

# **Eksperimen Probabilitas *Stopping Set* pada *Coded Random Access (CRA)* untuk Jaringan IoT**

**Nola Gabriella Hutapea\*, Yusnita Rahayu\*\*, Khoirul Anwar\*\*\***

\*Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Riau \*\*Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

\*\*\*Jurusan Teknik Telekomunikasi Telkom *University*

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: nola.m.gabriella@student.unri.ac.id

## **ABSTRACT**

*By increasing of users/devices number, Coded Random Access mechanism is suitable to enable successful access wireless successfully on super dense network. Problem of using Coded Random Access is stopping set appears. Stopping set is a harmful structure, where no other way for some trapped users in a set to be decoded. Stopping set is affected by degree distribution. This paper presents probability experiment of stopping set on Coded Random Access for Internet of Thing (IoT). It uses MATLAB R2016a as tool proving. The result of this research is used as performance networking prediction of future IoT. The results confirm that this research has a highly accuracy opportunity and becomes so practical. Then, a new graph stopping set is found on the result of simulation. The number of user/device  $\text{randperm}$ ,  $\wedge(x)$  and  $G$  affect the probability of stopping set on CRA for IoT network. More  $G$  approaches 1, the more number of stopping sets too appear and vice versa. For probability of stopping set on Coded Random Access, if  $G$  more keeps from 1, so occetence of stopping set on CRA prpbability is smaller. On the other side, if  $G$  gets closer to 1, so appearance of stopping set on CRA, probability is bigger.*

*Keyword : Super Dense-Network, Coded Random Access, Stopping Set.*

## **I PENDAHULUAN**

Kebutuhan yang semakin meningkat dan mendesak, mendorong evolusi sistem telekomunikasi menuju ke generasi kelima (5G), dengan berbagai potensi keunggulan yang menjanjikan. Namun, di samping keunggulan, beberapa tantangan yang muncul juga perlu untuk diteliti dan dicarikan solusinya. Kesiapan teknologi telekomunikasi yang ada saat ini perlu dianalisis untuk persiapan penerapan teknologi generasi kelima (5G), yang diprediksi akan diterapkan mulai tahun 2020 (Mehta, 2014). 5G akan jadi amunisi tersendiri untuk IoT. Teknologi 5G ini, sistem telekomunikasi “mencampurkan” *things-to-things communications* (T2T) dengan *human-to-human communications* (H2H). IoT diprediksi akan melayani jumlah *device* yang tergolong sangat banyak, dimana pada tahun 2020 internet akan

terhubung dengan lebih dari 50 milyar *device* (Ericsson, 2011). Dengan banyaknya *device* yang terkoneksi ke internet membuat hal itu menjadi tantangan besar untuk jaringan IoT, *multiple access* konvensional seperti *Code Division Multiple Access* (CDMA), *Time Division Multiple Access* (TDMA) dan *Automatic Repeat Request* (ARQ) yang membutuhkan penjadwalan transmisi, tidak dapat menjadi solusi karena ketiga *multiple access* konvensional di atas tidak mampu melayani banyak *device* dikarenakan trafik komunikasi yang padat berlebihan. Dengan besarnya jumlah *device* IoT yang terkoneksi dibutuhkan sebuah teknologi yang bisa memenuhi koneksi *user-user* tersebut, maka *Coded Random Access* yang diusulkan oleh Khoirul Anwar dipilih sebagai metode solusi yang lebih tepat. CRA cocok untuk jaringan super padat di masa

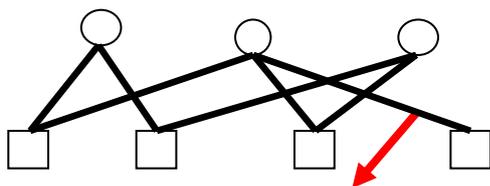
yang akan datang karena dapat menyelesaikan masalah penjadwalan transmisi untuk *device* dengan jumlah yang sangat besar (Khoirul Anwar, 2017). Masalah yang muncul dengan digunakannya CRA sebagai solusi adalah munculnya *stopping set*, yang dimana akan mempengaruhi performa IoT masa depan. *Stopping set* adalah struktur yang berbahaya, dimana tidak ada jalan lain untuk beberapa *user* yang terperangkap di suatu set untuk di *decode*, *stopping set* dipengaruhi oleh *degree distribution* (Khoirul Anwar, 2016).

