

Karakteristik Pertumbuhan Pelepah Kelapa Sawit dengan Menggunakan *Fiber Bragg Grating* Moda Tunggal

Didik Puji Sutriyono¹, Saktioto²

¹*Diknas Kota Pekanbaru*

²*Prodi S1 Fisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Riau Kampus Bina Widya
Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia*
^adieq_putri@yahoo.co.id, ^bsaktioto@yahoo.com

ABSTRAK

Penentuan pertambahan panjang pelepah sawit dapat menggunakan *Fiber Bragg Grating* (FBG) moda tunggal dengan sumber daya input 1mW pada panjang gelombang 1550. Perlakuan FBG dilakukan pada kelapa sawit yang berumur 6 bulan 2 sampel dan 1 tahun 2 sampel. Karakteristik yang dihasilkannya yaitu: adanya sampel yang sama dalam peningkatan pertumbuhan panjang pelepah sawit secara alami yaitu sampel A dan D, sedangkan sampel B dan C terjadi fluktuasi pembacaan pada alat ukurnya. Pertambahan panjang maksimal diperoleh pada sampel C pada pengukuran hari ke-5 yaitu 627173.274 nm sedangkan pertambahan panjang minimum diperoleh pada sampel C pada pengukuran hari ke-2 yaitu 582455.966 nm. Perubahan panjang gelombang negatif dialami sampel B pada pengukuran hari ke-2, ke-5, ke-8 dan ke-14 yaitu -0,049927414 nm; -0,2033673 nm; -0,194798635 nm; dan -0,18501825 nm. Sampel C juga mengalami perubahan panjang gelombang pada pengukuran hari ke-5, ke-33, ke-36 dan ke-42 yaitu -0,284538013 nm; -0,019009783 nm; -0,018772398 dan -0,031391469 nm. Pendekatan Persamaan garis $y = ae^{-bx}$, dengan nilai a dan b merupakan sebuah konstanta yang dihasilkan oleh efek pertumbuhan pelepah sawit secara alami, sedangkan x merupakan waktu pertumbuhan pelepah kelapa sawit.

Key Word : Fiber Bragg Grating, modal tunggal, Pertumbuhan pelepah sawit

ABSTRACT

The increment of midrib of palm tree is measured by Fiber Bragg Grating (FBG) at age 6 month and 12 month for 2 samples. The results show that the length of sample A and D increased significantly, where as the length of sample B and C are fluctuated oneto FBG coupling to connector can't match properly. The maximum length is found from sample C at day 5(627173,174 nm) and minimum length is found at sample C at day 2 (582455,966 nm). The change of wavelength occurred to sample B at day 2, 5, 8 and 14, i.e - 0,049927 nm, -0,2033673 nm, -0,144798635 nm, -0,18501825 nm. Sample C is found at day 5, 33, 36 and 42, i.e,-0,284538013 nm; -0,019009783 nm; -0,018772398 and -0,031391469 nm. These length can be approached by $y = ae^{-bx}$ where a and b constant as effect of midrib growth, where as x referents the growth time of midrib.

