

ANALISA STOPPING SETS PADA INTERNET-OF-THINGS (IoT) BERKEMAMPUAN MULTI USER DETECTION (MUD) DENGAN PANJANG BLOK TERBATAS

Muhammad Rifqy Asrul*, Yusnita Rahayu**, Khoirul Anwar***

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

***Jurusan Teknik Elektro Telkom University

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

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: muhammad.rifqyasrul@student.unri.ac.id

ABSTRACT

By increasing number of users / devices, the Coded Random Access application is suitable for use enable wireless access successfully in super congested networks. Usage problems Coded Random Access prohibitions emerged. Stop sets are dangerous structures, where none exist another way for multiple users stuck in a set to be decoded. Set stop by degree distribution. This paper presents a probability analysis of the stopping set coded random Access to Internet of Thing (IoT) with Multi User Detection (MUD) capability. It uses MATLAB R2016a as a proving tool. The result of this research is used as an assessment of future IoT network performance. The result is done that this research has a high chance of being accurate and very practical. Then, a new graph stopping set for MUD with a constant 2 is found in the simulation results. Number of user / device $\text{randperm}, \wedge (x)$ and G affect the probability of the set out of the CRA for IoT networks. The higher the G value, the higher the probability that the number of set stops will occur.

Keywords: Coded Random Access, Multi User Detection, Stopping Sets, Internet-of-Things

I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi diperkirakan akan semakin meningkat karena jumlah *device* yang terhubung ke internet lebih banyak daripada jumlah manusia yang menggunakan *device*, diperkirakan pada tahun 2020 jumlahnya akan meningkat sebanyak 50 milyar *device* bahkan bisa mencapai angka 75 milyar (A. Mandal. 2017). Teknologi generasi kelima (5G) merupakan teknologi komunikasi yang memungkinkan suatu operator melakukan peningkatan jaringan pada layanan seluler untuk kepadatan yang lebih besar. Seperti yang dikatakan Sean Bryson (www.cisco.com) peningkatan signifikan yang dapat dilakukan pada generasi kelima antara lain, peningkatan pada *bandwidth* yang besar hingga 10 Gbps dengan kecepatan akses 1 Gbps dan latensi yang rendah, yang memungkinkan untuk suatu perangkat dapat merespon lebih cepat dengan jangkauan yang luas. Bentuk komunikasi yang terjadi pada saat ini antara lain komunikasi antara manusia dengan manusia (*Human to Human*) maupun manusia dengan perangkat (*Human to Device*).

CRA (*Coded Random Access*) merupakan suatu teknik tingkatan yang digunakan untuk mendeteksi *multiuser* yang diusung oleh Khoirul Anwar. Dengan banyaknya manusia maupun *device* yang akan terhubung dengan internet, teknik ini sangat berguna untuk penjadwalan pengiriman pesan yang secara acak dilakukan oleh manusia maupun *device* (Khoirul Anwar, 2018). Salah satu masalah yang sering muncul pada teknik CRA ini adalah munculnya *stopping sets*, yaitu beberapa *user* terperangkap dalam satu set tetapi tidak bisa melakukan proses *decoding* (Khoirul Anwar, 2016). Untuk mengatasi masalah terjadinya *stopping sets* adalah dengan penentuan nilai dari *Degree Distribution* yang berguna agar penjadwalan transmisi data lebih efisien (Khoirul Anwar, 2016).

Pada penelitian tugas akhir ini akan menganalisa probabilitas *stopping sets* yang biasa terjadi pada CRA dengan menggunakan panjang blok yang terbatas yang dikombinasikan dengan teknik *Multi User Detection* yaitu $K=2$. Manfaat penelitian tugas

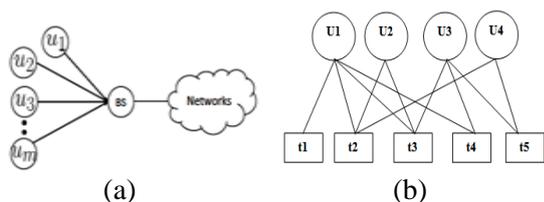
akhir ini adalah analisis dan prediksi kinerja *massive* IoT di masa depan yang berbasis IoT dengan MUD sehingga semakin banyak *device* yang dilayani meskipun tanpa penambahan spectrum frekuensi. Hasil penelitian tugas akhir ini diharapkan mendapatkan nilai probabilitas munculnya stopping sets pada teknik CRA.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Coded Random Access (CRA)

