

ANALISIS PERFORMANSI *NON ORTHOGONAL MULTIPLE ACCESS*
MENGGUNAKAN METODE *JOINT DETECTION* PADA SISTEM
KOMUNIKASI CAHAYA TAMPAK

ANALYSIS OF NON ORTHOGONAL MULTIPLE ACCESS
PERFORMANCE USING JOINT DETECTION METHOD ON VISIBLE
LIGHT COMMUNICATION SYSTEM

Fiqhi Fachrizal¹, Kris Sujatmoko², Brian Pamuktis

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

Jalan Telekomunikasi No. 1, Bandung 40257 Indonesia

¹fiqhifachrizal@student.telkomuniversity.ac.id, ²krissujatmoko@telkomuniversity.co.id,

³brianp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tugas Akhir ini melakukan studi mengenai *Non- Orthogonal Multiple Access* (NOMA) dengan *Joint Detection* (JD) pada sistem komunikasi cahaya tampak. Teknologi *Visible Light Communication*(VLC) memiliki berbagai kelebihan seperti kecepatan transfer data, efisiensi daya, dan keamanan yang sangat baik karena menggunakan cahaya sebagai media perambatannya.

Pada sisi *transmitter*, *multiple user* mengalami *multiplexing* berdasarkan *power domain* dengan menerapkan *super position coding* sehingga satu *subcarrier* dapat digunakan oleh lebih dari 1 *User Equipment* (UE) dengan *Dc Biased Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (DCO-OFDM). Pada Tugas Akhir ini kami menggunakan daya kirim 8 dan 15 Watt, dan terdapat 5 UE pada sisi *receiver* dengan menggunakan kanal *Line of Sight*(LOS) dan *Non-Line of Sight*(NLOS). Kami mempertimbangkan simulasi pada ruangan 5 X 5 X 3 meter. Kami juga mempertimbangkan untuk kinerja sistem dievaluasi menggunakan parameter *Signal Interference to Noise Ratio* (SINR) dan *datarate*.

Pada penelitian ini kami menemukan bahwa penggunaan daya yang lebih rendah, tidak mengurangi performansi. Hal ini dibuktikan daya kirim 8 Watt hasil SINR mengalami kenaikan 45, 67% dari UE ke-1 ke UE ke-2 dengan nilai tertinggi 37.5121 dB dan nilai terkecil sebesar 5.0817 dB, sedangkan pada perhitungan *datarate* nilai tertinggi didapatkan pada daya kirim 8 Watt dengan nilai sebesar 62.308 Mbps dan pada daya kirim 15 Watt nilai *datarate* terbesar bernilai 57.756 Mbps.

Keywords—*Non-Orthogonal Multiple Access, Multi User Detection, Joint Detection, DCO-OFDM, VLC, SINR, Data rate.*

Abstract

This final project is conducting a study on non-orthogonal multiple access (NO-MA) with joint detection (JD) in a visible light communication system. Visible light communication (VLC) technology has various advantages such as data transfer speed, energy efficiency and excellent security as it uses light as a means of propagation.

On the transmitter side, multiple users experience multiplexing based on power domain by applying super position coding so that one subcarrier can be used by more than 1 User Equipment (UE) with Dc Biased Orthogonal Frequency Division Multiplexing (DCO-OFDM). In this final project, we use 8 and 15 Watts of power, and there are 5 UEs on the receiver side using the Line of Sight (LOS) and Non Line of Sight (NLOS) channels. We consider simulations in a 5 X 5 X 3 meter room. We also consider that the performance of the system will be evaluated using the Signal Interference to Noise Ratio (SINR) and Datarate parameters.

In this study, we found that lower energy consumption did not reduce performance. This is proven by the transmit power of 8 Watts, the SINR results increased by 45.67% from UE1 to UE2 with the highest value of 37.5121 dB and the smallest value of 5.0817 dB, while that the calculation of data rate the highest value is obtained at the transmit power of 8 Watts with a value of 62.308 Mbps and at the transmit power of 15 Watts is the highest data rate value of 57.756 Mbps.

Keywords—Non-Orthogonal Multiple Access, Multi User Detection, Joint Detection, DCO-OFDM, VLC, SINR, Data rate.

