



## Penjadwalan Berbasis MAC 802.11 dan Routing ACO pada *Wireless Sensor Network*

R.A. Fattah Adriansyah<sup>1</sup>, Reza Firsandaya Malik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

<sup>2</sup>Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

<sup>1</sup>gamenote1234@gmail.com, <sup>2</sup>rezafm@unsri.ac.id

### Abstract

Wireless Sensor Network (WSN) has limited energy characteristics so that the proper configuration is needed in order to create the WSN has a low energy consumption to extend the WSN's life time. By utilizing the collision incident which is difficult to avoid while nodes transmit data packets so that it can reduce the network's performance, and then makes it as an active - sleep scheduling that can improve the energy efficiency of WSN. So in this study, we proposed an Ant Colony Optimization (ACO) based routing protocol with collision based MAC 802.11 which will be compared with ACO based routing protocol with MAC 802.11 on WSN in terms of energy efficiency. The results obtained from the simulation carried out is that WSN on the grid topology with the small number of nodes (12 nodes) that using an ACO routing protocol with MAC 802.11 collision based has increased energy efficiency by 91.7% while with the large number of nodes (70 nodes) has increased energy efficiency by 81.4%.

Keywords: energy efficiency, scheduling, WSN, routing protocol, collision

### Abstrak

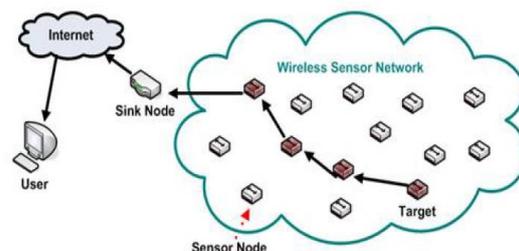
*Wireless Sensor Network* (WSN) memiliki karakteristik energi yang terbatas sehingga dibutuhkan konfigurasi yang tepat agar bisa membuat jaringan WSN memiliki konsumsi energi yang rendah untuk memperpanjang masa pakai jaringan WSN. Dengan memanfaatkan kejadian tabrakan (*collision*) yang sulit untuk dihindari pada saat node melakukan transmisi paket data dan dapat menurunkan performa pada suatu jaringan, yang kemudian menjadikannya sebagai penjadwalan *active - sleep* yang dapat meningkatkan efisiensi energi jaringan WSN. Maka pada penelitian ini diusulkan protokol *routing* berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO) dengan MAC 802.11 berbasis *collision* yang akan dibandingkan dengan protokol *routing* berbasis ACO dengan MAC 802.11 pada WSN dalam hal efisiensi energi. Hasil yang didapat dari simulasi yang dilakukan adalah bahwa jaringan WSN yang menggunakan protokol *routing* ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* memiliki efisiensi energi node pada topologi grid dengan jumlah node sedikit (12 node) meningkat 91,7% dan jumlah node banyak (70 node) meningkat 81,4%.

Kata kunci: efisiensi energi, penjadwalan, WSN, protokol *routing*, *collision*

© 20xx Jurnal RESTI

### 1. Pendahuluan

Pada Infrastruktur *Wireless Sensor Network* (WSN) terdiri dari node yang bekerja secara mandiri dimana prinsip kerjanya adalah dengan melakukan penginderaan pada lingkungan, kemudian mengirimkan data penginderaan melalui media transmisi, lalu mengolahnya menjadi informasi, dan diakhiri dengan pemberian keputusan [1]. Proses tersebut dapat terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Wireless Sensor Network [1]

Sementara itu fungsi komponen-komponen pada node sensor adalah sebagai *Sensing Module* (Pengindra), *Radio Transceiver* (Pengirim/Penerima data), *Storage Capacity* (Penyimpanan), *Processor* (Komputasi) dan *Power Supply* (Sumber energi) [2].

WSN terdiri dari dua atau lebih node sensor yang dapat diterapkan di berbagai lingkungan. Node sensor dapat berfungsi sebagai sensor node, *route* node dan sink node yang memiliki tugas masing – masing untuk membaca data yang ada di lingkungan, meneruskan paket data dari sebuah node ke node lain, mengumpulkan data dari node kemudian meneruskannya ke sistem lain. Node WSN memiliki kemampuan untuk beroperasi dalam lingkungan apapun dengan node lain untuk melaksanakan tugas transmisi data. Sehingga WSN dapat digunakan dalam berbagai bidang.

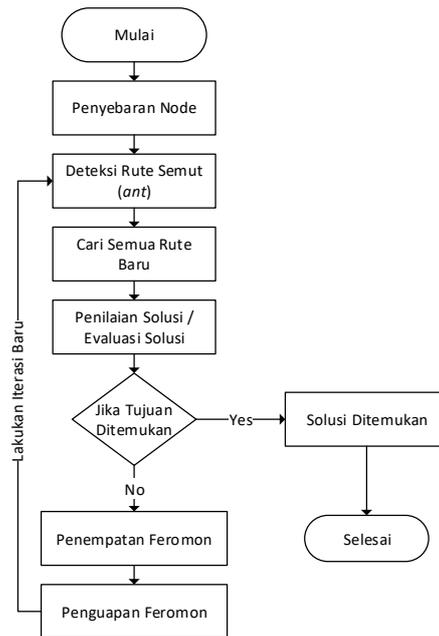
Tetapi node sensor yang membentuk WSN memiliki keterbatasan dalam hal memori rendah dan kurangnya kecepatan pemrosesan dan juga node menggunakan tenaga baterai sebagai sumber daya utama dan satu-satunya, sehingga menjadi sulit untuk mengganti baterai setelah node digunakan [1]. Hal ini menjadi tantangan bagi para peneliti untuk mengurangi konsumsi energi yang digunakan node sensor pada jaringan WSN.

