

## Sistem Komunikasi M2M Kognitif dengan Protokol PRMA dan Probabilitas Kanal Cadangan

Eko Arifianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Korespondensi : [ekoarifianto8888@gmail.com](mailto:ekoarifianto8888@gmail.com)

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat, mendorong lahirnya teknologi komunikasi mesin ke mesin. Seiring dengan perkembangannya, banyak perangkat yang terhubung antara satu dengan lainnya. Sehingga menimbulkan kepadatan dan ketidakseimbangan antara jumlah perangkat dengan spektrum yang tersedia. Dengan demikian diperlukan memanfaatkan spektrum yang masih ada yang masih memiliki ruang untuk pengguna sekunder. Namun, masih digunakan pengguna primer. Dengan menggunakan teknologi radio kognitif yang dikombinasikan dengan metode packet reservation multiple access. Salah satu spektrum yang dapat dimanfaatkan adalah TV white space. Karena rentangnya yang lebar dan masih banyak slot kosong. Probabilitas pengguna sekunder terhadap pengguna primer dapat dianalisis. Namun nilai probabilitas tersebut hanya pada kanal utama saja, sedangkan kanal cadangan tidak diperhitungkan. Sehingga hasil throughput tidak akurat. Pada penelitian ini diusulkan untuk memperhitungkan probabilitas kanal cadangan agar mendapatkan hasil analisis throughput yang akurat. Pada penelitian ini juga diusulkan menggunakan model lalu-lintas payload exchange untuk mendapatkan throughput dan dutycycle yang maksimal. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa model payload exchange dapat meningkatkan throughput dan dutycycle.

Kata kunci: komunikasi mesin ke mesin, probabilitas, matlab, payload exchange, packet reservation multiple access

### ABSTRACT

*The development of telecommunications technology is increasingly rapid, driving the birth of machine-to-machine communication technology. Along with its development, many devices are connected with each other. So as to cause density and imbalance between the number of devices with available spectrum. Thus, it is necessary to utilize the existing spectrum that still has space for secondary users. However, the main user is still used. By using radio cognitive technology combined with the packet reservation multiple access method. One spectrum that can be utilized is TV white space. Because of its wide range and many empty slots. The probability of secondary users of the primary user can be analyzed. But the probability value is only on the main channel, while the backup channel is not taken into account. So that the results of throughput are not accurate. In this study it is proposed to take into account the probability of a backup channel in order to obtain accurate throughput analysis results. In this study also proposed using the payload exchange traffic model to get maximum throughput and dutycycle. From the simulation results show that the payload exchange model can increase throughput and dutycycle.*

*Keyword : machine to machine communication, probability, payload exchange, matlab, packet reservation multiple access.*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat, mendorong lahirnya teknologi komunikasi mesin ke mesin. Seiring dengan perkembangannya, banyak perangkat yang terhubung antara satu dengan lainnya. Sehingga menyebabkan terjadinya kepadatan pada spektrum yang digunakan. Dengan demikian diperlukan memanfaatkan spektrum yang masih ada yang masih memiliki ruang untuk pengguna sekunder. Namun, masih digunakan pengguna primer. [1]. Dengan demikian diperlukan suatu sistem komunikasi yang dapat mengatur pemanfaatan spektrum yaitu dengan radio kognitif. Radio kognitif, merupakan sebuah sistem komunikasi nirkabel cerdas yang mampu menyadari kondisi lingkungan sekitarnya. Dengan menggunakan metodologi “*understanding-by-building*” untuk belajar dari lingkungan serta mengadaptasi status internalnya. Terhadap variasi statistik pada stimulant radio frekuensi yang datang dengan melakukan perubahan pada parameter operasi tertentu. Seperti daya transmisi, *frequency carrier*, ataupun strategi modulasi. Semuanya dilakukan secara *real time* dengan dua tujuan, yaitu komunikasi yang *reliable* dan utilitas spektrum yang efisien [2]. [3] mitola menyatakan radio kognitif sebagai radio yang menerapkan model *reasoning-based* untuk mencapai level kompetensi tertentu yang berhubungan dengan radio.

