



Prosiding

Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional III (Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan Terintegrasi Berkelanjutan) **2015**

Team Reviewer :

Ir. I Made Jaya, MT.
Ir. I Wayan Suasira, MT.
Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.
I Made Sudiarsa, ST., MT.
Ir. PDP Salain, M.Sc., MIHT
Ir. I Wayan Wiraga, MT.
Ir. I Wayan Arya, MT.
I Gusti Lanang Made Parwita, ST., MT.
I Nyoman Sedana Triadi, ST., MT.

ISBN :



Team Penyusun :

Ketut Wiwin Andayani, ST., MT.
Fajar Surya Herlambang, ST., MT.
Evin Yudhi Setyono, SPd., M.S
Kadek Adi Suryawan, ST., M.S.

Penerbit :



**Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Bali
2015**

— — — — —
| Pelindung : Ir. Made Mudhina, MT. (Direktur Politeknik Negeri Bali), Pengarah : I Putu Mertha
| Astawa, SE, MM., I Nyoman Abdi, SE., M.eCom, I Wayan Temaja, ST, MT., Ir. I Made Gede Oka
| Aryawan, MT.
| Penanggung Jawab : Ir. I Wayan Arya, MT., Ketua Pelaksana : Ketut Wiwin Andayani, ST., MT.
| Alamat Redaksi : Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta
| Selatan, Badung Bali-80364, Telp. (0361)701981.
— — — — —

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL KETEKNIKSIPILAN
BIDANG VOKASIONAL III TAHUN 2015**

Daftar Isi

1. Analisis Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Dan Nilai Waktu Antara Melalui Jalan Tol Bali Mandara Dan Jalan Eksisting <i>I Gusti Agung Istri Mas Pertiwi, I Gede Made Oka Aryawan</i>	1-5
2. Penerapan <i>Value Engineering</i> Terhadap Struktur Beton Bertulang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Camat Petang <i>Ni Wayan Mira Anggreni, I Wayan Sudiasa, I Nyoman Ramia</i>	6-12
3. Analisis Struktur dan Biaya Konstruksi Pada Rafter Baja Berbentuk Pelana dan Lengkung Pada Bangunan Gudang di Banyuwangi <i>M. Shofi'ul Amin dan A. Faiq Rois</i>	13-18
4. Penerapan <i>Value Engineering</i> Untuk Komponen Pelat Pada Proyek Pembangunan Ruang Kelas Baru SD No. 2 Dalung, Badung <i>I Made Krisna Udiana, Made Sudiarsa, I Nyoman Anom Purwa Winaya</i>	19-24
5. Analisa Pengaruh Jarak, Harga Lahan Dan Keuntungan Terhadap Nilai Harga Jual Rumah Di Kota Singaraja <i>Made Bisma, I Made Jaya dan Ketut Wiwin Andayani</i>	25-30
6. Analisis Cash Flow Dan Tingkat Keuntungan Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kota Denpasar <i>I Made Yogy Dwipayana, Ida Bagus Putu Bintana, I Made Suardana Kader</i>	31-36
7. Evaluasi Kelayakan Investasi Pembangunan Sistem Penyediaan Air Bersih (SPAM) Penet Provinsi Bali <i>Anak Agung Gede Wiranata, I Wayan Sudiasa, I Nyoman Sedana Triadi</i>	37-40
8. Efektivitas Struktur Organisasi Proyek Dalam Pencapaian Target Penyelesaian (Studi Kasus : 5 Proyek Hotel di Kabupaten Badung-Bali) <i>I Gusti Made Parta Adi Kusuma, I Wayan Intara, I Gusti Ayu Istri Mas Pertiwi</i>	41-47
9. Analisis Kekuatan Struktur Pasar Seririt Pasca Kebakaran <i>I Wayan Suasira, I Made Jaya, I Wayan Dana Ardika, Made Suardana Kader</i>	48-54
10. Studi Literatur Korelasi Nilai CBR Tanah Antara Uji Langsung Dengan Uji DCP Dan Analisanya Terhadap Tebal Lapis Perkerasan Jalan <i>I Wayan Sujahtra</i>	55-63

