

**ANALISIS PENGARUH REDAMAN DEBU TERHADAP
PERFORMANSI *VISIBLE LIGHT COMMUNICATION* UNTUK
*UNDERGROUND MINING COMMUNICATION***

*(ANALYSIS THE EFFECT OF DUST ATTENUATION ON VISIBLE
LIGHT COMMUNICATION PERFORMANCE FOR UNDERGROUND
MINING COMMUNICATION)*

Rifqi Dhaifullah Devi¹, Akhmad Hambali², M. Irfan Maulana³

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

¹rifqidhaifullah@student.telkomuniversity.ac.id,

²ahambali@telkomuniversity.ac.id,³ muhammadirfam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pertambangan bawah tanah adalah kegiatan dengan tingkat resiko kecelakaan yang tinggi. Diperlukannya sistem komunikasi bawah tanah atau *Underground Mining Communication* (UMC) untuk mengurangi resiko kecelakaan. Komunikasi radio yang sering digunakan memiliki kekurangan, pertimbangan menggunakan *Visible Light Communication* (VLC) menjadi solusi. VLC menggunakan *Light Emitte Diode* (LED) sebagai media pemancarnya, sangat cocok digunakan di lokasi tambang yang minim pencahayaan dan sulitnya komunikasi radio maupun sinyal satelit untuk menembus lokasi tambang.

Hasil dari penelitian ini adalah tinggi (h) dapat mempengaruhi jarak komunikasi serta kualitas performansi BER dan SNR. Tinggi $h=5$ meter memperoleh jarak (d) terjauh sebesar 6,66 m berdasarkan parameter BER dan SNR sebesar 18,73 dB. Konsentrasi debu mempengaruhi kualitas komunikasi karena menimbulkan redaman, nilai konsentrasi debu minimum ($C1=0,9$) memperoleh jarak terjauh sebesar 6,37 m berdasarkan parameter BER dan SNR sebesar 12,13 dB.

Kata kunci: VLC, UMC, Dust Concentration, BER, SNR, LoS, OOK-NRZ

Abstract

Underground mining is an activity with a high level of accident risk. The need for an underground communication system or *Underground Mining Communication* (UMC) to reduce the risk of accidents. Radio communication that is often used has drawbacks, the consideration of using *Visible Light Communication* (VLC) is a solution. VLC uses a *Light Emitte Diode* (LED) as the transmitting medium, very suitable for use in mining locations with minimal lighting and difficulties with radio communication and satellite signals to penetrate the mine site.

The results of this study are height (h) can affect the communication distance and the quality of BER and SNR performance. Height $h=5$ meters obtains the farthest distance (d) of 6.66 m based on the BER and SNR parameters of 18.73 dB. Dust concentration affects communication quality because it causes attenuation, the minimum dust concentration value ($C1=0.9$) obtained the farthest distance of 6.37 m based on the BER and SNR parameters of 12.13 dB.

Keywords: VLC, UMC, Dust Concentration, BER, SNR, LoS, OOK-NRZ

1. Pendahuluan

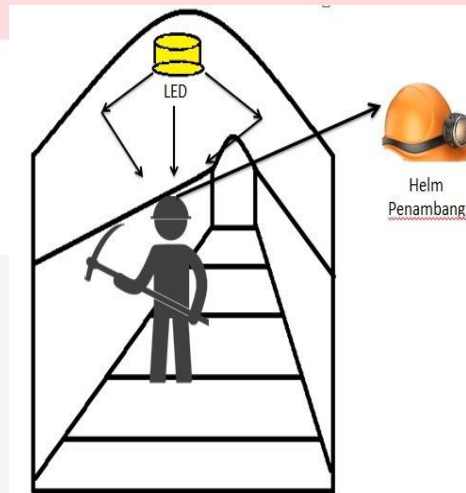
Pertambangan bawah tanah merupakan proses pencarian sumber daya alam untuk kelangsungan kehidupan manusia. Proses kegiatan pertambangan bawah tanah sangat memiliki resiko tinggi, kecelakaan tambang dari data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (KESDM) menunjukkan angka yang cukup tinggi yaitu 146 kasus di tahun 2016, 151 kasus di tahun 2017, dan 139 kasus di tahun 2018. Bencana tanah longsor dapat terjadi kapan saja dan minimnya jalur evakuasi karena letak galian tambang yang sangat dalam. Kondisi tersebut mengharuskan tingkat keselamatan yang tinggi untuk menunjang keselamatan pekerja. Karena dasarnya setiap pekerja memiliki hak untuk memperoleh keselamatan dan keamanan dalam pekerjaan.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah berkembang sangat pesat. Teknologi yang hadir bukan hanya untuk menghubungkan jarak antara manusia, namun juga dapat membantu keselamatan manusia dalam melakukan pekerjaan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk hal tersebut adalah Global Positioning System (GPS). Namun sinyal satelit dari GPS sulit untuk menembus lokasi tambang yang dalam. Selain itu Radio Frequency (RF) menjadi opsi lanjutan, tetapi RF pada pertambangan bawah tanah memiliki kendala-kendala yaitu besarnya jumlah refleksi, hamburan, dan bayangan sehingga hal tersebut mempengaruhi kinerja propagasinya.

