

## **MODAL DAN HARMONIC ANALYSIS PADA PLAT KOMPOSIT DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI KOMPUTER**

**Randis<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Balikpapan  
E-mail: randis@poltekba.ac.id

### **Abstract**

*In the previous study, modal analysis had been used to predict the natural frequencies and mode shapes on structure. This study aims to determine modal analysis on GTR/HDPE composite. A laminated composite beam of length  $L$ , width  $b$  and height  $h$  made of  $N$  layers of orthotropic materials is modelled. Fiber angle orientation and stacking sequence of composite material are set as design parameters. natural frequencies and mode shapes are observed as design criteria. Based on the simulation results, The natural frequency of GTR/HDPE composite cantilever beam varies from 7,4099 Hz to 29,634 Hz.*

**Keyword :** modal analysis, natural frequencies and mode shapes, GTR/HDPE composite

### **PENDAHULUAN**

Isu pencemaran lingkungan akibat limbah polimer khususnya limbah yang berasal dari plastik *HDPE* dan limbah karet ban bekas menjadi perhatian karena limbah ini sangat sulit untuk diurai oleh lingkungan, sehingga perlu metode untuk menjadikan material yang bernilai agar tidak merugikan lingkungan.

Penggunaan daur ulang plastik *HDPE* dan limbah karet telah dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi meliputi sebagai pengisi dan penguat pada beton (Moustafa & ElGawady, 2015); (Sousa, et al., 2017); (Pešić, et al., 2016), sebagai modifikator dalam campuran perkerasan aspal (Shu & Huang, 2014), sumber energi (Adhikari & Maiti, 2000), dan material utama untuk komposit polimer berbasis bahan daur ulang (Ramarad, et al., 2015); (Wang, et al 2014). Pengembangan riset tentang komposit polimer berbasis bahan daur ulang telah dilakukan dalam bentuk analisis sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur dan uji thermal [Hassan, et al., 2007) ; (De, et al., 2013). Uji lain juga telah dilakukan yaitu *Experiment Test (SEM, Microstructure, XRD, Physical dan Mechanical Properties)* (Karger-Kocsis, at al., 2013); (De, et al., 2013); (Li, at al., 2013); (Cañavate, at al., 2013); (Sreeja & Kutty, 2003). Uji lain yang tidak kalah penting adalah uji untuk mengetahui karakteristik getaran (Arsyad. et al., 2021); (Haworth, et al., 2016).

Analisa getaran khususnya modal analisis sangat penting dilakukan untuk berbagai jenis material, modal analysis simulation menjadi salah satu solusi alternative untuk menganalisis getaran pada bahan tertentu (Saini, et al., 2021). Berbagai riset modal analysis simulation untuk mengetahui karakteristik getaran suatu bahan dengan menggunakan perangkat simulasi komputer telah banyak dilakukan sebelumnya pada komposit seperti serat kaca (Pingulkar & Suresha, 2016) serat alam (Rajkumar, at al., 2021); (Thomas, at al., 2018), carbon fibers (Wang, et al., 2019), dan PLA (Kushwaha, et al., 2022). Namun belum ada yang secara spesifik menganalisa modal analisis komposit polimer berbahan dasar plastik *HDPE* dan *Ground Tire Rubber* (GTR) dengan simulasi komputer, komposit polimer *HDPE/GTR* merupakan riset baru yang muncul dengan memanfaatkan limbah plastik *HDPE* dan limbah karet ban bekas. Riset yang akan dikembangkan ini bertujuan untuk melakukan modal analisis pada komposit polimer dengan material *HDPE/GTR* dengan menggunakan simulasi komputer.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan simulasi berbasis *finite element method* menggunakan simulasi komputer. Secara simulasi, benda kerja dimodelkan dengan menggunakan *software drawing solidwork*. Model geometri benda kerja menggunakan 3D dengan full model. Model material yang digunakan yaitu (*solid*) berupa material komposit, material properties bahan ditunjukkan pada Tabel 1, data *properties* bahan dimasukkan dalam *engineering data* pada software *ansys workbench* dengan *modal analysis solution* digunakan untuk mengobservasi *mode shape* dan nilai frekuensi alami.

