

## ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI ENERGI TMAC DENGAN CSMA IEEE 802.15.4 DI JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Afif Z Arfianto<sup>1)</sup>, Valian Y P Ardana<sup>2)</sup>  
<sup>1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Elektro – ITS Surabaya  
email : afif@afifzuhri.com<sup>1)</sup>, valianyoga@yahoo.com<sup>2)</sup>

### Abstrak

WSN merupakan teknologi jaringan sensor dengan kapasitas energi (baterai) yang terbatas. Karena itu konsumsi energi menjadi parameter utama dalam pengembangan WSN yang low-cost. Efisiensi energi di WSN dilakukan dengan pengembangan protokol MAC. Pada protokol MAC CSMA IEEE 802.15.4 setiap node memiliki mekanisme untuk idle dan sleep. Namun pada CSMA IEEE 802.15.4 periode untuk idle dan idle masih statis. Sedangkan pada TMAC mekanismenya untuk idle dan sleep bersifat adaptif sesuai dengan kebutuhan trafik jaringan. Untuk adaptif TMAC menggunakan parameter timeout (TA) yang didapat dari contention window (CW).

Pada makalah ini akan diuji performansi dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC dengan parameter rasio konsumsi baterai terhadap nilai goodput. Selain itu konsumsi baterai dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC akan dimodelkan. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa dengan beragam jumlah node rasio konsumsi baterai terhadap goodput TMAC lebih kecil dari CSMA 802.15.4. Sehingga TMAC memiliki efisiensi energi yang lebih besar dari pada CSMA 802.15.4

### Kata kunci :

Efisiensi energi, WSN, TMAC

### 1. Pendahuluan

Wireless Sensor Network (WSN) terdiri atas sejumlah sensor node yang bebas. Setiap node memiliki kemampuan untuk mengirim, menerima dan mendeteksi. Selain itu sensor node juga dilengkapi dengan peralatan pemrosesan data, penyimpanan data sementara atau memory, peralatan komunikasi dan power supply atau baterai[1].

WSN merupakan teknologi jaringan sensor dengan kapasitas energi (baterai) yang terbatas. Karena itu konsumsi energi menjadi constrain dalam pengembangan WSN yang low-cost. Pengembangan WSN yang low-cost ini salah satunya adalah dengan memodifikasi dan pengembangan pada layer MAC (Medium Access Channel).

Standart MAC yang digunakan WSN mengacu pada IEEE 802.15.4. Pada 802.15.4 menggunakan

algoritma mekanisme CSMA/CA. Pada 802.15.4 jumlah node yang dapat bergabung pada PAN coordinator masih menjadi masalah. Ketika jumlah node yang bergabung dengan coordinator bertambah maka semakin tinggi pula persaingan dan overhead. Hal ini menyebabkan performansi 802.15.4 turun [2]

Pada mekanisme CSMA pada IEEE 802.15.4 untuk menghemat energi dilakukan dengan membagi tiap slot menjadi dua periode yaitu periode sleep dan idle. Hal ini guna untuk efisiensi energi dan network lifetime. Pada periode sleep node tidak melakukan aktifitas apa-apa bahkan ketika ada pesan yang masuk maka node yang sleep tidak bisa merespon. Aktifitas sleep dan idle yang statis ini bersifat statis dan telah ditentukan lama periode sleep dan idle-nya.

Periode sleep dan idle ini kemudian diusulkan oleh [3] tidak statis namun bersifat adaptif sesuai dengan kebutuhan. Metode ini dikenal Timeout Mac (TMAC). Pada TMAC mengenalkan mekanisme timeout dari periode idling berdasarkan aktifitas jaringan.

TMAC mengharuskan setiap node untuk segera memasuki periode sleep setelah melakukan idle. Node akan sleep selama kondisi periode timeout (TA). Panjang TA ditentukan oleh aktifitas jaringan sebelumnya yaitu berupa periode contention window. Contention window (CW) merupakan periode ketika semua node melakukan perlombaan untuk mengakses kanal. Semakin banyak node maka CW semakin besar[3]. Semakin besar CW maka nilai TA juga semakin besar. Dengan TA yang semakin besar periode sleep suatu node. Sehingga penggunaan energi yaitu konsumsi baterai bisa lebih efisien[3].