Berdasarkan yang sudah diuraikan sebelumnya, VLC merupakan pilihan yang tepat untuk UMC, karena komunikasi tambang bawah tanah yang menggunakan teknologi VLC memiliki performa yang lebih baik daripada RF, karena pada RF memiliki refleksi, hamburan, dan bayangan yang cukup besar. Pada penelitian ini juga menganalisis pengaruh redaman debu terhadap performa VLC.

2. Dasar Teori

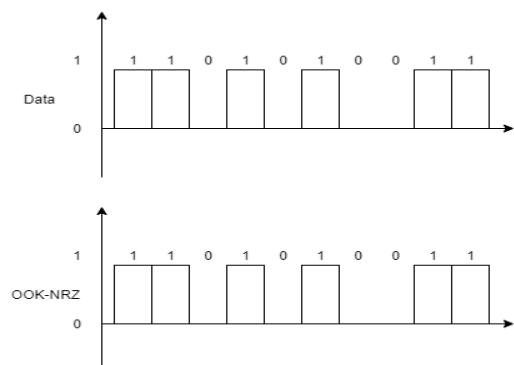
2.1 Underground Mining Communication



Gambar 2. 1. Model Sistem

Underground Mining Communication (UMC) atau komunikasi tambang bawah tanah merupakan sistem komunikasi yang dilakukan pada lingkungan tambang bawah tanah. Sistem kerja pada komunikasi tambang bawah tanah menggunakan kabel dan nirkabel yang dapat dimasukkan pada infrastruktur yang sudah ada atau menggunakan sistem *Through The Earth* (TTE) yaitu gelombang frekuensi dimasukkan melalui celah dinding tambang hingga menuju jalur tambang. Karena sinyal bias sangat pudar dan kondisi dinding tambang yang dapat merusak kabel, maka VLC menjadi solusi. VLC yang digunakan pada komunikasi tambang bawah tanah memiliki 2 skenario yaitu *Miner to Miner Communication* (M2M) dan *Infrastructure to Miner Communication* (I2M) [1].

2.2 Modulasi *On Off Keying* (OOK)



Gambar 2. 2. Modulasi OOK

Modulasi *On Off Keying* (OOK) merupakan modulasi yang biasa digunakan pada *Free Space Optics* (FSO). OOK memiliki ketahanan dan kesederhanaan terhadap laser yang non linear dan modulasi dari luar[4]. Modulasi OOK terbagi 2 yaitu NRZ (*Non Return to Zero*) dan RZ (*Return to Zero*). Modulasi ini memiliki keunggulan yaitu implementasinya yang sederhana dan efisiensi *bandwidth*.

2.3 Redaman Debu

Proses pengiriman sinyal dapat terganggu karena disebabkan oleh hamburan dan penyerapan yang dihasilkan oleh intensitas partikel debu. Efek dari partikel debu dapat menyebabkan redaman pada saat transmisi sinyal, pengaruh tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Prx = \frac{I \cdot A}{(LER) \cdot R} \cos \phi \quad (1)$$

dimana A adalah area detector, $\cos \phi$ adalah sudut yang terbentuk antara *transmitter* dan *receiver*, LER adalah ketetapan dengan nilai 250,3 lm/w, R adalah jarak antara *transmitter* dan *receiver*. I merupakan perbandingan antara intensitas cahaya dengan cahaya yang di transmisikan, dinyatakan dengan persamaan:

$$I = i \times e^{\frac{-1.5 CLK_e}{d}} \quad (2)$$

dimana i merupakan *center of luminous intensity*, C merupakan intensitas debu, L merupakan tinggi penambang, d merupakan jarak komunikasi antara *transmitter* dan *receiver*. K_e adalah koefisien atenuasi cahaya yang dinyatakan dengan persamaan:

$$K_e = Q_{scat} + Q_{abs} \quad (3)$$

dimana Q_{scat} merupakan koefisien hamburan dan Q_{abs} merupakan koefisien penyerapan.

