



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN PENYERAPAN AIR KOMPOSIT *POLYMER BLEND* BERPENGUAT SERAT BAMBU

Rifki Hikmawan^{1*}, Indah Widiastuti¹, dan Danar Susilo Wijayanto¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

E-mail: rifki.hikmawan@student.uns.ac.id

Abstract

The main purpose of this study was to determine the effect of variations in gamma ray dose on the physical and mechanical properties of natural fiber reinforced polymer blend composites. The method used in this research is experimental. This research was conducted on polymer blend composites, namely recycled High Density Polyethylene (rHDPE) and recycled Polypropylene (rPP) with bamboo fiber reinforcement with variations in gamma ray doses of 0 kGy, 25 kGy, 50 kGy, and 75 kGy. Bamboo is processed using a crusher into fibers with a size of 40 mesh and treated with 5% NaOH alkali for 10 minutes then dried using oven for 24 hour at a temperature of 105 °C to remove lignin contained in bamboo fibers. The composite was made using two machines, namely an extrusion machine with a heater temperature of 175 °C, 180 °C, 185 °C, and 190 °C with a screw speed of 25 rpm. Then the injection molding machine with a temperature of 220 °C with a specimen mold temperature of 90 °C and an injection pressure of about 45 bar for 20 minutes. Gamma ray treatment was carried out after making the specimen before testing. Where a gamma cell irradiator is used and as a source of gamma rays, cobalt-60 (Co-60) is used. Tensile and water absorption tests are used to determine the physical and mechanical properties of the composite material according to ASTM D638 type V and ASTM D570-98 standards. The test results showed that the higher the dose used, the lower the physical and mechanical properties of the composite. The highest tensile strength was found at the 25 kGy dose treatment of 13.68 MPa and the lowest at the 75 kGy dose treatment. The lowest water content absorption and thickness expansion after 144 hours of immersion were at a 50 kGy gamma dose of 3.43% and 1.27%, respectively. Meanwhile, the highest condition was found at the 75 kGy gamma ray dose of 3.79% and 1.42%, respectively.

Keywords: *polymer, composite polymer blend, bamboo fiber, gamma ray*

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan dan produksi plastik meningkat setiap hari akibat dari meningkatnya konsumsi plastik industri dan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Pada tahun 1950 hingga 2015, sebanyak 8,3 miliar ton produk plastik diproduksi dan menghasilkan sebanyak 6,3 miliar ton sampah plastik, tetapi hanya 9% dari sampah yang telah didaur ulang, dan 12% telah terbakar dengan atau tanpa pemulihan energi (Li et al., 2021). Sampah plastik dapat ditemukan di mana-mana dan kini telah menjadi sumber signifikan senyawa beracun yang mengancam ekosistem laut dan darat (Olofinnade et al., 2020).

Saat ini ada tiga metode utama untuk penanganan sampah plastik: mengubur di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), pembakaran, dan daur ulang (Webb et al., 2013). Akhir-akhir ini daya tarik penelitian di bidang pembuatan bahan komposit dari bahan limbah industri dan pertanian semakin meningkat di seluruh dunia, karena meningkatnya tuntutan akan bahan ramah lingkungan (Hilary et al., 2021).

Tingginya jumlah sampah plastik memiliki potensi yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku material komposit (Najafi and Khademi-Eslam, 2011). Termoplastik merupakan salah satu

jenis plastik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku material komposit. Termoplastik merupakan jenis polimer yang dapat didaur ulang dan dilakukan pengerjaan ulang (Meyer et al., 2021).

Termoplastik yang paling umum digunakan biasanya adalah *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), nilon, asam polilaktat (PLA), polistirena, Polivinil klorida (PVC), dan Polietilen Tereftalat (PET) (Mohan et al., 2021)(Kira et al., 2021). Studi tentang Polietilen (PE) dan polipropilen (PP) adalah yang paling diminati, diikuti oleh *Polyethylene Terephthalate* (PET). Polietilen umumnya diurutkan ke dalam kelompok berikut: *Linear-Low Density Polyethylene* (LLDPE), *Low-Density Polyethylene* (LDPE), dan *High-Density Polyethylene* (HDPE) (Mohan et al., 2021).

Polypropylene yang memiliki sifat sangat baik, seperti kepadatan rendah, prosesibilitas yang baik, *cost-to-performance* yang sangat baik, ketahanan kimia dan termal serta penghalang uap air yang baik, sehingga banyak digunakan sebagai resin termoplastik. Sifat rapuh yang dimiliki PP juga menghasilkan dampak buruk pada resistensi dan sedikit terbatas dalam penerapannya (Wang et al., 2019).

Material komposit dengan sifat yang baru banyak dikembangkan dengan memadukan dua atau lebih jenis polimer. Salah satunya adalah paduan polimer dari bahan HDPE dan PP yang dikarenakan jumlahnya yang melimpah, murah, dan mudah diproses (Dikobe & Luyt, 2017).

Karakteristik sifat campuran polimer dapat ditingkatkan dengan menambahkan serat alami sebagai penguat dari paduan polimer. Pemanfaatan serat alami sebagai penguat komposit polimer dikarenakan sifatnya seperti kepadatan rendah, *biodegradable*, dapat didaur ulang dan dari segi kelimpahannya (Dikobe & Luyt, 2017). Di antara serat alam, serat bambu memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dengan biaya lebih rendah, sehingga menjadikannya serat alami yang ideal untuk komposit (Bai et al., 2021)..

Selain berpotensi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit polimer, bambu juga memiliki sisi kelemahannya yaitu memiliki serat jenis lignoselulosa, dimana serat lignoselulosa memiliki sejumlah keterbatasan seperti kemampuan basah yang lebih tinggi dan kekuatan antarmuka yang tidak memadai antara matriks polimer dan serat dapat menurunkan sifat mekanik komposit (Rahman et al., 2019a). Di penelitian lain disebutkan bahwa sebagian besar polimer tidak kompatibel dengan

pengisi alami atau serat alami (Dikobe & Luyt, 2017). Serat bambu mengandung lignoselulosa yang bersifat hidrofilik karena mengandung banyak gugus hidroksil sedangkan matriks polimer yang bersifat hidrofobik menyebabkan tidak kompatibelnya serat alami yang di padukan dengan polimer (Witono et al., 2013). Inkompatibilitas ini menyebabkan adesi antarmuka yang rendah antara kutub hidrofilik dan kutub hidrofobik matriks, dan kesulitan dalam pencampuran akibat pembasahan (*wetting*) yang rendah oleh matriks. Hal ini mengakibatkan komposit mempunyai kekuatan antarmuka yang lemah (Witono et al., 2013).