Pada makalah ini akan diuji performansi dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC dengan parameter rasio konsumsi baterai terhadap nilai goodput. Selain itu konsumsi baterai dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC akan dimodelkan.

Penyusunan paper ini adalah sebagai berikut. Pada bab 2, akan dijelaskan tentang struktur MAC IEEE 802.15.4, mekanisme statis periode idle dan sleep, mekanisme periode idle dan sleep yang adaptif. Pada bab 3 ditunjukkan metode pengujian kedua protokol. Hasil dari percobaan kami tunjukan pada bab 4. Dan bab 5, berisi kesimpulan penelitian ini.

## 2. Tinjauan Pustaka

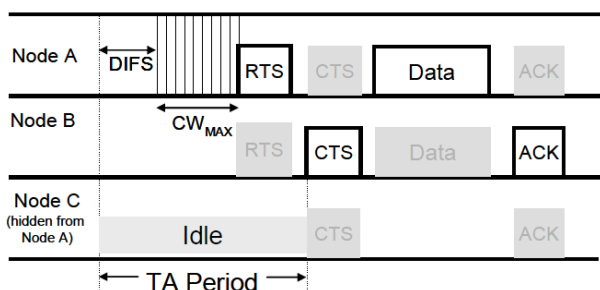
Pada bagian ini akan dijelaskan tentang struktur MAC IEEE 802.15.4, mekanisme periode *idle* dan *sleep* statis, mekanisme periode *idle* dan *sleep* yang adaptif.

### 2.1 Struktur Superframe MAC IEEE 802.15.4

Struktur superframe MAC IEEE 802.15.4 seperti pada gambar 1. Terdiri dari *Contention Access Period* (CAP), *Contention Function Priority* (CFP), dan *Inactive/Sleep*. CAP merupakan periode untuk semua node melakukan perlombaan dalam menggunakan kanal. CAP juga disebut dengan *Contention Window* (Cw). Sedangkan CFP adalah periode untuk memberikan node node tertentu yang memiliki prioritas menggunakan kanal. Dengan paket GTS maka node-node yang memiliki informasi bersifat *emergency* dapat menggunakan periode ini. Node *emergency* bekerja dengan mengirim GTS pada periode CFP[2]. Pada periode *inactive* merupakan periode node dalam kondisi *sleep*. Semakin lama node dalam kondisi *sleep* maka konsumsi baterai yang digunakan akan semakin sedikit.



Gambar 1 : Struktur superframe [2]



Gambar 2 : Timeout period pada TMAC [3]

### 2.2 Periode periode *idle* dan *sleep* statis

Seperti yang kita ketahui bahwa struktur dari MAC terdiri dari periode untuk *contention*, *priority*, dan *sleep*. Perubahan dari setiap periode telah ditentukan lamanya. Seperti halnya pada struktur superframe pada gambar 1. CFP menggunakan slot ke 0 sampai ke 10, sedangkan CAP menggunakan slot ke 11 sampai ke 16 jika tidak memerlukan periode *priority* (CFP) maka periode CAP menggunakan semua slot yaitu 16 slot. Kondisi ini telah ditentukan dan telah menjadi standart dalam CSMA IEEE 802.15.4.

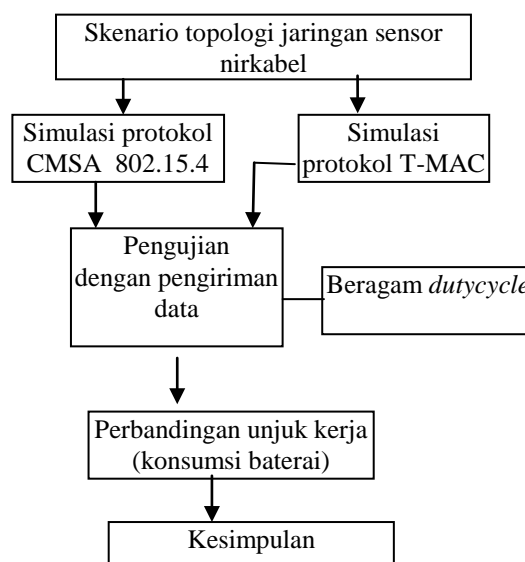
### 2.3 Periode *idle* dan *sleep* adaptif