Konsumsi energi WSN terbagi ke dalam tiga domain utama, yaitu: *sensing*, *wireless communication*, dan *data processing*. *Wireless communication* merupakan proses yang paling banyak mengeluarkan energi [3]. Oleh karena itu ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi tantangan ini dimana salah satunya yaitu dengan cara memaksimalkan fungsi perutean (*routing*), selain itu juga dengan penjadwalan node sensor untuk mengaktifkan dirinya sendiri hanya saat dibutuhkan untuk berkomunikasi dan kemudian berada dalam kondisi *sleep* hampir sepanjang waktu juga sebaiknya dilakukan. Penjadwalan yang efektif dan efisien sangat diperlukan untuk menjaga agar node tetap tersedia (*available*), dan memperpanjang masa hidup jaringan WSN.

Pada penelitian [1] membuktikan bahwa protokol *routing* berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO) menggunakan hampir 120% lebih sedikit energi dari node sensor untuk mentransmisikan data di antara node sensor lainnya dibandingkan dengan protokol *routing* AODV, DSDV, dan DSR di WSN. Dengan begitu protokol *routing* berbasis ACO bisa mempertahankan efisiensi energi di jaringan WSN sehingga hal ini dapat membuat masa hidup WSN lebih lama.

ACO memiliki pendekatan yang menekankan pada distribusi, fleksibilitas, ketahanan dan komunikasi langsung atau tidak langsung antara agen yang relatif sederhana. Agen adalah entitas otonom yang proaktif dan memiliki kemampuan untuk beradaptasi, bekerjasama, dan bergerak secara cerdas dari satu

lokasi ke lokasi lain dalam jaringan komunikasi [3]. Alur kerja *routing* ACO dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir protokol *routing* ACO [1]

ACO dinilai sangat cocok untuk digunakan sebagai protokol *routing* di WSN karena algoritma ACO didesentralisasi sama seperti WSN juga didesentralisasi. WSN lebih dinamis daripada jaringan kabel, tetapi node dapat kehabisan energi sehingga menyebabkan perubahan jalur. Algoritma ACO telah terbukti bereaksi cepat terhadap perubahan dalam jaringan karena mendukung jalur yang adaptif dan *routing multipath* [4].

Konsumsi energi yang tinggi di dalam sistem komunikasi WSN berkaitan dengan tabrakan (*collision*), *idle listening*, *overhearing*, dan paket kontrol *overhead* [5]. Oleh karena itu desain protokol MAC harus memiliki kemampuan untuk mengatasi tabrakan dan kegagalan node yang umum terjadi pada jaringan WSN.

Penelitian [6] membandingkan SMAC dan CSMA/CA dengan menggunakan simulator NS2, dimana hasil yang didapat adalah SMAC memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi karena menggunakan penjadwalan aktif dan *sleep* tetapi untuk kinerja dari sisi *delay*, CSMA/CA jauh lebih baik.

Ada juga beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam membuat mekanisme penjadwalan yang bertujuan meningkatkan efisiensi energi seperti dalam tulisan [7] sebuah protokol *improved SMAC* (Sensor MAC) dirancang untuk lebih meningkatkan efisiensi energi. *Improved SMAC* lebih baik dari SMAC (asli) dalam hal mengurangi kemungkinan tabrakan (*collision*) dan mampu meningkatkan efisiensi energi hampir 55% dalam interval waktu 6s.

Selanjutnya pada tulisan [8] mengusulkan AS2-MAC yang memiliki konsep *smart awake* dimana penjadwalan ini adalah skema peningkatan (*improved*) dari AS-MAC. Dari hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan AS2-MAC dapat secara signifikan mengurangi konsumsi energi pada jaringan WSN.

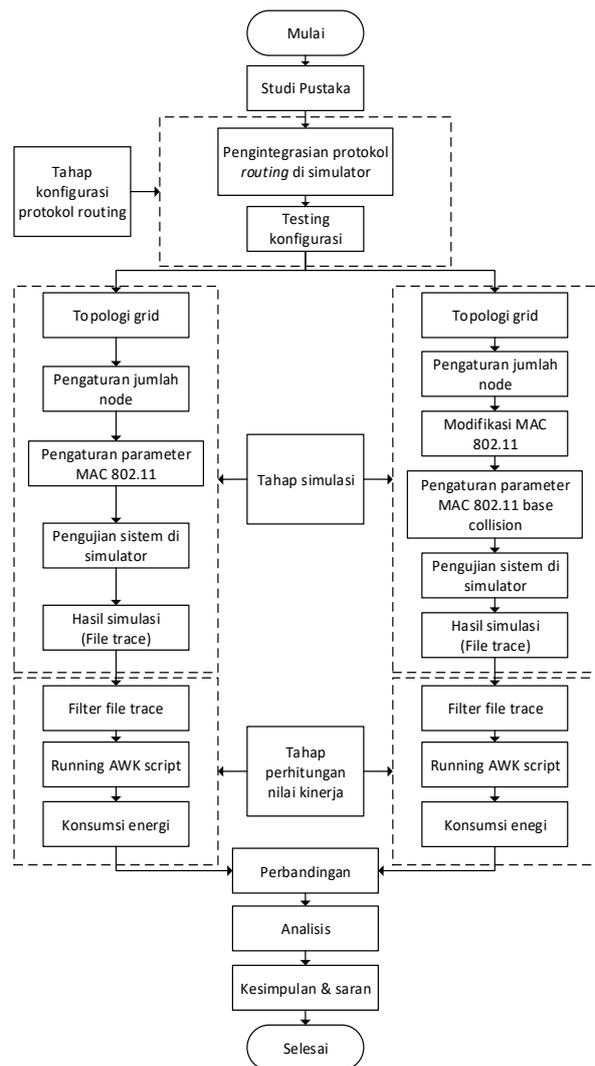
Dan dalam makalah [9] memperkenalkan protokol *Compressed Handshake Media Access Control* (CH-MAC) yang memiliki mekanisme *handshake* baru untuk mengurangi *delay* dan konsumsi energi. Node sensor secara bergantian aktif dan *sleep* dalam upaya untuk menghemat energi. Dari hasil simulasi terbukti CH-MAC mencapai *latency* yang lebih rendah dan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SMAC.