Pada penelitian ini akan menganalisa probabilitas *stopping set* yang terjadi pada *Coded Random Access* untuk jaringan IoT langsung dari eksperimen sehingga peluang akurasi tinggi dan menjadi sangat praktis serta mengkonfirmasi rumus *stopping set* yang telah diteliti sebelumnya oleh Khoirul Anwar pada (Khoirul Anwar, 2016). Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan acuan untuk memprediksi performansi IoT masa depan. Dengan begitu parameter terbaik untuk suatu wilayah dapat diatur sesuai dengan prediksi yang didapat.

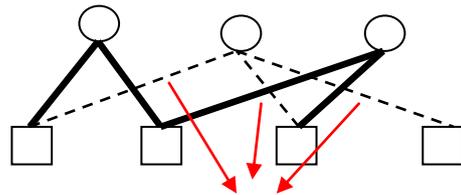
## II LANDASAN TEORI

### II.1 Strategi Decoding

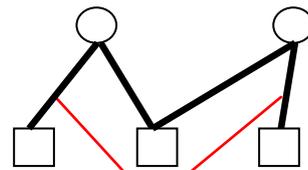
*Decoding* pada *bipartite graph* memiliki strategi *decode* yang cukup sederhana. Apabila menemukan *degree 1*, *degree 1* tersebut beserta *degree distribution* lainnya yang terhubung ke *user/device* yang sama dengan *degree 1* dihapus. Strategi decoding tersebut akan direpresentasikan pada gambar berikut.



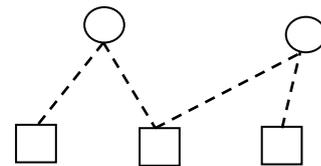
-Ditemukan adanya *degree 1*.



-Hapus/hilangkan *degree distribution* yang terhubung ke *user/device* yang terdapat *degree 1* nya.



-Untuk selanjutnya, lakukan seperti sebelumnya apabila menemukan adanya *degree 1*, hapus *degree distribution* yang terhubung ke *user/device* yang terdapat *degree 1* nya.

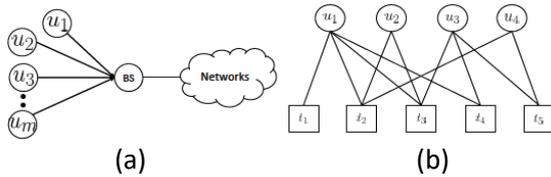


-Dihasilkan *bipartite graph* yang habis di *decode*.

### II.2 Coded Random Access

*Coded Random Access* (CRA) adalah salah satu teknik multiple akses dengan cara mengkombinasikan SIC dengan coding. CRA dibagi berdasarkan *degree*. Besarnya jumlah dari *user/device*, mekanisme *uncoordinated random access* cocok untuk memungkinkan suksesnya akses *wireless*. Sementara mekanisme *uncoordinated conventional access* dapat menimbulkan pemborosan dikarenakan paket yang bertabrakan akan dibuang. Kebutuhan yang lebih dari efisiensi mekanisme *random access* yang memanfaatkan tabrakan paket yang ada sangat dibutuhkan daripada membuang paket tersebut. *Coded Random Access* membuka dasar rancangan terbaru untuk sistem komunikasi yang dapat memenuhi

kebutuhan jaringan super padat meliputi *user/device* dalam jumlah besar (Khoirul Anwar, 2016).



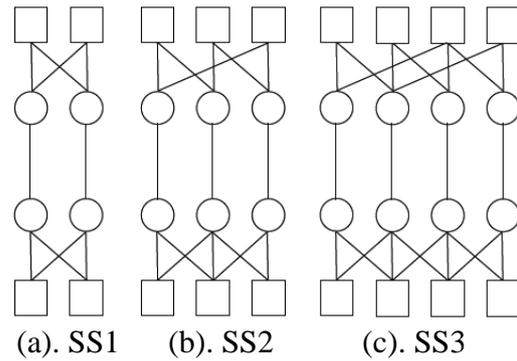
**Gambar 2.1** (a) *Massive IoT wireless connections* (b) Faktor grafik yang mewakili jaringan IoT digunakan untuk proses *decoding*.

