

Evaluasi Algoritma Rate Adaptation untuk Wireless Mesh Network

Evaluation on Rate Adaptation Algorithm Applied For Wireless Mesh Network

Zahrul Maizi^{1,2*}, Teuku Yuliar Arif¹, Nasaruddin¹

¹Jurusan Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unsyiah

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekah

Penelitian ini mengevaluasi beberapa algoritma *rate adaptation* untuk mendapatkan algoritma yang paling sesuai digunakan pada jaringan *wireless mesh network* (WMN). Pada beberapa penelitian terdahulu, evaluasi terhadap algoritma-algoritma *rate adaptation* masih terbatas pada kinerja algoritma *rate adaptation* secara umum dan pada jaringan yang sederhana, sedangkan untuk penelitian ini dikhususkan pada kenaikan nilai *throughput* yang disebabkan oleh penerapan algoritma *rate adaptation* dan pada jaringan yang lebih kompleks yaitu WMN. Algoritma *rate adaptation* yang dipilih untuk dievaluasi adalah algoritma-algoritma yang sudah umum digunakan, yaitu algoritma *auto rate fallback* (ARF), *adaptive auto rate fallback* (AARF) dan *collision aware rate adaptation* (CARA). Evaluasi dilakukan melalui serangkaian simulasi menggunakan software NS-3 untuk mengetahui nilai *throughput* yang dihasilkan oleh masing-masing algoritma pada kondisi jaringan WMN dengan jumlah node yang berbeda-beda. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kinerja algoritma CARA mampu melampaui kinerja dua algoritma lainnya, yaitu ARF dan AARF untuk kondisi jaringan WMN yang kompleks (grid 4x5 dan 5x5).

This paper attempts to evaluate some rate adaptation algorithms in order to find the most suitable algorithm to be used in the wireless mesh network (WMN) environment. In some previous researches, the evaluation on these algorithms is still limited on a general rate algorithm performance and in a simple network, while this research was devoted on the increase in throughput value due to the implementation of rate adaptation algorithm and in a more complicated network, WMN. The rate adaptation algorithms evaluated in this research were *auto rate fallback* (ARF), *adaptive auto rate fallback* (AARF) and *collision aware rate adaptation* (CARA), which are the most commonly used algorithm. The evaluation was carried out through a series of simulation using NS-3 software to find out the throughput value resulted by each algorithm. The evaluation result showed that the CARA algorithm outperformed two other algorithms, i.e. ARF and AARF, for a complex WMN condition (grid 4x5 and 5x5).

Keywords: Jaringan WMN, throughput, rate adaptation algorithm, CARA, NS-3

Pendahuluan

Jaringan *wireless mesh network* (WMN) merupakan teknologi jaringan alternatif baru yang sangat pesat perkembangannya dan dapat secara luas diterapkan untuk berbagai aplikasi jaringan karena berbagai keunggulan dan karakteristik yang dimilikinya, diantaranya adalah fitur biaya yang rendah dan konfigurasi yang lebih cepat (Capone, A. & Carello, G. 2006). Namun demikian, karena merupakan sebuah jaringan multihop yang kompleks, jaringan WMN ini masih memiliki beberapa keterbatasan misalnya dalam hal *throughput*, *loss rate*, dan *delay*, dimana ketiganya merupakan penentu kinerja dan kualitas layanan

akses internet di dalam jaringan ini. *Algoritma Rate Adaptation* menjadi salah satu penentu untuk kualitas transmisi data pada jaringan WMN, dimana nilai *throughput* dalam transmisi data selalu berpengaruh pada data rate yang digunakan. Oleh karenanya, dalam penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap algoritma *rate adaptation* yang biasa digunakan dalam jaringan wireless yaitu ARF, AARF dan CARA. Ada banyak algoritma *rate adaptation* yang telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir, diantaranya dan yang paling umum digunakan adalah *auto rate fallback* (ARF), *adaptive auto rate fallback* (AARF) dan *collision aware rate adaptation* (CARA)