11.	Pengolahan Air Limbah Untuk Kantin Politeknik Negeri Bali Dengan Metode Fisik Dan Biologis <i>I Made Sudipa, I Nyoman Anom Purwa Winaya, I Wayan Arya</i>	64-68
12.	Pengembangan Deteksi Kerusakan Beton Yang Menggunakan Agregat Sampah Plastik Dengan Sensor Fiber Optik Multimode Tertanam <i>Farida Asriani, Gandjar Pamudji, Hesti Susilawati</i>	69-73
13.	Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Desa Pengadangan Kecamatan Pringgasea Kabupaten Lombok Timur <i>I Nyoman Sedana Triadi, Made Mudhina, Ketut Wiwin Andayani, Sumaidi</i>	74-80
14.	Kajian Sempadan DAS Tukad Ayung <i>I Gst. Lanang Made Parwita, Made Mudhina</i>	81-90
15.	Analisis Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Pasangan Dan <i>Finishing</i> Bata Ringan Focon Berdasarkan Aktivitas Nyata Di Lapangan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Fave Hotel Kartika Plaza – Kuta) <i>Ni Made Puspa Ayudyawati A.K, Ida Bagus Putu Bintana, A.A. Ngr. Roy Sumardika</i>	91-96
16.	Perencanaan Metode Pelaksanaan Pembangunan Jalur Pipa Unit Distribusi Air Minum Provinsi Bali Spam Penet Berbasis <i>Green And Clean Construction</i> (Studi Kasus Proyek Pembangunan Unit Distribusi Air Minum SPAM Penet) <i>Made Surya Mahendra, Ida Bagus Putu Bintana, I Nyoman Ardika</i>	97-101
17.	Pengaruh Metode Pengujian <i>Direct Transmission, Semi-Direct Transmission</i> dan <i>Indirect Transmission</i> Terhadap Kecepatan Gelombang <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV) <i>Evin Yudhi Setyono, Fajar Surya Herlambang</i>	102-105
18.	Studi Potensi Pemanfaatan Beton Pracetak Sistem Cetak Kering (<i>Dry Cast</i>) Sebagai Alternatif Material Saluran Irigasi/Drainase <i>I Wayan Suparta, Nadjadji Anwar, Umboro Lasmino</i>	106-110
19.	Analisis Biaya K3 Konstruksi Studi Kasus : Pekerjaan Beton Bertulang <i>Lilik Sudiajeng, I Nyoman Sutapa, Titin Isna Oesman</i>	111-117
20.	Analisis Kondisi Lingkungan Fisik Terhadap Manajemen K3 Pada Ruang Workshop Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali <i>Kadek Adi Suryawan, I Nyoman Suardika, I Made Wisnu Maha Putra</i>	118-124
21.	Metode Pelaksanaan Konstruksi Dinding Penahan Tanah Yang Ramah Lingkungan <i>I Wayan Intara</i>	125-132

PENGEMBANGAN DETEKSI KERUSAKAN BETON YANG MENGGUNAKAN AGREGAT SAMPAH PLASTIK DENGAN SENSOR FIBER OPTIK MULTIMODE TERTANAM

Farida Asriani¹, Gandjar Pamudji², Hesti Susilawati³

Staf pengajar Teknik Elektro Unsoed^{1,2}, Staf pengajar Teknik Sipil Unsoed²
E-mail: faridapamuji@gmail.com¹, ganjar_p@yahoo.com, hesti_s@yahoo.co.id³

Abstrak : Beton merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam bidang konstruksi. Sangat penting untuk memonitor kondisi beton agar dapat mengetahui apabila terjadi kerusakan pada beton seperti halnya retakan. Dengan memanfaatkan rugi daya fiber optik, dapat dibuat suatu sensor yang mampu mendeteksi retakan pada beton. Pada penelitian ini digunakan fiber optik multimode yang tertanam di dalam beton. Model variasi sensor yang tertanam dibuat model gelombang dengan kerapatan yang berbeda. Beton ringan pada penelitian ini didisain dengan menggunakan agregat plastik. Model beton yang dibuat adalah beton silinder diameter 15cm dan tinggi 30cm. Beton diuji dengan dua alat uji secara bersamaan. Uji tekan dengan alat universal test machine untuk menguji mekanis karena pembebanan dan menggunakan optical power meter untuk mengetahui perubahan power laser yang dilewatkan pada media fiber optik akibat pembebanan pada beton. Sumber cahaya menggunakan laser dengan panjang gelombang 850 nm. Beton diberi beban bervariasi mulai dari 2 ton hingga 16 ton. Dari percobaan yang dilakukan untuk ketiga konfigurasi diperoleh hasil bahwa beban yang diberikan terhadap beton berpengaruh pada rugi daya fiber optik, nilai rugi daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai beban yang diberikan. Retakan yang terjadi pada beton dapat dideteksi melalui perubahan nilai rugi daya yang ditimbulkan dan nilai regangan yang dihasilkan sebanding dengan perubahan nilai rugi daya.

