

ANALISIS KAPASITAS KANAL FIBER OPTIK SEBAGAI INFRASTRUKTUR SISTEM KOMUNIKASI BENCANA TSUNAMI DI PULAU JAWA**Haniah Mahmudah^{1*}, Okkie Puspitorini^{2*}, Ari Wijayanti^{3*}, Nur Adi Siswandari⁴**^{1,2,3,4} T. Telekomunikasi, Departemen Elektro, PENS

Kampus PENS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

*Email: ¹haniah@pens.ac.id, ²okkie@pens.ac.id, ³ariw@pens.ac.id, ⁴nuradi@pens.ac.id**Abstrak**

Secara geologis, klimatologis, dan geografis wilayah Indonesia tergolong rentan bencana dengan gunung bawah laut yang tersebar di seluruh wilayah Nusantara atau disebut pula dengan Ring of Fire sehingga menyebabkan meningkatnya intensitas terjadinya bencana Tsunami di Indonesia sehingga peningkatan resiko kerusakan akibat bencana. Hal ini mendorong setiap pihak yang berkepentingan untuk lebih mewaspadaai dan menata manajemen penanggulangan bencana yang terjadi terutama dalam segi sistem komunikasi. Infrastruktur sistem komunikasi terdapat jaringan kabel salah satunya jaringan fiber optik yang dapat mendukung penyebaran informasi peringatan bencana tsunami. Pengembangan jaringan fiber optik Ring Jasuka (Jawa – Sumatra – Kalimantan) dengan Metro Ethernet Regional Jawa Barat. Dengan adanya jaringan Metro Ethernet Existing digunakan sebagai komponen tanggap darurat. Untuk itu diperlukan penelitian fase pra bencana atau peringatan dini tsunami dengan perhitungan power budget, rise time budget serta perhitungan kanal pada link fiber optik di Metro Ethernet Regional Jawa Barat. Berdasarkan hasil penelitian jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Barat maka pada link Sukabumi – Nyalindung dan Banjaran – Pangalengan dapat diberi masukan daya pengiriman informasi peringatan dini tsunami dengan paling maksimal karena mempunyai daya terima paling maksimum. Pada link Nyalindung – Segaranten pada wilayah Sukabumi dan Padalarang – Cimahi, Cimahi – Rajawali, dan Soreang – Kopo pada wilayah Cianjur dispersi yang terjadi dapat dikompensasi dengan maksimal, sehingga informasi peringatan dini tsunami dapat sampai pada user dengan pelebaran pulsa yang minimum. Sedangkan kapasitas maksimal Metro Ethernet yang dapat digunakan dalam pengiriman peringatan dini tsunami maksimal adalah 11,319 Gbps.

Kata kunci: Tsunami, Fiber Optik, Metro Ethernet, Infrastruktur, Kapasitas.

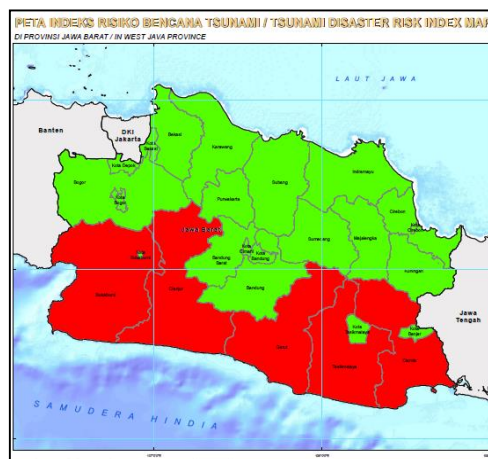
1. PENDAHULUAN

Pulau Jawa merupakan pulau di Indonesia yang memiliki tingkat resiko terjadinya tsunami dengan skala tinggi. Hampir setiap provinsi yaitu Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah, dan Provinsi Jawa Timur memiliki tingkat resiko terjadinya tsunami dengan skala tinggi, terutama wilayah yang terletak di pesisir pantai. Tingkat resiko kejadian tsunami di Pulau Jawa ditunjukkan pada Gambar 1. Peningkatan intensitas terjadinya bencana Tsunami di Indonesia mendorong setiap pihak yang berkepentingan untuk lebih mewaspadaai dan menata manajemen penanggulangan bencana yang terjadi terutama dalam segi sistem komunikasi [Yayasan Pengabdian Masyarakat, 2010].