Dari penelitian diatas terlihat bahwa untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi energi selain dari perutean (*routing*) juga bisa dari penjadwalan aktif – *sleep* pada node sensor di jaringan WSN. Node sensor adalah sebuah komputer kecil ataupun perangkat terhubung yang dapat berkomunikasi satu sama lain di jaringan *wireless* dan memiliki sumber daya yang berasal dari baterai. Sehingga dengan sumber daya yang terbatas demikian selain memilih protokol *routing* yang tepat, konsumsi energi juga dapat diarahkan pada pengurangan komunikasi. Karena pada saat proses pengiriman dan aktivitas mendengarkan informasi yang sia – sia dilakukan node sensor adalah pemborosan energi. Dengan menerapkan penjadwalan *sleep* yang tepat untuk node sensor dapat mengurangi konsumsi energi pada WSN.

Penelitian ini bertujuan untuk menghemat energi pada WSN dengan melakukan *routing* yang optimal dan memanfaatkan tabrakan (*collision*) paket yang terjadi di kondisi WSN dengan node yang banyak. Pada penelitian ini WSN pada topologi *grid* dengan jumlah node 12, 30, 70 akan dianalisa dari sisi efisiensi energinya.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini pertama-tama menentukan protokol *routing* berbasis ACO yang akan dipakai yaitu AntHocNet lalu mengkonfigurasi protokol *routing* ini ke *library* Simulator. Konfigurasi ini selanjutnya disimulasikan ke dalam lingkungan WSN bertopologi *grid* 12, 30 dan 70 node. Dimana topologi ini akan menggunakan protokol MAC 802.11 dan dibandingkan dengan protokol MAC 802.11 berbasis *collision*. Kedua hasil simulasi yang berupa *file trace* (file.tr) di-filter menggunakan *script* AWK untuk menghitung konsumsi energi masing-masing node, total konsumsi energi dan rata-rata (*average*) energi dimana nilai-nilai ini akan digunakan untuk mengukur efisiensi energinya. Kemudian tahap terakhir yaitu membuat kesimpulan. Langkah-langkah yang dikerjakan dalam penelitian disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Alur Kerja Penelitian

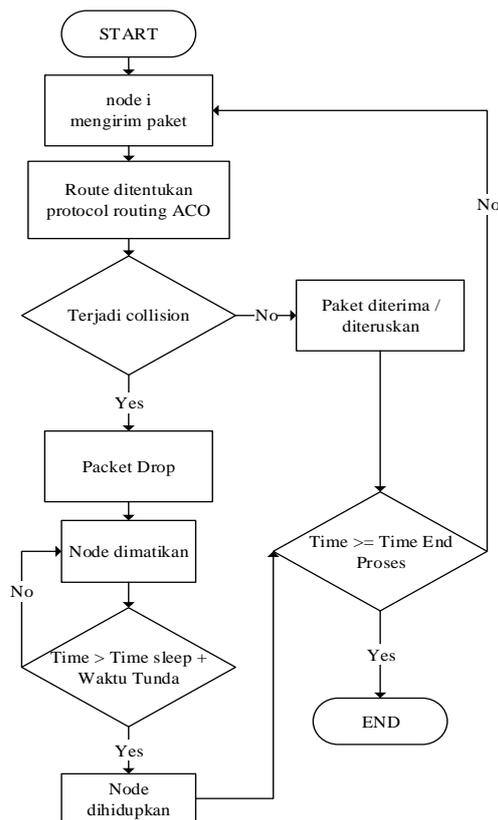
### 2.1 Protokol MAC 802.11 Berbasis Collision

Tujuan utama dari desain protokol MAC untuk WSN yang efektif adalah efisiensi energi. Pada protokol MAC 802.11 lapisan *data link* protokol memberikan akses yang adil ke saluran dengan menghindari tabrakan. Tetapi ketika lebih dari satu node melakukan transmisi dalam waktu yang bersamaan dapat menyebabkan *collision* (tabrakan) [10]. Pada jaringan WSN untuk menghindari *collision* yang terjadi dibutuhkan penjadwalan yang sekaligus dapat meningkatkan efisiensi energi

Dalam beberapa penjadwalan yang digunakan di WSN bertujuan untuk menghindari tabrakan (*collision*) agar dapat mengurangi pemborosan energi yang disebabkan oleh tabrakan, *packet control overhead*, dan *idle listening*. Pada percobaan ini yang menggunakan protokol *routing* berbasis ACO pada WSN dengan kondisi tiap node mengirim data secara terus menerus sehingga banyak terjadi tabrakan (*collision*). Oleh karena itu pada penelitian ini diterapkan MAC 802.11

berbasis *collision* dengan memanfaatkan *collision* yang terjadi pada node di WSN sebagai penjadwalan dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi.

MAC 802.11 berbasis *collision* ini memanfaatkan tabrakan (*collision*) yang terjadi sebagai *trigger* untuk mematikan node dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi dan memaksa protocol *routing* berbasis ACO untuk menggunakan rute yang lain dalam pengiriman data ke tujuan. Pada saat rute baru digunakan maka secara otomatis tidak hanya satu node yang akan merubah jalurnya untuk menuju ke tujuan, sehingga rute yang tadi tidak digunakan/tidak terlalu sibuk pada saat pengiriman data akan dimanfaatkan untuk mengirim data ke tujuan. Dan pada saat rute yang nodenya sebelumnya dimatikan lalu dihidupkan kembali maka rute ini akan digunakan lagi. Dengan dukungan dari protokol *routing* berbasis ACO yang dapat merutekan jalur dengan baik, MAC 802.11 berbasis *collision* ini dapat dimanfaatkan untuk tujuan menambah efisiensi energi. Diagram alir algoritma dari MAC 802.11 berbasis *collision* dengan protokol *routing* ACO ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir MAC 802.11 berbasis *collision*

## 2.2 Ukuran Kinerja

Tahap akhir dari penelitian ini adalah mengukur kinerja dan menganalisa hasil simulasi yang dijalankan menggunakan beberapa ukuran kinerja yaitu rata-rata

(*average*) energi, total energi dan efisiensi energi node. Dari nilai kinerja tersebut akan ditarik kesimpulan apakah jaringan WSN yang menggunakan protokol *routing* ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik kinerjanya.

