

Menentukan Degree Distribution Optimal pada Coded Random Access (CRA) dengan Multi User Detection (MUD) $K = 3$ Menggunakan Extrinsic Information Transfer (EXIT) Chart

Dio Resya Baaqii*, Yusnita Rahayu*, Khoirul Anwar**

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau, Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293 INDONESIA

**Center for Advanced Wireless Technologies (AdWiTech), Telkom University Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buah Batu, Bandung, 40257 INDONESIA

Email: dio.m.resya@student.unri.ac.id, yusnita.rahayu@lecturer.unri.ac.id, anwarkhoirul@telkomuniversity.ac.id

ABSTRACT

This paper proposes an optimal degree distribution for Coded Random Access (CRA) exploiting Multi User Detection (MUD) with capability of $K = 3$. The CRA with MUD $K = 3$ can support the fifth telecommunication generation (5G) networks and massive machine-type communications, including the Internet-of-Things (IoT). The optimization is performed by the help of Extrinsic Information Transfer (EXIT) chart, a visual tool describing the behavior of the wireless networks, and a series of computer to validate the expected results. We found that the IoT networks using the proposed optimal degree distribution, having only two terms with less exponent, can achieve the maximum offered traffic (G^) of 2.736 packet/slot.*

Keyword: Degree distribution, multi user detection, coded random access.

I PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang semakin pesat mengiringi kebutuhan akan komunikasi data semakin meningkat dan mendesak. Hal ini mendorong terjadinya pengembangan teknologi dibidang telekomunikasi menuju ke generasi kelima (5G). Teknologi ini memerlukan persiapan untuk penerapannya terutama untuk diterapkan pada tahun 2020. Teknologi yang dijanjikan oleh 5G adalah (i) memiliki *peak data rate* mencapai 20 Gbps, serta (ii) mendukung sistem telekomunikasi dengan *Internet-of-Things* (IoTs).

Dengan adanya teknologi 5G maka jaringan internet akan memiliki akses dengan latensi yang rendah, lebih kecil dari 1 *milisecond*. Hal ini membuat komunikasi antar perangkat semakin lancar didukung oleh pemrosesan komunikasi lebih cepat (WP5D, 2015).

Diprediksi juga pada tahun 2020 bahwa 50 miliar *device* akan terhubung pada internet, sehingga dibutuhkan suatu sistem penjadwalan transmisi yang efisien. Sayangnya jumlah *device* ini akan berada di atas jumlah maksimum yang mampus dilayani oleh sistem *multiple access* konvensional. Sistem *multiple access* baru diperlukan. Salah satu teknik *multiple access* yang bisa melayani *device-device* tersebut secara efisien, adalah metode *Coded Random Access* (CRA), yaitu sebuah teknik *multiple access* yang tidak menggunakan konsep *orthogonal* dan juga tidak menggunakan *system scheduling* (penjadwalan) karena sistem penjadwalan juga akan bermasalah jika jumlah *device* sangat besar.

CRA merupakan suatu teknik *multiple access* untuk komunikasi antara *device* dan *Base Transceiver Station* (BTS) atau *relay station*. *Device*

melakukan transmisi menggunakan *time-slot* secara acak (karena tidak ada penjadwalan), lalu menggunakan *coding* dan *Successive Interference Cancellation* (SIC). Konsekuensi transmisi *random* adalah kondisi saat adanya *stopping set* karena habisnya *time-slot* dengan jumlah *edge* sama dengan atau di bawah kemampuan *Multi User Detection* (MUD). Proses *decoding* memerlukan penentuan *degree distribution* yang baik sehingga jumlah *stopping set* menjadi minimal diikuti dengan selalu tersisnya *time-slot* dengan *edge* sama atau lebih kecil dari MUD K pada setiap proses SIC. Hal ini mengharuskan perlunya optimalisasi *degree distribution* pada CRA (Purwita & Anwar, 2016).

Penelitian CRA diusulkan oleh Ardimas Andi Purwita dan Khoirul Anwar pada tahun 2016 dengan judul jurnal "Massive Multiway Relay Networks Applying Coded Random Access" sebagai bentuk mutakhir dari *Coded Slotted ALOHA* (CSA) oleh (Paolini & Chiani, 2011). CSA hanya menggunakan *repetition codes* serta tidak menggunakan MUD, sedangkan CRA mengasumsikan MUD dan semua jenis *Maximum Distance Separable* (MDS) *codes* yang memenuhi *singleton bound*.