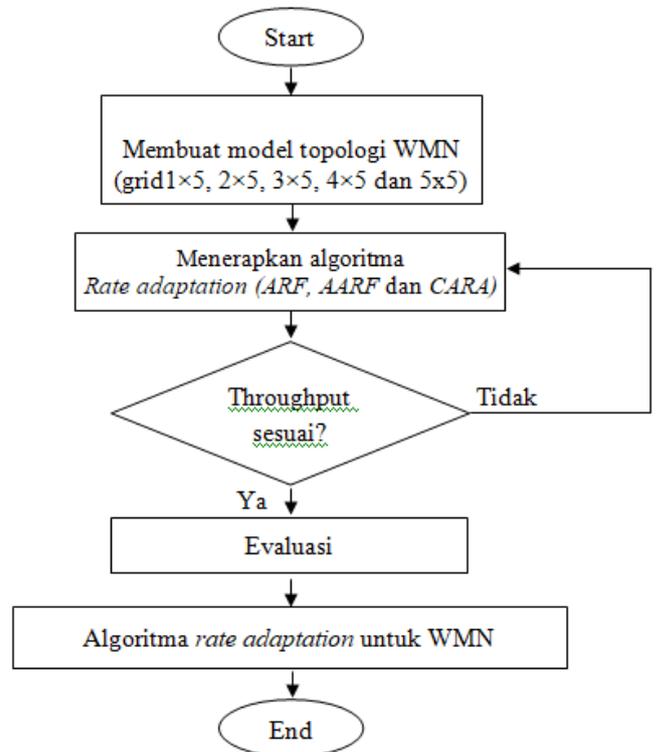
(Senthilkumar, D. & Krishnan, A. 2010). ARF merupakan algoritma *rate adaptation* paling awal yang dikembangkan untuk protocol IEEE 802.11 berbasis jaringan wireless. Algoritma ini bekerja dengan memilih satu dari dua rate yang paling baik kinerjanya di dalam suatu lingkungan yang dinamis dan merekam informasi tentang *bit-rate* yang ada dan jumlah transmisi yang sukses tanpa pengulangan transmisi, karenanya, algoritma ini sangat sederhana (Senthilkumar, D. & Krishnan, A. 2010). Sedangkan, algoritma AARF merupakan pengembangan dari algoritma ARF yang mekanisme kerjanya meningkatkan jumlah *history* yang tersedia untuk membantu pengambilan keputusan yang lebih baik. Tidak seperti pendahulunya yang mempertahankan *bit-rate* konstan, AARF justru menyesuakannya secara adaptif (Lacage, M., Manshaei, M. H., & Turletti, T. 2004). Sementara, CARA merupakan salah satu algoritma paling handal untuk lingkungan yang sangat dinamis yang didesain untuk mengatasi tabrakan tanpa menggunakan frame RTS/CTS (*request-to-send/clear-to-send*). CARA menyesuaikan *data rate* seperti pada algoritma ARF, kecuali untuk RTS/CTS. Salah satu fitur paling menonjol pada algoritma ini adalah kemampuannya untuk membedakan tabrakan akibat *channel error* pada sisi transmitter tanpa bantuan/umpan balik dari stasiun penerima (Kim, J. et al., 2006).

Di dalam penelitian ini, ketiga algoritma di atas dievaluasi untuk melihat *throughput* optimal yang mampu dihasilkannya sehingga dapat diketahui algoritma yang paling sesuai dengan kondisi jaringan WMN yang kompleks untuk grid 4x5 dan 5x5. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa CARA merupakan algoritma yang paling stabil untuk kondisi jaringan WMN yang memiliki jangkauan yang luas dan tingkat lalu lintas yang jauh lebih tinggi daripada kondisi jaringan wireless konvensional.

Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan menganalisis dan mengevaluasi algoritma *rate adaptation* untuk mendapatkan nilai *throughput* dari setiap algoritma *rate adaptation* yang diterapkan melalui simulasi terhadap jaringan tersebut menggunakan sebuah software, yaitu NS3. Software NS3 merupakan sebuah simulator jaringan yang target utama penggunaannya adalah untuk kepentingan penelitian dan pendidikan. NS3

merupakan software gratis dibawah lisensi GNU GPLv2 yang tersedia secara publik. Evaluasi dilakukan terhadap algoritma-algoritma *rate adaptation* yang umum digunakan, yaitu ARF, AARF dan CARA untuk mengetahui algoritma *rate adaptation* yang paling sesuai pada jaringan WMN. Pengujian terhadap ketiga algoritma tersebut dilakukan melalui tahap-tahap berikut (Gambar 1).



Gambar 1 Tahapan pengujian awal

Gambar 1 memperlihatkan proses pengujian awal algoritma yang akan dilakukan pada penelitian ini. Tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Membuat model topologi

Pada tahapan ini terlebih dahulu dibuatkan model simulasi yang dimulai dengan membangun beberapa jenis topologi grid untuk jaringan WMN dengan menggunakan protocol 802.11a, topologi ini diuji untuk lima keadaan dalam jumlah node yang berbeda, yaitu keadaan pertama dengan node 1x5, keadaan yang kedua dengan node 2x5, keadaan ketiga dengan node 3x5, keadaan keempat dengan node 4x5 dan keadaan kelima dengan node 5x5 dengan jarak antara node adalah 50 meter dan paket data yang dikirimkan sebesar 1024 kbps menggunakan protokol TCP. Topologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah topologi GRID, jenis topologi ini dipilih dikarenakan topologi ini lebih ideal dan mudah dalam pengaturan

beberapa parameter yang sifatnya konstan seperti parameter jarak untuk setiap *hop* yang dilewati paket data.

