

การพัฒนาแผ่นไม้อัดประกอบจากขยะทางการเกษตรผสมขยะพลาสติก
พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

DEVELOPMENT OF COMPOSITES PLYWOOD FROM
AGRICULTURAL WASTES MIXED HIGH-DENSITY POLYETHYLENE
PLASTIC WASTES

บุปผชาติ ต่อบุญสูง*

Buppachat Toboonsung*

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

*corresponding author e-mail: buppachat.t@nrru.ac.th

(Received: 11 November 2023; Revised: 24 January 2024; Accepted: 2 February 2024)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาไม้อัดประกอบโดยใช้ฟางข้าว ชี้อ้อย และผสมขยะพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง โดยไม้อัดประกอบถูกเตรียมขึ้นจากการผสมฟางข้าว สับย่อย 33.33 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับชี้อ้อย 66.67 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE มาทดแทนฟางข้าวและชี้อ้อย 0–10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก วัสดุถูกผสมกับเรซินและสารทำให้แข็งตัวเป็นสารยึดเกาะแล้วกดโดยใช้เครื่องไฮดรอลิกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน พบว่าตัวอย่างไม้อัดประกอบทั้งหมดมีพื้นผิวเรียบและมีความหนาสม่ำเสมอ สมบัติทางกายภาพของค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำมีค่า 0.88–0.98 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 8.96–18.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การนำความร้อน มีค่าระหว่าง 0.202–0.222 วัตต์/เมตร·เคลวิน สำหรับสมบัติทางกลวัดความแข็งแรงในการตัดงอ มีค่า 5.52–12.49 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร พบว่ามีการลดลงตามปริมาณพลาสติก HDPE ที่เพิ่มขึ้น สมบัติของไม้อัดคอมโพสิตมีการประเมินตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS A 5905–2003) และพบว่าสอดคล้องกับมาตรฐานแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง การผลิตไม้อัดคอมโพสิตที่เหมาะสมที่สุด คือการนำฟางข้าวออกและแทนที่ด้วยพลาสติก HDPE 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้อัดคอมโพสิตและการเพิ่มมูลค่าขยะในอนาคต

คำสำคัญ: แผ่นไม้อัด ฟางข้าว ชี้อ้อย พลาสติก ขยะ

Abstract

This research aims to develop composites plywood using rice straw, sawdust, and mixed high-density polyethylene (HDPE) plastic waste. The composites plywood was conducted by blending 33.33 wt.% minced rice straw with 66.67 wt.% sawdust, with an additional 0–10 wt.% of HDPE plastic to replace rice straw and sawdust. The materials were mixed with resin and hardener as binders and then pressed using a hydraulic machine at room temperature for 3 days. It was found that all composite plywood samples exhibited smooth surface textures and consistent thickness. The physical properties of a density and a water absorption were shown as 0.88–0.98 g/cm³ and 8.96–18.64 %, respectively. Thermal conductivity was appeared in the range of 0.202–0.222 W/m·K. The mechanical property of specifically bending strength was presented at 5.52–12.49 N/mm². It was exhibited that the bending strength decrease with increasing plastic content. The properties of composites plywood were evaluated according to Japanese industrial standards (JIS A 5905–2003) and found the corresponding to the standards for medium density veneers. However, the optimal fabrication of composite plywood is including the removal of rice straw and replacing it with HDPE plastic of 5 wt.%. This research is a guideline for the development of composites plywood and the enhancement of the value of waste in the future.

Keywords: Plywood, Rice straw, Sawdust, Plastic, Waste

บทนำ

ประเทศไทยมีการทำเกษตรกรรมทุกภูมิภาค เมื่อสิ้นฤดูเก็บเกี่ยวในแต่ละฤดูจะทำให้เกิดขยะจากการทำเกษตรกรรมจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว (Pan et al., 2011) แกลบ (Sumin et al., 2009) ไยมะพร้าว ชี้เลื่อย (Dg et al., 2021) ชังข้าวโพด (Jorge et al., 2012) ต้นข้าวโพด (Prasetyo et al., 2019) ไยป่าน (Solace et al., 2015) และไม้ไผ่ (Mariana et al., 2021) เป็นต้น การเผาเป็นวิธีการกำจัดขยะทางการเกษตรที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะง่ายและรวดเร็ว แต่การเผาก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย เช่น เกิดควันและสารพิษทางอากาศ ทำให้คุณภาพอากาศเสื่อมโทรมก่อให้เกิดฝุ่น PM 2.5 และ PM 10 ที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี นักวิจัยหลายกลุ่มจึงพยายามค้นคว้าหาวิธีการ และทางเลือกอื่นสำหรับการนำขยะทางการเกษตรเหล่านี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Sandip et al., 2019) ถ่านอัดแท่ง (Suryaningsih, Resitasari & Nurhilal, 2019) แผ่นพาร์ติเคิล

