

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION MENGGUNAKAN NOMA DENGAN METODE CRA UNTUK KOMUNIKASI DALAM RUANGAN

VISIBLE LIGHT COMMUNICATION USING NOMA WITH CRA METHOD FOR INDOOR COMMUNICATION

Reynovaldo Fahrezy Niladibrata¹, Nachwan Mufti Ardiansyah², Brian Pamukti³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

fahrezibrata@student.telkomuniversity.ac.id¹, nachwanma@telkomuniversity.ac.id²,
brianp@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada zaman sekarang perkembangan teknologi sudah menjadi kebutuhan manusia, dimana kecepatan akses informasi semakin meningkat dengan keterbatasannya frekuensi yang diberikan oleh Radio Frequency (RF). Visible Light Communication (VLC) dapat memberikan akses informasi dengan kecepatan yang tinggi hingga 10Gbps dan dapat diimplementasikan untuk mendukung teknologi 5G seperti Internet Of Things (IoT). Dengan kebutuhan akses pengiriman informasi yang semakin meningkat maka diusulkan metode Coded Random Access (CRA) dan mengimplementasikannya dengan menggunakan teknik Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA). CRA memiliki pendekatan terhadap Slotted ALOHA (SA) dimana memiliki teknik channel coding untuk mengirimkan informasi secara acak dan mengurangi tabrakan paket yang dikirimkan maupun diterima. Hal ini juga didukung oleh NOMA dengan menerapkan Superposition Coding (SC) di sisi pengirim dan penerima diimplementasikan Successive Interference Cancellation (SIC) dengan variasi nilai dan variasi iterasi pada bagian decoding-nya. Pada skenario Tugas akhir ini, akan dilakukannya percobaan terhadap perubahan model kanal Line Of Sight (LOS) dan kanal Non-Line Of Sight (NLOS) dengan menggunakan Degree Distribution berbeda. Hal ini digunakan untuk melihat apakah nilai Throughput dan Packet Loss Ratio (PLR) pada masing-masing kanal mengalami peningkatan atau penurunan. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, diperoleh bahwa Offered Traffic (G) dengan kinerja Throughput tertinggi menggunakan CRA pada kanal LOS mengalami peningkatan $\pm 33\%$, dan nilai Packet Loss Ratio (PLR) pada kanal NLOS mengalami penurunan $\pm 40\%$ nilai kinerja tersebut menggunakan 300 Slot Node.

Kata Kunci: VLC, CRA, NOMA, *Throughput*, PLR, *Degree Distributions*

Abstract

In today's technology development has become a human need, where the speed of access to information is increasing with the limited frequency provided by Radio Frequency (RF). Visible Light Communication (VLC) can provide access to information at high speed up to 10Gbps and can be implemented to support 5G technologies such as Internet of Things (IoT). With the increasing need for information delivery, then the proposed method Coded Random Access (CRA) and implemented it using the Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) technique. CRA has similarities with Slotted ALOHA (SA), which has a channel coding technique for delivering information randomly and reduce packet collision that are transmitted or received. This is also supported by NOMA using Superposition Coding (SC) on the transmitter, and implementing Successive Interference Cancellation (SIC) on the receiver with value variation and iteration value on the decoding process. This final project will be experimenting with changes to the model of channel Line Of Sight (LOS) and channel Non-Line Of Sight (NLOS) using different Degree of Distribution. This is used to see if Throughput and Packet Loss Ratio (PLR) on each channel has an increasing or decreasing value. Based on simulation results, it is found that Offered Traffic (G) with the highest Throughput performance using CRA on LOS channel has increased $\pm 33\%$, and Packet Loss Ratio (PLR) value on NLOS channel has decreased $\pm 40\%$ using 300 Slot Node.

Keywords: VLC, CRA, NOMA, *Throughput*, PLR, *Degree Distributions*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalannya waktu, Perkembangan teknologi nirkabel di Indonesia semakin berkembang. Hal ini di dung oleh penggunaan teknologi nirkabel yang telah ada, penggunaan gelombang radio menjadi pilihan utama dalam membawa sinyal informasi[1]. Tetapi teknologi nirkabel menggunakan gelombang radio memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan tersebut diantaranya adalah keamanan, kebutuhan masyarakat akan pengiriman informasi dengan kecepatan tinggi, dan keterbatasan frekuensi sebagai sumber utama. Maka dari itu dibutuhkan alternatif sebagai penggunaan nirkabel berbasis gelombang radio yaitu komunikasi nirkabel berbasis gelombang cahaya[1][2].

Dari permasalahan tersebut, digunakannya *Visible Light Communication* (VLC) untuk menggantikan penggunaan *Radio Frequency* (RF). VLC merupakan salah satu pengimplementasian dari teknologi komunikasi optik nirkabel yang menggunakan dengan sumber cahaya yang digunakan ada *Light Emitting Diode*(LED)[3].

Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) merupakan sebuah teknologi yang mendorong perkembangan 5G dengan mengizinkan pengguna berbagi waktu dan frekuensi yang sama. Pada penelitian [4] menggunakan *Superposition Coding* (SC) pada pemancar, sehingga *Successive Interference Cancellation* (SIC) dapat memisahkan pengguna di saluran *uplink* dan *downlink*. NOMA pada dasarnya memiliki tujuan sebagai kandidat teknologi akses radio pada 5G sistem seluler.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan pada sistem VLC. Diantaranya perihal kurang efektifnya teknik akses jamak yang ada pada efisiensi spektrum frekuensi radio (RF) dan meningkatkan kapasitas layanan. Tugas Akhir ini difokuskan untuk menguji dan membandingkan user saat menggunakan variasi *degree distribution* untuk meneliti nilai G dengan metode CRA yang diterapkan pada kanal transmisi *Line of Sight* (LOS) dan kanal transmisi *Non-Line Of Sight* (NLOS) untuk memperoleh analisis nilai G tertinggi untuk kinerja *Throughput* dan *Packet Loss Ratio* (PLR). Dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan nilai *Throughput* untuk G (*Offered load*) tertinggi yang dihasilkan oleh skema CRA dengan menggunakan kanal LOS dan NLOS dari jumlah *user* yang sudah ditetapkan?
2. Bagaimana cara skema CRA dengan kanal LOS dan NLOS pada jumlah maksimal pengguna dapat mengirimkan paket pada *Timeslot* tanpa menimbulkan kesalahan agar tercapainya target PLR untuk G?