Dengan menghitung konsumsi energi yang ada di jaringan dapat membantu mengukur masa hidup (*life time*) jaringan WSN. Nilai konsumsi energi digunakan untuk melihat efisiensi energi di jaringan WSN pada tiap nodenya atau secara keseluruhan. Semakin kecil konsumsi energinya maka semakin tinggi efisiensi energinya. Dimana nilai konsumsi energi tiap node dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Konsumsi energi} = E_{awal} - E_{akhir} \quad (1)$$

$$\text{Total energi} = \sum_{i=1}^N \text{Konsumsi energi} (i) \quad (2)$$

$$\text{Average energi} = \frac{\text{Total energi}}{N} \quad (3)$$

Dimana:

N = jumlah node

E<sub>awal</sub> = Energi awal

E<sub>akhir</sub> = Energi akhir

Penghitungan konsumsi energi pada tiap node, total konsumsi energi dan rata-rata (*average*) energi diaplikasikan dengan kode sebagai berikut:

```

tot_energi = 0
limit_energi = 0
FOR i in file_trace:
    konsumsi_energi[i] = e_awal - e_akhir[i]
    tot_energi = tot_energi + konsumsi_energi[i]
    IF limit_energi < konsumsi_energi[i]:
        limit_energi = konsumsi_energi[i]
    ENDFOR
average_energi = tot_energi/jumlah_node
    
```

Pada kode ini nilai awal untuk variabel *tot\_energi* dan *limit\_energi* adalah 0, dimana variabel *tot\_energi* ini digunakan untuk menambahkan tiap energi yang digunakan node. Dan *limit\_energi* ini digunakan untuk membatasi nilai *konsumsi\_energi* terhadap *energi\_awal*.

Nilai pengukuran yang terakhir adalah efisiensi energi tiap node, dimana dihitung dengan formula:

$$EE = \frac{N_{total} - N_{bad}}{N_{total}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

EE = Efisiensi energi tiap node

N<sub>total</sub> = jumlah total node

N<sub>bad</sub> = jumlah node yang memiliki konsumsi energi yang lebih tinggi

### 3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mensimulasikan penelitian ini digunakan modul AntHocNet yang dimodifikasikan ke NS2 library. Protokol 802.11 yang dimodifikasi (MAC802.11 berbasis collision) berada pada MAC library yang digunakan di NS2 Simulator. Simulasi ini dijalankan pada topologi grid dengan jumlah node 12, 30 dan 70.

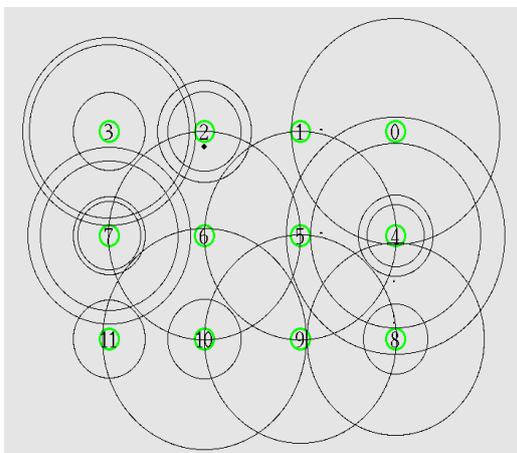
Parameter-parameter jaringan WSN yang digunakan pada simulasi ini akan dijabarkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter

Parameter	Nilai
Versi simulator	NS 2.35
Protokol Routing	AntHocNet
Tipe Paket	Udp
Tipe Trafik	Cbr
Area	200m x 200m
Waktu Simulasi	40 (Seconds)
Tipe Antena	Antena Omni
Model Energi	Energi
Energi Awal	70 joules
Tipe Interface	Wireless
Ukuran Paket	512 byte

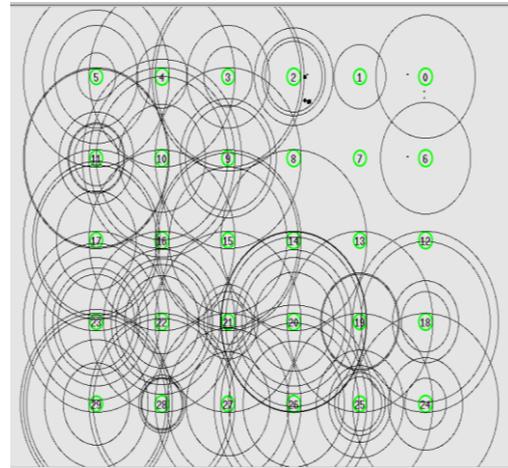
Simulasi dijalankan pada topologi grid dengan jumlah node 12, 30 dan 70. File dengan ekstensi .tcl dibuat dengan mengatur parameter, topologi, dan jumlah nodenya. File tersebut di-compile untuk menghasilkan file yang berekstensi .nam yang digunakan untuk animasi visualnya dan .tr yang digunakan oleh AWK Script untuk menghitung nilai konsumsi energi pada tiap node dan total konsumsi energi pada WSN.

Pada topologi grid terbentuk kondisi dimana node yang terkoneksi ke node tetangganya paling sedikit dengan 2 node tetangga dan paling banyak dengan 4 node tetangga. Tampilan .NAM (animasi) topologi grid dengan 12 node dengan kondisi tiap node melakukan pengiriman paket data secara terus menerus pada jaringan WSN berbasis ACO dengan MAC 802.11 maupun dengan MAC 802.11 berbasis collision yang disimulasikan dengan NS2 simulator akan ditampilkan pada gambar 5.