*Coded Random Access (CRA)* menggunakan *time-slots* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1(b), dimana tabrakan terjadi pada  $t_2, t_3, t_4$ , dan  $t_5$ . Proses *decoding* akan berlangsung ketika tabrakan terjadi. CRA tetap menjaga paket-paket yang bertabrakan terselesaikan dengan *successive interference cancellation (SIC)*. Representasi grafik dari CRA yang terlihat pada Gambar 2.1(b), mendeskripsikan teknik *multiple access* cocok untuk konektivitas jaringan *wireless* yang besar, dengan *user*  $u = [u_1, u_2, u_3, u_4]$  dan *time-slots*  $t = [t_1, t_2, t_3, t_4, t_5]$ . Masing-masing *user* mengirimkan informasinya secara *random* ke *time slot* yang mana saja. Sebagai konsekuensinya, satu *time-slots* memiliki satu *degree* (d) yang mengindikasikan adanya *user* d yang melakukan transmisi secara serentak pada *time-slots* tersebut. Pada CRA, distribusi *degree* menyatakan berapa kali para *user* melakukan transmisi (Khoirul Anwar, 2017).

### II.3 Stopping Set

Terjadinya *error-floor* tidak terhindarkan. Salah satu hal yang menunjukkan adanya *error-floor* adalah dengan adanya *stopping set*. *Stopping set* merupakan salah satu hal yang penting untuk diperhatikan. *Stopping set* adalah sebuah struktur yang berbahaya, dimana tidak ada jalan lain bagi beberapa *user* yang terperangkap di suatu set untuk di *decode*. Dengan kata lain, kondisi dimana tidak

adanya *degree* 1 pada *bipartite graph* (Khoirul Anwar, 2016).



**Gambar 2.2** Pentingnya *stopping set*: (a). meliputi dua *user* dengan  $\forall(SS1) = [0,0,2,0,0]$ , (b). tiga *user*  $\forall(SS2) = [0,0,3,0,0]$ , dan (c). empat *user* dengan  $\forall(SS3) = [0,0,4,0,0]$ .

Contoh dari *stopping set* ditunjukkan pada Gambar 2.2(a), dimana dua *degree-2 user* mentransmisikan data mereka menggunakan PTS yang sama. *Stopping set* yang melibatkan tiga dan empat *user* ditunjukkan pada Gambar 2.2(b)-(c).

### II.4 Degree Distribution

Di penelitian ini, *degree distribution* adalah untuk mengkarakteristik properti. Paket yang ditransmisikan direpresentasikan sebagai *edge* yang menghubungkan *user node* dan *slot node*. Jumlah dari *edge* yang terhubung ke *user node* (UN) dilambangkan sebagai  $\Lambda^h$ . Dimana  $\Lambda^h$  adalah probabilitas dari UN memiliki *degree* h, sementara H adalah maksimum *degree* dari UN.  $\Lambda^h$  dapat disebut dengan *node* perspektif.

$$\Lambda^h = \sum_{h=0}^H \Lambda^h X^h \quad (2.1)$$

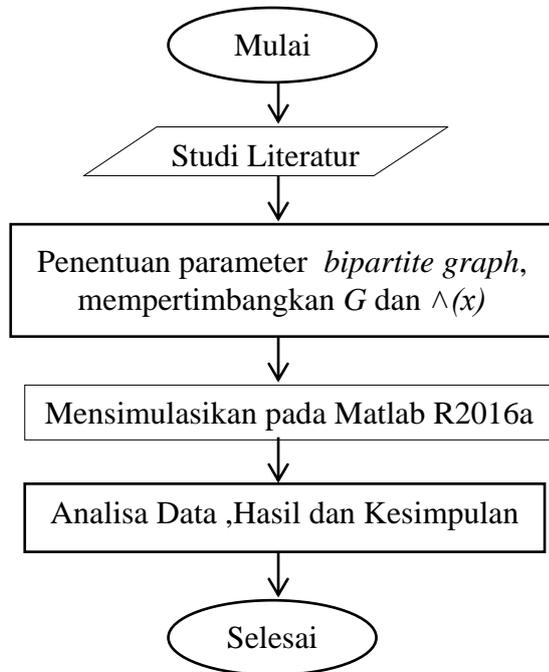
Untuk mencapai performansi yang baik, dipertimbangkan untuk mengikuti *degree distribution* di bawah ini (Khoirul Anwar, 2016).