Key Word : Fiber Bragg Grating, Single mode, Palm frond growth

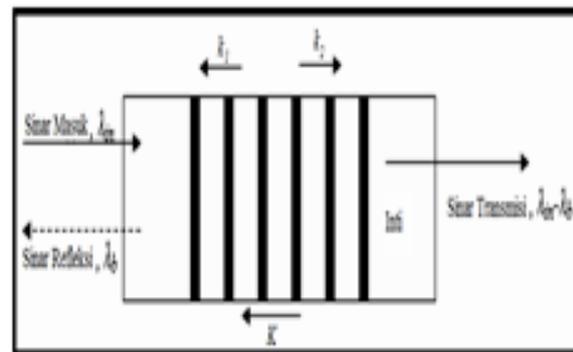
PENDAHULUAN

Pelepah kepala sawit merupakan salah satu jenis limbah positif dari tanaman kepala sawit yang dihasilkan dengan jumlah yang melimpah dan jarang dimanfaatkan penggunaannya. Produksi pelepah sebanyak 22 batang per pohon per tahun dimana berat pelepahnya sendiri sekitar 2,2 kg dan biomassa pelepah sawit sendiri sebanyak 6,3 ton per Ha per bulan [1]. Hal ini menyebabkan perlunya pengolahan yang lebih efisien terhadap kualitas pelepah sawit dan merupakan salah satu peluang untuk bahan bangunan maupun sebagai bahan pakan ternak [2]. Guna mencari dampak positif dari limbah pelepah sawit maka telah dilakukan penelitian tentang komposisi penunjang yang menyebabkan pelepah sawit dapat dimanfaatkan untuk bahan pakan ternak [3]. Beberapa jenis penelitian terhadap pelepah sawit salah satunya yaitu menentukan pertambahan panjang pelepah sawit akibat pertumbuhan alami dari pelepah sawit.

Penggunaan sensor berbasis serat optik dan perancangan sistem komunikasi banyak menggunakan konfigurasi Interferometer Feby-Perot. Pengaplikasiannya bisa sebagai resonator optik yang menyisipkan Serat Kisi Bragg (*Fiber Bragg Grating, FBG*) yang berfungsi sebagai alat optik yang dapat memantulkan ataupun meneruskan sinar yang melewatinya. Kisi-kisi tersebut ditempatkan secara periodik dengan jarak yang telah ditentukan antara satu kisi ke kisi yang lain sehingga menyebabkan adanya jarak antar kisi-kisi. FBG juga merupakan alat optik yang dapat menjadi alat ukur mekanik dimana sensor fisis melalui parameter optik dapat dihitung besarnya. Penerapan prinsip inilah yang digunakan untuk menghitung berapa besar panjang gelombang yang mengenai struktur sel pada pelepah sawit sehingga sensor FBG diharapkan dapat mengeluarkan besaran yang terukur.

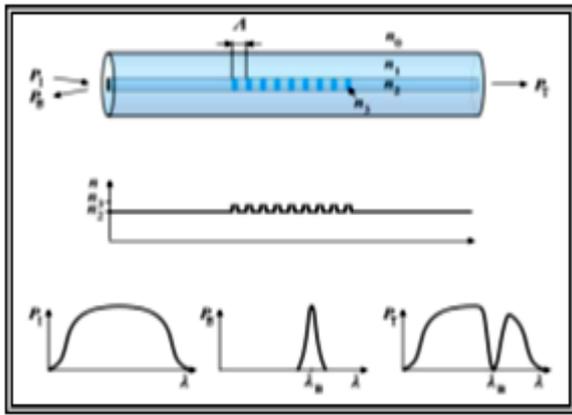
TEORI FIBER BRAGG GRATING

Fiber Optik Moda Tunggal adalah fiber optik yang mempunyai inti yang kecil (berdiameter 0.00035 inch atau 9 mikrometer) dan berfungsi mengirimkan sinar laser inframerah (panjang gelombang 1300 sampai dengan 1550 nanometer) diameter mendekati panjang gelombang sehingga cahaya tidak terpantul-pantul ke dinding kulit [4]. Kisi Bragg disisipkan ke dalam inti serat optik model tunggal seperti pada Gambar 1. Kisi Bragg dengan bermacam-macam indeks bias sepanjang inti serat. Penyusunan kisi Bragg dapat dilihat pada Gambar 1 dimana serat kisi Bragg tersusun secara periodik.



Gambar 1. Struktur Kisi *Bragg* dalam serat optik [5]

Sebuah FBG adalah sebuah variasi periodik dari indeks refraktif yang ada pada sebagian panjang fiber optik [6]. Fiber Bragg Grating (FBG) merupakan suatu jenis reflektor (*Bragg*) yang terdistribusi dalam bentuk segmen-segmen atau kisi dalam serat optik. FBG memantulkan beberapa panjang gelombang cahaya tertentu dan meneruskan sisanya, dimana hal ini dapat terjadi karena adanya penambahan suatu variasi periodik terhadap indeks bias inti serat optik. Karakteristik yang dimilikinya tersebut, menyebabkan FBG dapat difungsikan sebagai filter optik (*optical filter*) yakni untuk menghalangi panjang gelombang cahaya tertentu yang diinginkan atau sebagai reflektor panjang gelombang cahaya spesifik.