(Pugazhenthii & Anand, 2021) แผ่นใยไม้อัด (Pásztory et al., 2020) ไม้อัดประกอบ จีโอโพลีเมอร์ (Yuansong & Mingjie, 2019) และไฟเบอร์ซีเมนต์ (Yuantian et al., 2021) เป็นต้น ซึ่งไม้อัดประกอบที่ผลิตขึ้นจากส่วนผสมของพลาสติกและวัสดุทางการเกษตร เช่น ปาล์ม (Demin et al., 2021) ไม้ไผ่ (Mariana et al., 2021) และฟางข้าว (Magda, Eskander & Nawwar, 2017) เป็นที่สนใจและมีแนวโน้มว่าจะนำไปใช้เป็นที่เฟอร์นิเจอร์นั่งอาคารสำหรับการดูดซับเสียง (Han-Seung, Dae-Jun & Hyun-Joong, 2003; Jorge et al., 2012) และรณรงค์ความร่อน (Kangcheng et al., 2015) ในอนาคตได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถลดขยะทางการเกษตรไปพร้อมๆ กับการจัดการกับปัญหาขยะพลาสติกที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ ปี เพราะพฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการใช้บริการสั่งซื้อสินค้าและอาหารผ่านระบบออนไลน์เพิ่มขึ้น จึงมีการใช้พลาสติกจากสาเหตุนี้เพิ่มมากขึ้นอย่างมาก โดยส่วนใหญ่เป็นพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว เช่น แก้วพลาสติก หลอดพลาสติก ถุงพลาสติก กล่องโฟมบรรจุอาหาร ที่ไม่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ ประกอบกับการคัดแยกขยะเพื่อนำมารีไซเคิล (Recycle) น้อยลง จึงทำให้ประเทศไทยมีขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งประชาชนไม่มีความรู้ ความเข้าใจในการแยกขยะ และมีการกำจัดที่ไม่ถูกต้อง ขยะพลาสติกส่วนมากจะถูกนำไปฝังกลบรวมกับขยะมูลฝอยอื่นๆ ที่ไม่ได้คัดแยก ซึ่งพลาสติกใช้เวลาในการย่อยสลายนับร้อยปี ทำให้รัฐต้องสิ้นเปลืองงบประมาณจัดหาพื้นที่ฝังกลบ รวมไปถึงจัดหาเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องจักรเพื่อจัดการขยะพลาสติก และขยะอื่นๆ ปัญหาขยะพลาสติกที่กล่าวข้างต้นนี้หากมีการแยกขยะที่ต้นทาง และมีนวัตกรรมเทคโนโลยี เครื่องมือมาช่วยในการจัดขยะพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประชาชนได้ จึงเป็นความท้าทายสำคัญที่ทำให้เกิดแนวคิดในงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ซ้ำโดยการพัฒนาเป็นแผ่นไม้อัดประกอบ โดยจากงานวิจัยของ Magda et al. (2017) ได้ประดิษฐ์วัสดุประกอบไม้เนื้อแข็งที่ทำจากฟางข้าวและเศษโฟมโพลีสไตรีนรีไซเคิล พบว่า การเพิ่มเส้นใยฟางข้าวทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง การเพิ่มปริมาณสารเชื่อมต่อทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงคงที่และเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังลดการดูดซึมน้ำ ต้านทานเสียง และมีสมบัติในการทดแทนไม้ธรรมชาติได้อีกด้วย งานวิจัยของ Feng et al. (2019) ได้ศึกษาสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้ประกอบที่ใช้โพลีโพรพิลีนผสมเสริมเส้นใยใบกล้วย/ใบสับปะรด วัสดุแผ่นไม้ประกอบถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้เทคนิคการบีบอัดแบบร้อน ซึ่งพบว่าที่อัตราส่วนเส้นใยใบกล้วย/ใบสับปะรด 25 : 75 มีแนวโน้มที่ดีในการปรับปรุงการดูดซึมน้ำ และสมบัติเชิงกลที่ดีด้านความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดัดงอ และกำลังรับแรงกระแทก อีกทั้งยังก่อให้เกิดประโยชน์มากมายต่อชุมชนในแง่ของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำขยะจากการทำเกษตรกรรมและขยะพลาสติก HDPE มาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้อัด

ประกอบที่มีสมบัติโดดเด่นด้านใดด้านหนึ่ง เช่น การดูดซึมน้ำน้อย สมบัติเชิงกลที่เทียบเท่ากับไม้อัดในท้องตลาด และสมบัติเชิงความร้อนที่สามารถเป็นผนังอาคาร ผ่าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อนที่ดี เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ไม้อัดประกอบจะถูกเตรียมจากฟางข้าว ชี้เลื่อย และเศษพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High-density polyethylene; HDPE) ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีเรซินทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะ (Dg et al., 2021; Solace et al., 2015; Sumin et al., 2009) แล้วกดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก (Mariana et al., 2021) ที่อุณหภูมิห้อง การทดสอบลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ไม้อัดประกอบมีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นและการดูดซับน้ำ ศึกษาสมบัติทางความร้อนและทางกล ได้แก่ ค่าการนำความร้อนและความต้านการดัดงอ ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น หมายเลข JIS A 5905–2003 เป้าหมายระยะยาวของการวิจัยนี้คือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้อัดประกอบจากขยะทางการเกษตรและขยะพลาสติก รวมไปถึงขยะอื่นๆ ที่สามารถนำไปใช้งานเป็นวัสดุก่อสร้าง วัสดุตกแต่งอาคาร ผนังอาคาร ผ่าเพดาน และของใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะ บรรเทามลพิษทางอากาศและลดภาวะโลกร้อน ส่งผลให้มีสภาพแวดล้อมที่ยั่งยืนได้ในอนาคต