$$\Lambda(x) = 0.5x^2 + 0.28x^3 + 0.22x^8 \quad (2.2)$$

### III. METODE PENELITIAN

#### III.1 Diagram Alir Simulasi

Diagram alir simulasi terdiri dari tahapan-tahapan yang bertujuan untuk membantu dalam proses pengerjaan skripsi. Gambar 3.1 menggambarkan diagram alir dalam proses pengerjaan simulasi.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### III.2 Menentukan Parameter Simulasi

Adapun tahapan awal dari penelitian adalah menentukan parameter utama yang digunakan. Ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam melakukan penelitian ini, yakni:

1. Jumlah *time-slot*.
2. Penentuan jumlah *user/device* berdasarkan  $G$ .
3. *Degree Distribution*.

##### III.2.1 Jumlah Time-Slot

Penelitian ini dilakukan sebagai persiapan dalam memasuki era 5G, untuk jumlah *time-slot* yang digunakan memiliki aturan tersendiri. Jumlah *time-slot* yang disimpulkan sudah mampu untuk memenuhi kebutuhan di masa 5G dengan segala layanan teknologi yang disediakan adalah

minimal 200 *time-slot* (Khoirul Anwar, 2016). Maka, digunakan  $N=200$ .

##### III.2.2 Jumlah User/Device

Syarat dari jumlah *user/device* yang akan digunakan pada penelitian ini yakni berdasarkan jumlah  $G$ .  $G$  dinyatakan pada rumus dibawah ini,

$$G = m/n \quad (3.1)$$

dimana:  $m$  = jumlah *user/device*

$n$  = jumlah *time-slot*

Jumlah  $G$  yang dimaksud juga memiliki aturan, yakni hanya menggunakan jumlah *user/device* dengan hasil dari  $G$  yang kemungkinannya harus mendekati 1. Berikut adalah jumlah *user/device* yang dipakai dipenelitian:

- $G = 20/200 = 0.1$
- $G = 60/200 = 0.3$
- $G = 100/200 = 0.5$
- $G = 140/200 = 0.7$
- $G = 180/200 = 0.9$

Keterangan: (...) = Jumlah *user/device* yang digunakan.

##### III.2.3 Degree Distribution

*Degree distribution* dimaksud untuk mengkarakteristik properti. Dengan *degree distribution* kita dapat menentukan berapa kali *user/device* melakukan transmit. Untuk mencapai performansi yang baik dan ideal dalam penelitian ini, digunakan rumus *degree distribution* di bawah ini (Khoirul Anwar, 2016).

$$\wedge(x) = 0.5x^2 + 0.28x^3 + 0.22x^8 \quad (3.2)$$

Maksud dari rumus diatas adalah 0.5 dari *user/device* melakukan transmit sebanyak 2 kali, selanjutnya 0.28 dari *user/device* melakukan transmit sebanyak 3 kali dan 0.22 dari *user/device* melakukan transmit sebanyak 8 kali.

Di bawah ini adalah perhitungan untuk menentukan *degree distribution* yang akan digunakan pada penelitian

berdasarkan jumlah *user/device* yang telah didapat sebelumnya:

- $0.5 (20) = 10x^2$   
 $0.28 (20) = 5.6x^3$   
 $0.22 (20) = 4.4x^8$
- $0.5 (60) = 30x^2$   
 $0.28 (60) = 16.8x^3$   
 $0.22 (60) = 13.2x^8$
- $0.5 (100) = 50x^2$   
 $0.28 (100) = 28x^3$   
 $0.22 (100) = 22x^8$
- $0.5 (140) = 70x^2$   
 $0.28 (140) = 39.2x^3$   
 $0.22 (140) = 30.8x^8$
- $0.5 (180) = 90x^2$   
 $0.28 (180) = 50.4x^3$   
 $0.22 (180) = 39.6x^8$