Dengan sering terjadinya bencana alam merusak sebagian besar jaringan komunikasi dan meningkatnya risiko kerusakan akibat bencana, kerentanan jaringan terhadap banyak gangguan, berkorelasi, dan kegagalan. Beberapa penelitian tentang mitigasi bencana untuk efektif mitigasi bencana dan manajemen komunikasi darurat rencana untuk bertahan hidup infrastruktur telekomunikasi yang berbeda yaitu dengan satellite dan WiMAX [Khawaja, 2013]. Sedangkan peneliti yang lain tentang jaringan backbone optik menyediakan konektivitas yang sangat skalabel dalam jarak yang sangat jauh. Jaringan ini mengeksplorasi teknologi optik untuk membawa data agregat yang sangat besar dan dapat mendukung jaringan 'lapisan lebih tinggi', seperti SONET, Ethernet, IP, MPLS, ATM, dan lain-lain [M. Farhan, 2013]. Aplikasi fiber optik mempunyai kerumitan dan skala jaringan backbone yang tinggi, beberapa kegagalan yang berkorelasi dapat memiliki dampak yang menghancurkan pada konektivitas topologi, yang pada gilirannya dapat menyebabkan gangguan tingkat koneksi. Adapun kelebihan yang dimiliki oleh jaringan fiber optik dapat mendukung penyebaran informasi peringatan bencana tsunami. Penelitian tentang jaringan topologi mesh dengan beberapa node yang terletak di pantai laut / lautan yang berbeda, kabel fiber

optik bawah laut dengan bentuk tidak beraturan, dan topografi lingkungan bawah laut dengan menggunakan Program Linear Integer untuk menghindari area bencana potensial, yang dapat meningkatkan biaya penyebaran yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan penghematan potensial jika terjadi bencana sehingga mengurangi keseluruhan biaya dengan sedikit peningkatan biaya pemasangan. Hasilnya menunjukkan penghematan potensial miliaran dolar AS bagi masyarakat jika terjadi bencana di masa depan [Dawson, 2016].

Hal ini disebabkan karena dampak negatif yang ditimbulkan akibat terjadinya bencana tersebut sudah tidak terhitung lagi khususnya dalam bidang infrastruktur sistem komunikasi. Salah satunya penelitian Grup NTT membahas mengenai solusi pencegahan bencana untuk memenuhi kebutuhan pemerintah pusat dan daerah serta perusahaan di Jepang. Pada pembahasannya terdapat sistem kontrol pengiriman informasi bencana dimana salah satunya menggunakan sistem jaringan kabel. Sistem jaringan kabel yang digunakan adalah jaringan fiber optik untuk mengirimkan informasi bencana yang berasal dari pusat evakuasi yang kemudian dibroadcast melalui FM radio dengan menggunakan frekuensi rendah. Sistem komunikasi ini telah diuji coba di Kota Iwanizawa, Hokaido [Takhasi Ohyama, 2008]. Berdasarkan ITU-T E.107 dinyatakan bahwa ETS (*Emergency Telecommunication Service*) adalah implementasi nasional yang memanfaatkan fitur, fasilitas, dan aplikasi yang tersedia di jaringan publik nasional dan layanan public [ITU-T, 2007]. ETS menyerupai layanan tambahan yang tersedia jika ada layanan telekomunikasi yang *establish*. Layanan komunikasi darurat dibagi dalam empat skenario, yaitu masyarakat ke pemerintah, pemerintah ke pemerintah, pemerintah ke masyarakat, dan masyarakat ke masyarakat [Richard, 2008]. Ini berdasarkan laporan ITU-T SG2 (*Study Group 2*).