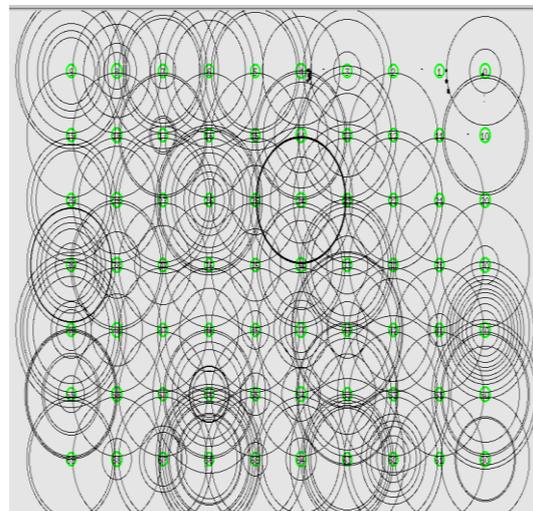
Gambar 5. Topologi grid dengan 12 node

Sedangkan topologi grid dengan 30 node dengan kondisi tiap node melakukan pengiriman paket data secara terus menerus pada jaringan WSN berbasis ACO dengan MAC 802.11 maupun dengan MAC802.11 berbasis collision yang disimulasikan dengan NS2 simulator akan ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Topologi grid dengan 30 node

Kemudian topologi grid dengan 70 node dengan kondisi tiap node melakukan pengiriman paket data secara terus menerus pada jaringan WSN berbasis ACO dengan MAC 802.11 maupun dengan MAC 802.11 berbasis collision yang disimulasikan dengan NS2 simulator akan ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Topologi grid dengan 70 node

#### 3.1 Konsumsi energi

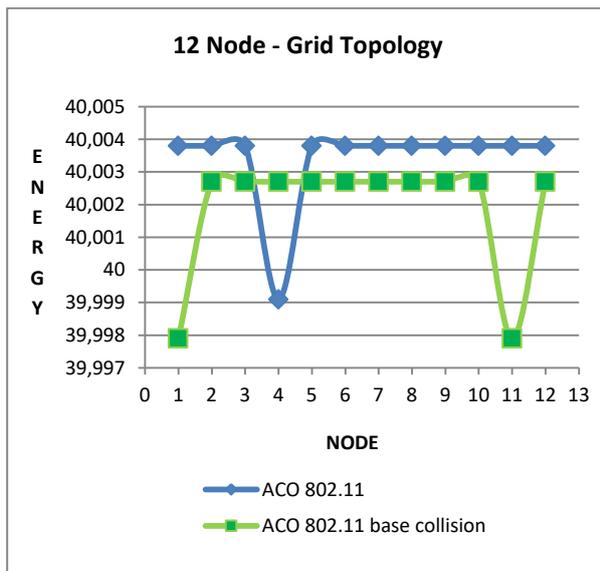
Sebagian besar node sensor di lingkungan WSN menggunakan daya baterai sebagai sumber energinya sehingga energi yang tersedia terbatas. Jika suatu node kehabisan energi maka akan menyebabkan hilangnya data di area penginderaan tempat node tersebut berada jika node sebagai pengirim. Namun jika node sebagai

router (perantara) maka rute yang melewati node tersebut akan hilang (terputus).

Pada topologi *grid* ini makin jauh posisi node pengirim dari *sink* node (node tujuan) maka makin banyak loncatan (*hop*) dan opsi rute yang dapat dipilih juga semakin banyak. Hal ini berpengaruh pada penggunaan energi. Dan berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi jaringan WSN berbasis ACO dengan MAC 802.11 dan dengan MAC 802.11 berbasis *collision* dengan jumlah 12, 30, dan 70 node secara berturut-turut pada kondisi jaringan yang sibuk. Dimana kondisi tiap node pada WSN yang disimulasikan melakukan pengiriman paket data secara terus menerus sampai simulasi berakhir, dapat terlihat bahwa pada simulasi yang dijalankan semakin banyak node pada WSN yang disimulasikan dengan menggunakan NS2 simulator akan membuat jaringan semakin sibuk.

3.1.1 Dua belas (12) node

Berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi untuk konsumsi energi tiap node pada WSN berjumlah 12 node yang disimulasikan dengan protokol *routing* berbasis ACO dengan MAC 802.11 dan dengan MAC 802.11 berbasis *collision*.



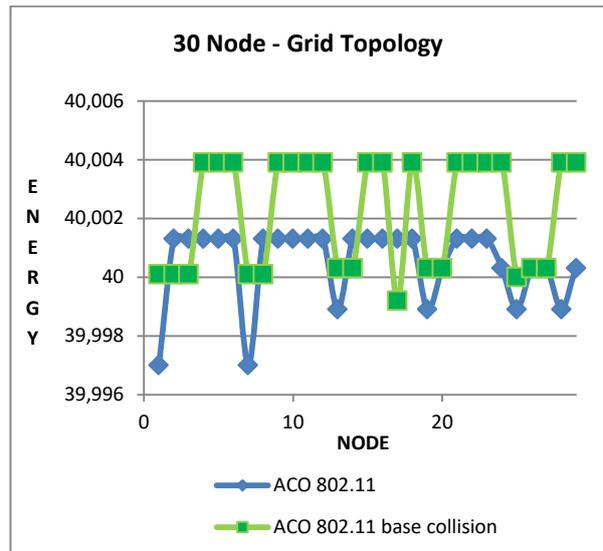
Gambar 8. Konsumsi energi tiap node pada topologi *grid* dengan 12 node

Pada gambar 8 terlihat bahwa hampir semua node pada WSN yang menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* memiliki konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan node yang menggunakan ACO MAC 802.11. Kecuali node ke-4 pada WSN yang

menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* yang lebih besar konsumsi energinya.

3.1.2 Tiga puluh (30) node

Berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi untuk konsumsi energi tiap node pada WSN berjumlah 30 node yang disimulasikan dengan protokol *routing* berbasis ACO dengan MAC 802.11 dan dengan MAC 802.11 berbasis *collision*.

