)$$

dimana h_{SD} dan h_{SR} adalah koefisien kanal *fading* dari sumber ke tujuan dan dari sumber ke relay, n_D , n_{RS} dan \check{n}_{RS} merupakan *Gaussian noise* pada link sumber ke tujuan, dari sumber ke relay dan noise terkuantisasi. Persamaan kuantisasi terhadap sinyal informasi yang diterima oleh relay dapat dituliskan dengan persamaan matematis berikut:

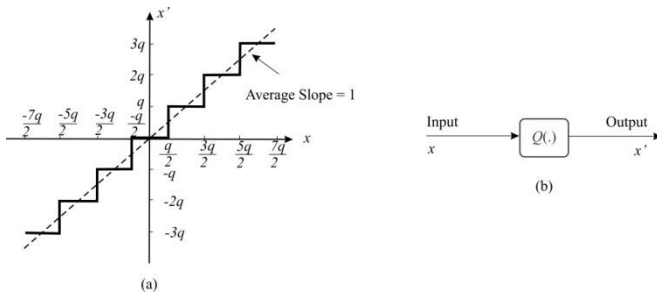
$$\Delta = \frac{(X_{max} - X_{min})}{L} \quad (4)$$

$$L = 2^m \quad (5)$$

$$i = \frac{\text{round}(y_{SR} - X_{min})}{\Delta} \tag{6}$$

$$y_{SR} = X_{min} + i \Delta; i = 0, 1, \dots, L-1 \tag{7}$$

Dimana Δ adalah tingkat kuantisasi, X_{max} adalah batas nilai maksimal dari dan X_{min} adalah batas nilai minimum dari sinyal input analog X . L adalah level kuantisasi, m adalah jumlah bit kuantisasi, dan i adalah kode index integer [2]. Karakteristik dari proses kuantisasi terhadap sinyal informasi dapat dilihat pada Gambar 1.

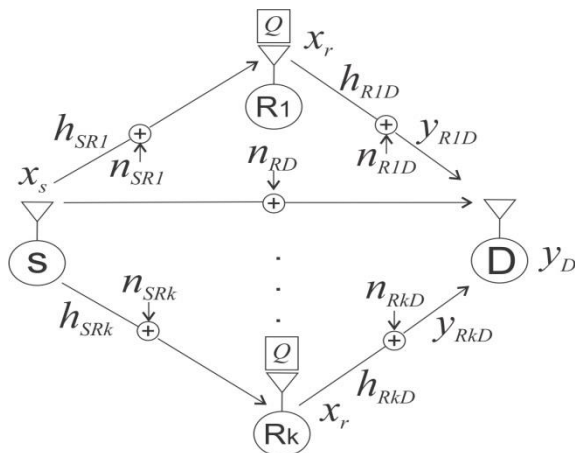


Gambar 1
(a) Karakteristik Proses Kuantisasi, (b) Blok Diagram

Pada tahap kedua, sinyal yang diterima oleh relay setelah proses kuantisasi akan menghasilkan sinyal informasi, x_R . Selanjutnya sinyal kuantisasi tersebut diteruskan ke tujuan. Pada link relay ke tujuan juga akan mendapatkan gangguan *fading* dan *noise*. Sehingga sinyal yang diterima oleh tujuan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y_{RD} = h_{RD}x_R + n_{RD} \tag{8}$$

Dimana x_R , h_{RD} dan n_{RD} adalah sinyal terkuantisasi, koefisien kanal *fading* dan *noise* dari relay ke tujuan.