Coded Random Access (CRA) adalah salah satu teknik *multiple* akses yang memperbolehkan *user* transmit *message* secara random (tanpa *scheduling*) dengan proses *decoding* menggunakan *Successive Interference Cancellation* (SIC) dengan distribusi tertentu sehingga memiliki *error correction coding*. Mekanisme *uncoordinated random access* cocok untuk memungkinkan suksesnya akses *wireless* yang melibatkan banyaknya jumlah *user/device*.

Kebutuhan yang lebih dari efisiensi mekanisme *random access* yang memanfaatkan tabrakan paket yang ada sangat dibutuhkan daripada membuang paket tersebut. CRA membuka dasar rancangan terbaru untuk sistem komunikasi yang dapat memenuhi kebutuhan jaringan super padat meliputi *user/device* dalam jumlah besar (Khoirul Anwar, 2016).



Gambar 1. (a) *Massive IoT wireless connections* (b) Faktor grafik yang mewakili jaringan IoT digunakan untuk proses *decoding*

Gambar 1.(b) menunjukkan *graph* CRA menggunakan *time-slots* dengan tabrakan yang 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). Pada CRA, *degree distribution* menyatakan berapa kali para *user* melakukan transmisi (Khoirul Anwar, 2017).

2.2 Stopping Sets

Stopping set adalah sebuah struktur yang tidak diinginkan pada sebuah komunikasi dikarenakan beberapa *user* terperangkap di suatu set yang menyebabkan kegagalan *decoding* (Khoirul Anwar, 2016). Jika terjadi stopping sets pada sebuah komunikasi, maka paket tersebut tidak akan diteruskan pada saat pengiriman, namun akan di buang dan tidak dapat digunakan kembali (Khoirul Anwar, 2016), ini menyebabkan kegagalan dalam sebuah sistem komunikasi

Tabel 1. Bentuk stopping sets pada $K = 1$ (Khoirul Anwar, 2016)

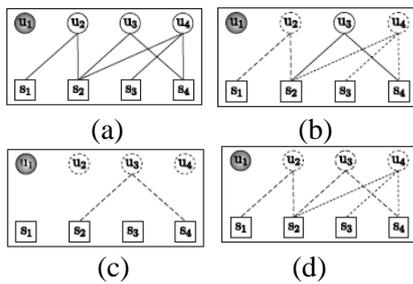
S_1	
S_2	
S_3	
S_4	
S_5	
S_6	

Contoh bentuk dari stopping sets ditunjukkan pada tabel 1, *stopping sets* tersebut didapatkan karena penelitian yang dilakukan oleh Khoirul Anwar (2016) dilakukan pada $K = 1$, yang melibatkan pertabrakan paket antara 2 user atau lebih pada satu *timeslot*.

2.3 Strategi Decoding

Sebagai contoh untuk $K = 1$, apabila *decoder* menemukan dua *user* yang bertabrakan dalam satu *time-slot* yang disebut dengan *degree 1*, *user/device* yang terhubung dengan *time-slot* tersebut dikatakan telah berhasil *decoded* sehingga seluruh *edge*

yang berhubungan dengan *degree* tersebut bisa dihapus seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Proses decoding menggunakan teknik SIC (Khoirul Anwar, Ardimas Andi Purwita, 2016)

Gambar 2 menunjukkan bagaimana proses decoding menggunakan teknik SIC dilakukan. Pada gambar 2 (a) terdapat 3 *user* melakukan akses yaitu U2, U3 dan U4 terhadap 4 *timeslot* antara lain S1, S2, S3 dan S4. Pada saat proses transmit data ditemukan *degree* 1 pada *timeslot* S1 dan S3, maka akan dilakukan proses *decoding* pada *timeslot* tersebut. *User* yang terkoneksi dengan *timeslot* S1 dan S3 yaitu U2 dan U4 akan diselesaikan pada iterasi pertama yang ditunjukkan pada gambar 2 (b). Setelah *decoding* pertama dilakukan, masih terdapat *degree* 1 yang terkoneksi pada *timeslot* S2 dan S4, maka akan dilakukan proses *decoding* untuk iterasi kedua. *User* yang terkoneksi dengan slot tersebut adalah U3, sehingga pada saat *decoding* dilakukan tidak ada lagi paket yang bertabrakan yang terlihat pada gambar 2 (c).