1. Pendahuluan

Pada era saat ini Sarana telekomunikasi yang dibutuhkan harus mampu memenuhi kebutuhan untuk era ini maupun kebutuhan di masa yang akan datang. Dengan itu, Perkembangan Teknologi 5G saat ini berkembang dengan pesat dan merupakan teknologi yang berguna untuk kebutuhan manusia. Jenis lain dari komunikasi nirkabel adalah komunikasi cahaya tampak dimana cahaya dimodulasi pada cahaya tampak. Salah satu penyebab munculnya ide komunikasi cahaya tampak adalah karena semakin berkembangnya teknologi *light emitting diode*(LED) terutama untuk pencahayaan menggantikan pencahayaan konvensional yang menggunakan lampu neon atau pijar. LED merupakan semikonduktor yang mengubah sinyal listrik menjadi cahaya dan dianggap sesuai dengan kondisi dan kebutuhan saat ini, sehingga diperkirakan bahwa LED nantinya akan mendominasi lampu yang ada.

Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan spectrum frekuensi dapat menggunakan cahaya tampak. Dengan adanya teknologi cahaya tampak sebagai komunikasi, penggunaan teknologi tersebut dapat diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari, yaitu pada sistem komunikasi dalam ruangan tertutup menggunakan teknologi *Visible Light Communication*(VLC)[1]. VLC merupakan teknologi baru dibidang komunikasi nirkabel. Pada sistem VLC, cahaya tampak digunakan sebagai media transmisi, dengan *Light Emitting Diode*(LED) sebagai sumber pemancar dan diterima oleh *Photodetector*. *Photodetector* merupakan komponen yang berfungsi mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. VLC dapat diimplementasikan di ruangan *indoor* maupun *outdoor*. Panjang gelombang dari cahaya tampak sekitar 380nm – 780nm[2]. Teknologi VLC memiliki beberapa keunggulan termasuk spectrum bebas *lisensi*, kecepatan transmisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi nirkabel berbasis frekuensi radio (RF), konsumsi energi yang rendah menggunakan LED, dan biaya yang relative rendah[3]. *Non-Orthogonal Multiple Access*(NOMA) berbeda dari beberapa jenis skema *Multiple Access* lain yang menyediakan akses Orthogonal bersamaan dalam waktu *Frekuensi*, kode dan ruang. NOMA menggunakan *Superposisi Coding*[4][5] pada pemancar sehingga pada penerima dapat memisahkan kedua pengguna di saluran *Uplink* dan *Downlink*. NOMA juga dapat menggunakan *Joint Detection* untuk memisahkan kedua pengguna tanpa menurunkan salah satu sinyal pengguna pada saluran *Downlink* dengan daya kirim yang efisien [6][7]. Hasil penelitian tersebut untuk membandingkan NOMA-VLC ketika menggunakan daya 8 dan 15 Watt dan penggunaan 5 UE pada penerima. Maka penelitian ini menggunakan metode *Joint detection* untuk meningkatkan daya terima pada user yang jauh dengan daya kirim yang lebih kecil.

2. Dasar Teori

2.1 Visible Light Communication

Visible Light Communication (VLC) merupakan komunikasi cahaya yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisinya dengan panjang gelombang 380 nm – 780 nm[3]. Sistem komunikasi cahaya tampak memiliki beberapa kelebihan yang sangat dibutuhkan pada era saat ini seperti, LED karena hemat energi, memiliki kapasitas *bandwidth* yang sangat baik, memiliki tingkat keamanan yang sangat baik karena VLC tidak dapat menembus dinding, cahaya tampak juga tidak menimbulkan radiasi seperti *Radio Frequency* yang berbahaya bagi kesehatan manusia disekitarnya.

2.2 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode (LED) adalah merupakan perangkat yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju atau *forward bias* dari *anoda* menuju *katoda*. LED merupakan suatu perangkat yang terbuat dari bahan semikonduktor. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan P dan N *junction*.

2.3 Photodetector (PD)

Photodetector adalah perangkat yang berfungsi untuk *mengkonversi* sinyal cahaya menjadi energi listrik. *Photodetector* sebagai pendeteksi cahaya atau sinyal pancaran yang telah dikirim oleh *transmitter* dan akan diterima pada sisi *receiver* yaitu *photodetector*. Pada *photodetector* terdapat 2 jenis yaitu *positive intrinsic negative* (PIN) dan *avalanche Photodiode* (APD).