Kata kunci : fiber optik multimode, konfigurasi, sensor, retakan, regangan, laser

Development Damage Detection for Concrete With Used Plastic Waste With Multimode Optical Fiber Embedded Sensor

Abstract : Concrete is a material that is widely used in the construction field. It's important to monitor the condition of the concrete in order to determine if there is damage to the concrete as well as cracks. By leveraging the power loss of optical fiber, can be made a sensor that can detect cracks in concrete. In this experiment, the multimode optical fiber is embedded in the concrete. Embedded sensors made wave model with different densities. Lightweight concrete in this study is designed to aggregate menggunakan plastik. Model concrete made of concrete cylinder diameter is 15cm and height 30cm. Concrete tested with two test equipment simultaneously. Test tap with a universal test machine to test the mechanical due to loading and using the optical power meter to determine changes in laser power that is passed to the media due to the imposition of optical fiber in concrete. The light source uses a laser with a wavelength of 850 nm. Concrete given load ranging from 2 tons to 16 tons. From the experiments carried out for all three configurations result that the loading of the concrete effect on power loss optical fiber, power loss resulting value is proportional to the value of the applied load. Cracks occur in the concrete can be detected through changes in the value of power losses incurred and the value of the strain produced is proportional to changes in the value of power loss.

Keywords : multimode optical fiber , configuration , sensors , crack , strain, laser

1. PENDAHULUAN

Saat ini, penggunaan beton yang terbuat dari agregat ringan untuk struktur sudah sangat meluas seperti, gedung, jembatan, dan bahkan untuk fasilitas transportasi. Pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan menggunakan agregat plastik. Sampah plastik juga dapat digunakan sebagai agregat dalam beton. Agregat plastik tersebut dibuat dari jenis plastik *high density polyethylene* (Mustafa dkk, 2011; Pamudji, G. dkk, 2013), *polyethylene terephthalate* (Akcaozoglu dkk, 2010 ; Choi dkk, 2005; Choi

dkk, 2009), *polyvinil chloride* (Kou dkk, 2009), dan limbah elektronik (*e-waste*) (Lakshmi & Nagan, 2010) serta komposit *polyethylene terephthalate* dan *polipropylene* (Pamudji, G. dkk, 2013).

Pemantauan keadaan beton secara terus-menerus sepanjang waktu merupakan tantangan baru, mengingat saat ini sifat fisik beton diukur secara temporal tidak terus menerus. Kemajuan dalam bidang ilmu instrumentasi yang didukung dengan kemajuan bidang teknologi informasi memungkinkan

dilakukannya pemantauan fisik beton secara terus menerus. Fiber optik yang merupakan hasil rekayasa material, telah banyak diterapkan dalam teknologi telekomunikasi sebagai media transmisi atau perambatan cahaya. Sensor fiber optik dapat diterapkan sebagai sensor yang tertanam didalam beton dengan konfigurasi tertentu guna mengukur sifat-sifat fisik dari beton secara berkesinambungan seperti parameter regangan dan pergeseran elemen struktur beton. Pada beton dengan bentuk balok apabila fiber optik disusun menggunakan konfigurasi lingkaran maka sensor yang dihasilkan akan memiliki sensitifitas yang tinggi, sehingga bisa mendeteksi retakan pada beton lebih dini (Hadi & Kusumawardhani, 2010).