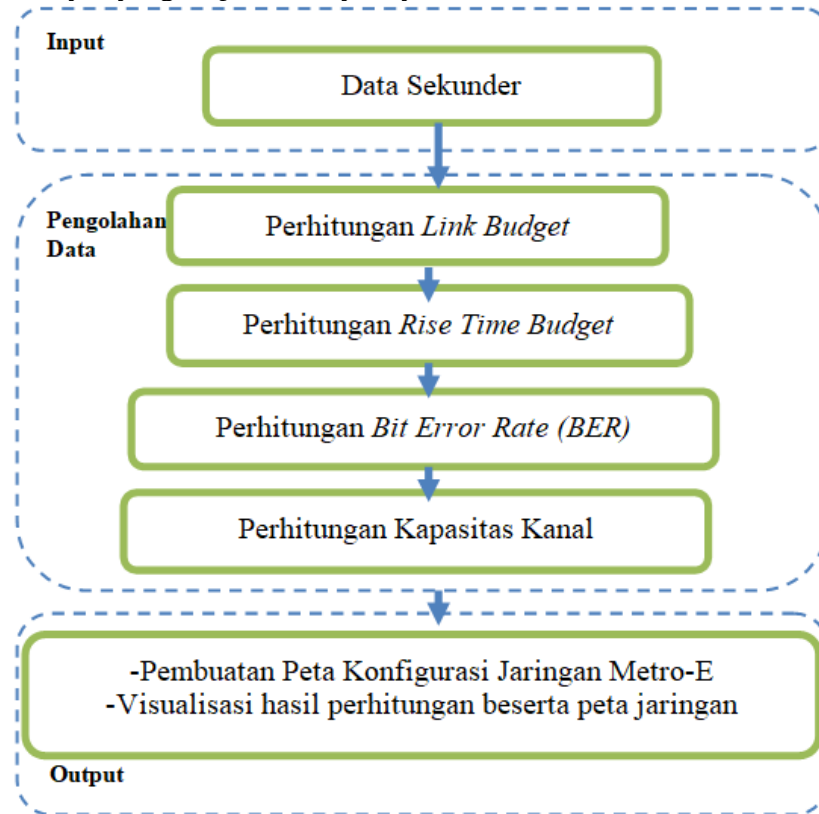
Gambar 1. Peta tingkat resiko bencana Tsunami di Provinsi Jawa Barat [BNBP, 2010].

Indonesia telah memiliki perkembangan jaringan fiber optik yang luas. Salah satu jaringan fiber optik yang masih dikembangkan saat ini adalah Ring Jasuka (Jawa – Sumatra – Kalimantan) dengan salah satu proyeknya yaitu Metro Ethernet Regional Jawa Barat. Dengan adanya jaringan Metro-Ethernet di regional Jawa Barat digunakan untuk penelitian mengenai analisis kapasitas kanal jaringan fiber optik sebagai infrastruktur sistem komunikasi bencana tsunami di pulau Jawa sebagai implementasi komponen tanggap darurat guna penggunaan kapasitas kanal fiber optik dari kapasitas yang ada pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Barat.

Penelitian ini melakukan analisis kapasitas kanal fiber optik sebagai infrastruktur sistem komunikasi bencana tsunami di pulau Jawa beserta perhitungan beberapa parameter antara lain *link budget*, *rise time budget*, dan *Bit Error Rate* (BER) terhadap sistem peringatan dini tsunami divisualisasikan berdasarkan penentuan titik bencana. Analisis kapasitas kanal fiber optik ini berdasarkan data spesifikasi jaringan fiber optik yang *existing* yakni jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Barat. Penelitian ini difokuskan pada fase pra bencana atau peringatan dini tsunami dengan skenario komunikasi darurat antara pemerintah ke masyarakat yang merupakan *warning system* ketika terjadi tsunami pada infrastruktur sistem komunikasi fiber optik.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu survey data sekunder, pengolahan data meliputi perhitungan *link budget*, *rise time budget*, *BER* dan perhitungan kapasitas kanal seperti pada blok diagram sistem Gambar 2. Survey data sekunder meliputi pertama penentuan wilayah berpotensi tsunami di Provinsi Jawa Barat berdasarkan hasil studi pustaka, kedua survey konfigurasi jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Barat, ketiga adalah survey topologi jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Barat beserta panjang link yang menghubungkan setiap kota, keempat mengenai survey data spesifikasi fiber optik Metro Ethernet Regional Jawa Barat. Keempat hasil survey data sekunder tersebut digunakan pada tahap perhitungan parameter dan pembuatan peta konfigurasi sesuai dengan titik wilayah yang berpotensi terjadinya tsunami.



Gambar 2. Blok Diagram sistem.

Link budget dengan perhitungan daya dilakukan pada suatu sistem transmisi yang didasarkan pada karakteristik saluran(rugi-rugi), sumber optik, dan sensitivitas detektor. Hasil perhitungan *link budget* digunakan untuk menentukan rentang daya (*power margin*) antara *output transmitter* optik dan sensitivitas minimum dari *receiver*, sehingga sesuai dengan spesifikasi BER. Perhitungan *link budget* dinyatakan dengan persamaan (1) [Yorashaki, 2011]

$$P_r = P_t - L_{c_{total}} - L_{s_{total}} - L_{f_{total}} - M \quad (1)$$

Dengan P_r daya sinyal yang diterima (dBm), P_t daya optis yang dipancarkan dari sumber cahaya (dBm), $L_{c_{total}}$ = rugi yang terjadi pada konektor (dB), $L_{s_{total}}$ = rugi yang terjadi pada splice/sambungan permanen (dB), $L_{f_{total}}$ = rugi yang terjadi pada serat optik (dB).

