



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทนและคณะ
ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ธันวาคม 2559



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทนและคณะ
ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ธันวาคม 2559

สัญญาเลขที่ RDG5950016
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา
ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ต้นแบบ
สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม
(โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

คณะผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน	หัวหน้าโครงการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ เกิดทองมี	นักวิจัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัสวดี กุลบุญ ก่อแก้ว	นักวิจัย
4. ดร.สุธน ศรีวะโร	นักวิจัย
5. อาจารย์ กรกต สุวรรณรัตน์	นักวิจัย
6. นายทวีศิลป์ วงศ์พรต	นักวิจัย
7. นายธัญญ์วีร์ รสมัย	ผู้ช่วยวิจัย
8. นายใจเพชร โต๊ะหมาด	ผู้ช่วยวิจัย
9. นายดำนิยาน สตน	ผู้ช่วยวิจัย
10. นายชูศักดิ์ ฤทธิเพชร	ผู้ช่วยวิจัย
11. นายสมโชค นาคปน	ผู้ช่วยวิจัย

ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยเรื่องพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบ และเตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5) จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผ่านสำนักประสานงานชุดโครงการยางพารา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปีงบประมาณ 2559 ขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาจัดสรรทุนวิจัยทุกท่านที่เล็งเห็นความสำคัญและให้โอกาสนักวิจัยได้ดำเนินการพัฒนางานอย่างต่อเนื่องจนได้ผลผลิตออกมาอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูป

ขอขอบคุณ คุณเจษฎา อังวิทย์ธร กรรมการผู้จัดการบริษัทนครศรีพาราวิวดจำกัด อำเภอเมือง จังหวัด นครศรีธรรมราช และคุณชัชชม เหล่าฤทธิไกร กรรมการผู้จัดการบริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวิวดจำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง สำหรับความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้งานระบบที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยในโรงงานและให้ข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย / แผนงานวิจัย

1.1 ชื่อเรื่อง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลื่อย ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบ และเตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

(ภาษาอังกฤษ) Development of Sawing Pattern Design System, Wood Impregnation Control System and Design of Wood Drying Kiln and Control System for Industrial Rubberwood Lumber Production (Project phase 5)

1.2 ชื่อคณะกรรมการผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน	หัวหน้าโครงการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ เกิดทองมี	นักวิจัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัสวดี กุลบุญ ก่อเกื้อ	นักวิจัย
4. ดร.สุรณ ศรีวะโร	นักวิจัย
5. อาจารย์ กรกต สุวรรณรัตน์	นักวิจัย
6. นายทวิศิลป์ วงศ์พรต	นักวิจัย
7. นายธัญญวีร์ รสมัย	ผู้ช่วยวิจัย
8. นายใจเพชร โต๊ะหมาด	ผู้ช่วยวิจัย
9. นายดำนิยาน สตน	ผู้ช่วยวิจัย
10. นายชูศักดิ์ ฤทธิเพชร	ผู้ช่วยวิจัย
11. นายสมโชค นาคปน	ผู้ช่วยวิจัย

ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

โทร 075-673671 โทรสาร 075-672399

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2559 เป็นจำนวนเงิน 1,396,780 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม 2559 ถึง 31 ธันวาคม 2559

2. สรุปโครงการวิจัย

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งประกอบด้วย การเลื่อยไม้ยางพารา การอัดน้ำยาและการอบไม้ยางพาราแปรรูป มักจะใช้ความรู้จากประสบการณ์ของคนงานเป็นหลัก ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตไม้ยางพาราแปรรูปได้อย่างมีมาตรฐานและมีคุณภาพ มีการสูญเสียในกระบวนการผลิตสูง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาและสร้างเครื่องมือต่างๆ เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมโดยโครงการนี้ได้ดำเนินการเป็นระยะที่ 5

วัตถุประสงค์

พัฒนาและปรับปรุงระบบวิเคราะห์ไม้ยางพารา พร้อมทั้งออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงและเครื่องจับและหมุนไม้ซุง ปรับปรุงระบบควบคุมการอัดน้ำยาให้เสถียรสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม ปรับปรุงระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติและระบบวัดความชื้นในไม้ และปรับปรุงแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ประกอบ

ระเบียบวิธีวิจัย/ผลการวิจัยของโครงการระยะที่ 5

อัลกอริทึม 2 รูปแบบได้ถูกนำเสนอสำหรับการวิเคราะห์หน้าไม้ซุงให้ใส้ไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว (ยื่นอนุสิทธิบัตร) พร้อมทั้งได้ออกแบบและสร้างระบบต้นแบบสำหรับถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพหน้าไม้ซุงด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบต้นแบบสำหรับตีเส้นหน้าไม้ซุง ลำเลียงและหมุนไม้ซุงให้วางตัวในแนวเลื่อยที่เหมาะสม ระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาที่ได้มีการใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ถูกปรับปรุงให้สามารถถ่ายน้ำยาพร้อมทั้งทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งที่มีการวัดโดยอัตโนมัติ เครื่องวัดความชื้นไม้ยางพารา (ยื่นอนุสิทธิบัตร) ซึ่งมีช่วงการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในช่วงความชื้นตั้งแต่ 5%-20% ได้ถูกออกแบบและสร้าง โดยระบบดังกล่าวสามารถผนวกเข้ากับระบบอบไม้อัตโนมัติซึ่งพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ได้ โดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ Computational Fluid Dynamics (CFD) ทำการวิเคราะห์การติดตั้งพัดลมและปล่องระบายอากาศ โดยพบว่าจำนวนพัดลมที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้เพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นและปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นทำให้อัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้ลดลง ทั้งนี้ควรติดตั้งปล่องระบายอากาศที่ด้านหลังและหลังของพัดลม และสุดท้ายรูปแบบของเตาอบไม้ยางพาราที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมได้ถูกนำเสนอ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การได้รับการสนับสนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่องจะทำให้ผลงานวิจัยสามารถนำไปใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมในระยะยาวอย่างยิ่งย่น

การนำไปใช้ประโยชน์

ในโครงการระยะที่ 5 นี้ ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติให้กับบริษัทเอเชียแปซิฟิก พาราวู้ดจำกัด จังหวัดตรัง เพื่อใช้ควบคุมเตาอบไม้ทั้งหมดจำนวน 38 เตาอบของโรงงาน นอกจากนี้บริษัทนครศรีพาราวู้ดจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ขยายการใช้งานระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติจาก 6 เตาอบเป็นจำนวน 16 เตาอบทั้งโรงงาน

การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยว ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบ และเตาอบไม้ ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

นิรันดร์ มาแทน, วัฒนพงศ์ เกิดทองมี, สุรัสวดี กุลบุญ ก่อเกื้อ, สุธน ศรีวะโร, กรกต สุวรรณรัตน์,
ทวีศิลป์ วงศ์พรต, ธัญญวีร์ รสมัย, ใจเพชร โต๊ะหมาด, ด่านิยาน สदन, ชุศักดิ์ ฤทธิเพชร และ สมโชค นาคปน

ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

บทคัดย่อ

อัลกอริทึม 2 รูปแบบได้ถูกพัฒนาสำหรับการวิเคราะห์หน้าไม้ซุงให้ใสไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียง
แผ่นเดียว (ยื่นอนุสิทธิบัตร) พร้อมทั้งได้ออกแบบและสร้างระบบต้นแบบสำหรับถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพ
หน้าไม้ซุงด้วยคอมพิวเตอร์ ระบบต้นแบบสำหรับตีเส้นหน้าไม้ซุง ลำเลียงและหมุนไม้ซุงให้วางตัวในแนวเลื่อยที่
เหมาะสม

ระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาที่ได้มีการใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ถูก
ปรับปรุงให้สามารถถ่ายน้ำยาพร้อมทั้งทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งที่มีการวัดโดยอัตโนมัติ เครื่องวัด
ความชื้นไม้ยางพารา (ยื่นอนุสิทธิบัตร) ซึ่งมีช่วงการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
ในช่วงความชื้นตั้งแต่ 5%-20% ได้ถูกออกแบบและสร้าง โดยระบบดังกล่าวสามารถผนวกเข้ากับระบบอบไม้
อัตโนมัติซึ่งพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ได้

โดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ Computational Fluid Dynamics (CFD) ทำการวิเคราะห์การ
ติดตั้งพัดลมและปล่องระบายอากาศ พบว่าจำนวนพัดลมที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้เพิ่มขึ้น
แบบเชิงเส้นแต่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของลมมีค่าลดลง ปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นทำให้อัตรา
ลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้ลดลงและค่าการกระจายตัวของลมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ควรติดตั้งปล่องระบาย
อากาศที่ด้านหลังและหลังของพัดลม และสุดท้ายรูปแบบของเตาอบไม้ยางพาราที่เหมาะสมสำหรับ
อุตสาหกรรมได้ถูกนำเสนอ

คำสำคัญ: ไม้ยางพารา, การออกแบบการเลี้ยว, กระบวนการอัดน้ำยาไม้, การอบไม้แปรรูป, เครื่องควบคุมการ
อบอัตโนมัติ, เตาอบไม้

Development of Sawing Pattern Design System, Wood Impregnation Control System and Design of Wood Drying Kiln and Control System for Industrial Rubberwood Lumber Production (Project phase 5)

Nirundorn Matan, Wattanapong Kerdthongmee, Suratsavadee Koonlaboon Korkua, Suthon Srivaro, Korakot Suwannarat, Taweessin Wongprot, Thanyawee Rossamai, Jaipet Tomad, Daniyan Saton, Choosak Rittiphet and Somchoke Nakpon

Research Center of Excellence in Wood Science and Engineering,
Walailak University, Thasala district, Nakhon Si Thammarat 80160, Thailand

Abstract

This research developed two computer algorithms to arrange rubberwood log such that the pith of the log lies within a single piece of lumber after sawing (petty-patent filed). The computer software used to determine the pith line along the log was developed together with a prototype machine used to paint cutting lines on the log's cross-section, a conveyer to transfer and to rotate the log to a required angle.

Lumber impregnation control system (*ImPregWood*), already used in some wood industries, was improved to automatically transfer a solution of boron from a storage tank and to rinse with clean water after uses. A resistance type moisture meter (*MoistWood*) was built for measuring moisture content of rubberwood between 6-20% from room temperature to 90°C (petty-patent filed). The system could be integrated into a wood drying control system (*DryWood*) previously developed.

A computational fluid dynamics (CFD) simulation was employed to examine fan and vent installation of wood drying kiln. It can be shown that average air velocity before entering the lumber stacks linearly increases with the number of fans installed but linearly decreases with the vent size. On the other hand, coefficient of variation (CV) of airflow decreases and increases with the number of fans installed and the vent size, respectively. Finally, a design of rubberwood drying kiln has been proposed for industries.

Keywords: Rubberwood, Lumber sawing pattern, Wood chemical impregnation, Lumber drying, Lumber drying control system, Lumber drying kiln

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	iii
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	iv
บทคัดย่อ	vi
Abstract	vii
สารบัญ	viii
สารบัญภาพ	x
สารบัญตาราง	xv
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 การเลี้ยงไม้อย่างพารา	2-1
2.2 การอัดน้ำยาไม้อย่างพารา	2-6
2.3 การอบไม้อย่างพารา	2-9
2.4 เตาอบไม้อย่างพารา	2-12
บทที่ 3 การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเลี้ยงไม้อย่างพารา	3
3.1 การพัฒนาระบบวิเคราะห์ไม้ซุงอัตโนมัติ	3-1
3.2 การปรับปรุงระบบตีเส้นหน้าไม้	3-18
3.3 การออกแบบและสร้างระบบหมุนไม้ซุง	3-25
บทที่ 4 การพัฒนาระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้อย่างพารา	4
4.1 การออกแบบและสร้างระบบวัดและทำความสะอาดหลอดวัดความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติ	4-2
4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	4-7
บทที่ 5 การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการอบและการออกแบบเตาอบไม้อย่างพารา	5
5.1 การปรับปรุงเครื่องวัดความชื้นในไม้	5-1
5.2 การปรับปรุงระบบควบคุมการอบอัตโนมัติและการเชื่อมต่อระบบวัดความชื้นไม้	5-9
5.3 การออกแบบเตาอบไม้อย่างพาราโดยใช้คอมพิวเตอร์	5-13
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	6
บทที่ 7 เอกสารอ้างอิง	7

ภาคผนวก	A
คำขออนุสิทธิบัตร: วิธีการเลื่อยไม้ซุงยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน	A1
คำขออนุสิทธิบัตร: มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแผ่นย่นสูง	A2
บทความสำหรับการเผยแพร่	A3
การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	A4
สรุปการดำเนินการโครงการวิจัย	A5
คู่มือการใช้งานเครื่องวัดความชื้นไม้ยางพารา	A6
แบบก่อสร้างเตาอบไม้ยางพาราดันแบบ	A7
สรุปภาพรวมของโครงการตลอด 5 ระยะ	A8

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ต้นยางพาราถูกตัดโค่นหลังจากมีอายุ 25-30 ปี ลำต้นไม้ยางพาราจะถูกตัดเป็นท่อนก่อนบรรจุรถส่งไปยังโรงงานไม้ยางพาราแปรรูป (ภาพวาดโดย T. Odawara)	1-1
รูปที่ 1.2 ไม้ท่อนยางพาราถูกเลื่อยเป็นไม้ยางพาราแปรรูป ก่อนนำไปอัดน้ำยารักษาเนื้อไม้และอบให้มีความชื้นเหมาะสมกับสถานะที่ต้องการนำไปใช้งาน (ภาพวาดโดย T. Odawara)	1-3
รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายแสดงหน้าตัดของไม้ซุงยางพาราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการเลื่อยแบบตีตบ	2-1
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงการเลื่อยไม้ซุงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการเลื่อยแบบตีตบซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ไม้แปรรูปความหนา 1 นิ้ว พร้อมรายละเอียดขนาดและจำนวนไม้แปรรูปที่ได้และอัตราการแปรรูปไม้	2-2
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแปรรูปจากการเลื่อย (%) กับอัตราการแปรรูปจากการคำนวณ (%) ของการเลื่อยไม้ซุงยางพาราเป็นไม้ยางพาราแปรรูปขนาดความหนา 1 นิ้ว	2-2
รูปที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบขนาดของไม้แปรรูปที่ได้จากการเลื่อยของโรงงานกับขนาดของไม้แปรรูปที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม จะเห็นว่าขนาดของไม้แปรรูปที่โรงงานเลื่อยได้ส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดเล็ก ซึ่งคณะทำงานได้แนะนำถึงรูปแบบการเลื่อยที่ดีกว่าทำให้โรงงานได้ไม้แปรรูปขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งมีราคาต่อหน่วยสูงขึ้น	2-3
รูปที่ 2.5 โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพารา SawWood™ ที่พัฒนาขึ้น	2-3
รูปที่ 2.6 (ก) โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพาราที่ปรับปรุงให้สามารถพิจารณาผลจากไส้ไม้ คำนวณหาค่าชี้เลื่อย ปีกไม้ จำนวนครั้ง พลังงานที่ใช้ในการเลื่อย ทำนายลักษณะการบิดตัวหลังการอบ และราคาของไม้แปรรูปที่เลื่อยได้ (ข) เครื่องวัดขนาดของไม้ซุงยางพารา	2-4
รูปที่ 2.7 (ก) โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพาราที่ปรับปรุงจนสามารถนำไปใช้งานจริงได้ในอุตสาหกรรม (ข) เครื่องวัดขนาดและตีเส้นหน้าไม้ซุงยางพารา	2-4
รูปที่ 2.8 (ก) โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพาราแบบตีปอนที่ปรับปรุงจนสามารถนำไปใช้งานได้ ในอุตสาหกรรม (ข) อัลกอริทึมสำหรับหาตำแหน่งของไส้ไม้ด้วยคอมพิวเตอร์ และ (ค) เครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงยางพาราต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นในระดับเดียวกับขนาดของไม้ซุงจริง	2-5
รูปที่ 2.9 กระบวนการอัดน้ำยาไม้ยางพาราที่ดำเนินการในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานีเปรียบเทียบกับกระบวนการอัดน้ำยาที่เสนอโดยงานวิจัยนี้สำหรับไม้หนา 3 เซนติเมตร	2-6
รูปที่ 2.10 ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราซึ่งประกอบด้วยเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยาและโปรแกรมคำนวณการผสมน้ำยาในรอบต่อไป	2-6
รูปที่ 2.11 (ก) ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับบริษัทไทยนครพาราวิวด์ จำกัด ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน (ข) การติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริงที่บริษัทไทยนครพาราวิวด์จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช	2-7
รูปที่ 2.12 ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราที่ปรับปรุงให้คงทนต่อการใช้งานและกราฟมาตรฐานสำหรับน้ำยาอัดไม้ยี่ห้อต่างๆ	2-8
รูปที่ 2.13 (ก) กราฟมาตรฐานสำหรับน้ำยาอัดไม้ยี่ห้อหนึ่งที่อุณหภูมิต่างๆ และ (ข) โปรแกรมคำนวณการผสมน้ำยาในรอบต่อไปให้ได้ความเข้มข้นของน้ำยาตามที่ต้องการโดยสามารถใช้งานได้ทั้งอุณหภูมิค่าต่างๆ	2-8
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างข้อมูลการอบไม้ยางพาราหนา 3 เซนติเมตรจากการทดลองอบโดยใช้อุณหภูมิสูงซึ่งพบว่าสามารถลดเวลาการอบลงได้ โดยที่ไม้หลังการอบมีคุณภาพไม่แตกต่างกับการอบที่อุณหภูมิต่ำกว่าซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไป	2-9
รูปที่ 2.15 (ก) ระบบวัดความชื้นไม้ยางพาราแบบเข็มตอก (ข) ระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ (ค) ตู้ควบคุมและภายในตู้ควบคุมที่ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ และ (ง) หน้าจอควบคุมซอฟต์แวร์ควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ	2-9
รูปที่ 2.16 ระบบควบคุมการอบไม้อัดอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นซึ่งติดตั้งเข้ากับเตาอบไม้ยางพาราของโรงงานแห่งหนึ่งในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช	2-10
รูปที่ 2.17 จวงจรและเครื่องวัดความชื้นไม้ต้นแบบ MoistWood meter ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว และผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด MoistWood meter ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่ทำโดยวิธีชั่งน้ำหนักของไม้ยางพาราแปรรูปที่มี	2-11

การอัดน้ำยาโบรอนในปริมาณประมาณ 0.2%BAE ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม (กากบาท) และไม้ยางพาราแปรรูปที่ไม่ได้อัดน้ำยา (วงกลม)	
รูปที่ 2.18 ระบบควบคุมเตาอบไม้ (DryWood: KilnController) ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (DryWood: MicroController) และ ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ (DryWood: ComputerController) แบบหลายเตาอบขณะใช้งานโรงงานแห่งหนึ่งในพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราช	2-11
รูปที่ 2.19 การจำลองการเคลื่อนที่ของลมภายในเตาอบ ซึ่งในกราฟจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการจำลองและการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน	2-12
รูปที่ 2.20 การจำลองการเคลื่อนตัวของอากาศและการกระจายตัวของความร้อนในเตาอบไม้และแบบก่อสร้างเตาอบไม้ ยางพาราต้นแบบ	2-12
รูปที่ 2.21 การกระจายตัวของอัตราเร็วลมในเตาอบไม้ยางพาราที่ทำการติดตั้งคอยล์ร้อนในแนวดิ่ง	2-13
รูปที่ 3.1 การตรวจสอบแนวของไล่ไม้ในไม้ยางพาราแปรรูป (รูปจากโครงการระยะที่ 4)	3-1
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพแนวไล่ไม้ยางพาราหลังการผ่าตามแนวไล่ไม้ ภาพขวาสุดเป็นแนวไล่ไม้ที่จำลองใน 3 มิติ (รูปจากโครงการระยะที่ 4)	3-2
รูปที่ 3.3 การทดสอบหมุนไม้โดยใช้ภาพ กำหนดให้ไม้ซุงวางกับพื้นสมมุติ(แผ่นสีขาว)ที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งทำให้ได้แนวไล่ไม้(เส้นสีเขียว)ที่แตกต่างกัน	3-2
รูปที่ 3.4 การทดลองสร้างวงกลมแทนหน้าไม้สองด้านที่มีขนาดต่างกัน ตำแหน่งไล่ไม้จะมีแนวแตกต่างกัน	3-4
รูปที่ 3.5 การตัดไม้ซุงตามแนวขวางเป็นชิ้นขนาด 2 นิ้ว แล้วใช้โปรแกรมจำลองเฉพาะแนวเส้นขอบและแนวไล่ไม้	3-5
รูปที่ 3.6 การหาแนวไล่ไม้เมื่อพื้นผิวระนาบเปลี่ยนไป โดยการใช้ภาพถ่ายหน้าไม้ซุงจริง	3-6
รูปที่ 3.7 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด(0,0)ใหม่ เพื่อให้สามารถใช้จุด(0,0)ใหม่นี้เป็นจุดหมุน โดยมีข้อดีคือไม่ต้องคำนึงถึงระยะทางจากการหมุนที่เปลี่ยนไปของหน้าไม้ที่เปลี่ยนไปไม่เท่ากัน(คิดจากสมการความยาวเส้นรอบวงกลม ที่มีรัศมีแตกต่างกัน)	3-7
รูปที่ 3.8 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด (0,0) ใหม่ใน Log frame of reference และตำแหน่งไล่ไม้ $p_1(h_1, k_1)$ และ $p_2(h_2, k_2)$ ใหม่จากการคำนวณ	3-8
รูปที่ 3.9 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ไปตามมุม θ และคำนวณหาระยะทางระหว่างไล่ไม้ d	3-9
รูปที่ 3.10 การหาทิศทางของแนวไล่ไม้ β กับทิศทางฉากกับการวางไม้ N	3-10
รูปที่ 3.11 การหมุนไม้ซุงให้อยู่ในระนาบสำหรับการตีเส้นหรือการเลื่อยด้วยเลื่อยอัตโนมัติ	3-10
รูปที่ 3.12 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลเมื่อท่อนซุงวางตัวในระนาบ	3-12
รูปที่ 3.13 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลแสดงค่าระยะห่างและมุมเทียบกับจุดศูนย์กลางของวงกลม	3-12
รูปที่ 3.14 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลหลังหมุนไม้ซุงทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม β	3-13
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างผลการทดสอบแนวเส้นสีแดงคือแนวไล่ไม้ที่ตั้งฉากกับพื้น ซึ่งในกรณีนี้จะเกิดขึ้นสำหรับการหมุนที่มุม β เท่ากับ 59 องศา	3-13
รูปที่ 3.16 การทดสอบ Algorithm II โดยทำการถ่ายรูปลูกไม้ซุงยางพาราจำนวน 20 ท่อน ที่บริษัทนครศรีพาราวิฑูรย์ จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช	3-14
รูปที่ 3.17 ผลการทดสอบผ่าไม้แปรรูปส่วนที่มีไล่ไม้ติดอยู่เพื่อพิสูจน์ว่ามีไล่ไม้อยู่ในแผ่นไม้แปรรูปดังกล่าว	3-15
รูปที่ 3.18 การวางแผนวงล้อถ่ายภาพหน้าไม้ โดยทำการกำหนดระยะจากเลนส์ถึงเครื่องเลื่อยไม้แล้วทดสอบกระบวนการหาแนวไล่ไม้ด้วยคอมพิวเตอร์	3-16
รูปที่ 3.19 การทดลองหาขอบไม้และไล่ไม้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล	3-16
รูปที่ 3.20 โปรแกรมหาและคำนวณแนวไล่ไม้ พร้อมทั้งคำนวณมุมที่จะต้องหมุนไม้ซุงเพื่อให้สามารถเลื่อยไม้ซุงโดยไล่ไม้จะวางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว	3-17
รูปที่ 3.21 ภาพวาดของระบบพ่นสับหน้าไม้ของท่อนซุงยางพารา	3-19
รูปที่ 3.22 ภาพถ่ายของระบบพ่นสับหน้าไม้ของท่อนซุงยางพารา	3-20
รูปที่ 3.23 ภาพวาดของกลไกควบคุมการฉีดยา	3-21
รูปที่ 3.24 ภาพถ่ายของกลไกควบคุมการฉีดยา	3-22

รูปที่ 3.25	ภาพถ่ายผลการทดสอบการฉีดสีอย่างต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนด	3-23
รูปที่ 3.26	ภาพถ่ายผลการทดสอบการฉีดสีอย่างไม่ต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนด	3-24
รูปที่ 3.27	การออกแบบการวางอุปกรณ์การประมวลผลภาพ สายพานและเครื่องตีเส้น (ในโครงการระยะที่ 4)	3-25
รูปที่ 3.28	การออกแบบระบบสายพานลำเลียงไม้ซุงและอุปกรณ์การประมวลผลภาพ เครื่องตีเส้นและเครื่องพลิกไม้	3-26
รูปที่ 3.29	การออกแบบสายพานและอุปกรณ์โดยรวมการประมวลผลภาพเครื่องพลิกไม้เครื่องเส้นไว้ที่ตำแหน่งเดียวกัน	3-26
รูปที่ 3.30	ภาพสายพานลำเลียงไม้และเครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้ในงานวิจัย	3-27
รูปที่ 3.31	โครงสร้างการอุปกรณ์เพื่อควบคุมการหมุนไม้	3-28
รูปที่ 3.32	เครื่องหมุนไม้ซุงพร้อมหัวกดไม้ซุงที่ติดตั้งเข้ากับสายพานลำเลียง	3-28
รูปที่ 3.33	เครื่องหมุนไม้ซุงหลังจากเพิ่มตัวกดไม้ซุงเพื่อป้องกันการกลิ้งออกจากเฟือง	3-29
รูปที่ 4.1	ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยา <i>ImPregWood</i> เดิมที่มีการถ่ายน้ำยาเข้าออกด้วยคนและไม่มีระบบทำความสะอาดตัวเองหลังการใช้งาน	4-1
รูปที่ 4.2	(ก) หลอดวัดความเข้มข้นของน้ำยาที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลากว่า 2 ปีและมีผลลิโบรินเกาะทำให้อ่านค่าผิดพลาด (ข) และ (ค) ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยาที่ชำรุดและมีการรั่วซึมของน้ำยา	4-2
รูปที่ 4.3	ระบบควบคุมการอัดน้ำยา <i>ImPregWood</i> แบบอัตโนมัติซึ่งมีระบบนำน้ำยาเข้าสู่หลอดน้ำยาและระบบทำความสะอาดหลอดน้ำยา	4-3
รูปที่ 4.4	โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	4-3
รูปที่ 4.5	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) สำหรับควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	4-4
รูปที่ 4.6	สวิตช์ตัด-ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Relay)	4-4
รูปที่ 4.7	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์	4-4
รูปที่ 4.8	ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติต้นแบบพร้อมทั้งซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน	4-5
รูปที่ 4.9	การทดสอบการทำงานของระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ขณะปล่อยสารละลายเข้า/ออกจากชุดทดสอบ	4-5
รูปที่ 4.10	ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติพร้อมสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม	4-7
รูปที่ 4.11	หน้าจอควบคุมการทำงานของระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติ	4-7
รูปที่ 4.12	การติดตั้งระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติที่บริษัทนครศรีพาราวัตุจำกัด อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-8
รูปที่ 4.13	ระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบเดิมที่ เปิด - ปิด น้ำยาด้วยมือที่ผ่านการใช้งานมาตั้งแต่ปี 2556 และระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติที่ติดตั้งใหม่	4-8
รูปที่ 4.14	ระบบวัดความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติขณะกำลังถ่ายสารละลายโบรอนจากถังเก็บ เพื่อการอ่านค่าความเข้มข้นน้ำยาต่อไป	4-9
รูปที่ 5.1	ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยง +5 โวลต์	5-1
รูปที่ 5.2	ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยง -5 โวลต์	5-1
รูปที่ 5.3	วงจรตรวจจับค่าความต้านทานไม้	5-2
รูปที่ 5.4	วงจรปรับค่าแรงดันสู่ค่าความชื้นของไม้	5-2
รูปที่ 5.5	ส่วนการปรับแต่งสัญญาณ	5-3
รูปที่ 5.6	ส่วนการแสดงผลบนจอแสดงผล	5-3
รูปที่ 5.7	เครื่องวัดความชื้นไม้ยางพาราต้นแบบ <i>MoistWood meter</i> ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว	5-4
รูปที่ 5.8	ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และค่าความชื้นไม้จากฐานข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวัดด้วยเครื่อง <i>MoistWood meter</i>	5-5
รูปที่ 5.9	ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด <i>MoistWood meter</i> ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดค่าความต้านทานไม้จากฐานข้อมูล	5-5
รูปที่ 5.10	ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และผลการวัดค่าความชื้นไม้ด้วยเครื่อง <i>MoistWood Meter</i>	5-6
รูปที่ 5.11	ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และผลการวัดค่าความชื้นไม้ด้วยเครื่อง <i>MoistWood Meter</i>	5-6