Pemanfaatan sensor serat optik dalam teknologi beton merupakan hasil pengembangan ilmu antar disiplin antara bidang serat optik, Optoelektronik, mikroelektronika, kecerdasan buatan, ilmu material komposit dan juga rekayasa struktural. Tapi dengan membandingkan karakteristik keseluruhan, sensor serat optik memiliki fasilitas dan keunggulan yang lebih baik dibandingkan sensor lain. Akibatnya, sensor serat optik saat ini merupakan pilihan utama bagi proses sensing dalam struktur beton (Mousumi et al, 2008). Sensor serat optik dengan memanfaatkan mikrobending memiliki prinsip kerja memodulasi intensitas cahaya yang melalui serat optis (Gholanzadeh dan Hooman, 2008).

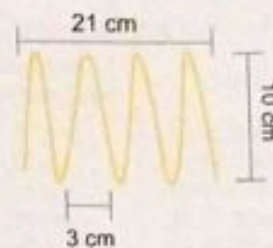
Pada paper ini akan dibahas tentang beton ringa dengan sensor fiber optik tertanam untuk mendeteksi regangan pada beton.

II. METODOLOGI PENELITIAN

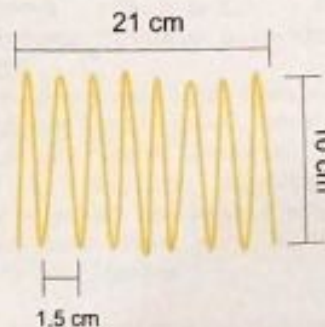
Metode dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium dengan langkah sebagai berikut :

2.1 Perancangan Variasi Sensor Fiber Optik Multimode.

Fiber optik yang digunakan adalah fiber optik multimode dengan panjang 3 meter. Bagian dari fiber optik yang tertanam didalam beton dikupas jaketnya agar memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap pembebanan. Adapun konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini adalah bentuk gelombang. ada dua model gelombang dengan kerapatan yang berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Untuk selanjutnya konfigurasi Gambar 1 disebut dengan konfigurasi gelombang renggang dan konfigurasi Gambar 2 disebut dengan konfigurasi gelombang padat



Gambar 1. Konfigurasi gelombang dengan jarak 3cm

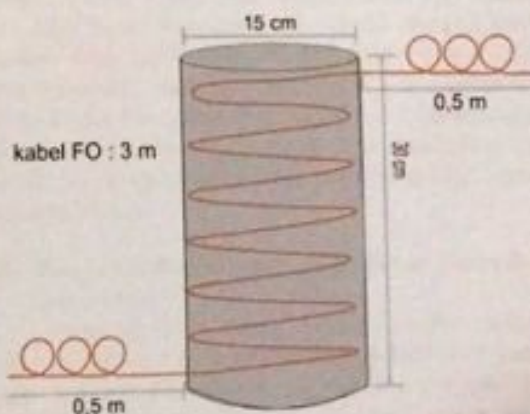


Gambar 2. Konfigurasi gelombang dengan jarak 1,5 cm

Agar kabel fiber optik dapat mengikuti bentuk konfigurasi yang diharapkan maka dibuat kawat dengan model gelombang seperti yang Gambar 1 dan Gambar 2, kemudian fiber optik yang sudah dikupas dilekatkan ke kawat dengan selotip.

2.2 Pembuatan Beton Ringan Dengan Sensor Fiber Optik Tertanam

Beton ringan yang dibuat dengan material terdiri dari semen, air, pasir agregat plastik dengan komposisi semen : pasir agregat plastik : air = 1 : 1,75 : 2,75 : 0,5. Sampel beton yang dibuat adalah beton silinder dengan posisi peletakan sensor seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi Fiber Optik Di Dalam Beton

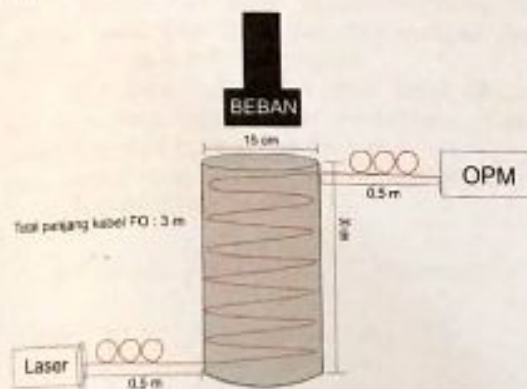
2.3. Pengujian Beton dengan Sensor Tertanam

2.3.1. Pengujian Sistem

Fiber optik yang telah tertanam di dalam beton di uji untuk memastikan bahwa fiber optik tersebut dapat beroperasi dengan baik dan tidak ada bagian yang putus atau pecah. Pengujian menggunakan laser dan juga OPM.

