

RANCANGAN SENSOR PERGESERAN TANAH BERBASIS SERAT OPTIK UNTUK DETEKSI LONGSOR: STUDI AWAL (*Measurement of Curvature Optical Fiber Loss As A Displacement Sensors In Landslide Detector*)

Wildan Panji Tresna, Dwi Hanto, dan Bambang Widiyatmoko

Group THz-Photonics- Bidang Instrumentasi Fisis dan Optoelektronika
Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Kawasan PUSPIPTEK, Cisauk, Tangerang 15314
e-mail : wild005@lipi.go.id

ABSTRACT

The optical extensometer based optical fiber have been designed by Single Mode Optical Fiber with the basic component are light, optical fiber in circling condition and photodetector. Early experiment have been carried out loss optical fiber curvature of the correlation factor of a circle diameter of the displacement. Measurement results showed differences to laser intensity at the position of the optical fiber is straight and the position make to curve. Measurement made on the condition $R_1 = 18.7$ mm as $L_1 = 0$ mm until $R_2 = 15.6$ mm as $L_2 = 9$ mm. The working principles of equipment that is create when a laser through optical fiber missed in the curve and pull up to a certain frictions the loss geometry would be the bigger.

Keywords: *Single Mode Optical Fiber; Optical fibers; Landslides; Sensors*

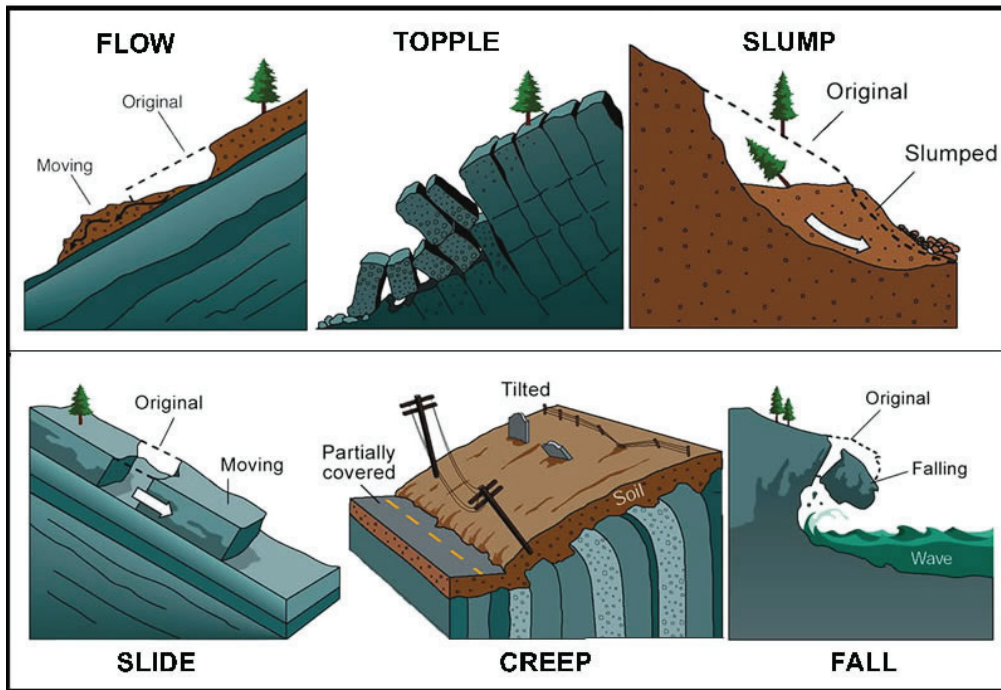
PENDAHULUAN

Pada musim penghujan, beberapa daerah pegunungan terjadi tanah longsor. Semakin curam kemiringan lereng dan variasi lapisan tanah satu kawasan pegunungan, semakin besar kemungkinan terjadi longsor. Bencana ini tidak hanya mengakibatkan kerugian secara material, namun juga korban jiwa yang tidak sedikit. Seperti yang diberitakan oleh ANTARA NEWS korban tanah longsor di Tawangmangu tahun 2007 berjumlah 36 orang,¹ sedangkan di Banjarnegara tahun 2008 menurut Pemerintah Daerah setempat terdapat korban sejumlah 106,² dan pada akhir tahun 2008 berita yang dilangsir Kompas di Tembapapura berjumlah 17 serta di Cianjur ada 15 korban jiwa.³ Hal ini seharusnya dapat direduksi dengan peralatan yang dapat mengukur, menganalisis, dan memberikan peringatan dini terhadap tanah longsor.