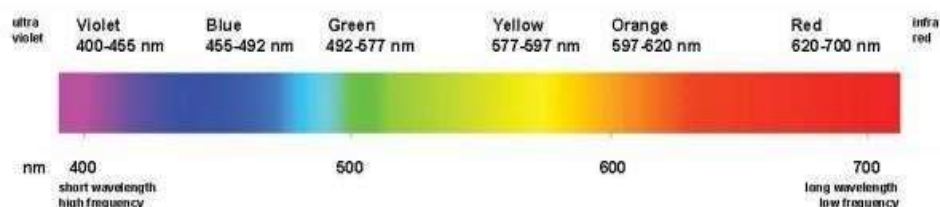
1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah meningkatkan performansi dari nilai G (*offered load*) untuk kinerja *Throughput* dan *Packet Loss Ratio* (PLR) dari metode CRA pada kanal LOS dan NLOS.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication (VLC)

Visible Light Communication (VLC) atau komunikasi cahaya tampak merupakan komunikasi dengan menggunakan cahaya *Light Emitting Diode* (LED) sebagai media pentransmisian datanya. Cahaya tampak merupakan bentuk dari radiasi gelombang elektromagnetik yang berkisar dari 380 – 750nm [7]. VLC merupakan komunikasi yang efektif untuk penggunaan nirkabel dibandingkan dengan *Radio Frequency* (RF) karena lebih tahan terhadap interferensi gelombang elektromagnetik.

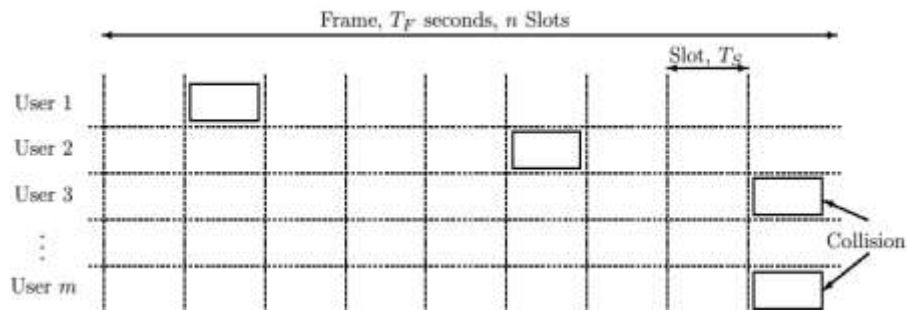


Gambar 2. 1 Spektrum Warna Cahaya Tampak

2.2 Coded Slotted ALOHA (CSA)

Pada Coded Slotted ALOHA (CSA), Packet yang ditransmisikan oleh pengguna akan dibagi menjadi beberapa segmen dalam frame MAC, dan selanjutnya di kodekan melalui kode yang berorientasi lokal sebelum ditransmisikan. Pada sisi penerima terdapat *Successive Interference Cancellation* (SIC) yang dikombinasikan dengan Decoding kode lokal bertujuan agar menghindari

tabrakan antar Packet [8]. Dalam hal ini, Packet diupayakan untuk ditransmisikan dalam 1 waktu bingkai dan bukan 2 waktu bingkai berurutan yang perlu dipertimbangkan, karena tabrakan hanya dapat terjadi selama setiap timeslot.



Gambar 2. 2 Ilustrasi Slotted ALOHA

2.3 Coded Random Access (CRA)

Kemunculan komunikasi Machine-to-Machine (M2M) telah membangkitkan kembali protokol Random Access (RA) dan penggunaannya mendukung sejumlah besar perangkat transmisi yang tidak terkoordinasi. Pendekatan pada ALOHA klasik adalah dikembangkan dibawah Collision Model, dimana slot yang bertabrakan dianggap sebagai limbah. Namun, jika Receiver dapat menyimpan slot yang tabrakan dan mentransmisikan ulang, proses ini dibawah oleh SIC, maka dari itu dibuat struktur CRA dengan tujuan memberikan efisiensi dan kinerja yang jauh lebih baik daripada ALOHA [8].

2.4 Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)

Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) adalah sebuah teknik *Multiple Access* yang mampu melayani banyak *User* secara *Non-Orthogonal*, Artinya dapat melayani *User* dalam waktu dan frekuensi yang sama [9]. Berbeda dengan *Multiple Access* pada generasi sebelumnya yaitu *Orthogonal Multiple Access* (OMA) yang melayani *User* secara *Orthogonal* yaitu melayani *User* pada waktu dan frekuensi yang berbeda-beda. NOMA mampu meningkatkan efisiensi spectral sehingga dapat memaksimalkan penggunaan *Bandwidth* VLC yang tersedia [10].

2.5 Successive Interference Cancellation (SIC)

Successive Interference Cancellation (SIC) yang bekerja dalam *Multi-User Detection* (MUD). SIC akan menyeleksi dan mendeteksi sinyal-sinyal, Sinyal yang paling kuat akan langsung melakukan *Decoding* sinyalnya sendiri, sedangkan untuk sinyal lainnya akan mengalami SIC terlebih dahulu, kemudian membatalkan interferensi dari sinyal sebelumnya dengan mengasumsikan sinyal sebelumnya adalah *Noise* untuk selanjutnya melakukan *decoding* terhadap sinyalnya sendiri. Sinyal yang diterima setelah melalui proses SIC dapat dituliskan pada persamaan:

$$Pr_{SIC} = (y_n) - \sqrt{h_n} (\sqrt{a_k} + \dots + \sqrt{a_k} - 1) \quad (2.1)$$

Dengan y_n adalah nilai daya terima pada masing-masing User, dan h_n adalah Channel Gain dan a_k merupakan nilai alokasi daya dari setiap User [11].

2.6 Kanal Transmisi

Kanal transmisi merupakan sebuah media yang digunakan sebagai tempat rambatnya sinyal pembawa bersama informasi yang akan dikirimkan dari *Transmitter* ke *Receiver*. Pada VLC, terdapat dua jenis model kondisi kanal transmisi antara lain *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line Of Sight* (NLOS). Perbedaan diantara keduanya terletak pada hambatannya.