Gambar.2 Struktur FBG beserta spektrum transmisi dan refleksinya[4].

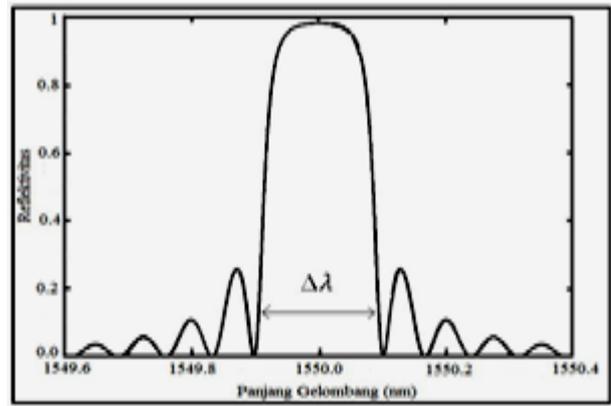
Gambar 2 menunjukkan periode Λ yang dimiliki oleh sebuah FBG. Secara harfiah kisi berarti kumpulan ruang teratur yang pada dasarnya merupakan elemen indetik dan paralel yang dipandang cahaya sebagai *reflector*. Gambar2 kisinya adalah *uniform*, sehingga Λ periode kisi Braggnya adalah konstan.

Prinsip kerja FBG yang mengilustrasikan bahwa hanya panjang gelombang yang memenuhi kondisi Bragg, secara parsial direfleksikan pada tiap permukaan diantara daerah tersebut, sedangkan panjang gelombang yang lain diluar fase ditransmisikan. Kondisi untuk refleksi tinggi, dikenal sebagai kondisi Bragg, berkenaan dengan panjang gelombang yang direfleksikan, maka panjang gelombang Bragg (λ_{Bragg}) dengan periode kisi Λ dan indeks refraktif rata-rata n_{eff} diperoleh sesuai dengan Persamaan Bragg yaitu:

$$\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda (\text{nm})$$

Menurut [7], panjang kisi berhubungan dengan lebar pita pada spektrum refleksi, di mana puncak reflektivitas. Gambar3 menunjukkan lebar pita bisa naik atau turun dari kenaikan dan penurunan panjang kisi konstan. Persamaan panjang kisi dirumuskan dengan:

$$L = \frac{\lambda_B^2}{\pi n_{eff} \Delta \lambda} \sqrt{\left(\tanh^{-1}(\sqrt{R})\right)^2 + \pi^2} (\text{nm})$$



Gambar 3. Spektrum refleksi serat Kisi Bragg[8]

Penjalaran didalam serat optik, gelombang cahaya mengalami pantulan internal total berulang-ulang pada batas intisepanjang serat optik, artinya tidak ada cahaya yang dibiaskan ke dalam kulit, sehingga medan listrik tidak benar-benar hilang pada batas kedua bahan dielektrik (inti) walaupun komponen-komponen gelombang yang berpropagasi terpantul internal total pada inti.

Perubahan yang terjadi didalam FBG dapat mempengaruhi variabel-variabel fisis seperti pada Persamaan 3, 4 dan 5.

Besarnya perubahan daya dapat dihitung dengan:

$$\Delta P = P - P_0 (\text{dB})$$

Besar daya untuk masing-masing FBG dapat dihitung dengan Persamaan:

$$P = 10 \log \frac{P_o}{P_i} (\text{dB}) \quad (4)$$

Besarnya perubahan panjang gelombang dapat dihitung:

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0 (\text{nm})$$

(1)

Besar perubahan panjang dapat dihitung:

$$\Delta L = L - L_0 (\text{nm})$$

Panjang gelombang (λ_B) yang dipantulkan FBG bergantung pada indeks bias efektif dan perioda FBG seperti yang ada pada Persamaan 1. Indeks bias efektif bisa berubah karena regangan (*Effect Stress-Optics*) dan perubahan suhu (*Effect Thermo-*