2. Menerapkan algoritma *rate adaptation*

Selanjutnya pada topologi WMN tersebut, akan diterapkan algoritma *rate adaptation* yang sudah umum digunakan didalam jaringan wireless, yaitu algoritma *ARF*, *AARF*, dan *CARA*. Dari penerapan algoritma ini dapatkan algoritma *rate adaptation* yang sesuai dengan jaringan WMN yang kompleks.

3. Evaluasi

Pada tahapan ini nilai *throughput* adalah nilai dalam kondisi awal, nilai *throughput* yang diharapkan pada kondisi ini adalah meningkat, stabil dan bertahan dengan perubahan kondisi jaringan yang relatif cepat untuk jaringan WMN. Maksimum *throughput* yang dapat dicapai untuk setiap node pada sebuah jaringan WMN adalah tingkat maksimum dimana pengirim harus dapat membangkitkan nilai *throughput* dengan mengacu pada nilai data rate yang dibangkitkan. *Throughput* maksimum yang dapat dicapai adalah berbanding terbalik dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melayani paket-paket yang lewat dan jumlah rata-rata aliran data yang dilayani oleh router.

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung besarnya *throughput* pada simulasi di dalam penelitian ini.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Rx bite paket diterima} \times 8}{\text{total time Rx paket} - \text{time first Tx paket}} \quad (1)$$

dimana *Rx bite* adalah jumlah paket yang diterima. *Total time Rx paket* adalah waktu total paket diterima. *Time first Tx paket* adalah waktu awal pengiriman paket.

4. Hasil Pengujian

Pada tahapan ini adalah hasil pengujian sebagai evaluasi yaitu didapatkannya satu algoritma *rate adaptation* yang paling sesuai untuk kondisi jaringan WMN.

Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, jaringan WMN terdiri dari beberapa node yang dibentuk dalam topologi grid,

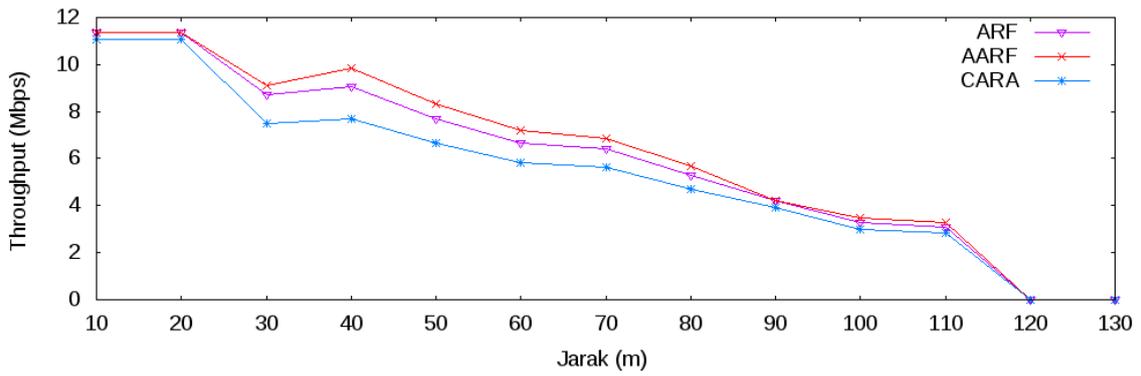
yaitu grid 1×5, 2×5, 3×5, 4×5 dan 5×5. Pada grid 4×5 dan 5×5 sudah dikatakan jaringan WMN kompleks dikarenakan node transmisi datanya sudah semakin banyak. Jarak antar setiap node-node tersebut dibuat konstan tanpa ada pengaruh interferensi dan *packet noise* di dalamnya. Untuk pengujian terhadap ketiga algoritma tersebut dilakukan dengan memanfaatkan topologi grid, dimana jarak antar setiap node adalah 50 meter dengan ukuran paketnya sebesar 1024 kbps menggunakan protokol *TCP* sebagai protokol komunikasi data dengan port 8080 dan *Internet Protocol (IP)* 10.1.3.0/24.

Pada pengujian ini data rate yang dibangkitkan adalah 54 Mbps dan jenis protokol WiFi yang digunakan adalah 802.11a dengan waktu pengujian selama 50 detik untuk setiap node. Model *routing* yang digunakan dalam pengujian ini adalah *ad-hoc on-demand distance vector routing (AODV)*. Pemilihan AODV sebagai *routing* adalah karena pertimbangan AODV merupakan protokol *routing* yang umum digunakan untuk kondisi jaringan dengan jumlah node yang banyak seperti pada jaringan WMN.