Pengembangan M2M, mengarah pada penggunaan spektrum baru atau dengan menggunakan dan memanfaatkan spektrum yang telah ada dengan pertimbangan jaringan tersebut memiliki keandalan yang tinggi

serta tidak dipergunakan sepenuhnya oleh pengguna primer. Sedangkan penggunaan kanalnya beberapa diantaranya adalah dengan : TV white space dan Wifi, namun dari keduanya TV white space lebih memiliki peluang karena spektrumnya memiliki rentang lebih lebar dan kecenderungan untuk idle lebih tinggi dari pada Wifi. M2M terdiri dari dua bentuk domain meliputi : kapiler M2M dan seluler M2M. pada kapiler M2M, beberapa perangkat dikelompokkan dan digabungkan menjadi satu oleh suatu perangkat yang disebut gateway yang bertugas mengelola komunikasi dari dalam kelompok perangkat keluar ke jaringan yang lebih luas seperti internet, menggunakan Bluetooth, zigbee atau TV karena sambungan yang disediakan berjarak pendek. Karakteristik dari kapiler M2M adalah : berbiaya murah, kompleksitas rendah dengan transmisi yang masif, tidak mobile dan efisien terhadap energi [1], [4], [5].

Sedangkan pada seluler M2M, masing – masing perangkat berkomunikasi dan terhubung langsung dengan provider menggunakan SIM cards yang sudah tertanam didalamnya [6]. Karakteristik dari seluler M2M adalah : berbiaya mahal, kompleksitas tinggi dengan transmisi yang aktif, mobile, dan penggunaan energi yang besar serta tidak efisien. Namun pada komunikasi M2M ini masih terdapat banyak kekurangan pada layanan perangkatnya sehingga diadopsi PRMA (packet reservation multiple access) yang dikombinasikan dengan jaringan radio kognitif. PRMA diusulkan sebagai protokol untuk lingkungan mikroseluler, yang dapat dikombinasikan dari slotted ALOHA, TDMA, dan skema reservasi [7]. Pada komunikasi M2M, PRMA sangat cocok digunakan karena beberapa faktor. Pertama, dapat menangani tingginya lalu lintas secara periodik. Protokol berbasis kontestasi berkinerja buruk pada beban lalu lintas yang tinggi. Sebagian besar perangkat M2M memiliki pola lalu lintas berkala, sehingga mereka bisa mendapatkan keuntungan dari elemen reservasi yang ada di PRMA. Kedua antarmuka berbasis TDMA dikombinasikan dengan skema reservasi sangat sesuai dengan perspektif efisiensi energi. Efisiensi energi di M2M sangat penting untuk memperpanjang masa pakai jaringan, karena perangkat mungkin digunakan di area di mana akses penggunaanya sering dipergunakan, dan penggantian baterai tidak mudah dilakukan. Ketiga dengan PRMA, dengan sistem reservasi, mencegah terjadinya tabrakan, dengan cara sensing lingkungan sekitar atau keadaan dan kondisi kanal, yang merupakan salah satu penyebab potensial dari adanya disipasi energi. Perangkat M2M dapat bertahan dalam mode konsumsi daya rendah (mode tidur / standby), terbangun hanya pada slot terjadwal dan dengan demikian mengurangi konsumsi baterai. Keempat, karena penggunaan teknologi TDMA secara luas, PRMA dapat digunakan secara ekonomis dalam jaringan M2M berskala besar [8]. PRMA memungkinkan kombinasi sempurna dengan teknologi radio kognitif karena antarmuka berbasis TDMA memungkinkan penjadwalan periode penginderaan spektrum secara luas untuk deteksi dan perlindungan pengguna primer (PP) [1].