2.4 Degree Distribution

Degree distribution adalah untuk mengkarakteristik properti. Paket yang ditransmisikan direpresentasikan sebagai *edge* yang menghubungkan *user node* dan *slot node*.

$$\Lambda(x) = Ax^B + Cx^D \quad (1)$$

Variabel A dan C disebut sebagai *distribution* atau *fraction*, yaitu pecahan dari semua *users* yang akan melakukan transmisi dalam satu *contention period*. Nilai pecahan variabel A dan C jika dijumlahkan harus bernilai satu (1). Variabel B dan D disebut sebagai *degree* atau *exponent* yaitu jumlah *time-slot* yang dipakai oleh *users* atau *device*. (Purwita & Anwar, 2016)

Untuk mencapai performansi yang baik, tugas akhir ini menggunakan *degree*

distribution yang diusung pada penelitian Khoirul Anwar dengan Ardimas Andi Purwita.

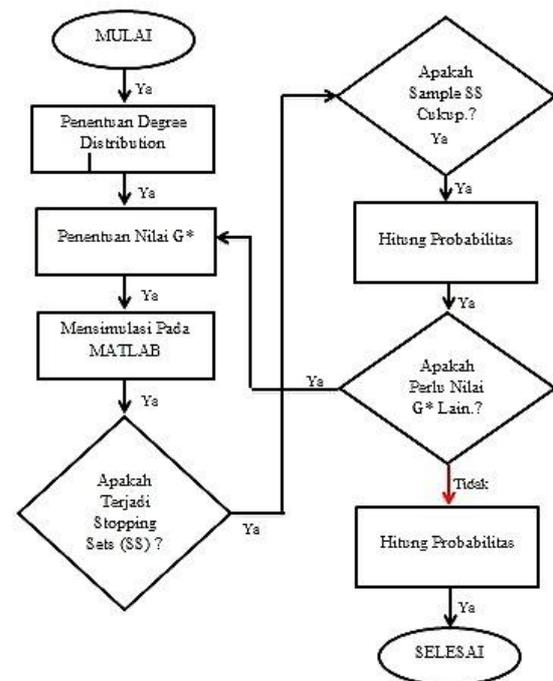
2.5 Multi User Detection (MUD)

MUD berpotensi untuk memberikan peningkatan yang signifikan terhadap proses pengiriman data. Pada saat proses pengiriman data / data *transmit* banyak *user* yang dapat mengirimkan data pada base station dalam waktu yang bersamaan. MUD bekerja pada base station yang ditujukan untuk keseluruhan sinyal. Kemampuan MUD dapat mendeteksi informasi dari banyak *user* yang mengirimkan data tersebut secara bersamaan pada setiap masing-masing individual *user*. Informasi yang dapat dideteksi antara lain kode, waktu, amplitude maupun fasa dari informasi setiap *user* (Moshavi, 1996). K-*user* didefinisikan dengan saluran pengguna tunggal.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian

Penelitian analisa probabilitas stoppings sets yang terjadi pada Coded Random Acces (CRA) dengan kemampuan MUD yang menggunakan panjang blok terbatas menggunakan software MATLAB. Blok diagram simulasi terdiri dari tahapan-tahapan yang bertujuan untuk membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir, langkah-langkah blok diagram dalam proses penegerjaan skripsi dijelaskan di gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Penelitian

3.2 Menentukan Jumlah User/Device

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai G dapat dihitung menggunakan (Khoirul Anwar, 2016).

$$G = \frac{kM}{N} \quad (2)$$

Dengan keterangan kM adalah konstanta jumlah *user/device* yang digunakan dan N adalah jumlah *time-slot*. Tabel 2 menunjukkan jumlah *user/device* yang akan digunakan.