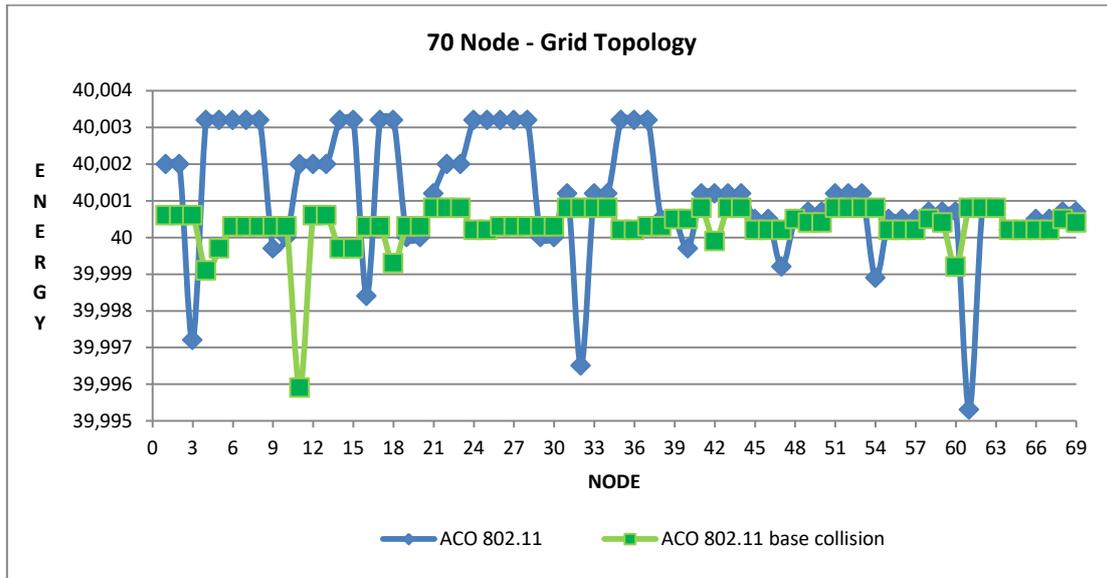


Gambar 9. Konsumsi energi tiap node pada topologi *grid* dengan 30 node

Pada gambar 9 terlihat bahwa hampir semua node pada WSN yang menggunakan ACO MAC 802.11 memiliki konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan node yang menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision*. Hanya 5 node pada WSN yang menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* yang lebih kecil konsumsi energinya.

3.1.3 Tujuh puluh (70) node

Berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi untuk konsumsi energi tiap node pada WSN berjumlah 70 node yang disimulasikan dengan protokol *routing* berbasis ACO dengan MAC 802.11 dan dengan MAC 802.11 berbasis *collision*.



Gambar 10. Konsumsi energi tiap node pada topologi *grid* dengan 70 node

Pada gambar 10 terlihat bahwa hampir semua node pada WSN yang menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* memiliki konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan node yang menggunakan ACO MAC 802.11. Hanya 13 node pada WSN yang menggunakan ACO MAC 802.11 yang lebih kecil konsumsinya.

Dari semua hasil simulasi ini terlihat pada kondisi topologi *grid* dengan jumlah 12 dan 70 node menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik dari sisi konsumsi energi tiap node. Tetapi pada kondisi 30 node, ACO MAC 802.11 berbasis *collision* tidak lebih baik.

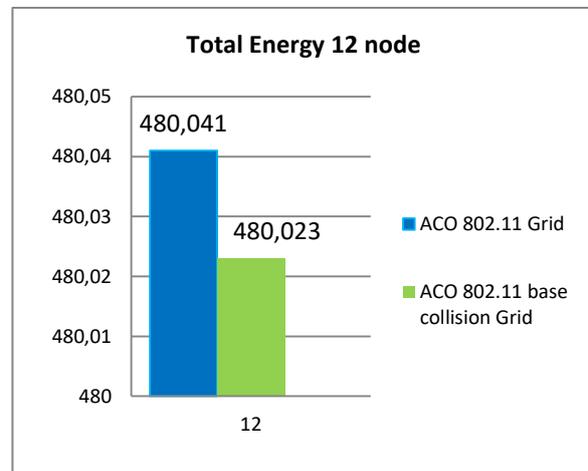
### 3.2 Total Energi dan Rata-rata Konsumsi (Average) Energi

Seperti yang sudah diketahui bahwa node sensor di lingkungan WSN memiliki energi yang terbatas. Dan hingga saat ini permasalahan keterbatasan energi pada WSN masih menjadi suatu hal yang penting untuk diperhatikan. Keterbatasan tersebut yang menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan lama tidaknya masa hidup (*life time*) suatu jaringan WSN. Karena semakin rendah nilai konsumsi energi maka semakin baik.

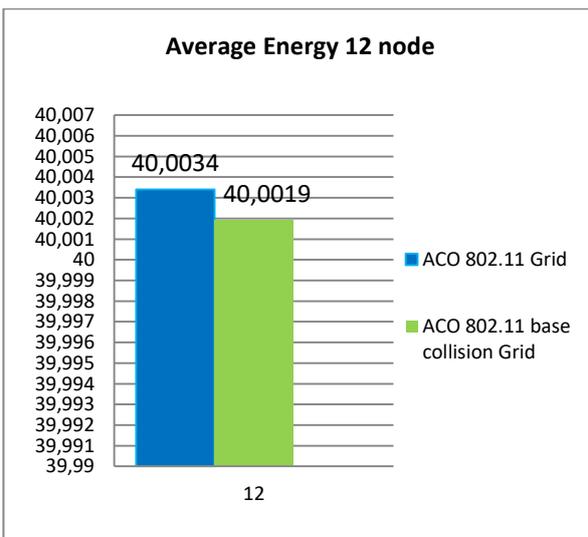
Berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi untuk total konsumsi energi dan rata-rata konsumsi (*average*) energi pada jumlah node 12, 30 dan 70 di WSN dengan topologi *grid*.