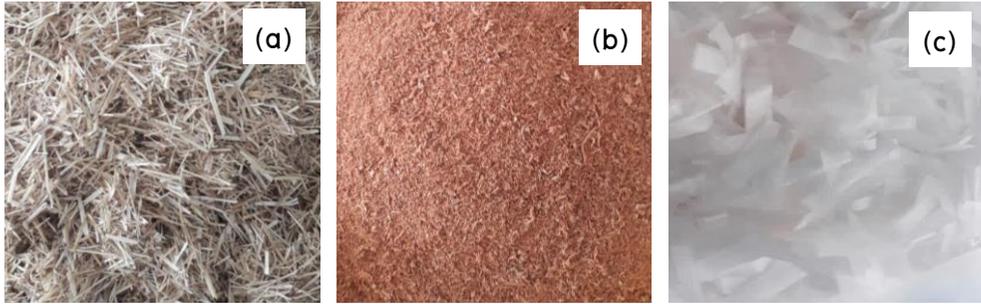
วิธีดำเนินการวิจัย

ไม้อัดประกอบมีวิธีการเตรียม และการทดสอบสมบัติด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมไม้อัดประกอบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปเป็นไม้อัดประกอบ ได้แก่ ฟางข้าวที่ผ่านการล้างย่อยให้มีขนาดประมาณ 0.5x2.5 ตารางเซนติเมตร ชี้เลื่อยที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 7 เมช ที่มีความกว้างของช่องประมาณ 3 มิลลิเมตร และเศษพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene; HDPE) ที่ถูกตัดเป็นชิ้น ขนาดประมาณ 0.5x2.5 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 1(a-c) วัตถุดิบเหล่านี้จะถูกนำมาผสมรวมกันในอัตราส่วนต่างๆ โดยกำหนดให้เงื่อนไข RSP-0 คือ อัตราส่วนระหว่างฟางข้าว (R) ต่อชี้เลื่อย (S) ต่อพลาสติก HDPE (P) ปริมาณ 33.33 : 66.67 : 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt.%) ซึ่งเป็นอัตราส่วนควบคุม (Control) เงื่อนไข RSP-5 และ RSP-10 จะลดปริมาณฟางข้าวลงแล้วทดแทนด้วยพลาสติก HDPE ปริมาณ 5 และ 10 wt.% ตามลำดับ โดยให้ปริมาณชี้เลื่อยคงที่ และเงื่อนไข SRP-5 และ SRP-10 จะลดปริมาณชี้เลื่อยลงแล้วทดแทนด้วยพลาสติก HDPE ปริมาณ 5 และ 10 wt.% ตามลำดับ โดยให้ปริมาณฟางข้าวคงที่ ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำตัวประสานที่ประกอบด้วยเรซินในปริมาณ 400 มิลลิลิตร และสารเร่งทำให้แข็ง (Hardener) ปริมาณ 6 มิลลิลิตร ที่ผสมให้เข้ากันแล้ว เทใส่ในวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดที่ผสมกันแล้วตามอัตราส่วนดังกล่าว คลุกเคล้าให้ตัวประสานผสมกับวัตถุดิบให้ทั่วถึง แล้วนำไปใส่ลงในแม่พิมพ์ขนาด 30x30 ตารางเซนติเมตร นำไปกดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกโดยใช้แรงดันขนาด

10.34 นิ้วต้นตอตารางมิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันที่อุณหภูมิห้อง (บุปผชาติ และคณะ, 2564) ดังภาพที่ 2 กระบวนการนี้จะทำให้ได้แผ่นไม้อัดประกอบขนาด 30x30x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีพื้นผิวสม่ำเสมอ แสดงดังภาพที่ 3(a-e) ซึ่งไม้อัดประกอบดังกล่าว ใช้อัตราส่วนการผสมของ วัสดุดิบและชื่อชิ้นงาน ดังตารางที่ 1 เมื่อภาพที่ 3(a) คือ RSP-0 (control) ภาพที่ 3(b) คือ RSP-5 ภาพที่ 3(c) คือ RSP-10 ภาพที่ 3(d) คือ SRP-5 และภาพที่ 3(e) คือ SRP-10



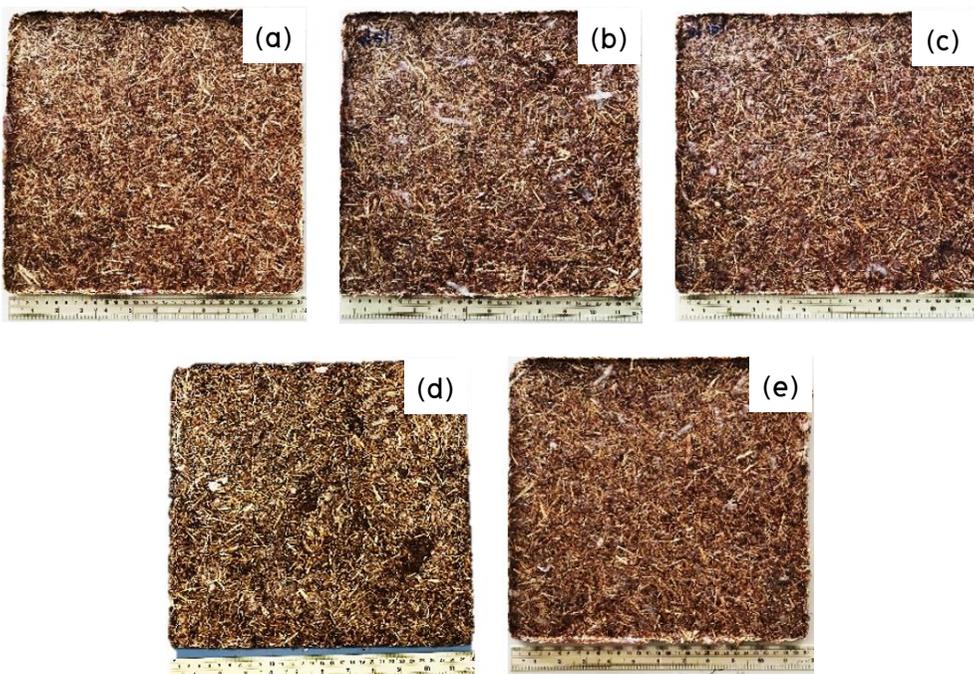
ภาพที่ 1 วัสดุดิบสำหรับเตรียมไม้อัดประกอบ ได้แก่ (a) ฟางข้าวสับ (b) ไม้เลื่อย และ (c) พลาสติก HDPE