Percampuran antara serat dan polimer mengakibatkan inkompatibilitas komposit, cara untuk memperbaiki sifat dari komposit adalah menggunakan radiasi pengionan atau sinar gamma. Iradiasi gamma (pengion) diberikan untuk mereduksi karakter hidrofilik serat alam dengan meningkatkan ikatan silang permukaan yang lebih baik dengan matriks polimer pada material komposit (Rahman et al., 2019a).

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al. (2019) pada serat daun nanas (PALF) yang dikombinasikan dengan LDPE, dimana komposisinya PALF/LDPE 50/50 yang diiradiasi sinar gamma (Co-60)

dengan dosis 7,5 kGy menunjukkan hasil terbaik, dimana penambahan serat 50 wt.% meningkatkan kekuatan tarik dan modulus tarik masing-masing sebesar 68,98% dan 106,40%. Untuk penyerapan airnya sendiri, penurunan daya serap air pada komposit teradiasi adalah 54% dibandingkan komposit 50/50 PALF/ LDPE nonradiasi pada hari ke-8 pada radiasi 7,5 kGy.

Menurut Haydaruzzaman et al. (2009) kain goni yang diiradiasi/komposit berbasis PP yang diiradiasi menghasilkan sifat mekanik tertinggi pada dosis total 500 krad dibandingkan dengan kain goni non-iradiasi/PP yang diiradiasi dan kain goni yang diiradiasi/komposit berbasis PP non-iradiasi. Sifat mekanik seperti TS, TM, BS, BM dan IS dari komposit yang diberi perlakuan ditemukan lebih tinggi daripada komposit yang tidak diberi perlakuan. Rahman et al. (2019b) dan rekan peneliti melaporkan bahwa komposit serat okra PP/40 wt% yang diiradiasi dengan 5 kGy menghasilkan sifat mekanik yang optimal pada peningkatan penyerapan air dan perilaku degradasi termal dibandingkan dengan sampel yang tidak diiradiasi. Dari penelitian yang sudah ada, masih kurangnya penelitian yang membahas mengenai efektivitas pengaruh sinar gamma terhadap serat bambu yang diaplikasikan dengan *polymer blend*.

Penelitian mengenai ikatan antarmuka antara matriks *polymer blend* (HDPE/PP) dengan serat bambu pada material komposit juga dibutuhkan untuk mengetahui pengaruh sifat yang dihasilkan. Diperlukan upaya pengembangan model dimana meningkatkan ikatan antarmuka serat bambu dan matriks polimer, salah satunya adalah penggunaan dosis sinar gamma. Penelitian efek sinar gamma terhadap campuran PP/HDPE dan serat bambu masih belum banyak ditemukan. Oleh karena itu, diperlukannya kajian pengaruh sinar gamma terhadap karakteristik sifat mekanik (*tensile strength*) dan *water absorption* biokomposit (PP/HDPE/serat bambu) jika dikenai sinar gamma pada penggunaan dosis tertentu.

B. METODE

Rancangan penelitian yang digunakan penulis pada penelitian komposit *polymer blend* berpenguat serat bambu adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi sinar gamma terhadap sifat mekanik dan penyerapan air pada komposit *recycled polymer blend polypropylene* dan *high density polyethylene* berpenguat serat bambu dengan variasi fraksi massa. Metode ini menggunakan analisis kuantitatif deskriptif, dimana hasil penelitian yang

berbeda bisa didapat dengan cara membuat atau memanipulasi kondisi-kondisi tertentu dan memberikan kontrol spesimen uji komposit. Penelitian ini menggunakan komposit *polymer blend* dengan fraksi massa antara rHDPE/rPP 16/64. Perbandingan fraksi massa antara serat bambu dan *polymer blend* (matriks) yang digunakan konstan berturut-turut yaitu 20% : 80%. Pada perlakuan permukaan serat bambu menggunakan perlakuan dengan konsentrasi alkali konstan yaitu 5%. Sebelum dilakukan pengujian, setiap spesimen diberikan *treatment* terlebih dahulu dengan iradiasi sinar gamma dengan variasi dosis yaitu 0 kGy, 25 kGy, 50 kGy, 75 kGy.

Spesimen yang akan dibuat sebanyak 40 spesimen. Setiap perlakuan atau dosis sinar gamma terdapat lima spesimen. Terdapat 20 spesimen yang akan disiapkan untuk pengujian tarik (*tensile test*) dimana menyesuaikan dengan standard ASTM D638 dan 20 spesimen untuk pengukuran *weight gain* dari absorpsi air dimana menyesuaikan dengan standard ASTM D570.

Data yang telah diperoleh kemudian divisualisasikan melalui tabel maupun grafik dengan tujuan untuk memudahkan dalam menganalisis pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap fraksi massa komposit

polymer blend berpenguat serat bambu terhadap karakteristik penyerapan air dan kekuata tarik. Tujuan penyelidikan dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif ini adalah agar didapatkan pemecahan masalah melalui komparisasi hubungan sebab-akibat dan faktor yang mempengaruhinya.

Selama proses penelitian, terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu :

a. *Extrusion Moulding Machine*

Mesin ini digunakan untuk membuat spesimen komposit dimana dilengkapi dengan *heater* dan pengontrol temperatur yang melelehkan rHDPE, rPP, dan serat bambu. Mesin *extrusion molding* digerakkan dengan motor listrik 1,5 HP dan rasio *gearbox* 1:60. *Electricity* yang digunakan yaitu 380 V/5,8 A dengan dimensi 500 x 1020 x 1120 mm.

b. *Injection Moulding Machine*

Mesin ini digunakan untuk melelehkan *pallet* yang dihasilkan pada *Extrusion machine*. Spesifikasi mesin *injection molding* memiliki kapasitas produksi 150 cm³, dimensi 830 x 1000 x 1830 mm, *electricity* 230 V/3,5 AMP/800 W, dan berat mesin sekitar 23 kg.

c. *Moulding Spesimen*

Moulding digunakan untuk mencetak hasil dari proses ekstrusi (ekstrudat) biasa

disebut *pallet* yang dihasilkan dari *injection moulding*.

d. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa fraksi massa serat bambu, fraksi rHDPE, fraksi rPP, serta penambahan spesimen dalam jangka waktu tertentu. Timbangan digital ini berkapasitas sekitar massa 200 gram dan ketelitian 0,001 gram.

e. Oven

Oven digunakan untuk mempercepat proses pengeringan serat bambu setelah dilakukan perlakuan alkali pada permukaan serat bambu dan sebagai alat pengkondisian spesimen sebelum dilakukan pengujian *water absorption*. Pengaturan temperatur antara 5°C hingga +300°C.

f. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi dari spesimen komposit yang akan digunakan untuk pengujian tarik dengan ketelitian 0,02 mm.

g. *Crusher Machine*

Crusher digunakan untuk mencacah serat bambu menjadi ukuran 40 mesh. Mesin *crusher* ini dengan model FFC 23 memiliki kecepatan 5800 Rpm.

h. Mikrometer

Mikrometer digunakan untuk mengukur dimensi dari spesimen komposit

yang akan digunakan untuk pengujian serapan air dengan ketelitian 0,01 mm.

i. Wadah Kaca *Pyrex*

Wadah kaca *pyrex* ini digunakan sebagai tempat peletakkan spesimen pada saat pengujian absorpsi air komposit *polymer blend* berpenguat serat bambu.

j. *Universal Testing Machine* (UTM)

Mesin ini digunakan sebagai alat pengujian tarik spesimen komposit *polymer blend* berpenguat serat bambu. *Universal Testing Machine* dari Zwick Roell, tipe Z020.

k. Mesin CNC

Mesin CNC digunakan untuk membentuk spesimen sesuai standar uji tarik ASTM D638 dan uji impak ASTM D256.

l. *Irradiator Gamma Cell-60*

Mesin ini digunakan sebagai alat perlakuan sinar gamma pada spesimen komposit *polymer blend* berpenguat serat bamboo dengan kapasitas *chamber* berbentuk tabung dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 20 cm.

Selama proses penelitian, terdapat beberapa bahan yang digunakan yaitu :

a. *Recycled High Density Polyethylene* (rHDPE)

rHDPE digunakan sebagai bahan *polymer blend* matriks dalam komposit

yang berasal dari sampah plastik layak daur ulang.

b. *Recycled Polypropylene* (rPP)

rPP digunakan sebagai bahan polymer blend matriks dalam komposit yang berasal dari sampah plastik layak daur ulang.

c. Serat Bambu

Serat bambu digunakan sebagai penguat pada komposit berasal dari bambu jenis petung (*Dendrocalamus asper*) dicacah dengan ukuran 40 mesh.

d. Larutan NaOH

Larutan NaOH (Natrium Hidroksida) digunakan untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam bambu, sehingga meningkatkan daya rekat antara serat dan *polymer* dalam komposit. Komposisi NaOH yang akan digunakan yaitu 5% terhadap volume air.

e. *Aquades*

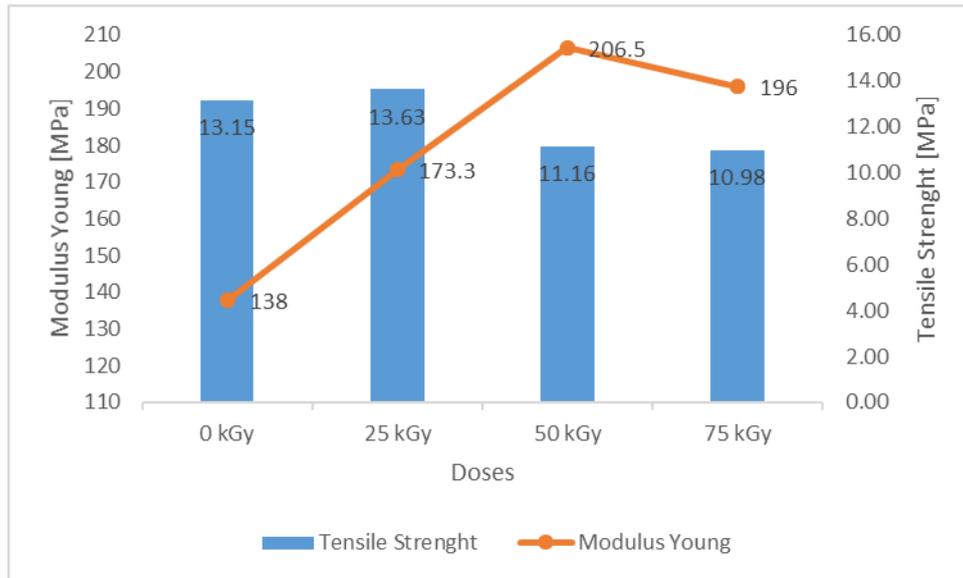
Aquades digunakan untuk merendam serat bambu ketika proses perlakuan permukaan atau proses *treatment* alkali

dengan NaOH juga digunakan untuk merendam komposit polimer ketika tahap uji penyerapan air (*water absorption*).

Data yang telah diperoleh dari pengukuran setiap variabel penelitian kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Data dianalisis dengan menggunakan metode penyelidikan secara deskriptif dan matematis. Teknik ini dilakukan dengan cara mengamati secara langsung fenomena yang terjadi pada komposit *polymer blend* berpenguat serat bambu yang terpengaruh oleh variabel bebas dan variabel kontrol. Data yang diperoleh berasal dari pengukuran spesimen yang dilakukan secara terus-menerus atau kontinyu dalam jangka waktu tertentu pada pengujian serapan air (*water absorption*) maupun data yang diperoleh dari pengujian kekuatan tarik (*tensile test*).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Tensile Properties*



Gambar 1. Grafik *Tensile Properties* Sampel pada Setiap Variasi Dosis Sinar Gamma

Dapat diamati pada gambar 1, *tensile strength* tertinggi ada pada spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 25 kGy yaitu sebesar 13,63 MPa dengan regangan 3,8%. *Tensile strength* menurun pada spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 50 kGy dan 75 kGy yaitu berturut-turut sebesar 11,16 MPa dan 10,98 MPa dengan regangan berturut-turut sebesar 3,2% dan 3,05%.

Spesimen komposit yang diberikan perlakuan sinar gamma ternyata memberikan nilai kekuatan tarik yang lebih besar. Secara umum kekuatan tarik spesimen komposit yang diberikan perlakuan sinar gamma memiliki kekuatan tarik yang lebih baik daripada yang tidak diberikan perlakuan.