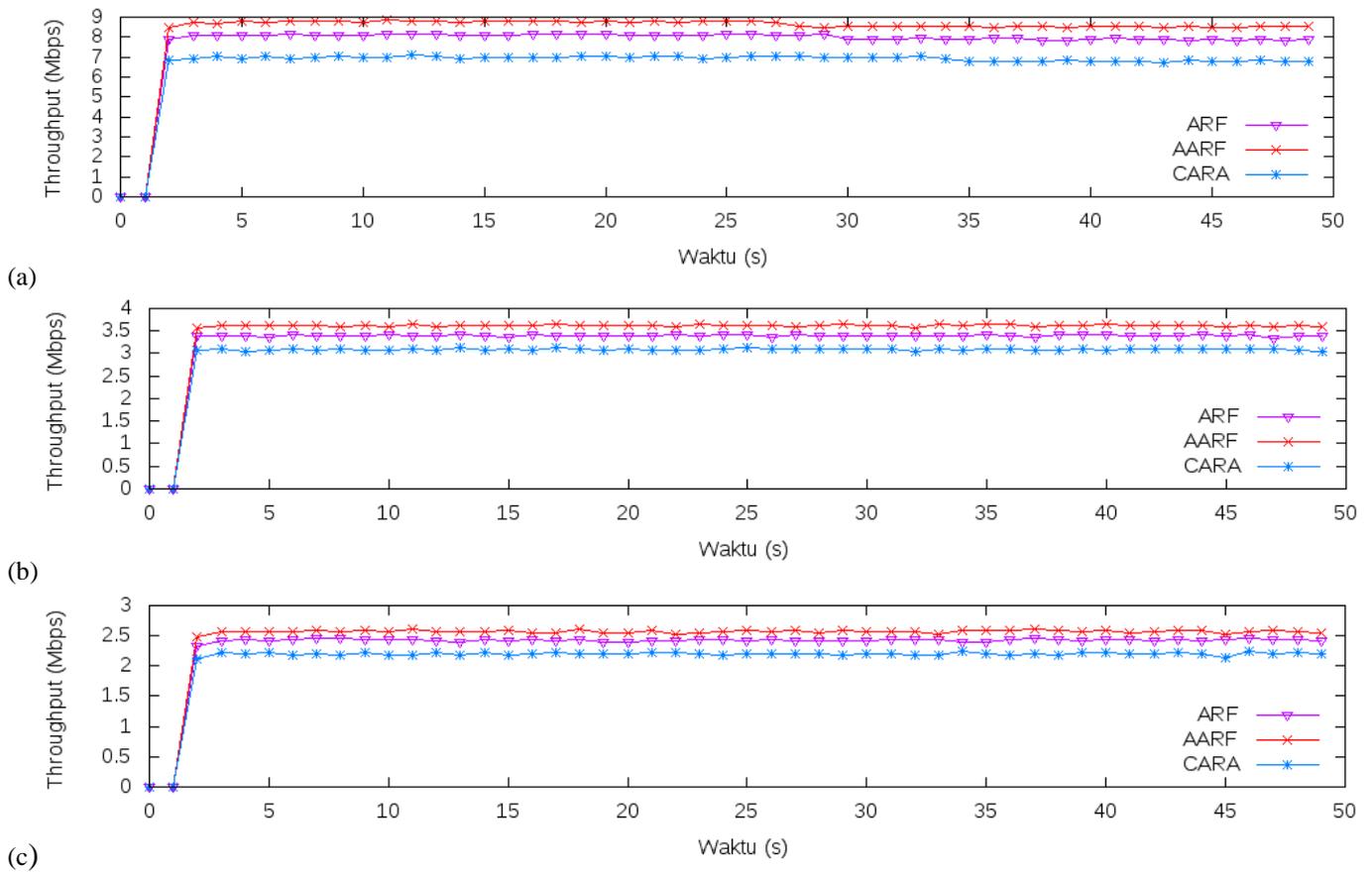
Pengujian awal untuk melihat pengaruh jarak dan waktu terhadap throughput

Hasil pengujian jarak antar node untuk grid 1×2 didapatkan bahwa grid ini hanya mampu mengirimkan data sampai jarak maksimal 120 m dan akan menurun setelah jarak 120 m bahkan akan hilang pada jarak 130 m (Gambar 2). Karenanya, untuk mengatasi hal tersebut penelitian ini menggunakan protokol *routing* dalam pengujian, yang bertujuan untuk menjaga koneksi antar node pada jaringan WMN mengingat semakin kompleks sebuah jaringan WMN maka semakin jauh pula jarak antara node pengirim dengan node penerima. Gambar 2 menunjukkan juga bahwa parameter jarak sangat berpengaruh terhadap nilai *throughput* yang dihasilkan dimana semakin jauh jarak antara node pengirim dengan node penerima maka semakin kecil nilai *throughput* yang dihasilkan.