#### 3.2.1 Dua belas (12) node

Berikut ini akan ditampilkan nilai total konsumsi energi dan rata-rata konsumsi (*average*) energi 12 node yang menggunakan ACO MAC 802.11 dan ACO MAC 802.11 berbasis *collision*.



Gambar 11. Total energi pada topologi *grid* untuk 12 node

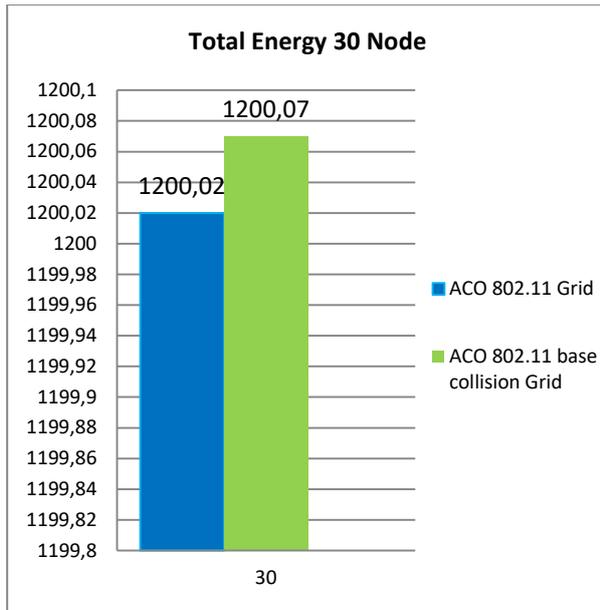


Gambar 12. *Average* energi pada topologi *grid* untuk 12 node

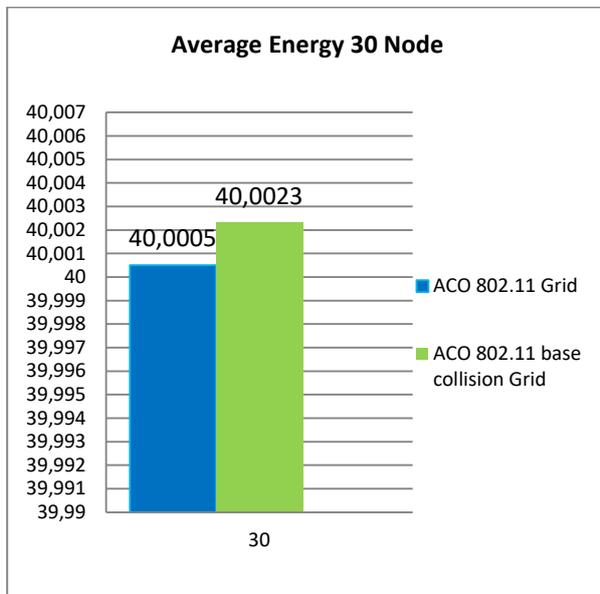
Terlihat pada gambar 11 dan 12 bahwa total dan rata-rata konsumsi (*average*) energi yang digunakan pada WSN dengan menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* lebih kecil dari pada ACO MAC 802.11 baik di topologi *grid*.

### 3.2.2 Tiga puluh (30) node

Berikut ini akan ditampilkan nilai total konsumsi energi dan rata-rata konsumsi (*average*) energi 30 node yang menggunakan ACO MAC 802.11 dan ACO MAC 802.11 berbasis *collision*.



Gambar 13. Total energi pada topologi *grid* untuk 30 node



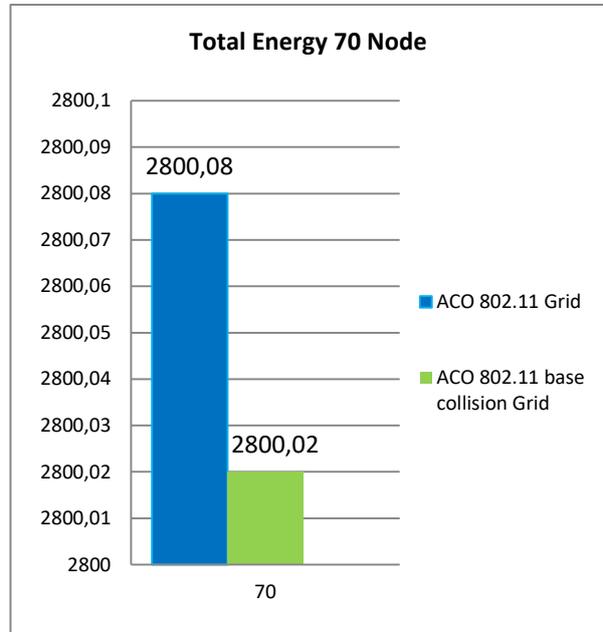
Gambar 14. *Average* energi pada topologi *grid* untuk 30 node

Terlihat pada gambar 13 dan 14 bahwa total dan rata-rata konsumsi (*average*) energi yang digunakan pada WSN dengan menggunakan ACO MAC 802.11 lebih

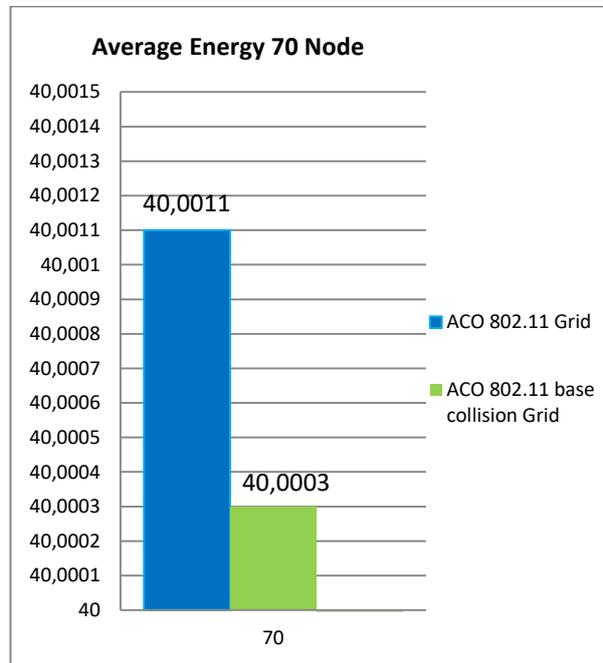
kecil dari pada ACO MAC 802.11 berbasis *collision* di topologi *grid*.