2.4 Kanal Transmisi

Kanal adalah media antara pengirim dan penerima dalam sistem komunikasi. Kanal yang digunakan pada penelitian ini, antara *transmitter* dan *receiver* pada penelitian ini menggunakan kanal *line of sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS).

2.4.1 Line of Sight (LOS)

Pada saat sinyal dikirimkan secara langsung tanpa adanya halangan atau *obstacle*. Pada sistem komunikasi cahaya tampak, pada sisi *transmitter* menggunakan LED sedangkan pada sisi *receiver* menggunakan *Photodetector*. Distribusi sudut pola intensitas radiasi dimodelkan menggunakan intensitas radiasi lambertian (m) yang memiliki hubungan dengan *Full Width at Half Maximum* (FWHM), maka parameter *lambertian* dinyatakan dalam rumus berikut ini:

$$m = \frac{-\log_{10}(2)}{\log_{10}(\cos\theta)} \quad (1)$$

dengan θ adalah FWHM, kanal LOS dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_d = \frac{(m+1) \cdot A \cdot \cos(\theta)^{m+1}}{2 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2)$$

Dimana A merupakan area *photodetector* pada sisi *receiver*, d adalah jarak antara *receiver* dan *transmitter*, dan θ adalah sudut pancaran yang dihasilkan oleh LED.

2.4.1 Non-Line of Sight (NLOS)

Pada saat sinyal dikirimkan secara langsung terdapat adanya halangan atau *obstacle*. Pada Tugas Akhir ini menggunakan kaca sebagai reflector dengan nilai indeks bias 1.45. Fungsi dari reflector ini ialah sebagai penguat gelombang cahaya hingga sampai ke tujuan secara maksimal[10].

$$H = \frac{(m+1) \cdot A_e \cdot \cos^{m+1}(\theta) \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta}{2 \cdot \pi \cdot (d_1 \cdot d_2)^2}, \quad (3)$$

dimana A sebagai area *photodetector* dan D_1 adalah jarak *receiver* ke reflector, D_2 jarak reflector ke *transmitter*. Untuk p adalah koefisien refleksi dan dA merupakan luas per *cell*. Jadi rumus kanal total pada reflector VLC sebagai berikut[1]:

$$H_{tot} = (Daya_{total} \times H_d) + (Daya_{total}), \quad (4)$$

2.5 DC Biased Orthogonal Frequency Division Multiplexing (DCO-OFDM)

DC-biased optical OFDM (DCO-OFDM) merupakan salah satu teknik modulasi, pada DCO-OFDM polarisasi kontinyu ditambahkan ke sinyal untuk membuatnya positif, pada DCO-OFDM semua *subcarrier* membawa simbol transportasi.

2.6 Non Orthogonal Multiple Access (NOMA)

Multiple Access merupakan suatu teknik yang memungkinkan satu titik (Base Station) dapat diakses oleh beberapa titik yang saling berjauhan. NOMA merupakan teknik *multiple access* terbaru yang menggunakan teknik Non-Orthogonal. *Non orthogonal multiple access* (NOMA) merupakan kandidat teknik akses jamak yang akan diterapkan pada teknologi 5G.

2.7 Superposition Coding(NLOS)

Superposition Coding yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *static power allocation*(SPA). *static power allocation* adalah pengalokasian daya dengan nilai yang tetap, berbeda dengan GRPA pada power allocation terjadi penambahan daya[12] atau adanya *Gain*.

$$SPA = i \times P_{tot}, \quad (5)$$

dimana i adalah nilai alokasi daya ke setiap user, P_{tot} adalah nilai daya total yang dikirimkan. Kemudian ketika nilai SPA telah didapat akan diitung sebagai berikut:

$$A = P_{tot} \times \sqrt{SPA_1 + SPA_2 + SPA_3 + SPA_4 + SPA_5}, \quad (6)$$

dengan nilai A adalah total pada nilai SPA yang didapat. Lalu untuk setiap kanal yang akan diberikan *Power Allocation* akan dihitung sebagai berikut:

$$y_n = A \times H_n + N_o, \quad (7)$$

nilai H_n merupakan nilai keluaran masing masing kanal, N_o adalah nilai *Noise Equivalent*.

2.8 Joint Detection (JD)

Pada *joint detection* memperlakukan UE ke-1 dan UE ke-2 sebagai informasi yang berguna, sehingga akan meningkatkan kualitas pada penerimanya, dan pada *joint detection* lebih baik menggunakan daya yang lebih kecil dibandingkan yang lebih besar dan akan dibuktikan pada simulasi Tugas Akhir ini.