Mekanisme ini adalah bagaimana node yang kalah dalam periode *contention* (tidak mengirim data) untuk segera masuk dalam periode *inactive*. Sehingga node yang tidak sedang mengirim data dapat menghemat energi dengan memiliki periode *sleep* yang lebih lama. Waktu node untuk segera *sleep* dikenal dengan timeout periode (TA). TA periode telah ditentukan bahwa besarnya adalah seperti pada (1). Parameter TA ini yang menjadi karakteristik dari TMAC [3].

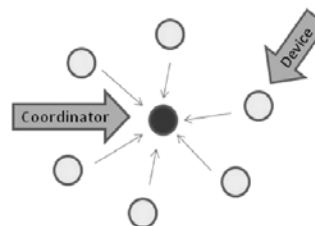
$$TA = 1.5 * (t_{CW\_Max} + t_{RTS} + t_{SIFS}) \quad (1)$$

## 3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan pada gambar 3.



Gambar 3 : Metode penelitian



Gambar 4 : Topologi jaringan yang digunakan untuk pengujian

Pengujian performansi dari kedua protokol dimulai dengan penentuan skenario jaringan sensor nirkabel. Topologi jaringan yang kita gunakan adalah *star* seperti pada gambar 4. Dengan satu kordinator dan beberapa node. Kordinator mengatur mekanisme komunikasi termasuk memberikan nilai untuk *contention window* pada setiap node. Untuk simulasi digunakan *Castalia 3.2* berbasis *Omnet ++*. Selain itu juga ada

beberapa *software* untuk pengujian efisiensi energi seperti pada [4]

Kedua protokol yang diuji dapat dijalankan pada *Castalia 3.2* dan data yang dihasilkan mendekati dari data pengujian secara implementasi di lapangan [3]. Setelah dipastikan kedua protokol dapat disimulasikan dengan *castalia 3.2* maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan parameter *dutycycle*. Pada pengujian ini beragam *dutycycle* yaitu 6.25 %, 25 % dan 50 %.

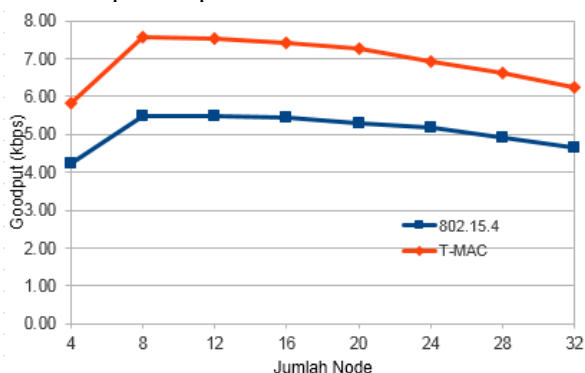
Pada simulasi ini diujikan beberapa node dari 4 sampai 32 node dengan ukuran area pengujian 50 x 50 m<sup>2</sup>. Setiap node terjangkau oleh cakupan kordinator sehingga tidak ada *hidden terminal*. Simulasi ini berkerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan *data rate* 256 Kbps. Waktu yang digunakan untuk simulasi yaitu 100 detik.