Pada (Purwita dan Anwar, 2016) CRA dioptimasi untuk memaksimalkan *throughput* sistem dengan menggunakan *multi user detection* dengan parameter $K = (1, 2 \text{ dan } 4)$ dengan mengabaikan $K = 3$. Jika ada daerah di masa yang akan datang yang mengimplementasikan CRA dengan jumlah *user* yang memerlukan MUD $K = 3$, maka *network* daerah tersebut tidak akan optimal karena *degree* pada $K = 3$ belum optimal. Hal ini akan menjadi masalah inefisiensi di masa depan apabila tidak dilakukan optimalisasi untuk CRA dengan MUD $K = 3$.

Paper ini mencari *degree distribution* optimal dengan menggunakan *extrinsic information transfer* (EXIT) *chart*.

EXIT *chart* adalah sebuah *tool* untuk memvisualisasikan proses *decoding iterative*, tetapi bisa juga dilakukan untuk *wireless networks* seperti dijelaskan oleh (Hasan & Anwar, 2015) dan (Anwar & Astuti, 2016). Untuk mengurangi kompleksitas implementasi, suku pada *polynomial* dibatasi pada 2 suku saja.

II LANDASAN TEORI

II.1 Degree Distribution

Degree distribution adalah sebuah parameter yang dinyatakan dengan fungsi *polynomial*, terdiri atas suku dan eksponen, yaitu menunjukkan pola distribusi paket dikirimkan oleh *user* atau *device*. *Degree distribution* turut menentukan besar atau kecilnya peluang *packet* dideteksi. Paket yang ditransmisikan direpresentasikan sebagai *edge* yang menghubungkan *user node* (UN) dan *slot node* (SN).

Jumlah dari *edge* sebanyak h yang terhubung ke UN disebut *node* perspektif dan dilambangkan sebagai $\Lambda(x)$ dengan

$$\Lambda(x) = \sum_{h=1}^H \Lambda_h x^h \quad (1)$$

x merupakan sebuah variabel. Untuk *edge perspective degree distribution* oleh *user node* dirumuskan dengan

$$\lambda(x) = \frac{\Lambda'(x)}{\Lambda'(1)} = \sum_{h=1}^H \Lambda_h x^{h-1} \quad (2)$$

Network rate kemudian dapat dihitung dengan

$$R_n = \frac{1}{\Lambda'(1)} \quad (3)$$

Degree distribution optimal yang dicari dalam penelitian ini dinyatakan dengan

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

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*.

Offered traffic untuk total jaringan dinotasikan sebagai

$$G = \frac{M}{N} . \quad (5)$$

Dengan M merupakan jumlah *users* dan N adalah jumlah *time-slot* satu *frame transmission* (Purwita & Anwar, 2016).

II.2 Extrinsic Information Transfer (EXIT) Chart

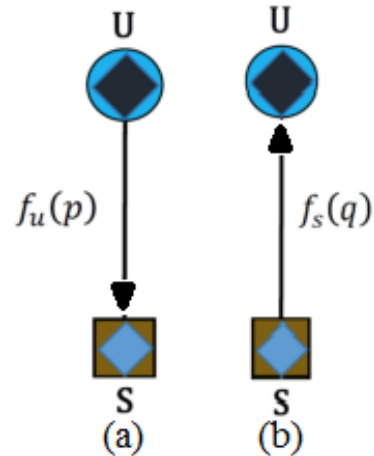
Extrinsic information transfer chart atau di singkat dengan *EXIT chart* adalah metode yang digunakan untuk memvisualisasikan proses iterasi dengan memeriksa perkembangan *input/output* dari pertukaran informasi timbal balik atau *mutual infomation* di antara dua atau lebih *decoder*, sehingga perilaku dan karakteristik sebuah *code* bisa diketahui termasuk kinerjanya. *EXIT chart* sebenarnya dikembangkan oleh S. ten Brink untuk *decoding* pada lapisan fisik (Ten Brink, 2000). Akan tetapi, K. Anwar pada (Anwar, 2016) mengusulkan *EXIT chart* untuk bisa diperluas pemakaiannya untuk lapisan *network*, termasuk untuk analisis jaringan IoT.