Berdasarkan Gambar 1, spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 0 kGy

memiliki kekuatan tarik sebesar 13,15 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa nilai optimum kekuatan tarik ada pada spesimen dengan perlakuan dosis sinar gamma 25 kGy, dimana terjadi kenaikan kekuatan tarik sebesar 3,68%. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Raslan et al. (2018) yang mempelajari pengaruh radiasi gamma pada sifat mekanik komposit polipropilen limbah ampas tebu yang diolah secara kimia, di mana sifat mekanik optimum diamati untuk sampel yang diiradiasi. Pada penelitian lain juga dijelaskan bahwa sifat mekanik campuran PP/PE secara signifikan meningkat dengan dosis sinar gamma menengah 25 kGy (Fel et al., 2015). Dalam penelitian Shan et al. (2021), berdasarkan hasil tarik komposit *polymer blend* rHDPE/rPET 60 wt% RHF, dosis sinar gamma 25 kGy memiliki nilai *tensile*

strength tertinggi kemudian menurun pada dosis 50 kGy dan 100 kGy.

Dalam penelitian Shojaie et al. (2020) menjelaskan bahwa sifat tarik dan lentur meningkat dengan penyinaran sinar gamma 50 kGy dan kemudian menurun karena dua fenomena kontras, fotodekomposisi, dan foto-*cross-linking*, yang terjadi pada saat yang sama selama penyinaran gamma. Dalam penelitian lain, dipelajari pengaruh iradiasi gamma pada komposit serat poliuretan/*dispersed* dan anyaman serat sisal tanpa *coupling agent*. Dievaluasi sifat mekanik dari berbagai komposit yang disiapkan sebelum dan sesudah terjadinya perlakuan sinar gamma dosis 25 kGy. Kekuatan impak meningkat setelah iradiasi sementara kekuatan tarik dan modulus elastisitas menurun (Vasco et al., 2017).

Dari hasil yang dipaparkan diatas, *tensile strength* dari spesimen komposit yang diberikan perlakuan sinar gamma mengalami penurunan seiring meningkatnya dosis sinar gamma. Diamati bahwa sifat mekanik komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu meningkat dengan radiasi gamma hingga dosis tertentu dan kemudian menurun karena dua fenomena yang berlawanan, yaitu foto-*cross-linking* dan fotodegradasi yang terjadi secara bersamaan di bawah radiasi sinar gamma.

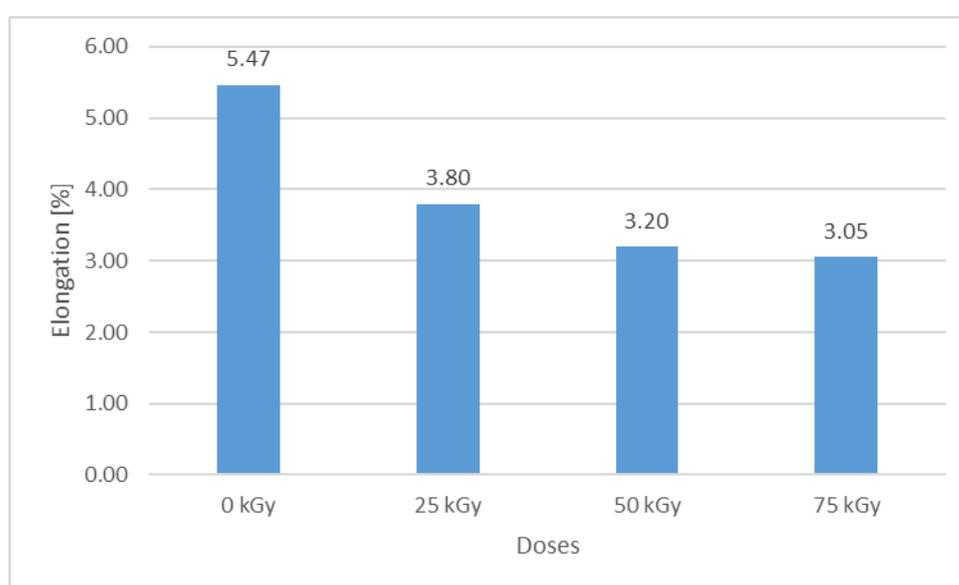
Selain itu, pada penelitian kali ini didapatkan hasil bahwa nilai antara kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kecenderungan yang berbanding terbalik. Hal tersebut dapat diamati pada plot grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dapat diamati bahwa nilai modulus elastisitas terendah ada pada spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 0 kGy yaitu sebesar 138 MPa. Nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan yang lebih tinggi pada spesimen komposit dengan perlakuan sinar gamma dengan dosis yang lebih tinggi, berbanding terbalik dengan kekuatan tarik yang menurun ketika diberikan perlakuan sinar gamma dengan dosis yang lebih tinggi.

Dalam penelitian Martínez-Barrera et al. (2014) menemukan bahwa radiasi sinar gamma mempengaruhi sifat-sifat komposit polipropilena yang diperkuat serat dan meningkatkan ketahanan tekanan dan modulus elastisitas. Besarnya nilai modulus elastisitas pada spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 25 kGy adalah 173,3 MPa, dan semakin tinggi pada spesimen komposit dengan dosis sinar gamma 50 kGy dan 75 kGy dengan nilai berturut-turut sebesar 206,5 MPa dan 196 MPa. Sejalan dengan penelitian Shan et al. (2021) yang menemukan hasil tarik komposit *polymer blend* rHDPE/rPET 40 wt% RHF, nilai

modulus young mengalami peningkatan setelah komposit diiradiasi sinar gamma. Modulus young meningkat seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma. Pada dosis 25 kGy dan 50 kGy mengalami peningkatan dan menurun pada dosis 100 kGy dan 150 kGy.

Dari grafik pada Gambar 2., dapat diamati bahwa nilai *elongation* menurun

seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma. Nilai *elongation* tertinggi ada pada spesimen komposit yang tidak di iradiasi sinar gamma yaitu sebesar 5,47%, sedangkan nilai terendah ada pada komposit dengan perlakuan dosis sinar gamma 75 kGy.