Selain dengan adanya protokol, pada komunikasi M2M diperlukan adanya suatu model skenario lalu-lintas data agar komunikasi antar perangkat dapat berjalan lancar dan efisien dalam penggunaan energi. Skenario M2M merupakan suatu alur ilustrasi yang menguraikan urutan-urutan kegiatan, tempat, keadaan dan syarat-syarat tertentu yang disusun dalam konteks struktur operasi, yang berfungsi sebagai petunjuk kerja dalam proses sensing, transmisi dan reservasi slot pada suatu kanal, dari satu perangkat ke perangkat lainnya. M2M memiliki tiga skenario pola lalu lintas dasar meliputi [4], [5]:

### 1.1. Periodic update (PU)

Jenis lalu lintas ini terjadi jika perangkat mengirimkan laporan status pembaruan ke unit pusat secara teratur.

### 1.2. Event Driven (ED)

Jika suatu peristiwa dipicu oleh perangkat M2M dan data yang ditransmisikan berdasarkan suatu peristiwa / event kejadian dari perangkat.

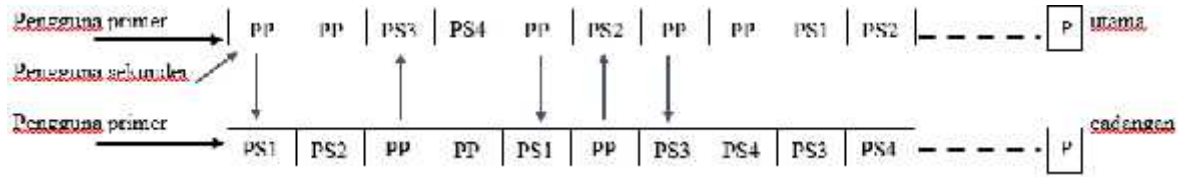
### 1.3. Payload Exchange (PE)

Jenis lalu-lintas data ini terdiri dari semua model peristiwa di mana sejumlah besar data dipertukarkan antara perangkat penginderaan dan server.

## 2. METODE PENELITIAN

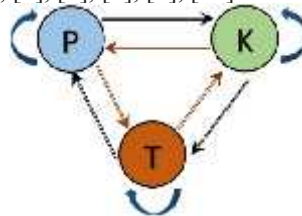
Pada penelitian ini penulis menggunakan metode skenario M2M model lalu-lintas *payload exchange*. Jenis lalu lintas data *Payload Exchange (PE)* dihasilkan setelah peristiwa, yaitu mengikuti salah satu dari jenis lalu lintas sebelumnya (PU atau ED). Jenis lalu-lintas data ini terdiri dari semua model peristiwa di mana sejumlah besar data dipertukarkan antara perangkat penginderaan dan server. Lalu lintas data ini lebih cenderung menjadi dominan uplink dan dapat berupa ukuran konstan seperti pada telemetri, atau ukuran variabel seperti transmisi gambar, atau bahkan streaming data yang dipicu oleh alarm. Lalu lintas ini dapat berupa waktu nyata atau non-waktu nyata, tergantung pada sensor dan jenis peristiwa atau kejadian. Dengan demikian model skenario M2M model lalu-lintas yang dipergunakan pada penelitian ini adalah *payload exchange* karena sifat dari M2M lebih banyak *uplink*, dan untuk memaksimalkan *throughput* lebih baik, lebih efisien, efektif dalam pengalokasian dan penggunaan kanal dan spektrum sensing serta menghemat daya. Dari pada penelitian sebelumnya yang memakai model *event driven* yang kurang efektif karena slot data banyak yang tidak terpakai dan masih terjadi interferensi dan tabrakan antara pengguna primer dan pengguna sekunder [4], [5].

Berikut ini adalah sistem model yang akan digunakan untuk penempatan slot dengan probabilitas pada kanal cadangan.