Tahapan dalam melakukan pemodelan dan simulasi numerik pada model sebagai berikut:

### a. Pemodelan Material

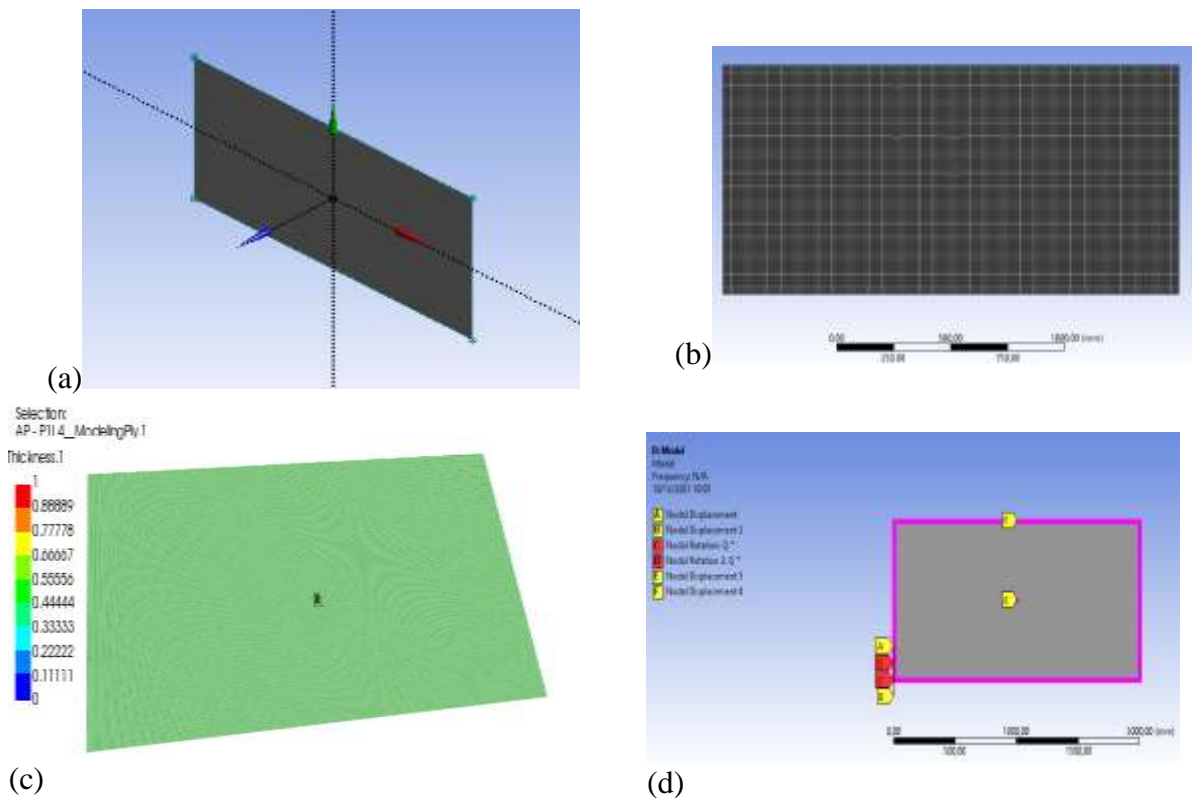
Pemodelan material dilakukan dengan mengacu pada data yang diperoleh sesuai dengan *case* yang sedang dan akan dimodelkan. Pada komposit *GTR/HDPE*, material properties diperoleh dari jurnal, buku dan referensi lainnya yang mendukung, nilai material properties diperoleh dari referensi berikut (Marín-Genescà, et al., 2019); (Nikpour, 2016); (Zeid, et al., 2008). Nilai material properties di input melalui *engineering data* pada menu ACP (Pre) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.  
*Mechanical Properties of GTR/HDPE*