Tanah longsor terjadi karena tidak kuatnya daya rekat antara lapisan tanah dengan berat

tumpuan yang harus disangga. Berat tumpuan ini sangat dipengaruhi oleh bahan tambahan seperti kandungan air yang berlebih pada saat hujan, sedangkan lemahnya daya tarik disebabkan oleh tidak adanya penguat secara alami seperti akar pepohonan.⁴ Sensor untuk mengantisipasi tanah longsor yang ada pada saat ini hanya berdasar pada kandungan air saja. Hal ini tidak sepenuhnya benar karena daya sanga tanah tidak diperhitungkan di sini. Untuk itu, diperlukan sensor tambahan berupa sensor pergeseran lapisan tanah dan *strain sensors* untuk mengetahui perubahan struktur tanah karena pergeseran salah satu lempeng terhadap lainnya.

Serat optik tidak hanya dikembangkan dalam bidang komunikasi saja melainkan juga dipakai dalam keperluan berbagai sensor seperti suhu⁵ dan *strain/stress*.⁶ Kelebihan sensor serat optik dibanding yang lain adalah lebih presisi, tidak terganggu EMI, *noise* rendah, *power supply* yang dibutuhkan rendah, bahkan *power supply*



Gambar 1. Beberapa Mekanisme Terjadinya Tanah Longsor (<http://library.thinkquest.org>)

dapat diletakkan jauh dari tempat lokasi.⁵ Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan fiber optik sebagai sensor pergeseran untuk tahap awal pada sistem deteksi dini tanah longsor.

Pada tulisan ini dipaparkan rancangan sistem deteksi pergeseran tanah berbasis fiber optik dan hasil percobaan awalnya.

DASAR TEORI

Serat optik merupakan pandu gelombang (cahaya) yang bekerja berdasarkan efek pantulan sempurna akibat perbedaan indeks bias suatu zat yang dilaluinya. Untuk cahaya monokromatis yang dilewatkan pada dua zat dengan indeks bias n_a dan n_b , perbandingan sudut datang dan sudut pantulnya seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut⁷:

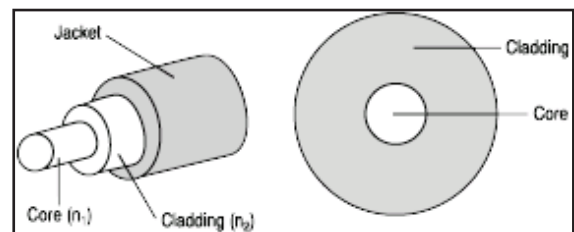
$$\frac{\sin \phi_a}{\sin \phi_b} = \frac{n_b}{n_a} \quad (1)$$

Pada serat optik dua zat yang berbeda indeks biasnya adalah inti (*core*) dan selubung (*cladding*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pemantulan sempurna terjadi jika indeks bias inti (n_a) lebih besar dibanding dengan indeks bias

pembungkusnya (n_b) dengan sudut bias cahaya 90° atau seluruh cahaya akan dipantulkan. Sudut datang terkecil yang mengakibatkan pemantulan sempurna disebut dengan sudut kritis (ϕ_c) sehingga persamaan (1) menjadi [8].

$$\sin \phi_c = \frac{n_b}{n_a} \quad (2)$$

Struktur serat optik pada umumnya terdiri atas tiga bagian. Bagian utama, dinamakan bagian inti (*core*), di mana gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai



Gambar 2. Struktur Serat Optik



Gambar 3. Pemantulan Sempurna pada Serat Optik (www.timbercon.com, 2009)

indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Bagian ini terbuat dari kaca (*glass*) yang berdiameter 2–125 μm , dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya. Bagian kedua, dinamakan selimut (*cladding*), bagian ini mengelilingi inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibandingkan dengan bagian inti. Ia terbuat dari kaca yang berdiameter 5–250 μm , juga tergantung dari jenis serat optiknya. Bagian ketiga, yaitu lapisan jaket (*coating*), bagian ini merupakan pelindung, selimut inti, dan selimut. Ia terbuat dari bahan plastik yang elastis.¹⁰