Gambar 2 *Quantize and forward* (QF) Multi-Relay Protocol

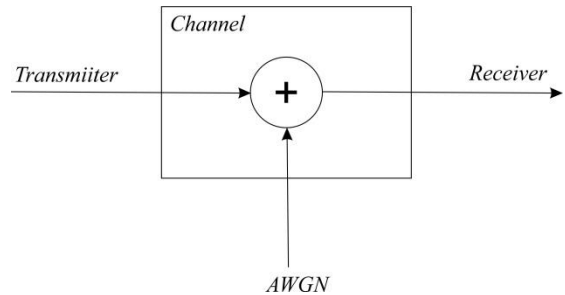
Fase terakhir adalah tahap penggabungan terhadap sinyal informasi yang diterima ditujuan dengan menggunakan teknik *Maximum Ratio Combining* (MRC), persamaan sinyal informasi keluaran dari MRC dituliskan sebagai berikut [2]:

$$y_D = \alpha_{SD} y_{SD} + \alpha_{RD} y_{RD} \tag{9}$$

Dimana α_{SD} dan α_{RD} adalah koefisien MRC dari transmisi direct dan transmisi kooperatif.

B. Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN)

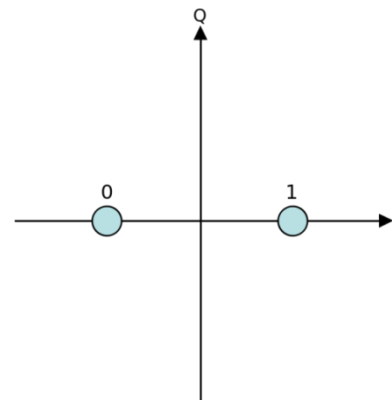
Gangguan yang selalu ada dan menyertai pada proses pengiriman sinyal informasi disebut dengan *noise*. Salah satu jenis *noise* adalah *thermal noise* yang disebabkan oleh pergerakan elektron konduktor yang ada pada perangkat pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). *Thermal noise* yang terdistribusi normal dengan nilai rata – rata nol disebut *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) [3]. Proses penambahan AWGN dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 *Additive White Gaussian Noise* (AWGN)

C. Teknik Modulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Modulasi digital adalah proses pengkodean data atau informasi yang ditumpangkan kepada sinyal pembawa (*carrier*). Pada perkembangannya teknik modulasi telah dapat mengombinasikan perubahan amplitude, fase dan frekuensi. Salah satu teknik modulasi digital adalah *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), pada teknik ini sinyal digital “0” dan “1” dikonversi menjadi sebuah sinyal kontinu yang memiliki dua fase yang berbeda. Untuk bit “1” mempunyai pergeseran fase 0° dan bit “0” mempunyai pergeseran fase 180° yang dapat dilihat pada Gambar 4 [4].



Gambar 4 *Constellation Diagram* BPSK

Sehingga secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_0 t = A_c \cos(2\pi fct + 180^\circ) \text{ ; untuk bit "0" } \tag{10}$$

$$S_1 t = A_c \cos(2\pi fct + 0^\circ) \text{ ; untuk bit "1" } \tag{11}$$

D. Kalkulasi Daya

Daya yang diterima pada sebuah node tujuan pada suatu jarak tertentu dapat dinotasikan sebagai berikut [4]:

$$P_R = \frac{P_T |h|^2}{d^\alpha} \tag{12}$$

dimana P_T adalah daya transmisi atau daya yang digunakan untuk mengirimkan informasi dari node sumber, h merupakan koefisien atau pengaruh dari *fading*, d merupakan sebuah jarak tertentu diantara node sumber dan tujuan, dan α adalah *path loss exponent*.