2.8 Validasi Data

2.8.1 Signal Interference Noise to Ratio (SINR)

Signal Interference Noise to Ratio (SINR) merupakan rasio perbandingan kuat sinyal antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *noise* background yang timbul (tercampur dengan sinyal utama). Dalam arti rasio yang antara rata-rata power diterima dengan ratarata interferensi dan *noise*. Pada rumus SINR dengan NOMA VLC adalah sebagai berikut[8][11]:

$$SINR1 = \left(\frac{\gamma^2 \times L^2 \times P \times K_n \times G_1^2}{\epsilon \times \gamma^2 \times L^2 \times P^2 (1 - K_n) G_1^2 + N_o \times B} \right), \quad (8)$$

$$SINR2 = \left(\frac{\gamma^2 \times L^2 \times P \times (1 - K_n) \times G_2^2}{\gamma^2 \times L^2 \times P^2 \times K_n \times G_2^2 + N_o \times B} \right), \quad (9)$$

2.8.1 Datarate

Datarate adalah ukuran kecepatan bit data dalam proses transmisi yang dapat dikirim per satuan waktu. secara umum data rate mempunyai satuan bit per second(bps).

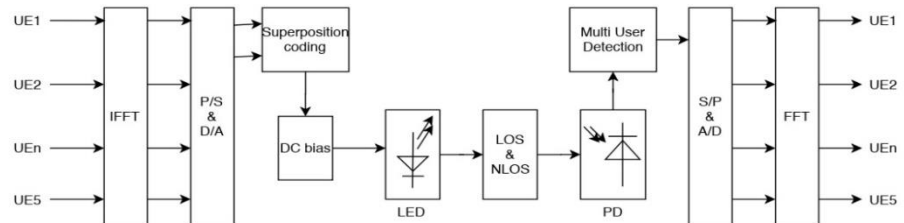
Untuk NOMA VLC , *datarate* yang dapat dicapai (bps) untuk UE ke-1 dan UE ke-2 dapat ditulis sebagai berikut [8] [11]:

$$R = \frac{B}{2} \log_{10}(1 + SINR_n), \quad (10)$$

dimana B adalah nilai *Transmission bandwidth*, dan $SINR_n$ adalah nilai yang dicari pada SINR sesuai dengan jenis UE nya. Pada *datarate* di NOMA VLC menggunakan SINR berbeda karena terdapat *Interference* pada UE lain.

3. Perancangan dan Simulasi Sistem

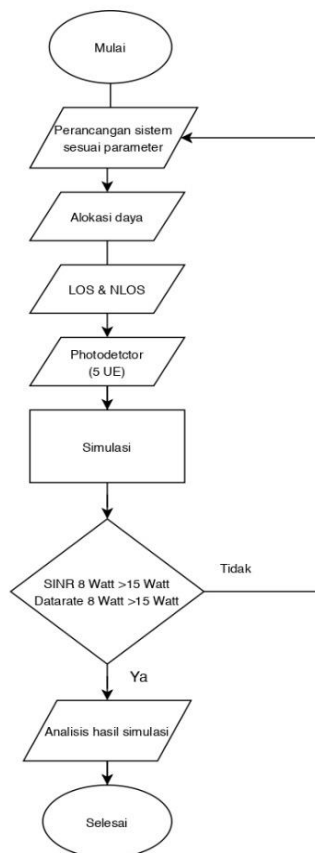
3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Blok Diagram NOMA VLC.

Pada Gambar 1 menunjukkan blok diagram NOMA VLC. LED yang digunakan 8 dan 15 Watt yang sebagai sinyal pembawa dan akan diberikan alokasi daya dengan *Static Power Allocation (SPA)*, dimana channel gain yang paling kecil akan mendapatkan daya paling besar dan akan diberikan tegangan DC bias. Kemudian sinyal akan di transmisikan ke kanal LOS dan NLOS . Lalu sinyal akan diterima di Photodetector untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal cahaya. Sinyal yang diterima akan dideteksi oleh *Multi User Detection (MUD)* untuk memisahkan sinyal yang lemah dan yang kuat.

3.2 Diagram Alir Sistem



Gambar 2. Diagram alir sistem.

