Analisis Performansi Pengiriman Data Atau Infromasi Menggunakan Laser Dengan Panjang Gelombang 560 NM Dan 570 NM Pada Alat Pendeteksi Tsunami

1st Averrous Cendikia Islami
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
averrousc@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti A
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nachwanma@telkomuniversity.ac.id

3rd Brian Pamukti
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
brianp@telkomuniversity.ac.id

***Abstrak—Visible Light Communication* (VLC) adalah salah satu perkembangan teknologi sistem komunikasi yang sedang berkembang pesat, yang menggunakan cahaya tampak sebagai media rambatnya. Perkembangan komunikasi melalui media air adalah VLC untuk mendeteksi tsunami, yang dipercaya menggantikan teknologi sebelumnya yaitu gelombang Radio *Frequency*. Tugas Akhir ini menganalisis performansi terkait sistem VLC dengan menggunakan LASER berwarna hijau dan kuning, dengan panjang gelombang 560, 570 nm sebagai sumber cahaya yang diletakan di dasar laut dan receiver diatas permukaan laut. Perbedaan nilai *absorption* dan *scattering* pada masing masing jenis air laut yang sudah ditentukan yaitu pure water, coastal water dan turbid water. Pada penelitian ini menggunakan modulasi Modulasi Pulse Position Modulation (M-PPM) dengan 1 nilai level yaitu 4-PPM. Parameter performansi yang digunakan yaitu bit *error rate* (BER) dan *signal noise to ratio* (SNR). Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengiriman data atau informasi untuk mendeteksi tsunami dengan jarak propagasi 8meter menggunakan LASER dengan panjang gelombang 570nm, menggunakan jenis air clear water pada nilai absorption sebesar 0,144 dan menggunakan nilai scattering pada kondisi nonpartikel pada air laut, memiliki hasil yang lebih baik dibandingan dengan 5 skenario lainnya. Nilai yang didapatkan dari perhtingan skenario tersebut yaitu SNR sebesar 14,89461 dB, dan BER sebesar $5,82649\ x\ 10^{-5}$.**

Kata kunci— Visible Light Communication, LASER, M-PPM, Bit Error Rate, Signal Noise Ratio

I. PENDAHULUAN

Sistem Komunikasi Optik saat ini sedang berkembang pesat, salah satunnya pada Visible Light Communication (VLC). VLC adalah perkembangan teknologi pada sistem komunikasi yang menggunakan cahaya tampak sebagai media transmisi antar perangkat[2]. Underwater Visible Light Communication (UVLC) adalah sebuah teknologi yang tergolong baru karena sebelumnya menggunakan gelombang radio frekuensi (RF) pada komunikasi air[3]. Salah satu perkembangan komunikasi melalui media air adalah VLC untuk mendeteksi sunami.

Terdapat partikel pada air laut yang dapat menyebabkan penghamburan atau scattering. Penghamburan yang terjadi dapat membuat performansi menurun. LASER yang digunakan adalah laserdioda dengan panjang gelombang 560 nm dan 570 nm dan menggunakan tiga jenis air laut, yaitu *coastal water*, *clear water*, dan *turbid water* dengan perbedaan nilai penyerapan atau *absorption.*

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi performansi penggunaan laser sebagai sumber cahaya dengan panjang gelombang 560 nm dan 570 nm. Selain itu untuk mengetahui nilai level M-PPM pada pengiriman informasi.

II. KAJIAN TEORI

A. *Tsunami*

Tsunami terjadi akibat gempa bumi dengan pusat ditengah laut, dengan magnitude lebih besar dari 6,3 skala ritcher[8]. Indonesia termasuk negara yang rawan terjadinya tsunami karena berada dititik pertemuan lempang Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia. Sebelum terjadinya tsunami ditandakan dengan surutnya air laut secara mendadak. Surutnya air laut yang akan dijadika acuan untuk mendeteksi tsunami.