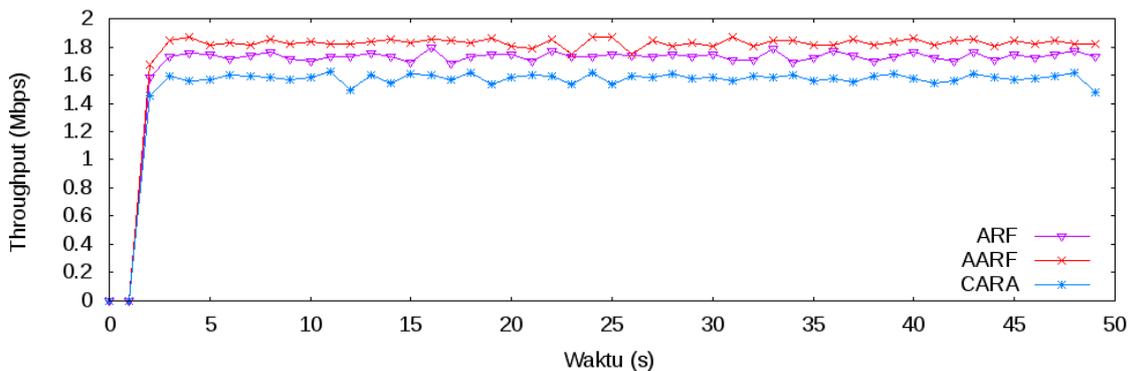
Throughput sendiri merupakan nilai *bandwidth* sebenarnya (aktual) yang menunjukkan kecepatan transfer data dalam kurun waktu tertentu, sedangkan *bandwidth* merupakan besar ukuran transfer data yang dapat dikirimkan dari pengirim ke penerima.



Gambar 2 Hasil pengujian *throughput* terhadap jarak pada algoritma ARF, AARF dan CARA (grid 1x2)



Gambar 3 Hasil pengujian *throughput* terhadap waktu pada (a)grid 1x2, (b) grid 1x3 dan (c) grid 1x4



Gambar 4 Hasil pengujian *throughput* terhadap waktu pada grid 1x5

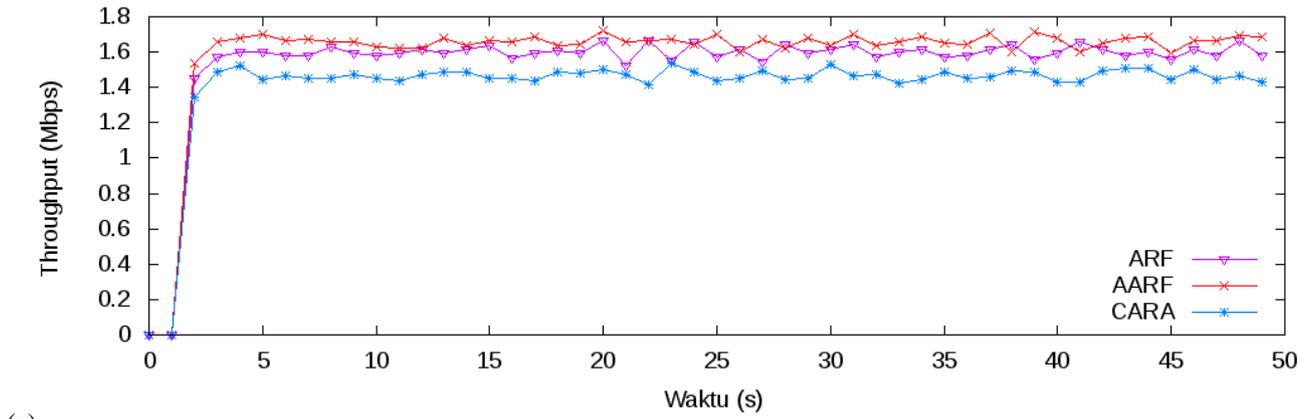
Pengujian nilai throughput pada setiap jumlah grid pada jaringan WMN

Pada pengujian grid 1×2 , nilai rata-rata *throughput* untuk ARF sebesar 7.6965472 Mbps, AARF sebesar 8.3100506 Mbps dan CARA sebesar 6.649774 Mbps. Pada pengujian ini hanya menggunakan 2 node sebagai *point-to-point* dengan jarak 50 m, pengujian sederhana ini dilakukan untuk melihat kondisi awal dari jaringan wireless menggunakan algoritma *rate adaptation* ARF, AARF dan CARA. Pada pengujian grid 1×3 , nilai rata-rata *throughput* untuk masing-masing algoritma adalah: ARF sebesar 3.2611098 Mbps; AARF sebesar 3.4749096 Mbps; dan CARA sebesar 2.9640376 Mbps. Nilai *throughput* semakin menurun pada grid 1×3 ini dimana algoritma AARF masih melampaui dua algoritma lainnya, yaitu ARF dan CARA. Penurunan nilai *throughput* disebabkan oleh semakin banyaknya node yang terlibat serta semakin besarnya jarak antara node pengirim dan node penerima. Kondisi seperti ini, dimana nilai *throughput* AARF melampaui nilai *throughput* ARF dan CARA, akan terus berlanjut hingga grid 1×5 . Kemudian pada pengujian grid 1×4 , nilai rata-rata *throughput* untuk setiap algoritma adalah: ARF sebesar 2.3313 Mbps; AARF sebesar 2.4658576 Mbps; dan CARA sebesar 2.1109822 Mbps. Pengujian dilakukan dengan 4 node, sama halnya dengan pengujian sebelumnya yaitu nilai *throughput* menurun untuk setiap algoritma *rate adaptation* dan nilai *throughput* algoritma AARF masih melampaui dua algoritma lainnya (Gambar 3).

