

Dampak Radiasi UV Terhadap Kuat Tarik dan *Lifetime* Material HDPE Pada Pelampung Aerator

Tarisa Anggraini¹, Priyambodo Nur Ardi Nugroho², dan Widya Emilia Primaningtyas¹

¹ Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, ITS Jl. Teknik Kimia, Surabaya, 60111, Indonesia

² Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, ITS Jl. Teknik Kimia, Surabaya, 60111, Indonesia
Email: tarisanggraini11@gmail.com

Abstrak

Aerator memegang peranan penting dalam menjaga kelangsungan hidup udang di tambak budidaya. Guna meningkatkan performa aerator, diperlukan pelampung berkualitas dan ketahanan yang baik untuk mendukung optimalisasi beban aerator. Karena aerator beroperasi di area terbuka yang terpapar sinar matahari, maka ada kemungkinan aerator akan mengalami degradasi akibat paparan sinar ultraviolet dari matahari. Oleh karena itu, penelitian ini mengulas dampak sinar ultraviolet terhadap penurunan sifat mekanik daya tarik dan perubahan gugus fungsi pada bahan pelampung yang terbuat dari HDPE. Sampel uji tarik direplikasi sebanyak tiga kali pada setiap variasi untuk mendapatkan hasil eksperimen yang dapat dipercaya, kemudian dilakukan pengujian FTIR. Hasil menunjukkan bahwa sampel dengan paparan tertinggi memiliki penurunan daya tarik terbesar, yaitu sekitar 14%. Berdasarkan analisis FTIR, radiasi ultraviolet tidak mengurangi gugus fungsi, tetapi mengurangi intensitas masing-masing gugus fungsi. HDPE memiliki perkiraan umur pakai selama 1664 hari.

Kata kunci: HDPE, ultraviolet, kekuatan tarik, FTIR, gugus fungsi, umur pakai.

Abstract

Aerators play an important role in maintaining shrimp survival in aquaculture ponds. To improve aerator performance, good quality and durability floats are required to support the optimization of aerator loads. Because aerators operate in open areas exposed to sunlight, there is a possibility that aerators will degrade due to exposure to ultraviolet light from the sun. Therefore, this study reviews the impact of ultraviolet light on the decrease in tensile mechanical properties and changes in functional groups in float materials made of HDPE. Tensile test samples were replicated three times in each variation to obtain reliable experimental results, then FTIR testing was performed. The results show that the sample with the highest exposure has the largest decrease in tensile strength, which is about 14%. Based on FTIR analysis, ultraviolet radiation does not reduce functional groups, but reduces the intensity of each functional group. HDPE has an approximate service life of 1664 days.

Keywords: HDPE, ultraviolet, tensile strength, FTIR, functional groups, lifetime.

1. Pendahuluan

Udang vannamei menjadi komoditas utama di sektor perikanan Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu faktor kunci dalam menghasilkan udang vannamei yang unggul adalah kualitas air dalam tambak budidaya. Kadar oksigenterlarut menjadi parameter penting dalam menentukan kualitas air, karena memiliki dampak signifikan dalam budidaya udang. Oleh karena itu, penting untuk melakukan aerasi atau penambahan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di tambak budidaya. Aerasi dapat dilakukan melalui perangkat mekanis yang disebut aerator.

Aerator harus bekerja secara optimal dan terus menerus untuk menjaga kadar oksigen terlarut di dalam tambak. Salah satu komponen yang sangat berpengaruh dalam pengoperasian berkelanjutan adalah pelampung. Aerator beroperasi di area terbuka dan terus terpapar sinar matahari. Paparan sinar matahari menghasilkan radiasi ultraviolet yang dapat menyebabkan degradasi pada komponen pelampung.