B. Sistem Komunikasi Air

Perkembangan VLC melalui media air adalah sebuah teknologi yang tergolong baru karena sebelumnya menggunakan gelombang radio frekuensi. Serat Optik juga memiliki kelemahan dalam komunikasi air, yaitu pemancar dan penerima harus terhubung dengan kabel[7]. Pada sistem komunikasi air sangat dibutuhkan sistem yang bercekepatan tinggi, serta jangkauan yang panjang. Jenis air juga mempengaruhi sistem komunikasi air yang akan di uji. Jenis air tersebut yaitu clear ocean water, coastal water, turbit water yang diurutkan berdasarkan warna dari air laut[1].

Tipe Air	*absroption*
Clear Water	0,114
Coastal Water	0,179

Turbid Water	0,366

Clear Ocean atau yang disebut dengan air laut jernih memiliki konsentrasi partikel yang rendah, Coastal water atau yang disebut dengan air laut pesisir, dan air Turbid water memiliki konsentrasi partikel terlarut yang sangat tinggi.

C. *Visible Light Communication*

Visible Light Communication (VLC) merupakan teknologi komunikasi unguided berbasis sistem komunikasi optik menggunakan cahaya tampak sebagai transmitter sinyal. Cahaya tampak memiliki gelombang elektromagnetik yang kasat mata yang terbagi berdasarkan panjang gelombang yang berbeda dan beberapa spektrum warna. VLC sebagai media penyampaian informasi yang memanfaatkan cahaya tampak pada panjang gelombang antara 375 nm - 780 nm dan frekuensi 430 - 790 Thz[2].

D. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER)

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation yang dikenal dengan (LASER) merupakan sumber cahaya pada transmitter yang memancarkan radiasi elektromagnetik. Cara kerja Laser dinamakan lasing, lasing merupakan kondisi dimana terjadinya penguatan cahaya didalam laser dioda. Lasing dapat terjadi ketika suatu sistem sudah dalam keadaan kesetimbangan atau tidak berubah ubah seiring berjalan nya waktu, yang disebut dengan kondisi Saturasi. Laser merupakan perkembangan dari PN Junction dengan pola yang lebih kecil dan jangkauan yang lebih panjang, radiasi emisi keluaran sangat monokromatis dan terarah. Sehingga mulai digunakan pada komunikasi air untuk mendeteksi terjadinya tsunami.

E. *Photodetector*

Photodetector merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengubah sinyal cahaya ke sinyal listrik. Ada beberapa jenis photodetector antara lain Positive Intrinsic Negative (PIN) dan Avalanche Photo Diode (APD). Pada alat pendeteksi tsunami menggunakan photodetector jenis PIN. PIN terdiri dari bahan semikonduktor tipe P dan N yang dipisahkan oleh wilayah intrinsik ndoped yang sangat ringan. Menggunakan prinsip kerja reverse bias dimana kutub negatif dihubungkan dengan katoda, dan sebaliknya kutub positif dihubungkan dengan anoda sehingga terjadi pelebaran ruang deplesi.

F. *Multiple Pulse Position Modulation* (M-PPM)

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi yang terdapat pada rentang frekuensi ke dalam sinyal pembawa. Pada penelitian ini mengunakan modulasi Pulse Position Modulation (PPM). PPM adalah modulasi yang terdapat pengubahan pulsa dari sumber cahaya. Kekurangan Modulasi PPM yaitu memiliki bandwidth rendah, sehingga modulasi PPM banyak dikembangkan. Salah satu perkembangan dari PPM yaitu Multiple Pulse Position Modulation (M-PPM). Pada modulasi M-PPM, informasi dikodekan dalam posisi pulsa dari data input M-bit.