Perhitungan *rise time budget* merupakan metode untuk menentukan keterbatasan akibat pengaruh dispersi pada saluran transmisi. Perhitungan *rise time budget* dinyatakan dengan persamaan (2) dan (3) [Yorashaki, 2011] :

$$t_F = t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L \quad (2)$$

$$t_r = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2} \quad (3)$$

Dengan D adalah dispersi kromatik (ps/nm.km), σ_λ = lebar spectral sumber optik (nm), L adalah panjang link (km), t_r = rise time total (ps), t_{tx} = rise time sumber optik (ps), t_{rx} = rise time detector optik (ps), t_f = dispersi total (ps). Nilai rise time budget harus memenuhi persamaan (4) dengan format modulasi NRZ [Yorashaki,2011].

$$tr = 0,7 / \text{Bit Rate} \quad (4)$$

Dalam menentukan kualitas transmisi digunakan parameter *optical signal to noise ratio* (OSNR) atau *Bit Error Rate* (BER). BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Untuk menghitung persamaan BER diperlukan nilai *optical signal-to-noise-ratio*. OSNR merupakan perbandingan antara daya sinyal terhadap daya noise pada satu titik yang sama atau perbandingan *signal power* terhadap *noise power*. Quantum noise merupakan noise photodetector tanpa internal gain. Standar BER untuk sistem komunikasi serat optik adalah 10^{-19} . Nilai BER dapat dihitung dengan persamaan (5) [Polyna, 2016] :

$$OSNR (dB) = 20 \log 2Q \quad (5)$$

Dengan diperoleh nilai pendekatan

$$BER = Pe(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \quad (6)$$

Dengan Q = Quantum noise dan Pe = Probability Error. Perhitungan kapasitas kanal fiber optik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) [Polyna, 2016; Salah, 2011]:

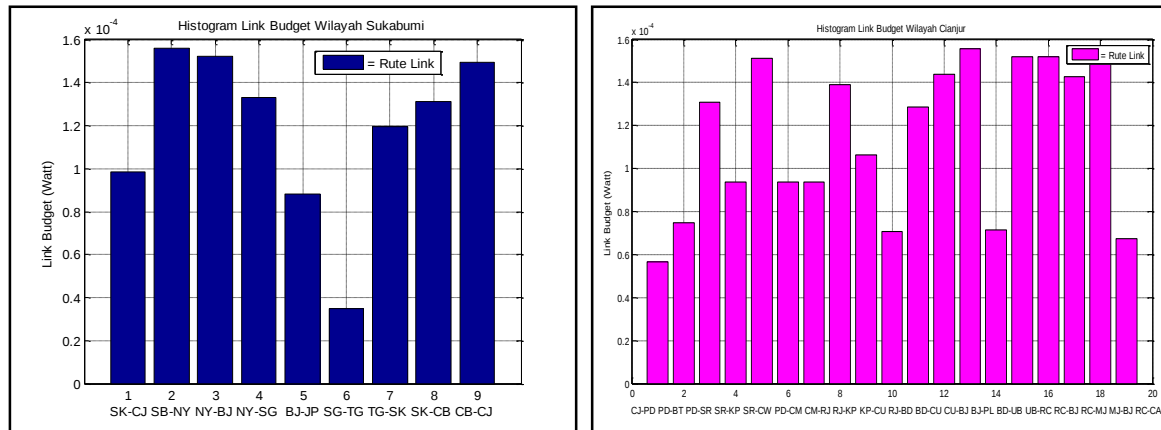
$$C = W \log(1 + OSNR) \quad (7)$$

Dengan C adalah kapasitas kanal fiber optik (bit/s), W adalah Bandwidth kanal (Hz), OSNR adalah Nilai *Optical Signal to Noise Ratio*(dB).