Sifat	Nilai
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0,95
Young modulus X Direction (MPa)	1300
Young modulus Y Direction (MPa)	1300
Young modulus Z Direction (MPa)	1300
Poison Rasio XY	0,17
Poison Rasio YZ	0,17
Poison Rasio XZ	0,17
Shear Modulus XY (MPa)	1001
Shear Modulus YZ (MPa)	1001
Shear Modulus XZ (MPa)	1001

Material komposit merupakan material *orthophic* atau *anisotropik* material yaitu kekuatan komposit sangat dipengaruhi oleh orientasi serat dan fraksi volume dimana nilai/besaran nya berbeda untuk arah X, Y, dan Z. Namun pada kasus ini karena komposit *GTR/HDPE* memiliki arah yang seragam karena tidak seperti *reinforcement* serat alam yang memiliki serat yang dapat diubah arahnya.

b. Pemodelan Geometri



Gambar 1. (a) pemodelan geometri, (b) Meshing, (c) *Setup ACP Composite*, (d) *Boundary Condition*

Proses pemodelan secara keseluruhan mengacu pada model sebagaimana pada Gambar 1(a). Sebuah plat *laminated composite* dengan dimensi panjang = 2m dan lebar = 1m dengan ketebalan komposit 1cm dimana ketebalan setiap layer 2,5 mm. Pemodelan awal dilakukan pada program ansys dengan menggunakan *ACP (Pre)* dengan bantuan *desain modeler*, *drawing* awal sebagaimana dimensi yang telah diuraikan diatas  $P = 2m$  dan  $L = 2m$  dalam bentuk *surface*.

*Meshing* merupakan proses pembagian objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Semakin kecil *meshing size* yang digunakan maka hasil perhitungan akan semakin akurat namun membutuhkan spesifikasi komputasi yang tinggi karena membutuhkan waktu yang lama dalam proses runningnya (Baharuddin, 2021). *Meshing* dilakukan pada model di menu *ACP (Pre)*, *meshing* yang digunakan yaitu 10 mm (Gambar 1b), pada *geometry material* dipilih dari material *GTR/HDPE Composite* yang telah dipilih dibuat sebelumnya pada *engineering data*, untuk nilai *thickness* = 0,01 mm, nilai *thickness* ini tidak berpengaruh, besarnya *thickness* sesungguhnya akan diatur pada bagian setup pada menu *ACP (Pre)*.

Pengaturan selanjutnya dilakukan pada bagian *setup* menu *ACP (Pre)* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.c. Assumsi yang diambil untuk pemodelan pembebanan pada kasus ini yaitu pelat yang ditopang sederhana pada keempat sisinya (semua tepi di topang secara sederhana), perpindahan sepanjang sumbu  $Z = 0$ , rotasi pada sumbu  $X$  dan sumbu  $Y = 0$ , Selanjutnya *boundary condition* dilakukan dengan melakukan pemodelan pada program ansys mengikuti objek aslinya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1d. Pengaturan yang dilakukan berupa *nodal displacement* 1,2,3 dan 4 serta *nodal rotation* 1 dan 2 (Gambar 1d).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