Ada beberapa titik di dalam sistem serat optik yang menimbulkan rugi-rugi, di antaranya rugi serapan, rugi hamburan, dan rugi dari efek geometris. Rugi serapan dibagi menjadi dua, yaitu serapan intrinsik yang disebabkan oleh vibrasi ikatan kimiawi dan transisi elektronis-molekular, sedangkan serapan ekstrinsik disebabkan ketidakmurnian ion logam dan ion OH. Rugi hamburan diakibatkan oleh variasi densitas yang terlokalisasi saat pembuatan serat optik. Rugi-rugi akibat efek geometris disebabkan oleh lengkungan serat optik. Ada dua macam jenis rugi-rugi akibat lengkungan, di antaranya lengkungan makroskopis yang terjadi ketika serat optik ditarik mengelilingi sudut, sedangkan lengkungan mikroskopis terjadi bila serat dibungkus dengan kabel.⁸

Pada mulanya lengkungan serat optik pada bidang transmisi seperti komunikasi adalah sesuatu yang sangat merugikan. Namun, di sisi lain justru dapat dimanfaatkan sebagai sensor. Penelitian yang telah dilakukan oleh Suyanto, dkk.⁹ menunjukkan semakin kecil ukuran lengkungan akan menurunkan nilai efisiensi dan semakin banyak jumlah lilitan dalam lengkungan

itu juga akan menurunkan efisiensi transmisi sinar laser.

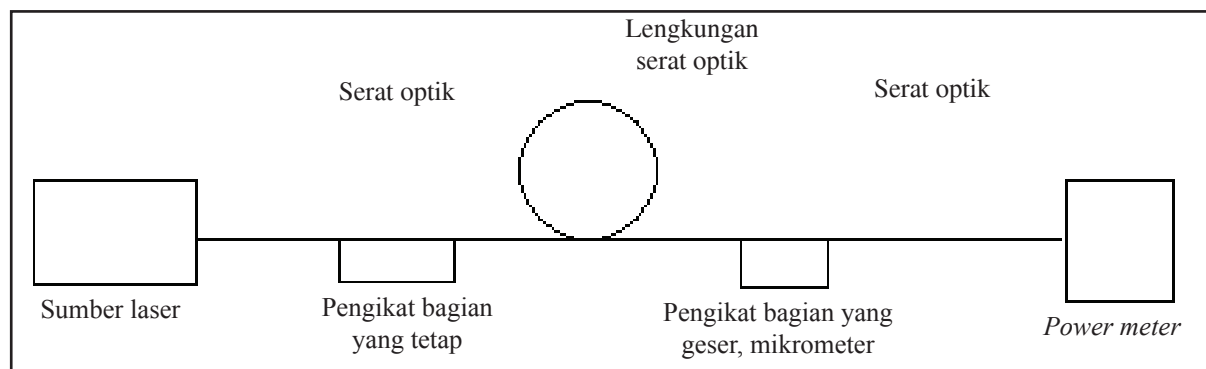
METODOLOGI

Pada Gambar 4 ditunjukkan *set up* percobaan yang telah dilakukan. Suatu serat optik dengan panjang tertentu dilengkungkan dengan diameter tertentu (R_1). Bila salah satu ujung dibuat tetap dan ujung lainnya diberi pergeseran yang dilakukan oleh penarik mikrometer sekrup sehingga akan berubah diameter lingkaran (R_2) dan mengakibatkan rugi-rugi transmisi. Data diambil dari perubahan pergeseran dan intensitas laser yang ditransmisikan dengan mengukurnya menggunakan *power meter*.

Pada percobaan yang telah dilakukan menggunakan serat optik *single mode* jenis SMF-28, Laser dioda dengan spesifikasi High Power DFB Laser dengan seri EL-062007-HP buatan LIPI sebagai transmitter dan Anritsu Optical Handy Power Meter dengan seri MA9723A sebagai *receiver*. Percobaan dilakukan dengan membuat lengkungan pada serat optik tersebut dengan diameter 18,7 mm. Satu sisi pada serat optik yang belum dilengkungkan diberi penjepit agar serat optik tidak berubah posisi. Bagian yang bergerak pada serat optik ditarik dengan interval pergeseran 0,25 mm. Secara keseluruhan percobaan ini dapat mengamati pergeseran sejauh 9 mm yang bersesuaian dengan diameter lengkungan menjadi 15,6 mm.