2.3.2. Pengambilan Data.

Pada umur beton 28 hari dilakukan uji laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua alat secara bersamaan yaitu dengan menggunakan universal test machine (UTM) dan menggunakan optical power meter (OPM) dengan skema pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pembebanan dilakukan dengan UTM.



Gambar 4. Skema Pengujian Beton Dengan Sensor Tertanam

Adapun variabel yang diukur dari OPM adalah power laser yang diterima oleh OPM dan variabel yang diukur oleh UTM adalah kuat tekan beton.

2.3.3. Pengolahan dan Analisa Data

Data-data yang diperoleh diolah untuk mengetahui nilai rugi daya yang timbul pada fiber optik, kemudian nilai rugi daya tersebut dianalisa untuk menentukan hubungannya dengan pembebanan beton serta hubungannya dengan retakan dan regangan yang terjadi pada beton.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Pengupasan Kabel Terhadap Daya Output

Variasi panjang kupasan jaket fiber optik tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap perubahan daya output. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data panjang kupasan terhadap daya output

No.	Panjang Kupasan Jaket	Daya Output
1.	0 cm	-10,31 dBm = 93,11 μ W
2.	10 cm	-10,54 dBm = 88,30 μ W
3.	20 cm	-10,55 dBm = 88,10 μ W
4.	30 cm	-10,52 dBm = 88,71 μ W
5.	40 cm	-10,60 dBm = 87,09 μ W
6.	100 cm	-10,57 dBm = 88,70 μ W

3.2. Pengaruh Pembentukan Konfigurasi Gelombang Terhadap Daya Output Fiber Optik

Daya output pada kabel sebelum kabel fiber optik dipasang pada kawat untuk kebutuhan konfigurasi dan setelah direkatkan pada kawat kemudian di ukur dan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh dari lekukan yang dihasilkan sesuai konfigurasi. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengaruh Pembentukan Konfigurasi Terhadap Daya Output Fiber Optik

Jenis konfigurasi	Daya output sebelum direkatkan pada kawat	Daya output setelah direkatkan pada kawat
Gelombang renggang	-10,57 dBm = 88,70 μ W	-11,81 dBm = 65,91 μ W
Gelombang rapat	-10,58 dBm = 87,49 μ W	-11,58 dBm = 69,18 μ W

Dapat dilihat dan disimpulkan bahwa nilai daya output yang dihasilkan setelah kabel fiber optik direkatkan pada kawat konfigurasi memiliki nilai yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan ketika kabel fiber optik dibentuk sesuai konfigurasi yang diinginkan yaitu bentuk gelombang, terjadi lekukan di beberapa bagian kabel fiber optik, hal inilah yang mengakibatkan kabel fiber optik mengalami *losses* atau rugi daya. Fenomena ini sesuai dengan teori lekukan fiber optik yang menyatakan bahwa sinar yang merambat pada inti fiber optik akan dibiaskan keluar ketika fiber optik mengalami lekukan sehingga nilai transmisi cahaya yang merambat akan berkurang dan hal ini mengakibatkan fiber optik akan kehilangan daya atau *losses*.

3.3. Pengaruh Pembebanan pada Beton Terhadap Daya Optis

Pada uji tekan beton, beban diberikan secara kontinyu hingga mencapai nilai maksimal beban yang dapat diterima oleh beton. Uji tekan menggunakan alat UTM (Universal Testing Machine). Daya optis akan diukur dan dicatat setiap kenaikan 2 ton dari beban yang akan diberikan terhadap beton. Sebelum dilakukan uji tekan, daya output fiber optik diukur

guna mengetahui pengaruh pengerasan beton. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daya Output Fiber Optik Tertanam Dalam Beton Pada Usia 28 Hari

Jenis konfigurasi	Daya ouput
Gelombang renggang	-13,65 dBm = 43,15 μ W
Gelombang rapat	-11,62 dBm = 68,86 μ W

Hasil pengukuran nilai awal ini berbeda dengan nilai yang ada di Tabel 3. Hal ini dikarenakan adanya tekanan dari beton yang sudah mengering terhadap kabel fiber optik dan menyebabkan daya hilang terjadi pada kabel fiber optik.