Pada simulasi ini, dalam struktur superframe periode CFP ditiadakan sehingga semua node tidak memiliki paket prioritas. Semua node memiliki

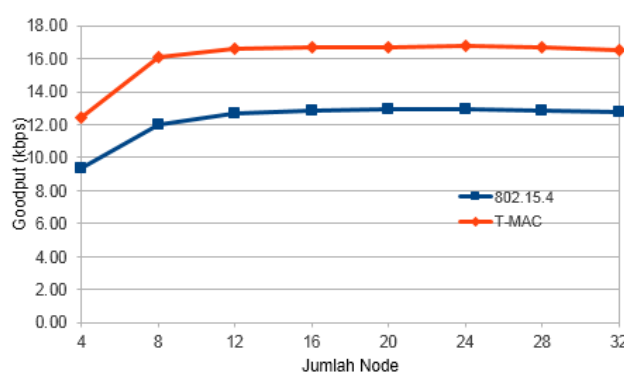
kesempatan yang sama dalam *contention window*. Sehingga periode CAP menggunakan semua slot yaitu 16 slot. Sedangkan nilai parameter dalam simulasi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

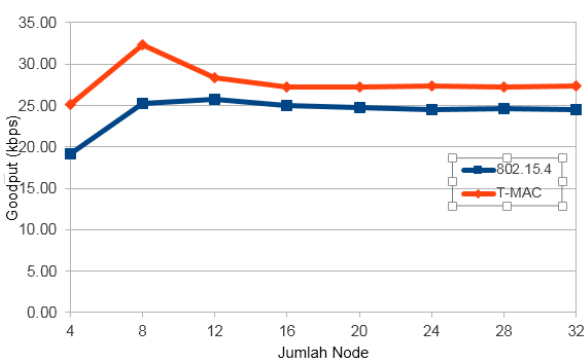
Parameter	Default Value
UnitBackoffPeriod	20 symbols
SuperframeDuration	960 symbols
phyFrameOverhead	6 bytes
MACPacket Overhead	14 bytes
phyBitsPerSymbol	4 bits
Simulation Time	100 seconds
RF Transceiver	Chipcon CC2420
phyDataRate	250 Kbits
CCA duration	8 Symbols
aMin LIFS Period	40 Symbols



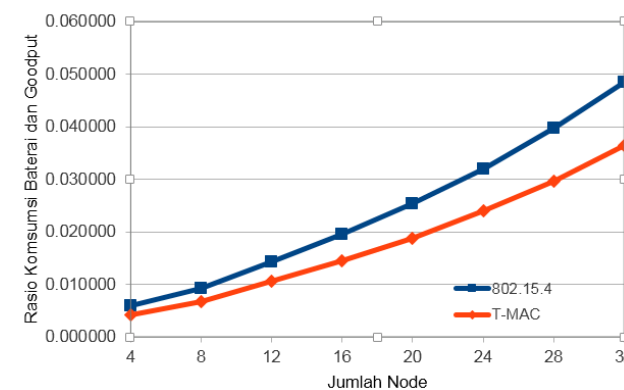
Gambar 5a : Jumlah Goodput dengan beragam Node dengan konfigurasi SO = 1, BO = 4 (*dutycycle* = 6.25%)



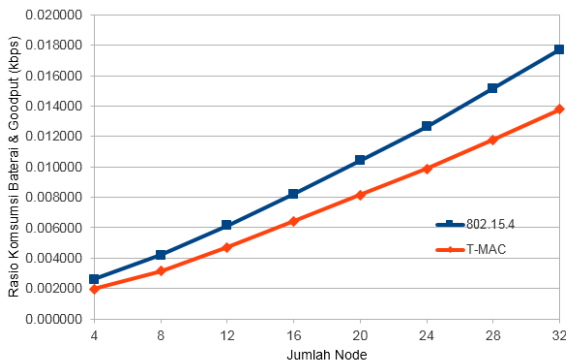
Gambar 5b : Jumlah Goodput dengan beragam Node dengan konfigurasi SO = 2, BO = 4 (*dutycycle* = 25%)



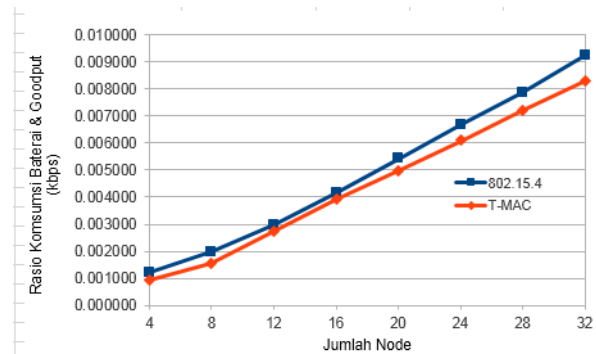
Gambar 5c : Jumlah Goodput dengan beragam Node dengan konfigurasi SO = 3, BO = 4 (*dutycycle* = 50%)