G. Parameter Pengujian Sistem

i. *Line of Sight*

Line of Sight LOS adalah model kanal dimana tidak ada obstacle atau penghalang. LOS terdiri menjadi dua bagian No-Direct Line of Sight (NDLOS) dan Direct Line of Sight (DLOS). NDLoS adalah suatu kondisi ketika cahaya dipantulkan sebelum menuju photodetector, sedangkan DLOS tidak perlu dipantulkan. Pada sistem komunikasi air DLOS memiliki persamaan sebagai berikut[1]:

$$P_{R_{LOS}} = P_T \eta_T \eta_r L_P \frac{A_R \cos\theta}{2\pi(d)^2(1-\cos\theta)} \quad (2.2)$$

dengan PT adalah daya optik transmitter dan ηT dan ηr adalah efisiensi pada transmitter dan receiver, d merupakan jarak antara transmitter dengan receiver, d dianggap sebagai jarak propagasi. θ adalah sudut datang dan AR merupakan nilai apperture receiver. LP nilai dari faktor propagasi pada sistem komunikasi air. d adalah jarak transmitter dan receiver yang dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$d = (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)\ meter \quad (2.3)$$

dengan d adalah jarak propagasi, nilai dari kedalaman laut atau dapat diartikan dengan h. Lp didapat dari persamaan berikut:

$$Lp = \exp^{-c(\lambda)} \quad (2.4)$$

c adalah pergabungan dari nilai absorption dan scattering atau yang dapat disebut sebagai hamburan pada air yang di yang diartikan:

$$c(\lambda) = a(\lambda) + b(\lambda) \quad (2.5)$$

Nilai tersebut ditentukan sesuai dengan jenis air yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini. Untuk hamburan dipengaruhi oleh partikel yang ada pada air laut ditentukan dengan persamaan.

Nilai dari b(λ)p atau hamburan air pada kondisi non-partikel didapatkan dari persamaan berikut:

$$b(\lambda)p = 0{,}005826(400/\lambda)^{4,322} \quad (2.6)$$

Nilai dari b(λ)s atau hamburan pada kondisi air dengan partikel kecil (*small-partikel*) didapatkan dari persamaan berikut:

$$b(\lambda)s = 0{,}341074(400/\lambda)^{0,3} \quad (2.7)$$

Nilai dari b(λ)l atau hamburan pada kondisi air dengan partikel besar (*large-partikel*) didapatkan dari persamaan berikut:

$$b(\lambda)l = 0{,}151302(400/\lambda)^{1,17} \quad (2.8)$$

ii. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Untuk semua jenis transmisi data, Signal to Noise Ratio adalah sebuah parameter penting yang harus di perhatikan,

yang merupakan sebuah pengukuran berdasarkan perbandingan antara level power sinyal informasi dengan level power noise yang akan diterima. SNR memiliki satuan dB. SNR didapatkan dari arus photodetector dikali dengan multiplikasi dan dibagi dengan noise pada kanal tersebut. Dengan persamaan sebagai berikut[9]:

$$SNR_{IM-DD} = \frac{(RMP_r)^2}{\sigma_q^2+\sigma_d^2+\sigma_{bg}^2+\sigma_{th}^2} \quad (2.9)$$

Dengan R adalah Responsitivitas, M adalah faktor multiplikasi dari photodetector dan Pr adalah daya terima.

iii. Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate merupakan salah satu parameter yang menyatakan rasio pengiriman jumlah bit yang error pada satu waktu. Yang dihasilkan dari jumlah bit yang error dibagi total bit yang dikirimkan keseluruhan dalam satu waktu. Semakin kecil BER maka semakin baik performansi pada sistem sinyal digital. Nilai BER sangat berpengaruh terhadap performansi VLC. Berikut persamaan BER pada penelitian ini[10]:

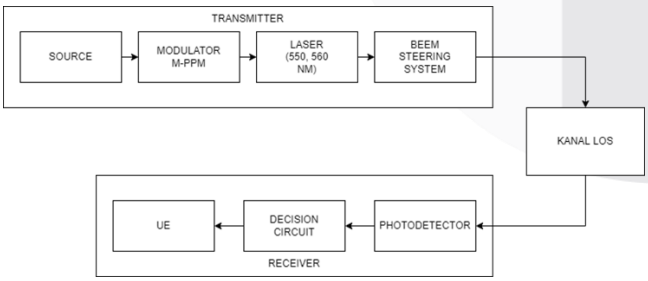
$$BBER_{PPM} = \frac{1}{2} erfc\left(\frac{1}{2\sqrt{2}}\sqrt{\mathrm{SNR}\frac{L}{2}\log_2 L}\right) \quad (2.10)$$

Nilai SNR akan mempengaruhi nilai dari bit error rate tersebut. Persamaan BER tersebut ditentukan dari modulasi yang digunakan pada Tugas Akhir ini.

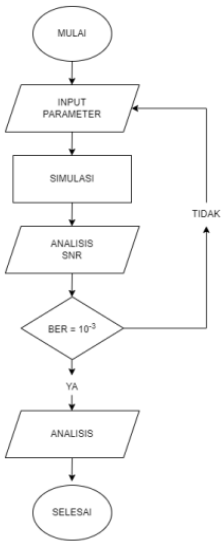
III. METODE

A. Desain Sistem

Pada bab ini berisi desain sistem penelitian yang dilakukan dan perancangan simulasi untuk mendapatkan hasil pengujian sistem VLC untuk menganalisa performansi sistem modulasi M-PPM dengan sumber cahaya yang digunakan adalah LASER hijan dan kuning dengan panjang gelombang 560, 570nm. Rancangan sistem tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian transmitter, kanal LOS dan receiver. seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:

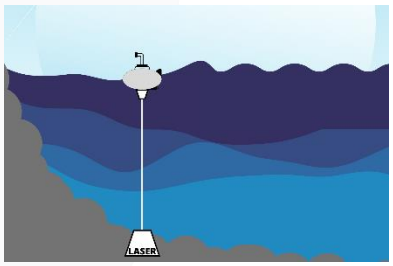


B. Diagram Alir Penelitian

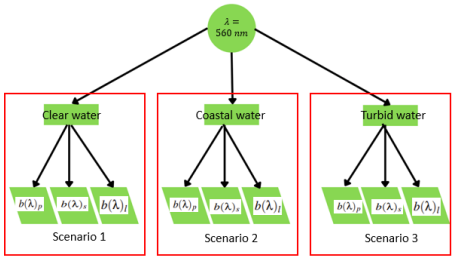


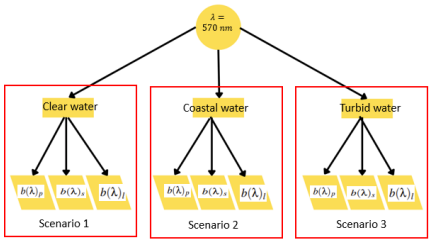
Pada gambar diatas, menjelaskan diagram alir pada penelitian ini. Dengan menggunakan modulasi M-PPM dengan sumber yang berasal dari LASER hijau dan kuning. Yang pertama dilakukan adalah input parameter performansi, LASER yang digunakan memiliki panjang gelombang 560, 570 nm dengan menggunakan modulasi M-PPM dengan level 4, atau 4-PPM. Melakukan simulasi dengan software Python. Lalu dengan melihat nilai BER. Jika nilai tersebut tidak memenuhi syarat BER = 10^{-3} maka perlu dilakukan perubahan parameter agar syarat terpenuhi. Setelah simulasi dan syarat BER terpenuhi, langkah selanjutnya adalah menganalisis seluruh performansi.