รูปที่ 5.12 ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด <i>MoistWood meter</i> ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดด้วยวิธีอบแห้ง โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 99%	5-7
รูปที่ 5.13 เครื่องวัดความชื้นไม้แบบพาราต้นแบบ (<i>MoistWood meter</i>) สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมที่สามารถปรับค่าสำหรับการวัดความชื้นในไม้ที่อุณหภูมิค่าต่างๆ	5-8
รูปที่ 5.14 ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด <i>MoistWood meter</i> ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดด้วยวิธีอบแห้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 60°C	5-9
โดยแสดงข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือประกอบด้วย	
รูปที่ 5.15 หน้าจอ <i>Drywood-Computer</i> เพื่อเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์(<i>Drywood-Controller MCU</i>)	5-10
รูปที่ 5.16 หน้าจอ <i>Drywood-Computer</i> ในส่วนการรอบไม้หลังเลือก MCU ที่ต้องการแล้ว	5-10
รูปที่ 5.17 การเลือกกำหนดค่าการรับข้อมูลจากบอยเลอร์	5-10
รูปที่ 5.18 การใช้งานระบบเพื่อแสดงค่าความดันไอน้ำที่ผลิตจากบอยเลอร์ของบริษัทนครศรีพาราวัฏจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช	5-11
รูปที่ 5.19 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในไม้ <i>MoistWood meter</i>	5-11
รูปที่ 5.20 ผลการอ่านค่าความชื้นของไม้โดยการเชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในไม้ <i>MoistWood meter</i> กับระบบอบไม้อัตโนมัติส่วน <i>DryWood-MicroController</i>	5-12
รูปที่ 5.21 การเชื่อมต่อเครื่องวัดความชื้นในไม้ <i>MoistWood meter</i> กับระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ <i>DryWood</i>	5-12
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงตัวอย่างค่าความชื้นไม้ที่อ่านได้จากเครื่องวัดความชื้น <i>MoistWood meter</i> ซึ่งแสดงผลที่ระบบอบไม้อัตโนมัติ <i>DryWood-Computer</i>	5-13
รูปที่ 5.23 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัวถึง 5 ตัว ที่ใช้ในการวิจัย	5-14
รูปที่ 5.24 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัว 2 ตัว 3 ตัว 4 ตัว และ 5 ตัว ตามลำดับสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-17
รูปที่ 5.25 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าอัตราเร็วลมจากการจำลองในแต่ละกองไม้จากกองไม้จำนวน 10 กอง	5-17
รูปที่ 5.26 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-18
รูปที่ 5.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(m/s)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-18
รูปที่ 5.28 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(%)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-19
รูปที่ 5.29 สำหรับการไหลแบบคงตัวของของไหลที่อัดไม่ได้ พลิกขั้วรวมของการไหลของอากาศในห้องพัดลมและในห้องอบที่ผ่านช่องกองไม้จะมีค่าเท่ากัน	5-20
รูปที่ 5.30 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัวถึง 5 ตัว ที่ใช้ในการวิจัย	5-21
รูปที่ 5.31 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัว 3 ตัว และ 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-22
รูปที่ 5.32 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างระหว่างพัดลมค่าต่างๆในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-23
รูปที่ 5.33 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(%)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างระหว่างพัดลมค่าต่างๆในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-23
รูปที่ 5.34 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของเตาอบ	5-24
รูปที่ 5.35 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้าน 0m, 0.2m, 0.4m, 0.6m และ 1.0m จำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของเตาอบ (ภาพด้านบน)	5-25
รูปที่ 5.36 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ยาว 7.50m ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้าน 0m, 0.2m, 0.4m, 0.6m และ 1.0m (ตามลำดับ) จำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของเตาอบ	5-28
รูปที่ 5.37 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวและติดตั้งปล่องระบายอากาศขนาดต่างๆในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m	5-29

สารบัญตาราง

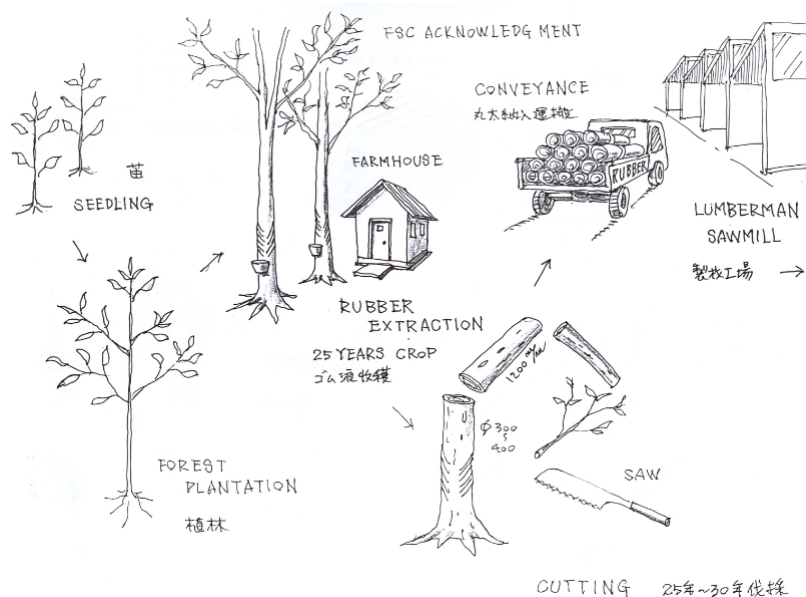
	หน้า
ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดระดับช่วงแรงดันของวงจรและค่าที่แสดงผลจากเครื่อง <i>MoistWood Meter</i> เมื่อทดสอบด้วยค่าความ ต้านทานต่างๆ	5-34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศโดยมีจุดประสงค์หลักของการปลูกเพื่อต้องการน้ำยาง โดยทั่วไปเกษตรกรจะทำการตัดโค่นต้นยางพาราที่มีอายุประมาณ 25-30 ปีซึ่งให้น้ำยางน้อยเพื่อปลูกใหม่ทดแทน (รูปที่ 1.1) เนื่องจากไมยางพาราเป็นไม้จากป่าเศรษฐกิจที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เนื้อไม้มีสีขาวนวลและมีสมบัติทางกลหลายประการเทียบเท่าไม้สัก ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับนำมาทดแทนไม้ที่ตัดโค่นจากป่าธรรมชาติ และเป็นวัตถุดิบที่ยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมไม้หลายประเภทโดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนและผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ (Balsiger et al., 2000; Teoh et al., 2011) อุตสาหกรรมไมยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละจำนวนมาก ในปี 2557 เฉพาะการส่งออกไมยางพาราแปรรูปมีปริมาณกว่า 7 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งนำรายได้เข้าประเทศเป็นเงินกว่า 29,859 ล้านบาทซึ่งทำรายได้มากกว่าไม้ส่งออกชนิดอื่นๆทุกชนิด ทั้งนี้ยังไม่นับรวมรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ เช่น เฟอร์นิเจอร์ ที่ถูกแปรรูปมาจากไมยางพารา (กรมป่าไม้, 2557)



รูปที่ 1.1 ต้นยางพาราถูกตัดโค่นหลังจากมีอายุ 25-30 ปี ลำต้นไมยางพาราจะถูกตัดเป็นท่อนก่อน
บรรทุกรถส่งไปยังโรงงานไมยางพาราแปรรูป (ภาพวาดโดย T. Odawara)

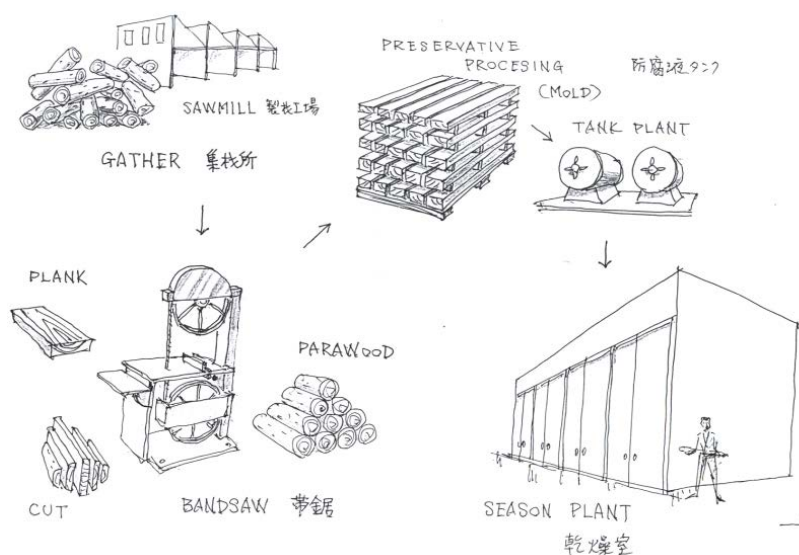
กระบวนการผลิตไมยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมที่ดำเนินการอยู่ในประเทศไทย (รูปที่ 1.2) ประกอบด้วย การเลื่อยไม้ซุงยางพาราเป็นไม้แปรรูป การอัดน้ำยาโบรอนเข้าเนื้อไม้ และการอบไม้

ยางพาราในเตาอบไม้แบบห้องอบ (Hong, 1995) โดยในขั้นตอนการเลื่อยไม้ท่อนยางพาราเป็นไม้ยางพาราแปรรูปขนาดต่างๆ เนื่องจากไม้ยางพารามีลำต้นที่ค่อนข้างเล็ก มีรูปร่างไม่แน่นอน และมีลักษณะของไส้ที่ไม่ตรง ทำให้อัตราการแปรรูปของไม้ซึ่งเป็นไม้แปรรูปมีค่าไม่แน่นอนขึ้นกับความสามารถของผู้เลื่อย (ที่เรียกว่านายม้า) ทั้งนี้ปัจจุบันปริมาณนายม้าที่มีความสามารถด้านการเลื่อยมีปริมาณจำกัด ในหลายพื้นที่ที่ประกอบกิจการอุตสาหกรรมไม้ยางพาราเริ่มประสบปัญหาขาดแคลนนายม้า และเริ่มนำเข้าระบบเลื่อยอัตโนมัติจากต่างประเทศเพื่อทำการเลื่อยไม้ท่อนยางพารา อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะดังกล่าวข้างต้นของไม้ยางพาราทำให้อัตราไม้แปรรูปและคุณภาพไม้แปรรูปที่ได้ยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ คณะทำงานหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ได้ดำเนินการพัฒนาเทคนิคการคำนวณรูปแบบการเลื่อยเบื้องต้นซึ่งประสบความสำเร็จในการใช้ทำนายปริมาณไม้ยางพาราแปรรูปที่ได้จากไม้ท่อนที่มีลักษณะกลมและไม่มีตำหนิ อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะให้การคำนวณใช้ได้กับไม้ยางพาราจริงซึ่งมีตำหนิ ไส้ไม้ และมีลักษณะเรียว จึงต้องมีการพัฒนาเทคนิคการคำนวณให้ครอบคลุมปัจจัยดังกล่าว ทั้งนี้เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือสร้างโปรแกรมและระบบสำหรับหารูปแบบการตัดไม้ท่อนที่ให้ปริมาณหรือราคาไม้แปรรูปสูงสุด

เนื่องจากเนื้อไม้ยางพารามีองค์ประกอบของแป้งและน้ำตาลสูง เชื้อราและแมลงทำลายได้ง่าย จำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพไม้ยางพาราก่อนไปใช้เพื่อยืดอายุการใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้สารประกอบโบรอนอัดเข้าไปในเนื้อไม้ สารประกอบโบรอนมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราและแมลงได้ดี เป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำ ไม่ทำให้ไม้ยางพาราเสียสี โดยประสิทธิภาพของการป้องกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่ตกค้างภายในเนื้อไม้ (Eton and Hale, 1993; Dhamodaran and Ganaharan, 1994; Ibach, 1999) ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น กรรมวิธีการอัดน้ำยา ความเข้มข้นของน้ำยา และความสามารถในการแทรกซึมของสารเข้าไปในเนื้อไม้ จึงต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้การอัดน้ำยาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สูญเสียเวลา พลังงานและปริมาณของสารเคมีน้อยที่สุด จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราที่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้พบว่า ไม่มีกระบวนการอัดน้ำยาที่เป็นมาตรฐาน ทำให้ปริมาณน้ำยาที่อยู่ในเนื้อไม้มีค่าไม่ถึงมาตรฐานการส่งออก งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะผลิตระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพารา เพื่อให้สามารถควบคุมปริมาณความเข้มข้นของน้ำยาได้ทุกรอบของการอัด และออกแบบโปรแกรมสำหรับคำนวณปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในการอัดน้ำยาไม้ยางพาราในแต่ละครั้งของการอัด เพื่อให้มีปริมาณสารป้องกันเนื้อไม้ตามมาตรฐานการส่งออก

จากธรรมชาติของไม้ที่สามารถดูดและคายความชื้นได้ตามสภาพบรรยากาศรอบๆ ก่อให้เกิดการพองตัวและหดตัวของชิ้นงาน จึงจำเป็นต้องทำการอบเพื่อปรับปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ให้สมดุลกับปริมาณความชื้นของสถานที่ที่นำไม้ชิ้นนั้นไปใช้งาน (โดยอบให้ไม้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 8 ถึง 16 ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยร้อยละ 12) (Matan and Kyokong, 2003; Theppaya and Prasertsan, 2004;

Langrish and Walker, 2006) ในปัจจุบันกรรมวิธีในการอบไม้ยางพารา ยังคงสูญเสียเวลาและพลังงานค่อนข้างสูง ผู้ประกอบการอาศัยความชำนาญในการปฏิบัติงานเป็นหลักในการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการอบ จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราที่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้พบว่า โรงงานส่วนใหญ่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการอบที่ได้มาตรฐาน รวมถึงไม่มีตารางการอบที่เป็นมาตรฐาน ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของไม้ยางพาราแปรรูปหลังการอบอย่างเป็นระบบได้ (หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 2548) งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะผลิตระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเตาอบในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการอบได้ตามตารางที่ออกแบบ ทำให้ได้ไม้ยางพาราที่มีมาตรฐานเดียวกัน รวมถึงออกแบบลักษณะของเตาอบไม้พร้อมกับอุปกรณ์ประกอบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ



รูปที่ 1.2 ไม้ท่อนยางพาราถูกเลื่อยเป็นไม้ยางพาราแปรรูป ก่อนนำไปอัดน้ำยารักษาเนื้อไม้และอบให้มีความชื้นเหมาะสมกับสภาวะที่ต้องการนำไปใช้งาน (ภาพวาดโดย T. Odawara)

1.2 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาและปรับปรุงระบบวิเคราะห์ไม้ซุงยางพาราซึ่งสามารถวัดขนาดไม้ซุงและกำหนดตำแหน่งของไส้ไม้ พร้อมทั้งออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงและเครื่องจับและหมุนไม้ซุง
2. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอัดน้ำยา *ImPregWood* ให้เสถียรในการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม
3. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ *DryWood* โดยผนวกระบบวัดความชื้นในไม้ขณะอบเข้าไปในระบบ
4. ปรับปรุงแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ประกอบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาหาองค์ความรู้และพัฒนาเทคนิคเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากหลายหน่วยงาน อาทิเช่น JICA ประเทศญี่ปุ่นและศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 10 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในโครงการสำรวจเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปของโรงงานไม้ยางพาราในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อปี 2548 ซึ่งทำให้ทราบปัญหาต่างๆในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป ต่อมาในปี 2549ได้รับทุนต่อเนื่องจากศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 10 จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ภายใต้โครงการวิจัยการปรับปรุงกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อเตรียมความพร้อมในการให้คำปรึกษาทางวิชาการกับกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งในปีเดียวกันได้ให้คำปรึกษาวินิจฉัยโรงงานที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 8 โรงงานในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้หน่วยวิจัยได้รับทุนจาก สกว ฝ่ายอุตสาหกรรมร่วมกับบริษัทไทยนครพาราวิวด จำกัด เพื่อพัฒนากระบวนการอบที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งเหมาะสมสำหรับประยุกต์กับเตาอบที่ใช้อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา และล่าสุดคณะผู้วิจัยได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในปี 2551, 2553, 2555 และ 2557 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ควบคุมกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปซึ่งประกอบด้วย การเลื่อย การอัดน้ำยา และการอบไม้ยางพารา โดยมีรายละเอียดดังนี้

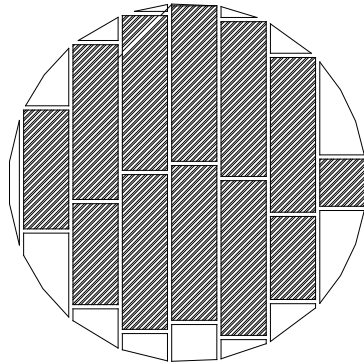
2.1 การเลื่อยไม้ยางพารา

คณะวิจัยได้สร้างและทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณหารูปแบบการเลื่อยไม้ใน 2 มิติ และประสบความสำเร็จในการทดสอบแบบจำลองเบื้องต้นในระดับโรงงาน (ดำเนินการด้วยทุนจากศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 10 และจังหวัดสุราษฎร์ธานี) อนึ่งการคำนวณดังกล่าวต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้ใช้ในขอบเขตที่กว้างขวางขึ้น เช่นเป็น 3 มิติ ใช้ได้กับไม้ที่ไม่กลม มีตาไม้ และไสไม้ เป็นต้น



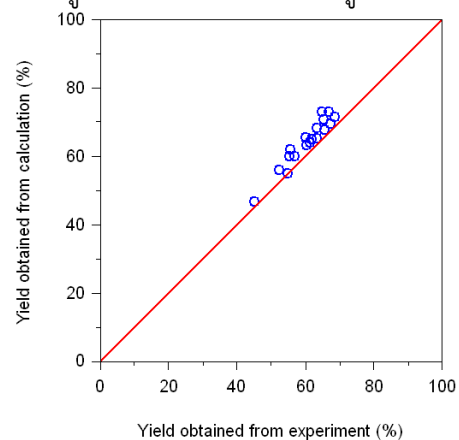
รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายแสดงหน้าตัดของไม้ยางพาราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการเลื่อยแบบตีดับ

ไม้ซุงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว



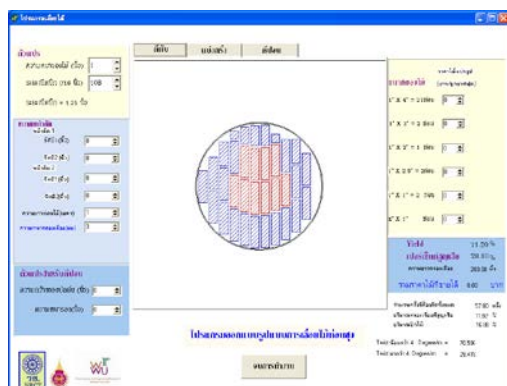
ไม้ซุง	ไม้แปรรูป (นิ้ว)	ขนาดไม้จริง (cm)	จำนวน (ท่อน)	พื้นที่ (cm ²)	อัตราการแปรรูป (%)
เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว หรือ 25.40 cm พื้นที่หน้าตัด 506.45 cm ²	1" × 1"	3.2 × 3.2	1	10.24	2.02
	1" × 2"	3.2 × 5.8	1	18.82	3.72
	1" × 2.5"	3.2 × 7.2	1	22.88	4.52
	1" × 3"	3.2 × 8.4	1	26.95	5.32
	1" × 4"	3.2 × 10.9	8	280.61	55.38
	ปึกไม้			84.42	16.71
	คลองเลื่อย			62.53	12.34
	อัตราการแปรรูปรวม = 70.95 %				

รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงการเลื่อยไม้ซุงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้วโดยใช้รูปแบบเลื่อยแบบติดบั้งซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ไม้แปรรูปความหนา 1 นิ้ว พร้อมรายละเอียดขนาดและจำนวนไม้แปรรูปที่ได้และอัตราการแปรรูปไม้



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแปรรูปจากการเลื่อย (%) กับอัตราการแปรรูปจากการคำนวณ (%) ของการเลื่อยไม้ซุงยางพาราเป็นไม้ยางพาราแปรรูปขนาดความหนา 1 นิ้ว

ในโครงการระยะที่ 2 ได้ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถพิจารณาผลจากไส้ไม้ คำนวณค่าเชื้อเพลิง ปีกไม้ จำนวนครั้ง พลังงานที่ใช้ในการเลื่อย ทำนายลักษณะการบิดตัวหลังการอบ และราคาของไม้แปรรูป ที่เลื่อยได้ และได้พัฒนาระบบหารูปทรงของไม้ยางพาราโดยการถ่ายภาพและประมวลผลด้วย คอมพิวเตอร์เพื่อเป็นข้อมูลป้อนให้กับโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณ



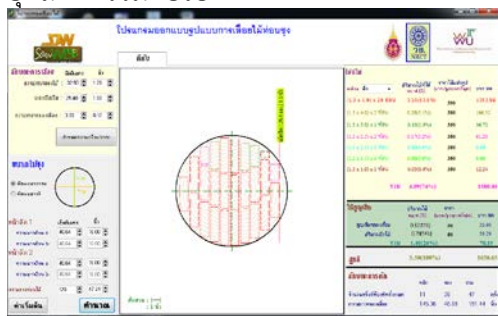
(ก)



(ข)

รูปที่ 2.6 (ก) โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพาราที่ปรับปรุงให้สามารถพิจารณาผลจาก ไส้ไม้ คำนวณค่าเชื้อเพลิง ปีกไม้ จำนวนครั้ง พลังงานที่ใช้ในการเลื่อย ทำนายลักษณะการบิดตัวหลัง การอบ และราคาของไม้แปรรูปที่เลื่อยได้ (ข) เครื่องวัดขนาดของไม้ซุงยางพารา

ในโครงการระยะที่ 3 ได้ปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายจนสามารถนำไปใช้งานจริงได้ใน อุตสาหกรรมโดยได้มอบให้กับโรงงานไม้ยางพาราจำนวน 26 โรงงานไปทดลองใช้และได้พัฒนาระบบ ต้นแบบเครื่องตีเส้นหน้าไม้ยางพารา (รูปที่ 2.7) ประกอบเข้ากับระบบหารูปทรงของไม้ยางพาราโดยการ ถ่ายภาพและประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาไว้ในโครงการระยะที่ 2 อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าว จำเป็นต้องปรับปรุงให้สามารถระบุตำแหน่งของไส้ไม้ได้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในโรงงาน อุตสาหกรรมต่อไป



(ก)

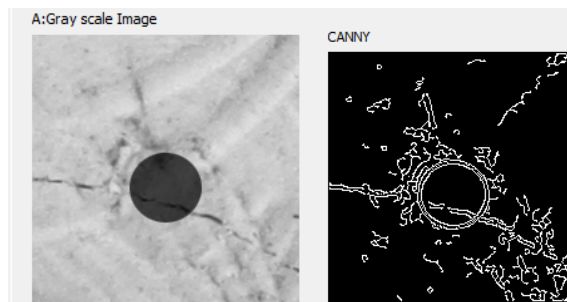
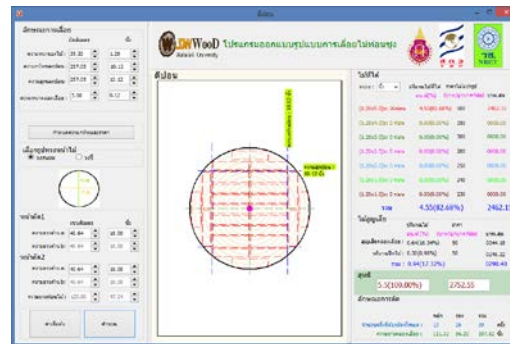


(ข)

รูปที่ 2.7 (ก) โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยางพาราที่ปรับปรุงจนสามารถนำไปใช้งาน จริงได้ในอุตสาหกรรม (ข) เครื่องวัดขนาดและตีเส้นหน้าไม้ซุงยางพารา

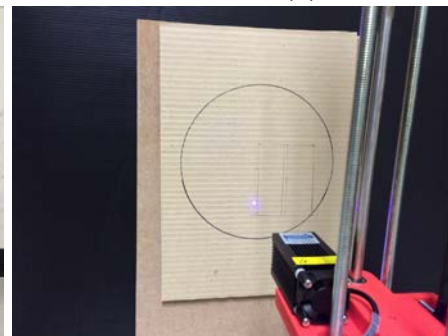
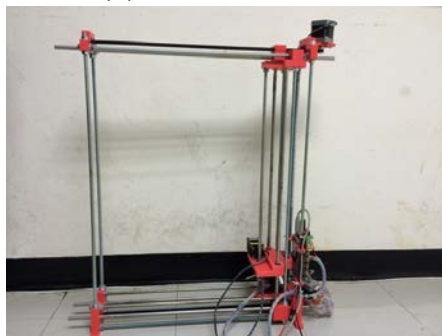
ในโครงการระยะที่ 4 ได้ปรับปรุงโปรแกรมในรูปแบบการเลื่อยแบบตีปอนเพิ่มเติมเข้าไป (รูป ที่ 2.8ก) โดยโปรแกรมสามารถเลือกความหนาและความกว้างของไม้แปรรูปที่ต้องการได้ สามารถ

ปรับขนาดคลองเลื่อยและระยะเปิดปีกได้ สามารถใช้คำนวณไม้ซุงความยาวต่างๆที่มีลักษณะกลม รี และรีเวได้ในเวลาเดียวกัน มีการพัฒนาระบบวิเคราะห์ไม้ซุงโดยพบว่าวิธีการแปลง Hough Circle Transforms (HCT) มีความเหมาะสมในการหาตำแหน่งของไส้ไม้ โดยหากมีการป้ายสีแดงที่ตำแหน่งของหน้าไม้จะทำให้ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาตำแหน่งไส้ไม้เพิ่มขึ้นจาก 55% เป็น 93% (รูปที่ 2.8ข) การกำหนดแนวของไส้ไม้จากตำแหน่งของไส้ไม้ที่ปลายไม้ทั้งสองข้างก่อนการเลื่อยทำให้ไส้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปเพียงท่อนเดียวได้ถูกต้อง 90% มีการพัฒนาเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงต้นแบบโดยใช้แสงเลเซอร์ (รูปที่ 2.8ค)