ตารางที่ 1 ปริมาณวัสดุดิบสำหรับขึ้นรูปแผ่นไม้อัดประกอบที่อัตราส่วนต่างๆ ระหว่างฟางข้าว ไม้เลื่อย และพลาสติก HDPE

ชื่อชิ้นงานตัวอย่าง	อัตราส่วนของวัสดุดิบ (wt.%)		
	ฟางข้าว (wt.%)	ไม้เลื่อย (wt.%)	พลาสติก HDPE (wt.%)
RSP-0 (control)	33.33	66.67	0
RSP-5	28.33	66.67	5
RSP-10	23.33	66.67	10
SRP-5	33.33	61.67	5
SRP-10	33.33	56.67	10



ภาพที่ 2 การเตรียมไม้อัดประกอบที่อัดด้วยเครื่องไฮดรอลิก



ภาพที่ 3 ไม้อัดประกอบที่แปรรูปจากฟางข้าว ชี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อ (a) RSP-0 (control) (b) RSP-5 (c) RSP-10 (d) SRP-5 และ (e) SRP-10

2. การทดสอบสมบัติไม้อัดประกอบ

2.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ตัดตัวอย่างไม้อัดประกอบให้มีขนาด 10x10x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ ซึ่งการทดสอบเหล่านี้ดำเนินการตามแนวทางที่ระบุไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่นหมายเลข JIS A 5905-2003 การทดสอบ

ความหนาแน่นทำได้ด้วยการนำตัวอย่างไม้อัดประกอบไปชั่งน้ำหนัก และหาปริมาตร จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการที่ 1

$$D = \frac{m}{V} \quad (1)$$

โดยที่ D หมายถึง ความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

m หมายถึง น้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ (กรัม)

V หมายถึง ปริมาตรของชิ้นงานทดสอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

การทดสอบการดูดซึมน้ำทำโดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างไม้อัดประกอบในอากาศ (m_1) จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 2 เซนติเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (บุปผชาติ และคณะ, 2564) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำอีกครั้ง (m_2) แล้วคำนวณการดูดซึมน้ำ ดังสมการที่ 2

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ m_1 หมายถึง น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)

m_2 หมายถึง น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)

2.2 การทดสอบสมบัติการนำความร้อน

นำตัวอย่างไม้อัดประกอบขนาด 30x30x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปศึกษาค่าการนำความร้อนโดยใช้เครื่องวัดค่าการนำความร้อน (Applied precision Isomet 2114) ดังภาพที่ 4 โดยวัดทั้งหมด 5 ตำแหน่ง บนแผ่นไม้อัดประกอบ (บุปผชาติ และคณะ, 2564)



ภาพที่ 4 การทดสอบการนำความร้อนของแผ่นไม้อัดประกอบด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน (Applied precision Isomet 2114)

2.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

สมบัติทางกลประเมินจากความแข็งแรงในการดัดงอ โดยตัดไม้อัดประกอบให้มีขนาด 10x20x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่วงระยะทดสอบยาว 15 เซนติเมตร ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Tinius Olsen, Model TTR-080G) โดยใช้วิธีการดัดแบบสามจุด (Dg et al., 2021; Mariana et al., 2021) ด้วยความเร็วในการทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที ดังภาพที่ 5 ค่ากำลังรับแรงดัด สามารถคำนวณ ดังสมการที่ 3

$$R = \frac{3PL}{2bt^2} \quad (3)$$

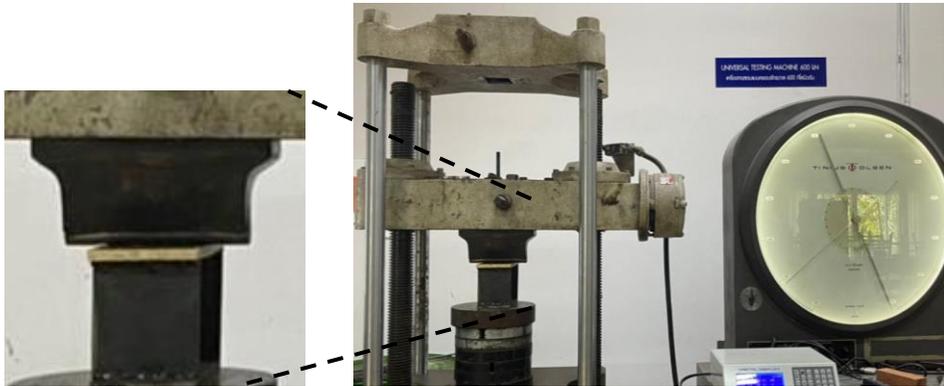
โดยที่ R หมายถึง ค่ากำลังการรับแรงดัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P หมายถึง น้ำหนักที่จุดวัดของคาน (กิโลกรัม)