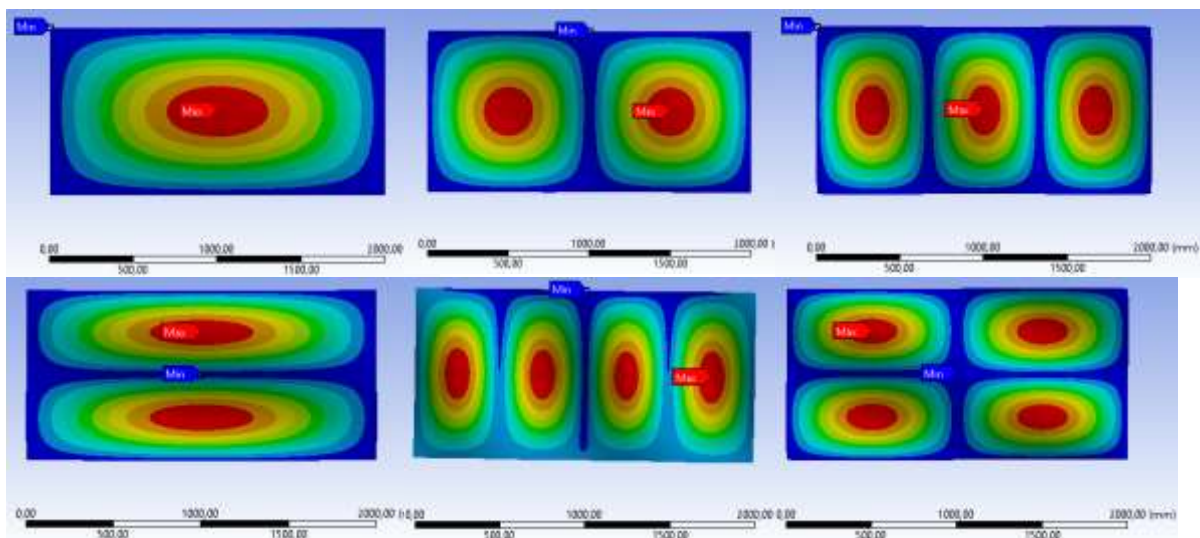
### 3.1 Hasil Simulasi Komputer

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *vibrasi*. Analisis ini bertujuan untuk menganalisis frekuensi alami dan *mode shape* pada pelat dengan material *HDPE/GTR* persegi panjang menggunakan analisis elemen hingga dengan simulasi komputer (ANSYS) dengan berbagai material yang berbeda dengan riset yang sedang dikembangkan sebagaimana pada (Vinyas, 2019); (Deepak and Rajesh, 2021); (Gurve, at al., 2022);

(Al-Maliky, et al., 2018); ( Li, Jicheng, 2022). Proses simulasi *finite element analysis* dilakukan untuk mendesain suatu pendekatan kondisi *real* yang terjadi pada model yang dibuat. Hasil frekuensi alami (*Natural frequency*) dari mode 1 sampai mode 6 ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan *mode shape* dalam mode pertama dengan mode 6 pada pelat *HDPE/GTR* pada riset ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2.  
 Nilai frekwensi alami pada model plat komposit *HDPE/GTR*

Mode	Frequency (Hz)
1	7,4099
2	12,408
3	19,815
4	23,652
5	29,315
6	29,634



Gambar 3. *Mode shape* pada model plat *HDPE/GTR*

Riset ini menampilkan ekstrak enam nilai frekuensi alami pada plat *HDPE/GTR* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Rentang frekuensi alami yang dihasilkan adalah 7,4099 - 29,634 Hz, peningkatan mode 1 sampai dengan mode 6 akan diiringi dengan peningkatan nilai frekuensi alami yang dihasilkan, hal ini sejalan dengan riset terdahulu (Gurve, at al., 2022); (Al-Maliky, et al., 2018); (Li, Jicheng, 2022). Nilai frekuensi alami yang diperoleh pada riset ini jauh lebih kecil dibandingkan pada riset (Gurve, at al., 2022); (Al-Maliky, et al., 2018); (Li, Jicheng, 2022), hal ini karena besarnya nilai

frekuensi alami dipengaruhi oleh berbagai factor diantaranya jenis material, *boundary condition*, dan bentuk dan dimensi plate yang digunakan.

*Mode shape* yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan deformasi yang terjadi pada plat akibat gaya berupa getaran yang dikenakan pada plat tersebut. Perbedaan perubahan bentuk pada plat akibat getaran ditandai pada mode 1 dengan terjadinya sebuah defleksi yang terpusat pada center plate, deformasi yang terjadi pada mode 2 berbentuk dua buah defleksi yang saling berkebalikan satu sama lain. Mode 3 terjadi 3 buah defleksi pada plat dan pada mode 4 ditandai dengan 2 buah defleksi berbentuk horizontal.