(ก)

(ข)

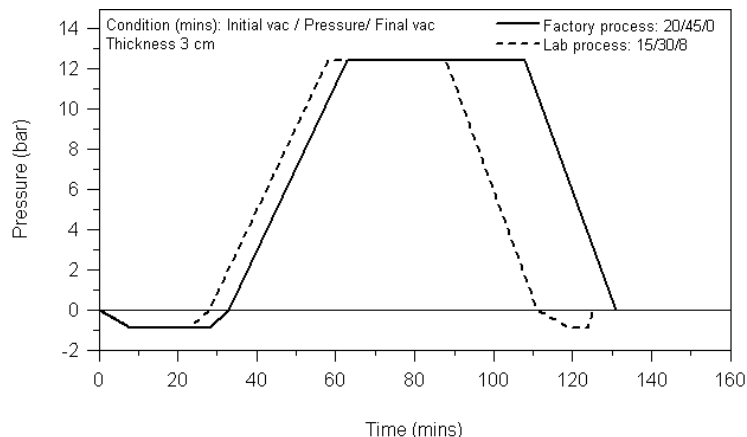


(ค)

รูปที่ 2.8 (ก)โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ซุงยาวพาราแบบตีปอนที่ปรับปรุงจนสามารถนำไปใช้งานได้ในอุตสาหกรรม (ข) อัลกอริทึมสำหรับหาตำแหน่งของไส้ไม้ด้วยคอมพิวเตอร์ และ (ค) เครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงยาวพาราต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นในระดับเดียวกับขนาดของไม้ซุงจริง

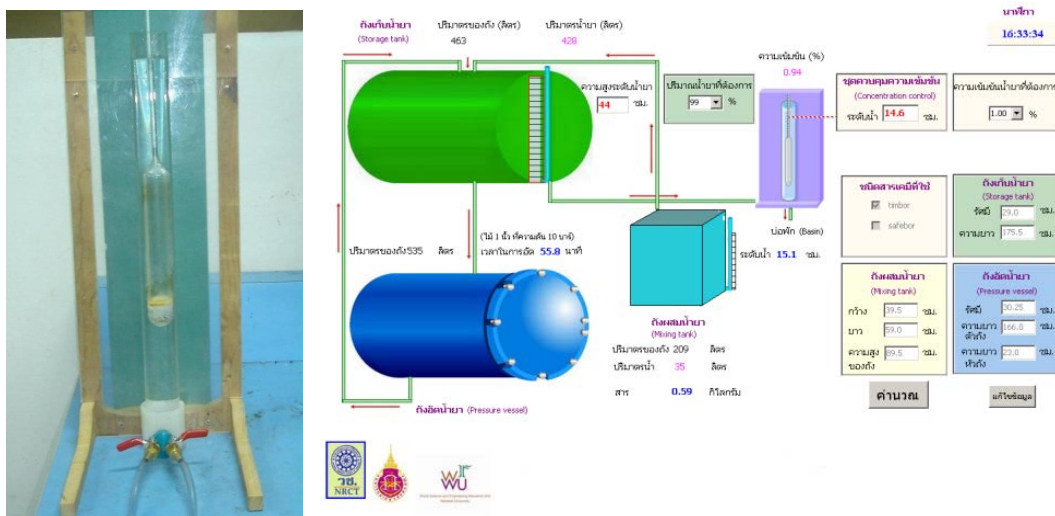
2.2 การอัดน้ำยาไม้ยางพารา

คณะวิจัยได้พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำยาที่คงค้างในเนื้อไม้กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตซึ่งได้แก่ ความดัน เวลา และความเข้มข้นของน้ำยา (ดำเนินการด้วยทุนจากศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 10 และจังหวัดสุราษฎร์ธานี) ซึ่งจะนำไปสร้างเป็นระบบควบคุมกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่างการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับโรงงานแห่งหนึ่งซึ่งทำให้ได้ปริมาณน้ำยาตามมาตรฐานและสามารถลดระยะเวลาการอัดน้ำยาลงได้ (รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 กระบวนการอัดน้ำยาไม้ยางพาราที่ดำเนินการในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เปรียบเทียบกับกระบวนการอัดน้ำยาที่เสนอโดยงานวิจัยนี้สำหรับไม้หนา 3 เซนติเมตร

โดยในโครงการระยะที่ 1 ได้พัฒนาระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราชื่อการค้า *ImPregWood™* (จดลิขสิทธิ์ในนาม วช เลขที่ ลข. 218205 วันที่ 22 กันยายน 2552) ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณสารเคมีและปริมาณน้ำที่ต้องเติมต่อรอบของการอัดเพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำยาให้คงที่



รูปที่ 2.10 ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราซึ่งประกอบด้วยเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยาและโปรแกรมคำนวณการผสมน้ำยาในรอบต่อไป

ในโครงการระยะที่ 2 ได้ปรับปรุงระบบจนสามารถใช้งานได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยติดตั้งให้กับบริษัทไทยนครพาราวัตุจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าหลังจากการใช้งานไป 1 เดือน ระบบสามารถคุมความเข้มข้นของน้ำยาได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถลดการใช้สารเคมีจากวันละ 500 กิโลกรัมเหลือ 400 กิโลกรัม (คิดเป็นเงิน 5,000 บาทต่อวัน) โดยที่ไม้ยางพาราแปรรูปมีปริมาณสารเคมีคงค้างในไม้ตามมาตรฐาน ทั้งยังลดขั้นตอนการตรวจสอบและขั้นตอนการทำงาน ลงอีกด้วย



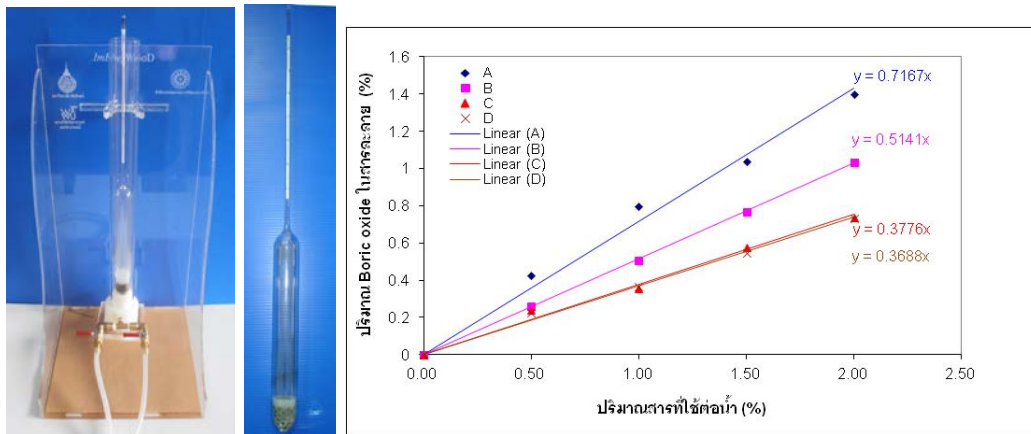
(ก)



(ข)

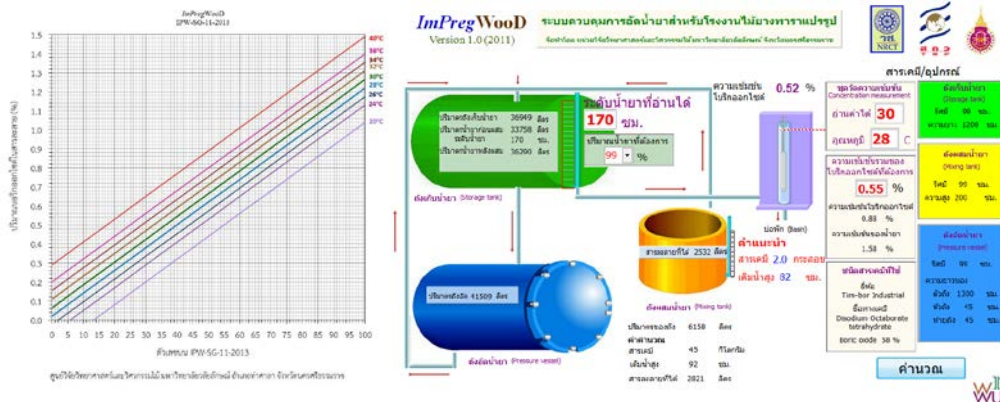
รูปที่ 2.11 (ก) ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับบริษัทไทยนครพาราวัตุ จำกัด ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน (ข) การติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริงที่บริษัทไทยนครพาราวัตุจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช

ในโครงการระยะที่ 3 ได้ปรับปรุงระบบให้มีความคงทนและสามารถใช้งานได้กับถังอัดน้ำยาทุกรูปแบบได้แก่ ระบบที่มีถังเก็บน้ำยาอยู่ด้านบนถังอัด และระบบที่มีถังเก็บอยู่ด้านล่างถังอัด ทั้งยังได้ทำกราฟมาตรฐานสำหรับสารเคมีทุกยี่ห้อที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา (รูปที่ 2.12) ทั้งนี้ได้ติดตั้งระบบดังกล่าวนี้ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราไปแล้วทั้งสิ้น 14 โรงงาน อย่างไรก็ตามจากการใช้งานจริงพบว่าในบางโรงงานอุณหภูมิของน้ำยาในเวลาต่างๆไม่คงที่ซึ่งมีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำยาที่วัดได้มีค่าคลาดเคลื่อนไป จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงในส่วนนี้ให้สมบูรณ์



รูปที่ 2.12 ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้อย่างพาราที่ปรับปรุงให้คงทนต่อการใช้งานและกราฟมาตรฐานสำหรับน้ำยาอัดไม้ยี่ห้อต่างๆ

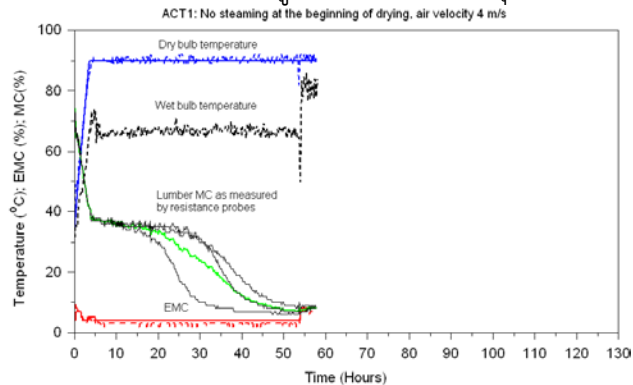
ในโครงการระยะที่ 4 เนื่องจากจากการใช้งานจริงในบางโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าอุณหภูมิของน้ำยาในเวลาต่างๆไม่คงที่ซึ่งมีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำยาที่วัดได้มีค่าผิดพลาดไป ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงระบบให้สามารถใช้งานได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำยาไม่คงที่ โดยได้จัดทำกราฟมาตรฐานน้ำยาที่อุณหภูมิต่างๆ (รูปที่ 2.13ก) พร้อมกับโปรแกรมคำนวณความเข้มข้นของน้ำยาที่คำนวณผลจากอุณหภูมิของน้ำยาประกอบด้วย (รูปที่ 2.13ข)



รูปที่ 2.13 (ก) กราฟมาตรฐานสำหรับน้ำยาอัดไม้ยี่ห้อหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่างๆ และ (ข) โปรแกรมคำนวณการผสมน้ำยาในรูปต่อไปให้ค่าความเข้มข้นของน้ำยาตามที่ต้องการโดยสามารถใช้งานได้ทั้งอุณหภูมิค่าต่างๆ

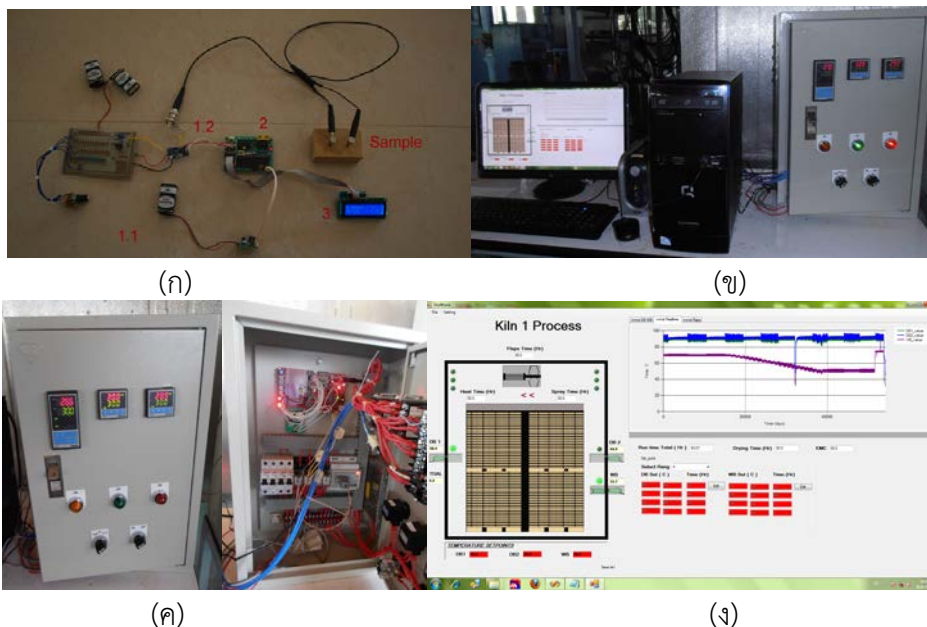
2.3 การอบไม้ยางพารา

คณะผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบการอบไม้ยางพาราแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งได้รับการทดสอบกับการใช้จริงกับเตาอบในระดับอุตสาหกรรม (ดำเนินการด้วยทุนวิจัย สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม) ซึ่งสามารถนำความรู้มาสร้างระบบควบคุมการอบสำหรับอุตสาหกรรมได้



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างข้อมูลการอบไม้ยางพาราหนา 3 เซนติเมตรจากการทดลองอบโดยใช้อุณหภูมิสูงซึ่งพบว่าสามารถลดเวลาการอบลงได้ โดยที่ไม้หลังการอบมีคุณภาพไม่แตกต่างกับการอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไป

โดยในโครงการระยะที่ 1 และ 2 ได้สร้างและพัฒนาระบบควบคุมการอบอัตโนมัติประกอบด้วย อุปกรณ์วัดความชื้นไม้ยางพาราแบบความต้านทานไฟฟ้า ระบบควบคุมการอบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมควบคุมการอบ (รูปที่ 2.15)



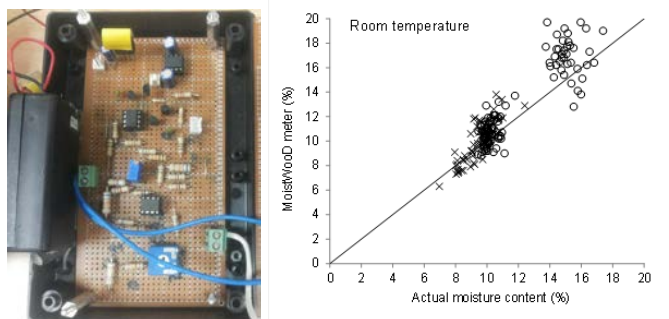
รูปที่ 2.15 (ก) ระบบวัดความชื้นไม้ยางพาราแบบเชื่อมต่อ (ข) ระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ (ค) ตัวควบคุมและภายในตัวควบคุมที่ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ และ (ง) หน้าจอควบคุมซอฟต์แวร์ควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ

ในโครงการระยะที่ 3 ได้ปรับปรุงระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติจนสามารถนำไปใช้งานได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม (รูปที่ 2.16) โดยสามารถควบคุมการอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะนี้ได้ทำการติดตั้งระบบต้นแบบซึ่งควบคุมการอบไม้ 1 เตาอบสำเร็จไปแล้วเป็นจำนวน 6 โรงงาน อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวจำเป็นต้องปรับปรุงเพื่อวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานและให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อต้องควบคุมเตาอบไม้หลายๆเตาอบพร้อมๆกัน



รูปที่ 2.16 ระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นซึ่งติดตั้งเข้ากับเตาอบไม้ยางพาราของโรงงานแห่งหนึ่งในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

ในโครงการระยะที่ 4 ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องวัดความชื้นไม้ยางพารา (MoistWoodD) โดยใช้หลักการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นให้ผลสอดคล้องกับค่าความชื้นที่หาโดยวิธีมาตรฐานในช่วงความชื้นตั้งแต่ประมาณ 6-20% ที่อุณหภูมิห้อง (รูปที่ 2.17) นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบจากสารเคมีโบรอนซึ่งจะทำการอัดเข้าไปเพื่อรักษาเนื้อไม้ในปริมาณ 0.2%BAE ในอุตสาหกรรมมีผลต่อค่าความชื้นที่อ่านได้น้อยมาก คณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนา ระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ DryWoodD ซึ่งประกอบด้วย ระบบควบคุมเตาอบไม้ (DryWoodD: KilnController) ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (DryWoodD: MicroController) และ ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ (DryWoodD: ComputerController) จนเสร็จสมบูรณ์ (รูปที่ 2.18) โดยระบบสามารถควบคุมการอบไม้ได้หลายเตาอบพร้อมกันทั้งยังสามารถวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในการอบด้วย ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งและทดลองระบบเพื่อใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราที่เข้าร่วมโครงการ โดยพบว่าระบบควบคุมการอบไม้ที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมการอบไม้ยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ โรงงานสามารถลดระยะเวลาการอบไม้ลงได้จาก 5-7 วัน เหลือ 3.5 วัน ลดปริมาณไม้เสียลงได้จาก 3-4% เหลือไม่ถึง 1% โดยมีการจัดทำคู่มือการใช้งานระบบประกอบการใช้งานด้วย



รูปที่ 2.17 วงจรและเครื่องวัดความชื้นไม้ต้นแบบ *MoistWood meter* ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว และผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด *MoistWood meter* ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยวิธีชั่งน้ำหนักของไม้ยางพาราแปรรูปที่มีการอัดน้ำยาโบรอนในปริมาณประมาณ 0.2%BAE ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม (กากบาท) และไม้ยางพาราแปรรูปที่ไม่ได้อัดน้ำยา (วงกลม)

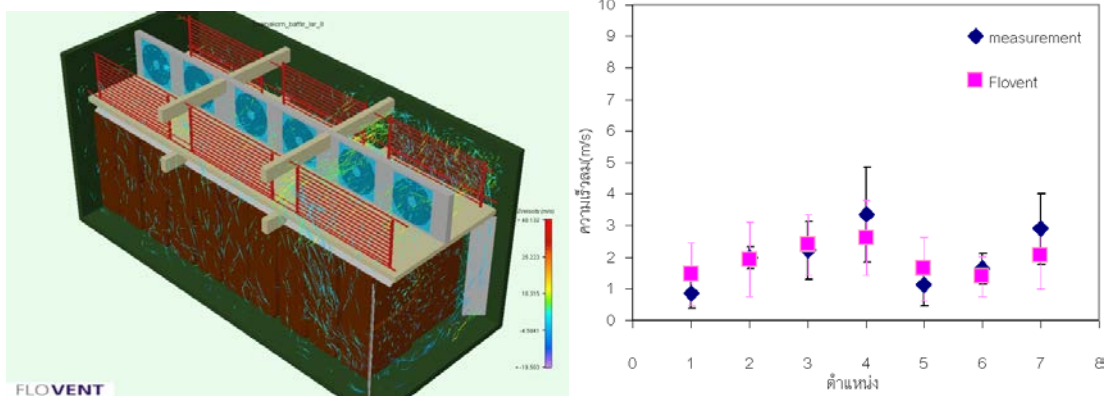


รูปที่ 2.18 ระบบควบคุมเตาอบไม้ (*DryWood*: KilnController) ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (*DryWood*: MicroController) และ ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ (*DryWood*: ComputerController) แบบหลายเตาอบขณะใช้งานโรงงานแห่งหนึ่งในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

ในโครงการระยะถัดไปผู้วิจัยจำเป็นต้องพัฒนาเครื่องวัดความชื้นไม้ต้นแบบ *MoistWood meter* ให้สามารถใช้งานที่อุณหภูมิอื่นๆที่สูงขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานได้กับไม้ที่อยู่ระหว่างการอบ ในส่วนของระบบ *DryWood* จำเป็นต้องมีการรับฟังความเห็นจากผู้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงโปรแกรมให้เสถียรและใช้งานได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งจะทำการผนวกระบบวัดความชื้นไม้เข้ากับระบบควบคุมการอบ เพื่อให้สามารถรู้ความชื้นไม้ระหว่างการอบเพื่อผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนตารางการอบไม้ให้เหมาะสมในระหว่างการอบได้

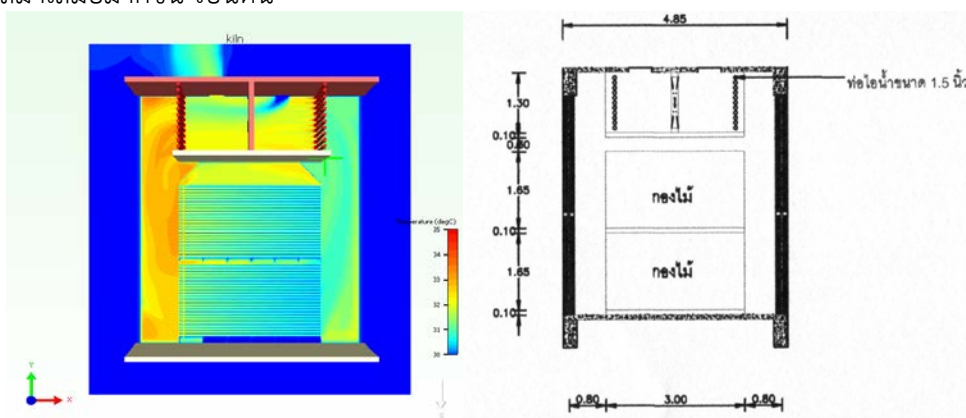
2.4 เตาอบไม้ยางพารา

คณะวิจัยได้ดำเนินการทดสอบแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม FloVent ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าแบบจำลองสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของลมได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (รูปที่ 2.19)



รูปที่ 2.19 การจำลองการเคลื่อนที่ของลมภายในเตาอบ ซึ่งในกราฟจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการจำลองและการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน

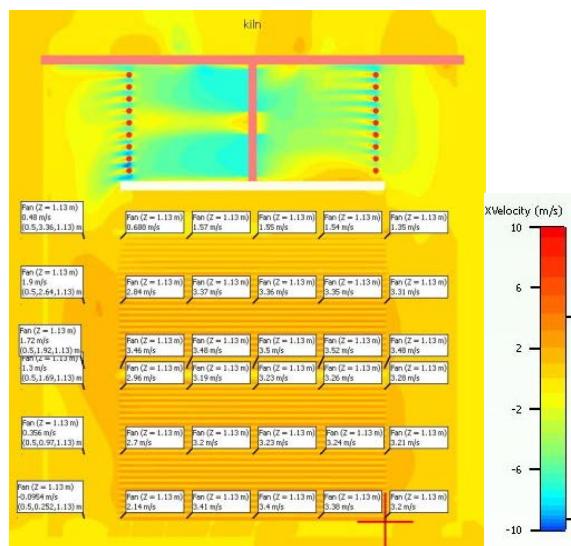
ในโครงการระยะที่ 2 และ 3 คณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมออกแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยทำการวิเคราะห์เชิงความร้อนเพิ่มเข้าไปด้วย (รูปที่ 2.20) โดยแบบเตาอบไม้ดังกล่าวขณะนี้กำลังดำเนินการก่อสร้างที่โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราที่เข้าร่วมโครงการ งานในระยะถัดไปคือการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆภายในเตาอบ เช่น จำนวนและลักษณะการติดตั้ง คอยล์ร้อนและพัดลม ลักษณะการติดตั้งแผ่นกันลม การติดตั้งอุปกรณ์เสริมต่างๆเพื่อให้ลมและความร้อนกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอมากขึ้น เป็นต้น



รูปที่ 2.20 การจำลองการเคลื่อนตัวของอากาศและการกระจายตัวของความร้อนในเตาอบไม้และแบบก่อสร้างเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบ

ในโครงการระยะที่ 4 ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งคอยล์ร้อนแบบแนวตั้งมีความเหมาะสมสำหรับเตาอบไม้ยางพาราในประเทศไทยมากที่สุด (รูปที่ 2.21) โดยจะทำให้กระแสอากาศและอุณหภูมิของอากาศกระจายตัวภายในเตาอบอย่างสม่ำเสมอและได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณพลังงานความร้อน

ที่ต้องใช้ในการอบไม้ยางพารา อย่างไรก็ตามโปรแกรมดังกล่าวยังต้องได้รับการพัฒนาและทดสอบสำหรับการใช้งานจริงในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.21 การกระจายตัวของอัตราเร็วลมในเตาอบไม้ยางพาราที่ทำการติดตั้งคอยล์ร้อนในแนวดิ่ง

บทที่ 3

การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเลื่อยไม้ยางพารา

การวิจัยในส่วนนี้ประกอบด้วยการพัฒนาและปรับปรุงระบบวิเคราะห์ไม้ซุงอัตโนมัติ เครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุง และเครื่องจับและหมุนไม้ซุงสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา

3.1 การพัฒนาระบบวิเคราะห์ไม้ซุงอัตโนมัติ

สืบเนื่องจากการพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลื่อยในโครงการระยะที่ 4 ทางคณะผู้วิจัยพบว่า หลังจากที่นำไม้ซุงที่ผ่านการวิเคราะห์หาไสไม้แล้ว ส่งเข้ากระบวนการตัดไม้ยังมีไม้ซุงบางท่อน (จากการทดลอง 29 ท่อน) ที่การหาไสไม้ไม่ได้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียว ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำไม้แผ่นที่ติดไสมาผ่าแยกเพื่อวิเคราะห์แนวไสไม้ (รูปที่ 3.1) โดยผ่าออกเป็นแผ่นบางๆตามความยาวของไม้ซุง ซึ่งได้พบว่าไสไม้ไม่ได้เป็นเส้นตรงแต่มีการบิดโค้งไปตามแนวระนาบ (รูปที่ 3.2)

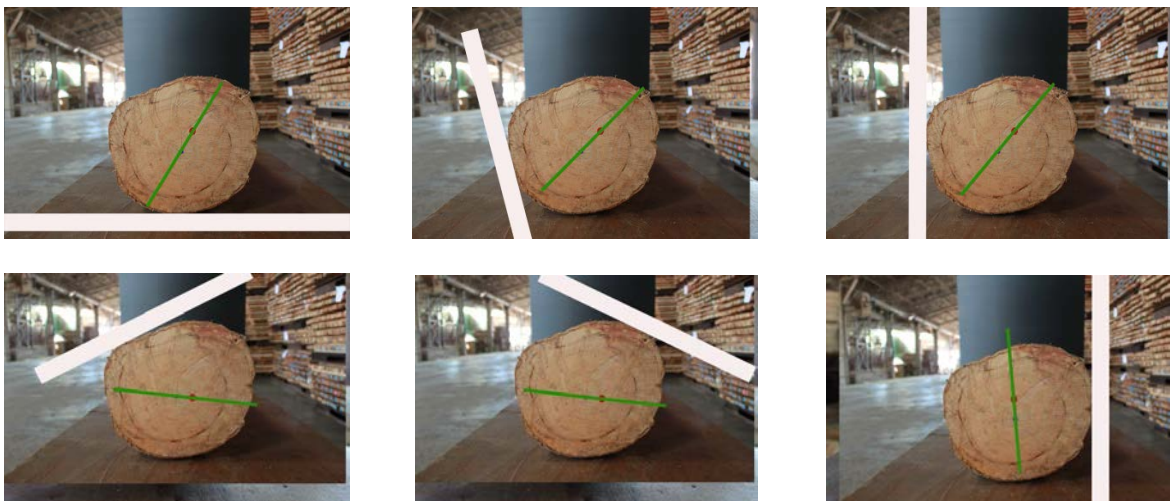


รูปที่ 3.1 การตรวจสอบแนวของไสไม้ในไม้ยางพาราแปรรูป (รูปจากโครงการระยะที่ 4)