Optics). Periode FBG dapat berubah karena terjadi regangan pada FBG dan pemuaiian atau penyusutan karena perubahan suhu. Regangan dan perubahan suhu dapat menyebabkan pergeseran panjang gelombang Bragg sehingga FBG dapat dijadikan sensor regangan dan suhu. Besar pergeseran panjang gelombang Bragg $\Delta\lambda_B$ [4] :

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = (1 - \rho_\alpha)\epsilon + (\alpha + \xi)\Delta T \quad (7)$$

Panjang gelombang Bragg referensi λ_B dan panjang gelombang Bragg λ_{B1} merupakan panjang gelombang Bragg yang dihitung berdasarkan hasil pengukuran Daya optik. Persamaan 7 dapat diubah menjadi:

$$R = 18,7 \exp[-0,111(\lambda_B - \lambda_L)^2] - 18,7 \exp[-0,111(\lambda_{B1} - \lambda_L)^2] \text{ (nm)} \quad (8)$$

Persamaan 7 digunakan untuk menghitung besar panjang gelombang λ_{B1} sedangkan untuk panjang gelombang λ_L digunakan Persamaan 8 masing-masing FBG seperti pada Tabel 2.

METODOLOGI

Sebelum dilakukan pengambilan data awal sebagai kalibrasi pada masing-masing sampel, FBG yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu guna mengetahui apakah FBG berfungsi dengan baik. Pengkalibrasian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

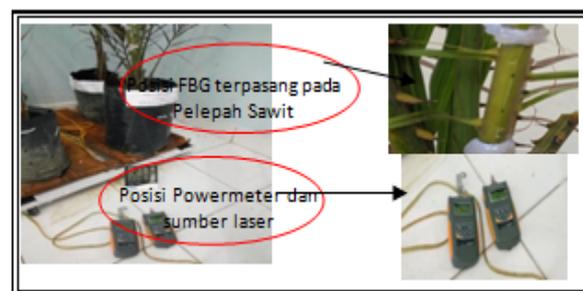
1. Masing-masing FBG dimasukkan ke dalam 4 buah wadah yang berisi air dengan suhu $\pm 27^\circ\text{C}$, dan diukur daya keluaran dengan menggunakan Daya optik. Setelah ± 3 menit, FBG dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air panas dengan suhu $\pm 90^\circ\text{C}$ dan diukur daya keluaran dengan menggunakan Daya optik pada masing-masing FBG.
2. Kemudian FBG didiamkan ± 2 jam sehingga air panas yang suhunya $\pm 90^\circ\text{C}$ menurun menjadi $\pm 27^\circ\text{C}$, dan diukur kembali dengan menggunakan Daya optik pada masing-masing FBG.

Setelah dilakukan pengkalibrasian FBG, maka dilakukan pemasangan FBG pada pelepah sawit seperti pada Gambar 4.

TABEL 1. Data Sampel Awal yang terpasang FBG

Sampel	λ Bragg (nm)	P _o (dBm)	P _i (dBm)	P (dBm)	T (°C)	H (%)
A	1550	-34.9	-5	8.43855423	32.4	51
B	1550	-15.63	-5	4.94988974	29.5	68
C	1550	-13.73	-5	4.38700533	29.3	70
D	1550	-13.09	-5	4.17969642	28.8	73

Tabel 1 memperlihatkan perbedaan hasil pada FBG, sampel A, yaitu -34,9 dBm sedangkan untuk FBG yang B, C dan D berurutan adalah -15.63dBm, -13.73dBm dan -13.09dBm. Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh faktor kelembaban lingkungan 51 % dibandingkan dengan sampel yang lain yaitu berkisar 51%, 68%, 70% dan 73%. Data Tabel 1 akan di jadikan referensi awal dari pengambilan data, dimana posisinya berjarak 15 cm dari pangkal pelepah sawit. Posisi ini diambil karena memberikan jarak yang cukup jauh dari permukaan tanah untuk keamanan. Daya keluaran P_o merupakan daya yang terukur oleh Daya optik sedangkan daya P dihitung berdasarkan Persamaan 4.