Tabel 2. *User/device* yang digunakan

G	$\frac{kM}{N}$
1	200/200
1.1	220/200
1.2	240/200
1.3	260/200
1.4	280/200
1.5	300/200
1.6	320/200
1.7	340/200
1.8	360/200
1.9	380/200
2	400/200

3.3 Jumlah Timeslot

Penelitian ini dilakukan sebagai persiapan dalam memasuki era 5G. Jumlah *time-slot* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan di masa 5G dengan segala layanan teknologi yang disediakan minimal 200 *time-slot* (Khoirul Anwar, 2016). Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan panjang blok yang terbatas, penelitian ini menggunakan jumlah *time-slot* N sebanyak 200, dikarenakan dengan menggunakan *time-slot* yang terlalu besar tidak memiliki efek yang signifikan terhadap *error-floor* yang terjadi (Khoirul Anwar, 2016).

3.4 Degree Distribution

Degree distribution yang optimal didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh (Purwita, 2016).

$$\Lambda(x) = 0.87x^2 + 0.13x^8 \quad (3)$$

Rumus *degree distribution* diatas menggunakan *degree distribution* optimal dua suku yang berbentuk rumus variabel :

$$\Lambda(x) = Ax^B + Cx^D \quad (4)$$

Dengan keterangan, variabel A menyatakan *rate* untuk *user human* (pengguna manusia) yang melakukan *transmit* data, variabel B menyatakan *rate* untuk *transmit* data yang dilakukan oleh *user human*. Untuk variabel C menyatakan persentase untuk *user machine* (pengguna mesin) yang melakukan *transmit* data, variabel D menyatakan berapa banyaknya *transmit* data yang dilakukan oleh *user machine*. Sedangkan variabel x menyatakan jumlah *user/device* (kM) yang melakukan *transmit* data untuk masing-masing konstanta MUD.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Probabilitas Stopping Sets

Berdasarkan hasil pengujian tugas akhir yang telah dilakukan, probabilitas dianggap benar apabila menemukan minimal 50 *sample stopping sets*. Pada pengujian menggunakan nilai G yang telah ditentukan untuk setiap konstanta, oleh karena itu untuk masing-masing G minimal mendapatkan 50 *sample* pengujian. Perlu diketahui bahwa bentuk dari *graph stopping sets* yang dihasilkan dipengaruhi oleh *randperm* (*random permutation*) yang terdapat dalam MATLAB.

Untuk mendapatkan hasil probabilitas *stopping sets* untuk konstanta dua menggunakan nilai G yang ditunjukkan pada tabel (1) dari nilai $G = 1$ hingga $G = 1.5$. Berdasarkan hasil simulasi komputer pada MATLAB, ditemukan beberapa bentuk *graph stopping sets*. *Graph Stopping sets* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Graph Stopping sets CRA $K = 2$

Set	Graph
S2.1	
S2.2	
S2.3	
S2.4	
S2.5	

Diantara *stopping sets* yang memungkinkan, tidak semua *stopping sets* yang muncul memiliki kontribusi. Berdasarkan tabel 2 menampilkan 5 *graph stopping sets* yang paling signifikan yang diamati dari probabilitas kemunculannya dengan blok yang terbatas yaitu dengan menggunakan 200 *timeslot*. Perlu diperhatikan dari tabel diatas, *stopping sets* hanya terjadi jika dua *user* atau lebih mengalami tabrakan paket pada satu *timeslot* yang disebut dengan nilai *degree*. Dengan keterangan $U(n)$ menyatakan jumlah *user* yang terlibat, sedangkan $t(n)$ adalah

jumlah *timeslot* yang mengalami *error-floor*. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan $\Lambda(x) = 0.87x^2 + 0.13x^8$, perhitungan probabilitas yang didapatkan dilakukan menggunakan :

$$Prob = \frac{Sample}{Simulasi} \quad (5)$$

Probabilitas kemunculan *graph stopping sets* yang diperlihatkan sebagai berikut.