E. Teknik Pemilihan Relay

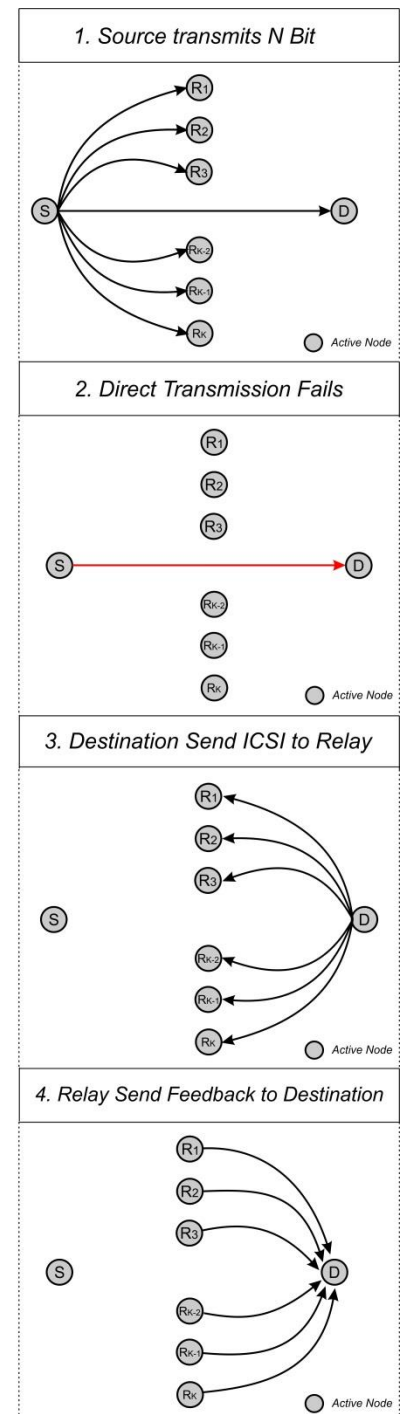
Pada sistem komunikasi kooperatif, tersedia beberapa node dalam jaringan yang dapat berperan sebagai relay (multi-relay). Dengan diterapkannya sistem multi-relay, kinerja jaringan dapat ditingkatkan dengan cara strategi pemilihan relay (*relay-selection strategy*) dengan parameter terbaik yang akan meneruskan informasi kepada tujuan. Disisi yang lain implementasi sistem multi-relay menyebabkan tingkat kesulitan implementasi protocol kooperatif meningkat dengan semakin banyaknya node yang terhubung. Dua strategi yang berbeda mengenai *relay-selection* dibahas pada penelitian [5]. Kedua pendekatan ini adalah *proactive relay-selection* dan *reactive relay-selection* yang di ilustrasikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Pada strategi *reactive relay-selection*, fase pertama (*phase 1*), sumber S mengirimkan informasi (N packets) kepada relay (R_1, \dots, R_k) dimana k adalah jumlah potensial node relay yang tersedia) yang berada dalam kondisi terhubung (*listening*). Setelah informasi (N packets) diterima, relay (R_1, \dots, R_k) mengirimkan status kualitas atau *signal to noise ratio* (SNR) dari informasi (N packets) yang diterima kepada sumber S. Status inilah yang akan menjadi acuan sumber S untuk memilih relay terbaik (*Best relay*) yang akan meneruskan informasi (N packets) ke tujuan S pada fase kedua (*phase 2*) [6]. Pada strategi ini, seluruh node yang tersedia didalam jaringan kooperatif berada dalam kondisi *active node* atau node berada pada modus jaga.

Pada *proactive relay-selection*, pemilihan relay terbaik (*best relay*) dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu estimasi SNR pada kandidat relay (R_1, \dots, R_k) oleh sumber S menggunakan metode *instantaneous channel state information* (ICSI) [7] [8] sebelum informasi (N packets) dikirimkan, yaitu dengan mengirimkan pilot bit atau bit training sebelum informasi yang asli dikirimkan. Setelah node relay dipilih, barulah masuk pada fase pertama (*phase 1*) yaitu sumber S mengirimkan informasi (N packets) ke relay terbaik (*best relay*) R_2 dan untuk diteruskan kepada tujuan D pada fase kedua (*phase 2*). Pada strategi pemilihan relay ini, baik fase pertama dan fase kedua, hanya sumber S, *best relay* R_2 , dan tujuan D yang berada dalam kondisi *active node*, sedangkan node lainnya yang tidak dipilih sebagai relay

