

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SUSTAINABLE
POLYPROPYLENE/RICE HUSK/TITANIUM DIOXIDE HYBRID
COMPOSITES**

WAN ROSLINA BT WAN MOHD

MAY 2024

Main Supervisor : Associate Professor Dr Mohamad Awang, Ph.D

Co- Supervisor : Associate Professor Dr Norsyahida Sarifuddin, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology

Plastic's versatility, cost-effectiveness, and durability have led to its widespread use, but also to significant environmental problems due to its extensive consumption. To address these issues, researchers are developing sustainable materials, such as polypropylene (PP) reinforced with rice husk (RH) and titanium dioxide (TiO₂) hybrid composites. In this work, the determination of significant factors using a two-level full factorial design, effects of TiO₂ contents and RH loading, the optimum mechanical properties, and the performance of composites under natural weathering and biodegradability test were studied. The study involved treating RH with sodium hydroxide (NaOH) and using a two-level full factorial design to determine significant factors. Composites were prepared with 10 and 40 wt.% RH loading, <50 μm and 200-250 μm of RH size, and 0 and 3 wt.% TiO₂ contents, using a Brabender mixer and injection molding. Analysis of variance (ANOVA) identified RH loading and TiO₂ content as significant factors for tensile strength. Scanning electron microscopy (SEM) show that TiO₂ improved stress transfer between the PP matrix and RH, enhancing mechanical and thermal properties. The effects of TiO₂ (1, 3, and 5 wt.%) and RH (10 and 40 wt.%) were evaluated for mechanical properties, thermal behavior, morphology, water absorption, and UV resistance. Composites with 5 wt.% TiO₂ and 10 wt.% RH demonstrated the highest tensile strength and thermal properties. The PP/RH-10 wt.%/TiO₂- 5wt.% (treated) composites show lower water uptake and better UV absorption. Statistical analysis using Response Surface Method (RSM) determined

the optimum mechanical properties. The optimum tensile strength, Young's modulus and elongation at break were at 9.79 wt.% RH/5.83 wt.% TiO₂, 10 wt.% RH/0.20 wt.% TiO₂ and 11.76 wt.% RH/4.67 wt.% TiO₂ respectively. The performance of composites was assessed under natural weathering and biodegradability tests. The study found that natural weathering reduced tensile properties, as indicated by infrared (IR) spectra showing photo-degradation and SEM revealing larger pores and cracks. Weight loss was greater in untreated PP/RH samples compared to PP/RH/TiO₂ treated ones. Soil burial tests showed degradation over time, but TiO₂ did not enhance degradation rates, which were higher under weathering conditions, especially in untreated composites.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**PENYEDIAAN DAN PENCIRIAN KOMPOSIT MAMPAN HIBRID
POLIPROPILENA/SEKAM PADI/TITANIUM DIOKSIDA**

WAN ROSLINA BT WAN MOHD

MEI 2024

Penyelia Utama : Profesor Madya Dr Mohamad Awang, Ph.D

Penyelia Bersama : Profesor Madya Dr Norsyahida Sarifuddin, Ph.D

Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan

Kepelbagaian, kos efektif, dan ketahanan plastik telah membawa kepada penggunaannya yang meluas, tetapi juga menimbulkan masalah alam sekitar yang signifikan akibat penggunaan yang berlebihan. Untuk mengatasi masalah ini, penyelidik sedang membangunkan bahan-bahan lestari, seperti komposit hibrid polipropilena (PP) yang diperkukuhkan dengan sekam padi (RH) dan titanium dioksida (TiO_2). Dalam kajian ini, penentuan faktor-faktor penting menggunakan reka bentuk berfaktor penuh dua tahap, kesan kandungan TiO_2 dan pemuatan RH, sifat mekanik optimum, dan prestasi komposit di bawah cuaca semula jadi dan ujian kebolehubaian biologi telah dikaji. Kajian ini melibatkan rawatan RH dengan natrium hidroksida (NaOH) dan menggunakan reka bentuk berfaktor penuh dua tahap untuk menentukan faktor-faktor penting. Komposit disediakan dengan pemuatan RH 10 dan 40 wt.%, saiz RH $<50 \mu\text{m}$ dan $200\text{-}250 \mu\text{m}$, dan kandungan TiO_2 0 dan 3 wt.%, menggunakan pencampur Brabender dan acuan suntikan. Analisis varians (ANOVA) mengenal pasti pemuatan RH dan kandungan TiO_2 sebagai faktor penting untuk kekuatan tegangan. Mikroskop imbasan elektron (SEM) menunjukkan bahawa TiO_2 meningkatkan pemindahan tekanan antara matrik PP dan RH, meningkatkan sifat mekanik dan termal. Kesan kandungan TiO_2 (1, 3, dan 5 wt.%) dan RH (10 dan 40 wt.%) telah dinilai untuk sifat mekanik, sifat termal, morfologi, penyerapan air, dan rintangan UV. Komposit dengan TiO_2 5 wt.% dan RH 10 wt.% menunjukkan kekuatan tegangan dan sifat termal tertinggi. Komposit PP/RH-10 wt.%/ TiO_2 - 5wt.% (dirawat) menunjukkan penyerapan air yang lebih rendah dan penyerapan UV yang lebih baik.

Analisis statistik menggunakan Kaedah Permukaan Respon (RSM) menentukan sifat mekanik optimum. Kekuatan tegangan, modulus Young, dan pemanjangan putus optimum adalah pada 9.79 wt.% RH/5.83 wt.% TiO₂, 10 wt.% RH/0.20 wt.% TiO₂ dan 11.76 wt.% RH/4.67 wt.% TiO₂. Prestasi komposit telah dinilai di bawah ujian cuaca semula jadi dan kebolehubaian biologi. Kajian mendapati bahawa cuaca semula jadi mengurangkan sifat tegangan, seperti yang ditunjukkan oleh spektrum inframerah (IR) yang menunjukkan fotodegradasi dan SEM yang menunjukkan liang dan rekah yang lebih besar. Kehilangan berat adalah lebih tinggi dalam sampel PP/RH yang tidak dirawat berbanding dengan sampel PP/RH/TiO₂ yang dirawat. Ujian penimbunan tanah menunjukkan degradasi dari masa ke masa, tetapi TiO₂ tidak meningkatkan kadar degradasi, yang lebih tinggi dalam keadaan cuaca, terutama dalam komposit yang tidak dirawat.