2.7 Validasi Data

2.7.1 Throughput

Throughput adalah metrik yang berguna untuk mengukur efisiensi suatu protokol. *Throughput* didefinisikan sebagai fraksi *User* yang kembali dan jumlah *Timeslots* yang telah berlalu, Oleh karena itu, *Throughput* adalah fungsi dari *Timeslots*, yaitu [12].

$$T = G (1 - P_L) \quad (2.2)$$

2.7.2 Packet Loss Ratio (PLR)

Packet Loss Ratio (PLR) merupakan jumlah rata-rata dari paket Error terhadap seluruh paket yang dikirimkan [17]. Adapun rumus yang menjelaskan PLR sebagai berikut:

$$P_L = \frac{X}{k} \quad (2.3)$$

Dimana P_e menyatakan paket Error dari Degree Distribution pada User atau Variable Node.

2.8 Coded Random Access (CRA)

Kemunculan komunikasi Machine-to-Machine (M2M) telah membangkitkan kembali protokol Random Access (RA) dan penggunaannya mendukung sejumlah besar perangkat transmisi yang tidak terkoordinasi. Pendekatan pada ALOHA klasik adalah dikembangkan dibawah Collision Model, dimana slot yang bertabrakan dianggap sebagai limbah. Namun, jika Receiver dapat menyimpan slot yang tabrakan dan mentransmisikan ulang, proses ini dibawah oleh SIC, maka dari itu dibuat struktur CRA dengan tujuan memberikan efisiensi dan kinerja yang jauh lebih baik daripada ALOHA [8].

2.9 Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)

Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) adalah sebuah teknik *Multiple Access* yang mampu melayani banyak *User* secara *Non-Orthogonal*, Artinya dapat melayani *User* dalam waktu dan frekuensi yang sama [9]. Berbeda dengan *Multiple Access* pada generasi sebelumnya yaitu *Orthogonal Multiple Access* (OMA) yang melayani *User* secara *Orthogonal* yaitu melayani *User* pada waktu dan frekuensi yang berbeda-beda. NOMA mampu meningkatkan efisiensi spectral sehingga dapat memaksimalkan penggunaan *Bandwidth* VLC yang tersedia [10].

2.10 Successive Interference Cancellation (SIC)

Successive Interference Cancellation (SIC) yang bekerja dalam *Multi-User Detection* (MUD). SIC akan menyeleksi dan mendeteksi sinyal-sinyal, Sinyal yang paling kuat akan langsung melakukan *Decoding* sinyalnya sendiri, sedangkan untuk sinyal lainnya akan mengalami SIC terlebih dahulu, kemudian membatalkan interferensi dari sinyal sebelumnya dengan mengasumsikan sinyal sebelumnya adalah *Noise* untuk selanjutnya melakukan *decoding* terhadap sinyalnya sendiri. Sinyal yang diterima setelah melalui proses SIC dapat dituliskan pada persamaan:

$$Pr_{SIC} = (y_n) - \sqrt{h_n} (\sqrt{a_k} + \dots + \sqrt{a_k} - 1) \quad (2.1)$$

Dengan y_n adalah nilai daya terima pada masing-masing User, dan h_n adalah Channel Gain dan a_k merupakan nilai alokasi daya dari setiap User [11].

2.11 Kanal Transmisi

Kanal transmisi merupakan sebuah media yang digunakan sebagai tempat rambatnya sinyal pembawa bersama informasi yang akan dikirimkan dari *Transmitter* ke *Receiver*. Pada VLC, terdapat dua jenis model kondisi kanal transmisi antara lain *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line Of Sight* (NLOS). Perbedaan diantara keduanya terletak pada hambatannya.

2.12 Validasi Data

2.12.1 Throughput

Throughput adalah metrik yang berguna untuk mengukur efisiensi suatu protokol. *Throughput* didefinisikan sebagai fraksi *User* yang kembali dan jumlah *Timeslots* yang telah berlalu, Oleh karena itu, *Throughput* adalah fungsi dari *Timeslots*, yaitu [12].

$$T = G (1 - P_L) \quad (2.2)$$

2.12.2 Packet Loss Ratio (PLR)

Packet Loss Ratio (PLR) merupakan jumlah rata-rata dari paket Error terhadap seluruh paket yang dikirimkan [17]. Adapun rumus yang menjelaskan PLR sebagai berikut:

$$P_L = \frac{X}{k} \quad (2.3)$$

Dimana P_e menyatakan paket Error dari Degree Distribution pada User atau Variable Node.

2.12.3 Degree Distribution

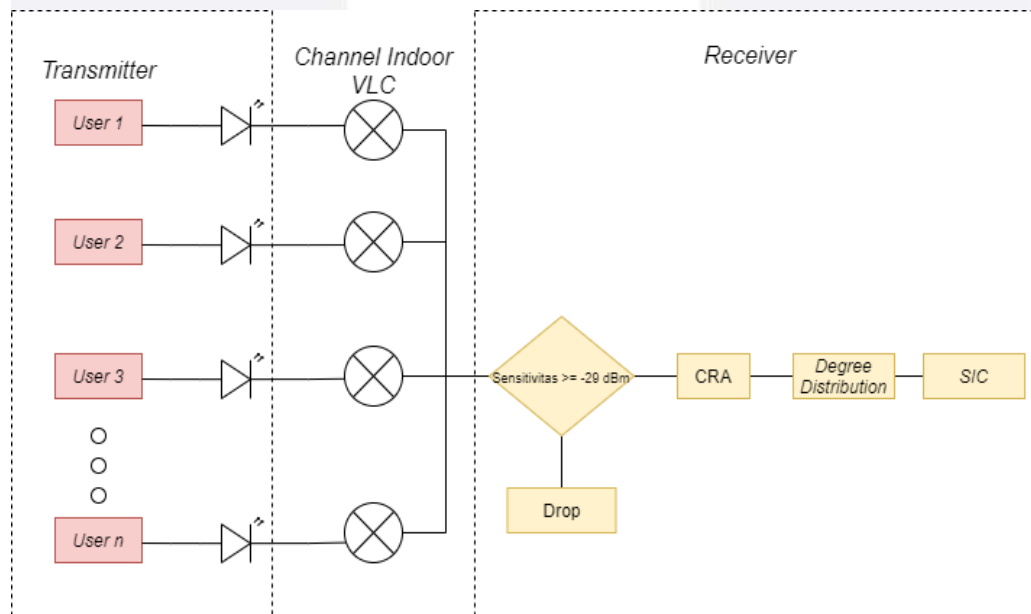
Sejak pengguna mentransmisikan paket mereka secara acak, hasilnya grafik bipartite terbentuk secara acak, dimana dapat dikarakterisasi sebagai *Degree Distributions*. Karena probabilitas transmisi oleh pengguna, *Degree Variable Nodes* dan *Observation Nodes* mengikuti *Binomial Distribution* dengan parameter T (atau N) dan p . Secara khusus, *User* dengan *Degree* – k memilih k slot waktu acak dalam kerangka waktu. Probabilitas dinyatakan pada saat *User* mentransmisikan k kali dengan L_k . Maka, *Degree Distribution* dari *Variable Node* dinyatakan dalam [12].