2.4 Kanal Transmisi

Kanal transmisi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *Line of Sight* (LoS), karena mengasumsikan cahaya yang dipancarkan langsung menuju helm penambang, serta kapasitas kanal LoS yang cukup besar. LoS jarak pendek sering dimodelkan sebagai redaman dan penundaan linier dan juga dianggap non-frekuensi selektif dan *path loss* tergantung pada jarak antara Tx dan Rx.

$$H = \frac{(m + 1) A \cos^{(m+1)} \phi}{2\pi d^2} \quad (4)$$

Dimana A merupakan luas area *photodetector* pada penerima, ϕ merupakan sudut pancaran, d merupakan jarak antara *transmitter* dan *receiver*, dan m merupakan nilai dari parameter *lambertian* yang didapatkan dari persamaan

$$m = - \frac{\ln 2}{\ln (\cos(\phi))} \quad (5)$$

ϕ merupakan sudut yang terbentuk antara *transmitter* dan *receiver*.

2.5 Parameter Performa Sistem

2.5.1 Signal to Noise Ratio

Signal to Noise Ratio (SNR) secara umum merupakan perbandingan antara tingkat rasio daya sinyal terhadap daya noise pada suatu informasi, SNR merupakan parameter kinerja sistem dalam pemrosesan sinyal yang optimal. Persamaan SNR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$SNR = \frac{i^2 p}{2 \cdot q \cdot (I_p + I_D + I_L) + \frac{4 \cdot K_b \cdot T \cdot B}{R_L}} \quad (5)$$

I_p merupakan arus photodetector yang memiliki persamaan:

$$I_p = R \cdot P_{rx} \quad (6)$$

R merupakan responsivitas photodetector dan P_{rx} merupakan daya terima. Pada bagian penyebut persamaan, q merupakan ketetapan muatan elektron yang bernilai $1,6 \times 10^{-19}$, I_D merupakan arus dark bluke, I_L merupakan arus surface leakage primer, K_B adalah konstanta Boltzman dengan nilai $1,38 \times 10^{-23}$ j/k, T adalah suhu pada photodetector, B adalah bandwidth, dan R_L adalah tahanan beban

2.5.2 Bit Error Rate

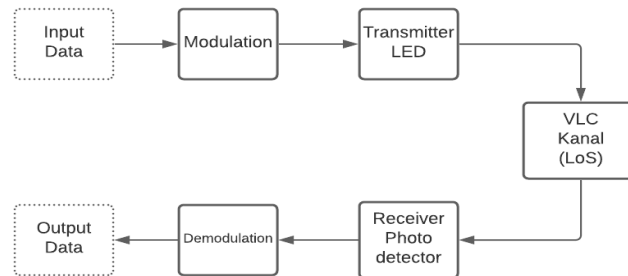
Bit Error Rate (BER) adalah jumlah nilai bit *digital* pada *Optic Wireless Communication* (OWC) yang terjadi ketika proses pengiriman informasi dari *transmitter* ke *receiver*. *Bit error* yang terjadi karena adanya gangguan seperti *noise*, interferensi, atau redaman. Sebagai parameter performansi BER memiliki nilai yang harus dicapai yaitu 10^{-3} . Persamaan BER OOK-NRZ:

$$BER_{OOK-NRZ} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{SNR} \right) \quad (7)$$

Dari persamaan diatas, dapat diketahui nilai BER dari performa sistem VLC dengan menggunakan teknik modulasi OOK NRZ [5].