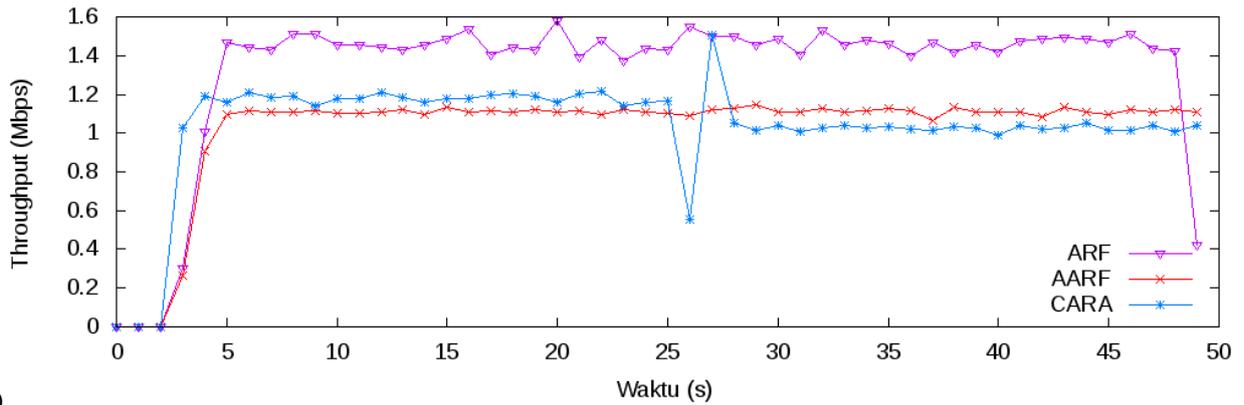
Pada Gambar 4, pengujian grid 1×5 , nilai rata-rata *throughput* untuk masing-masing algoritma adalah: ARF sebesar 1.6618568 Mbps; AARF sebesar 1.7537926 Mbps; dan CARA sebesar 1.5120344 Mbps. Seperti pada grid 1×3 dan 1×4 , nilai *throughput* pada grid 1×5 ini juga terus menurun dan algoritma AARF masih mengungguli dua algoritma lainnya. Sedangkan untuk grid 2×5 , nilai *throughput* untuk masing-masing algoritma tetap stabil tanpa ada kenaikan dan penurunan yang signifikan dikarenakan topologi grid yang digunakan masih menggunakan rute yang sederhana yaitu 2×5 seperti terlihat pada Gambar 5. Meskipun sudah mulai ada kemungkinan tabrakan data, hal yang sama seperti pada kondisi grid perkalian satu juga masih berlaku pada grid 2×5 ini, dimana kinerja algoritma AARF mampu melampaui kinerja ARF dan CARA, karena tabrakan-tabrakan data tersebut masih sangat sedikit. Nilai *throughput* yang

dihasilkan dari topologi ini adalah: algoritma ARF sebesar 1.5334746 Mbps; AARF sebesar 1.5921346 Mbps; dan CARA sebesar 1.4067214 Mbps. Sementara untuk grid 3×5 yang merupakan grid yang sudah mendekati WMN yang kompleks, nilai *throughput* untuk masing-masing algoritma sudah mulai menunjukkan penurunan bahkan untuk AARF yang nilai *throughput* sebelumnya lebih tinggi menjadi paling rendah untuk rentang waktu tertentu, sedangkan algoritma ARF menunjukkan penurunannya pada detik ke-50 dan algoritma CARA menunjukkan penurunan yang cukup signifikan pada detik ke-25 dan kemudian membuat loncatan yang cukup tinggi pada detik ke-27. Perubahan yang sangat signifikan pada CARA ini kemungkinan besar disebabkan oleh adanya tabrakan data sementara waktu untuk mempertahankan nilai *throughput* masih belum maksimal. Nilai *throughput* yang dihasilkan dari topologi grid 3×5 adalah: algoritma ARF sebesar 1.32156168 Mbps; AARF sebesar 1.02371644 Mbps; dan CARA sebesar 1.0327222 Mbps.