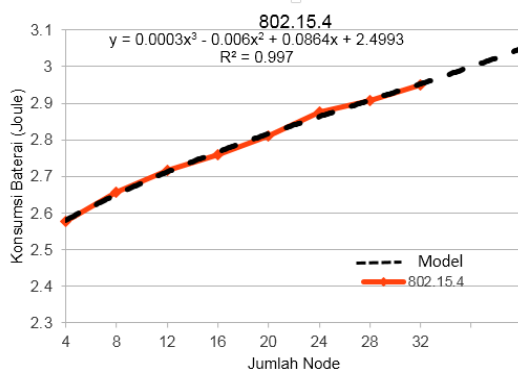
Gambar 6a : Rasio konsumsi baterai dengan goodput pada beragam node dengan konfigurasi SO = 1, BO = 4 (*dutycycle* = 6.25%)



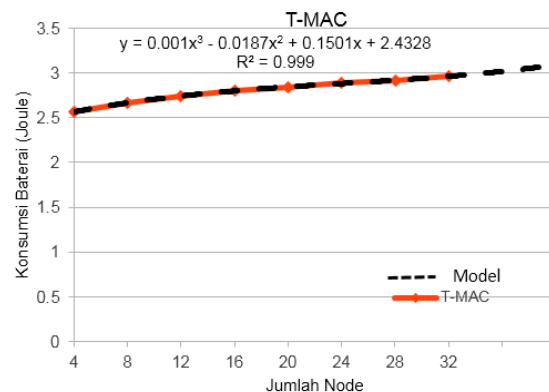
Gambar 6b : Rasio konsumsi baterai dengan goodput pada beragam node dengan konfigurasi SO = 2, BO = 4 (duty cycle = 25 %)



Gambar 6c : Rasio konsumsi baterai dengan goodput pada beragam node dengan konfigurasi SO = 3, BO = 4 (duty cycle = 50 %)



Gambar 7 : Model dan data hasil simulasi konsumsi baterai tiap node pada CSMA IEEE 802.15.4 dengan duty cycle 6.25%



Gambar 8 : Model dan data hasil simulasi konsumsi baterai tiap node pada T-MAC dengan duty cycle 6.25%

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi berupa konsumsi baterai dibandingkan dengan nilai *goodput* yang diterima. Tolok ukur dari performansi adalah konsumsi baterai yang minimum namun memiliki nilai *goodput* yang tinggi. Pada gambar 5 ditunjukkan nilai *goodput* yang pada beragam jumlah node dengan *duty cycle* yang berbeda beda. Grafik *goodput* pada *duty cycle* 6.25% ditunjukkan pada gambar 5.a, sedangkan pada *duty cycle* 25 % ditunjukkan pada gambar 5.b dan pada *duty cycle* 50% ditunjukkan pada gambar 5.c.

Sedangkan pada gambar 6 ditunjukkan ratio konsumsi baterai dengan *goodput* yang dihasilkan. Pada 6.a ditunjukkan rasio konsumsi baterai dengan *goodput* pada *duty cycle* 6.25% sedangkan pada 6.b pada *duty cycle* 25% dan pada 6.c pada *duty cycle* 50%

Dari gambar 5 kita ketahui bahwa *goodput* pada T-MAC lebih besar daripada CSMA IEEE 802.15.4. Selain itu dari beragam *duty cycle* yang digunakan T-MAC memiliki nilai rasio konsumsi baterai yang lebih kecil dibanding CSMA 802.15.4 sehingga T-MAC memiliki konsumsi baterai yang lebih kecil daripada CSMA 802.15.4

Dengan menggunakan pemodelan *polynomial* orde 3 dimodelkan konsumsi baterai pada CSMA 802.15.4 dan T-MAC. Sehingga model yang dihasilkan untuk CSMA 802.15.4 seperti pada (2) dan T-MAC pada (3).