Mode shape 5 dan 6 ditandai dengan 4 buah defleksi yang terjadi pada plat dimana mode 5 defleksi dalam bentuk vertical dan mode 6 dengan 4 buah defleksi berbentuk horizontal. Mode shape yang terjadi pada plate akan berbeda tergantung pada *boundary condition*, bentuk dan dimensi palat dan besarnya gaya yang dikenakan (Li, Jicheng, 2022). Sehingga dapat dinyatakan bahwa modal analysis merupakan metode umum untuk mempelajari karakteristik dinamis, analisis getaran dan desain optimasi dinamis dari struktur mekanik. *Mode shape* adalah karakteristik yang melekat pada struktur mekanik, setiap struktur memiliki beberapa mode, dan setiap mode memiliki frekuensi dan mode getaran yang sesuai (Rohe, at al., 2021); (Tabatabaei, et al., 2020).

## SIMPULAN

1. Besarnya nilai Frekwensi pribadi akan semakin meningkat dengan peningkatan nilai  $n$  dan  $m$ .
2. *Mode shape* pada simulasi numerik menunjukkan bagaimana deformasi pada plate akibat getaran yang terjadi.
3. Massa efektif dapat berguna untuk memastikan bahwa cukup banyak mode yang telah diekstraksi untuk analisis lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., De, D., & Maiti, S. (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in polymer science*, 25(7), 909-948.
- Al-Maliky, Firas T., and Dhurgham Aiham Kadhim Alshakarchi. "Modal analysis of central crack stainless steel plate using ANSYS program." *Int J Mech Eng Technol* 9.9 (2018): 460-466.

- Arsyad, H., Arma, L. H., Syahid, M., & Khalid, M. (2021). An experimental study of tensile properties and vibration absorption characteristic of ground tire rubber (GTR)/HDPE waste: Effect of temperature and heating time. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1034, No. 1, p. 012159). IOP Publishing.
- Baharuddin, Randis. "Struktural Dan Modal Analisis Pada Bilah Baling-Baling Quadcopter Dengan Bantuan Simulasi Komputer." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 9.2 (2021): 186-190..
- Cañavate J, Casas P, Colom X, Nogués F. Formulations for thermoplastic vulcanizates based on high density polyethylene, ethylene-propylene-diene monomer, and ground tyre rubber. *Journal of Composite Materials*. 2011;45:1189-200.
- Deepak, S. A., and Rajesh A. Shetty. "Static and free vibration analysis of functionally graded rectangular plates using ANSYS." *Materials Today: Proceedings* 45 (2021): 415-419.
- De D, Panda PK, Roy M, Bhunia S, Jaman AI. Reinforcing effect of nanosilica on the properties of natural rubber/reclaimed ground rubber tire vulcanizates. *Polymer Engineering & Science*. 2013;53:227-37.
- De D, Panda PK, Roy M, Bhunia S. Reinforcing effect of reclaim rubber on natural rubber/polybutadiene rubber blends. *Materials & Design*. 2013;46:142-50.
- Curve, Hemant Kumar, and Rajesh Kumar Satankar. "Modal and harmonic analysis of stiffened plate using First-order shear deformation theory." *Materials Today: Proceedings* 51 (2022): 325-331.
- Haworth. B, D Chadwick, L Chen and YJ Ang, "Thermoplastic composite beam structures from mixtures of recycled HDPE and rubber crumb for acoustic energy absorption", *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, pp. 1–24, 2016.
- Hassan MM, Mahmoud GA, El-Nahas HH, Hegazy E-SA. Reinforced material from reclaimed rubber/natural rubber, using electron beam and thermal treatment. *Journal of Applied Polymer Science*. 2007;104:2569-78.
- Karger-Kocsis J, Mészáros L, Bárány T. Ground tyre rubber (GTR) in thermoplastics, thermosets, and rubbers. *J Mater Sci*. 2013;48:1-38.
- Kushwaha, Y. S., Hemanth, N. S., Badgayan, N. D., & Sahu, S. K. (2022). Free vibration analysis of PLA based auxetic metamaterial structural composite using finite element analysis. *Materials Today: Proceedings*, 56, 1063-1067.
- Li, Jicheng, et al. "Mechanical Characteristics Analysis of Grinding Plate of Food Waste Grinding Mill Based on ANSYS Workbench." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 2152. No. 1. IOP Publishing, 2022.
- Li Y, Zhao S, Wang Y. Microbial desulfurization of ground tire rubber by *Thiobacillus ferrooxidans*. *Polymer Degradation and Stability*. 2011;96:1662-8. [80] Li Y, Zhao S, Wang Y. Microbial Desulfurization of Ground Tire Rubber by *Sphingomonas* sp.: A Novel Technology for Crumb Rubber Composites. *J Polym Environ*. 2012;20:372-80.
- Marín-Genescà, M., García-Amorós, J., Mujal-Rosas, R., Salueña Berna, X., & Massagués Vidal, L. (2019). Comparison of Mechanical and Electrical Characteristics of Various Polymers Blended with Ground Tire Rubber (GTR) and Applications. *Applied Sciences*, 9(8), 1564.
- Moustafa, A., & ElGawady, M. A. (2015). Mechanical properties of high strength concrete with scrap tire rubber. *Construction and Building Materials*, 93, 249-256.