Radiasi UV dapat menyebabkan degradasi fotooksidatif yang mengakibatkan putusnya rantai polimer, pembentukan radikal, penurunan berat molekul, dan kerusakan sifat mekanik. Degradasi ini menyebabkan penurunan kinerja pelampung

^{1*} Penulis korespondensi

aerator, sehingga operasionalnya tidak optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak degradasi akibat paparan radiasi UV, kekuatan tarik bahan pelampung setelah terdegradasi, serta menghitung perkiraan umur pakai pelampung.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 5 buah lampu *ultraviolet* dengan daya 8 watt sebagai sumber radiasi untuk efisiensi waktu. Lampu *ultraviolet* berdaya 8 watt memiliki nilai radiasi sebesar 12 W/m^2 atau 26 kali lebih besar dari radiasi yang dihasilkan matahari ($0,25 \text{ W/m}^2$ per skala indeks). Tiap kategori skala indeks bernilai satu buah lampu *ultraviolet*. Penelitian dilakukan menggunakan lima level variabel skala indeks *ultraviolet* dengan replikasi tiga kali dan diuji masing-masing variasi selama 10 hari. Pengujian kuat tarik dilakukan sesuai dengan ASTM D3039 dan kemudian dilakukan pengujian FTIR. Rancangan percobaan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan percobaan degradasi sinar ultraviolet

Material	Skala Indeks Ultraviolet				
	Normal	Low	Average	Peak	Cycle
HDPE	Tidak diberi paparan	0	7	11	0
					1
					3
					6
					8
					10
					11
					8
					4
					1
					0
					0

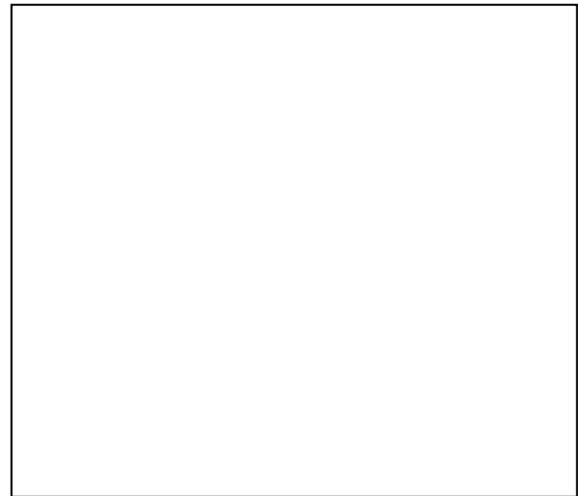
3. Hasil dan Diskusi

3.1. Hasil dan Analisis Uji Tarik

setelah dilakukan pengujian tarik, diperoleh hasil seperti pada Tabel 2, dimana material HDPE dengan variasi paparan *normal* atau tanpa paparan sama sekali memiliki nilai kuat tarik paling tinggi dibandingkan variasi lainnya. Sedangkan material HDPE dengan variasi paparan *peak* atau tertinggi memiliki nilai kuat tarik paling rendah. Grafik hubungan kuat tarik HDPE ditunjukkan pada Gambar 1. Grafik menunjukkan bahwa intensitas paparan sinar *ultraviolet* yang diberikan kepada material mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Semakin besar intensitas paparan yang diberikan maka semakin kecil nilai kuat tarik yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil intensitas paparan yang diberikan maka semakin besar nilai kuat tariknya. Hal ini membuktikan bahwa besarnya intensitas paparan radiasi sinar *ultraviolet* berpengaruh pada penurunan sifat mekanik material.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

Material	Tensile Strength (MPa)				
	Normal	Low	Average	Peak	Cycle
HDPE	23,48	22,58	21,34	20,30	20,50
	±	±	±	±	±
	1,10	0,52	0,99	0,56	0,49



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tarik

Berdasarkan Tabel 2, sampel HDPE dengan variasi *normal* menghasilkan kuat tarik sebesar 23,48 MPa dan merupakan nilai kuat tarik terbesar diantara variasi lainnya. Hal ini dikarenakan sampel tidak mengalami degradasi akibat radiasi sinar *ultraviolet* karena tidak mendapatkan paparan *ultraviolet* sama sekali. Sampel dengan variasi *normal* dijadikan sebagai sampel kontrol dan nilai kuat tariknya diasumsikan sebagai kekuatan maksimum yang mampu diterima material untuk membandingkan persentase penurunan yang dialami sampel pada tiap variasi.