L หมายถึง ความยาวช่วงคาน (เซนติเมตร)

b หมายถึง ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก (เซนติเมตร)

t หมายถึง ความหนาของแผ่นไม้อัดประกอบ (เซนติเมตร)



ภาพที่ 5 การทดสอบความแข็งแรงในการดัดแบบสามจุดของไม้อัดประกอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Tinius Olsen, Model TTR-080G)

ผลการวิจัย

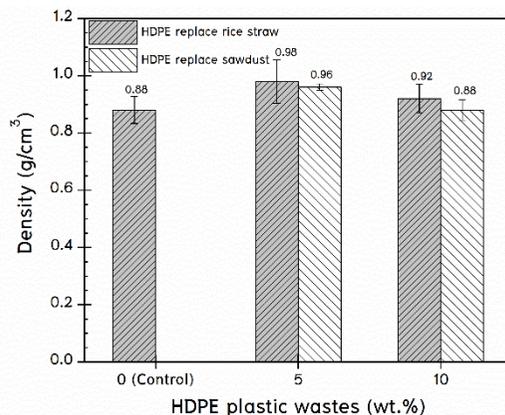
ไม้อัดประกอบจากฟางข้าว ซี้เสื่อย และพลาสติก HDPE ได้นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่นหมายเลข JIS A 5905-2003 ผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้อัดประกอบ

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดประกอบที่ทำจากการผสมฟางข้าว ชี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติกทดแทนฟางข้าวและชี้เลื่อยในปริมาณ 0–10 wt.% ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

1.1 ความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่นของไม้อัดประกอบอัตราส่วนต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ 1 ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 6 พบว่า ไม้อัดประกอบที่อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อชี้เลื่อยและพลาสติก HDPE (RSP-0) ปริมาณ 33.33 : 66.67 : 0 ซึ่งเป็นอัตราส่วนควบคุม มีความหนาแน่นประมาณ 0.88 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวหรือชี้เลื่อย ความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแผ่นไม้อัดประกอบที่ใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าว (RSP-5 และ RSP-10) มีค่าความหนาแน่นที่มากกว่าการนำพลาสติก HDPE ไปทดแทนชี้เลื่อย (SRP-5 และ SRP-10) ซึ่งการใส่พลาสติก HDPE ผสมในปริมาณ 5 wt.% ทดแทนทั้งในฟางข้าวและชี้เลื่อย จะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าเงื่อนไขอื่น คือ 0.98 และ 0.96 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นกับเกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905–2003) พบว่า แผ่นไม้อัดประกอบทั้งหมดมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ มากกว่า 0.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

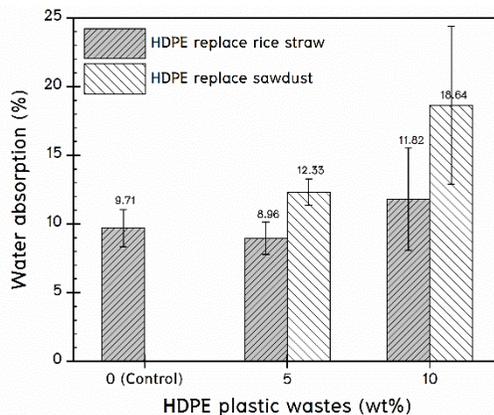


ภาพที่ 6 ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดประกอบที่ผสมฟางข้าว ชี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและชี้เลื่อย 0–10 wt.%

1.2 การดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวอย่างไม้อัดประกอบ คำนวณได้ดังสมการที่ 2 ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 7 พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของไม้อัดประกอบที่อัตราส่วนควบคุม (RSP-0)