EXIT chart pada penelitian ini menggunakan konsep *EXIT chart networks coding* (Purwita & Anwar, 2016). Gambar 1(a) merupakan kondisi saat *user node* (U) melakukan transmisi data ke BTS atau *relay station* menggunakan *slot node* (S), peluang *erasure* sebesar

$$q = f_U(p) = \sum_{h=2}^{n_c} \lambda_h p^{(h-1)} . \quad (6)$$

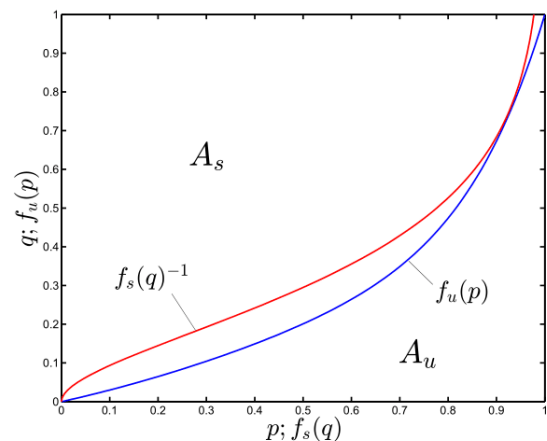
Gambar 1(b) merupakan kondisi saat sebuah paket pada *slot node* (S) dideteksi oleh *user node* (U), peluang *erasure probability* sebesar

$$p = f_S(q) = e^{-q \frac{G}{R_n}} \sum_{j=0}^{K-1} \frac{\left(\frac{qG}{R_n}\right)^j}{j!} . \quad (7)$$



Gambar 1.(a) Transmisi dari U ke S. (b) Paket dideteksi dari S ke U. Source: (Anwar, 2016).

Kurva yang dihasilkan dari (6) dan (7) ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. EXIT chart dengan persamaan di (6) dan (7). Source: (Hasan & Anwar, 2015).

Gambar 2 menjelaskan bahwa kurva $f_s(q)$ berada di atas kurva $f_u(p)$, karena $f_s(q)$ merupakan kanal *multiple access*, sedangkan $f_u(p)$ merupakan *decoder* (Hasan & Anwar, 2015).

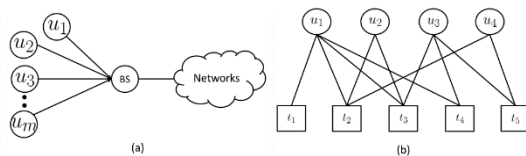
Dalam analisis *EXIT chart*, G^* didefinisikan sebagai nilai maksimum G sehingga $G < G^*$. Analisis *EXIT chart* juga memiliki batas yang bisa dijangkau oleh G^* dari salah satu *degree distribution* yang digunakan. Untuk melihat bagaimana G yang dimiliki mendapatkan hasil yang mendekati

batas jangkauan tertinggi dapat digunakan persamaan limit jaringan IoT (Purwita & Anwar, 2016).

$$\left(Rn + \left(K \frac{Rn}{G} + \sum_{j=1}^{K-1} \frac{K-j}{j!} \left(\frac{G}{Rn}\right)^{j-1}\right) e^{-\frac{G}{Rn}} - K \frac{Rn}{G}\right) < 0 \quad (8)$$

II.3 Coded Random Access (CRA)

CRA adalah skema *multiple access* baru, salah satu aplikasinya untuk IoT yang mampu mempertahankan kompleksitas tetap rendah. Besarnya jumlah dari *user* menjadikan 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 tinggi dari efisiensi mekanisme *random access* yang memanfaatkan tabrakan paket yang ada sangat dibutuhkan (Anwar, 2016).



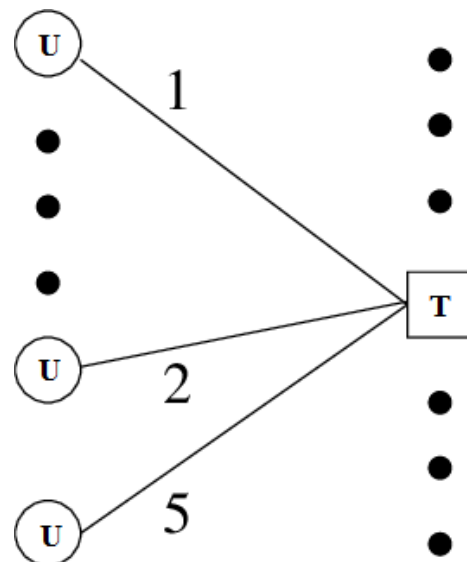
Gambar 3.(a) Massive IoT wireless connections. (b) Faktor grafik yang mewakili jaringan IoT digunakan untuk proses *decoding* (Anwar, 2017).