Berdasarkan Gambar 2 pengujian pada Tugas Akhir ini dimulai dari perancangan sistem sesuai parameter yang telah ditentukan, kemudian pada simulasi ini menggunakan 2 jenis kanal yaitu kanal LOS dan N-LOS. Lalu, terdapat alokasi daya yang akan diberikan ke setiap UE sesuai kondisi masing-masing kanal. Proses selanjutnya daya yang dikirim akan diterima oleh photodetector dengan 5 UE yang telah diberikan daya alokasi, lalu *joint detection* akan memisahkan sinyal terima UE ke-1 dan yang lain. Simulasi ini akan menganalisis nilai SINR dan *data rate* masing-masing kanal, dengan menggunakan daya 8 dan 15 watt.

3.3 Desain VLC

Pada Tugas Akhir ini memfokuskan pada proses NOMA VLC dengan *joint detection* dengan spesifikasi dan kondisi yang telah ditentukan.

3.3.1 Dimensi Ruangan

Spesifikasi ruangan yang digunakan pada pengujian simulasi ini adalah dengan ukuran 5 X 5 X 3 meter dengan luas ruangan $25m^2$. Kondisi ruangan tertutup dan tidak adanya interferensi dari cahaya matahari yang dapat menyebabkan noise pada ruangan tersebut.

3.3.2 Spesifikasi LED

Spesifikasi LED yang digunakan menggunakan tipe *Surface Mount Diode (SMD)* 5630 dengan daya sebesar 8 watt dan 15 watt.

3.3.3 Spesifikasi Photodetector

Pada simulasi Tugas Akhir ini menggunakan *photodetector* pada sisi penerima dengan jenis PIN *photodetector* dengan nilai *responsivitas* sebesar 0.55 A/W. Tipe yang digunakan yaitu S9195 yang mempunyai luas permukaan sebesar $1cm^2$ dan memiliki ruang yang dapat dijangkau oleh *photodetector* secara optimal sebesar 70° untuk *Field of View (FOV)*. Pada Tugas Akhir ini kita menggunakan 5 UE dengan jarak yang berbeda.

4. Hasil dan Analisis

Bab ini membahas mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dengan skenario dan parameter input yang telah ditentukan. Pengujian pada Tugas Akhir ini dilakukan untuk menentukan nilai SINR, dan *data rate*. Pengujian simulasi dilakukan dengan menggunakan daya kirim 8 watt dan 15 watt dengan jumlah 5 UE. Hasil tersebut selanjutnya akan dianalisis untuk membandingkan pengaruh *joint detection* pada NOMA VLC dengan menggunakan daya 8 dan 15 watt.

4.1. Analisis perbandingan SNR dan SINR

Pada pengujian ini untuk membandingkan pengaruh dari *Joint detection* pada NOMA VLC dengan menggunakan daya kirim yang lebih besar dan lebih kecil dan tanpa NOMA.

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan perbandingan nilai dari SNR pada VLC dan SINR NOMA VLC dengan variasi daya kirim 8 dan 15 Watt. Pada VLC ketika menggunakan daya kirim 15 Watt akan mendapatkan nilai SNR tertinggi dengan nilai $49.6238dB$ lalu pada daya kirim 8 Watt nilai tertinggi yang didapat dengan nilai $44.1420dB$. Sedangkan pada NOMA VLC ketika menggunakan daya kirim 15 Watt akan mendapatkan nilai SINR tertinggi dengan nilai $34.7712dB$ dan ketika menggunakan daya kirim 8 Watt nilai tertinggi yang didapat dengan nilai $37.5121dB$. Hal ini disebabkan oleh *Joint Detection* yang memberikan keuntungan ketika menggunakan daya kirim yang lebih rendah, sehingga ketika menggunakan daya kirim yang kecil akan lebih efisien dari pada daya kirim yang besar dan juga pada *Joint Detection* akan meningkatkan daya terima pada UE yang jauh dengan menurunkan nilai UE yang daya terimanya lebih besar.

4.2. Analisis perbandingan Datarate

Hasil pada pengujian *Datarate* didapatkan setelah nilai SINR dari setiap UE didapatkan, sehingga grafik nilai *datarate* tidak jauh berbeda dari SINR.