Gambar 1 Struktur penempatan slot

Pada Gambar 1 dijelaskan bahwa penempatan PS menyesuaikan dengan kehadiran adanya pengguna primer (PP) dimana saat pengguna sekunder akan menempati slot pada kanal utama dan masih terdapat pengguna primer maka pengguna sekunder akan beralih ke kanal cadangan. Sedangkan jika kanal cadangan terdeteksi akan kehadiran adanya pengguna primer maka pengguna sekunder akan beralih ke kanal utama. Namun jika kanal utama terdeteksi akan kehadiran adanya pengguna primer maka pengguna sekunder akan beralih kembali ke kanal cadangan. Begitu seterusnya sehingga penggunaan slot maksimal. Urutan penempatan pengguna sekunder pada slot ini berdasarkan ranking yang telah diberikan oleh gateway yang mengkoordinir paket data yang ada pada perangkat. Dengan banyaknya paket data yang berlalu-lalang keluar masuk kanal diperlukan suatu model skenario M2M lalu-lintas data sebagai standar baku. Skenario M2M model lalulintas data yang digunakan adalah *payload exchange* [1], [6], [9], [5], [4], [10].



Gambar 2 *Payload Exchange*

Pada Gambar 2 dijelaskan bahwa pada mulanya masing-masing paket data akan dikelompokkan oleh kognitif *gateway*. Masing-masing paket data akan berkompetisi pada bagian K = kompetisi, dimana paket data yang lolos akan langsung melakukan pemesanan slot untuk kemudian menempatinnya. Sedangkan paket data yang tidak lolos akan masuk pada bagian T = tunggu, dalam waktu tertentu, untuk selanjutnya melakukan pemesanan menempati slot setelah paket data lain selesai atau saat slot tersebut tiba-tiba kosong. Proses tersebut tanpa melewati kompetisi lagi. Selanjutnya proses penempatan slot tersebut akan dilakukan secara terus-menerus secara berulang dan terjadwal serta secara tiba-tiba atau sesuai dengan *event* yang tersedia. Sehingga akan lebih efisien dalam penggunaan energi dan memaksimalkan *throughput* [1], [10], [4], [5].

Sedangkan analisis kinerja pada kanal utama dan kanal cadangan dituangkan dalam model formulasi,

**2.1. Probabilitas perpindahan kanal**

Kanal kognitif dinotasikan sebagai Ch1 (kanal utama) dan Ch2 (kanal cadangan) yang secara acak ditempati oleh PP (pengguna primer). Model aktifitas PP digambarkan secara proses acak, dengan  $1/Vok$  merupakan durasi kosong sedangkan  $1/Vno$  merupakan durasi ditempati. Probabilitas kanal 1 ditempati  $Pud1$  dan probabilitas kanal 2 ditempati  $Pud2$  dapat dirumuskan sebagai berikut [1] [10]:

$$P_{ud_1} = \frac{Vok}{Vno + Vok} + \frac{Vno}{Vno + Vok} e^{-(Vno+Vok).t} \quad (1)$$

$$P_{ud_2} = \frac{Vno}{Vno + Vok} + \frac{Vok}{Vno + Vok} e^{-(Vno+Vok).t} \quad (2)$$

Sedangkan  $Pem1$  dan  $Pem2$  merupakan probabilitas kanal 1 dan kanal 2 kosong atau tidak ditempati dapat dirumuskan sebagai berikut [1][10]:

$$P_{ud_1} + P_{em_1} = 0.5 ; P_{em_1} = 0.5 - P_{ud_1} \quad (3)$$

$$P_{ud_2} + P_{em_2} = 0.5 ; P_{em_2} = 0.5 - P_{ud_2} \quad (4)$$

Untuk mengetahui apakah kanal tersebut sedang ditempati atau tidak digunakan teknik deteksi energi, untuk mendeteksi sinyal pengguna primer digunakan energi kanal Ech1 dan Ech2 dengan ambang batas  $\alpha$  [1]