HASIL DAN DISKUSI

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa prinsip kerja sensor pergeseran yang berbasis serat optik ini adalah dengan menarik salah satu ujung serat



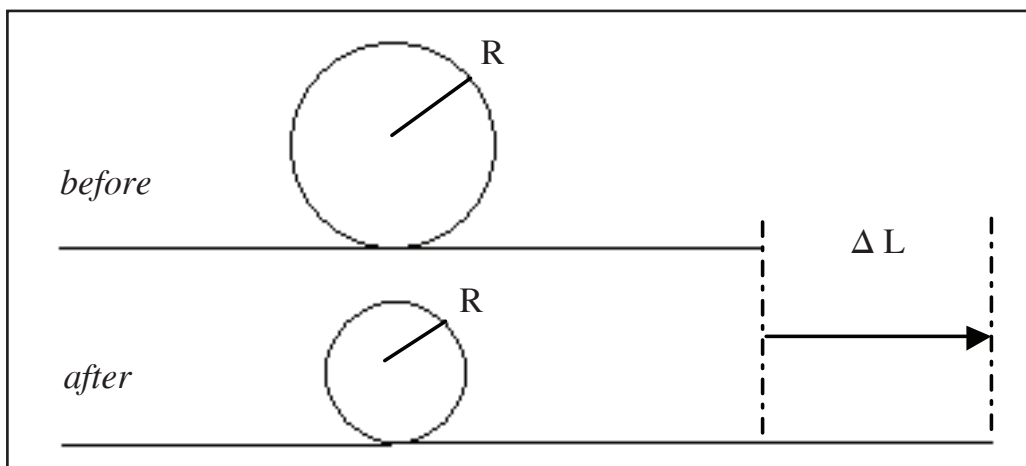
Gambar 4. *Set Up* Percobaan

optik sehingga besarnya lilitan menjadi semakin kecil seiring dengan semakin jauhnya ujung serat optik yang ditarik. Semakin kecilnya diameter lilitan pada serat optik berbanding terbalik dengan besarnya rugi-rugi geometri yang timbul. Akibatnya, terjadi perbedaan jarak antara ujung serat optik sebelum ditarik dan setelah ditarik, perbedaan jarak ini menggambarkan gerakan tanah yang akan longsor.

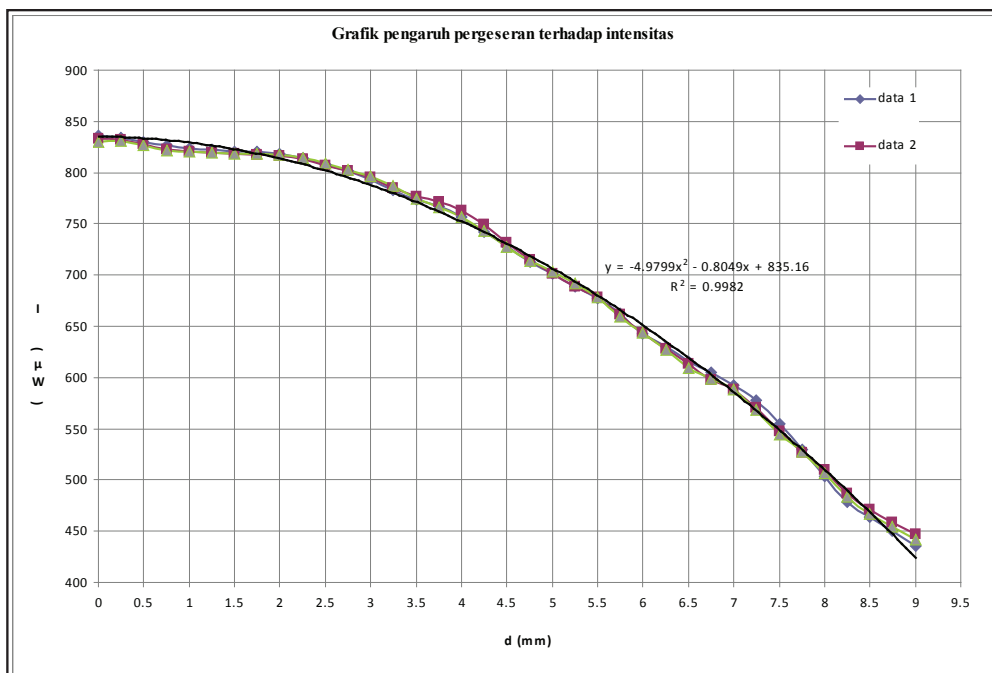
Gambar 6 menunjukkan grafik pengaruh pergeseran serat optik dengan intensitas yang diterima oleh *power meter*. Percobaan dilakukan dengan perulangan sebanyak tiga kali. Hal ini

menunjukkan bahwa semakin besar pergeseran yang terjadi menyebabkan semakin lemahnya intensitas laser yang diterima *power meter* dalam bentuk polinomial orde dua. Percobaan ini pada hakikatnya adalah pergeseran (ΔL) merupakan perubahan keliling lengkungan pada serat optik $\Delta L = \pi (L_2 - L_1)$.