$$L(X) \triangleq \sum_{k=1}^{k_{max}} L_k x^k, \quad (2.5)$$

3. Pembahasan

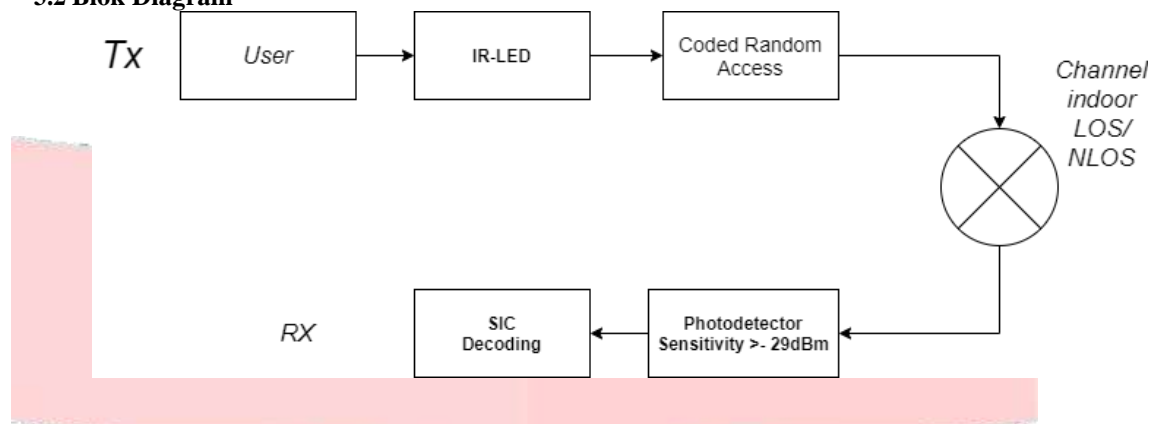
3.1 Desain sistem

Pada desain model sistem komunikasi Tugas Akhir ini di simulasikan pada **Gambar 3.1**. Terdapat lampu LED yang berfungsi sebagai *Transmitter* dan CRA sebagai *Receiver*. Model kanal yang akan digunakan terdapat dua yaitu kanal LOS dan NLOS, dimana pada kanal LOS cahaya yang diterima oleh *Receiver* tidak terdapat interferensi dengan cahaya lain atau hambatan yang menghalangi. Sedangkan pada kanal NLOS cahaya yang diterima oleh *Receiver* terdapat interferensi dengan cahaya lain atau terdapat hambatan yang menghalangi pada arah *Receiver* sehingga cahaya dari LED tidak dapat diterima sepenuhnya. Sistem VLC ini menggunakan skema *Coded Random Access* (CRA) yang memungkinkan *User* dengan jumlah maksimum dapat mengirimkan secara bersama diblok tanpa menimbulkan kesalahan [6]. Pada sistem ini sensitivitas pada *receiver* sebesar >-29 , jika kurang dari -29 maka paket akan di *drop*. Kemudian menggunakan variasi *Degree Distributions* yang telah di tentukan, selanjutnya ke SIC. Cara kerja SIC yaitu dengan menyeleksi sinyal yang terkuat terlebih dahulu dan kemudian sinyal tersebut dibatalkan untuk dapat diteruskan pada proses *decoding* sinyal. Parameter yang dianalisis pada sistem VLC ini adalah nilai *Throughput* pada G (*Offered Traffic*) dan nilai PLR pada G .



Gambar 3. 1 Model Sistem Komunikasi

3.2 Blok Diagram



Gambar 3. 2 Blok Diagram VLC

Gambar 3.2 menunjukkan blok diagram dasar sistem transmisi VLC, pada sisi pengirim terdapat 3 bagian dalam Menyusun sistem VLC yaitu Transmitter, kanal, dan Receiver. Dalam Transmitter terdapat User dan LED. Kanal atau media transmisi yang menjadi penghubung antara Transmitter dan Receiver hal ini digunakan dalam mentransmisikan sinyal.

3.2.1 Blok Transmitter

Pada blok *Transmitter* dari sistem VLC berfungsi sebagai pengiriman sinyal informasi pada kanal transmisi.

1. Pada Tugas akhir ini terdapat beberapa *Slot Node* yang akan digunakan yaitu 10, 100, dan 1000.
2. Sumber cahaya yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir ini adalah 1 buah lampu LED yang memiliki daya sebesar 6 Watt yang ditempatkan ditengah ruangan. LED yang digunakan memiliki *Field Of View* (FOV) sebesar 70°.

3.2.2 Channel Model

Pada Tugas akhir ini, model kanal propagasi yang digunakan adalah *Line Of Sight* (LOS) dan *Non-Line Of Sight* (NLOS) yang kemudian ditransmisikan dan diterima di sisi *receiver* yaitu *photodetector*.

Pada kanal LOS dapat dirumuskan oleh:

$$H_{LOS} = \frac{(m + 1) \cdot A_{det} \cdot \cos^{m+1} \Phi}{2 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (3.1)$$

dengan A_{det} merupakan area *photodetector* pada sisi penerima (*receiver*), d merupakan jarak *receiver* terhadap *transmitter*, dan Φ adalah sudut propagasi dari *transmitter* dengan *receiver*[11].

Pada kanal NLOS dapat dirumuskan oleh:

$$H_{Shd} = \frac{(m + 1) \cdot A_{det} \cdot \cos^{m+1} \Phi}{2 \cdot \pi \cdot d^2} \cdot xO, \quad (3.2)$$

Dengan O adalah probabilitas *Blocking*, dengan asumsi pengurangan daya mengikuti distribusi binomial dimana dari daya yang dikirimkan setelah terkena *Blockage*, daya diteruskan ke *Shadowing* area kemudian dilanjutkan ke *Photodetector*.