$$D_{S_T} = \begin{matrix} empty \\ (em) \end{matrix} \rightarrow \begin{cases} E_{Ch_1} \leq \alpha \leq E_{Ch_2} \\ E_{Ch_1} \leq \alpha \geq E_{Ch_2} \\ E_{Ch_1} \geq \alpha \geq E_{Ch_2} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{matrix} used \\ (ud) \end{matrix} \rightarrow E_{Ch_1} \geq \alpha \leq E_{Ch_2}$$

$$P_{fs1} = \frac{1}{2} E_r F_c \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha_1 - 2j_1}{\sqrt{4k_1}} \right) \quad (6) \quad P_{fs2} = \frac{1}{2} E_r F_c \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha_2 - 2j_2}{\sqrt{4k_2}} \right) \quad (7)$$

$$P_{ts1} = \frac{1}{2} E_r F_c \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha_1 - 2j_1(l_1+1)}{\sqrt{4k_1(2l_1+1)}} \right) \quad (8) \quad P_{ts2} = \frac{1}{2} E_r F_c \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha_2 - 2j_2(l_2+1)}{\sqrt{4k_2(2l_2+1)}} \right) \quad (9)$$

Dua prinsip utama pada spektrum sensing adalah probabilitas *true signal* (Pts) dan probabilitas *false signal* (Pfs). Dimana Pts merupakan probabilitas pendeteksian akan adanya kehadiran PP, dimana semakin besar Pts maka PP akan semakin terlindungi. Sedangkan Pfs merupakan probabilitas kesalahan dalam hal pendeteksian akan adanya kehadiran PP, sehingga semakin kecil Pfs akan semakin efisien energi [1].

$$P_{Ch_{1-2}} = (P_{em_1} P_{fs_1}) + (P_{ud_1} P_{ts_1}) + ((P_{em_2} P_{fs_2}) + (P_{ud_2} P_{ts_2})) \quad (10)$$

Pch1-2 merupakan probabilitas perpindahan PS dari kanal 1 ke kanal 2 (cadangan) [1]

$$P_{Ch_{1-2}} + P_{Ch_{2-1}} = 1; \quad P_{Ch_{2-1}} = 1 - P_{Ch_{1-2}} \quad (11)$$

$$P_{Ch_{2-1}} = P_{ud_1}(1 - P_{ts_1}) + P_{em_1}(1 - P_{ts_1}) + P_{ud_2}(1 - P_{ts_2}) + P_{em_2}(1 - P_{ts_2}) \quad (12)$$

Pch2-1 merupakan probabilitas perpindahan PS dari kanal 2 (cadangan) ke kanal 1 [1]

## 2.2. Probabilitas sukses transmisi

Probabilitas sukses transmisi merupakan probabilitas yang bergantung dari ketersediaan *slot* dan jumlah *node* yang melakukan transmisi. Dapat dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$P_t = \binom{C_0}{1} \left( \frac{\left( q_1(1 - q_1)^{C_{01}-1} \left( 1 - \frac{x_1}{w_{u1}} \right) (1 - P_{ud_1} e^{-v n o_1 t_1}) \right)}{P_{em_1}} \right) + \left( \frac{\left( q_2(1 - q_2)^{C_{02}-1} \left( 1 - \frac{x_2}{w_{u2}} \right) (1 - P_{ud_2} e^{-v n o_2 t_2}) \right)}{P_{em_2}} \right) \quad (13)$$

Sedangkan  $m_k$  merupakan variabel acak yang merepresentasikan jumlah total transmisi yang sukses, dengan rata-rata jumlah transmisi yang sukses adalah dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$m_k = \sum_{r=0}^{\infty} r m_k = \frac{1 - P_t}{P_t} \quad (14)$$

## 2.3. Throughput

*Throughput* merupakan perbandingan panjang rata-rata interval reservasi (transmisi yang sukses) ke panjang rata-rata kumulatif dari interval kedua reservasi dan kontestasi. Dengan asumsi  $b$  merupakan *node* yang sukses transmisi sebelum baik ke kompetisi, panjang rata-rata interval reservasi dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$B_{(r)} = P_t + \sum_{b=2}^{R_{C-D}} (b) \quad (15)$$