Pada teori sebelumnya disebutkan bahwa lengkungan merupakan salah satu penyebab rugi-rugi transmisi laser pada serat optik. Pada saat terjadi lengkungan dengan diameter tertentu, tidak semua laser akan dipandu oleh serat optik melainkan ada sebagian yang keluar akibat dari



Gambar 5. Mekanisme Pergeseran Serat Optik dengan Perubahan Diameter Lengkungan



Gambar 6. Hasil Percobaan Pengaruh Pergeseran terhadap Intensitas

perubahan sudut datang yang sudah melebihi sudut kritis (ϕ_c). Ketika lengkungan serat optik dibuat dengan diameter yang mengecil maka sudut datang menjadi lebih kecil pula sehingga banyak laser yang keluar. Grafik pada gambar 6 menunjukkan pergeseran yang lebih besar akan memperlemah intensitas laser yang dibaca oleh *power meter*.

Dalam kaitannya dengan pembuatan sensor pergeseran tanah, hasil percobaan ini merupakan tahap awal untuk mengetahui sistem yang dapat membaca pergeseran tanah yang dilakukan dengan perubahan lengkungan serat optik. Percobaan yang dilakukan telah membuktikan dapat digunakan dengan indikasi yang ditunjukkan untuk setiap pergeseran diikuti perubahan intensitas laser.

KESIMPULAN

Perubahan kelengkungan serat optik dapat digunakan sebagai sensor pergeseran yang diaplikasikan untuk deteksi tanah longsor. Percobaan yang telah dilakukan menunjukkan adanya hubungan antara pergeseran terhadap intensitas laser yang ditangkap oleh *power meter* pada daerah diameter 18,7 mm–15,6 mm yang secara grafik ditunjukkan dalam polinomial orde dua.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada Prof. DR. Ir. Tarzan Sembiring yang telah membimbing dalam penulisan ini. Dan penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Fisika beserta civitas-nya atas semua bantuan dalam melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Anonim. 2007. *bencana tanah longsor*. www.antara.co.id, diakses tanggal 24 April 2009.
- ²Anonim. 2008. *Korban longsor lebih dari 100 orang*. <http://\banjarnegarab.go.id>, diakses tanggal 26 April 2009
- ³Anonim. 2008. www.kompas.com. Diakses tanggal 14 April 2009
- ⁴Terzis, Andreas, I-Jeng wang, *et al.* 2006. Slip Surface Localization in Wireless sensor network for land slide Prediction. *Proceeding of IPSN 2006*, Nashville, Tennessee, USA. April 19-1.
- ⁵Shoji SAKATA and Bambang Widiyatmoko, Prospect Application of Laser Tsunami meter for Tsunami Eearly Warning System in Indonesia, *Proceeding of the SIEM 2005* ISSN 1344-7491, Tokoy University of Marine Science and Technology, Japan
- ⁶Widiyatmoko, Bambang, Prabowo Puranto, and Zaenal Akbar. Development of the Fabry-Perot Tunable Filter Based Optikal Component Analyzer and Optikal Spectrum Analyzer, *Proceeding Asian Physics Symposium (APS)*, ITB Bandung.
- ⁷Zemansky, Sears. 1991. *Fisika Untuk Universitas 3 Optika Fisika modern* (terjemahan), Trimitra Mandiri, Jakarta.
- ⁸Widodo, Thomas Sri. 1995. *Optoelektronika*, Andi Offset, Yogyakarta.
- ⁹Suyanto, Hery, Achmad Dachlan, dan Hari Ramzah. 2002. *J.Fis HFI A5* ISSN 0854-3046, Volume A5 No. 0543.
- ¹⁰Anonim. 2006. *Fiber Optik Telkom*. www.google.co.id.diakses tanggal 20 April 2009.

Pustaka Pendukung

- www.library.thinkquest.org/C003603/english/landslides/howdotheyhappen.shtml. tahun 2008
- Senior, John M. 1992. *Optikal Fiber Communications*, Prentice hall international (UK) Ltd.,