Tabel 4. Probabilitas Graph Stopping Sets

S \ G	S2.1	S2.2	S2.3	S2.4	S2.5
1	-	-	-	-	-
1.1	-	-	-	-	-
1.2	0.0036	0.00023	0.0001	-	-
1.3	0.0046	0.00026	0.0002	-	-
1.4	0.0076	0.00061	0.0002	-	-
1.5	0.0068	0.00066	0.0003	0.0002	0.0002
1.6	0.0097	0.00119	0.0006	0.0003	0.0002
1.7	0.0089	0.00138	0.0010	0.0006	0.0005
1.8	0.0015	0.00047	0.0005	0.0007	0.0098

Dari table 4 memperlihatkan hasil dari perbandingan setiap *graph stopping sets* yang paling signifikan terjadi pada konstanta dua ($K = 2$). Perbandingan dari nilai G dilakukan antara nilai 1.2 hingga 1.8, dikarenakan setelah melakukan pengamatan pada nilai $G = 1$ hingga nilai $G = 1.1$ tidak ditemukan kemunculan *stopping sets* yang signifikan, sehingga *stopping sets* yang terjadi antara nilai $G = 1$ hingga $G = 1.1$ diabaikan. Sedangkan untuk nilai $G = 1.9$ hingga $G = 2$ tidak digunakan dikarenakan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (purwita, 2016) untuk nilai G optimal pada konstanta dua berada pada nilai $G = 1.8$, setelah dilakukan simulasi hasil *stopping sets* yang ditunjukkan pada nilai G diatas 1.8 terjadi *overload*, tabrakan paket (*error-floor*) yang terjadi lebih dari setengah jumlah *user*, sehingga komunikasi menjadi tidak *reliable* dan *lose-rate* yang besar tidak dapat diminimalisir.

Berdasarkan tabel 4 persentase kemunculan *stopping sets* tertinggi secara keseluruhan terjadi pada $G = 1.8$ yaitu 0.98 persen dari sejumlah 320 *user/device* yang terhubung kepada *base station* yang terkoneksi

dengan internet. Sedangkan untuk persentase probabilitas kemunculan *stopping sets* terendah secara keseluruhan terjadi pada $G = 1.2$ yaitu terjadi 0.01 persen dari 240 *user/device* yang terhubung kepada *base station*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Tugas akhir ini telah melakukan analisa *stopping sets* pada CRA dengan kemampuan MUD Probabilitas didapatkan dengan menggunakan simulasi komputer MATLAB 2016a dengan menemukan minimal 50 sample *stopping sets*. Tugas akhir ini menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah *user/device*, *randperm* dan G mempengaruhi probabilitas *stopping sets* yang terjadi pada masing-masing konstanta MUD,
2. Probabilitas *stopping sets* paling rendah pada $K = 2$ yaitu 0.01 persen.
3. Semakin G mendekati nilai 2 maka *overload* akan sering terjadi dan akan menyebabkan komunikasi tidak *reliable*, sehingga probabilitas *stopping sets* akan semakin besar terjadi.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penelitian untuk MUD dengan konstanta yang lebih besar yang dapat mendukung *user* yang lebih banyak.
2. Perlunya pengimplementasian secara *real* untuk *degree distribution* yang telah diteliti berdasarkan MUD yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Ardimas Andi Purwita, Khoirul Anwar. 2016. "Massive Multiway Relay Networks Applying Coded Random Access". IEEE.

Khoirun Ni'amah, I Nyoman Apraz Ramatryana, Khoirul Anwar. 2018. "Coded Random Access Prioritizing

Human Over Machine for Future IoT Networks" LPDP RISPRO.

M. U. Farooq, Muhammad Waseem, Sadia Mazhar, Anjum Kahiri, Talha Kamal. 2015. "A Review on Internet of Things (IoT)". Internasional Journal of Computer Applications. Volume 133 – No. 1.

Mohammad Nur Hasan, Khoirul Anwar. 2015. "Massive Uncoordinated Multiway Relay Networks with Simultaneous Detections". IEEE ICC 2015. 2175 – 2180.

Mohammad Nur Hasan, Khoirul Anwar. 2015. "Uncoordinated Transmissions in Multi-way Relaying Systems". SCC 2015.

Nur Kamila, Khoirul Anwar. 2017. "On the Design of LDPC-based Raptor Code for Single Carrier Internet of Things (SC-IoT)". International Conference on Signals and Systems (ICSigSys). 117 – 122.

Santosh. N. Nemade, Mahesh. T. Kolte, Santosh Nemade. 2015. "Multi-User Detection In DS-CDMA System Using Biogeography Based Optimization". Procedia Computer Science. Pp 289