Sampel dengan perlakuan *low* yang mendapat intensitas paparan radiasi dari 1 buah lampu atau setara 12 W/m² menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 22,58 MPa. Sampel hanya mendapatkan paparan minimum sehingga nilai kuat tariknya hanya mengalami penurunan sebesar 4% dari spesimen kontrol. Namun hal ini tetap membuktikan bahwa degradasi akibat radiasi sinar *ultraviolet* mempengaruhi sifat mekanik material.

Sampel dengan perlakuan *average* yang mendapat intensitas paparan radiasi dari 3 buah lampu atau setara 36 W/m² menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 21,34 MPa. Persentase penurunan yang dihasilkan sampel dengan variasi *average* adalah sebesar 10%. Penurunan yang dihasilkan lebih besar daripada variasi *low* karena jumlah intensitas radiasi yang diberikan juga lebih besar sehingga mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan.

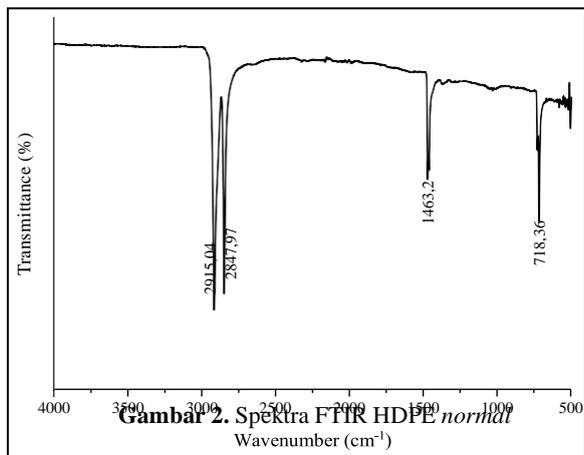
Sampel dengan perlakuan *peak* yang mendapat intensitas paparan radiasi dari 5 buah lampu atau setara 60 W/m² menghasilkan nilai kuat tarik terkecil, yaitu sebesar 20,30 MPa dengan persentase penurunan 14%.

Sampel mendapatkan intensitas paparan maksimum sehingga penurunan nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin signifikan.

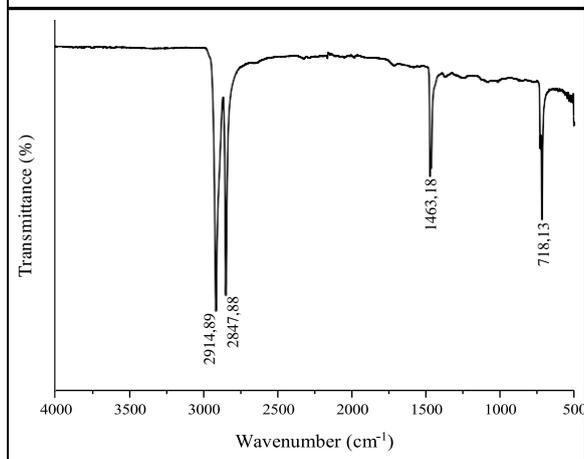
Sampel dengan perlakuan *cycle* mendapat perlakuan penyinaran secara fluktuatif atau berubah-ubah. Secara teori, pembebanan yang dilakukan secara dinamis dapat mempengaruhi sifat mekanik material dengan cara yang lebih signifikan. Apabila dilakukan perbandingan, variasi yang dapat diambil adalah variasi *average* karena nilai intensitas yang diberikan pada perlakuan variasi *average* diambil dari nilai rata-rata variasi *cycle* yang diberikan sebagai penyinaran secara statis. Berdasarkan Tabel 2, variasi *cycle* menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih kecil daripada variasi *average* yaitu sebesar 20,50 MPa dengan persentase penurunan sebesar 13%. Hal ini membuktikan bahwa pembebanan yang dilakukan secara dinamis memiliki dampak penurunan nilai kuat tarik yang lebih signifikan daripada pembebanan statis.