C. Skenario Simulasi

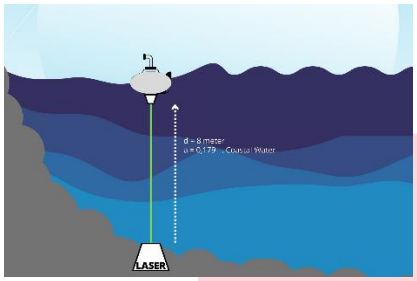


Tugas akhir ini memiliki beberapa skenario dalam simulasi. Skenario dalam simulasi ini bertujuan untuk menemukan komunikasi terbaik untuk komunikasi bawah air dengan parameter performansi BER dan SNR, dan didapatkan hasil keluaran untuk dianalisa seperti daya terima pada receiver, nilai BER, dan nilai SNR yang dipengaruhi oleh perbedaan jenis air yaitu pada nilai absorption dan hasil perhitungan pada scattering.





i. Skenario Simulasi Panjang Gelombang 560 nm dengan a=0,179



Simulasi dilakukan dengan jarak propagasi d sejauh 1 meter sampai dengan 10 meter, dengan diasumsikan sudut yang terbentuk adalah 0◦ sampai dengan 6◦. Menggunakan satu buah LASER dengan panjang gelombang sebesar 560nm dengan daya 120W, dengan menggunakan modulasi M-PPM dengan nilai level 4, atau 4-PPM, dan diasumsikan pada jarak 8 meter dengan θd 6◦. Menggunakan parameter absoption atau penyerapan cahaya pada jenis air coastal water. Simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah menggunakan parameter tersebut bisa mengirimkan informasi yang baik atau tidak pada alat pendeteksi tsunami dilaut pada jenis air coastal water.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

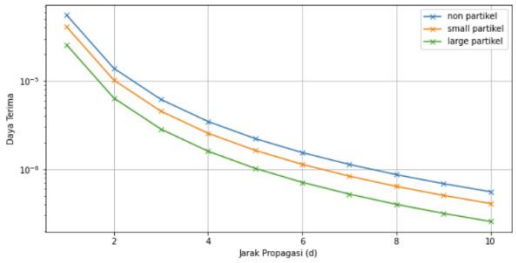
Pada bab ini dibahas hasil dan analisis dari proses simulasi yang dilakukan sesuai parameter yang sudah ditentukan. Skenario pengujian dilakukan dengan membandingkan panjang gelombang LASER 560nm dan 570nm. Dengan menggunakan tiga jenis air yaitu coastal water, clear water, dan turbid water. Dengan perbedaan nilai absorption. Dan nilai hasil perhitungan scattering yang dipengaruhi oleh partikel pada jenis air laut. Keberhasilan dalam pengujian ini ditunjukan dengan diterima atau tidaknya informasi dari transmitter ke receiver yang menunjukan nilai BER harus lebih besar dari 10^{-3}.

A. Analisis Skenario Simulasi Panjang Gelombang 560nm dengan a=0,179

Pengujian dilakukan pada rentang jarak 1 meter sampai dengan 10 meter. Dengan menggunakan jenis air coastal water.

Jenis Scattering	nilai
$b(\lambda)p$	0, 00131448
$b(\lambda)s$	0, 30832603
$b(\lambda)l$	0, 77663946

a. Daya Terima



Hasil perhitungan pada daya terima akan berbeda karena dipengaruhi oleh hasil perhitungan pada scattering.

i. Jenis Scattering b(λ)p

Daya terima yang diterima oleh receiver pada kedalaman 1 meter sebesar 5,560532 × 10−5Watt dan pada kedalaman 10 meter daya terimanya sebesar 5,560532 × 10−7Watt. Pada perhitungan simulasi menggunakan jarak propagasi sebesar 8meter yang menunjukan daya terima sebesar 8,688332× 10−7Watt.

ii. Jenis Scattering b(λ)s

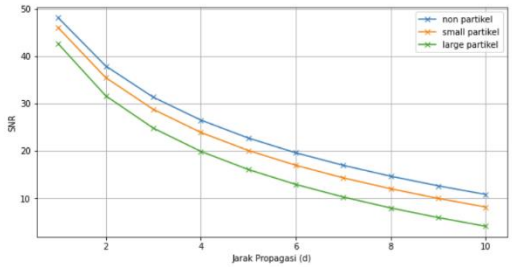
Daya terima yang diterima oleh receiver pada kedalaman 1 meter sebesar 4,090562 × 10−5Watt dan pada kedalaman 10 meter daya terimanya sebesar 4,090562 × 10−7Watt. Pada perhitungan simulasi menggunakan jarak propagasi sebesar 8meter yang menunjukan daya terima sebesar 6,391503× 10−7Watt.