Gambar 2. Grafik *Elongation* Sampel pada Setiap Variasi Dosis Sinar Gamma

Sejalan dengan penelitian Shan et al. (2021) yang menemukan hasil tarik komposit *polymer blend* rHDPE/rPET 40 wt% , 60 wt%, dan 80 wt% RHF, nilai *elongation* mengalami penurunan setelah komposit diiradiasi sinar gamma. *Elongation* menurun seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma, pada dosis 25 kGy, 50 kGy, 100 kGy dan 150 kGy.

Iradiasi menunjukkan bahwa perlakuan gamma mempengaruhi sebagian besar polimer, yang dapat menghasilkan situs aktif untuk menunjang ikatan polimer antarmolekul yang lebih baik. Namun efek ini mungkin tidak terungkap jika isi matriks polimer rendah karena pembasahan polimer yang tidak mencukupi pada serat, dan dengan demikian menghasilkan adhesi serat-matriks yang buruk. Hal ini bisa menjadi alasan untuk efek buruk pada

kekuatan tarik dan perpanjangan putus yang berkurang hingga 75% saat dosis gamma meningkat (Shan et al., 2021).

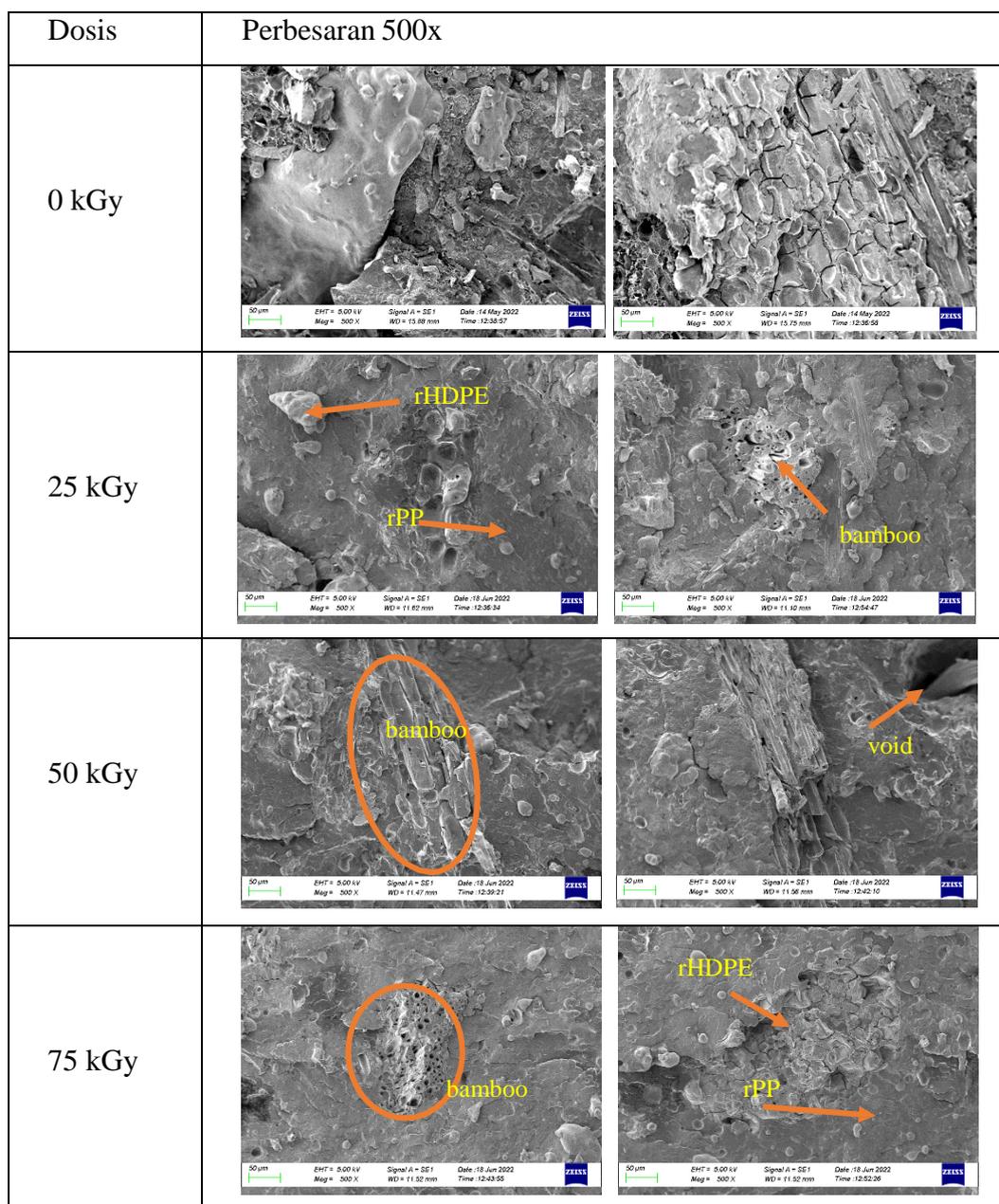
2. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Hasil pemindaian SEM menunjukkan permukaan patahan *tensile test* pada spesimen ASTM D638. Gambar 3. menampilkan mikrograf SEM dari permukaan retakan komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu. Seperti dapat dilihat pada gambar, radiasi gamma dapat mempengaruhi interaksi antara polimer dan pengisi.. Pada komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu yang tidak disinari, terlihat adanya *gap* antara polimer dan serat bambu yang menunjukkan permukaan yang tidak rata dan sambungan yang lemah dari hasil adhesi yang lemah antara serat bambu dan matriks polimer pada Gambar 3. (dosis 0 kGy). Adhesi yang lebih baik antara matriks bambu/polimer dapat dilihat pada sampel yang diiradiasi pada Gambar 4.4 (dosis 25 kGy) dibuktikan dengan nilai *tensile strength* yang lebih baik daripada sampel yang tidak diiradiasi. Sejalan dengan penelitian Shojaie et al. (2020a) dimana pada komposit serat kayu/polimer yang tidak disinari, terlihat adanya adhesi yang lemah antara serat kayu dan matriks polimer. Sedangkan adhesi yang lebih baik

antara matriks kayu/polimer dapat dilihat pada sampel yang diiradiasi. Efek radiasi ini tergantung pada dosis yang diterapkan pada sampel.