3. Model Sistem dan Perancangan

3.1 Desain Sistem



Gambar 3. 1. Desain Sistem

Pada desain sistem tugas akhir ini pertama memasukkan data dan dilakukan modulasi, modulasi dilakukan dengan menggunakan modulasi yaitu OOK-NRZ. LED bertindak sebagai pemancar dan *photodetector* sebagai penerima. Model kanal yang digunakan adalah LoS, setelah itu dilakukan demodulasi dan menghasilkan data keluaran berupa titik lokasi penambang

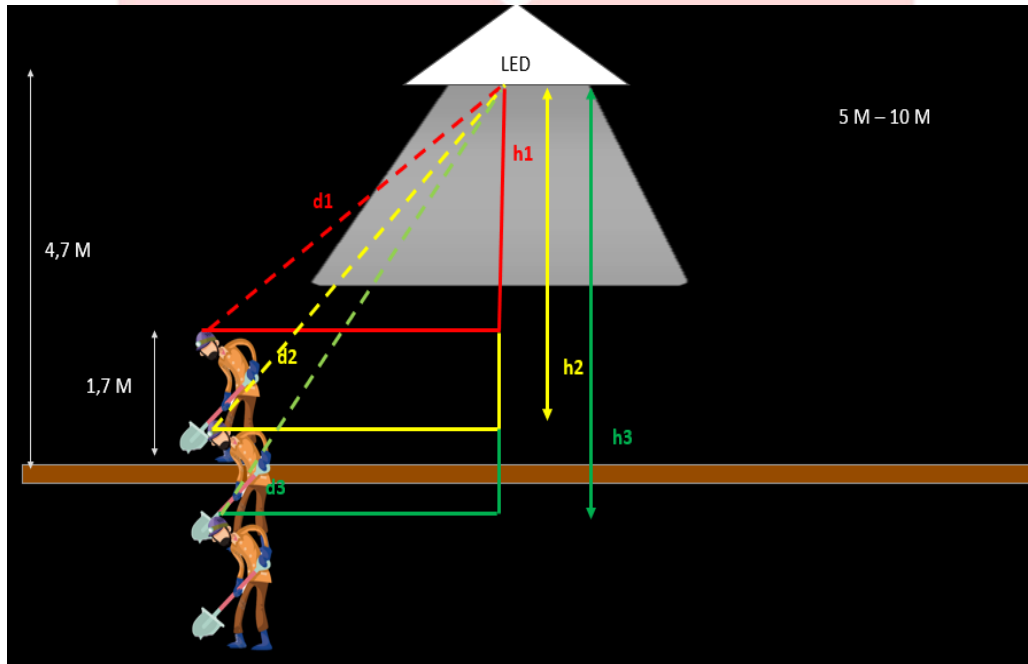
3.2 Parameter Simulasi

Tabel 1. Tabel Parameter Simulasi

BAGIAN	PARAMETER	NILAI
Kondisi Tambang	Tinggi tambang	4,7 m
	Tinggi Penambang	1,7 m
	Koefisien Hamburan	1.4115 m
	Koefisien Penyerapan	0,701 m
	Konsentrasi debu	0,9 mg/m ³ 1,2 mg/m ³ 1,5 mg/m ³
Karakteristik VLC	Model Kanal	LoS
	<i>Bit rate</i>	1 Gbps
<i>Transmitter</i>	Jumlah Lampu LED	1
	Transmisi daya LED	8 Watt
	Sudut FWHM	50°
	<i>Center of luminous Intensity</i>	1000 cd
	<i>Luminous Efficacy of Radiation (LER)</i>	250,3 lm/w
<i>Receiver</i>	Responsivitas <i>photodiode</i>	0,54 A/W
	FOV	60°
	<i>Area photodetector</i>	1 cm ²

Tabel 1 adalah parameter yang akan digunakan pada simulasi dengan berdasarkan referensi yang sudah dimiliki.

3.3 Skenario Simulasi

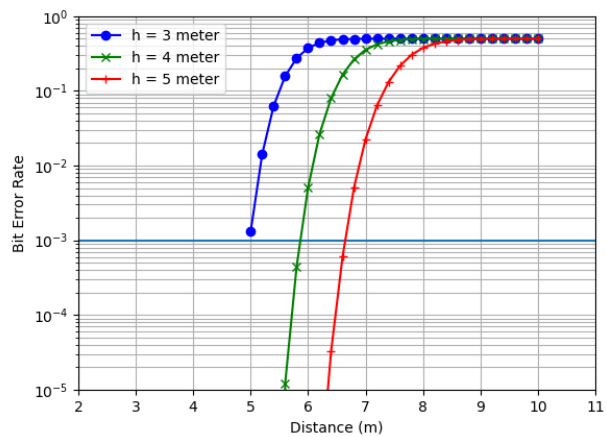


Gambar 3. 2. Skenario 1

. Pada skenario I ini menghitung kualitas penerimaan daya dengan jarak yang ditentukan antara *transmitter* dan *receiver*. Diasumsikan penambang berada tepat dibawah lampu dan bergerak hingga menuju titik tertentu yaitu dari titik 5 meter hingga titik 10 meter. Serta mengalami 2 perpindahan kedalam dengan perbedaan jarak setiap 1 meter.