iii. Jenis Scattering b(λ)p

Daya terima yang diterima oleh receiver pada kedalaman 1 meter sebesar 2,560926 × 10−5Watt dan pada kedalaman 10 meter daya terimanya sebesar 2,560926 × 10−7Watt. Pada perhitungan simulasi menggunakan jarak propagasi sebesar 8meter yang menunjukan daya terima sebesar 4,001447× 10−7Watt.

Dari hasil perhitungan daya terima menggunakan panjang gelombang 560nm dan dan menggunakan jenis air coastal water dengan nilai absorption 0,179. Pada kedalaman 8 meter dapat dilihat bahwa daya terima pada jenis scattering b(λ)p lebih optimal dibandingkan jenis scattering lainnya. Dengan daya terima sebesar 5,560532×10−7Watt atau -60,6106 dBW.

b. Signal Noise Ratio



Hasil perhitungan pada SNR akan berbeda karena dipengaruhi oleh hasil perhitungan pada scattering.

i. Jenis Scattering b(λ)p

Nilai SNR yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 14,59182 dB. Pada jarak minimum nilai SNR yang dihasikan sebesar 48,07677 dB sedangkan pada jarak maksimum sebesar 10,73622 dB.

ii. Jenis Scattering b(λ)s

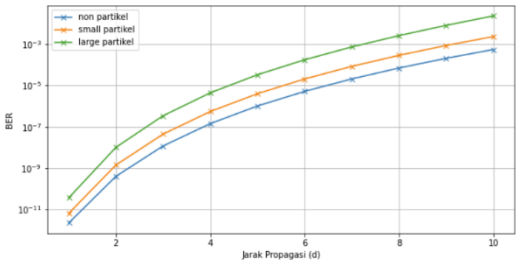
Nilai SNR yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 11,94042 dB. Pada jarak minimum nilai SNR yang dihasikan sebesar 45,97655 dB sedangkan pada jarak maksimum sebesar 8,07936 dB.

iii. Jenis Scattering b(λ)s

Nilai SNR yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 7,88863 dB. Pada jarak minimum nilai SNR yang dihasikan sebesar 42,58902 dB sedangkan pada jarak maksimum sebesar 4,02187 dB.

Dari hasil perhitungan SNR menggunakan panjang gelombang 560nm dan dan menggunakan jenis air coastal water dengan nilai absorption 0,179. Pada kedalaman 8 meter dapat dilihat bahwa SNR pada jenis scattering b(λ)p lebih optimal dibandingkan jenis scattering lainnya. Dengan SNR sebesar 14,59182 dB.

c. Bit Error Rate



Hasil perhitungan pada BER akan berbeda karena dipengaruhi oleh hasil perhitungan pada scattering.

i. Jenis Scattering b(λ)p

Nilai BER yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 6,83826 × 10−5. Pada jarak minimum nilai BER yang dihasikan sebesar 2,21262 × 10−12 sedangkan pada jarak maksimum sebesar 5,34913×10−4.

ii. Jenis Scattering b(λ)s

Nilai BER yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 2,80207 × 10−4 . Pada jarak minimum nilai BER yang dihasikan sebesar 6,43966 × 10−12 sedangkan pada jarak maksimum sebesar 2,27005×10−3.