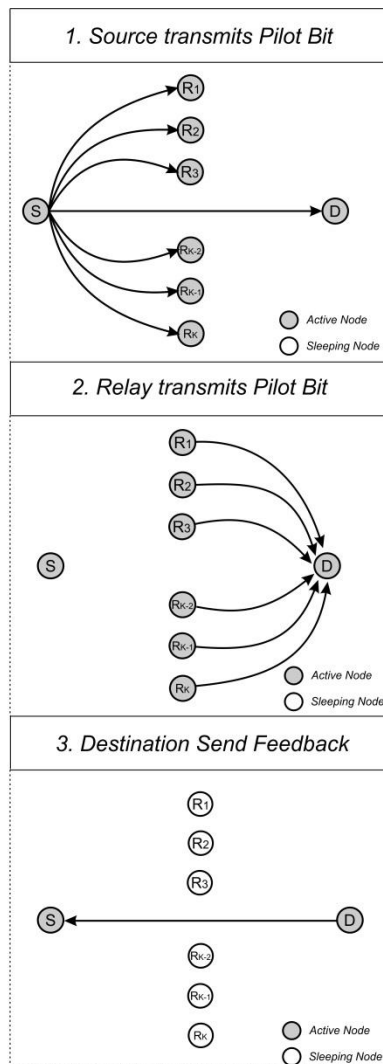
masuk ke dalam kondisi *sleeping node* atau node berada pada modus tidur untuk menghemat konsumsi energi.

ReactiveRelay Selection



Gambar 4 Reactive Relay Selection

Proactive Relay Selection



Gambar 5 Proactive Relay Selection

III. SIMULASI SISTEM

A. Parameter Simulasi

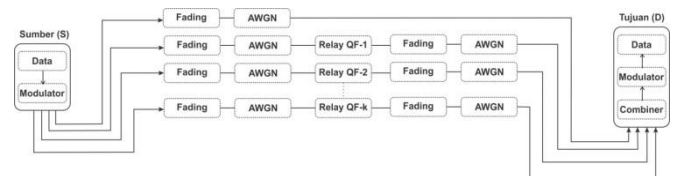
TABLE I
PARAMETER SIMULASI

No	Parameter	Keterangan
1	Data	100.000 bits
2	Model kanal	Rayleigh fading
3	Jumlah sumber	1
4	Jumlah relay	3
5	Jumlah tujuan	1
6	Teknik Modulasi	BPSK
7	Protokol relay	Quantize-and-Forward (QF)
8	Metode penggabungan informasi	MRC
9	Range SNR	0 – 25 dB
10	Jarak sumber – relay – tujuan	Tetap dan acak

Simulasi yang dilakukan didalam penelitian ini menggunakan beberapa parameter, diantaranya adalah

jumlah bit data yang dikirimkan adalah 100.000 bit. Pengiriman dengan jumlah bit yang besar dilakukan dengan pertimbangan pertukaran informasi yang besar pada sistem komunikasi multimedia. Point penting yang juga menjadi parameter dalam simulasi adalah jumlah *node relay* adalah lebih dari satu atau *multi-relay*. Parameter lainnya adalah penggunaan *range* SNR 0dB sampai dengan 25dB yang menjadi acuan dari siklus pengiriman informasi, agar grafik yang dihasilkan dari simulasi lebih mudah untuk diamati. Lebih lengkap, parameter simulasi disebutkan dalam TABLE II.

B. Digram Simulasi



Gambar 5 Blok Diagram Simulasi

Berdasarkan Gambar 5, proses simulasi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sumber mengirimkan data yang telah termodulasi dengan teknik BPSK secara broadcast kepada beberapa *node relay* (1,..., k) dan tujuan, data yang diterima oleh relay dipengaruhi oleh *fading* dan *noise* (AWGN).
2. Pada tahap berikutnya proses kuantisasi pada data yang diterima oleh *relay* untuk mengurangi kerusakan. Kemudian data terkuantisasi di teruskan oleh *relay* ke tujuan.
3. Tahap terakhir adalah penggabungan data yang diterima relay oleh combiner, baru kemudian dilakukan porses demodulasi sehingga data asli bisa dibaca oleh tujuan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan pemilihan dilakukan untuk menentukan relay terbaik (*best relay*) adalah berdasarkan nilai SNR yang diukur dari daya transmisi berbanding dengan jarak dari sumber kepada relay merujuk pada persamaan (2.16). Pada percobaan ini dilakukan simulasi untuk mengukur daya transmisi yang dibutuhkan untuk mengirimkan informasi multimedia dengan jumlah bit sebesar 100.000 dari sumber kepada relay berdasarkan faktor jarak atau rasio jarak. Dengan asumsi percobaan dilakukan pada area microcell dengan jarak ternormalisasi yang divariabelkan antara sumber ke tujuan sebesar 0 – 1 atau (0.1 – 0.9). Kanal di skenarioikan ke dalam kondisi *non line of sight* (NLOS) dengan digunakan model kanal yang terdistribusi secara Rayleigh. Skenario jarak pada proses simulasi dapat dilihat pada TABLE III.