4. Analisis Hasil Sistem

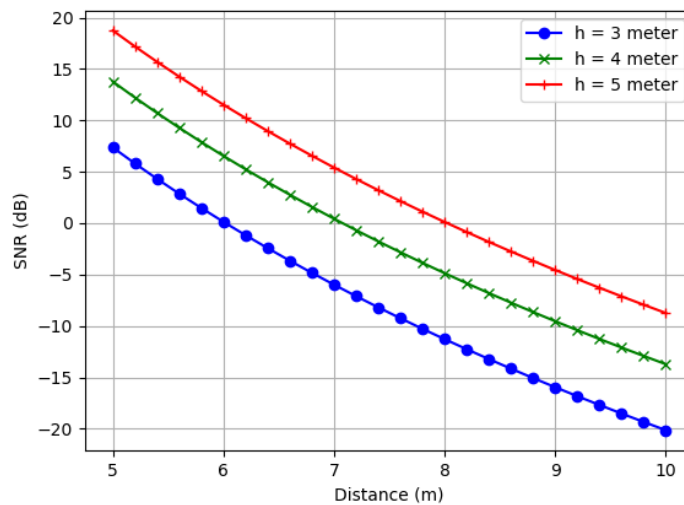
4.1 Analisis Bit Error Rate



Gambar 4. 1. Perbandingan BER terhadap Jarak

Perbandingan antara jarak (d) dan BER dengan menerapkan beberapa perbedaan ketinggian (h) untuk mencapai nilai BER sebagai performansi sistem yaitu 10^{-3} . Analisis yang diperoleh pada perbandingan antara d dengan BER untuk skenario I, h_3 memiliki jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan yang lain, hal ini menyatakan bahwa h_3 memiliki performansi sistem yang baik. Semakin tinggi nilai h maka sudut yang dihasilkan akan semakin kecil.

4.2 Analisis Signal to Noise Ratio



Gambar 4. 2. Perbandingan SNR terhadap Jarak

Analisis yang diperoleh ialah h_3 memiliki performansi sistem yang baik karena nilai SNR yang adalah nilai yang paling besar. Perbandingan antara h dengan SNR ialah berbanding terbalik. karena nilai h yang semakin tinggi maka akan memperoleh nilai SNR yang semakin kecil. Semakin besar nilai SNR maka kekuatan sinyal akan semakin baik.

5. Kesimpulan

1. Jarak komunikasi yang sesuai dengan parameter nilai BER dan SNR pada skenario I diperoleh oleh $h=5$ meter. Semakin tinggi nilai h maka jumlah *bit error* yang didapat akan semakin kecil dan nilai SNR akan semakin besar.
2. Pada skenario I, nilai maksimum BER yang dimiliki oleh 3 kondisi h adalah sebagai berikut, pada h_1 yaitu 3 m, nilai BER melewati batas maksimum yang ditetapkan. Pada h_2 yaitu 5,83 m, nilai BER didapat pada jarak 5,7 m. Pada h_3 yaitu 5 m, nilai BER didapat pada jarak 6,66 m.

REFERENSI

- [1] J. Wang, A. A. Kinani, W. Zhang, and C-X. Wang, "A New VLC Channel Model for Underground Mining Environments," 2017, IEEE.
- [2] H. Farahneh, F. Hussain, X. Fernando, "A New Alarming System for an Underground Mining Environment Using Visible Light Communications," 2017, IEEE
- [3] F. Seguel, I. Soto, P. Adasme, N. Krommenacker, P. Charpentier, "Potential and Challenges of VLC based IPS in Underground Mines," 2017, IEEE
- [4] T. Y. Elganimi, "Performance Comparison between OOK, PPM and PAM Modulation Schemes for Free Space Optical (FSO) Communication Systems: Analytical Study.", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Vol 79, No 11, October 2013
- [5] M. O. Damen, O. Narmanlioglu, and M. Uysal, "Comparative performance evaluation of MIMO visible light communication systems," in Proc. IEEE SIU'16, Zonguldak, Turkey, 2016, pp. 525–528..