Hasil untuk grid 4×5 menunjukkan jaringan WMN yang sudah kompleks dan kemungkinan tabrakan semakin besar, hasil pengujian *throughput* terhadap waktu menunjukkan bahwa algoritma CARA memiliki nilai *throughput* paling tinggi dan lebih stabil dibandingkan dua algoritma lainnya. Kondisi ini disebabkan karena algoritma CARA adalah algoritma yang boleh mengirimkan data tanpa harus menggunakan mode RTS/CTS, kemudian algoritma CARA juga mampu membedakan tabrakan dengan *channel error* pada sisi *transmitter* tanpa bantuan/*feedback* dari node penerima. Nilai *throughput* yang dihasilkan pada topologi grid 4×5 untuk setiap algoritma adalah: ARF sebesar 0.38729212 Mbps; AARF sebesar 0.04047876 Mbps; dan CARA sebesar 1.3321956 Mbps. Pada pengujian untuk grid 5×5 , menunjukkan bahwa algoritma CARA masih memiliki nilai *throughput* paling tinggi seperti pada grid 4×5 dan lebih stabil dibandingkan dua algoritma lainnya, yaitu ARF dan AARF, hanya saja pada kondisi grid 5×5 nilai *throughput* sempat mengalami penurunan yang signifikan antara detik ke-16 sampai ke-18 kemudian meningkat kembali mulai dari detik ke-19 dan turun lagi pada detik ke-47 sampai detik ke-50 yaitu detik terakhir pengiriman nilai *throughput* turun sampai 0.4 Mbps (Gambar 6).

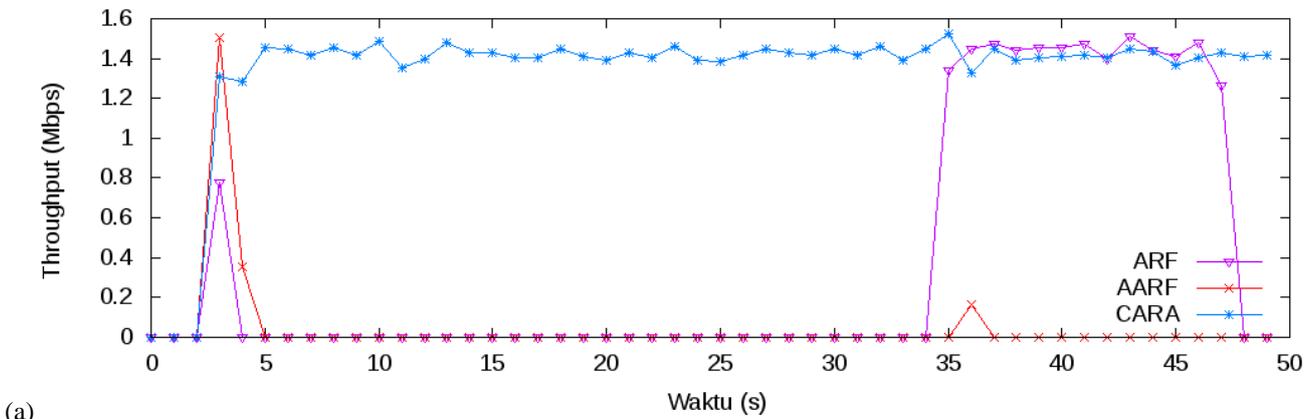


(a)

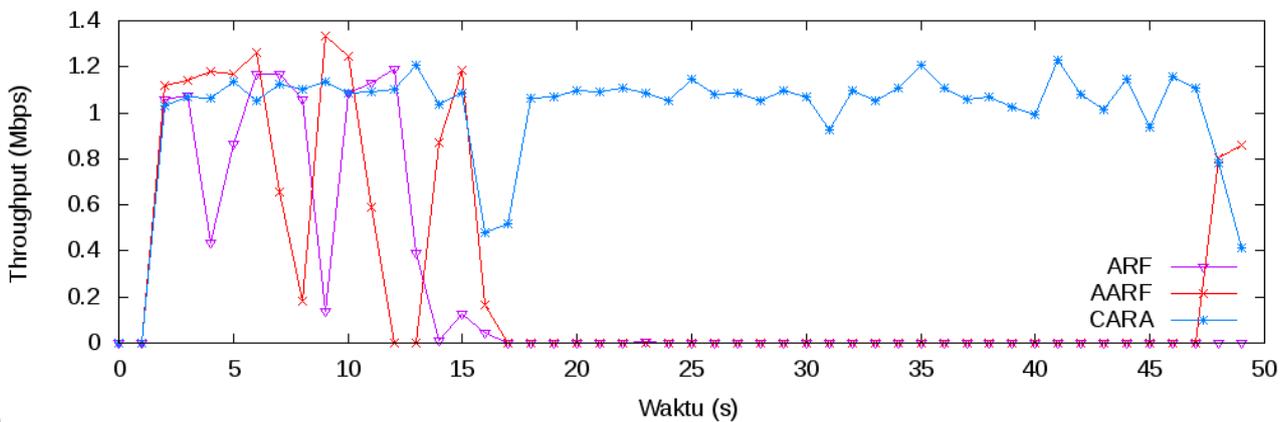


(b)

Gambar 5 Hasil pengujian *throughput* terhadap waktu pada (a) grid 2x5 dan (b) grid 3x5