3.3 Blok Receiver

Paket yang telah melalui kanal LOS dan NLOS akan diterima di *Receiver Block*. Pada *Receiver Block* terdapat perangkat berupa PIN *Photodiode* dengan bahan penyusun *Silicon*, Metode *Coded Random Access* (CRA), dan proses *SIC iterative decoding*. Pada Tugas Akhir ini *Photodetector* memiliki sensitivitas -29 dBm.

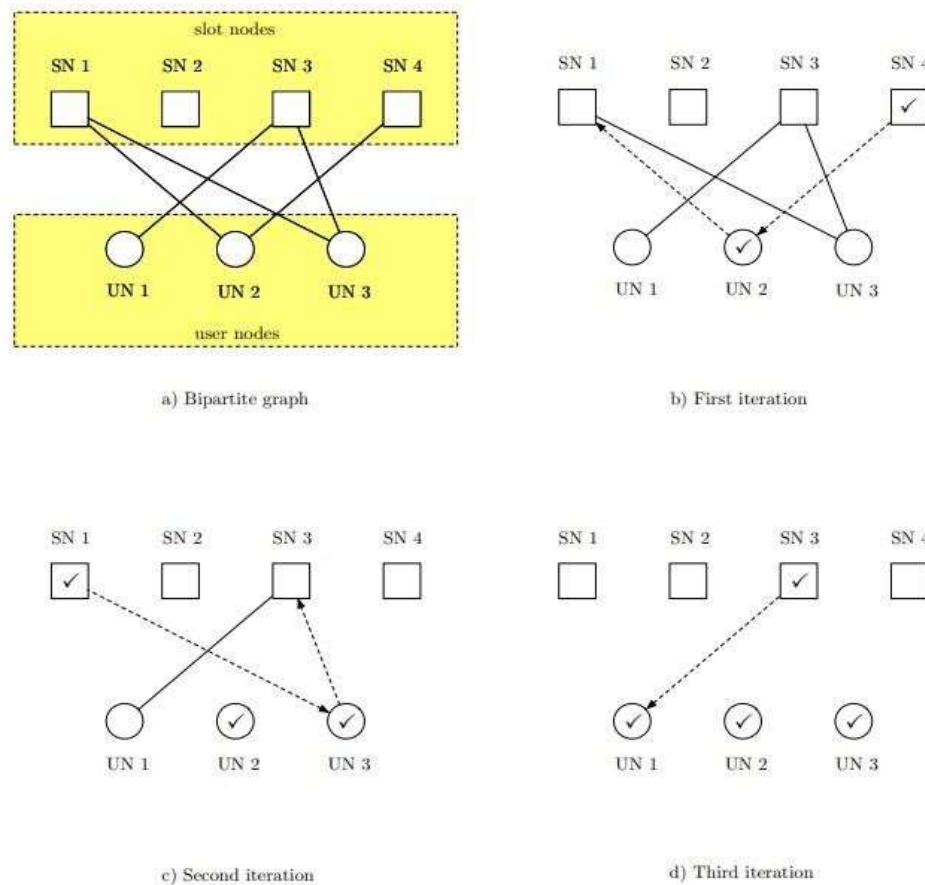
1. Pada bagian *Receiver*, terdapat algoritma CRA untuk memudahkan *User* mengirimkan paket dengan jumlah banyak diasumsikan sebagai M mentransmisikan paket dengan memilih *Slot Node* (SN) yang sama. Pengguna yang pakatnya bertabrakan harus diinformasikan oleh *Feedback Channel* dan ditransmisikan ulang pada *Frame* berikutnya.

Probabilitas transmisi sukses di satu slot memiliki persamaan

$$G = \frac{M}{N} \quad (3.4)$$

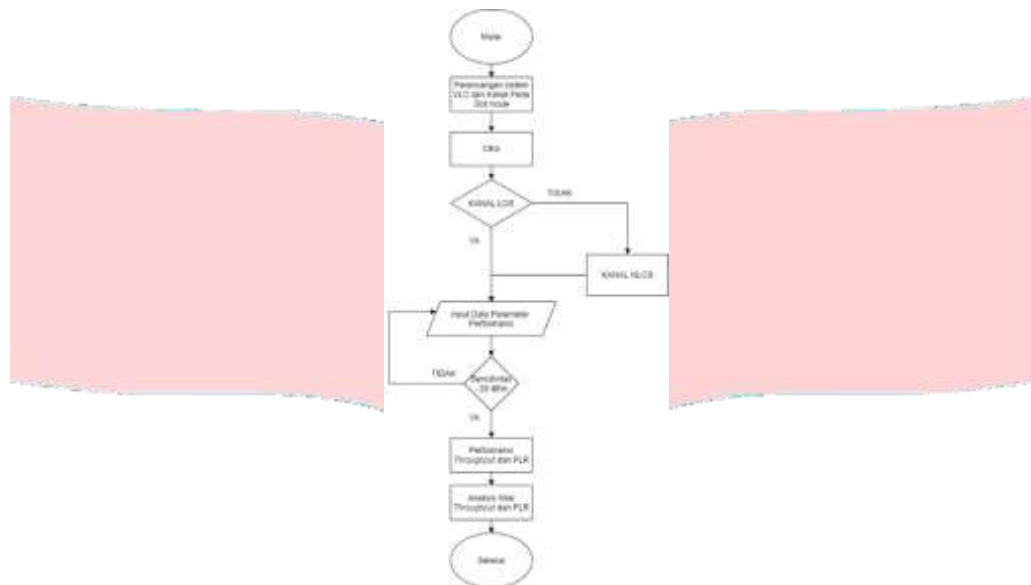
Dengan G adalah *Offered Traffic*, M adalah *User* dan N adalah *Node*.