Dapat diamati juga bahwa permukaan sampel yang diiradiasi cenderung lebih halus daripada sampel yang tidak diiradiasi pada Gambar 4.4 (dosis 25 – 75 kGy). Hal ini sejalan dengan penelitian Shan et al. (2021) mengungkapkan bahwa permukaan menjadi sedikit lebih halus dan lebih halus setelah iradiasi. Hal ini mungkin karena reorganisasi rantai matriks berlangsung selama iradiasi, di mana kerapatan ikatan silang antara rantai kopolimer yang dihasilkan meningkat dengan dosis radiasi gamma. Namun, kegagalan dan penurunan hasil tarik mekanis yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan faktor adhesi. Diamati bahwa adanya adhesi yang buruk antara matriks polimer rHDPE/rPP dan serat bambu pada komposit yang telah diiradiasi sinar gamma dosis 75 kGy daripada 25 kGy, dibuktikan dengan hasil *tensile strength* yang lebih baik pada dosis sinar gamma 25 kGy. Sejalan dengan penelitian Shojaie et al. (2020a) dimana diamati bahwa ada banyak penarikan serat sebagai akibat dari adhesi yang buruk antara matriks polimer rHDPE/rPET dan RHF untuk komposit yang diiradiasi dengan 150 kGy daripada 25 kGy, diyakini

berasal dari efek radiasi yang merugikan dimana bahan mulai terdegradasi dan rusak pada dosis radiasi yang sangat tinggi.



Gambar 3. Hasil Uji SEM Komposit *Polymer blend* Berpenguat Serat Bambu

3. Uji Serapan Air (*Water Aborbtion*)

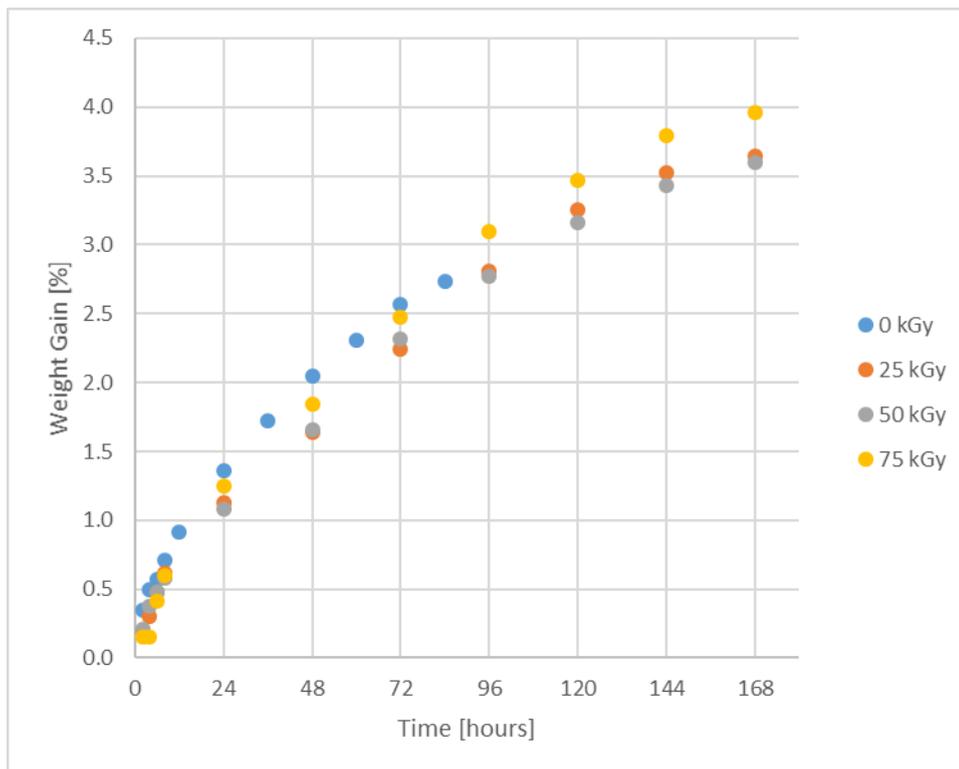
Salah satu hasil dari penelitian adalah hasil analisis *gravimetric* dari proses imersi spesimen dengan variasi dosis sinar gamma 0 kGy, 25 kGy, 50 kGy, dan 75 kGy.

Perendaman dari seluruh spesimen bertujuan untuk menunjukkan bahwa komposit *polymer blend* rHDPP/rPP berpenguat serat bambu juga menyerap air meskipun dalam jumlah yang sangat

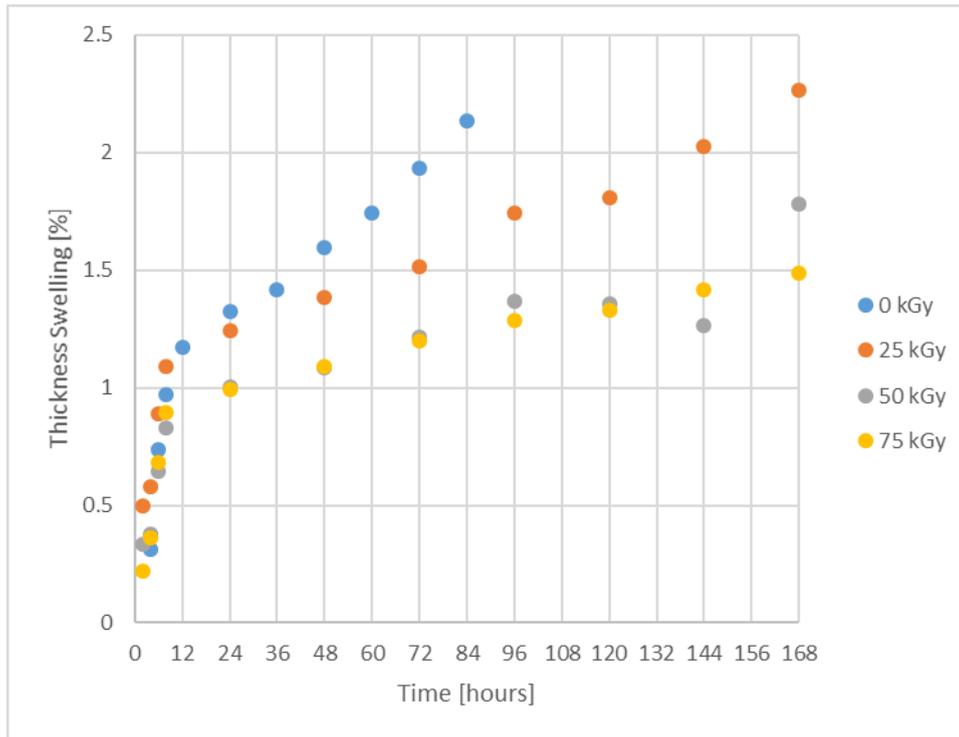
sedikit. Berikut merupakan pemaparan dari hasil perendaman seluruh spesimen dengan berbagai variasi dosis sinar gamma dapat dilihat pada Gambar 4. dan Gambar 5.