3.2. Hasil dan Analisis Pengujian FTIR

Analisa gugus fungsi material HDPE dilakukan dengan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan menghasilkan spektra gugus fungsi sebagai pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Spektra FTIR HDPE normal



Gambar 3. Spektra FTIR HDPE peak

Analisa gugus fungsi pada material HDPE disajikan pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Analisis gugus fungsi HDPE

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
Jenis Vibrasi	Secara Teori	Normal	Peak
Getar C-H metilen (CH ₂) _n	715 - 725	718,36	718,13
Lentur C-H alkil	1450 - 1470	1463,20	1463,18
Regang O-H	2500 – 3100	2847,97	2847,88
Regang C-H alkil	2850 - 3000	2915,04	2914,89

Gugus fungsi spesifik plastic HDPE timbul akibat vibrasi regang dan lentur C-H alkil dan getar (CH₂)_n pada bilangan gelombang 2915,04 cm⁻¹, 1463,20 cm⁻¹, 718,36 cm⁻¹ pada variasi *normal* dan 2914,89 cm⁻¹, 1463,18 cm⁻¹, 718,13 cm⁻¹ pada variasi *peak*. Adanya temuan C-H alkil yang membentuk struktur polimer mengkonfirmasi adanya struktur HDPE pada sampel.

Kedua hasil pengujian material HDPE menunjukkan ikatan O-H pada bilangan gelombang 2847,97 cm⁻¹ dan 2847,89 cm⁻¹. Ketika HDPE terpaparsinar *ultraviolet*, fotonnya dapat menyerap energi dan merangsang atom-atom dalam rantai polimer. Akibatnya, beberapa ikatan C-H di rantai polimer dapat teroksidasi. Dalam proses oksidasi, gugus oksigen (O) berikatan dengan atom hydrogen (H) untuk membentuk gugus O-H. kelompok hidroksil (OH) adalah kelompok fungsi alkohol dan gugus hidroksil ini terikat antara atom oksigen (O) dan hydrogen (H).

Pembentukan gugus O-H ini menunjukkan bahwa HDPE telah mengalami perubahan kimia sebagai akibat dari paparan sinar *ultraviolet*. Namun, karena gugus O-H sudah ada pada sampel kontrol yang tidak disinari *ultraviolet*, maka selama proses produksi material mungkin ada bahan tambahan yang digunakan sebagai perekat.

Berdasarkan analisis gugus fungsi yang sudah dilakukan, didapatkan hasil bahwa sampel tidak mengalami penambahan atau perubahan gugus fungsi akibat radiasi sinar *ultraviolet*. Yang terjadi hanya pergeseran frekuensi vibrasi dan penurunan tinggi puncak spektra.

3.3. Estimasi Lifetime

Umur pakai material dihitung untuk mengetahui seberapa tahan material terhadap paparan sinar *ultraviolet* dan berapa lama waktu yang ideal untuk digunakan hingga diperlukan pergantian. Pelampung menahan beban statis yang digunakan untuk mengukur tegangan yang diterimanya dari komponen aerator, antara lain motor penggerak, *gearbox*, poros, kerangka, dan kincir air.

$$\sigma = \frac{440 \text{ N}}{478500 \text{ mm}^2} = 0,001 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil uji tarik pada Tabel 2, material tetap dapat menahan tegangan yang ditahan oleh pelampung bahkan setelah mengalami degradasi akibat

radiasi sinar *ultraviolet*. Maka, bahkan setelah mengalami penurunan kekuatan sebesar 90%, material diasumsikan masih dapat berfungsi dengan baik. Persentase penurunan kuat tarik digunakan sebagai dasar untuk menghitung perkiraan umur material. Nilai radiasi *ultraviolet* dimagnifikasi sebanyak 26 kali, dan umur pakai disesuaikan dengan variasi yang digunakan pada material. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