### III.3 Simulasi Probabilitas Stopping Set pada Coded Random Access

Pada penelitian ini, dilakukan eksperimen untuk menemukan probabilitas *stopping set* pada Coded Random Access (CRA) untuk jaringan IoT dan mengkonfirmasi rumus *stopping set* yang telah di teliti sebelumnya oleh Khoirul Anwar. Dengan dilakukannya eksperimen secara satu persatu menjadikan peluang akurasi tinggi dan sangat praktikal. Penelitian ini menggunakan simulasi Matlab R2016a sebagai *tool proving*. Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu tentukan parameter agar eksperimen yang dilakukan bekerja secara optimal. Kemudian setelah beberapa parameter telah ditentukan, dilanjutkan ke tahap simulasi di Matlab R2016a. Pada tahap ini parameter-parameter tersebut akan dituangkan ke program Matlab dan akan didapatkan hasil probabilitas *stopping set* yang muncul dari masing-masing eksperimen. Selain menemukan

probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access* untuk Jaringan IoT setelah semua hasil didapat, maka juga akan dilakukan konfirmasi terhadap rumus *stopping set* yang telah di teliti sebelumnya oleh Khoirul Anwar, apakah masih sama atau ada penambahan *stopping set* baru. Hasil simulasi akan menjadi acuan untuk memprediksi performansi IoT masa depan, dimana dapat diatur parameter terbaik untuk suatu wilayah berdasarkan prediksi tersebut.

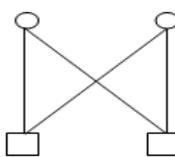
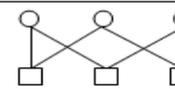
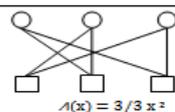
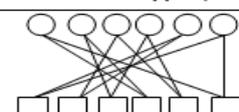
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Probabilitas Stopping Set pada Coded Random Access (CRA)

Probabilitas dianggap benar apabila sudah menemukan minimal  $10x$  *stopping set*. Maka dari itu, pada penelitian ini masing-masing  $G$  (dari  $G=0.1$  s/d  $G=1$ ) didapatkan minimal  $10x$  *stopping set*. Perlu diketahui bahwa bentuk-bentuk dari *graph stopping set* yang dihasilkan dipengaruhi oleh *randperm* (random permutasi) yang terdapat pada program MATLAB. Hasil dari probabilitas *stopping set* yang ditemukan pada simulasi Matlab yakni sebagai berikut:

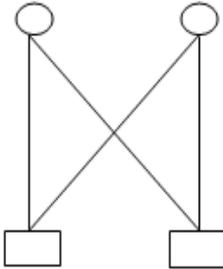
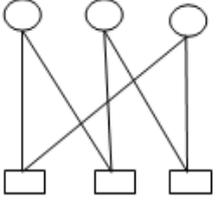
- $G = 0.1$  (20 *user/device*)

**Tabel 4.1** Probabilitas Stopping Set

Probabilitas	Graph
1/624 1/671 1/516 1/511 1/463 1/376 1/256 1/192 1/96 1/87 1/49 1/35	 $A(x) = 2/2 x^2$
1/1073 1/193	 $A(x) = 3/3 x^2$
1/52	 $A(x) = 3/3 x^2$
1/14	 $A(x) = 6/6 x^2$

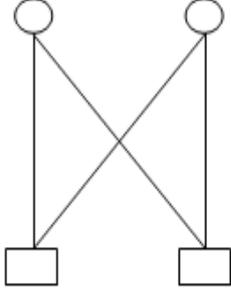
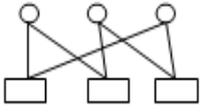
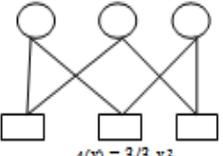
- $G = 0.3$  (60 user/device)

**Tabel 4.2** Probabilitas Stopping Set

Probabilitas	Graph
1/29	 $\Lambda(x) = 2/2 x^2$
1/31	
1/22	
1/39	
1/30	
1/20	
1/18	
1/58	
1/11	
1/25	
1/75	
1/114	
1/1	
1/33	
1/65	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$