$$y = 0.0003x^3 - 0.006x^2 + 0.0864x + 2.4993 \quad R^2 = 0.997 \quad (2)$$

$$y = 0.001x^3 - 0.0187x^2 + 0.1501x + 2.4328 \quad R^2 = 0.999 \quad (3)$$

Pada gambar 7 ditunjukkan data hasil simulasi konsumsi baterai rata-rata setiap node dan model nya pada CSMA 802.15.4 sedangkan pada gambar 8 ditunjukkan konsumsi baterai rata-rata setiap node dan model nya pada T-MAC.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

WSN merupakan teknologi jaringan sensor dengan kapasitas energi (baterai) yang terbatas. Karena itu konsumsi energi menjadi parameter utama dalam pengembangan WSN yang *low-cost*. Efisiensi energi di WSN dilakukan dengan pengembangan protokol MAC.

Pada protokol MAC CSMA IEEE 802.15.4 setiap node memiliki mekanisme untuk *idle* dan *sleep*. Namun pada CSMA IEEE 802.15.4 periode untuk untuk

*idle* dan *sleep* masih statis. Sedangkan pada TMAC 80 dengan kebutuhan trafik jaringan. Untuk adaptif TMAC menggunakan parameter *timeout* (TA) yang didapat dari *contention window*(CW).

Pada makalah ini akan diuji performansi dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC dengan parameter rasio konsumsi baterai terhadap nilai *goodput*. Selain itu konsumsi baterai dari CSMA 802.15.4 dengan TMAC akan dimodelkan. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa dengan beragam jumlah node rasio konsumsi baterai terhadap *goodput* TMAC lebih kecil dari CSMA 802.15.4. Sehingga TMAC memiliki efisiensi energi yang lebih besar dari pada CSMA 802.15.4

Pengujian CSMA IEEE 802.15.4 tidak hanya sampai di sini. Algoritma CSMA 802.15.4 terus dilakukan pengembangan untuk efisiensi energi. Seperti halnya pada [5] telah dilakukan perbaikan algoritma CSMA 802.15.4. Sehingga penelitian selanjutnya perlu menguji usulan/perbaikan [5] dengan TMAC.

## Daftar Pustaka

- [1] Galih R Achmadi, Tri B Santoso, Pkristalina. "Analisa Simulasi Routing Protokol pada WSN dengan Metode Geographic Based Approach". Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.2010
- [2] H.Lee, K.Lee, S. Ryu; "An Efficient Slotted CSMA/CA Algorithm for The IEEE 802.15.4 LR-WPAN" IEEE 2011
- [3] M. Brownfield, K. Mehrjoo, A. Fayed, and N. Davis. "Wireless Sensor Network Energy-Adaptive MAC Protocol," IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2006 (CCNC 2006), Volume 2, pp. 778-782, January 2006.
- [4] Peter Jurcik and Anis Koubaa, "IEEE 802.15.4 OPNET simulation model". Available at <http://www.open-zb.net/>
- [5] Bih-Hwang Lee, Fauzan S H Mukarram. "Study on ESET (Early Sensing and Early Transmit) Algorithm to solve CSMA/CA idle channel time utilization problem in IEEE 802.15.4 LR-WPANs." Department of Electrical Engineering National Taiwan University of Science and Technology.2012

mahasiswa Pasca Sarjana Teknik Elektro – ITS. Selain itu penulis juga sebagai peneliti di Lab. Antena dan Propagasi dengan bidang riset jaringan komunikasi taktis militer.

**Valian Yoga P Ardana**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) dari Jurusan Teknik Elektro- ITS, lulus tahun 2004. Saat ini sebagai mahasiswa Pasca Sarjana Teknik Elektro – ITS. Selain itu penulis juga sebagai peneliti di Lab. Antena dan Propagasi dengan bidang riset sistem komunikasi gelombang milimeter.

## Biodata Penulis

**Affif Zuhri A.** memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) dari Jurusan Teknik Elektro- ITS, lulus tahun 2010. Saat ini sebagai