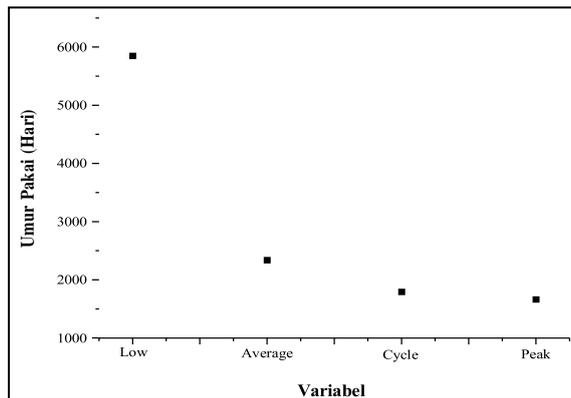
$$4\% = 10 \text{ hari} \cdot 90\% = x \text{ hari} \cdot 4x = 90 \cdot 10$$

$$x = 225 \text{ hari} \cdot 26 \text{ (magnifikasi)} = 5850 \text{ hari}$$

Maka, didapatkan hasil estimasi umur pakai material HDPE pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi umur pakai HDPE

Material	Umur Pakai (Hari)			
	Low	Average	Peak	Cycle
HDPE	5850	2340	1664	1794



Gambar 4. Grafik hubungan umur pakai

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa sampel dengan perlakuan variasi *low* memiliki umur pakai yang lebih lama dibandingkan dengan variasi lain. Ini disebabkan oleh sampel yang hanya menerima paparan dengan intensitas rendah sehingga menghasilkan kerusakan sifat mekanik yang tidak terlalu signifikan. Sebaliknya, sampel dengan variasi *peak* yang menerima paparan dengan intensitas tertinggi menghasilkan nilai umur pakai tersingkat

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Radiasi sinar *ultraviolet* berpengaruh terhadap penurunan sifat mekanik yang dialami polimer dengan persentase penurunan tertinggi dihasilkan oleh sampel dengan perlakuan *peak* yaitu sebesar 14%.

2. Radiasi sinar *ultraviolet* tidak menyebabkan adanya penambahan maupun perubahan gugus fungsi tetapi hanya mengakibatkan pergeseran frekuensi vibrasi dan penurunan tinggi puncak spektra.
3. HDPE yang telah terdegradasi *ultraviolet* menghasilkan estimasi umur pakai selama 1664hari.

Daftar Pustaka

- Andrew, P. (2000). **Handbook of Polyethylene Structures: Properties, and Applications**. CRC Press.
- Anthony L, Andrady. (2003). **Plastics and the Environment**. John Wiley & Sons, Inc. Pages: 123-135.
- Clarinsa, R. M. dan Sutoyo, S. (2021). *Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Komposit HDPE (High Density Polyethylene) dan Pati Umbi Suweg (Amorphophallus campanulatus)*. **UNESA Journal of Chemistry**, Vol. 10, No. 1.
- Haliman, R.W. dan D. Adijaya. (2005). **Udang vannamei, Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih yang Tahan Penyakit**. Penebar Swadaya. Jakarta: 75 hal.
- Hiejima, Y., Kida, T., Takeda, K., Igarashi, T., and Nitta, K. (2018). *Microscopic structural changes during photodegradation of low-density polyethylene detected by Raman spectroscopy*. **Polymer Degradation and Stability**, Vol. 150, 67-72.
- Nugraha, N.P.A., Agus, M., Mardiana, T.Y. (2017). *Rekayasa Kincir Air Pada Tambak LDPE Udang Vannamei (Litopenaeus Vannamei) di Tambak UNIKAL Slamaran*. **Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan**, Vol 16, No. 1.
- Romaire, R.P., Merry, G.E. (2007). *Effect of Paddle Wheel Aeration on Water Quality in Crawfish Pond*. **Appl Aquac**, 19(3): 61-75.
- Sumari, Nazriati, Fajaroh, F., Santosa, A., Rizqiyah, L. (2019). *Efek Radiasi Sinar Matahari dan Sinar Ultra Violet pada Plastik Styrofoam Kemasan Makanan dan Minuman*. **Journal Cis-Trans**, Vol. 3, No. 1, 23-33.
- Yousif, E. and Haddad, R. (2013). *Photodegradation and Photostabilization of Polymers, Especially Polystyrene: Review*. **Springer Plus**, 398.