Jaringan Metro Ethernet sebagai *bridge* dari suatu jaringan atau menghubungkan wilayah yang terpisah juga menghubungkan LAN dengan WAN atau *backbone network* yang menyediakan layanan-layanan menggunakan Ethernet sebagai *core protocol* dan aplikasi *broadband* umumnya dimiliki oleh *service provider*. Teknologi yang berbasis IP ini merupakan alternative teknologi *transport* SDH berbasis TDM yang kemudian dapat diintegrasikan pada teknologi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) merupakan suatu metode penggabungan sinyal-sinyal optik dengan panjang gelombang operasi yang berbeda-beda yang ditransmisikan ke dalam sebuah serat optik tunggal dengan memperkecil spasi antar kanal sehingga terjadi peningkatan jumlah kanal yang mampu dimultipleks.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

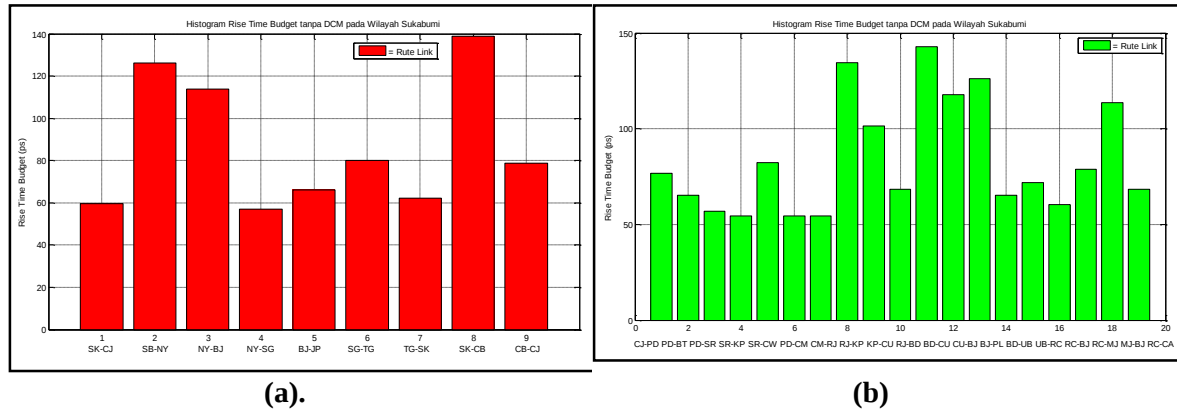
Perhitungan *link budget* dilakukan pada 5 wilayah yang memiliki potensi terjadinya tsunami di Provinsi Jawa Barat berdasarkan wilayah yang juga dilalui oleh jaringan Metro Ethernet regional Jawa Barat. Pada masing-masing wilayah memiliki jumlah rute link yang berbeda-beda, sehingga juga menghasilkan nilai *link budget* yang berbeda-beda pada setiap detektor optik di setiap rute linknya. Perhitungan *link budget* ini akan menghasilkan daya sinyal yang diterima pada detektor optik berdasarkan data masukan parameter pada data spesifikasi fiber optik Metro Ethernet [Metro Ethernet Forum, 2008]. Hasil perhitungan *link budget* menggunakan persamaan (1) seperti pada Gambar 3.



(a). (b)
Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Link Budget untuk wilayah (a). Sukabumi (b). Cianjur

Perhitungan *rise time budget* jugadilakukan pada 5 wilayah yang memiliki potensi terjadinya tsunami di Provinsi Jawa Barat berdasarkan wilayah yang juga dilalui oleh jaringan *Metro Ethernet* regional Jawa Barat. Pada masing-masing wilayah memiliki jumlah rute link yang berbeda-beda, sehingga juga menghasilkan nilai *rise time budget* yang berbeda-beda pada setiap detector optik di setiap rute linknya berdasarkan data masukan parameter pada data spesifikasi fiber optik *Metro Ethernet* [Metro Ethernet Forum, 2008]. Hasil perhitunga total *rise time* pada link ini melebihi nilai total *rise time* 63 ps dengan menggunakan format modulasi NRZ sehingga pada link Sukabumi – Nyalindung ditambahkan Modul Kompensator Dispersi (DCM) dengan jarak 20 km dan pada link Cianjur – Padalarang ditambahkan Modul Kompensator Dispersi (DCM) dengan jarak 50 km.

Hasil perhitungan *rise time budget* pada wilayah Sukabumi dan Cianjur seperti pada Gambar 4.