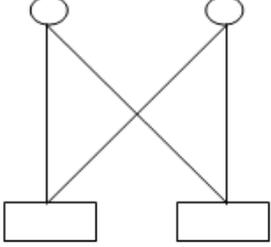
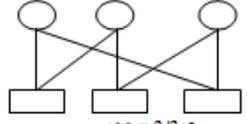
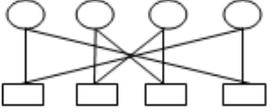
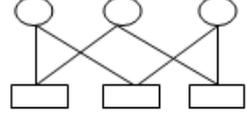
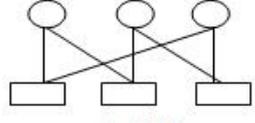
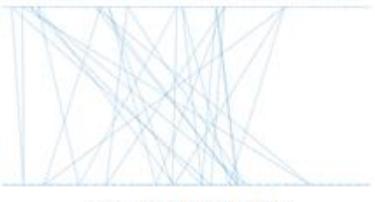
- $G = 0.5$  (100 user/device)

**Tabel 4.3** Probabilitas Stopping Set

Probabilitas	Graph
1/32	 $\Lambda(x) = 2/2 x^2$
1/4	
1/6	
1/11	
1/1	
1/39	
1/16	
1/13	
1/17	
1/23	
1/5	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$
1/15	
1/8	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$
1/10	
1/2	

- $G = 0.7$  (140 user/device)

**Tabel 4.4** Probabilitas Stopping Set

Probabilitas	Graph
1/2	 $\Lambda(x) = 2/2 x^2$
1/16	
1/9	
1/10	
1/7	
1/11	
1/1	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$
1/6	
1/22	 $\Lambda(x) = 4/4 x^4$
1/4	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$
1/2	 $\Lambda(x) = 3/3 x^3$
1/3	 $\Lambda(x) = 10/13 x^3 + 3/13 x^2$
1/5	 $\Lambda(x) = 11/17 x^3 + 6/17 x^2$
1/12	 $\Lambda(x) = 10/10 x^3$

- $G = 0.9$  (180 user/device)

**Tabel 4.5** Probabilitas Stopping Set

Probabilitas	Graph
1/1	
1/1	
1/1	
1/1	
1/1	
1/1	
1/4	
1/1	
1/1	
1/1	
1/1	
1/1	

Berdasarkan tabel probabilitas *stopping set* diatas, dapat diketahui bahwa randperm (*random permutation*) pada program MATLAB mempengaruhi *graph stopping set* yang dihasilkan pada simulasi. Pada  $G=0.1$ ,  $G=0.3$ ,  $G=0.5$  ( $G$  menjauhi 1), untuk menemukan probabilitas terjadinya satu *stopping set* saja membutuhkan puluhan bahkan sampai ribuan percobaan diikuti dengan hasil simulasi *stopping set* yang sedikit. Sedangkan untuk  $G=0.7$  dan  $G=0.9$  ( $G$  mendekati 1) probabilitas terjadinya *stopping set* dapat ditemukan dalam satu kali percobaan diikuti dengan hasil simulasi *stopping set* yang sangat banyak.

## IV.2 Konfirmasi Hasil Simulasi terhadap Six Important Stopping Sets

Selain untuk menemukan probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access* untuk jaringan IoT, penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengkonfirmasi tabel *six important stopping sets* pada (Khoirul Anwar, 2016). Apakah setelah didapatkan hasil simulasi masih tetap sama atau ada penambahan *stopping set* baru. Berikut Tabel 4.6 *six most important stopping set* pada penelitian sebelumnya yang akan dikonfirmasi.

**Tabel 4.6** Six Important Stopping Sets

Set	Graph
$S_1$	
$S_2$	
$S_3$	
$S_4$	
$S_5$	
$S_6$	

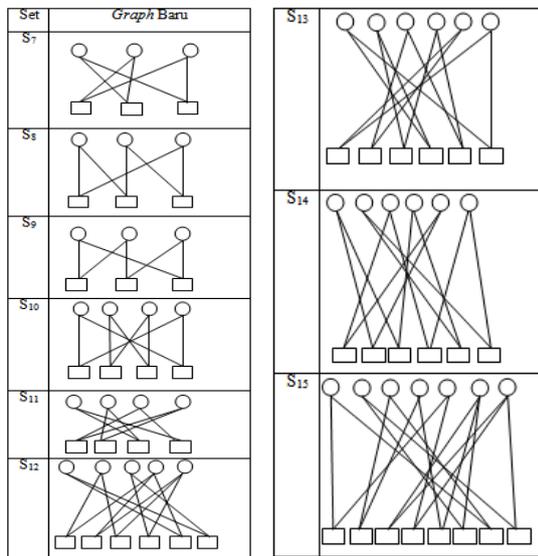
Untuk hasil dari konfirmasi hasil simulasi yang didapat dari penelitian saat ini terhadap Tabel 4.6 yang telah diteliti sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7** Konfirmasi Hasil Simulasi terhadap Six Important Stopping Sets