Sedangkan rata-rata *throughput* untuk *node* adalah dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$H_{PRMA} = 100 \left[ \frac{B_{(r)}}{B_{(r)} + m_k} \right] \quad (16)$$

Efek dari *payload exchange* akan memberikan rata-rata *throughput* untuk *node* dirumuskan bagai berikut [1]:

$$S_{CB} = (S_d + S_p + Z.Fg) \quad (17)$$

$$F = \frac{1}{S_{CB}} (S_{CB} - S_d - S_p - S_{cv}). H_{PRMA} \quad (18)$$

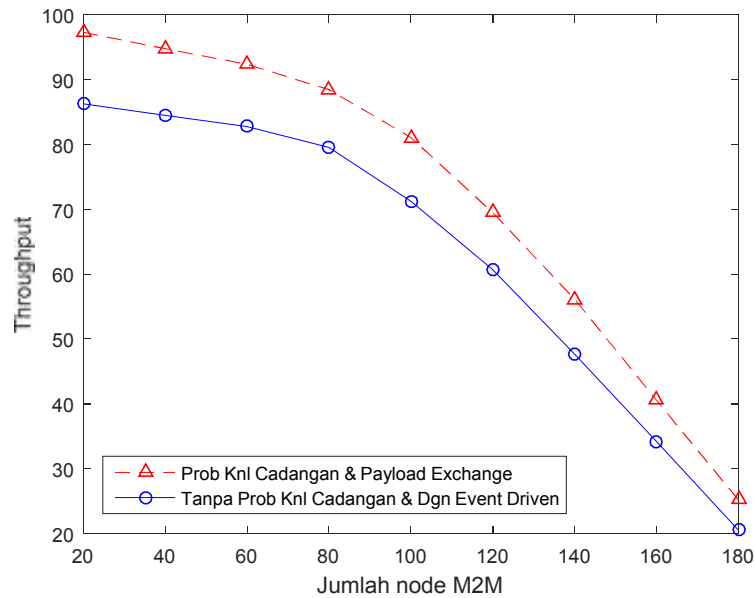
## 2.4. Duty cycle

*Duty cycle* mengindikasikan terhadap besarnya konsumsi energi dari setiap *node*. Didefinisikan sebagai perbandingan waktu rata-rata yang dihabiskan pada saat aktif (pada saat transmisi dan penerimaan) ke waktu total yang disediakan. Untuk durasi satu *multiframe duty cycle* dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$C_{y1} = \frac{1}{S_{CB}} (B_{(r)}t + S_p + (R_C - D)t + (D - 1)t + S_{nkt})$$