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพแนวไสไม้ยางพาราหลังการผ่าตามแนวไสไม้
ภาพขวาสุดเป็นแนวไสไม้ที่จำลองใน 3 มิติ (รูปจากโครงการระยะที่ 4)

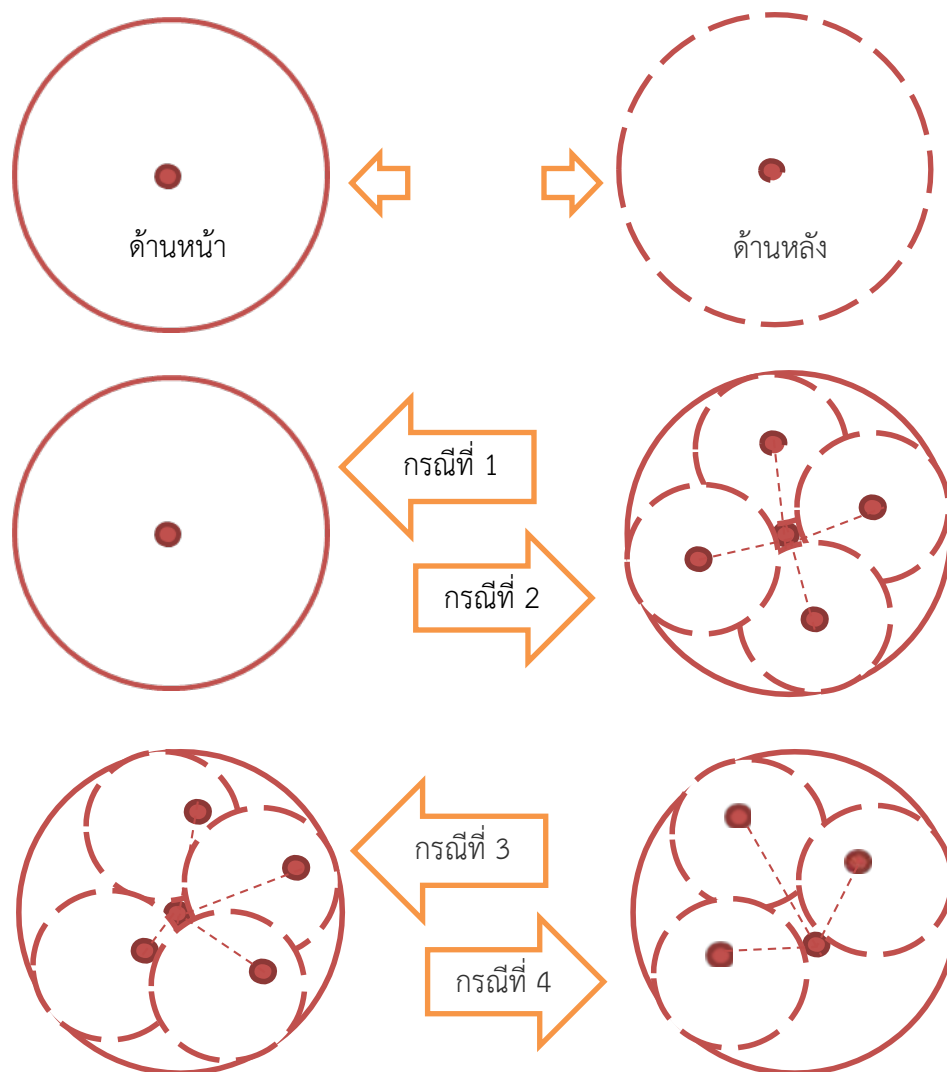
ทางคณะผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า การวางไม้มีผลต่อการหาแนวไสไม้และถ้าหากมีการวางไม้ในตำแหน่งที่เหมาะสมจะทำให้การหาแนวไสไม้ทำได้ง่ายขึ้น และทำให้ได้ไม้แปรรูปจำนวนมากขึ้นด้วย จึงได้ทำการทดลอง โดยการถ่ายภาพหน้าไม้ซุงทั้งสองด้าน แล้วใช้การจำลองโดยการเลื่อนภาพถ่ายหน้าไม้ซุงทั้งสองด้านไปชิดกับขอบด้านต่างๆแล้วสังเกตผลที่ได้ (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 การทดสอบหมุนไม้โดยใช้ภาพ กำหนดให้ไม้ซุงวางกับพื้นสมมุติ(แผ่นสีขาว)ที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่ง
ทำให้ได้แนวไสไม้(เส้นสีเขียว)ที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 3.3 คณะผู้วิจัยพบว่าการวางไม้ที่แตกต่างกันนั้นจะทำให้ได้แนวไส้ไม้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีการทดลองเพิ่มเติมโดยการ สร้างวงกลมที่มีขนาดแตกต่างกัน 2 วง โดยใช้แทนหน้าไม้ซุงทั้งสองด้าน แล้วจำลองตำแหน่งไส้ไม้ที่แตกต่างกัน จากนั้นทดลองย้ายวงกลมไปชิดขอบด้านต่างๆเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแนวไส้ไม้ (รูปที่ 3.4) โดยแบ่งออกเป็นกรณีดังนี้

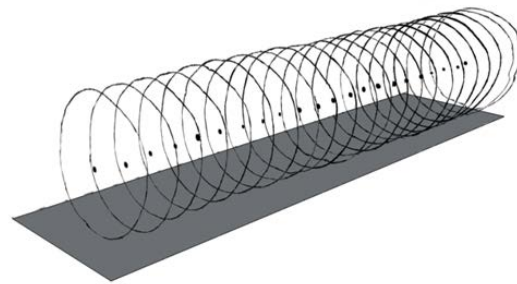
- กรณีที่ 1 ไม้ซุงเป็นทรงกลมมีขนาดหน้าตัดทั้งสองด้านเท่ากัน และมีไส้ไม้อยู่ตรงกลาง
สิ่งที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะทำการพลิกหรือหมุนไม้ไปทางไหนก็ตามระนาบของไส้ไม้จะอยู่ที่ตำแหน่งเดิม ดังนั้นจึงทำให้แนวไส้ไม้ไม่เปลี่ยนแปลง
- กรณีที่ 2 ไม้ซุงเป็นทรงกลมแต่มีขนาดหน้าตัดทั้งสองด้านไม่เท่ากัน และมีไส้ไม้อยู่ตรงกลาง
สิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนระนาบอ้างอิงในการวางไม้จะทำให้ได้แนวของไส้ไม้แตกต่างกัน แต่ระยะห่างระหว่างไส้ไม้มีค่าเท่ากัน
- กรณีที่ 3 ไม้ซุงเป็นทรงกลมแต่มีขนาดหน้าตัดทั้งสองด้านไม่เท่ากัน และไส้ไม้ด้านใดด้านหนึ่งไม่อยู่ตรงกลาง
สิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนระนาบอ้างอิงในการวางไม้จะได้แนวระนาบของไส้ไม้แตกต่างกัน และระยะห่างระหว่างไส้ไม้ไม่เท่ากันด้วย ซึ่งมีผลต่อการเลือกแนวในการเปิดปีกไม้ในภายหลัง
- กรณีที่ 4 ไม้ซุงเป็นทรงกลมแต่มีขนาดหน้าตัดทั้งสองด้านไม่เท่ากัน และไส้ไม้ทั้งสองด้านไม่อยู่ตรงกลาง
สิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนระนาบอ้างอิงในการวางไม้จะได้แนวระนาบของไส้ไม้ที่หลากหลาย และระยะทางระหว่างไส้ไม้จะมีค่าแตกต่างกันมากกว่า กรณีที่ 3.



รูปที่ 3.4 การทดลองสร้างวงกลมแทนหน้าไม้สองด้านที่มีขนาดต่างกัน ตำแหน่งไส้ไม้จะมีแนวแตกต่างกัน

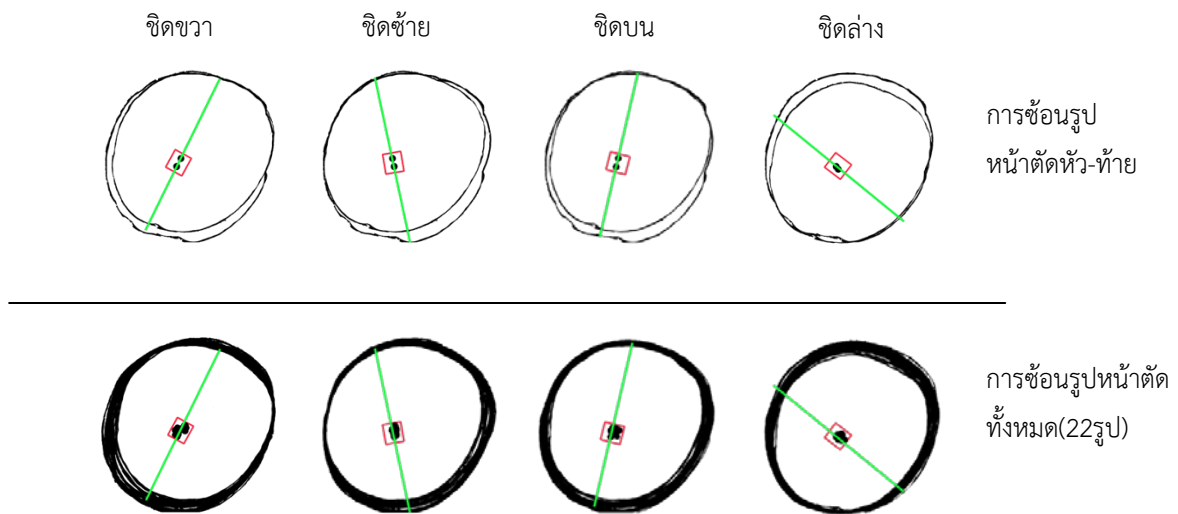
จากการทดลองพบว่าควรหาแนวทางที่จะจัดวางไม้แล้วได้ระยะทางระหว่างไส้ไม้ให้น้อยที่สุด เพื่อลดการสูญเสียไม้ ซึ่งการที่จะตัดไม้ได้นั้นเราจะต้องกำหนดแนวเปิดปิดด้วยและแนวเปิดจะต้องขนานกับแนวไส้ไม้ แต่เมื่อกลับไปดูผลจากการทดลองพบว่าเมื่อกรณีที่แนวไส้ไม้ไม่ตั้งฉากกับพื้นที่วาง ผู้ทำการเลื่อยไม้จะต้องพลิกไม้อีกครั้งซึ่งก็จะทำให้แนวไส้ไม้ที่หาได้จากครั้งก่อนหน้าไม่ถูกต้อง ดังนั้นวิธีการคือจะต้องหาแนวไส้ไม้ที่ตั้งฉากกับพื้นและมีระยะทางระหว่างไส้ไม้ให้น้อยที่สุดเพื่อลดการสูญเสียไม้ต่อการเลื่อย 1 ครั้ง ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยทำการทดลองเพื่อสังเกตแนวไส้ไม้เพิ่มเติมโดยการผ่าไม้ซุงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว มาตัดเป็นท่อนเล็กความหนาท่อนละ 2 นิ้วรวมความหนาคลองเลื่อย แล้วทำการถ่ายภาพด้วยระยะ

และความสูงจากกล้องถึงวัตถุเท่ากันตลอดในแนวตัดขวาง จากนั้นจึงนำภาพที่ได้ตัดเหลือแต่ส่วนของเส้นขอบและไส้ไม้ แล้วจึงนำมาเรียงต่อกันเป็นภาพ 3 มิติ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การตัดไม้ซุงตามแนวขวางเป็นชิ้นขนาด 2 นิ้ว แล้วใช้โปรแกรมจำลองเฉพาะแนวเส้นขอบและแนวไส้ไม้

เมื่อได้ภาพหน้าตัดไม้พร้อมตำแหน่งไส้ไม้ที่ระยะต่างๆแล้วทางคณะผู้วิจัยได้ทำการการเลื่อนไม้ไปซิดรนาบที่แตกต่างกัน (บน-ซ้าย-ล่าง และขวา) โดยครั้งนี้ทำการเลื่อนไม้ทุกชิ้น ทั้งหมด 22 ชิ้น จากภาพที่ 3.6 สามารถสรุปได้ว่า ไม้ท่อนที่นำมาทดสอบเมื่อเลื่อยตามแนวเปิดปีจะทำให้ไส้ไม้อยู่ในไม้แผ่นเดียวได้ทั้ง 4 กรณี เมื่อกำหนดให้ความหนาของไม้แปรรูปเป็น 1 นิ้ว



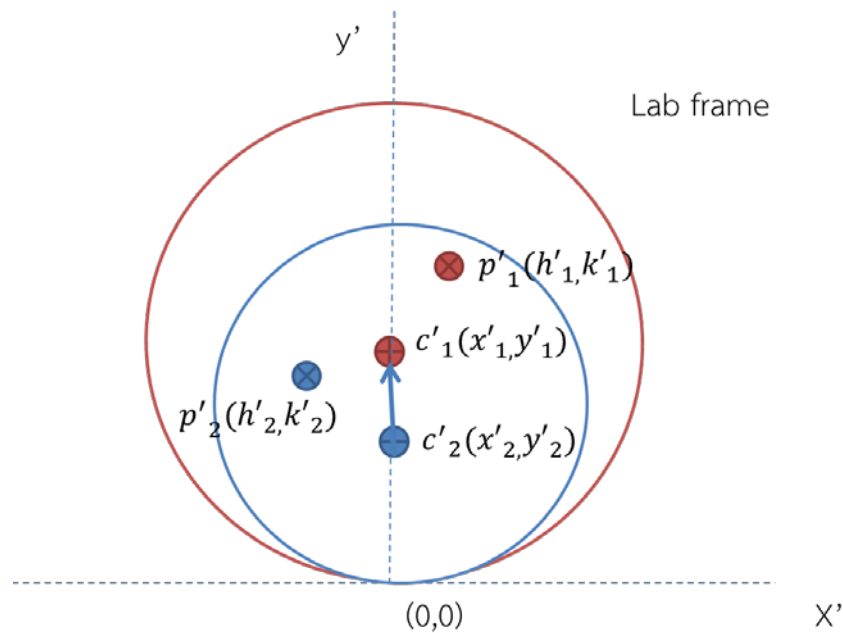
รูปที่ 3.6 การหาแนวไส้ไม้เมื่อพื้นผิวระนาบเปลี่ยนไป โดยใช้ภาพถ่ายหน้าไม้จริง

หลังจากการทดลองหลายครั้งก่อนหน้านี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าการที่จะพัฒนาระบบ ออกแบบรูปแบบการเลื่อยให้มีประสิทธิภาพนั้น เทคนิคและวิธีการหาแนวไส้ไม้นั้นมีความสำคัญยิ่ง และ ทุกๆครั้งที่มีการเลื่อย หรือเคลื่อนย้ายไม้ซุงจะทำให้ระนาบและแนวไส้ไม้ที่หาไว้เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นใน การออกแบบอุปกรณ์จะต้องออกแบบให้ส่วนของการวิเคราะห์ไส้ไม้ การพลิกไม้และการตีเส้นอยู่ ที่เดียวกันเพื่อแก้ปัญหาระนาบที่เปลี่ยนแปลง

สำหรับวิธีการหมุนไม้ที่ทำให้แนวไส้ไม้ตั้งฉากกับพื้นและระยะทางระหว่างไส้ไม้มีค่าน้อยที่สุดนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้เสนออัลกอริทึมไว้สองแบบ (ผู้วิจัยได้ยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร เรื่องวิธีการเลื่อยไม้ซุง ยางพาราเพื่อให้ได้ไส้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน คำขออนุสิทธิบัตรเลขที่ 1703000294 วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560 ซึ่งมีรายละเอียดในภาคผนวก) ภายใต้สมมติฐานว่าไม้ซุงกลมดังต่อไปนี้

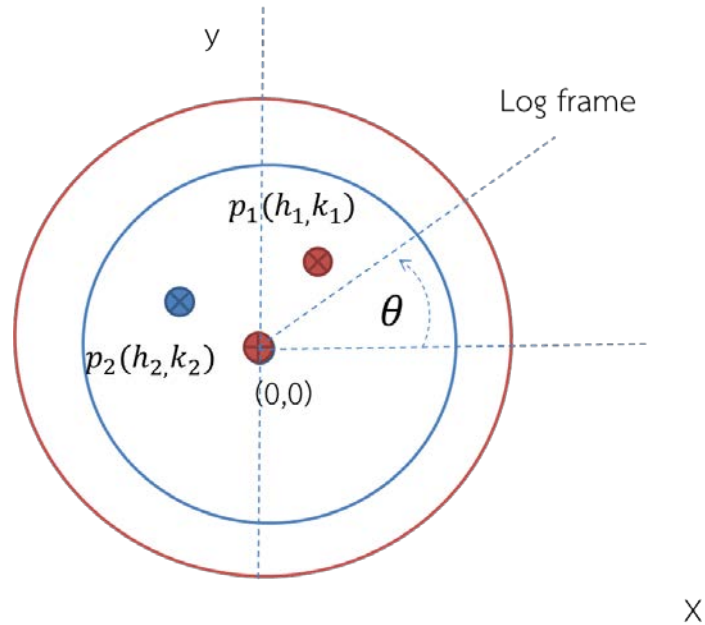
Algorithm 1: การหมุนไม้โดยเทคนิคการย้ายพิกัด (0, 0) มาไว้ที่ตรงกลางหน้าไม้ทั้งสองด้าน จากนั้นทำ การคำนวณโดยการหมุนไม้และย้ายให้ไปชิดขอบ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ถ่ายรูปหน้าไม้ 1 และ 2 ตามลำดับใน Laboratory frame of reference (รูปที่ 3.7)แล้ว ประมวลผลหาจุดศูนย์กลางไม้คือ $c'_1(x'_1, y'_1)$ และ $c'_2(x'_2, y'_2)$ ตำแหน่งไส้ไม้ $p'_1(h'_1, k'_1)$ และ $p'_2(h'_2, k'_2)$ และรัศมีหน้าไม้ r_1 และ r_2



รูปที่ 3.7 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด(0,0)ใหม่ เพื่อให้สามารถใช้จุด(0,0)ใหม่นี้เป็นจุดหมุน โดยมีข้อดีคือไม่ต้องคำนึงถึงระยะทางจากการหมุนที่เปลี่ยนไปของหน้าไม้ที่เปลี่ยนไปไม่เท่ากัน(คิดจากสมการความยาวเส้นรอบวงกลม ที่มีรัศมีแตกต่างกัน)

- จากนั้นย้ายจุดศูนย์กลางหน้าไม้ด้านเล็กกว่าให้มีตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์กลางหน้าไม้ด้านใหญ่ และกำหนดให้เป็นจุด (0,0) ใน Log frame of reference (รูปที่ 3.8) ซึ่งเมื่อทำการเลื่อนจุดศูนย์กลางของหน้าไม้ให้อยู่ที่เดียวกัน มีผลทำให้จุดต่างๆเปลี่ยนแปลง จึงต้องทำการคำนวณหาจุดที่เป็นไส้ไม้ $p_1(h_1, k_1)$ และ $p_2(h_2, k_2)$ โดยที่ $h_1 = h'_1 - x'_1$, $k_1 = k'_1 - y'_1$, $h_2 = h'_2 - x'_2$, และ $k_2 = k'_2 - y'_2$



รูปที่ 3.8 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด (0,0) ใหม่ใน Log frame of reference และตำแหน่งไส้ไม้ $p_1(h_1, k_1)$ และ $p_2(h_2, k_2)$ ใหม่จากการคำนวณ

3. ทำการหมุนไม้โดยการเปลี่ยนค่ามุม θ และเลื่อนหน้าไม้ด้านที่เล็กกว่าไปชิดขอบหน้าไม้ที่ใหญ่ตามทิศทางในมุม θ (รูปที่ 3.9) โดยจุดศูนย์กลางใหม่ของหน้าไม้ด้านที่เล็กกว่า $c_3(x_3, y_3)$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

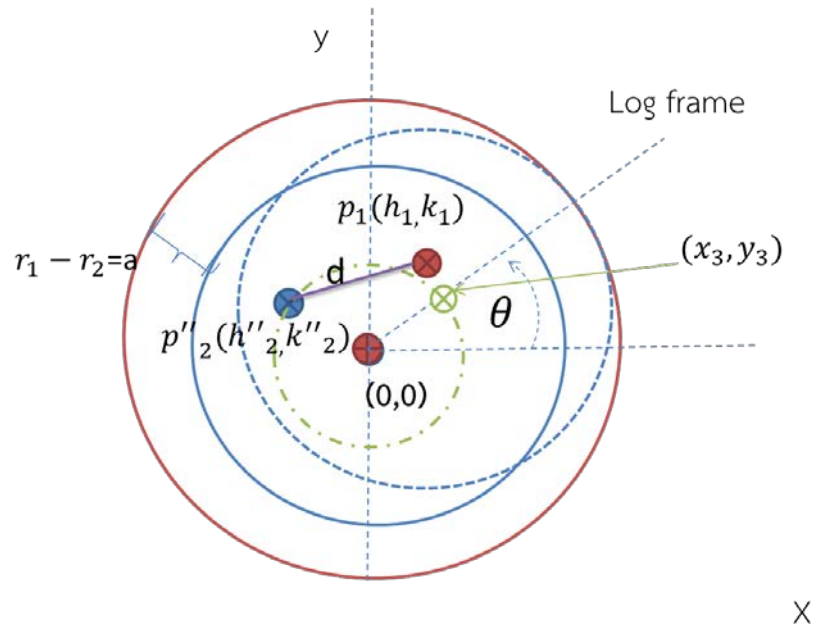
$$\begin{aligned} x_3 &= (r_1 - r_2) \cos \theta = a \cos \theta \\ y_3 &= (r_1 - r_2) \sin \theta = a \sin \theta \end{aligned}$$

เนื่องจากจุดศูนย์กลางหน้าไม้ด้านเล็กเลื่อนไปที่ $c_3(x_3, y_3)$ จึงทำให้ไส้ไม้ที่หน้าไม้ด้านนี้เลื่อนไปที่ $p''_2(h''_2, k''_2)$ โดยคำนวณได้จากสมการ

$$\begin{aligned} h''_2 &= h_2 + x_3 = h_2 + a \cos \theta \\ k''_2 &= k_2 + y_3 = k_2 + a \sin \theta \end{aligned}$$

ระยะห่างระหว่างไส้ไม้ d สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$d = \sqrt{(h_1 - (h_2 + a \cos \theta))^2 + (k_1 - (k_2 + a \sin \theta))^2}$$



รูปที่ 3.9 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ไปตามมุม θ และคำนวณหาระยะทางระหว่างไส้ไม้ d

4. กำหนดเงื่อนไข โดยให้ทำการหามุม θ ที่ทำให้ได้ระยะห่างระหว่างไส้ไม้ d มีค่าน้อยที่สุด หรือแนวของ d ที่มีทิศตั้งฉากกับการวางไม้ ($\theta = \beta$) จากรูปที่ 3.10 กำหนดให้

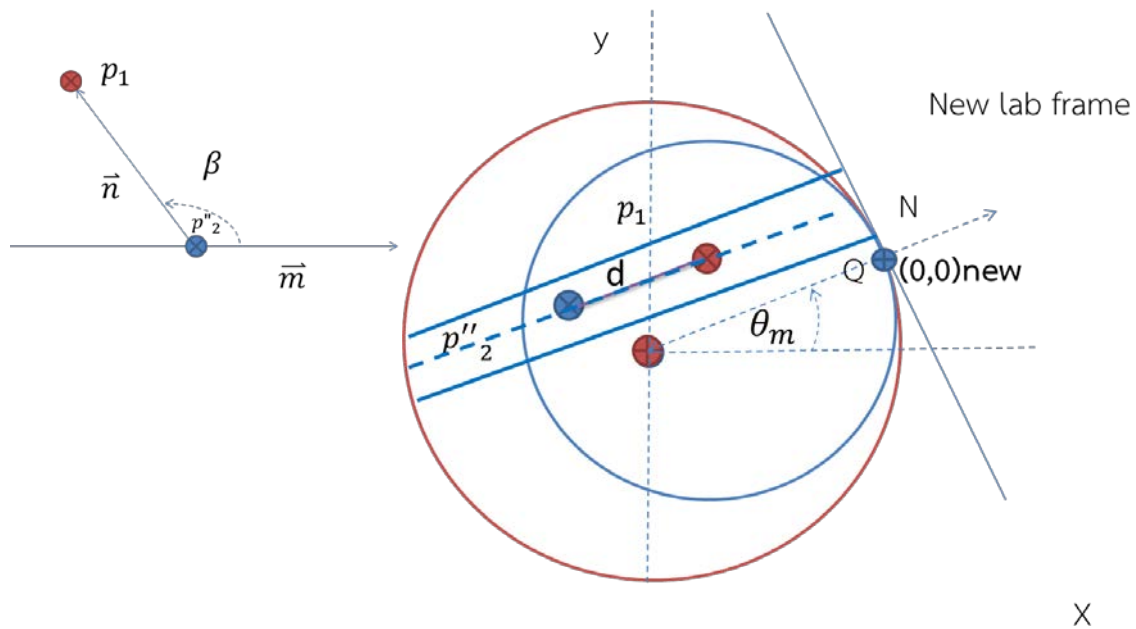
$$\vec{m} = \hat{x} \text{ และ}$$

$$\vec{n} = (h_1 - (h_2 + a \cos \theta))\hat{x} - (k_1 - (k_2 + a \sin \theta))\hat{y}$$

$$\text{เนื่องจาก } \vec{m} \cdot \vec{n} = |m| \cdot |n| \cos \beta$$

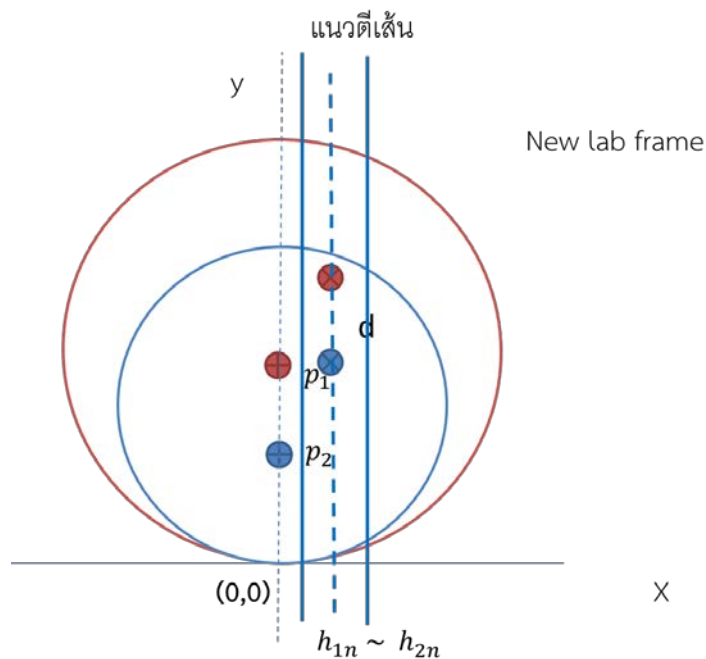
ดังนั้น

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{h_1 - (h_2 + a \cos \theta)}{d} \right)$$