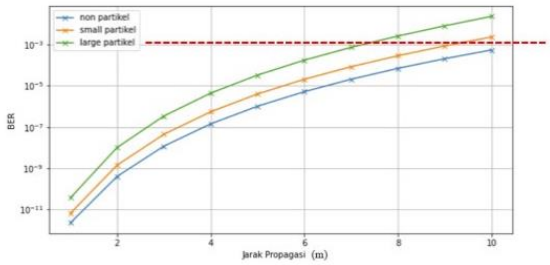
iii. Jenis Scattering b(λ)l

Nilai BER yang dihasilkan perhitungan simulasi pada kedalaman 8 meter sebesar 2,52148 × 10−3 . Pada jarak minimum nilai BER yang dihasikan sebesar 3,61488 × 10−11 sedangkan pada jarak maksimum sebesar 2,262506×10−2.

Dari hasil perhitungan BER menggunakan panjang gelombang 560nm dan dan menggunakan jenis air coastal water dengan nilai absorption 0,179. Pada kedalaman 8meter dapat dilihat bahwa BER pada jenis scattering b(λ)p lebih optimal dibandingkan jenis scattering lainnya. Dengan nilai BER sebesar 6,83826×10−5. Dan pada jenis scattering b(λ)p pada jarak propagasi maksimal tidak sesuai dengan dengan parameter performansi sehingga perlu dilakukan perhitungan kembali dengan parameter input yang berbeda agar parameter performansi pada BER terpenuhi.

B. Analisis Skenario Simulasi Panjang Gelombang 560nm dengan a=0,179

Pada tugas akhir ini dilakukan pengujian pada LASER dengan menggunakan panjang gelombang 560nm dan 570nm dengan menggunakan tiga jenis air yaitu coastal water, clear water dan turbid water dengan nilai absorption atau penyerapan berbeda pada masing masing jenis air dan tiga jenis scattering atau hamburan yang disebabkan oleh partikel pada air, yaitu non-partikel, small-partikel dan large-partikel, dengan menggunakan modulasi M-PPM pada nilai level 4-PPM. Jenis hamburan mempengaruhi nilai BER, kerena semakin kecil nilai hamburan pada simulasi maka nilai BER akan semakin baik, begitupun sebaliknya. Terbukti pada nilai hamburan large-partikel pada setiap skenario pada jarak maksimum dengan jarak 10 meter, hasil perhitungaan simulasi pada BER tidak memenuhi karena masih lebih besar dari 10×−3 dan perlu dilakukan perhitungan kembali.



Pada large-partikel dengan jarak makimum tidak memenuhi parameter performansi. Solusinya selain dengan mengganti parameter input untuk memenuhi parameter performasi, menaikan level pada modulasi M-PPM juga mempengaruhi hasil perhitungan pada BER. Penulis mencoba menggunakan nilai level 8-PPM dan hasilnya nilai BER pada hamburan large-partikel pada jenis air manapun berhasil memenuhi parameter performansi, yaitu nilai BER lebih kecil dari 10×−3. Nilai SNR terbukti mempengaruhi performansi pada BER, jika SNR yang dihasilkan semakin besar nilai BER semakin kecil, sebaliknya jika nilai SNR semakin kecil maka BER akan semakin besar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil simulasi dan analisis penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan simulasi pada daya terima terhadap jarak propagasi dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak propagasi atau jarak transmitter ke receiver maka daya terima akan semakin kecil. Sebaliknya semakin dekat jarak propagasi maka daya terima akan semakin besar. Hal tersebut

menunjukan bahwa daya terima berbanding terbalik dengan jarak propagasi. Hal ini dibuktikan pada hasil perhitungan simulasi pada skenario manapun hal tersebut menunjukan hal yang sama. Daya terima terbaik pada jarak propagasi 8meter ketika menggunakan panjang gelombang 570nm dengan nilai absroption 0,179 dengan scattering non-partikel 0,001217 menghasilkan daya terima sebesar 8,68917×10−7Watt atau -60.61021 dBW. Dan daya terima terburuk pada jarak propagasi 8 meter ketika menggunakan panjang gelombang 560nm dengan nilai absroption 0,366 dengan scattering large-partikel 0,77663946 menghasilkan daya terima sebesar 4,001447 × 10−7Watt atau - 64,78995.

