

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงพื้นผิวผงไม้ยางพาราต่อพฤติกรรมคลายความเค้นของวัสดุผสม  
จากไม้ยางพาราและพอลิโพรพิลีน

Surface modification of Rubberwood flour on Stress Relaxation  
Behavior of Wood-Plastic Composites

## คณะนักวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตน์วิไล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุกฤทธิรา รัตน์วิไล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2561 รหัสโครงการ ENG610062S

## บทคัดย่อ

วัสดุผสมไม้พลาสติกประกอบด้วยผงไม้ยางพาราและพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล โดยผงไม้ยางพาราเป็นของเสียจากกระบวนการแปรรูปไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรงให้กับวัสดุที่เป็นเนื้อหลัก ได้แก่ พอลิโพรพิลีนรีไซเคิล ซึ่งเป็นวัสดุรีไซเคิลจากการนำพลาสติกใช้แล้วมาใช้ซ้ำให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่า วัสดุทั้งสองถูกผสมและขึ้นรูปเพื่อผลิตเป็นวัสดุผสมไม้พลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวคู่และเครื่องอัดร้อน ผงไม้ถูกปรับสภาพผิวด้วยสารอัลไลน์และไซเลนเพื่อให้วัสดุผสมมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางกล ทางความร้อน และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมและหาสภาวะที่เหมาะสมของปริมาณผงไม้ยางพาราและความเข้มข้นของไซเลนต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลด้วยการออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) และหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology, RSM) นอกจากนี้เมื่อวัสดุผสมไม้พลาสติกถูกนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางด้านงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการใช้งานแตกต่างกัน จึงต้องมีการศึกษาและทำนายพฤติกรรมการคลายความเค้นของวัสดุผสมไม้พลาสติกรวมถึงการทดสอบความทนต่อสภาวะแวดล้อมก่อนนำไปใช้งานจึงมีความสำคัญเช่นกัน

ผงไม้ยางพาราถูกปรับสภาพผิวด้วยสารอัลคาไลน์ช่วยเพิ่มการยึดเกาะผิวกับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลให้ดีขึ้นและเพิ่มการทนต่อการดูดซับน้ำ อีกทั้งเพิ่มสมบัติความแข็งแรงดึงและแรงดัด นอกจากนี้การปรับสภาพผิวของผงไม้ยางพารามีผลต่อความแข็งแรงดึงและแรงดัดอย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกันวัสดุผสมไม้พลาสติกที่ทำจากผงไม้ยางพาราที่ปรับสภาพผิวด้วยสารอัลคาไลน์และไซเลนส่งผลให้มีสมบัติสูงกว่าวัสดุผสมไม้พลาสติกที่ปรับสภาพผิวด้วยสารอัลคาไลน์หรือไซเลนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ความเข้มข้นของไซเลนมีผลต่อการดูดซับน้ำ ความแข็งแรงและความแข็งผิวอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการปรับสภาพผิวผงไม้ยางพาราไม่มีผลต่อสมบัติของวัสดุผสมไม้พลาสติก ซึ่งการปรับสภาพผิวผงไม้ยางพาราด้วยสารอัลคาไลน์และไซเลนที่ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่สมบัติการทนต่อการดูดซับน้ำ ความแข็งแรงและความแข็งผิวของวัสดุผสมไม้พลาสติกดีที่สุดโดยรวมถึงเป็นการเพิ่มการยึดเกาะผิวของผงไม้ยางพารากับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลและเพิ่มปริมาณผลึกของวัสดุผสมไม้พลาสติก

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุผสมไม้พลาสติกต่อสมบัติทางกายภาพและทางกล ประกอบด้วยปริมาณผงไม้ยางพารา 39.22 wt% ปริมาณพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล 60.78 wt% และความเข้มข้นของไซเลนที่ 3.44% ถูกทดสอบพฤติกรรมการคลายความเค้นและความทนต่อสภาวะแวดล้อม พฤติกรรมการคลายความเค้นของวัสดุผสมไม้พลาสติกเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเครียดเพิ่มขึ้น

ที่อุณหภูมิคงที่ หลักการซ้อนทับกันระหว่างเวลาและอุณหภูมิถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทำนายพฤติกรรมการคลายความเค้น เส้นโค้งการคลายความเค้นหลักแสดงพฤติกรรมการคลายความเค้นที่ระดับความเครียด 1.0 1.5 และ 2.0% เท่ากับ 208 187 และ 75 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้วัสดุผสมไม้พลาสติกมีสมบัติทางกลก่อนและหลังทดสอบความทนต่อสภาวะแวดล้อมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

## ABSTRACT

Wood-plastic composites (WPCs) were composed of rubberwood flour (RWF) and recycled polypropylene (rPP) which they were matrix and reinforcement, respectively. RWF obtained from wood waste of furniture industrial. Likewise, rPP with a recycled polymer created benefit from waste materials. These materials were mixed to produce WPCs using a twin-screw extruder, followed by compression molding. RWF was treated by alkalkine and silane so that WPCs had more compatibility for reinforcement and matrix. The effects of alkaline-silane treatment of RWF on physical, mechanical and thermal properties, and morphological characterization for WPCs were investigated. Then, the optimum wood content and silane concentration were also identified to optimize the physical and mechanical properties of WPCs using response surface methodology (RSM) and design the experiments using central composite design (CCD). With different applications of WPCs such as in building materials, WPCs were investigated the stress relaxation behavior to predict the long-term mechanical performance and the accelerated weathering testing as well.

The RWF treated with alkaline enhances the interfacial adhesion with rPP and also improves the water resistance, tensile and flexural properties of WPCs. In addition, the alkaline treatment and RWF content significantly affected the tensile and flexural strength. Likewise, the alkaline-silane treatment of RWF exhibited higher properties in comparison to silane or alkaline only. Moreover, silane concentrations significantly affected water absorption, mechanical strength, and hardness, while treatment times remained relatively unaffected by these properties. The best water resistance, mechanical strength, and hardness of WPCs were achieved by alkaline-silane treatment with 5% silane concentration for 2 h, which improved the interfacial adhesion of RWF and rPP as well as increased the crystallinity in the WPCs.

The optimum properties of WPCs found by RSM were a content of 39.22 wt% wood, 60.78 wt% recycled polypropylene, and a 3.44% silane concentration, which was tested the stress relaxation behavior and accelerated

weathering. The stress relaxation behavior increased with increasing strain level at a constant temperature. The time-temperature superposition was applied to construct a master curve extension for 1.0, 1.5, and 2.0% for 208, 187, and 75 days, respectively. Moreover, the accelerated weathering of the mechanical properties of the WPCs indicated that there was no significant difference after weathering in their mechanical properties.