รูปที่ 3.10 การหาทิศทางของแนวไส้ไม้ β กับทิศตั้งฉากกับการวางไม้ N

5. ในขั้นตอนสุดท้ายทำการหมุนไม้ซุงไปยัง Laboratory frame of reference ใหม่ซึ่งจะมีแนวไส้ไม้วางตั้งฉากกับพื้นผิววาง พร้อมสำหรับการตีเส้นหรือการเลื่อยด้วยเลื่อยอัตโนมัติ

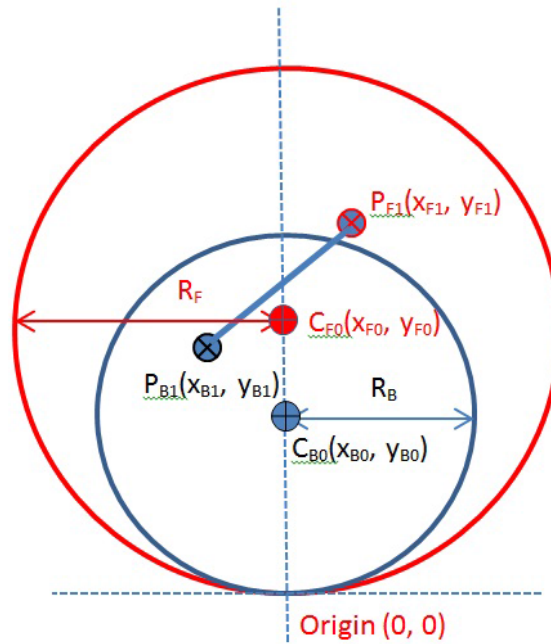


รูปที่ 3.11 การหมุนไม้ซุงให้อยู่ในระนาบสำหรับการตีเส้นหรือการเลื่อยด้วยเลื่อยอัตโนมัติ

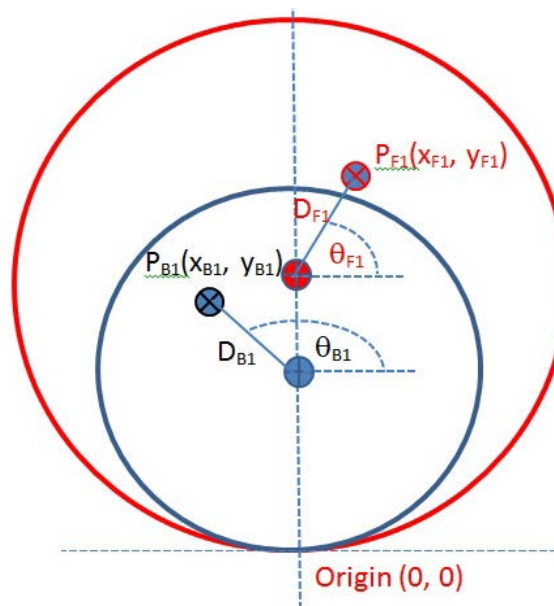
Algorithm II: เป็นการปรับปรุงการคำนวณให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและง่ายต่อการดำเนินการ โดยการหมุนไม้พร้อมกับคำนวณหามุมระหว่างไส้ไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้านโดยหาจุดที่พิกัดไส้ไม้วางตัวในแนวตั้ง ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. พิจารณาการวางตัวของไม้ซึ่งตามรูปที่ 3.12 โดยหน้าไม้ทั้งสองด้านวางในระนาบเดียวกัน กำหนดให้รูปภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลแทนด้วยวงกลมใหญ่และเล็กตามลำดับ โดยวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ทั้งสองมีขนาดที่แตกต่างกันกล่าวคือ วงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลมีรัศมีเท่ากัน R_F และ R_B ตามลำดับ จุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลคือ $C_{F0}(x_{F0}, y_{F0})$ และ $C_{B0}(x_{B0}, y_{B0})$ จุดออริจิน $(0, 0)$ คือจุดสัมผัสระหว่างระนาบการวางวงกลมของรูปภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกล ไส้ไม้ของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลวางตัวอยู่ ณ ตำแหน่ง $P_{F1}(x_{F1}, y_{F1})$ และ $P_{F2}(x_{F2}, y_{F2})$
2. ระยะห่างจากตำแหน่งไส้ไม้ถึงจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลคือ $DF1$ และ $DB1$ และมุมระหว่างส่วนของเส้นตรงที่ลากจากตำแหน่งไส้ไม้ไปยังจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้กับระนาบของหน้าไม้ด้านใกล้และไกล θ_{F1} และ θ_{B1} ตามลำดับ (รูปที่ 3.13)
3. จากข้อกำหนดข้างต้นเราสามารถเขียนสมการระบุตำแหน่งของ $P_{F1}(x_{F1}, y_{F1})$ และ $P_{B1}(x_{B1}, y_{B1})$ เมื่ออ้างอิงจากจุดออริจินได้ดังต่อไปนี้
$$P_{F1}(x_{F1}, y_{F1}) = (D_{F1}\cos\theta_{F1}, R_F + D_{F1}\sin\theta_{F1})$$

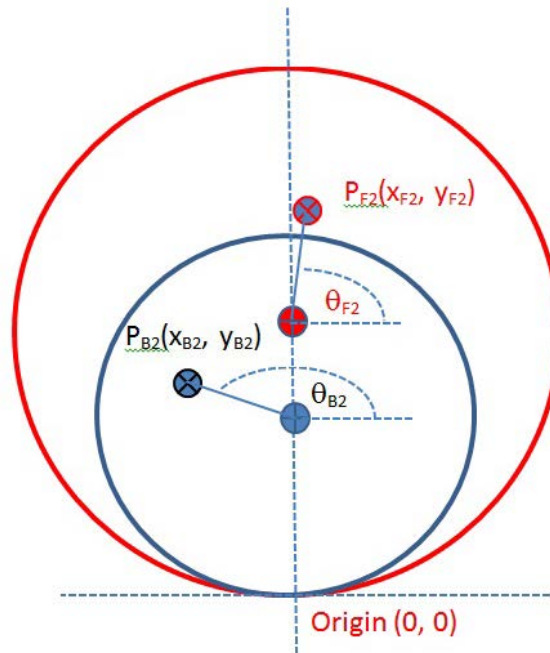
$$P_{B1}(x_{B1}, y_{B1}) = (D_{B1}\cos\theta_{B1}, R_B + D_{B1}\sin\theta_{B1})$$
4. การหมุนไม้ซึ่งที่วางตัวในรูปแบบดังกล่าวนี้ในทิศทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม β ส่งผลให้เกิดการบิดตัวของไม้ซึ่งในทิศทวนเข็มนาฬิกาของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ทั้งด้านใกล้และไกลด้วยมุม β นั่นคือ ส่งผลให้ตำแหน่งของไส้ไม้เปลี่ยนแปลงเป็น $P_{F2}(x_{F2}, y_{F2})$ และ $P_{B2}(x_{B2}, y_{B2})$ และมุมระหว่างส่วนของเส้นตรงที่ลากจากตำแหน่งไส้ไม้ไปยังจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้กับระนาบเปลี่ยนแปลงเป็น θ_{F2} และ θ_{B2} โดยที่ $\theta_{F2} = \theta_{F1} + \beta$ และ $\theta_{B2} = \theta_{B1} + \beta$ (รูปที่ 3.14)
5. ในการปรับให้ไส้ไม้ทั้งด้านหน้าและด้านหลังที่ลากเชื่อมด้วยส่วนของเส้นตรง P_{F1} - P_{F2} วางตัวอยู่ในแนวตั้งทำได้โดยการวนรอบและเปลี่ยนแปลงค่า β จนกระทั่งเงื่อนไข $x_{F2} = x_{B2}$ เป็นจริง (รูปที่ 3.15)



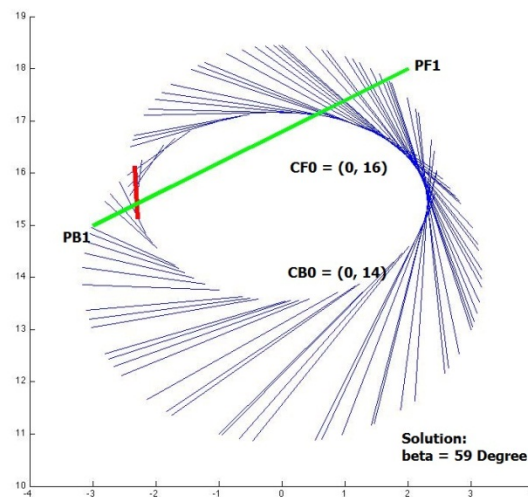
รูปที่ 3.12 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลเมื่อท่อนขึงวางตัวในระนาบ



รูปที่ 3.13 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลแสดงค่าระยะห่างและมุมเทียบกับจุดศูนย์กลางของวงกลม



รูปที่ 3.14 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลหลังหมุนไม้ซุงทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม β



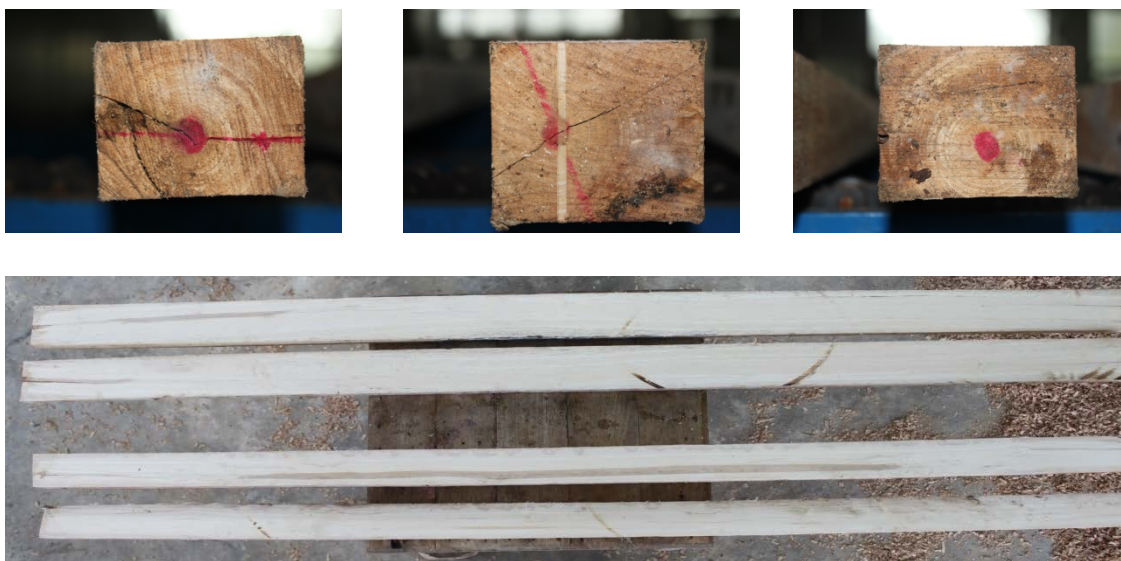
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างผลการทดสอบแนวเส้นสีแดงคือแนวไม้ที่ตั้งฉากกับพื้น ซึ่งในกรณีนี้จะเกิดขึ้นสำหรับการหมุนที่มุม β เท่ากับ 59 องศา

ทั้งนี้สำหรับการคำนวณคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งสองอัลกอริทึม แต่เนื่องจาก Algorithm II มีขั้นตอนการทำงานสั้นกว่าและง่ายต่อการดำเนินการเนื่องจากไม่ต้องมีการยกไม้ซุงเพื่อปรับให้จุดศูนย์กลางไม้เป็นจุดหมุน ดังนั้นผู้วิจัยจะสร้างเครื่องหมุนไม้ตามแนวคิดนี้ก่อน

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ Algorithm II โดยทำการถ่ายรูปไม้ซุงจำนวน 20 ท่อนแล้วหาแนวไสไม้และแนวเปิดปีกไม้ เพื่อยืนยันผลการทำงานของอัลกอริทึมที่บริษัทนครศรีพาราเว็ดจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 3.16) ซึ่งผลของการเลื่อยไม้ซุงยาวพาราจำนวน 20 ท่อนที่ผ่านการวิเคราะห์แนวไสไม้ดังกล่าว พบว่าผู้เลื่อยสามารถเลื่อยไม้ซุงตามแนวที่กำหนดให้โดยที่ไสไม้จะวางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียวทั้ง 20 ท่อน (รูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.16 การทดสอบ Algorithm II โดยทำการถ่ายรูปไม้ซุงยาวพาราจำนวน 20 ท่อน
ที่บริษัทนครศรีพาราเว็ดจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช



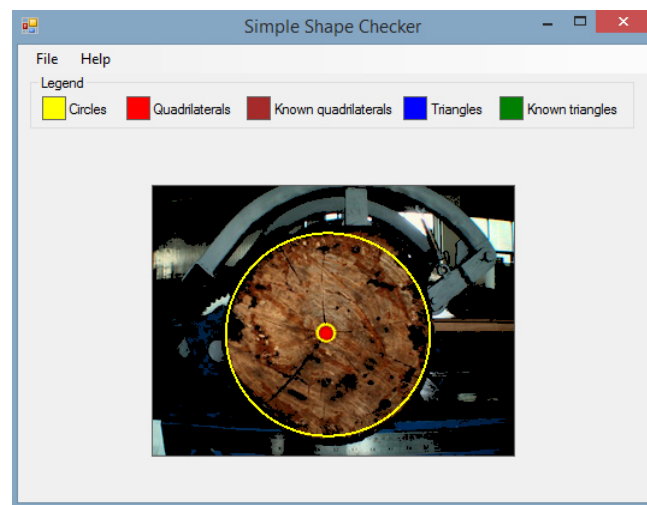
รูปที่ 3.17 ผลการทดสอบผ่าไม้แปรรูปส่วนที่มีไสไม้ติดอยู่เพื่อพิสูจน์ว่ามีไสไม้อยู่ในแผ่นไม้แปรรูปดังกล่าว

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและถ่ายรูปหน้าไม้เพื่อหาค่าความละเอียดภาพที่ระยะ 1 เมตรเมื่อเทียบกับการวัดระยะจริง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพัฒนาระบบการวิเคราะห์หน้าไม้ชุดด้วยคอมพิวเตอร์ โดยทำการถ่ายรูปหน้าไม้ชุดข้างละ 20 รูป โดยกำหนดให้ระยะจากเลนส์ถึงหน้าไม้วางพาราเท่ากันทุกครั้ง แล้วจัดบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้มาคำนวณเปรียบเทียบกับความละเอียดของภาพในส่วนของไสไม้ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยความละเอียดภาพเท่ากับ 112 pixel/cm โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5 pixel/cm

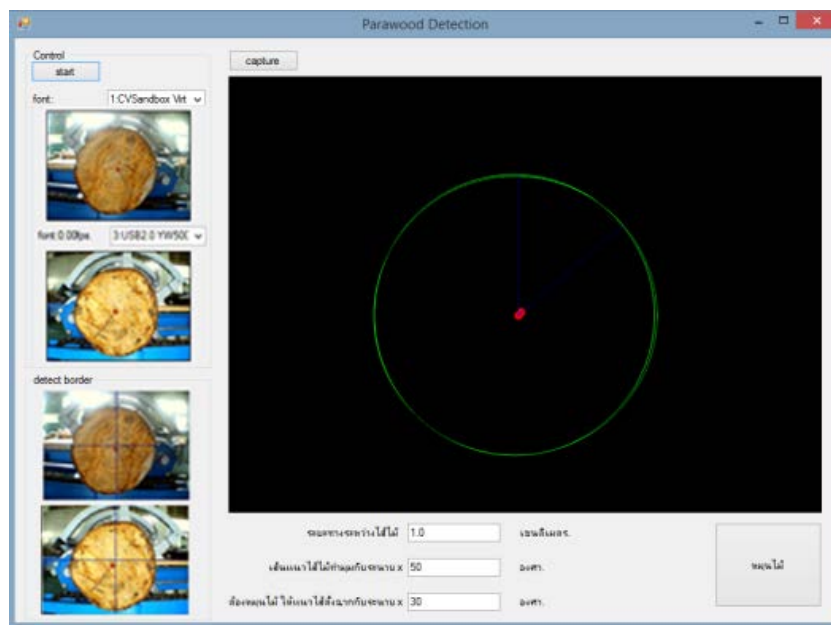
ผู้วิจัยได้สร้างระบบวิเคราะห์หน้าไม้ชุดด้วยคอมพิวเตอร์ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 3.18) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อหาขอบไม้และไสไม้ ซึ่งเมื่อทราบค่าช่วงสีที่เป็นไสไม้และเนื้อไม้แล้วได้ใช้วิธีการหาไสไม้ด้วยเทคนิค Color detection โดยการป้ายสีแดงในตำแหน่งไสไม้ในการทดลองนี้ใช้เทคนิคการกรองเลือกเฉพาะช่วงสีที่ต้องการ เช่นช่วงสีแดงที่เป็นไสไม้ $\text{rgb}(255,0,0)$ - $\text{rgb}(200,58,74)$ เนื้อไม้ $\text{rgb}(144,98,62)$ - $\text{rgb}(56,135,13)$ (รูปที่ 3.19) แล้วหาค่าพิกัดไสไม้หน้าและหลังและรัศมีของหน้าไม้ทั้งสองด้าน เพื่อนำมาคำนวณหาแนวไสไม้ชุดและมุมที่ต้องหมุนไม้ชุดเพื่อให้ไสไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียวตาม Algorithm II ที่ได้อธิบายไว้แล้วในข้างต้น (รูปที่ 3.20) ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลให้กับเครื่องตีเส้นหน้าไม้หรือระบบหมุนไม้ชุดต่อไป



รูปที่ 3.18 การวางแผนกล้องถ่ายรูปหน้าไม้ โดยทำการกำหนดระยะจากเลนส์ถึงเครื่องเลื่อยไม้แล้วทดสอบกระบวนการหาแนวไม้ด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.19 การทดสอบหาขอบไม้และไม้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล



รูปที่ 3.20 โปรแกรมหาและคำนวณแนวไม้ พร้อมทั้งคำนวณมุมที่จะต้องหมุนไม้ซุงเพื่อให้สามารถเลื่อยไม้ซุงโดยไม้จะวางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว

3.2 การปรับปรุงระบบตีเส้นหน้าไม้

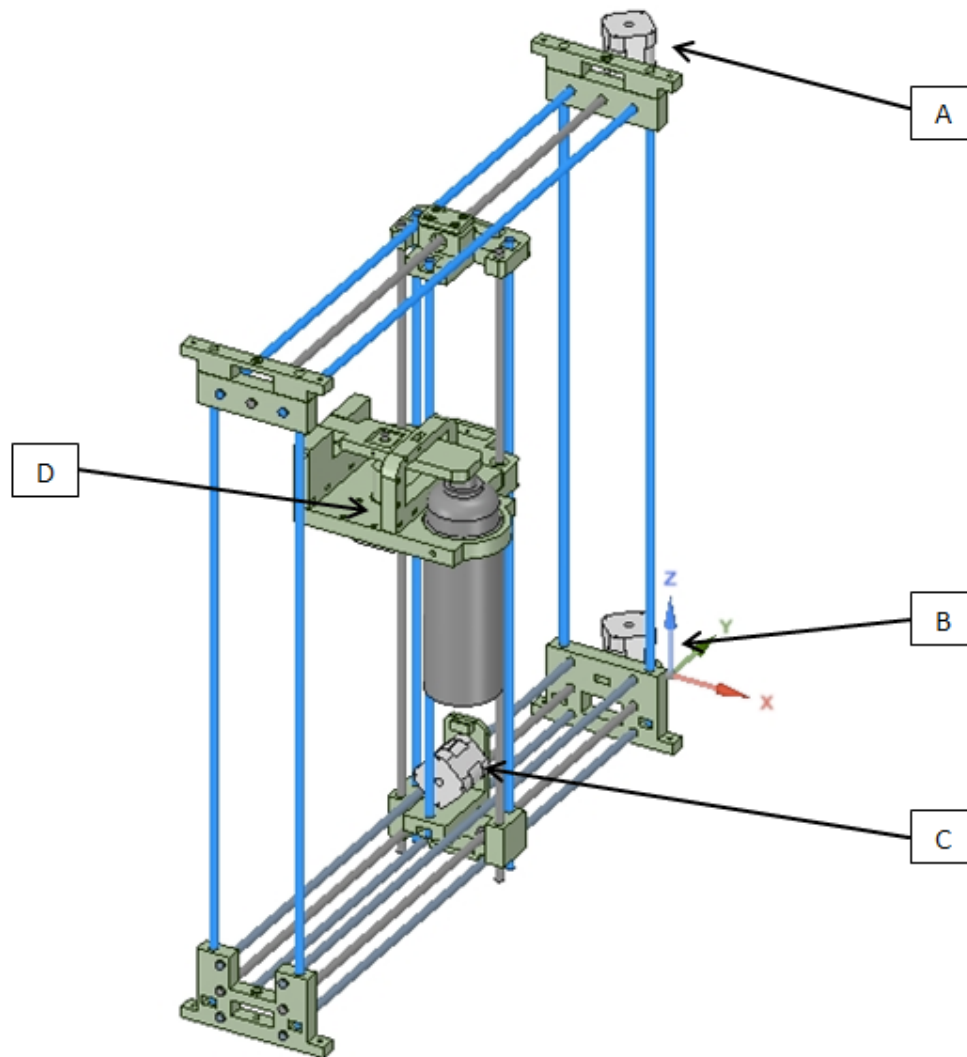
3.2.1 การออกแบบและสร้างระบบฟันสี

ระบบฟันสีบนหน้าไม้ของท่อนซุงยางพาราที่ทางทีมผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นแสดงในรูปที่ 3.21 และ 3.22 โดยระบบประกอบด้วยมอเตอร์ชนิดสเตปปีง (Stepping Motor) จำนวน 4 ตัว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- มอเตอร์ 2 ตัวในตำแหน่ง A และ B ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนติดตั้งหัวฉีดสีให้สามารถเคลื่อนที่ไปในแนวแกน X
- มอเตอร์ 1 ตัวในตำแหน่ง C ทำหน้าที่ขับเคลื่อนในแนวแกน Y โดยรวมแล้วมอเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้ทำหน้าที่ขับเคลื่อนชิ้นส่วนติดตั้งหัวฉีดสีในระนาบ XY ซึ่งกำหนดให้เป็นระนาบที่ขนานกับหน้าไม้ของท่อนซุงยางพารา
- มอเตอร์ตัวที่ 4 ในตำแหน่ง D ทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนขึ้นและลงที่ส่งผลต่อการกดหรือคลายหัวฉีดสีที่ติดตั้งภายในชิ้นส่วนติดตั้งหัวฉีดสี การส่งผ่านการขับเคลื่อนชิ้นส่วนติดตั้งหัวฉีดสีเกิดจาก (1) สายพานไหม้มีที่เชื่อมต่อระหว่างเพลลาของมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่แกน X กับชิ้นส่วนยึดมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่แกน Y และ (2) สายพานไหม้มีที่เชื่อมต่อระหว่างเพลลาของมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่แกน Y กับชิ้นส่วนติดตั้งหัวฉีดสี

อนึ่ง หน่วยของการขับเคลื่อนในทุกแกนของระบบฟันสีบนหน้าไม้ของท่อนซุงยางพาราคือหน่วยมิลลิเมตร

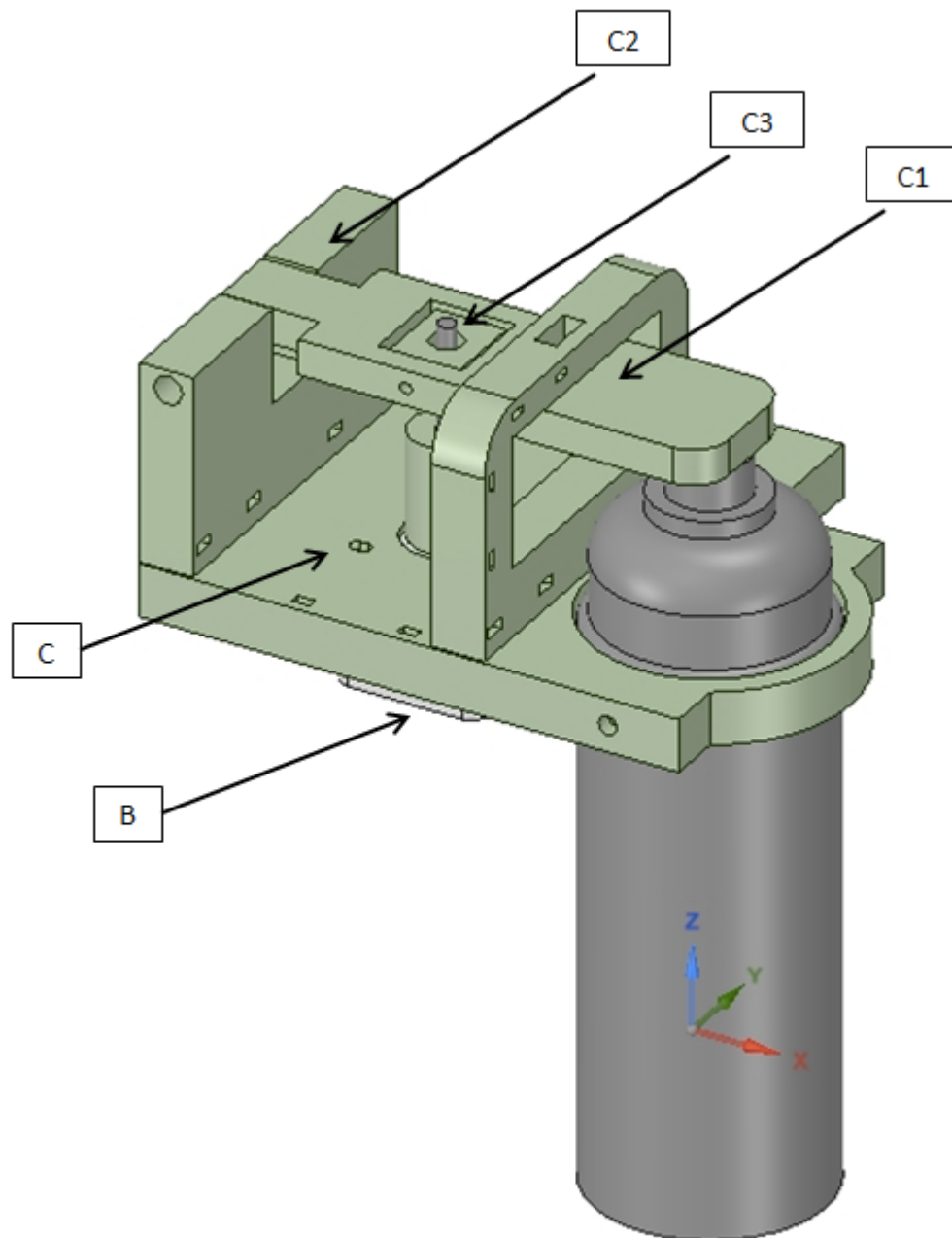
หัวฉีดสีถูกควบคุมการฟันสีโดยกลไกควบคุมการฉีดสีดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.23 และ 3.24 ซึ่งประกอบด้วย (1) ท่อเชื่อมต่อระหว่างหัวฉีดของสีสเปรย์กับหัวฉีดสี A และ (2) มอเตอร์สเตปปีง B และ (3) ระบบขับเคลื่อนเชิงกล C ที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้ทำหน้าที่ในการดันหัวฉีดของสีสเปรย์ในขณะที่ต้องการฟันสีและปล่อยกลับในกรณีที่ต้องการหยุดการฟันสี ระบบขับเคลื่อนเชิงกลประกอบด้วย (C1) คานพลาสติกที่ด้านแกนหมุนถูกตรึงไว้ในตำแหน่งด้านตรงข้ามกับหัวฉีดของสีสเปรย์ (C2) แกนบิดกึ่งอิสระที่ถูกฝังไว้ภายในคานพลาสติก ทำหน้าที่ในการส่งกำลังการขับเคลื่อนจากมอเตอร์ผ่านแกนไปยังคานพลาสติก โดยแกนบิดนี้สามารถบิดตัวได้ในระยะ ± 15 องศาเพื่อชดเชยการติดขัดของการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังคานพลาสติกอันเกิดจากการบิดตัวที่ไม่สัมพันธ์กันระหว่างคานและแกนมอเตอร์ (C3) สวิทช์กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของคานพลาสติก โดยตำแหน่งดังกล่าวนี้เป็นตำแหน่งที่คานพลาสติกปลดสัมผัสกับหัวฉีดของสีสเปรย์