Peningkatan kadar air pada spesimen komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu memang sangatlah rendah, tetapi bagaimanapun kadar air pada seluruh spesimen tetap mengalami peningkatan setiap interval waktu tertentu. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.3, menunjukkan bahwa presentase

peningkatan air naik secara signifikan pada 4 jam pertama dan semakin naik setelah 6 jam hingga 72 jam perendaman. Selain itu, di antara variasi dosis sinar gamma 0 kGy, 25 kGy, 50 kGy, dan 75 kGy dapat diamati bahwa adanya iradiasi sinar gamma dapat mengurangi penyerapan air pada komposit. Persentase penyerapan air dari komposit sebagian besar tergantung pada fitur penyerapan air dari serat hibrida dan tingkat adhesi serat matriks.



Gambar 4. Grafik *Weight Gain* Sampel pada Setiap Variasi Dosis Sinar Gamma



Gambar 5. Grafik *Swelling* Sampel pada Setiap Variasi Dosis Sinar Gamma

Fenomena penyerapan air dan pengembangan ketebalan dapat diuraikan berdasarkan struktur selulosa glukosa hidro-d-selulosa (Shojaie et al., 2020).

Serat alam yang mengandung gugus hidroksil (OH-) dalam struktur kimianya cenderung cepat menyerap air. Dapat diamati grafik pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, sampel yang tidak diiradiasi sinar gamma memiliki daya serap air terbesar yaitu 2,563%, dan pengembangan ketebalan tertinggi sekitar 1,935%, setelah masa perendaman selama 72 jam. Sejalan dengan penelitian Shojaie et al. (2020a) yang menyelidiki komposit PP/*poplar wood*, dimana hasilnya sampel yang tidak diiradiasi memiliki daya serap air terbesar

2,85%, dan pengembangan ketebalan tertinggi sebesar 2,34% setelah direndam selama 72 jam.

Seiring perendaman dilakukan ternyata penyerapan air dan pengembangan ketebalan terendah terlihat pada sampel yang diiradiasi sinar gamma 50 kGy pada perendaman ke 144 jam yaitu berturut-turut sebesar 3,43% dan 1,27%. Sedangkan sampel yang diiradiasi dosis 75 kGy sedikit lebih tinggi daripada sampel serupa yang diiradiasi sinar gamma dosis 50 kGy. Hal ini sejalan dengan penelitian Shojaie et al. (2020a) dimana penyerapan air dan pengembangan ketebalan terendah terlihat pada sampel yang diiradiasi sinar gamma dosis 50 kGy, cenderung lebih rendah

daripada sampel yang diiradiasi sinar gamma 75 kGy. Alasannya adalah terciptanya celah permukaan dan degradasi beberapa ikatan silang dalam komposit ketika disinari dengan radiasi dosis tinggi. Komposit yang diiradiasi dengan sinar gamma memiliki daya rekat serat matriks yang lebih baik, dan hal ini dapat menjadi penyebab berkurangnya penyerapan air dan pengembangan ketebalan dibandingkan dengan komposit yang tidak diiradiasi. Sinar gamma mengurangi gugus hidroksil sambil meningkatkan area kristal melalui ikatan silang, yang pada gilirannya mengurangi area amorf.

Dalam penelitian Shan et al. (2021) dimana campuran *polymer blend* rHDPE/rPET/40% RHF ditemukan bahwa sampel yang diiradiasi memiliki nilai penyerapan air (3,73-4,48%) dan pengembangan ketebalan (0,63-2,01%) lebih rendah dibandingkan dengan komposit yang tidak diberi perlakuan sinar gamma masing-masing sebesar 4,72% dan 3,92%. Hal ini menunjukkan bahwa radiasi gamma mungkin telah memulai proses *grafting* rantai polimer dalam komposit yang pada gilirannya daerah kristal meningkat dan daerah amorf menurun. Seperti yang dijelaskan oleh R. K. Khan et al. (2014), persentase penyerapan air dari komposit serat alami tergantung pada

kemampuan molekul air untuk menembus daerah amorf dan terhubung dengan gugus hidroksil (-OH) yang dapat diakses melalui pembentukan ikatan hidrogen, yang menyebabkan pengembangan material. Dipercaya bahwa penurunan penyerapan air oleh komposit yang diiradiasi juga dianggap berasal dari pengurangan gugus hidroksil dan adhesi serat matriks yang lebih baik yang disebabkan oleh radiasi gamma pasca perlakuan.

D. PENUTUP

Simpulan

Adanya perlakuan sinar gamma, memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik dari komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu yang mengubah komposisi kimia dan morfologi permukaan komposit. Kekuatan tarik tertinggi ada pada sampel komposit dengan dosis iradiasi sinar gamma 25 kGy sebesar 13,63 MPa hal ini terjadi kenaikan sebesar 3,68% dari sampel yang tidak diiradiasi. Kekuatan tarik menurun pada dosis sinar gamma 50 kGy dan 75 kGy berturut-turut sebesar 11,16% dan 10,98%. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik menurun seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma.

Karakteristik penyerapan air pada komposit *polymer blend* rHDPE/rPP berpenguat serat bambu dengan diiradiasi

sinar gamma menghasilkan penurunan penyerapan air dan pengembangan ketebalan yang lebih baik daripada tanpa diiradiasi. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya peningkatan daya rekat antara matriks dan serat. Pada perendaman 144 jam terjadi penyerapan air dan pengembangan ketebalan terendah pada dosis sampel yang diiradiasi dengan dosis 50 kGy berturut-turut sebesar 3,43% dan 1,27%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disampaikan saran sebagai berikut :

Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pembebanan serat alam pada komposit *polymer blend* yang digunakan terhadap perlakuan sinar gamma supaya mendapatkan hasil sampel yang memiliki sifat mekanik yang lebih optimal.