- Nikpour, N. (2016). Production and characterization of natural fiber-polymer composites using ground tire rubber as impact modifier.
- Rajkumar, D. R., Santhy, K., & Padmanaban, K. P. (2021). Influence of mechanical properties on modal analysis of natural fiber reinforced laminated composite trapezoidal plates. *Journal of Natural Fibers*, 18(12), 2139-2155.
- Ramarad, S., Khalid, M., Ratnam, C. T., Chuah, A. L., & Rashmi, W. (2015). Waste tire rubber in polymer blends: A review on the evolution, properties and future. *Progress in Materials Science*, 72, 100-140.
- Rohe, Daniel P., and Phillip L. Reu. "Experimental modal analysis using phase quantities from phase-based motion processing and motion magnification." *Experimental Techniques* 45.3 (2021): 297-312.
- Saini, M. K., Bagha, A. K., Kumar, S., & Bahl, S. (2021). Finite element analysis for predicting the vibration characteristics of natural fiber reinforced epoxy composites. *Materials Today: Proceedings*, 41, 223-227.
- Shu, X., & Huang, B. (2014). Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete: An overview. *Construction and Building Materials*, 67, 217-224.
- Sousa, S. P. B., Ribeiro, M. C. S., Cruz, E. M., Barrera, G. M., & Ferreira, A. J. M. (2017). Mechanical behaviour analysis of polyester polymer mortars reinforced with tire rubber fibres. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, 29(1), e162-e166.
- Sreeja TD, Kutty SKN. Cure Characteristics and Mechanical Properties of Short Nylon Fiber Reinforced Natural Rubber–Reclaimed Rubber Blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 2003;42:239-52.
- Tabatabaei, SJ Shahidzadeh, and A. M. Fattahi. "A finite element method for modal analysis of FGM plates." *Mechanics Based Design of Structures and Machines* (2020): 1-12.
- Thomas, P., Jenarathanan, M. P., & Sreehari, V. M. (2018). Free vibration analysis of a composite reinforced with natural fibers employing finite element and experimental techniques. *Journal of Natural Fibers*.
- Pešić, N., Živanović, S., Garcia, R., & Papastergiou, P. (2016). Mechanical properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres. *Construction and building materials*, 115, 362-370.
- Pingulkar, P., & Suresha, B. (2016). Free vibration analysis of laminated composite plates using finite element method. *Polymers and Polymer Composites*, 24(7), 529-538.
- Vinyas, M. "A higher-order free vibration analysis of carbon nanotube-reinforced magneto-electro-elastic plates using finite element methods." *Composites Part B: Engineering* 158 (2019): 286-301.
- Wang, J., Ren, J., & Zhang, Y. (2019). Vibration analysis of carbon fiber-reinforced steel–concrete composite beams considering shear-slip effects. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 19(07), 1950077.
- Wang, L., Lang, F., Li, S., Du, F., & Wang, Z. (2014). Thermoplastic elastomers based on high-density polyethylene and waste ground rubber tire composites compatibilized by styrene–butadiene block copolymer. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 27(11), 1479-1492.
- Zeid, M. A., Rabie, S. T., Nada, A. A., Khalil, A. M., & Hilal, R. H. (2008). Effect of gamma and UV radiation on properties of EPDM/GTR/HDPE blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 47(6), 567-575.