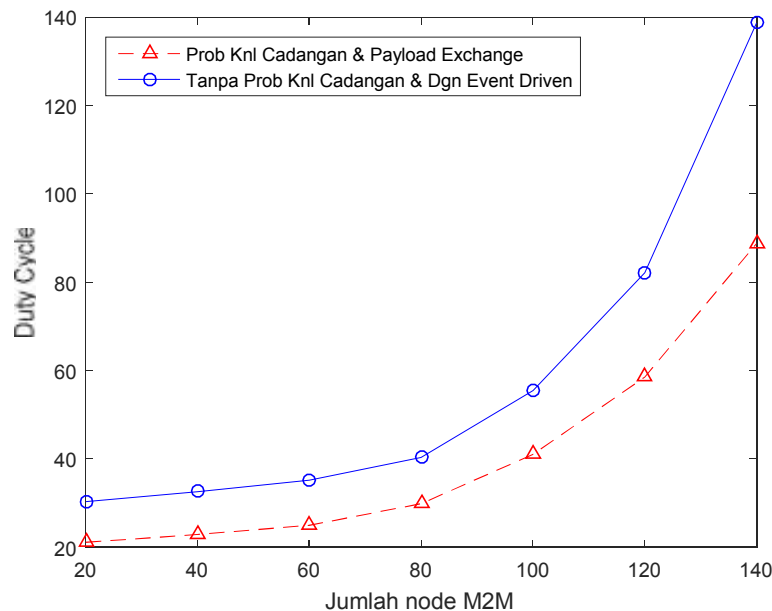
### 3. HASIL DAN ANALISIS

Pada penelitian ini dihasilkan perbandingan nilai *throughput* antara tanpa probabilitas kanal cadangan dengan *event driven* dan menggunakan probabilitas kanal cadangan dengan model *payload exchange*.



Gambar 3 Hasil simulasi *throughput*

Hasil dari *throughput* bergantung dari jumlah node yang dijelaskan pada gambar 3. Jumlah *throughput* menurun seiring dengan meningkatnya jumlah *node*. Dari gambar 3 juga dijelaskan bahwa *throughput* dengan probabilitas kanal cadangan dan skenario M2M model *payload exchange* lebih tinggi dari pada jika tanpa probabilitas kanal cadangan dan skenario M2M model *event driven* [1].



Gambar 4 Hasil simulasi *duty cycle*

Gambar 4 menjelaskan mengenai rata-rata *duty cycle* per node. besarnya *duty cycle* ini mempengaruhi besarnya konsumsi energi dengan semakin tinggi *duty cycle* maka konsumsi energi akan semakin besar, sebaliknya jika *duty cycle* semakin rendah maka konsumsi energi semakin kecil. *Duty cycle* semakin tinggi seiring meningkatnya jumlah node yang melakukan transmisi. Namun *duty cycle* dengan probabilitas kanal cadangan

dan skenario M2M model *payload exchange* lebih rendah dari pada *duty cycle* tanpa probabilitas kanal cadangan dan *event driven* [1].

#### 4. KESIMPULAN

Penambahan probabilitas pada kanal cadangan melalui skenario M2M lalu-lintas model *payload exchange* didapatkan nilai *throughput* yang maksimal dan *duty cycle* yang rendah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memanjatkan puji dan syukur kehadirat alloh swt dan sholawat dan salam kepada nabi mukhammad saw serta mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua, ibu dan bapak tercinta beserta keluarga, adik-adik saya yang telah mendukung dari segi moril dan materil, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Aijaz and A. H. Aghvami, "On the use and optimization of PRMA based cognitive M2M communications," *GLOBECOM - IEEE Glob. Telecommun. Conf.*, pp. 1265–1271, 2013.
- [2] M. Alaydrus, "Cognitive Radio : Sistem Radio Cerdas," pp. 130–143.
- [3] J. Mitola and G. Q. Maguire, "Cognitive radio: Making software radios more personal," *Softw. Radio Technol. Sel. Readings*, pp. 413–418, 2001.
- [4] P. Martigne, *Machine-To-machine (M2m) Communications*, no. July 2012. 2015.
- [5] A. . Fallis, "Machine-To-Machine Communications," *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9. pp. 1689–1699, 2013.
- [6] A. Aijaz and A. H. Aghvami, "A PRMA based MAC protocol for cognitive machine-to-machine communications," *IEEE Int. Conf. Commun.*, no. September 2014, pp. 2753–2758, 2013.
- [7] V. Sharma and R. C. Jain, "A Review of Packet Reservation Multiple Access," vol. 8, no. 3, pp. 303–312, 2011.
- [8] S. Lien, C. Tseng, and K. Chen, "Carrier Sensing Based Multiple Access Protocols for Cognitive Radio Networks," *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 3208–3214, 2008.
- [9] A. Aijaz and A. H. Aghvami, "Cognitive machine-to-machine communications for internet-of-things: A protocol stack perspective," *IEEE Internet Things J.*, vol. 2, no. 2, pp. 103–112, 2015.
- [10] A. Papoulis, *papoulis-probability-random-variables-and-stochastic-processes.pdf*. 1991.