2. Hasil perhitungan simulasi pada BER terhadap jarak propagasi dapat disimpulan bahwa semakin dekat jarak propagasi makan nilai BER akan semakin baik. Nilai BER selain dipengaruhi oleh jarak propagasi, juga sangat dipengaruhi oleh jenis air yang menunjukan nilai penyerapan atau absorption dan hasil perhitungan pada hamburan atau scattering simulasi pada jenis air menggunakan clear water dengan a=0,144 dihasilkan nilai BER terbaik dan ketika menggunakan turbid water dengan a=366 dihasilkan nilai BER terburuk. Pada hasil nilai hamburan atau scattering semakin kecil nilai hamburan nya maka nilai BER akan semakin besar, begitupun sebaliknya. Dibuktikan ketika menggunakan nilai hamburan terbesar atau pada large-partikel nilai BER tidak memenuhi parameter performansi atau lebih besar dari 10−3 , sehingga solusi yang dilakukan adalah menaikan level modulasi menjadi 8-PPM untuk mendapatkan hasil BER yang memenuhi syarat parameter performansi.
3. Hasil perhitungan simulasi pada BER terhadap jarak propagasi dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak propagasi maka nilai SNR akan semakin baik. Selain itu nilai SNR mempengaruhi nilai BER, semakin besar nilai SNR maka nilai BER akan semakin besar.
4. Dari hasil perhitungan jenis air terbaik pada LASER dengan panjang gelombang 560nm dan 570nm untuk mendeteksi tsunami adalah jenis air clear water dengan nilai absorption.
5. Dapat disimpulkan bahwa nilai scattering terbaik pada LASER dengan panjang gelombang 560nm dan 570nm untuk mendeteksi tsunami adalah hasil perhitungan hamburan jenis non-partikel.
6. Dapat disimpulkan bahwa nilai scattering terbaik pada LASER dengan panjang gelombang 560nm dan 570nm untuk mendeteksi tsunami adalah hasil perhitungan hamburan jenis non-partikel.

2]

REFERENSI

[1.] H. Kaushal and G. Kaddoum, “Underwater optical wireless communication,” IEEE access, vol. 4, pp. 1518–1547, 2016.

[2.] D. Darlis, H. Putri et al., “Implementasi visible light communication (vlc) untuk pengiriman teks,” 2016.

[3.] A. M. Rahmajanti, “Analysis of laser performance using 550 nm wave length to detect tsunami,” 202

[4.] L. C. Png, “Early tsunami forecasting using visible-light leds for sea-level measurement from the seabed,” in 2013 IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE). IEEE, 2013, pp. 285–286.

[5.] J. Yudhistira, “Simulation analysis of using blue light color laser to detect tsunami with length of 450 nm waves under the sea surface,” 2020.

[6.] Mahsun, D. Darlis, and S. Aulia, “Perancangan dan implementasi perangkat pengirim data digital teknologi visible light communication dengan kecepatan 1 mbps,” eProceedings of Applied Science, vol. 2, no. 3, 2016.

[7.] H. M. Oubei, C. Li, K.-H. Park, T. K. Ng, M.-S. Alouini, and B. S. Ooi, “2.3 gbit/s underwater wireless optical communications using directly modulated 520 nm laser diode,” Optics express, vol. 23, no. 16, pp. 20 743–20 748, 2015.

[8.] I. Priyadi and M. E. Wijaya, “Perancangan alat pendeteksi dan peringatan gempa berpotensi tsunami dengan transjvjisi sinyal audio melalui media jalajala listrik,” TEKNOSIA, vol. 2, no. 13, pp. 37–51, 2014.

[9.] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, and S. Rajbhandari, Optical wireless communications: system and channel modelling with Matlab R . CRC press, 2019.

[10.] T. Y. Elganimi, “Studying the ber performance, power-and bandwidthefficiency for fso communication systems under various modulation schemes,” in 2013 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT). IEEE, 2013, pp. 1–6