### 3.2.3 Tujuh puluh (70) node

Berikut ini akan ditampilkan nilai total konsumsi energi dan rata-rata konsumsi (*average*) energi 70 node yang menggunakan ACO MAC 802.11 dan ACO MAC 802.11 berbasis *collision*.



Gambar 15. Total energi pada topologi *grid* untuk 70 node



Gambar 16. *Average* energi pada topologi *grid* untuk 70 node

Terlihat pada gambar 15 dan 16 bahwa total dan rata-rata konsumsi (*average*) energi yang digunakan pada WSN dengan menggunakan ACO MAC 802.11 berbasis

*collision* lebih kecil dari pada ACO MAC802.11 baik di topologi *grid*.

### 3.3 Pembahasan Hasil

Salah satu poin penting dalam menilai baik tidaknya kinerja suatu jaringan WSN adalah pada sisi pemakaian energi. Makin tinggi pemakaian energi maka masa hidup (*life time*) suatu jaringan makin cepat, dimana hal ini akan menandakan suatu jaringan WSN tidak akan bertahan lama.

Maka dari itu selanjutnya akan dilihat dan dibahas nilai efisiensi energi berdasarkan jumlah node serta total energi yang terpakai dalam jaringan WSN pada topologi *grid*.

Tabel 2. Perbandingan hasil simulasi pada topologi *grid*

Node	ACO MAC 802.11		ACO MAC 802.11 Berbasis <i>Collision</i>	
	Efisiensi Energi Node	Total Energi	Efisiensi Energi Node	Total Energi
12 node	8,3 %	480.041	91,7 %	480.023
30 node	83,3 %	1200.02	16,7 %	1200.07
70 node	18,6 %	2800.08	81,4 %	2800.02

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 2, simulasi pada topologi *grid* 12 node dengan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan ACO MAC 802.11 untuk nilai efisiensi energi berdasarkan jumlah node serta total energi yang terpakai.

Selanjutnya untuk 30 node, hasil yang dimiliki ACO MAC 802.11 berbasis *collision* dari sisi penggunaan energi tidak lebih baik dari ACO MAC 802.11. Hal ini dikarenakan banyaknya proses pengiriman paket yang terjadi pada WSN yang menggunakan ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* sehingga membuat penggunaan energi yang lebih tinggi.

Pada 70 node dengan ACO MAC 802.11 berbasis *collision* dalam hal penggunaan energi lebih baik dari ACO MAC 802.11.

Dari hasil percobaan yang dilakukan pada topologi *grid* terlihat bahwa dari sisi penggunaan energi, protokol *routing* berbasis ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* sangat baik digunakan pada jumlah node sedikit dan jumlah node banyak.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan pada jaringan WSN yang menggunakan protokol *routing* ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* hampir di semua kondisi (12 dan 70 node) pada percobaan ini memiliki efisiensi energi yang lebih baik dikarenakan pada saat terjadinya *collision*, node menjadi *off* untuk menghemat energi. Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan protokol *routing* yang lain pada WSN untuk melihat kinerja MAC 802.11 berbasis *collision*.

## Daftar Rujukan

- [1] Nayyar, A., & Singh, R. (2017). Simulation and Performance Comparison of Ant Colony Optimization (ACO) Routing Protocol with AODV, DSDV, DSR Routing Protocols of Wireless Sensor Networks using NS-2 Simulator. *American Journal of Intelligent Systems*, 7(1), 19–30. <https://doi.org/10.5923/j.ajis.20170701.02>
- [2] Gungor, V. C., & Hancke, G. P. (2009). Industrial wireless sensor networks: Challenges, design principles, and technical approaches. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(10), 4258–4265. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2015754>
- [3] Fathima, K.S.A., & Sindhanaiselvan, K. (2013). Ant colony optimization based routing in wireless sensor networks. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, 4(4), 1686–1689.
- [4] I Putu Agus Eka Pratama dan Sinung Suakanto. (2015). *Wireless Sensor Network*. Bandung: Informatika.
- [5] Khatarkar, S., & Kamble, R. (2013). Wireless Sensor Network MAC Protocol: SMAC & TMAC. *Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 4(4), 304–310. Retrieved from <http://www.ijcse.com/docs/INDJCSE13-04-04-048.pdf%0Ahttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=22313850&AN=93527080&h=ZZdiMIGs6+JiMTNpmUyKaiySf0j2rTpxNUk3zX3dmZUTeCTMu4ARnBsxlPpX1AT6btMjnLjX45vk3qB2>
- [6] Achca, V., & Gupta, S. H. (2019). Performance analysis of wireless sensor network MAC protocols using NS-2. *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies, GUCON 2018*, 859–862. <https://doi.org/10.1109/GUCON.2018.8674996>
- [7] Liu, T., & Jia, S. M. (2014). Research and improvement about LEACH algorithm for wireless sensor networks. *Applied Mechanics and Materials*, 599–601(Cmsam), 1954–1959. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.599-601.1954>
- [8] Anchora, L., Capone, A., Mighali, V., Patrono, L., & Simone, F. (2014). A novel MAC scheduler to minimize the energy consumption in a Wireless Sensor Network. *Ad Hoc Networks*, 16, 88–104. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2013.12.002>
- [9] Li, Z. T., Chen, Q., Zhu, G. M., Choi, Y. J., & Sekiya, H. (2015). A Low Latency, Energy Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2015(i). <https://doi.org/10.1155/2015/946587>
- [10] Chu, X., & Yan, Y. (2007). Performance evaluation of IEEE 802.11 infrastructure mode with intra-cell UDP traffic. *Proceedings of the Second International Conference on Communications and Networking in China, ChinaCom 2007*, 893–898. <https://doi.org/10.1109/CHINACOM.2007.4469528>