2. Pada **Gambar 3.3** menunjukkan proses *Successive Interference Cancellation* (SIC) pada ALOHA dimana paket *User 1* dipulihkan kembali pada slot 2, memungkinkan pemulihan paket pengguna 3 di slot 4. Hal ini dilakukan dengan mengurangi replika pake *User 2* di slot 4. Dengan cara yang sama pemulihan paket *User 3* memungkinkan penghapusan replikanya pada slot 4, sehingga memulihkan paket *User 1*. Iterasi ini dilakukan hingga semua *degree* dihapus atau tidak ada slot tunggal yang terdeteksi [12].
3. Pada *Receiver* memiliki sensitivitas – 29 dBm memiliki peran sebagai ambang batas, jika suatu sinyal kurang dari – 29 dBm maka paket tidak dapat dikirim. Terdapat juga *Multi-User Detection* (MUD) yang berupa SIC. SIC merupakan algoritma yang mampu menerima dua atau lebih sinyal terima yang telah di konversi oleh *Photodetector* secara bersamaan tanpa terjadinya tabrakan antar sinyal sebelum dilakukannya proses *Decoding*. Cara kerja SIC dengan memilih sinyal terkuat terlebih dahulu kemudian sinyal tersebut dibatalkan untuk nantinya diteruskan pada proses *Decoding* sinyal..



Gambar 3.3 Ilustrasi proses iterasi pada grafik bipartit

3.4 Diagram alir penelitian



Gambar 3.4 Flowchart Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.5 proses pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dijelaskan dari perancangan sistem VLC di beberapa scenario menggunakan 75, 150, dan 350 buah User yang telah ditetapkan posisinya. Kemudian model VLC diberikan parameter dan modulasi. Selanjutnya, nilai sensitivitas -29 dBm, jika sensitivitas kurang dari -29 dBm maka perlu mengubah parameter input kembali, begitu juga sebaliknya jika sudah sesuai maka bisa disimulasikan. Lalu, menganalisis nilai *Throughput* dan PLR.

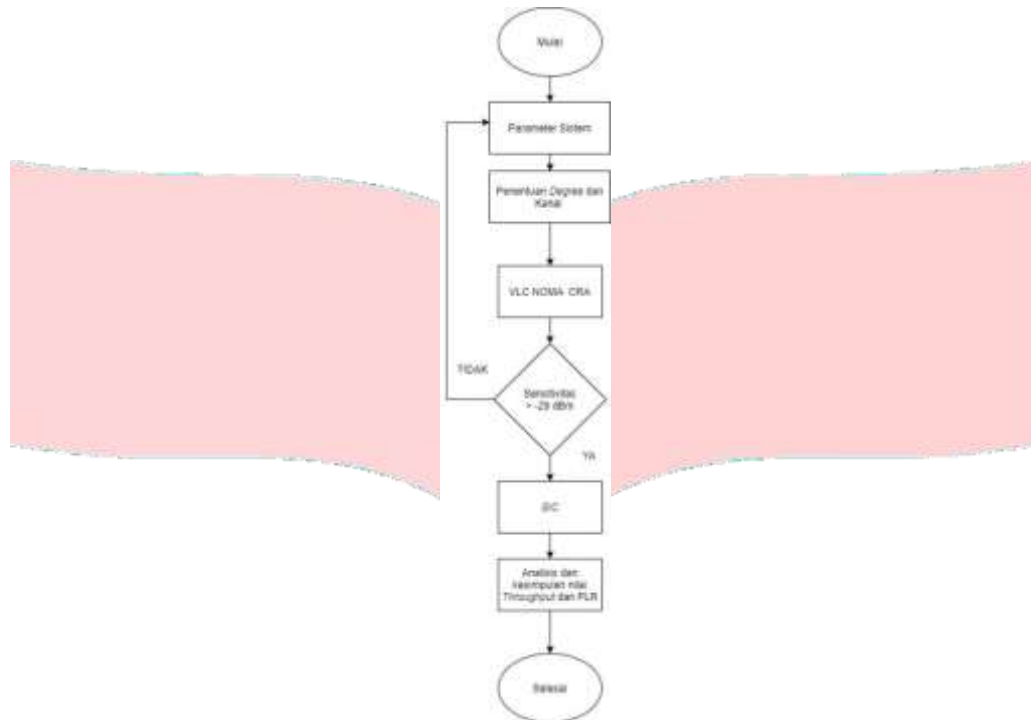
3.5 Parameter Input

Dalam simulasi ini, ada beberapa parameter yang dibuat secara konstan. Ini membuat variabel yang diuji lebih terlihat jelas perbedaannya. Berikut parameter input pada simulasi seperti yang dipaparkan dalam Tabel 3.1.

Parameter		Nilai
Ruangan	Ukuran	5 x 5 x 3 m
Source	Jenis	LED SMD 5730
	Jumlah	1
	Daya	6 Watt
	Kanal	Line Of Sight & Non Line Of Sight
	FOV	70°
Receiver	Sensitivitas	≥ -29dBm
	Jenis	Positive Intrinsic Negative (PIN)
	Jumlah	1

3.6 Skenario simulasi

Tugas Akhir ini memiliki beberapa skenario yang bertujuan untuk mencari nilai *throughput* dan PLR tertinggi dengan melakukan variasi degree distribution dan penggunaan kanal yang berbeda pada skema CRA.



Gambar 3. 5 Flowchart Simulasi

Pada Gambar 3.8. di mana skenario Tugas Akhir menggunakan kanal VLC dengan metode CRA. Langkah awal adalah memasukkan spesifikasi sistem yang telah ditentukan seperti Tabel 3.1 selanjutnya yaitu proses penentuan nilai degree distribution. Kemudian melakukan perhitungan kanal indoor VLC dan masuk ke metode CRA untuk melihat apakah nilai sensitivitasnya dibawah -29 dBm atau diatas -29dBm. Jika nilai sensitivitas **pada Gambar 3.8.** melebihi -30dBm maka dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu proses SIC sampai semua sinyal yang di kirim ke Timeslot dihapus atau tidak ada slot tunggal yang dapat dideteksi. Kemudian menghitung jumlah pengiriman paket sukses dan paket gagal. Dan melakukan analisis nilai throughput dan PLR.