Pada Gambar 4 didapatkan nilai *Datarate* tertinggi saat menggunakan NO-MA VLC dengan *joint detection* dengan daya 15 Watt bernilai 38.255Mbps dan nilai terendah 7.20 Mbps, sedangkan dengan daya 8 Watt nilai tertinggi yang didapat bernilai 42.79Mbps dan nilai terendah bernilai 10.39 Mbps. Sedangkan tanpa NOMA nilai tertinggi *datarate* pada daya 15 Watt bernilai 164.85 Mbps dan nilai terendah 104.86Mbps, sedangkan dengan daya 8 Watt nilai tertinggi bernilai 146.64Mbps dan nilai terendah bernilai 86.67Mbps. Hal ini disebabkan oleh *joint detection* yang akan meningkatkan nilai dari setiap UE karena pada *Joint Detection* akan membaca UE yang memiliki daya terima paling kecil untuk diberikan *power* alokasi yang besar sehingga UE yang awalnya memiliki daya terima kecil akan meningkat, tetapi pada *Joint Detection* akan menurunkan kualitas dari UE yang memiliki daya terima paling bagus dan juga memiliki jangkauan yang terbatas. Oleh karena itu pada UE ke-5 nilai daya terima yang diperoleh sangat kecil. Hal ini menyebabkan pada NOMA VLC nilai *datarate* dengan daya 8 Watt lebih baik daripada daya 15 Watt.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil simulasi NOMA VLC dengan *Joint Detection*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi NOMA VLC dengan *Joint Detection*, ketika menggunakan daya 8 Watt akan mendapatkan hasil SINR tertinggi bernilai 37.5121 dB dan terendah bernilai 5.0817 dB dengan nilai rata-rata SINR 27.265 dB, sedangkan dengan daya 15 Watt akan mendapatkan hasil SINR tertinggi bernilai 34.7712 dB dan SINR terendah bernilai 2.3408 dB dengan nilai rata-rata SINR 24.5242 dB. Hal ini membuktikan bahwa NOMA VLC dengan *joint detection* lebih efisien ketika menggunakan daya 8 Watt dibandingkan dengan daya 15 Watt.
2. Pada Perhitungan *datarate*, ketika menggunakan daya 8 watt nilai tertinggi yang diterima pada UE ke-2 dengan nilai 62.30 Mbps dan nilai terendah yang diterima pada UE ke-5 dengan nilai 10.39 Mbps, sedangkan ketika menggunakan daya 15 watt nilai *datarate* tertinggi pada UE ke-2 dengan nilai 57.75 Mbps dan nilai terendah diterima pada UE ke-5 dengan nilai 7.20 Mbps. Hal ini menunjukkan NOMA VLC dengan daya 8 Watt lebih efisien tanpa menurunkan performansi sistem.
3. Dari segi cakupan daya NOMA VLC dengan *joint detection* memiliki cakupan jarak yang terbatas dibandingkan tanpa menggunakan *joint detection* karena pada UE ke-5 nilai SINR dan *Datarate* yang didapat sangat rendah dikarenakan jarak yang jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, *Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab*. CRC press, 2019.
- [2] R. C. Kizilirmak, C. R. Rowell, and M. Uysal, "Non-orthogonal multiple access (noma) for indoor visible light communications," in *2015 4th international workshop on optical wireless communications (IWOW)*. IEEE, 2015, pp. 98–101.
- [3] K. Kadam and M. R. Dhage, "Visible light communication for iot," in *2016 2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT)*. IEEE, 2016, pp. 275–278.