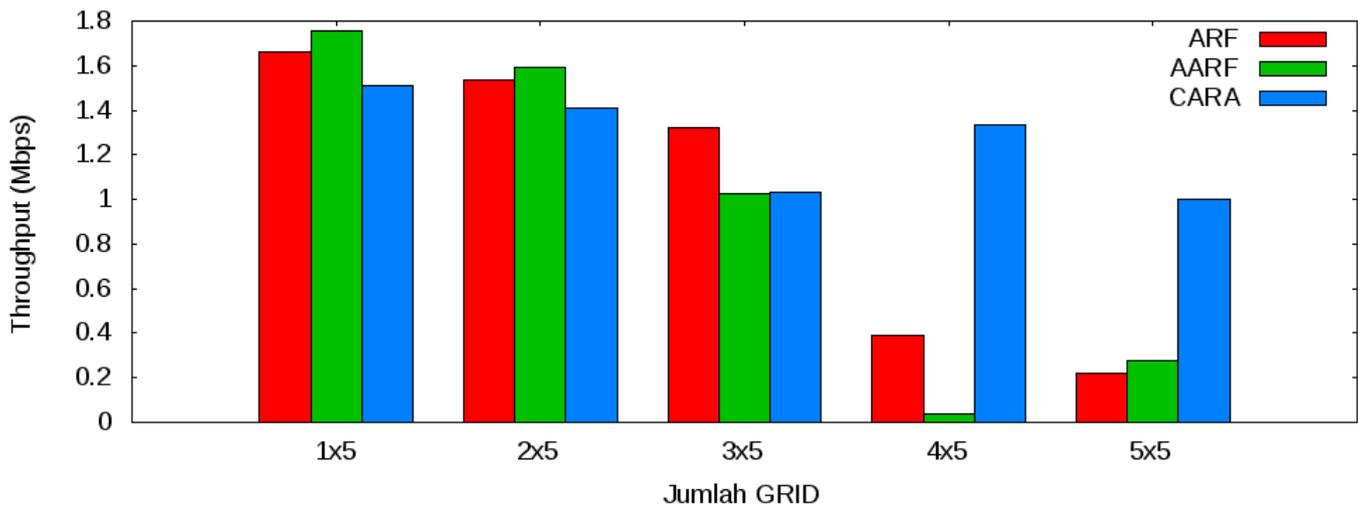


(a)



(b)

Gambar 6 Hasil pengujian *throughput* terhadap waktu pada (a) grid 4x5 dan (b) grid 5x5

Gambar 7 Nilai *throughput* pada setiap jumlah grid

Nilai *throughput* yang dihasilkan pada topologi grid 5x5 untuk setiap algoritma adalah: ARF sebesar 0.21885948 Mbps; AARF sebesar 0.27503256 Mbps; dan CARA sebesar 0.99901848 Mbps. Untuk pengujian lengkapnya pada setiap grid dapat dilihat pada Gambar 7. Gambar tersebut memperlihatkan nilai *throughput* untuk masing-masing jumlah grid (1x5, 2x5, 3x5, 4x5 dan 5x5) dimana kondisi jarak dan rute data yang dilalui sangat berpengaruh terhadap nilai *throughput* yang dihasilkan. Perubahan kondisi jaringan yang begitu cepat atau kondisi rute yang terlalu banyak menyebabkan algoritma ARF dan AARF tidak dapat beradaptasi dengan cepat dan cenderung menurunkan nilai *throughput*nya, berbeda dengan algoritma CARA yang lebih stabil nilai *throughput*nya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa algoritma CARA merupakan algoritma *rate adaptation* yang paling sesuai untuk jaringan WMN kompleks, dibandingkan ARF dan AARF.

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap tiga algoritma yang paling umum digunakan pada jaringan wireless, yaitu: ARF, AARF dan CARA berdasarkan nilai *throughput* yang dihasilkannya untuk kondisi jaringan WMN. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa algoritma CARA mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan dua algoritma lainnya, yaitu ARF dan AARF pada jaringan WMN kompleks, hal

ini dikarenakan algoritma tersebut mampu melihat tabrakan data yang sangat umum terjadi pada jaringan WMN yang sering menjadi penyebab gagalnya transmisi data yang pada akhirnya menjatuhkan nilai *throughput*.

Referensi

- Capone, A. & Carello, G. 2006. Scheduling optimization in wireless mesh networks with power control and rate adaptation. In *Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2006. SECON'06. 2006 3rd Annual IEEE Communications Society on*, (Vol. 1, pp. 138-147). IEEE.
- Senthilkumar, D. & Krishnan, A. 2010. Throughput analysis of IEEE 802.11 multirate WLANs with collision aware rate adaptation algorithm. *International Journal of Automation and Computing*, 7(4), 571-577.
- Lacage, M., Manshaei, M. H., & Turletti, T. 2004, October. IEEE 802.11 rate adaptation: a practical approach. In *Proceedings of the 7th ACM international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems* (pp. 126-134). ACM.
- Kim, J., Kim, S., Choi, S., & Qiao, D. 2006, April. CARA: Collision-Aware Rate Adaptation for IEEE 802.11 WLANs. In *INFOCOM* (Vol. 6, pp. 1-11).