Set	$G=0.1$	$G=0.3$	$G=0.5$	$G=0.7$	$G=0.9$
$S_1$	1/516, 1/51 1, 1/463, 1/376, 1/256, 1/192, 1/96, 1/87, 1/49, 1/35, 1/671, 1,624	1/29, 1/31, 1/22, 1/39, 1/30, 1/20, 1/18, 1/58, 1/11, 1/25, 1/75, 1/114, 1/1, 1/33	1/32, 1/4, 1/6, 1/11, 1/39, 1/1, 1/16, 1/13, 1/17, 1/23	1/5, 1/16, 1/9, 1/10, 1/7, 1/11	-
$S_2$	1/1075, 1/193	-	1/8, 1/10, 1/2	1/4	-
$S_3$	-	-	-	-	-
$S_4$	-	-	-	-	-
$S_5$	-	-	-	-	-
$S_6$	-	-	-	-	-

Setelah melihat hasil simulasi Matlab terkait probabilitas *stopping set*, ditemukan munculnya *Graph stopping set* yang baru. *Graph stopping set* yang baru tersebut akan disajikan pada Tabel 4.8 berikut.

**Tabel 4.8** *Graph Stopping Set* Baru



## V KESIMPULAN DAN SARAN

### V.1 Kesimpulan

Penelitian probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access* (CRA) untuk jaringan IoT secara eksperimental memiliki peluang akurasi yang tinggi dan menjadi sangat praktis sehingga pada hasil simulasi dapat ditemukan *Graph stopping set* yang baru. Jumlah *user/device*, *randperm*,  $\wedge(x)$  dan  $G$  mempengaruhi probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access* untuk jaringan IoT. Semakin  $G$  mendekati 1 maka semakin banyak juga *stopping set* yang muncul dan sebaliknya. Untuk probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access*, semakin  $G$  menjauhi 1 probabilitas terjadinya *stopping set* semakin kecil, semakin  $G$  mendekati 1 maka probabilitas *stopping set* pada *Coded Random Access* (CRA) semakin besar.

### V.2 Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan parameter seperti jumlah

*time-slot* dan jumlah *user/device* dengan jumlah yang lebih besar.

2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap *graph stopping set* baru yang didapat guna untuk membantu persiapan standarisasi 5G.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Purwita dan K. Anwar, "Massive Multiway Relay Networks Applying Coded Random Access", IEEE Transaction on Communications, 2016, pp. 1-12.
- Ericsson, "5G Radio Access," Tech. Rep., April 2016.
- Ericsson, "More than 50 billion connected devices," Ericsson Whitepaper, pp. 1-12, February 2011.
- Juansyah and K. Anwar, "Header Detection for Massive IoT Wireless Network Over Rayleigh Fading Channels", IEEE ICSigSys 2017.
- K. Anwar and R. P. Astuti, "Finite-Length Analysis for Wireless Super-Dense Network Exploiting Coded Random Access Over Rayleigh Fading Channel", IEEE APWiMob 2016, Bandung, Indonesia, September 01, pp. 1-6.
- K. Anwar, "Decoding for Wireless Super-Dense Network and Its Finite-Length Analysis for Pratical Applications", IEEEISESD, November 2016.
- K. Anwar, "High Dense Multiway Relay Networks Exploiting Direct Links as Side Information", IEEE ICC 2016, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2016, pp. 1-6.
- Mehta, Haard, Darpit Patel, Bhaumik Joshi, Hardik Modi. "0G to 5G Mobile Technology: A Survey". *Journal of Basic and Apllied EnGINEERING Research* Vol. 01 No. 06. October 2014