Dari daya output fiber optik dapat dihitung rugi daya yang terjadi akibat pembebanan. Untuk menghitung *loss* (rugi daya) digunakan rumus yang sama seperti yang terlihat pada persamaan berikut (Sujito & Billy, 2013).

$$A = 10 \log \left[\frac{P_{out}}{P_{in}} \right] \quad \text{Persamaan 1.}$$

Dimana : A = Atenuasi/ *loss* (dB)
 P_{in} = Daya input (Watt)
 P_{out} = Daya output (Watt)

Adapun hubungan antara regangan beton dan rugi daya fiber optik ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Pembebanan Terhadap Rugi Daya Fiber Optik

No.	Beban	Rugi Daya Fiber Optik	
		Konfigurasi gelombang renggang	Konfigurasi Gelombang rapat
1.	0	2,23 dB	1,62 dB
2.	2 ton	2,25 dB	1,61 dB
3.	4 ton	2,25 dB	1,61 dB
4.	6 ton	2,32 dB	1,68 dB
5.	8 ton	2,39 dB	1,76 dB
6.	10 ton	3,31 dB	2,05 dB
7.	12 ton	5,45 dB	6,81 dB
8.	14 ton	6,20 dB	
9.	16 ton	14,15 dB	

3.4. Hubungan Rugi Daya dan Regangan Beton

Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan rugi daya dan regangan beton yang terjadi akibat pembebanan maka diperoleh grafik hubungan antara

rugi daya beton terhadap regangan seperti ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6

Tabel 5. Hubungan Rugi Daya Optik Dan Regangan Beton Pada Konfigurasi Gelombang Rapat

Nc	Beban	Regangan	Rugi Daya Fiber Optik
1	0	0	1,62 dB
2	2 ton	0.026894	1,61 dB
3	4 ton	0.026832	1,61 dB
4	6 ton	0.033272	1,68 dB
5	8 ton	0.041338	1,76 dB
6	10 ton	0.059373	2,05 dB

Tabel 6. Hubungan Rugi Daya Optik Dan Regangan Beton Pada Konfigurasi Gelombang Renggang

No.	Beban	Regangan	Rugi Daya Fiber Optik
1.	0	0	2,23 dB
2.	2 ton	0,004025	2,25 dB
3.	4 ton	0,004001	2,25 dB
4.	6 ton	0,004288	2,32 dB
5.	8 ton	0,005147	2,39 dB
6.	10 ton	0,007104	3,31 dB
7.	12 ton	0,011929	5,45 dB
8.	14 ton	0,276045	6,20 dB

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa ketika terjadi peningkatan beban maka baik regangan maupun rugi daya fiber optik juga terjadi peningkatan. Hal ini mengindikasikan bahwa regangan dan rugi daya fiber optik berbanding lurus terhadap beban. Pada konfigurasi gelombang renggang, perubahan nilai rugi daya yang cukup signifikan mulai timbul ketika beton diberikan beban sebesar 10 ton dengan nilai rugi daya yang dihasilkan sebesar 3,31 dB. Hal ini sesuai dengan perubahan regangan beton yang cukup signifikan. Setelah beban 10 ton maka baik regangan dan rugi daya meningkat tajam. hal ini mengindikasikan bahwa beban yang diberikan sudah melewati kapasitas betonnya sehingga terjadi retakan beton yang juga mempengaruhi deformasi konfigurasi sensor fiber optik.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa kabel fiber optik jenis multimode dapat dimanfaatkan sebagai sensor pendeteksi regangan beton. Semakin tinggi regangan beton yang timbul maka akan semakin tinggi pula rugi daya yang dihasilkan pada sensor fiber optik.

DAFTAR PUSTAKA

Akcaozoglu S, Atis CD, Akcaozoglu K. (2010). *An investigation on the use of shredded PET waste Bottles as Aggregate in lightweight concrete*. Waste Manage 32,285–90.