Pada Tabel 3.2 ini, menyajikan beberapa percobaan degree distributions untuk menginterpretasikan hasil analisis nilai G bersama dengan simulasi skema CRA. Dalam perancangan Tugas Akhir ini tingkat pengulangan maksimum atau iterasi dibatasi hingga 100. Pada simulasi dari user menggunakan tiga macam Slot Node, yaitu 75, 150, dan 300

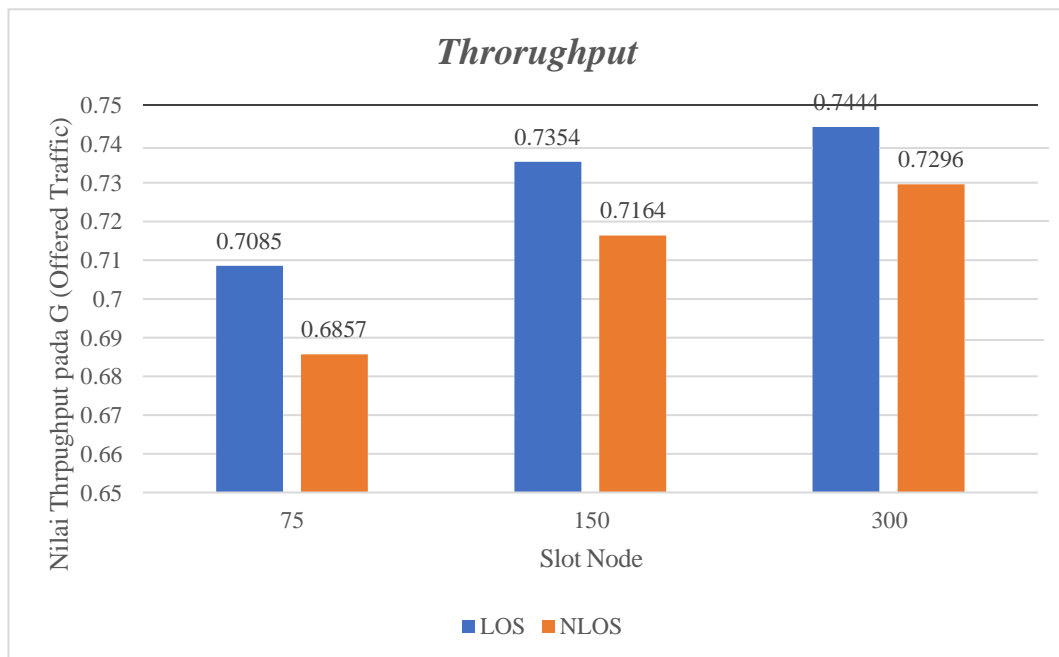
<i>M</i>	<i>Degree Distribution, $\lambda(x)$</i>
75	$0, 3x^1 + 0, 3x^2 + 0, 1x^3 + 0, 3x^4$
	$0, 2x^1 + 0, 2x^2 + 0, 3x^3 + 0, 2x^4 + 0, 1x^5$
	$0, 1x^1 + 0, 1x^2 + 0, 3x^3 + 0, 2x^4 + 0, 1x^5 + 0, 2x^6$
150	$0, 3x^1 + 0, 4x^2 + 0, 1x^3 + 0, 2x^4$
	$0, 2x^1 + 0, 2x^2 + 0, 2x^3 + 0, 2x^4 + 0, 2x^5$
	$0, 2x^1 + 0, 2x^2 + 0, 3x^3 + 0, 1x^4 + 0, 1x^5 + 0, 1x^6$
300	$0, 25x^1 + 0, 25x^2 + 0, 25x^3 + 0, 25x^4$
	$0, 3x^1 + 0, 2x^2 + 0, 1x^3 + 0, 2x^4 + 0, 2x^5$
	$0, 2x^1 + 0, 4x^2 + 0, 1x^3 + 0, 1x^4 + 0, 1x^5 + 0, 1x^6$

4. Hasil simulasi

4.1 Analisis Nilai G pada Throughput

Pada Gambar 4.1 menjelaskan mengenai pengaruh jumlah Degree Distribution terhadap Throughput yang dicapai pada nilai G dengan membandingkan kondisi kanal pada masing-masing User. G didefinisikan sebagai jumlah rata-rata normalisasi transmisi paket per slot. Pada penelitian terhadap Slotted ALOHA (SA) menyatakan bahwa Throughput puncak dicapai pada $G = 1$, dimana $S = \frac{1}{e} \cong 0.37$. Pada Tugas Akhir ini, memiliki acuan terhadap Throughput SA

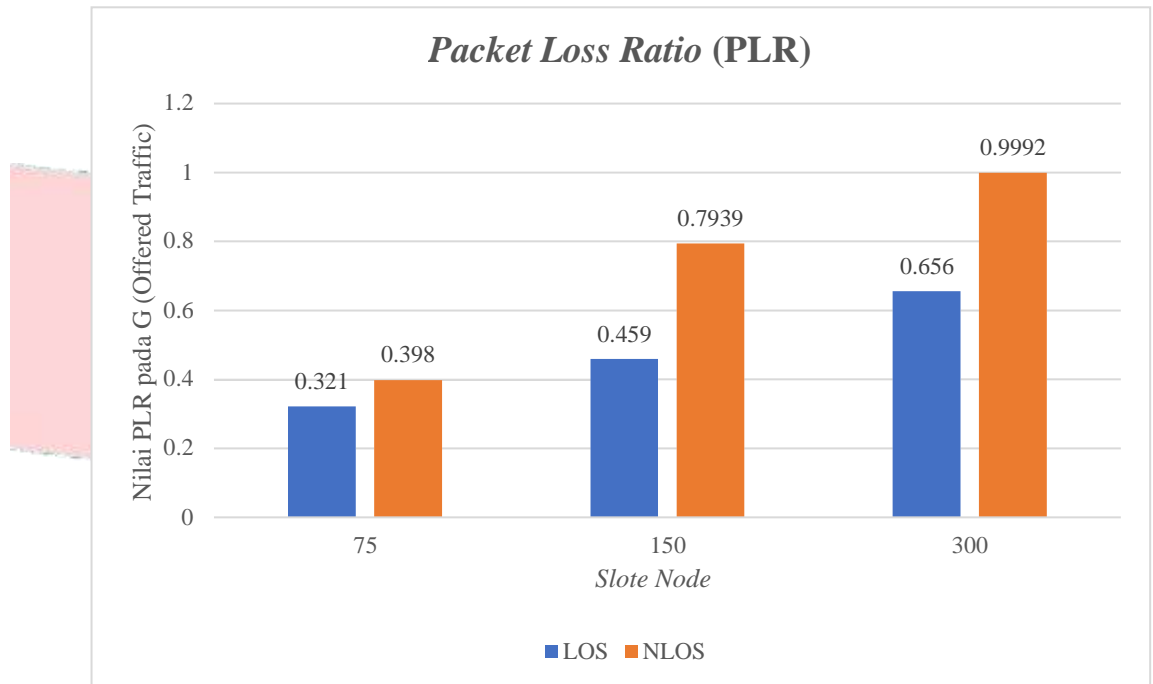
dengan mengimplementasikannya terhadap metode Coded Random Access (CRA), sebelumnya Throughput maksimum pada SA memiliki nilai 0,37 paket/slot, namun dalam penelitian terhadap CRA nilai maksimum Throughput dapat melebihi SA dengan menggunakan kanal yang berbeda. Pada penggunaan kanal Line Of Sight (LOS) dan Non-Line Of Sight (NLOS) dibagi menjadi beberapa variasi Degree Distribution dan Slot Node berbeda. Untuk Slot Node yang diujikan adalah 75, 150, dan 300. Hasil Throughput tertinggi yang dicapai pada kanal LOS dengan degree $\lambda_x = 0,3x^1 + 0,4x^2 + 0,1x^3 + 0,2x^4$ sebesar 0.7444 paket/slot. Pada Slot Node 150 yang artinya dalam pentransmisiannya jumlah maksimal slot yang dapat diisi tidak lebih dari 111 paket/slot. Pada kanal NLOS hasil Throughput tertinggi yang dicapai sebesar 0.8979 paket/slot, dengan degree $\lambda_x = 0,25x^1 + 0,25x^2 + 0,25x^3 + 0,25x^4$.