CRA menggunakan *time-slot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(a), saat 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 3(b), mendeskripsikan teknik CRA cocok untuk konektivitas jaringan *wireless*

yang besar, dengan *user* $u = [u_1, u_2, u_3, u_4]$ dan *time-slots* $t = [t_1, t_2, t_3, t_4, t_5]$. Setiap *user* mengirimkan informasinya secara *random* ke *time-slot* yang mana saja. Sebagai konsekuensinya, satu *time-slot* memiliki satu *degree* (d) yang mengindikasikan adanya *user* d yang melakukan transmisi secara serentak pada *time-slot* tersebut. Pada CRA *degree distribution* menyatakan berapa kali para *user* melakukan transmisi (Anwar, 2017).

II.4 Multi User Detection (MUD)

MUD adalah sebuah metode pendeteksian sejumlah K *user* yang mengakses jaringan secara bersamaan. MUD bekerja pada *base station* tujuan semua sinyal, MUD bisa melakukan *decoding* dengan cara mendeteksi informasi secara bersamaan yang dikirimkan *user* pada *base station* dan melakukan *decoding* sinyal yang telah terdeteksi dengan mengurangi sinyal yang terdeteksi secara berturut-turut berulang ulang sampai semua sinyal di-*decoding* (Moshavi, 1996).



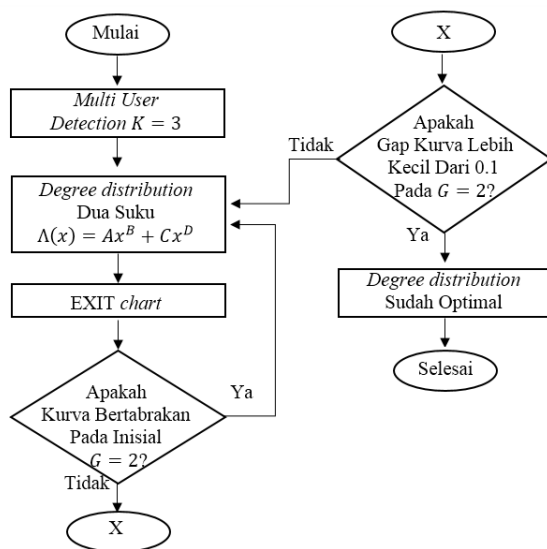
Gambar 4. Multi user detection dengan $K = 3$.

Gambar 4 menjelaskan bahwa *multi user detection* $K = 3$ bisa mendeteksi informasi dari 3 *user* secara bersamaan pada satu *time-slot* yang terhubung dengan *user* tersebut.

III. METODE PENELITIAN

III.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 5 menunjukkan diagram alir proses pengerjaan penelitian ini. Diagram alir ini merupakan penjelasan visual dari sebuah linear optimization dengan *goal* berupa memaksimalkan G .



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

III.2 Menentukan Parameter Penelitian

Tahapan awal dari penelitian ini adalah penentuan parameter utama, yakni:

Tabel 1. Parameter optimalisasi *degree distribution*.

Parameter	Karakteristik Optimalisasi
<i>Degree distribution</i>	<i>Degree distribution</i> hanya memiliki dua suku. Distribusi yang didapat memiliki tiga angka dibelakang koma.
EXIT Chart	Kedua kurva EXIT chart memiliki gap sempit ($\epsilon < 0.1$) dan tidak bertabrakan.