- [4] S. S. Bawazir, P. C. Sofotasios, S. Muhaidat, Y. Al-Hammadi, and G. K. Karagiannidis, "Multiple access for visible light communications: Research challenges and future trends," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26 167–26 174, 2018.
- [5] P. H. Pathak, X. Feng, P. Hu, and P. Mohapatra, "Visible light communication, networking, and sensing: A survey, potential and challenges," *IEEE communications surveys & tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2047–2077, 2015.
- [6] T. Manglayev, R. C. Kizilirmak, Y. H. Kho, N. Bazhayev, and I. Lebedev, "Noma with imperfect sic implementation," in *IEEE EUROCON 2017-17th International Conference on Smart Technologies*. IEEE, 2017, pp. 22–25.
- [7] C. Chen, W.-D. Zhong, H. Yang, P. Du, and Y. Yang, "Flexible-rate sic-free noma for downlink vlc based on constellation partitioning coding," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 8, no. 2, pp. 568–571, 2018.
- [8] X. Guan, Q. Yang, and C.-K. Chan, "Joint detection of visible light communication signals under non-orthogonal multiple access," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 29, no. 4, pp. 377–380, 2017.
- [9] T. Yazaki and Y. Sanada, "Effect of joint detection and decoding in non-orthogonal multiple access," in *2014 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)*. IEEE, 2014, pp. 245–250.
- [10] R. H. A. Prastica, "Analisis pengaruh penambahan reflector terhadap tegangan keluaran modul solar cell," Ph.D. dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [11] S. D. Dissanayake and J. Armstrong, "Comparison of aco-ofdm, dco-ofdm and ado-ofdm in im/dd systems," *Journal of lightwave technology*, vol. 31, no. 7, pp. 1063–1072, 2013.
- [12] H. Marshoud, V. M. Kapinas, G. K. Karagiannidis, and S. Muhaidat, "Non-orthogonal multiple access for visible light communications," *IEEE photonics technology letters*, vol. 28, no. 1, pp. 51–54, 2015.
- [13] J. G. Andrews and T. H. Meng, "Optimum power control for successive interference cancellation with imperfect channel estimation," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 2, no. 2, pp. 375–383, 2003.
- [14] H. Marshoud, S. Muhaidat, P. C. Sofotasios, S. Hussain, M. A. Imran, and B. S. Sharif, "Optical non-orthogonal multiple access for visible light communication," *IEEE Wireless Communications*, vol. 25, no. 2, pp. 82–88, 2018.

2.3 Keterangan Tabel dan Gambar

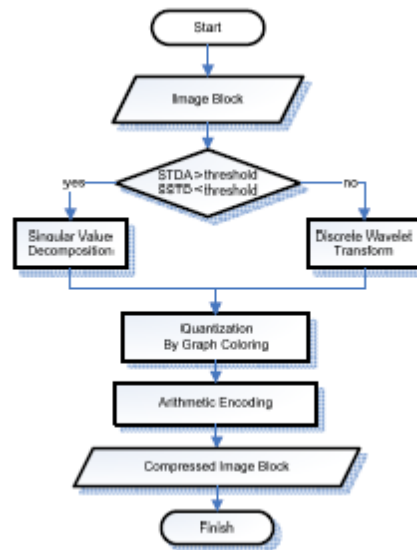
Nomor urut tabel ditulis di bagian atas tabel yang dijelaskan, berikut ini contoh penulisan tabel: Tabel 1, Tabel 2(a).

Tabel 1. Range Standar Deviasi dari Gambar.

Gambar	Range STDA
Brick	24 – 48
Flowers	8 – 37

Barbara	5 – 32.4
---------	----------

Nomor urut gambar ditulis di bawah gambar yang dijelaskan, contoh: Gambar 1, Gambar 2(a).



Gambar 1. Flowchart Skema yang Diusulkan.

3. Pembahasan

3.1. Cara Pengajuan dan Pengutipan

Rujukan dalam pembahasan ditandai nomor pustaka yang dirujuk dalam kurung siku, contoh: [1], [2, 5–7].

4. Kesimpulan

Daftar Pustaka:

- [1] Ludeman, L. C.. 1987. *Fundamental of Digital Signal Processing*. Singapore : John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Ochoa H, dan Rao K R. 2003. A Hybrid DWT-SVD Image-Coding System (HDWTSVD) for Color Images. *Systemics. Cybernetics and Informatics*.1:2 64-69
- [3] Rahardjo, B. 2008. *Pola Akses Internet Yang Bursty*. [Online] Available at: <http://rahard.wordpress.com/2011/04/04/pola-akses-internet-yang-bursty/> [Accessed 3 March 2011].
- [4]

Penyusunan rujukan dalam daftar pustaka berurut berdasarkan abjad nama pengarang dan diberi nomor angka arab dalam kurung siku. Penulisan unsur-unsur keterangan pustaka mengikuti kaidah dengan urutan: (1) nama pengarang ditulis dengan urutan nama akhir, nama awal dan nama tengah, tanpa gelar akademik. (2) tahun penerbitan. (3) Judul. (4) tempat penerbitan. (5) nama penerbit. Untuk pemisah antar-unsur keterangan pustaka digunakan tanda titik “.”. Contoh rujukan [1] adalah untuk buku, sedangkan contoh rujukan [2] adalah untuk jurnal dan rujukan [3] untuk website.

Lampiran

Jika diperlukan, tulisan dapat dilengkapi dengan lampir