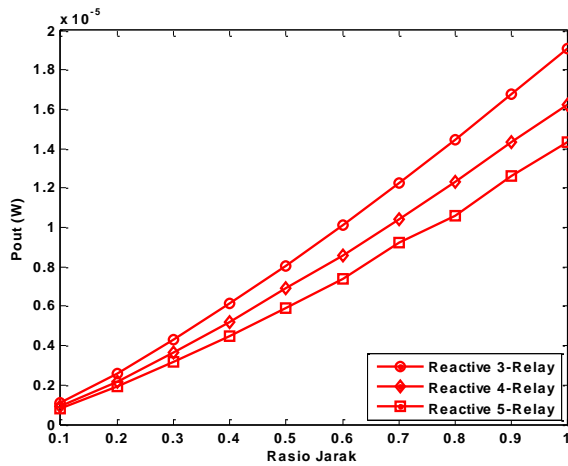
TABLE II
SKENARIO JARAK

No	Simulation Map	Rasio Jarak	Power Transmit (Ps)
----	----------------	-------------	---------------------

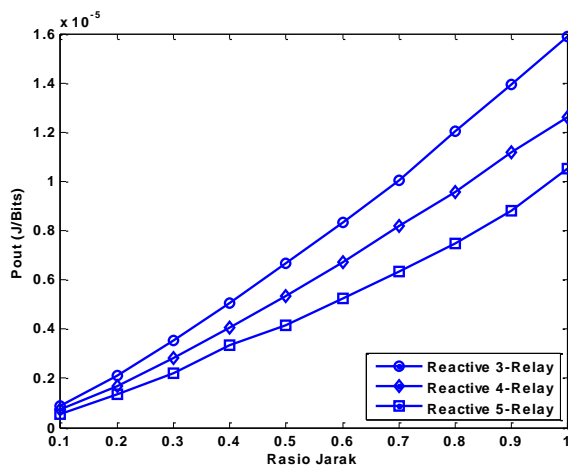
1	S	R1	0.5	0,078 W
2	S	R2	0.3	0,052 W
3	S	R3	0.2	0,039 W

dimana S adalah sumber, R1 adalah relay ke satu, R2 adalah relay ke dua, dan R3 adalah relay ke tiga. Berdasarkan TABEL II dapat dilihat bahwa relay terbaik yang akan dipilih untuk mengirimkan informasi dari sumber ke tujuan adalah relay ke 3 (R3) dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak maka daya transmisi yang dibutuhkan untuk mengirimkan sinyal informasi dari sumber ke tujuan melalui perantara relay akan semakin besar.

Proses simulasi diamati pula pengaruh konsumsi energi terhadap penambahan jumlah relay. Dengan adanya penambahan jumlah relay diperoleh tingkat konsumsi energi semakin rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 untuk jaringan *multi-relay QF* dengan *reactive relay selection* dan Gambar 7 untuk jaringan *multi-relay QF* dengan *proactive relay selection*.