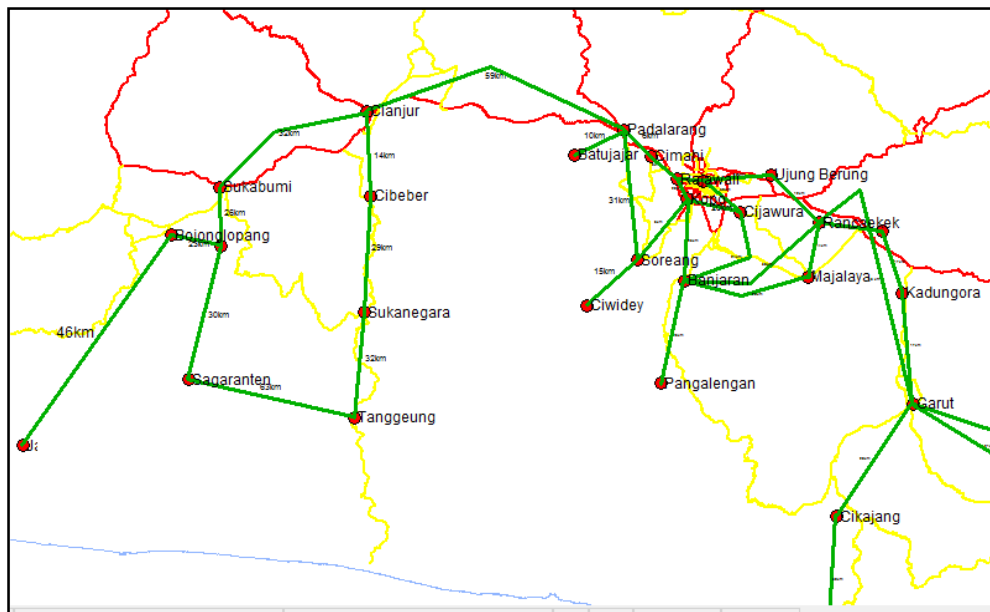


(a). (b)
Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Link Budget untuk wilayah (a). Sukabumi (b). Cianjur

Perhitungan nilai *Bit Error Rate* diamati terhadap besarnya nilai *Optical Signal to Ratio* (OSNR) yang didapatkan berdasarkan data spesifikasi perangkat yang digunakan pada Metro-E untuk setiap linknya yaitu maksimal bernilai 25 dB. Pengambilan nilai OSNR sebagai nilai masukan untuk perhitungan *Bit Error Rate* yaitu dalam rentang nilai 15 dB sampai dengan 25 dB. Perhitungan kapasitas kanal fiber optik untuk jaringan *Metro Ethernet* menggunakan nilai masukan bandwidth sebesar 8 GHz [Metro Ethernet Forum, 2008] dan rentang nilai OSNR sebesar 15 dB sampai dengan 25 dB sesuai dengan yang ditentukan. Hasil perhitungan BER dan kapasitas kanal fiber pada tiap OSNR terdapat pada setiap link seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan BER terhadap OSNR

OSNR (dB)	BER	Kapasitas (Gbps)
15	$1,089 \times 10^{-3}$	9,632
16	$3,491 \times 10^{-4}$	9,843
17	$8,578 \times 10^{-5}$	10,042
18	$1,509 \times 10^{-5}$	10,230
19	$1,743 \times 10^{-6}$	10,408
20	$1,186 \times 10^{-7}$	10,577
21	$2,332 \times 10^{-8}$	10,739
22	$6,321 \times 10^{-11}$	10,893
23	$2,357 \times 10^{-12}$	11,041
24	$3,692 \times 10^{-15}$	11,183
25	$1,223 \times 10^{-19}$	11,319



Gambar 9. Tampilan Rute Link Metro-E Pada Seluruh Wilayah berpotensi Tsunami.