III.3 Menentukan Rumus *Degree Distribution* Optimal 2 Suku

Tahap awal untuk melakukan penelitian ini adalah dengan mencari rumus *degree distribution* yang optimal pada CRA dengan MUD $K = 3$. Tahapan penentuan rumus yang dilakukan yaitu melakukan analisis EXIT dengan (4). Syarat untuk menentukan rumus yang digunakan optimal adalah: (i) apabila kurva grafik EXIT yang dihasilkan tidak bertabrakan, (ii) memiliki gap lebih kecil dari 0.1 dan (iii) nilai G yang tertinggi pada *degree distribution* tersebut. Percobaan penentuan *degree distribution* optimal 2 suku dimulai dari $0.1x^2 + 0.9x^3$ sampai menemukan *degree distribution* yang optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

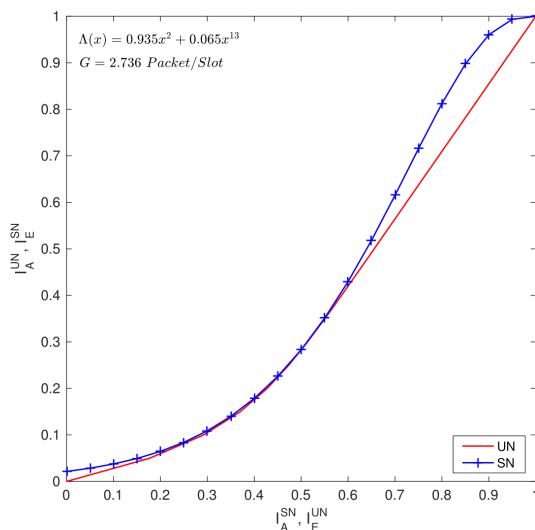
IV.1 *Degree Distribution* Dua Suku Optimal

Setelah pengujian *degree distribution* dilakukan berdasarkan flowchart penelitian yang dimulai dari $\Lambda(x) = 0.1x^2 + 0.9x^3$, Maka diperoleh *degree distribution* optimal berdasarkan prediksi EXIT chart menggunakan MUD $K = 3$ dengan nilai G tertinggi

yaitu $G = 2.736$ adalah dengan *degree distribution* $0.935x^2 + 0.065x^{13}$.

IV.2 EXIT Chart Berdasarkan Degree Distribution yang Diusulkan

Berdasarkan pengujian *degree distribution* optimal menggunakan persamaan 6 dan 7 dengan *degree distribution* optimal yang telah dilakukan, maka hasil EXIT chart yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 6. Dua kurva yang dihasilkan hampir memiliki bentuk dan posisi yang menyerupai.



Gambar 6. Hasil EXIT chart *degree distribution* optimal

V KESIMPULAN

V.1 Kesimpulan

Kami telah melakukan penelitian untuk mencari *degree distribution* optimal menggunakan MUD $K = 3$ pada CRA dengan menggunakan EXIT chart. Kami menemukan bahwa: (i) CRA dengan $K = 3$ bernilai maksimal jika menggunakan *degree distribution* yang optimal yaitu $\Lambda(x) = 0.935x^2 + 0.065x^{13}$ dan, (ii) G maksimal yang diperoleh dari prediksi EXIT chart adalah 2.736 packet/slots.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K. (2016, May). *High-dense multiway relay networks exploiting direct links as side information*. In 2016 IEEE International Conference on Communications (ICC) (pp. 1-6). IEEE.
- Anwar, K. (2017, May). *Header detection for massive IoT wireless networks over Rayleigh fading channels*. In 2017 International Conference on Signals and Systems (ICSigSys) (pp. 19-23). IEEE.
- Anwar, K., & Astuti, R. P. (2016, September). *Finite-length analysis for wireless super-dense networks exploiting coded random access over rayleigh fading channels*. In 2016 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob) (pp. 7-13). IEEE.
- Hasan, M. N., & Anwar, K. (2015, June). *Massive uncoordinated multiway relay networks with simultaneous detections*. In 2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW) (pp. 2175-2180). IEEE.
- Moshavi, S. (1996). *Multi-user detection for DS-CDMA communications*. IEEE communications magazine, 34(10), 124-136.
- Paolini, E., Liva, G., & Chiani, M. (2011, June). *High throughput random access via codes on graphs: Coded slotted ALOHA*. In 2011 IEEE International Conference on Communications (ICC) (pp. 1-6). IEEE.
- Purwita, A. A., & Anwar, K. (2016). *Massive multiway relay networks applying coded random access*. IEEE Transactions on Communications, 64(10), 4134-4146.
- Ten Brink, S. (2000). *Designing iterative decoding schemes with the extrinsic*

information transfer chart. AEU Int. J. Electron. Commun, 54(6), 389-398.

WP5D, I. T. U. R. (2015). *IMT Vision– Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond.*