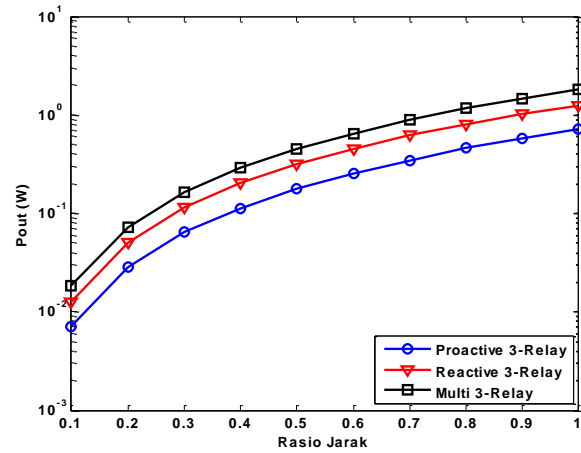
Gambar 6 Konsumsi Daya Reactive Relay Selection



REFERENSI

[1] H. Zhu, K.J.R. Liu, *Resource Allocation for Wireless Networks: Basics, Techniques, and Applications*, Cambridge University Press, 2008.

Gambar 7 Konsumsi Daya Proactive Relay Selection



Gambar 8 Perbandingan Konsumsi Daya

Pada simulasi di asumsikan besaran informasi yang dikirimkan dengan menggunakan teknologi LTE yang memiliki bit rate 100 Mbps. Berdasarkan Gambar 8 dihasilkan konsumsi daya $9,20 \times 10^{-1}$ J/Bits untuk jaringan *multi-relay* konvensional, $5,67 \times 10^{-2}$ J/Bits untuk jaringan *multi-relay* dengan *reactive relay-selection* dan $2,82 \times 10^{-2}$ J/Bits untuk jaringan *multi-relay* dengan *proactive relay-selection*.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan, penerapan strategi pemilihan relay pada jaringan kooperatif nirkabel dengan protokol *Quantize and Forward (QF)*:

1. Menghasilkan tingkat konsumsi energi lebih efisien dibandingkan dengan jaringan tanpa pemilihan relay (*non relay-selection*).
2. Pemilihan relay berhasil dilakukan dengan dua metode yaitu: *reactive relay-selection* dan *proactive relay-selection*. *Channel state information (CSI)* digunakan untuk mengukur parameter *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang menjadi acuan dalam pemilihan relay terbaik (*best relay*).
3. Terdapat perbandingan tingkat konsumsi dan efisiensi energi pada kedua teknik pemilihan relay yang digunakan, hal ini terjadi karena pada teknik *reactive relay-selection* sinyal informasi dibroadcast ke semua node relay dan relay terbaik yang akan meneruskan informasi ke tujuan, sedangkan pada *proactive relay-selection* sinyal informasi hanya dikirimkan kepada node relay terbaik untuk diteruskan ke tujuan, sehingga konsumsi energi pada metode ini lebih efisien.

[2] A. Steiner and S. Shamai, "Single-User Broadcasting Protocols over a Two-Hop Relay Fading Channel," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 11, pp. 4821-4838, 2006.

[3] Chen Brian, "Efficient Communication over Additive White Gaussian Noise and Intersymbol Interference Channels Using Chaotic Sequences", RLE Technical Report No. 598, April, 1996.

- [4] J. G. Proakis, *Digital Communication*, 3rd Ed. Singapore, Nj:McGraw-Hill Book, 1995.
- [5] A. Bletsas, Hyundong Shin, M.Z. Win, "Cooperative Communications with Outage-Optimal Opportunistic Relaying," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.6, no.9, pp.3450-3460, September 2007.
- [6] Minghua Xia, S. Aissa, "Fundamental Relations Between Reactive and Proactive Relay-Selection Strategies," *IEEE Communications Letters*, vol.19, no.7, pp.1249-1252, July 2015.
- [7] Marchenko, Nikolaj; Bettstetter, Christian; Bettstetter, Christian, "Throughput and Energy Efficiency of Cooperative Diversity with Relay Selection," *Wireless Conference 2011 - Sustainable Wireless Technologies (European Wireless)*, 11th European, 27-29 April 2011, pp.1-6.
- [8] K. Woradit, T.Q.S Quek, W. Suwansantisuk, H. Wymeersch, Wuttisittikulij, Luchakorn, M.Z. Win, "Outage behavior of selective relaying schemes," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.8, no.8, pp.3890-3895, August 2009.