Perlu penambahan alat yang diharapkan mampu menjaga suhu ruangan ketika pengujian serapan air agar tidak terjadi perubahan suhu lingkungan uji secara tiba-tiba sehingga hasil penelitian lebih optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada LPPM Universitas Sebelas Maret atas bantuan dana untuk terlaksananya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bai, T., Wang, D., Yan, J., Cheng, W., Cheng, H., Shi, S. Q., Wang, G., & Han, G. (2021). Wetting mechanism and interfacial bonding performance of bamboo fiber reinforced epoxy resin composites. *Composites Science and Technology*, 213(June), 108951. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108951>
- Dikobe, D. G., & Luyt, A. S. (2017). Thermal and mechanical properties of PP/HDPE/wood powder and MAPP/HDPE/wood powder polymer blend composites. *Thermochimica Acta*, 654, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2017.05.002>
- Fel, E., Cassagnau, P., Khrouz, L., & Bonneviot, L. (2015). Comparative study of gamma-irradiated PP and PE polyolefins part 2 : Properties of PP / PE blends obtained by reactive processing with radicals obtained by high shear or gamma-irradiation. *Polymer*, 82, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.10.070>
- Haydaruzzaman, Khan, R. A., Khan, M. A., Khan, A. H., & Hossain, M. A. (2009). Effect of gamma radiation on the performance of jute fabrics-reinforced polypropylene composites. *Radiation Physics and Chemistry*, 78(11), 986–993. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.06.011>
- Hilary, L. N., Sultana, S., Islam, Z., Sarker, M. K. U., Abedin, M. J., & Haque, M. M. (2021). Recycling of waste poly(vinyl chloride) fill materials to produce new polymer composites with propylene glycol plasticizer and waste sawdust of Albizia lebbek wood. *Current Research in Green and*

- Sustainable Chemistry*, 4(September),100221.
<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100221>
- Khan, R. K., Shauddin, S. M., Dhar, S. S., & Khan, M. A. (2014). Comparative Experimental Studies on the Physico- mechanical Properties of Jute Caddies Reinforced Polyester and Polypropylene Composites. *Journal of Polymer and Biopolymers*, 1(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121520>
- Kira, K., Kim, S. C., Yamamoto, T., Kato, K., & Nomura, M. (2021). Structural design to enhance mechanical properties of carbon-fiber-reinforced thermoplastics using colloidal particles and soft and hard resins. *Composites Part C: Open Access*, 6, 100211.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.10.0211>
- Li, L., Zuo, J., Duan, X., Wang, S., Hu, K., & Chang, R. (2021). Impacts and mitigation measures of plastic waste: A critical review. *Environmental Impact Assessment Review*, 90(July), 106642.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106642>
- Martínez-Barrera, G., Martínez-Hernández, L., Velasco-Santos, C., Martínez-López, M., Ortiz-Espinoza, J., & Laredo dos reis, J. M. (2014). *Polypropylene Fibre Reinforced Polymer Concrete : Effect of Gamma Irradiation*. 22(9),787–792.
<https://doi.org/10.1177/096739111402200905>
- Meyer, J. L., Parkar, Z., & Lan, P. (2021). Reinforced vitrimers: Thermosets that process like thermoplastics. *Reinforced Plastics*, 65(4), 190–194.
<https://doi.org/10.1016/j.repl.2020.08.007>
- Mohan, H. T., Jayanarayanan, K., & Mini, K.M. (2021). Recent trends in utilization of plastics waste composites as construction materials. *Construction and Building Materials*, 271(xxxx), 121520.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121520>
- Olofinnade, O., Chandra, S., & Chakraborty, P. (2020). Recycling of high impact polystyrene and low- density polyethylene plastic wastes in lightweight based concrete for sustainable construction. *Materials Today: Proceedings*, 38(xxxx), 2151–2156.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.176>
- Rahman, H., Alimuzzaman, S., Sayeed, M. M. A., & Khan, R. A. (2019a). Effect of gamma radiation on mechanical properties pineapple leaf fiber (PALF)-reinforced low-density polyethylene (LDPE) composites. *International Journal of Plastics Technology*, 23(2), 229–238.
<https://doi.org/10.1007/s12588-019-09253-4>
- Rahman, H., Alimuzzaman, S., Sayeed, M. M. A., & Khan, R. A. (2019b). Effect of gamma radiation on mechanical properties of pineapple leaf fiber (PALF)-reinforced low-density polyethylene (LDPE) composites. *International Journal of Plastics Technology*, 23(2), 229 - 238.
<https://doi.org/10.1007/s12588-019-09253-4>
- Raslan, H. A., Fathy, E. S., & Mohamed, R. M. (2018). Effect of gamma irradiation and fiber surface

- Wang, W., Zhang, X., Mao, Z., & Zhao, W. (2019). Effects of gamma radiation on the impact strength of polypropylene (PP)/high density polyethylene (HDPE)blends. *Results in Physics*, *12*(February), 2169–2174. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.02.020>
- Webb, H. K., Arnott, J., Crawford, R.J., & Ivanova, E. P. (2013). Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, *5*(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym5010001>
- , M., Ghani, A., Ahmad, S., Tarawneh, A., & Gan, S. (2021). Tensile , thermal degradation and water diffusion behaviour of gamma-radiation induced recycled polymer blend / rice husk composites: Experimental and statistical analysis. *Composites Science and Technology*, *207*(February), 108748. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108748>
- Shojaie, M. H., Hemmasi, A. H., Talaeipour, M., & Ghasemi, E. (2020). Effect of gamma-ray and melt flow index of polypropylene on the properties of the lignocellulosic composite. *Radiation Physics and Chemistry*, *177*. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109126>
- Vasco, M. C., Neto, S. C., Nascimento, E. M., & Azevedo, E. (2017). Gammaradiation effect on sisal/polyurethane composites without coupling agents. *Polimeros*, *27*(2), 165–170. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.05916>
- Wang, W., Zhang, X., Mao, Z., & Zhao, W. (2019). Effects of gamma radiation on the impact strength of polypropylene(PP)/high density polyethylene (HDPE)blends. *Results in Physics*, *12*(February), 2169–2174. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.02.020>
- Webb, H. K., Arnott, J., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2013). Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, *5*(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym5010001>
- Witono, K., Irawan, Y. S., Soenoko, R., & Suryanto, H. (2013). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *4*(January), 227–234.