Gambar 4. Ilustrasi pengambilan data kalibrasi pada salah satu sampel yang telah dipasangkan FBG

Gambar 4 memperlihatkan pemasangan FBG pada salah satu sampel yang dihubungkan kedua ujungnya dengan powermeter dan sumber daya. Gambar bagian atas dari Gambar 4 memperlihatkan posisi FBG yang terpasang berjarak 15cm dari pangkal pelepah sawit yang telah diklem dan dilem plastik, sedangkan Gambar bagian bawah dari Gambar 4 memperlihatkan rangkaian powermeter dan sumber daya.

TABEL 2 Data pengukuran masing-masing FBG pada masing-masing sampel dengan $P_i = -5$ dBm

t (hari)	SAMPel A		SAMPel B		SAMPel C		SAMPel D	
	Po (dBm)	P (dBm)						
0	-34.9	8.438554	-15.65	4.955443	-13.73	4.387005	-13.09	4.179696
2	-9.36	2.723058	-19.8	5.976952	-6.64	1.231981	-7.92	1.997552
5	-30.79	7.894397	-31.02	7.926718	-34.79	8.424844	-15.91	5.027002
8	-32.79	8.167714	-30.45	7.846173	-10.67	3.291944	-12.9	4.116197
14	-11.65	3.673559	-29.78	7.749547	-7.8	1.931246	-7.55	1.789769
28	-9.42	2.750809	-10.66	3.287872	-8.16	2.127202	-7.73	1.892095
30	-8.68	2.395497	-10.68	3.296012	-8.23	2.164298	-7.75	1.903317
33	-9.04	2.571984	-11.83	3.740147	-15.39	4.882686	-8.31	2.20631
36	-8.75	2.43038	-9.05	2.576786	-15.37	4.877039	-7.72	1.886473
42	-7.55	1.789769	-8.85	2.479733	-16.45	5.171959	-6.78	1.322597

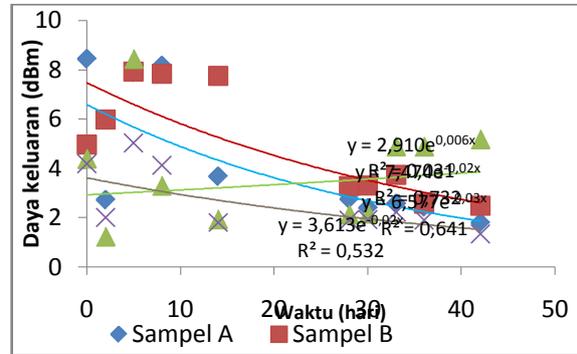
Tabel 2 merupakan hasil pengukuran daya masing-masing sampel dengan syarat sebagai berikut, posisi FBG terletak pada jarak yang sama sebesar 15 cm dari pangkal pelepah sawit diberikan pupuk urea untuk masing-masing sampel sama pada waktu 0 hari dan 28 hari dengan volume pupuk ± 60 ml dilakukan penyiraman air setiap hari untuk semua sampel dengan volume air ± 250 ml dan pengukuran terbagi menjadi 2 lokasi yaitu luar dan dalam ruangan, pembagian ini terletak pada 0 hari sampai dengan 28 hari berada di luar ruangan dengan cara di pindahkan serentak menggunakan troli, sedangkan 28 hari sampai dengan 42 hari dilakukan di dalam ruangan seperti pada Tabel 3.

TABEL3 Data perlakuan masing-masing FBG

Waktu (Hari)	Perlakuan		
	Penyiraman air (± 250 ml)	Posisi	Pemupukan Urea (± 60 ml)
0	ya	Luar Ruangan	ya
2	ya	Luar Ruangan	tidak
5	ya	Luar Ruangan	tidak
8	ya	Luar Ruangan	tidak
14	ya	Luar Ruangan	tidak
28	ya	Dalam Ruangan	ya
30	ya	Dalam Ruangan	tidak
33	ya	Dalam Ruangan	tidak
36	ya	Dalam Ruangan	tidak
42	ya	Dalam Ruangan	tidak

PEMBAHASAN

Daya input yang diberikan terhadap FBG sebesar -5 dBm dengan frekuensi 270 Hz, data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 2 menghasilkan grafik seperti pada Gambar5.