Hasil perhitungan *link budget* dengan nilai terbesar untuk wilayah Sukabumi dan Cianjur terletak pada rute link Sukabumi – Nyalindung dan Banjaran – Pangalengan yaitu bernilai sama sebesar $-8,07$ dBm atau setara dengan $1,558 \times 10^{-4}$ W. Hal ini dipengaruhi oleh parameter input daya optis yang dipancarkan sumber optik (P_{tx}), *total losses splice*, *total losses optik*, dan *margin sistem*. Hasil perhitungan *link budget* untuk wilayah Sukabumi dan Cianjur ini tidak dipengaruhi oleh total losses konektor, karena losses konektor pada setiap link bernilai sama yaitu $0,4$ dB. Maka, pada link tersebut dapat diberi masukan daya pengiriman informasi peringatan dini tsunami dengan paling maksimal. Hasil perhitungan *rise time budget* dengan nilai terendah tanpa menggunakan Modul Kompensator Dispersi (DCM) untuk wilayah Sukabumi dan Cianjur terletak pada rute link Nyalindung – Segaranten pada wilayah Sukabumi dan Padalarang – Cimahi, Cimahi – Rajawali, dan Soreang – Kopo pada wilayah Cianjur yaitu bernilai $56,89$ dan $54,35$. Maka, pada link tersebut dispersi yang terjadi dapat dikompensasi dengan maksimal, sehingga informasi peringatan dini tsunami dapat sampai pada *user* dengan pelebaran pulsa yang minimum. Hasil perhitungan BER terhadap OSNR menghasilkan nilai BER yang memenuhi standart perangkat pada Metro-E adalah OSNR 23 dB dengan BER $2,357 \times 10^{-12}$, dan kapasitas maksimal Metro-E yang dapat digunakan dalam pengiriman peringatan dini tsunami maksimal adalah $11,319$ Gbps.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada *Metro Ethernet* Regional Jawa Barat maka dapat disimpulkan :

1. Pada link Sukabumi – Nyalindung dan Banjaran – Pangalengan dapat diberi masukan daya pengiriman informasi peringatan dini tsunami dengan paling maksimal.
2. Pada link Nyalindung – Segaranten pada wilayah Sukabumi dan Padalarang – Cimahi, Cimahi – Rajawali, dan Soreang – Kopo pada wilayah Cianjur dispersi yang terjadi dapat dikompensasi dengan maksimal, sehingga informasi peringatan dini tsunami dapat sampai pada *user* dengan pelebaran pulsa yang minimum.
3. Kapasitas maksimal Metro-E yang dapat digunakan dalam pengiriman peringatan dini tsunami maksimal adalah 11,319 Gbps.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada mahasiswa PENS atas nama Priyandini Kurniawati yang telah berkontribusi pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP), “Peta Indeks Risiko Bencana Tsunami di Provinsi Jawa Barat”, 2010.
- Dawson L.M, Ferhat Dikbiyik, Moshe Z, “Fiber-Optic cable Deployment for Mesh Network”, *Journal of Lightwave Technology*, Volume 34 Issue 18, 7 July 2016, pp 4293-4303.
- ITU-T Recommendation E.107, “*Emergency Telecommunications Service (ETS) And Interconnection Framework For National Implementations Of ETS*”, 2007.
- Khawaja, Wasim Shahid , “Utilization of Telecom Technologies for the Disaster Management in Underdeveloped Coastal Districts of Pakistan”, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, October 2013, Vol. 3, No. 10 ISSN: 2222-6990 pp 197-219.
- M. Farhan Habib, Masimo Tornatore, Ferhat Dikbiyik, Biswanath Mukherjee, “Disaster survivability in optical communication networks”, *Journal Computer Communications*, Elsevier, Vol 36 Issue 6, March 2013, pp 630-644.
- Metro Ethernet Forum, “[Alcatel 1660SM STM-64 Multiservice Metro Node](#)”, 2008.
- Polyna Bayvel, Robert M T, et.all, “Maximizing the optical network capacity”, *Philos Trans A Math Eng Sci*, March 6, 2016
- Richard Hill, “*ITU Activities Related To Disaster Management And Early Warning*”, Geneva, 2008.
- Salah Alabady, “Simulation and Best Design of an Optical Single Channel in Optical Communication Network”, *International Arab Journal of e-Technology*, Vol.2. No.2. June, 2011.
- Takhasi Ohyama, Hideyuki Myojin, Yuji Maeda, Yasuyuki Sugiyama, Katsuhiko Honjo “NTT R&D Initiatives for Promoting Disaster Management Business”, Chiyoda-ku, Tokyo, 2008, 100-8116 Japan.
- Yayasan Pengabdian Masyarakat, Japan International Cooperation Agency, “Sistem Peringatan Dini Sebelum Kejadian Banjir Bandang Daerah Aliran Sungai Kalijompo Di Kabupaten Jember” Jember, 2010.
- Yorashaki Martha Leza “Analisis Perencanaan Sistem Transmisi Serat Optik DWDM PT.Telkom Indonesia Tbk, Link Jakarta-Banten”, Depok, 2011.