รูปที่ 3.21 ภาพวาดของระบบฟันสับหน้าไม้ของท่อนซุงยางพารา



รูปที่ 3.22 ภาพถ่ายของระบบพ่นสีบนหน้าไม้ของท่อนซุงยางพารา



รูปที่ 3.23 ภาพวาดของกลไกควบคุมการฉีดยา



รูปที่ 3.24 ภาพถ่ายของกลไกควบคุมการฉีดสี

ระบบหุ่นยนต์หน้าไม้ของท่อนซุงยางพาราถูกควบคุมการทำงานโดยบอร์ดควบคุม Arduino ควบคุมกับบอร์ดส่วนขยาย RAMPS และกลุ่มของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์สเตปป์ โปรแกรมที่ติดตั้งภายในบอร์ดควบคุม Arduino เป็นโปรแกรมที่ปรับแต่งมาจากโปรแกรมเปิดเผยต้นฉบับ (Open-source) ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยโปรแกรมหุ่นยนต์นี้ทำหน้าที่ในการรับค่าตัวแปรกำหนดการเคลื่อนที่ (ตำแหน่งต้นทางและปลายทางที่ต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่ อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ และคำสั่งอื่นๆ) ภายใต้รหัส G-Code จากคอมพิวเตอร์ อนึ่ง ผู้วิจัยได้ดัดแปลงคำสั่งและโปรแกรมภายในบางส่วนเพื่อให้

รับคำสั่งในการสั่งงานมอเตอร์เพื่อให้พ่นหรือหยุดการพ่นสี รวมทั้งกลุ่มคำสั่งในการเขย่ากระป๋องสีสเปรย์ เพื่อป้องกันการอุดตันและการจับตัวของสีในขณะใช้งาน

3.2.2 การทดสอบการทำงานของระบบพ่นสี

ระบบพ่นสีบนหน้าไม้ของท่อนซุงยางพาราที่ได้พัฒนาขึ้นได้รับการทดสอบการทำงานจริงภายหลังการติดตั้งกระป๋องสีสเปรย์ โดยจำเป็นต้องเปลี่ยนหัวฉีดเป็นหัวฉีดปลายแคบและติดตั้งแผ่นหน้ากากเพื่อควบคุมไม่ให้สีกระจายออกไปจนทำให้เส้นที่พ่นออกมาที่มีความหนาของเส้นมากเกินไป

- การทดสอบการฉีดสีอย่างต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนดขึ้น

ในการทดสอบนี้ระบบถูกควบคุมการทำงานโดยคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งงานภายใต้รหัส G-Code ผ่านโปรแกรม HyperTerminal โดยลำดับคำสั่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- กำหนดตำแหน่ง Home ให้กับแกน X Y และแกนพลาสติกควบคุมหัวฉีดของสีสเปรย์: G28 X Y Z
- เลื่อนหัวฉีดไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของการตีเส้น ณ ตำแหน่ง (50, 50) เซนติเมตร: G1 X500 Y500
- สั่งกดฉีดสีสเปรย์: G1 Z15
- เลื่อนหัวฉีดไปยังตำแหน่งปลายของการตีเส้น ณ ตำแหน่ง (50, 100) เซนติเมตร: G1 X500 Y1000
- สั่งคลายหัวฉีดเพื่อหยุดการฉีดสี: G28 Z

ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ภาพถ่ายผลการทดสอบการฉีดสีอย่างต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนด

- การทดสอบการฉีดย้ำแบบไม่ต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนดขึ้น

ในการทดสอบนี้ระบบถูกควบคุมการทำงานโดยคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งงานภายใต้รหัส G-Code ผ่านโปรแกรม HyperTerminal โดยลำดับคำสั่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- กำหนดตำแหน่ง Home ให้กับแกน X Y และแกนพลาสติกควบคุมหัวฉีดของสี่สเปร์ย์: G28 X Y Z
- เลื่อนหัวฉีดไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของการตีเส้น ณ ตำแหน่ง (50, 50) เซนติเมตร: G1 X500 Y500
- ทำซ้ำในขั้นตอนต่อไปนี้จะกระทำตำแหน่งของหัวฉีดอยู่ ณ ตำแหน่งปลายของการตีเส้น ณ ตำแหน่ง (50, 100) เซนติเมตร
 - สั่งกดฉีดสี่สเปร์ย์: G1 Z15
 - สั่งคลายหัวฉีดเพื่อหยุดการฉีดย้ำ: G28 Z
 - เลื่อนหัวฉีดไปยังตำแหน่งต่อไปของการฉีดย้ำโดยการเลื่อนขึ้น 8 เซนติเมตร

ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในรูปที่ 3.26



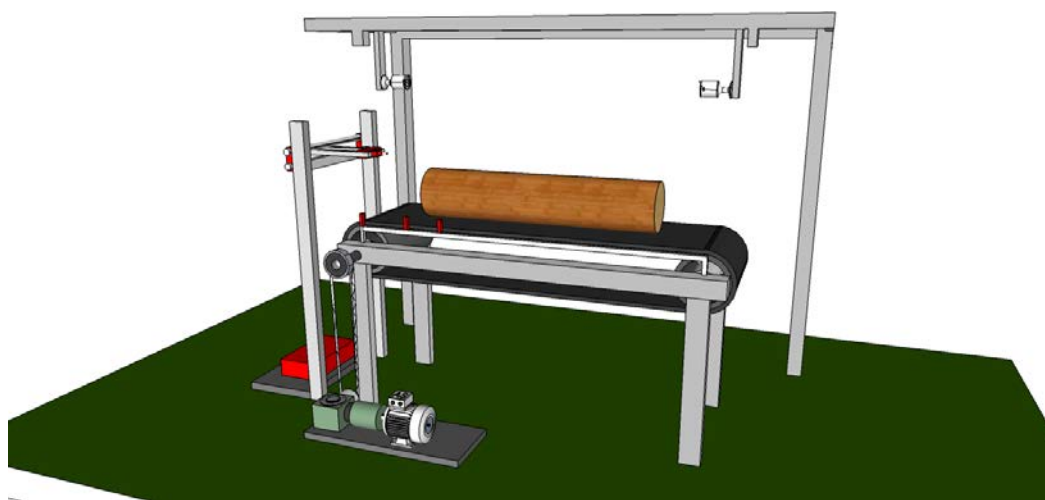
รูปที่ 3.26 ภาพถ่ายผลการทดสอบการฉีดย้ำแบบไม่ต่อเนื่องตามความยาวเส้นที่กำหนด

จากผลการทดสอบพบว่าระบบพ่นสีบนหน้าไม้ของท่อนซุงยาวพาราพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องในด้านของการทำให้เกิดแนวเส้น ณ ตำแหน่งที่ต้องการ อย่างไรก็ตามขนาดของเส้นที่ได้ยังค่อนข้างกว้างโดยอยู่ที่ประมาณ 2 เซนติเมตร และหากเป็นการฉีดย้ำแบบต่อเนื่องการ

ข้อเคลื่อนระบบยังมีอาการสั่นอันเป็นผลจากโครงสร้างของระบบยังมิได้มีการติดตั้งกับโครงสร้างที่แข็งแรง โดยผู้วิจัยจะนำเอาข้อจำกัดเหล่านี้ไปใช้ในการพัฒนาระบบต่อไป

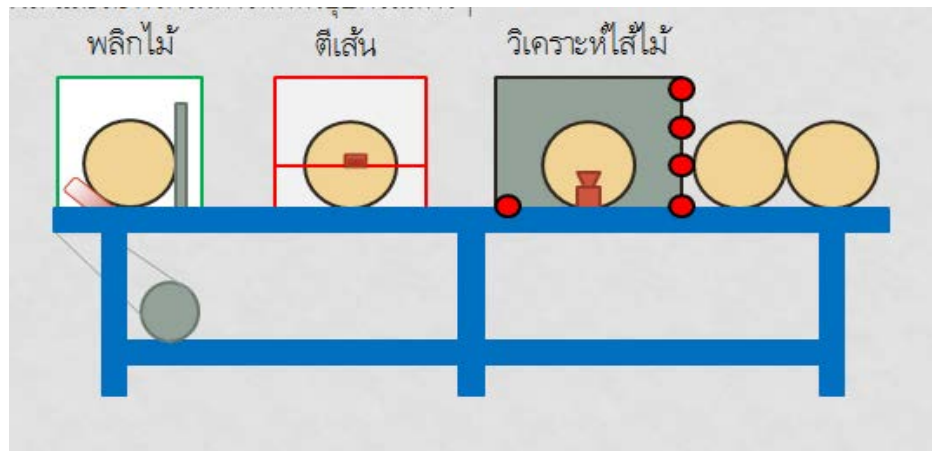
3.3 การออกแบบและสร้างระบบลำเลียงและหมุนไม้ซุง

จากเดิมในโครงการระยะที่ 4 ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือไว้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการประมวลผลภาพ ส่วนของเครื่องตีเส้น โดยการนำไม้ซุงตั้งบนสายพานในแนวยาวดังรูปที่ 3.27 แล้วเคลื่อนเข้าสู่การประมวลผลภาพ



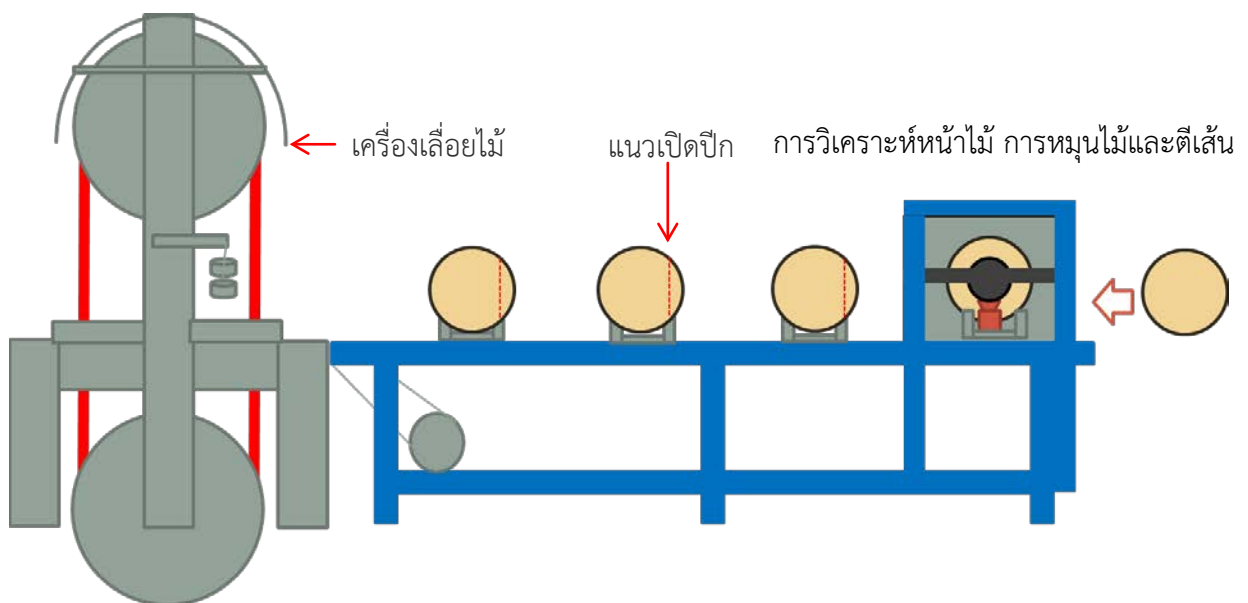
รูปที่ 3.27 การออกแบบการวางอุปกรณ์การประมวลผลภาพ สายพานและเครื่องตีเส้น
(ในโครงการระยะที่ 4)

แต่หลังจากการทดลองการเลื่อนไม้ซุงพบว่าการเลื่อนทำให้แนวไม้เปลี่ยนไป ทางคณะผู้วิจัยจึงกลับมาออกแบบแนวสายพานและการวางอุปกรณ์ใหม่อีกครั้งเพื่อที่จะติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมุนไม้ซุง โดยออกแบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย การประมวลผลหาขอบไม้และแนวไม้ การตีเส้น และการหมุนไม้ซุงเพื่อส่งเข้าโต๊ะเลื่อย (รูปที่ 3.28)



รูปที่ 3.28 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงไม้ซุงและอุปกรณ์การประมวลผลภาพ เครื่องตีเส้นและเครื่องพลิกไม้

ต่อมาภายหลังทางคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ โดยมีข้อสังเกตว่าถ้าต้องการให้มีความแม่นยำสูงสุด จะต้องออกแบบให้ส่วนของการวิเคราะห์ที่ใส่ไม้และการพลิกไม้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ก่อนส่งไม้ที่ผ่านกระบวนการนี้แล้วเข้าสู่สายพานลำเลียง (รูปที่ 3.29)



รูปที่ 3.29 การออกแบบสายพานและอุปกรณ์โดยรวมการประมวลผลภาพเครื่องพลิกไม้เครื่องเส้นไว้ที่ตำแหน่งเดียวกัน

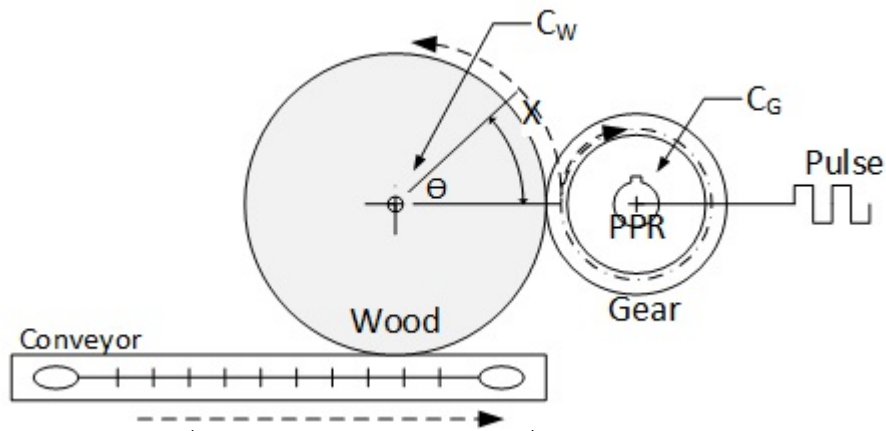
หลังจากที่ได้ออกแบบเสร็จสิ้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำสายพานลำเลียงไม้ซุงและจัดหาเครื่องเลื่อยไม้ซุง (โดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์) เพื่อใช้ในการวิจัยไม้ดัดรูปที่ 3.30 โดยระบบลำเลียงไม้ซุงสามารถทำงานได้ดี และสายพานสามารถรองรับน้ำหนักของไม้ซุงหลายท่อนพร้อมกัน



รูปที่ 3.30 ภาพสายพานลำเลียงไม้และเครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้ในงานวิจัย

ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหมุนไม้ซุงต้นแบบโดยนำมาติดตั้งเข้ากับส่วนปลายของสายพานลำเลียงไม้ โดยใช้ระบบเฟืองและใช้มอเตอร์ของสายพานลำเลียงเป็นตัวขับเคลื่อนของไม้ซุงจากรูปที่ 3.31 ท่อนไม้ซุงเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาบนสายพานลำเลียง เมื่อท่อนไม้ซุงเคลื่อนที่มาชนกับเฟืองจะทำให้ท่อนไม้หมุนทวนเข็มนาฬิกาและเฟืองหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นในการหมุนท่อนไม้ซุงไปเป็นมุม θ ระยะการเลื่อนของสายพาน x จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ $x = \frac{\theta \cdot C_w}{360}$ เมื่อ C_w คือรัศมีของท่อนไม้ซุง

จากการทดสอบระบบเบื้องต้นพบว่าระหว่างการหมุนไม้ซุงมีการกลิ้งออกจากเฟือง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างระบบกดไม้ซุงเพื่อป้องกันการกลิ้งออกจากเฟืองในระหว่างการหมุน (รูปที่ 3.32-3.33) ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถหมุนไม้ซุงไปที่มุมต่างๆได้โดยที่ไม้ซุงไม่มีการกลิ้งออกจากเฟือง แต่ยังมีการเลื่อนออกเล็กน้อยในตำแหน่งที่หัวกดไม้ไม่แนบสนิทกับท่อนไม้ซุง งานวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องออกแบบระบบกดไม้ซุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อการหมุนที่แม่นยำ



รูปที่ 3.31 โครงสร้างการอุปกรณ์เพื่อควบคุมการหมุนไม้



รูปที่ 3.32 เครื่องหมุนไม้ซุงพร้อมหัวกดไม้ซุงที่ติดตั้งเข้ากับสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.33 เครื่องหมุนไม้ซุงหลังจากเพิ่มตัวกดไม้ซุงเพื่อป้องกันการกลิ้งออกจากเฟือง

โดยสรุปผู้วิจัยได้พัฒนาระบบวิเคราะห์หน้าไม้ซุงโดยสร้าง Algorithm ใหม่ 2 แบบ สำหรับวิเคราะห์หน้าไม้ซุงเพื่อให้ไม้อยู่ในแผ่นไม้เดียวกัน พร้อมทั้งได้ออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุง ระบบลำเลียงไม้ซุงและเครื่องหมุนไม้ซุงต้นแบบ

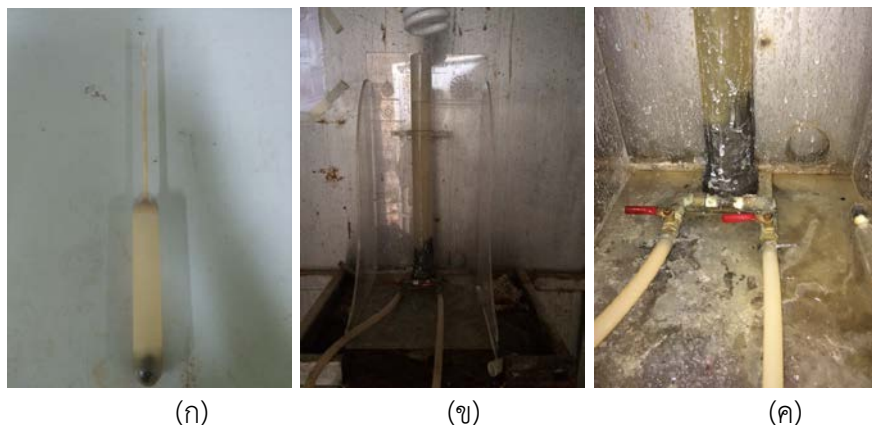
บทที่ 4

การพัฒนาระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้อย่างพารา

เนื่องจากระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยา *ImPregWood* ที่พัฒนาในโครงการระยะก่อนหน้านี้ (รูปที่ 4.1) มีการถ่ายน้ำยาเข้าออกด้วยคนและไม่มีระบบทำความสะอาดตัวเองหลังการใช้งาน หลังจากการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าจะมีผลึกของโบรอนเกาะที่หลอดวัดความเข้มข้นของน้ำยาหลังจากการใช้งานเป็นระยะเวลายาวนาน (รูปที่ 4.2) ซึ่งเกิดจากการที่ไม่ได้ทำความสะอาดหลอดหลังการใช้แต่ละครั้ง ซึ่งทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำยาที่อ่านได้มีค่าคลาดเคลื่อนไป นอกจากนี้การล้างหลอดด้วยคนงานก็ไม่สะดวกและอาจจะทำให้หลุดเสียหายหรือแตกได้ ผู้วิจัยจึงจะปรับปรุงระบบให้สามารถใช้งานได้ยาวนานอย่างเสถียร โดยการติดตั้งเพิ่มเติมระบบล้างหลอดวัดความเข้มข้นน้ำยาอัตโนมัติ โดยระบบจะมีการถ่ายน้ำยาทิ้งพร้อมทั้งทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งที่มีการวัด นอกจากนี้จะได้ปรับปรุงระบบให้มีความคงทนต่อการใช้งานให้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 4.1 ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยา *ImPregWood* เดิมที่มีการถ่ายน้ำยาเข้าออกด้วยคนและไม่มีระบบทำความสะอาดตัวเองหลังการใช้งาน



(ก)

(ข)

(ค)

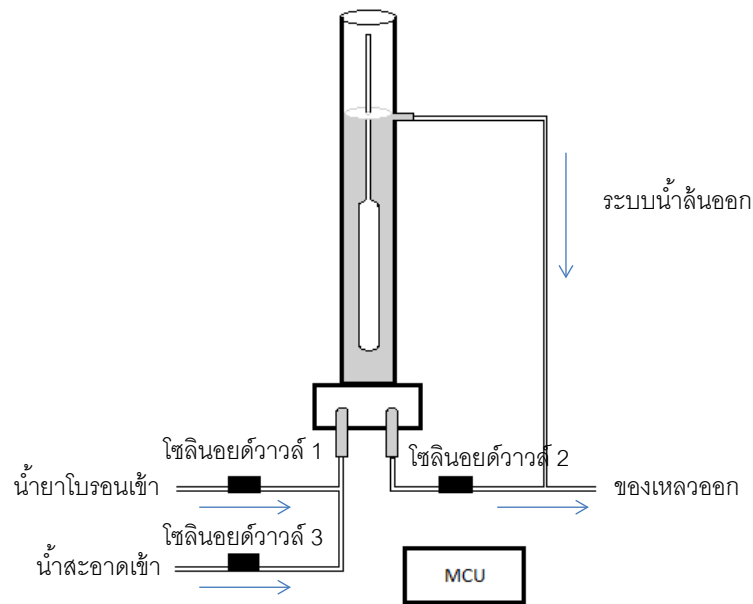
รูปที่ 4.2 (ก) หลอดวัดความเข้มข้นของน้ำยาที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลากว่า 2 ปีและมีผลึกโบรอนเกาะทำให้อ่านค่าผิดพลาด (ข) และ (ค) ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายน้ำยาที่ขำรุดและมีการรั่วซึมของน้ำยา

4.1 การสร้างและออกแบบระบบวัดและทำความสะอาดหลอดวัดความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติ

การออกแบบระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติ มีการเพิ่มระบบควบคุมการไหลเข้าออกของสารละลายรวมถึงระบบทำความสะอาดหลอดน้ำยาดังรูปที่ 4.3 โดยจะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- ผู้ใช้กดปุ่มควบคุมเพื่อให้โซลินอยด์วาล์ว 1 ทำงานเปิดให้น้ำยาไหลเข้าสู่หลอดน้ำยาในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการอ่านค่า โดยจะมีรูน้ำล้นเป็นตัวควบคุมให้ระดับของน้ำยาอยู่ในระดับเดิมทุกครั้ง เมื่อระดับน้ำยาถึงปริมาณที่กำหนดแล้ว โซลินอยด์วาล์ว 1 จะปิด
- ผู้ใช้ทำการอ่านค่าระดับของหลอดวัดความเข้มข้นน้ำยา เพื่อใช้ในการคำนวณการผสมน้ำยา เมื่ออ่านค่าเสร็จผู้ใช้กดปุ่มควบคุมเพื่อให้โซลินอยด์วาล์ว 2 ทำงานเปิดให้น้ำยาไหลออกจากหลอดน้ำยาจนหมดแล้วจึงปิดโซลินอยด์วาล์ว 2
- หลังจากนั้นระบบจะดำเนินการควบคุมให้โซลินอยด์วาล์ว 3 ทำงานโดยเปิดให้น้ำสะอาดไหลเข้าสู่หลอดน้ำยาและไหลออกทางรูน้ำล้นเพื่อทำความสะอาดระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด แล้วจึงปิดโซลินอยด์วาล์ว 3 เปิดโซลินอยด์วาล์ว 2 เพื่อระบายน้ำเปล่าออกจากหลอดน้ำยาจนหมดแล้วจึงปิดโซลินอยด์วาล์ว 2 พร้อมสำหรับการใช้งานครั้งถัดไป

ในการออกแบบเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ศักย์ไฟฟ้าต่ำที่ 12 โวลต์เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการดำเนินการประกอบด้วย โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) (รูปที่ 4.4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) (รูปที่ 4.5) สำหรับควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว สวิตช์ตัด-ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Relay) (รูปที่ 4.6) และแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ (รูปที่ 4.7)



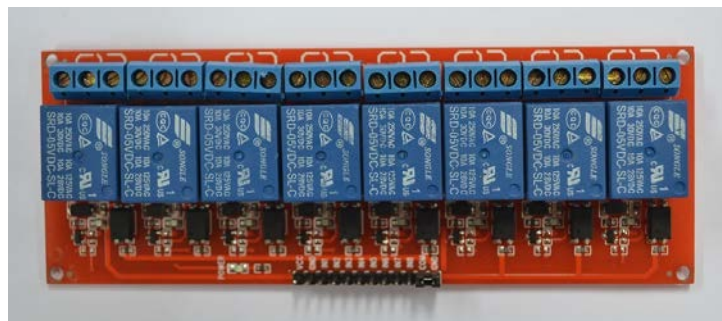
รูปที่ 4.3 ระบบควบคุมการอัดน้ำยา *ImPregWooD* แบบอัตโนมัติซึ่งมีระบบนำน้ำยาเข้าสู่หลอดน้ำยา และระบบทำความสะอาดหลอดน้ำยา



รูปที่ 4.4 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)



รูปที่ 4.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) สำหรับควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