Gambar 5. Grafik antara Daya keluaran masing-masing FBG terhadap waktu

Gambar5 memperlihatkan daya keluaran masing-masing FBG dengan Persamaan dan Koefisien Determinannya yaitu untuk FBG A $y = 6.712e^{-0.04x}$ dan $R^2 = 0.606$; FBG B $y = 7.509e^{-0.03x}$ dan $R^2 = 0.660$; FBG C $y = 2.798e^{0.011x}$ dan $R^2 = 0.047$; serta FBG D $y = 3.696e^{-0.03x}$ dan $R^2 = 0.524$. Berdasarkan sifat alamiah pertumbuhan terhadap waktu memiliki pertumbuhan akan semakin melambat sehingga kemungkinan pelepah kelapa sawit tidak akan mengalami pertumbuhan. Hal ini didasari oleh bahwa tidak akan ada lagi penambahan panjang pada usia ± 30 tahun. Gambar5 memperlihatkan bahwa untuk FBG A, B dan D mengalami penurunan secara *exponensial* sedangkan untuk FBG C mengalami kenaikan secara *exponensial*. Garis putus menyatakan posisi pemupukan dilakukan pada hari 0 dan 28 kemudian selang waktu dari 0 – 28 merupakan pengamatan di luar ruangan sedangkan 28 – 42 merupakan pengamatan di dalam ruangan sesuai data pada Tabel 3.

KESIMPULAN

Karakteristik fisis pelepah sawit dengan melakukan pemberiansumberdayaoptiksebagaimana berikut:

Daya yang telah diberikan terhadap pelepah sawit memiliki kesamaan daya keluaran bernilai positif walaupun diberikan input daya sebesar -5 dBm. Perbedaan ini di timbulkan oleh beberapa faktor antara lain: kualitas dari bibit sawit tidak sama satu dengan yang lain walaupun masih dalam jenis yang sama yaitu maringin; adanya gangguan eksternal dari pelepah sawit seperti angin, getaran dan suhu lingkungan; dan adanya gangguan pada FBG seperti pola sambungan FBG terhadap konektor kurang persisi. Pertumbuhan pelepah kelapa sawit dengan melalui salah satu pendekatan secara *exponensial* dengan Persamaan $y = ae^{-bx}$, dengan nilai a dan b merupakan sebuah konstanta yang dihasilkan oleh efek pertumbuhan pelepah sawit secara alami, sedangkan x merupakan waktu pertumbuhan pelepah kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), selaku penyandang dana penelitian Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pertanian RI, Badan Litbang, 2004. *Rencana Strategis Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2005-2009*. Jakarta: Badan Litbang, Departemen Pertanian RI.
- [2] Widiastuti, R., dan D., K., Syabana, 2015. *Serat Pelepah Kelapa Sawit (Sepawit) untuk bahan baku produk kerajinan*, Prosiding Seminar Nasional ke-4 UNS SME's Summit dan Awards
- [3] Kementrian Pertanian RI, 2014. *Rekomendasi teknis usaha perkebunan dalam rangka penanaman modal*. Jakarta: Keputusan Dirjen nomor 221 tahun 2014.
- [4] Baets, R. 2009. *Fotonica Photonics*, Faculteit Ingenieurswetenschappen Universiteit Gent.
- [5] Gan, F. and L. Xui. 2006. *Photonic Glasses*. USA: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- [6] Othonos, A, 1999, *Fiber Bragg Grating: Fundamental and Applications In Telecommunications And Sensing*. Artech House
- [7] Erdogan, T. 1997. *Fiber grating spectra*, Journal of Lightwave Technology, vol. 15, no. 8, pp. 1277–1294.
- [8] Hill K. O. and G. Meltz, 1997. *Fiber Bragg grating technology - fundamentals and overview*, Journal of Light wave Technology, vol. 15, no. 8, pp. 1263–127