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Nilai Throughput pada kanal LOS dan NLOS

4.2 Analisis Nilai G pada PLR

Pada Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh jumlah Degree Distribution dan kanal terhadap Packet Loss Ratio (PLR) dengan membandingkan kondisi masing-masing Slot Node. Jika nilai $PLR = 1$, ini menandakan bahwa tidak ada paket yang diterima karena seluruh paket dianggap gugur. Pada grafik dapat dilihat bahwa pengaruh dari kanal sangat berdampak pada pengiriman, dimana kanal LOS memiliki nilai PLR tertinggi di 0.6 dan kanal NLOS pada 0.9.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai PLR pada Kanal LOS dan NLOS

5. Kesimpulan

Bedasarkan hasil perancangan dan simulasi menggunakan skema CRA pada sistem komunikasi VLC dengan variasi *Degree Distribution* pada kanal *Indoor* khususnya dengan penggunaan kanal *Line Of Sight* (LOS) dan kanal *Non-Line Of Sight* (NLOS) yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian CRA pada sistem komunikasi VLC dengan menggunakan NOMA dapat mengirimkan paket dengan jumlah *User* yang banyak tanpa khawatir dengan perebutan *Timeslot* ataupun frekuensi. Ini dapat dilakukan karena NOMA akan mengirimkan paket secara acak pada *Timeslot* dan frekuensi yang berbeda-beda.
2. Pengujian yang dilakukan terhadap variasi *Slot Node* yang sudah di tetapkan dan *Degree Distribution* yang beragam dapat menghasilkan nilai *Throughput* pada G yang melebihi SA dengan nilai puncak pada kanal LOS 0.7 dan pada kanal NLOS 0.8.
3. Pengujian *Degree Distribution* yang sudah ditetapkan terjadi kenaikan pada nilai *Throughput* dan nilai PLR tertinggi pada *degree* $\lambda_x = 0,2x^1 + 0,2x^2 + 0,2x^3 + 0,2x^4 + 0,2x^5$.
4. Pada penggunaan kanal LOS dan NLOS menunjukan bahwa kinerja LOS lebih baik diakrenakan tidak adanya interferensi.
5. Hasil pengujian ini memiliki hubungan yang mana pada saat nilai PLR pada G naik maka *Throughput* pada G juga akan naik.

REFERENSI

- [1] E. Wijanto, "Analisis Kesiapan Teknologi Dalam Penerapan Teknologi Telekomunikasi Generasi Kelima (5G) Analysis of Technology Readiness for the Implementation of Fifth Generation (5G) Telecommunications Technology," *J. Tek. Inform. dan Ilmu Komput.*, vol. 06, pp. 243–255, 2017.
- [2] D. Lazuardi, A. Putra, P. Elektronika, N. Surabaya, and A. Point, "ANALISA KINERJA IMPLEMENTASI WIRELESS DISTRIBUTION SYSTEM PADA PERANGKAT ACCESS POINT 802 . 11 G," pp. 1–6.
- [3] T. Komine, S. Member, and M. Nakagawa, "Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED Lights," vol. 50, no. 1, pp. 100–107, 2004.
- [4] T. Haryanti and K. Anwar, "Frequency Domain-Extended Coded Random Access Scheme for Spectrum Sharing between 5G and Fixed Satellite Services," *Proc. - 2019 IEEE Int. Conf. Signals Syst. ICSigSys 2019*, pp. 143–149, 2019, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2019.8811015.
- [5] J. Xin, L. I. U. Yuqin, W. E. I. Yixiao, Z. Xiaoping, and T. A. N. Xiaoheng, "Random Access Delay Distribution of Multichannel Slotted ALOHA with its Applications for Machine Type Communications," vol. 4662, no. c, pp. 1–8, 2016, doi: 10.1109/JIOT.2016.2614007.
- [6] G. Liva, "Graph-Based Analysis and Optimization of Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA," vol. 59, no. 2, 2011.
- [7] P. Kuradia, "Wireless Communication using Li-Fi Technology," vol. 2015, no. june, 2015.
- [8] E. Paolini and G. Liva, "Coded Random Access : How Coding Theory Helps to Build Random Access Protocols," pp. 1–9.
- [9] R. Mitra *et al.*, "Non-Orthogonal Multiple Access for Visible Light Communications with Ambient Light and User Mobility," pp. 1–30.
- [10] W. Shin, M. Vaezi, B. Lee, D. J. Love, J. Lee, and H. V. Poor, "Non-Orthogonal Multiple Access in Multi-Cell Networks : Theory , Performance , and Practical Challenges," no. October, pp. 176–183, 2017.
- [11] A. Performansi, "Analisis Performansi Multi User Detection pada Kanal NLOS untuk Sistem NOMA-VLC," vol. 9, no. 2, pp. 482–492, 2021.
- [12] S. Ogata, "Graph-based Random Access Protocols for Massive Multiple Access Networks," no. March, 2019.