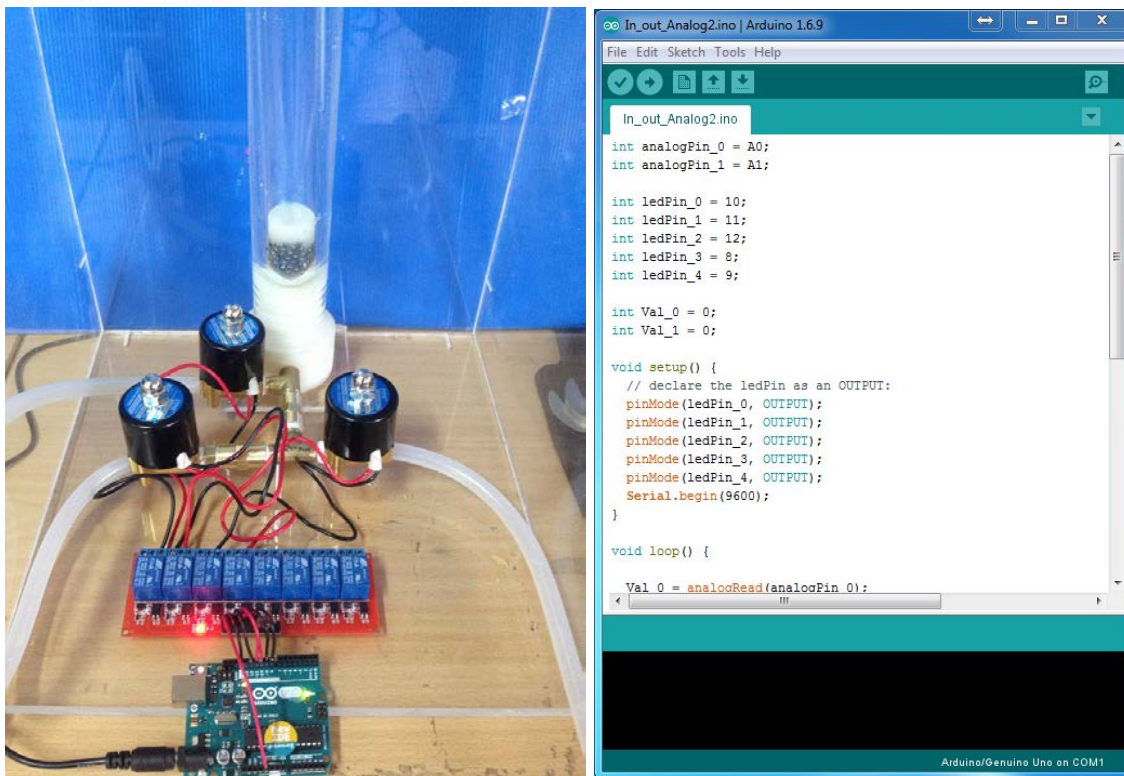


รูปที่ 4.6 สวิตซ์ตัด-ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Relay)

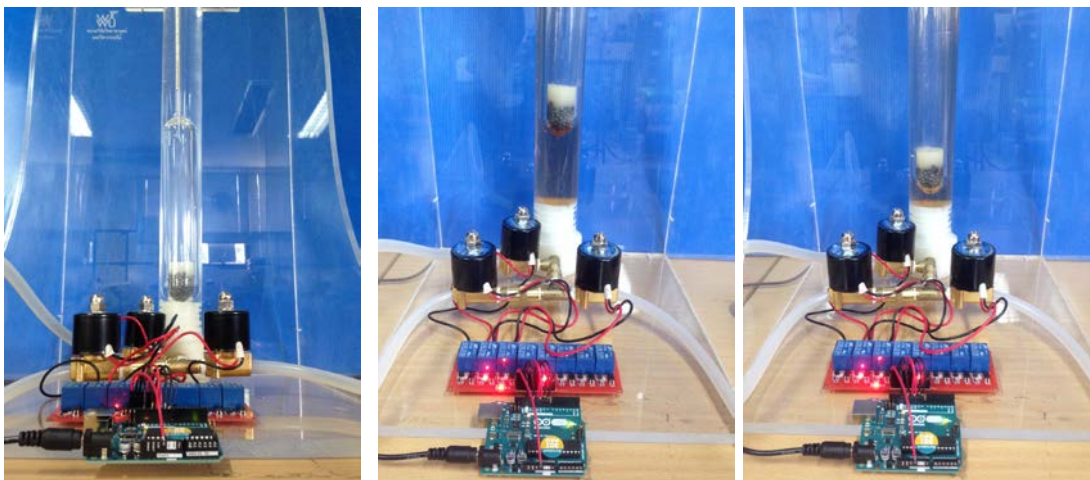


รูปที่ 4.7 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์

ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติต้นแบบที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 4.8 ในการทดสอบเบื้องต้นระบบสามารถควบคุมการไหลเข้าออกของสารละลายรวมถึงน้ำเปล่าสำหรับทำความสะอาดหลอดน้ำยา (รูปที่ 4.9)



รูปที่ 4.8 ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติต้นแบบพร้อมทั้งซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4.9 การทดสอบการทำงานของระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ขณะปล่อยสารละลายเข้า/ออกจากชุดทดสอบ

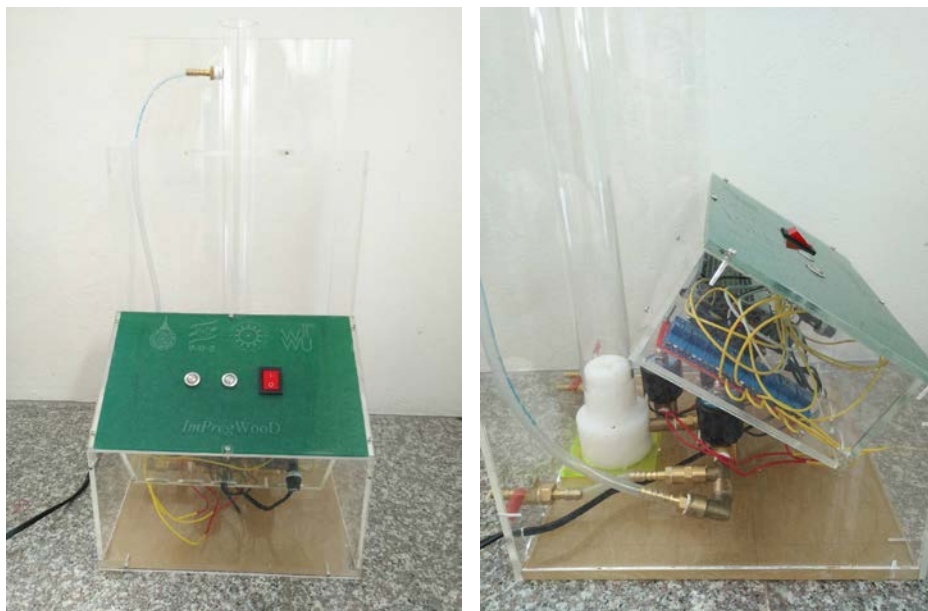
หลังจากทดสอบการทำงานของระบบเบื้องต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูป (รูปที่ 4.10) โดยมีราคาต้นทุนประมาณ 10,000 บาท/ชุด โดยมีการควบคุมลำดับการทำงานแบบ อัตโนมัติ (รูปที่ 4.11) ดังนี้

ปุ่มควบคุมการทำงาน (รูปที่ 4.11)

- ปุ่มกดสีแดง ทำหน้าที่เติมสารละลายโบรอนในกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยา
- ปุ่มกดสีน้ำเงิน ทำหน้าที่ล้างสารละลายโบรอนในกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยา
- สวิตช์สีแดง ทำหน้าที่เปิด-ปิด เครื่องควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงาน

- เปิดสวิตช์สีแดงให้เครื่องพร้อมทำงาน
- กดปุ่มสีแดง เพื่อให้เครื่องเติมสารละลายโบรอน โดยจะมี 3 ขั้นตอนอัตโนมัติ ดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 เครื่องจะทำการเติมน้ำเพื่อล้างกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยาให้สะอาดใช้เวลา 1 นาที
 ขั้นตอนที่ 2 เครื่องจะทำการปล่อยน้ำออกจากกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยาจนหมดใช้เวลา 2 นาที
 ขั้นตอนที่ 3 เครื่องจะทำการเติมสารละลายโบรอนในกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยาใช้เวลา 5 นาที
 จากนั้นจะคงปริมาณสารละลายโบรอนไว้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถอ่านค่าความเข้มข้นน้ำยาจากหลอดวัดค่าความถ่วงจำเพาะ
- กดปุ่มสีน้ำเงิน เพื่อให้เครื่องล้างสารละลายโบรอน โดยจะมี 3 ขั้นตอนอัตโนมัติ ดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 เครื่องจะทำการปล่อยสารละลายโบรอนออกใช้เวลา 2 นาที
 ขั้นตอนที่ 2 เครื่องจะทำการเติมน้ำเพื่อล้างกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยาให้สะอาดใช้เวลา 2 นาที
 ขั้นตอนที่ 3 เครื่องจะทำการปล่อยน้ำออกจากกระบอกวัดความเข้มข้นน้ำยาจนหมดใช้เวลา 2 นาที
- ปิดสวิตช์สีแดงเมื่อสิ้นสุดการใช้งาน



รูปที่ 4.10 ระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติพร้อมสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม



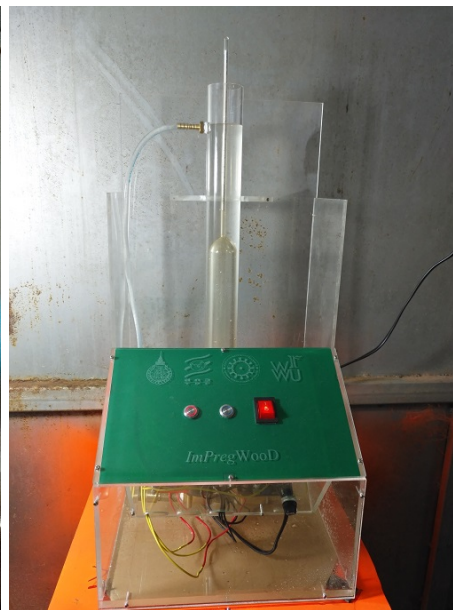
รูปที่ 4.11 หน้าจอควบคุมการทำงานของระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติ

4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยได้นำระบบวัดความเข้มข้นของน้ำยาแบบอัตโนมัติไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานจริงที่บริษัท นครศรีพาราวัฏจำกัด อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยในเบื้องต้นระบบสามารถทำงานได้ดีตาม ขั้นตอนที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของระบบยังประสบปัญหาในเรื่องของความดันของน้ำยา จากถังอัดที่มีค่าสูงทำให้เกิดการรั่วของน้ำยาในระหว่างการใช้งานซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขระบบให้ใช้งานได้แล้ว และหลังจากนั้นระบบได้เกิดการอุดตันที่โซลินอยด์วาล์วเนื่องจากขี้เลื่อยและเศษไม้ที่ติดมากับน้ำยา ซึ่งใน ส่วนนี้ผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบกรองตะกอนออกจากร้าน้ำยาก่อนที่จะไหลเข้าระบบทำให้ระบบสามารถทำงานได้ โดยไม่อุดตัน



รูปที่ 4.12 การติดตั้งระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติที่บริษัทนครศรีพาราวู้ดจำกัด
อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.13 ระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบเดิมที่ เปิด - ปิด น้ำยาด้วยมือที่ผ่านการใช้งาน
มาตั้งแต่ปี 2556 และระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติที่ติดตั้งใหม่



รูปที่ 4.14 ระบบวัดความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติขณะกำลังถ่ายสารละลายโบรอนจากถังเก็บ
เพื่อการอ่านค่าความเข้มข้นน้ำยาต่อไป

โดยสรุปผู้วิจัยได้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอัดน้ำยา *ImPregWood* ให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติโดยมีการเพิ่มเติมระบบควบคุมการปล่อยน้ำยาเข้าออกและระบบทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าหลังการใช้งานในแต่ละครั้ง เพื่อให้เครื่องมือมีเสถียรในการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม

บทที่ 5

การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการอบและการออกแบบเตาอบไม้ย่างพารา

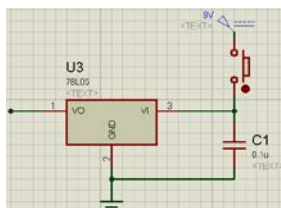
การพัฒนาระบบควบคุมการอบจะแบ่งเป็นสามส่วนใหญ่คือ การพัฒนาและสร้างเครื่องวัดความชื้นในไม้ย่างพาราโดยใช้หลักการความต้านทานไฟฟ้า การพัฒนาระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ (DryWood) และการออกแบบเตาอบไม้ย่างพารา

5.1 การปรับปรุงเครื่องวัดความชื้นในไม้ (MoistWood)

- การออกแบบวงจร

- ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยง +5 โวลต์

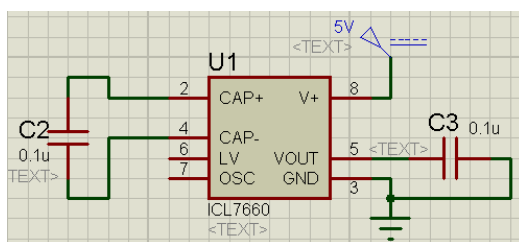
สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ในวงจร โดยเมื่อทำการกดสวิตช์ สัญญาณแรงดันไฟเลี้ยง 9V จากแบตเตอรี่ ก็จะถูกป้อนด้านเข้าที่ขา 1 ของ Transistor MC78L05 ส่งผลให้ IC MC78L05 ทำงานโดยจ่ายแรงดันด้านออกขนาด 5V



รูปที่ 5.1 ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยง +5 โวลต์

- ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยงลบ -5 โวลต์

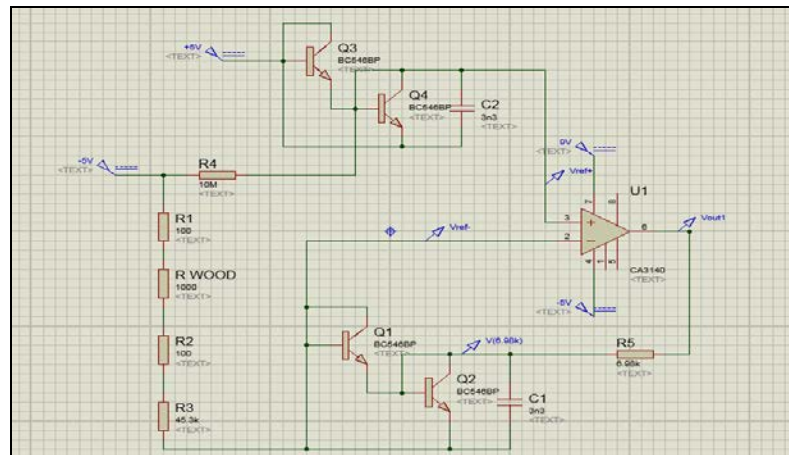
สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ในวงจร โดยเมื่อมีแรงดัน 5V จ่ายเข้าที่ขา8 ของ IC แรงดันดังกล่าวจะถูกแปลงสัญญาณเป็นค่าลบ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าด้านออกขนาด -5V จะใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงลบให้อุปกรณ์อื่นๆ ในวงจร



รูปที่ 5.2 ส่วนกำเนิดไฟเลี้ยง -5 โวลต์

- วงจรตรวจจับค่าความต้านทานไม้ (Wood-Resistant Detection Circuit)

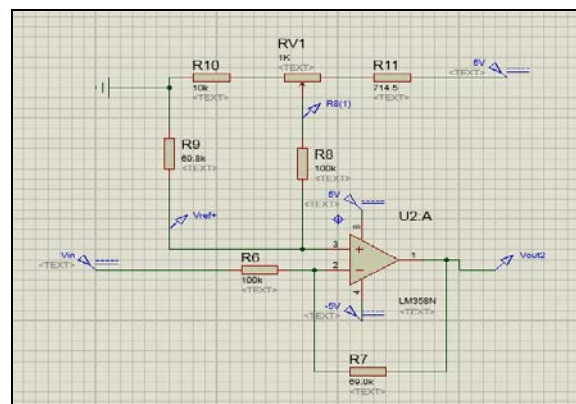
เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงผ่านแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 9 โวลต์ ให้กับวงจรตรวจจับค่าความต้านทานไม้ แล้วทำการตอก Electrode ลงในเนื้อไม้ วงจรตรวจจับก็จะทำงาน โดยจะมีสัญญาณแรงดันส่งเข้าสู่ชุดทรานซิสเตอร์ที่เชื่อมต่อแบบคาร์ลิ่งตัน (V_{in}) เนื่องจากจำเป็นต้องขยายกระแสเพื่อให้อปแอมป์สามารถทำงานได้ซึ่งทรานซิสเตอร์ BC846B และเมื่อความต้านทานของไม้ มีเปลี่ยนไปกระแสก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตาม ส่งผลให้ค่าแรงดันในส่วนการตรวจจับก็จะมีค่าเปลี่ยนไปเช่นกัน ดังนั้นแรงดันด้านออกของวงจรตรวจจับที่ได้จากวงจรออปแอมป์ (V_{out1}) จึงมีค่าเปลี่ยนไปตามค่าความต้านทานของไม้



รูปที่ 5.3 วงจรตรวจจับค่าความต้านทานไม้

- วงจรปรับค่าแรงดันสู่ค่าความชื้นของไม้ (Resistance to Moisture Conversion Circuit)

วงจรนี้ถูกออกแบบให้รองรับการกำหนดอัตราการขยายของวงจรโดยการใช้วงจรออปแอมป์ โครงสร้างการต่อแบบ Negative Feedback วงจรนี้ทำหน้าที่ยกระดับแรงดันของเอาต์พุตให้เหมาะสมตามอุณหภูมิที่ทำการวัดความชื้น ซึ่งจะได้ผลลัพธ์อยู่ในรูปของ $(\%MC)/(100\%)$

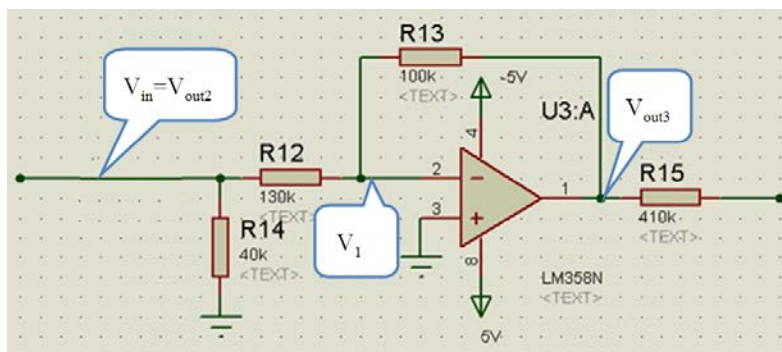


รูปที่ 5.4 วงจรปรับค่าแรงดันสู่ค่าความชื้นของไม้

- วงจรจะมีการปรับแต่งสัญญาณ (Accuracy Adjustment Circuit)

เมื่อมี V_{in} เข้ามาที่ขากลับเฟส (ขา -) ก็จะเกิดการแบ่งแรงดัน (Voltage divider) และแรงดันด้านออกจะมีมูเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม สัญญาณตรงกันข้ามนี้จะถูกป้อนกลับผ่าน R_{13} เข้ามายังขาอินเวอร์ตอีกครั้งหนึ่งทำให้สัญญาณเกิดการหักล้างกัน สัญญาณด้านออกก็จะมีอัตราขยายลดลง ซึ่งเมื่อ V_{in} ที่เป็นสัญญาณด้านเข้ามีค่าเปลี่ยนไปจึงทำให้สัญญาณด้านออกมีค่าเปลี่ยนไปเช่นกัน

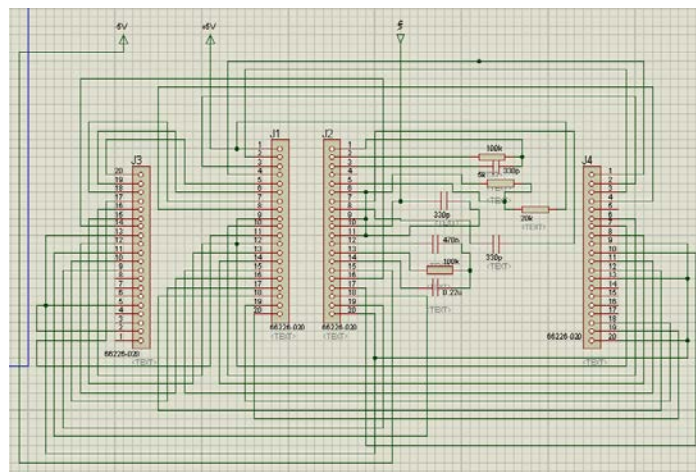
- ค่า R_{14} จะเป็นตัวปรับแรงดันด้านออกให้มีค่าสอดคล้องกับชนิดของไม้คือไม้ยางพารา
- ค่า R_{12} จะเป็นตัวปรับแรงดันด้านออกให้มีค่าสอดคล้องกับอุณหภูมิขณะทำการวัด



รูปที่ 5.5 ส่วนการปรับแต่งสัญญาณ

- วงจรส่วนการส่งข้อมูลมาแสดงผลบนจอแสดงผล (LCD Display Unit)

เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้วงจร และมี input เข้าที่ขา In-Hi ของ IC L7106CPL ไอซีตัวนี้ก็จะเปรียบเทียบแรงดันกับขา Ref-Hi ซึ่งมีค่าแรงดัน 1 โวลต์ และทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็นสัญญาณ Digital เพื่อแสดงผลเป็นค่าความชื้นของไม้ยางพารา



รูปที่ 5.6 ส่วนการแสดงผลบนจอแสดงผล

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเครื่องมือวัดความชื้นไม้ยางพารา (*MoistWood Meter*) ตามผลการออกแบบที่นำเสนอไว้ในรายงานก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็นผลสำเร็จดังรูปที่ 5.7 โดยได้ใช้เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นทำการวัดความชื้นของไม้

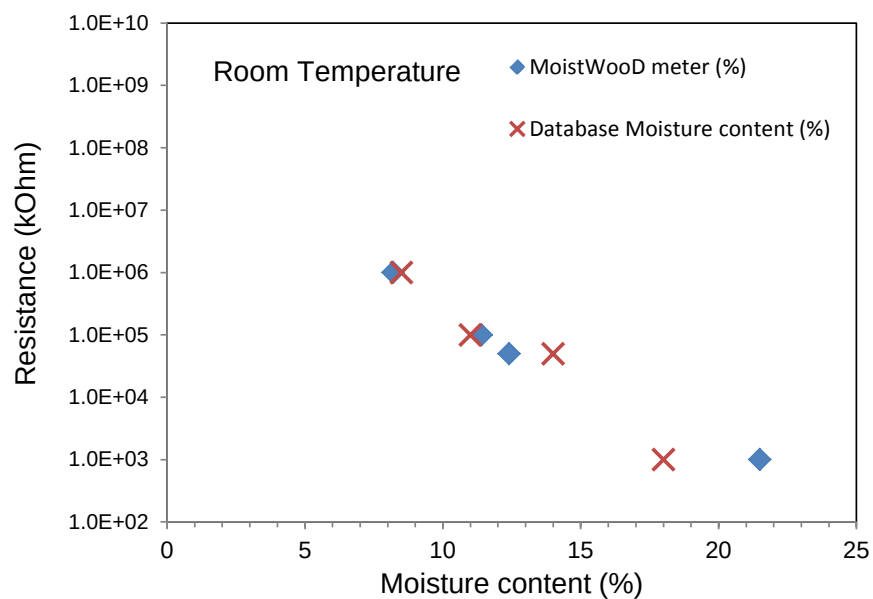


รูปที่ 5.7 เครื่องวัดความชื้นไม้ยางพาราต้นแบบ *MoistWood meter* ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

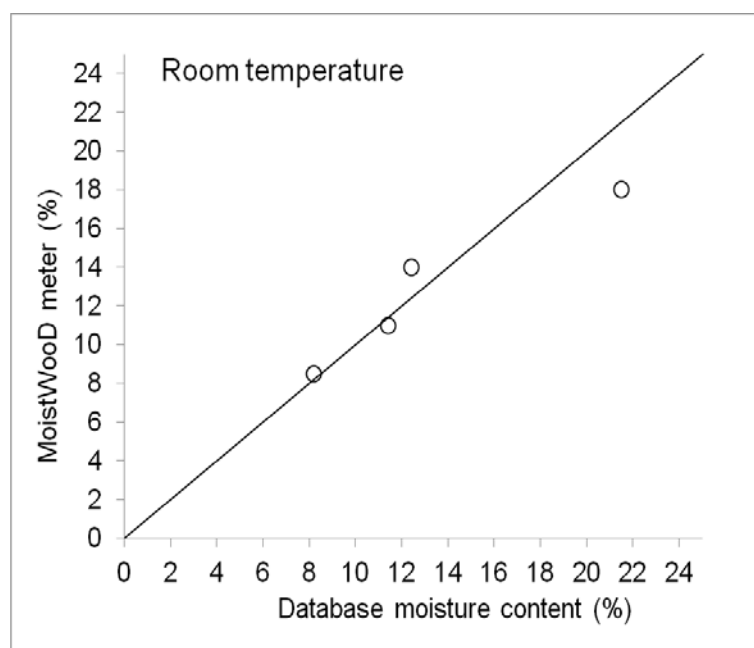
ในขั้นแรกผู้วิจัยได้ทดสอบการตรวจจับค่าความต้านทานอิเล็กทรอนิกส์ที่มีค่าเทียบเคียงกับไม้ยางพาราที่ความชื้นย่นต่างๆ ในช่วงความชื้น 8-20% ซึ่งเทียบเคียงได้กับค่าความต้านทานในช่วง 1M-1000M โอห์ม รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5.1 และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ได้มีการดำเนินไว้ในโครงการระยะก่อนหน้านี้ โดยพบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นอ่านค่าความชื้นได้ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ดำเนินการมา (รูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9)

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดระดับช่วงแรงดันของวงจรและค่าที่แสดงผลจากเครื่อง *MoistWood Meter* เมื่อทดสอบด้วยค่าความต้านทานต่างๆ

กรณี	Resistance(Ohm)	%MC (ฐานข้อมูล)	V _{o1} (V.)	V _{o2} (V.)	V _{o3} (V.)	<i>MoistWood meter</i> (%)
1	1000 M	8-10	4.825	-0.2205	0.0819	8.2
2	100M	10-12	4.8814	-0.2592	0.114	11.4
3	50M	13-17	4.8992	-0.2711	0.1238	12.4
4	1M	17-20	5.0605	-0.3823	0.2156	21.5

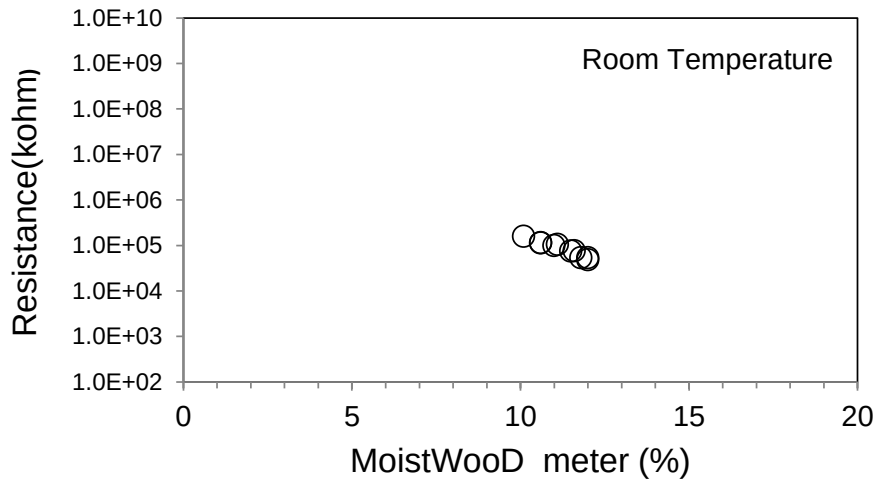


รูปที่ 5.8 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และค่าความชื้นไม้จากฐานข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวัดด้วยเครื่อง *MoistWood* meter