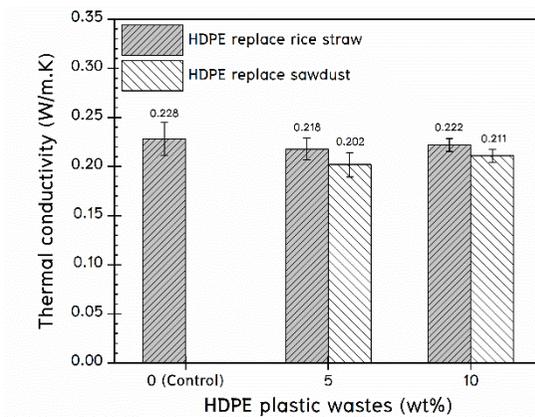
มีการดูดซึมน้ำ 9.71 % และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการผสมพลาสติก HDPE (Magda, Eskander & Nawwar, 2017) ซึ่งแผ่นไม้อัดประกอบที่ใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าการนำพลาสติก HDPE ไปทดแทนขี้เลื่อย ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างไม้อัดประกอบที่น้อยที่สุด คือ การใส่พลาสติก HDPE ในปริมาณ 5 wt.% ทดแทนฟางข้าว (RSP-5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความหนาแน่นที่สูงที่สุดของแผ่นไม้อัดประกอบ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905–2003) พบว่า แผ่นไม้อัดประกอบทุกเงื่อนไขมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ต่ำกว่า 25% จากการทดสอบ พบว่า แผ่นไม้อัดประกอบที่มีพลาสติก HDPE ผสมส่วนมากมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแผ่นไม้อัดประกอบที่ไม่มีผสมพลาสติก HDPE นั้น อาจเนื่องมาจากการไม้ยึดติดกันแน่นของวัสดุที่นำมาทำแผ่นไม้อัดประกอบเนื่องจากพลาสติก HDPE ไปขัดขวางการเชื่อมประสานระหว่างเรซินกับฟางข้าวและขี้เลื่อย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการทดแทนฟางข้าวและขี้เลื่อย ด้วยพลาสติก HDPE ส่งผลทำให้ความหนาแน่นสูงขึ้น แต่ไม่สัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำที่ควรลดลงแต่กลับเพิ่มขึ้น การทดแทนฟางข้าวและขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่นต่ำ ด้วยพลาสติก HDPE ที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ความหนาแน่นของไม้อัดประกอบสูงขึ้น แต่พลาสติก HDPE ไปขัดขวางการเชื่อมประสานระหว่างเรซินกับฟางข้าวและขี้เลื่อย ทำให้เกิดรูพรุนภายในโครงสร้าง ยิ่งเพิ่มปริมาณพลาสติก HDPE รูพรุนก็ยิ่งมากขึ้น ซึ่งรูพรุนนี้จึงส่งผลทำให้ความหนาแน่นลดลงอีกครั้ง และถ้ารูพรุนนี้เป็นรูพรุนเปิดก็จะทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย (บุปผชาติ และคณะ, 2564; ปานใจ และคณะ, 2563)



ภาพที่ 7 ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดประกอบที่ผสมฟางข้าว ขี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและขี้เลื่อย 0–10 wt.%

2. ผลการทดสอบสมบัติการนำความร้อนของแผ่นไม้อัดประกอบ

ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นไม้อัดประกอบ ดังภาพที่ 8 พบว่าค่าการนำความร้อนของไม้อัดประกอบที่อัตราส่วนควบคุม (RSP-0) มีค่าเท่ากับ 0.228 วัตต์/เมตร-เคลวิน แผ่นไม้อัดประกอบที่ใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าว และขี้เลื่อย มีค่าการนำความร้อนลดลงน้อยกว่าแผ่นไม้อัดประกอบที่ไม่มีพลาสติก HDPE ผสม มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.211–0.222 วัตต์/เมตร-เคลวิน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผสมพลาสติก HDPE จะทำให้แผ่นไม้อัดประกอบมีค่าความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่า (ธนภรณ์ และภูษิต, 2560; Kangcheng et al., 2015) และยังพบอีกว่าอัตราส่วนที่มีการใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและขี้เลื่อยแผ่นไม้อัดประกอบมีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าการใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าว

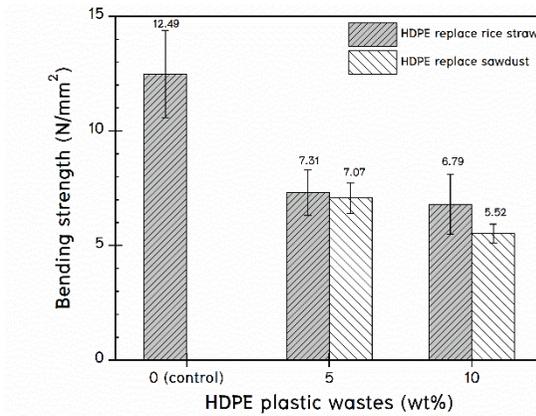


ภาพที่ 8 ค่าการนำความร้อนของแผ่นไม้อัดประกอบที่ผสมฟางข้าว ขี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและขี้เลื่อย 0–10 wt%

3. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้อัดประกอบ

ผลการทดสอบกำลังดัดของแผ่นไม้อัดประกอบ ดังภาพที่ 9 พบว่าค่ากำลังดัดของแผ่นไม้อัดประกอบที่อัตราส่วนควบคุม (RSP-0) มีค่าเท่ากับ 12.49 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ในขณะที่การทดแทนฟางข้าวหรือขี้เลื่อยด้วยพลาสติก HDPE ปริมาณ 5 และ 10 wt.% ทำให้ค่ากำลังดัดของแผ่นไม้อัดประกอบลดลง มีค่าประมาณ 5.52–7.31 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นการผสมพลาสติก HDPE มีผลทำให้สมบัติเชิงกลของไม้อัดประกอบจากฟางผสมขี้เลื่อยลดลง (Magda, Eskander & Nawwar, 2017) เนื่องจากวัสดุดิบมีความเข้ากันได้น้อย ไม่สามารถเชื่อมตัวประสานเรซิน และการกระจายตัวของเรซินไม่สม่ำเสมอ เพราะจะไปเกาะตัวกับขี้เลื่อยที่เป็นผงขนาดเล็กมากกว่าแผ่นพลาสติก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial

Standard (JIS A 5905–2003) ซึ่งกำลังตัดของไม้อัดมีเกณฑ์มาตรฐาน คือ มากกว่า 5 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นแผ่นไม้อัดประกอบที่มีส่วนผสมของพลาสติก HDPE ทุกเงื่อนไขผ่านมาตรฐาน แต่มีค่าน้อยกว่าเงื่อนไขไม้ใส่พลาสติก HDPE ทดแทน



ภาพที่ 9 ค่ากำลังตัดของแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าว ชี้เลื่อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและชี้เลื่อย 0–10 wt%

อภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้อัดประกอบโดยใช้ฟางข้าว ชี้เลื่อย และเศษพลาสติก ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีเรซินทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะ การทดสอบค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำที่แสดงถึงสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้อัดประกอบมีค่าความหนาแน่นสูงสุดที่การเติมพลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าว และชี้เลื่อย ปริมาณ 5 wt.% แต่สำหรับการดูดซึมน้ำพบว่า การทดแทนฟางข้าวและชี้เลื่อยด้วยพลาสติก HDPE ส่งผลให้การดูดซึมน้ำของไม้อัดประกอบส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Magda et al. (2017) ซึ่งพบว่า การเพิ่มเศษโพลีโพรพิลีน ทำให้การดูดซึมน้ำลดลง

การทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า พลาสติก HDPE มีผลทำให้สมบัติเชิงกลลดลง ซึ่งไปสอดคล้องกับงานวิจัยของ Magda et al. (2017) ซึ่งพบว่า การเพิ่มเศษโพลีโพรพิลีนทำให้สมบัติเชิงกลลดลง แต่อย่างไรก็ตามสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้อัดประกอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium-Density Fiberboard) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905–2003) โดยแผ่นไม้อัดประกอบที่ได้มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ต่ำกว่า 25 % ค่าความหนาแน่นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ มากกว่า 0.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า กำลัง

ดัดของไม้อัดมีเกณฑ์มาตรฐาน คือ มากกว่า 5 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ดังนั้นแผ่นไม้อัดประกอบที่มีส่วนผสมของพลาสติก HDPE ทุกเงื่อนไขผ่านมาตรฐาน

สำหรับการทดสอบสมบัติการนำความร้อนแผ่นไม้อัดประกอบ พบว่า การผสมพลาสติก HDPE จะไปช่วยทำให้แผ่นไม้อัดประกอบมีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่า เนื่องจากพลาสติก HDPE ไปขัดขวางการยึดตัวกันแน่นของวัสดุ ซึ่งค่าการนำความร้อนของไม้อัดประกอบจากงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ธนภรณ์ และภูษิต (2560) ที่ได้ทำการทดสอบสมบัติทางความร้อนของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้และเส้นใยแก้ว และพบว่า แผ่นประกอบที่มีอัตราส่วนเส้นใยแก้วเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยลง นั่นคือ มีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้น ดังนั้นแผ่นไม้อัดประกอบที่มีพลาสติก HDPE ผสมในงานวิจัยนี้จึงมีสมบัติที่โดดเด่นในด้านการลดค่าการนำความร้อน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปทำฉนวนความร้อน ซึ่งเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้ คือ การเติมพลาสติก HDPE ปริมาณ 5 wt.% แผ่นไม้อัดประกอบมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงแผ่นยิปซัมบอร์ดทั่วไป ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนประมาณ 0.190 วัตต์/เมตร-เคลวิน จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นผนัง และฝ้าเพดาน เพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ และองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาไม้อัดประกอบจากเศษวัสดุอื่นทางการเกษตรหรือเศษพลาสติก หรือโฟมได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการนำขยะกลับมาใช้ซ้ำทำให้มีคุณค่า และเพิ่มมูลค่าของขยะต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแผ่นไม้อัดประกอบโดยผสมฟางข้าว ชีลี้อย และพลาสติก HDPE ซึ่งใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวและชีลี้อยในปริมาณ 0–10 wt.% พบว่า แผ่นไม้อัดประกอบขึ้นรูปได้ทั้งหมด มีลักษณะของแผ่นที่มีผิวสัมผัสมีความเรียบเนียน มีความหนาที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ วัสดุเกาะตัวกันได้ดี แผ่นไม้อัดประกอบทดสอบตามมาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905–2003) การทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดประกอบมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.88–0.98 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดประกอบมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 8.96–18.64 % สมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด คือ การใช้พลาสติก HDPE ทดแทนฟางข้าวในปริมาณ 5 wt.% การนำความร้อนของแผ่นไม้อัดมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.211–0.228 วัตต์/เมตร-เคลวิน ค่าการนำความร้อน พบว่า แผ่นไม้อัดประกอบที่มีพลาสติกเป็นส่วนผสมมีค่าที่ดีกว่า สำหรับค่ากำลังดัดของแผ่นไม้อัดประกอบมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 5.52–12.49 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร แผ่นไม้อัดที่มีการใช้พลาสติก HDPE ผสมมีค่ากำลังดัดน้อยกว่า ดังนั้นแผ่นไม้อัดประกอบที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปทำฉนวน

ความร่อน และจะเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขยะทางการเกษตรและขยะพลาสติก ซึ่งส่งผลให้เกิดความยั่งยืนทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยและพัฒนา และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล

เอกสารอ้างอิง

- ธนภรณ์ โภควรรณวิทย์, และภูษิต เลิศวัฒน์รักษ์. (2560). สมบัติของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ และเส้นใยแก้วสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 40(2), 203–215.
- บุปผชาติ ต่อบุญสูง, กฤษฏา ทูมิวิเศษ, นนทที่ ดิดเห็น, และวันธนา ศิลปวิลาวัณย์. (2564). ผลของวัสดุประสาน เรซินผสมไฟมพอลิสไตรีนเพื่อขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดจากเปลือกของลำต้นทานตะวัน. *วารสาร วิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 30(2), 12–24.
- ปานใจ ลี้อประเสริฐสิทธิ์, ชิตชนนตรี บุญเฉลียว, และสุธาทิพย์ จันทร์ศิริ. (2563). การผลิตแผ่นฉนวนกัน ความร้อนจากเปลือกทุเรียน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 39(6), 664–671.
- Demin, J., Di, J., Shuchen, L., Suping, C., Shiguo, S., Xiaoruan, S., Shiqin, H., & Jingzong, Z. (2021). Effect of flame-retardant rice straw fibers on properties of fiber cement-based composites at high temperatures. *Journal of Building Engineering*, 44, 102923.
- Dg, N.T., Eeydzah, A., Nor, H.A.S.L., Nik, M.Z.N.S., Pau, C.L., Gabriel, H.T.L., & Mohd, H.A. (2021). Coconut fibre and sawdust as green building materials: a laboratory assessment on physical and mechanical properties of particleboards. *Buildings*, 11, 256.
- Feng, N.L., Malingam, S.D., Ping, C.W., & Razali, N. (2019). Mechanical properties and water absorption of kenaf/pineapple leaf fiber-reinforced polypropylene hybrid composites. *Polymer Composites*, 41, 1255–1264.
- Han-Seung, Y., Dae-Jun, K., & Hyun-Joong, K. (2003). Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86, 117–121.
- Jorge, F., Luís, P., Salviano, S., Daniel, C., Anabela, P., Humberto, V., José, F., & Jorge, P. (2012). Impact sound insulation technique using corn cob particleboard. *Construction and Building Materials*, 37, 153–159.
- Kangcheng, W., Chenglong, L., Minzhi, C., Xiaoyan, Z., Zhenyu, D., & Da, S. (2015). Development and performance evaluation of a new thermal insulation material from rice straw using high frequency hot-pressing. *Energy and Buildings*, 87, 116–122.

- Magda, E.T., Eskander, S.B., & Nawwar, G. AM. (2017). Hard wood–composites made of rice straw and recycled polystyrene foam wastes. **Journal of Applied Polymer Science**, **44770**, 1–9.
- Mariana, D.M.L., Magno, S.P., Juliana, P.R.G.C., Noan, T.S., Felipe, P.D.L., Henry, A.C., & Carlos, M.F.V. (2021). Natural based polyurethane matrix composites reinforced with bamboo fiber waste for use as oriented strand board. **Journal of Materials Research and Technology**, **12**, 2317–2324.
- Pan, M.Z., Mei, C.T., Zhou, X.B., & Pu, Y.L. (2011). Effects of rice straw fiber morphology and content on the mechanical and thermal properties of rice straw fiber–high density polyethylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**, **121**, 2900–2907.
- Pásztory, Z., Halász, K., BÖRCSÖK Z., & Srivaro, S. (2020). Properties of high density fiberboard mixed with poplar bark. **Walailak Journal of Science and Technology**, **17**, 1286–1293.
- Prasetyo, K.W., Astari, L., Syamani, F.A., & Subyakto. (2019). Physical and mechanical properties of urea formaldehyde and phenol formaldehyde–bonded particleboards made from corn stalk. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, **374**, 012050.
- Pugazhenth, N., & Anand, P. (2021). Mechanical and thermal behavior of hybrid composite medium density fiberboard reinforced with phenol formaldehyde. **Heliyon**, **7**, e08597.
- Sandip, M., Prasanna, K.G.V., Bhattacharya, T.K., Tanna, H.R., & Jena, P.C. (2019). Briquetting of pine needles (*Pinus roxburgii*) and their physical, handling and combustion properties. **Waste and Biomass Valorization**, **10**, 2415–2424.
- Solace, S.B., & Gregory, D.S. (2015). Flax and Hemp fiber–reinforced particleboard. **Industrial Crops and Products**, **77**, 940–948.
- Sumin, K., Hyun–Joong, K., & Jin, C.P. (2009). Application of recycled paper sludge and biomass materials in manufacture of green composite pallet. **Resources, Conservation and Recycling**, **53**, 674–679.
- Suryaningsih, S., Resitasari, R., & Nurhilal, O. (2019). Analysis of biomass briquettes based on carbonized rice husk and jatropha seed waste by using newspaper waste pulp as an adhesive material. **Journal of Physics: Conference Series**, **1280**, 022072.
- Yuansong, L., & Mingjie, G. (2019). Selected physical, mechanical, and insulation properties of carbon fiber fabric–reinforced composite plywood for carriage floors. **European Journal of Wood and Wood Products**, **77**, 995–1007.
- Yuantian, H., Jianli, T., Xiaoxin, X., Leping, L., Maojia, X., Hainan, L., Shujuan, Y., & Guangjian, Z. (2021). Study on untreated and alkali treated rice straw reinforced geopolymer composites. **Materials Chemistry and Physics**, **262**, 124304.