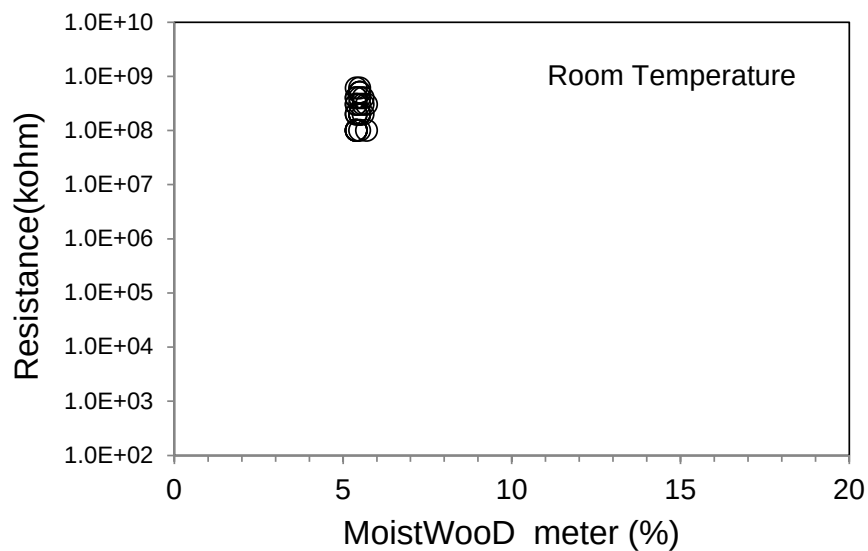


รูปที่ 5.9 ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด *MoistWood* meter ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดค่าความต้านทานไม้จากฐานข้อมูล

หลังจากที่ได้ทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นว่าเป็นไปตามฐานข้อมูลที่ได้ดำเนินการไว้ ผู้วิจัยทำการวัดความชื้นของไม้ยางพาราแปรรูปในช่วงความชื้น 10-11% จำนวน 10 ท่อนและในช่วงความชื้น 6% จำนวน 30 ท่อนในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยอ่านค่าความต้านทานไม้ยางพาราด้วยเครื่อง Agilent 4339B Digital High Resistance Meter ผลการอ่านค่าความต้านทานกับค่าความชื้นที่แสดงผลบนเครื่องมือวัด MoistWood meter ที่สร้างขึ้นแสดงดังรูป 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ

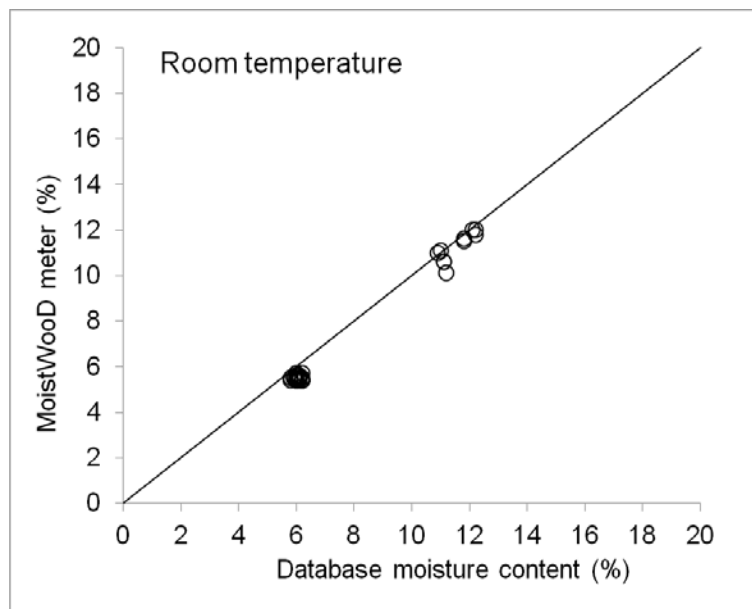


รูปที่ 5.10 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และผลการวัดค่าความชื้นไม้ด้วยเครื่อง MoistWood Meter



รูปที่ 5.11 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง Resistance (kOhm) และผลการวัดค่าความชื้นไม้ด้วยเครื่อง MoistWood Meter

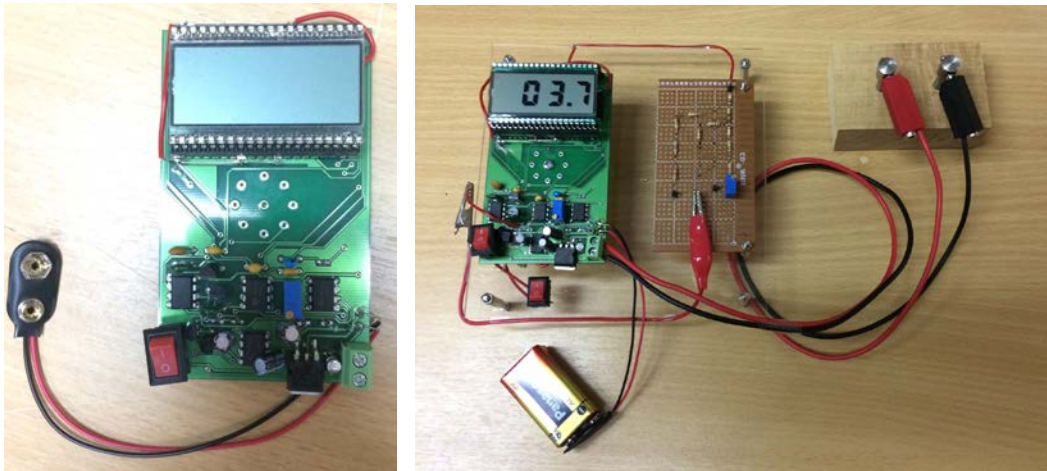
จากผลการทดสอบการอ่านค่าเครื่องมือวัดความชื้นไม้ต้นแบบ *MoistWood meter* ทั้งจากการอ่านค่าความต้านทานอิเล็กทรอนิกส์และผลการทดสอบการวัดความชื้นไม้จริงในย่าน 6% และ 10% จำนวนรวม 40 ชิ้น จะเห็นว่าเครื่องมือวัดความชื้นที่พัฒนาขึ้นสามารถอ่านค่าได้ดีและมีความแม่นยำ สอดคล้องใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่ได้จากวิธีการตรวจจับค่าความต้านของไม้จริง โดยค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความชื้นจริงเท่ากับ 9% (รูปที่ 5.12)



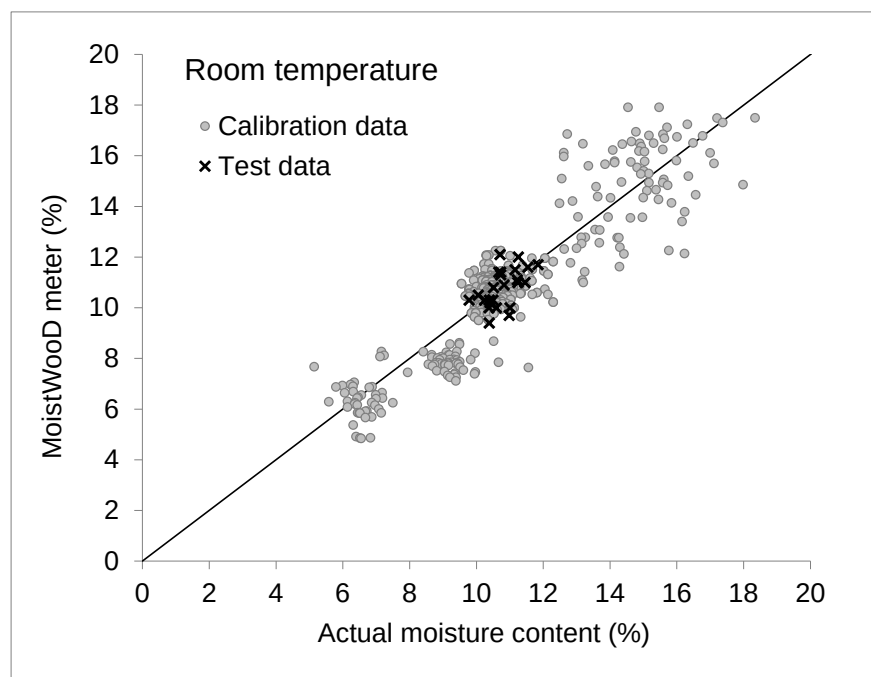
รูปที่ 5.12 ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด *MoistWood meter* ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดด้วยวิธีอบแห้ง โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง 9%

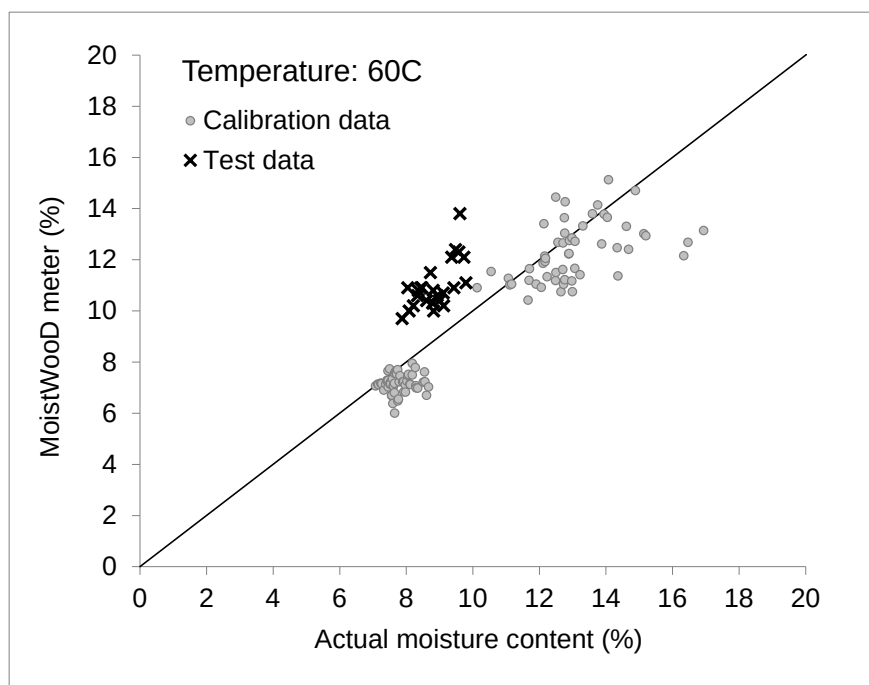
เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าของไม้ ((Simpson, 1991; Simpson 1999; Forsen and Tarvainen, 2000) ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาออกแบบระบบการวัดให้ใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึง 90°C โดยแบ่งย่านอุณหภูมิการวัดออกเป็นสามย่านหลักๆ ได้แก่ 30°C, 60°C และ 90°C ทั้งนี้ได้ทำการปรับแก้ผลของอุณหภูมิต่อค่าที่อ่านได้ให้มีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งทำการปรับปรุงแก้ไขในวงจรส่วนปรับแต่งสัญญาณ ผู้วิจัยได้เลือกค่า R12 (รูปที่ 5.5) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันต้านออกให้มีค่าสอดคล้องกับอุณหภูมิขณะที่ทำการวัด พร้อมกันนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ใหม่เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรม (รูปที่ 5.13) โดยมีราคาต้นทุนประมาณ 2,300 บาท (ไม่รวมกล่องใส่ ไม่รวมค่าแรง) (ผู้วิจัยได้ยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร เรื่องมิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทาน ค่าขออนุสิทธิบัตรเลขที่ 1703000293 วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560 ซึ่งมีรายละเอียดในภาคผนวก) พร้อมทั้งทำการทดสอบการทำงานของระบบอีกครั้งทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 60°C

โดยใช้ไม้ตัวอย่างจำนวน 20 ท่อนที่แต่ละอุณหภูมิ โดยพบว่าในภาพรวมค่าความชื้นไม้ยังพาราที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ค่าที่สอดคล้องกับค่าจริงที่ได้จากการวัดด้วยวิธีอบแห้ง (ภายใต้ค่าการกระจายของข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือ) ทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิที่ทำการทดสอบที่ 60°C (รูปที่ 5.14) อนึ่งที่อุณหภูมิ 60°C ค่าความชื้นที่จริงมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่วัดได้จากเครื่องเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างไม้ที่ทำการทดสอบไม่ได้เป็นตัวอย่างไม้ที่สภาวะสมดุลซึ่งจะมีค่าความชื้นไม่สม่ำเสมอโดยที่ผิวจะมีความชื้นต่ำกว่าที่แกนกลางเนื่องจากการระเหยของน้ำขณะทำการทดสอบ ส่วนตัวอย่างที่ใช้ในการสอบเทียบนั้นเป็นตัวอย่างมาตรฐานที่สภาวะสมดุลซึ่งจะมีค่าความชื้นสม่ำเสมอตลอดทั้งความหนา



รูปที่ 5.13 เครื่องวัดความชื้นไม้ยังพาราต้นแบบ (MoistWood meter) สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมที่สามารถปรับค่าสำหรับการวัดความชื้นในไม้ที่อุณหภูมิค่าต่างๆ



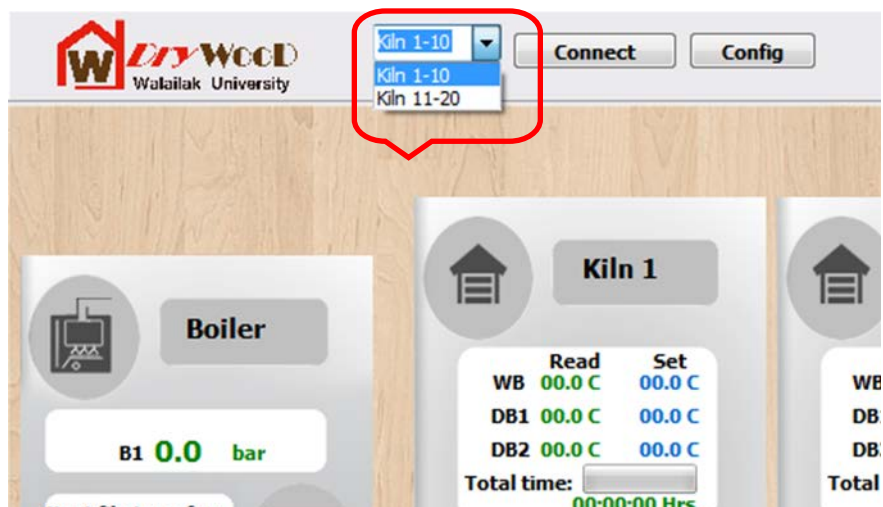


รูปที่ 5.14 ผลการทดสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด MoistWood meter ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับค่าความชื้นไม้จริงที่หาโดยการวัดด้วยวิธีอบแห้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 60°C โดยแสดงข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือประกอบด้วย

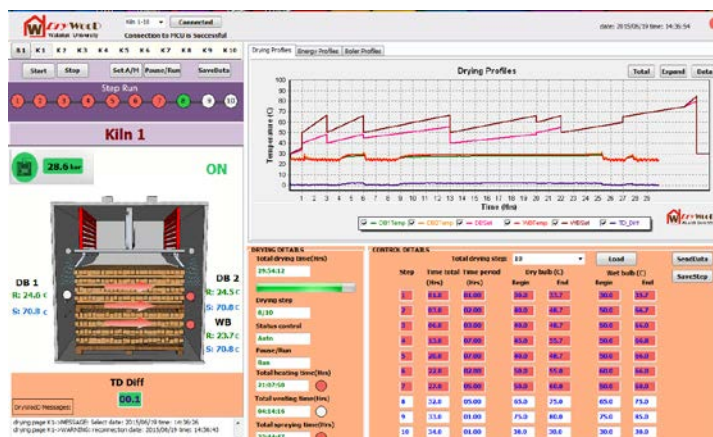
5.2 การปรับปรุงระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติและการเชื่อมต่อบรรยากาศความชื้นไม้

ในส่วนของระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ ได้มีการดำเนินการเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบและพัฒนาระบบเพื่อเชื่อมต่อกับระบบวัดความชื้นไม้เพื่อให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นไม้ภายในเตาอบได้ตลอดเวลา โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

1. ได้พัฒนาส่วนของการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์(Drywood-Computer)เพิ่มเติม โดยให้ระบบสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์(Drywood-MicroController)ได้มากกว่า 1 ชุด โดยในขณะนี้ สามารถเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ชุดพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้โรงงานสามารถควบคุมเตาอบไม้ได้มากขึ้นรองรับการขยายตัวทางอุตสาหกรรมไม้ในอนาคต และสามารถเก็บข้อมูลการอบได้ด้วยคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบอบไม้สามารถเลือกดูสถานะของการอบไม้ได้ครั้งละ 1 MCU เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 5.15-5.16

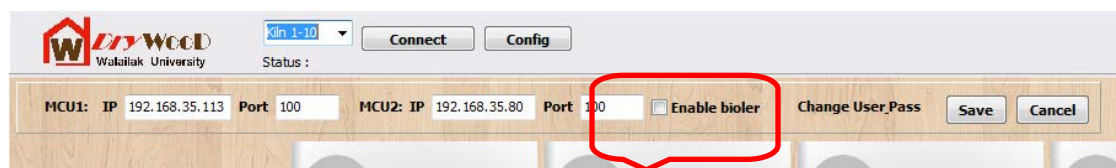


รูปที่ 5.15 หน้าจอ Drywood-Computer เพื่อเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์(Drywood-Controller MCU)



รูปที่ 5.16 หน้าจอ Drywood-Computer ในส่วนการอปไมล์หลังเลือก MCU ที่ต้องการแล้ว

- ปรับปรุงการในส่วนของการตั้งค่าให้สามารถกำหนดเลือกรับข้อมูลความดันจากบอยเลอร์ (boiler) ได้ เนื่องจากเมื่อทางคณะผู้วิจัยได้ออกไปติดตั้งระบบในบางโรงงานพบว่า ทางโรงงานบางแห่งไม่ได้ติดค่าชุดอ่านค่าความดันจากบอยเลอร์ไว้ ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีข้อมูลจากบอยเลอร์เข้ามาในระบบและส่งผลให้ระบบทำงานผิดพลาดได้ จึงทำการปรับปรุงให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าได้ด้วยตนเอง (รูปที่ 5.17) ซึ่งระบบได้มีการใช้งานจริงที่บริษัทนครศรีพาราเว็ด จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 5.18)

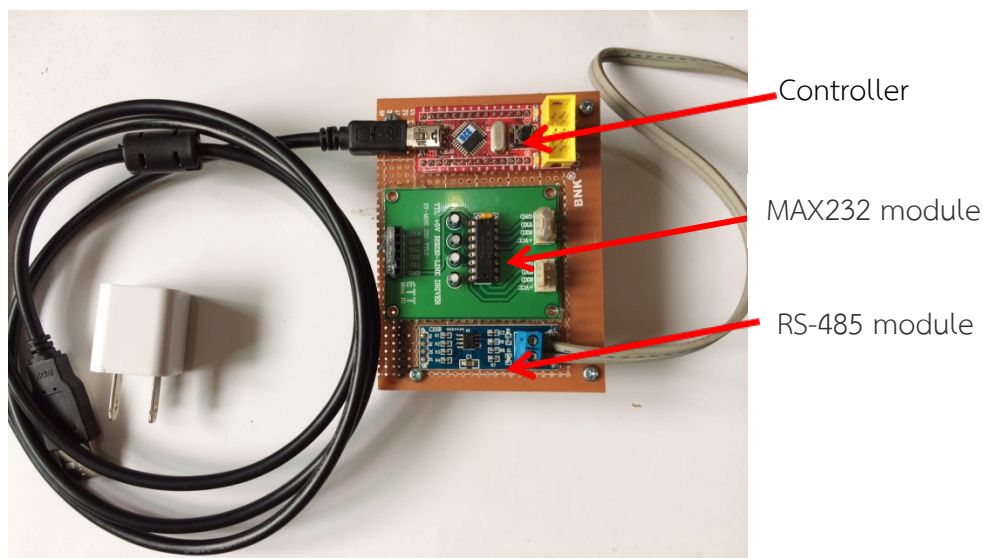


รูปที่ 5.17 การเลือกกำหนดค่าการรับข้อมูลจากบอยเลอร์



รูปที่ 5.18 การใช้งานระบบเพื่อแสดงค่าความดันไอน้ำที่ผลิตจากบอยเลอร์ของบริษัทนครศรีพาราวัฏ จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช

- การนำสัญญาณจากเครื่องวัดความชื้นในไม้ *MoistWood* meter เข้ามาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการอบ โดยทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากเครื่องวัดความชื้นในไม้ผ่านทางไมโครคอนโทรเลอร์ (AVR ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับ Arduino) ที่มีขนาดเล็กและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานง่าย (รูปที่ 5.19) ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ผ่านทางโปรโตคอล RS-485 ซึ่งจะเป็นการส่งข้อมูลทางเดียวไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ โดยเครื่องวัดความชื้นในไม้จะส่งข้อมูลมาเป็นสัญญาณอนาล็อกที่มีเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0- 5 โวลต์และให้ใช้การเทียบแรงดันออกมาเป็นค่าความชื้น (รูปที่ 5.20-5.21) โดยข้อมูลจะถูกแสดงผลบนระบบ *DryWood-Computer* (รูปที่ 5.22)



รูปที่ 5.19 โมดูลไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในไม้ *MoistWood* meter


```

AnalogInOutSerial | Arduino 1.0.6
File Edit Sketch Tools Help

#include <Timer.h>

#include "Timer.h"

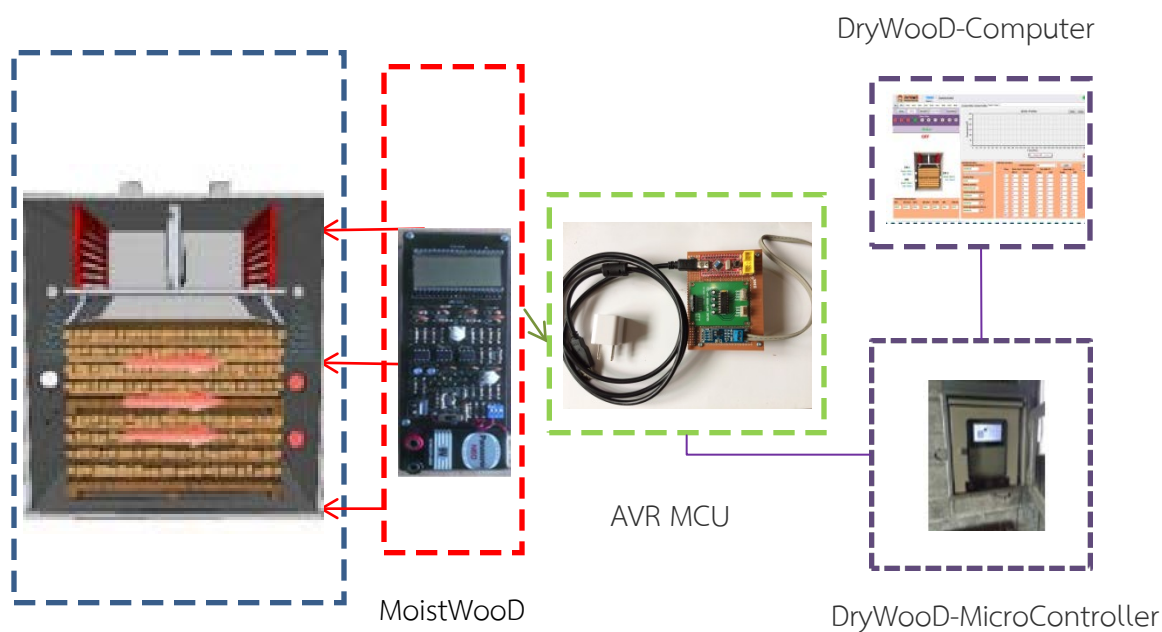
const int analogInPin0 = A0; // Analog input pin that the potentiometer
const int analogInPin1 = A1;
const int analogInPin2 = A2;
const int analogInPin3 = A3;
const int analogInPin4 = A4;
const int analogInPin5 = A5;
int KilnNum = 0; // fixed use kiln1 only
int enablePin = 4;
int sv0,sv1,sv2,sv3,sv4,sv5; // value read from the pot
float outputValue[9]; // value output to the PWM (analog out)
float tnp=0;
Timer t,t2;
bool checked = false;

```

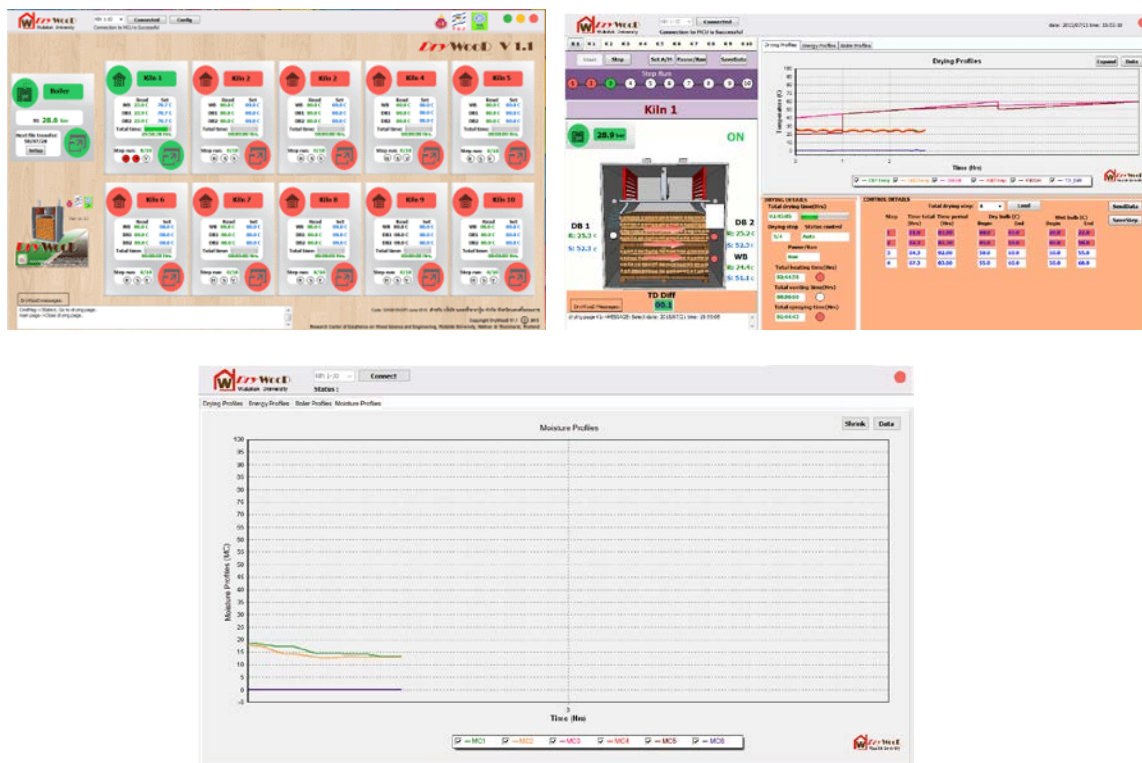
Send data to
DryWood

0.00-20.00-18.00-17.00-16.00-15.00-15.00-16.83-0.00

รูปที่ 5.20 ผลการอ่านค่าความชื้นของไม้โดยการเชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในไม้ *MoistWood* meter กับระบบบอบไม้อัตโนมัติส่วน *DryWood-MicroController*



รูปที่ 5.21 การเชื่อมต่อเครื่องวัดความชื้นในไม้ *MoistWood* meter กับระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ *DryWood*



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงตัวอย่างค่าความชื้นไม้ที่อ่านได้จากเครื่องวัดความชื้น MoistWood meter ซึ่งแสดงผลที่ระบบคอมพิวเตอร์ DryWood-Computer

โดยสรุปผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดความชื้นในไม้แบบพาราแบบใช้หลักการความต้านทานไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 90°C พร้อมทั้งออกแบบและสร้างวงจรเพื่อผนวกเข้ากับระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ DryWood ที่ได้พัฒนาไว้แล้ว

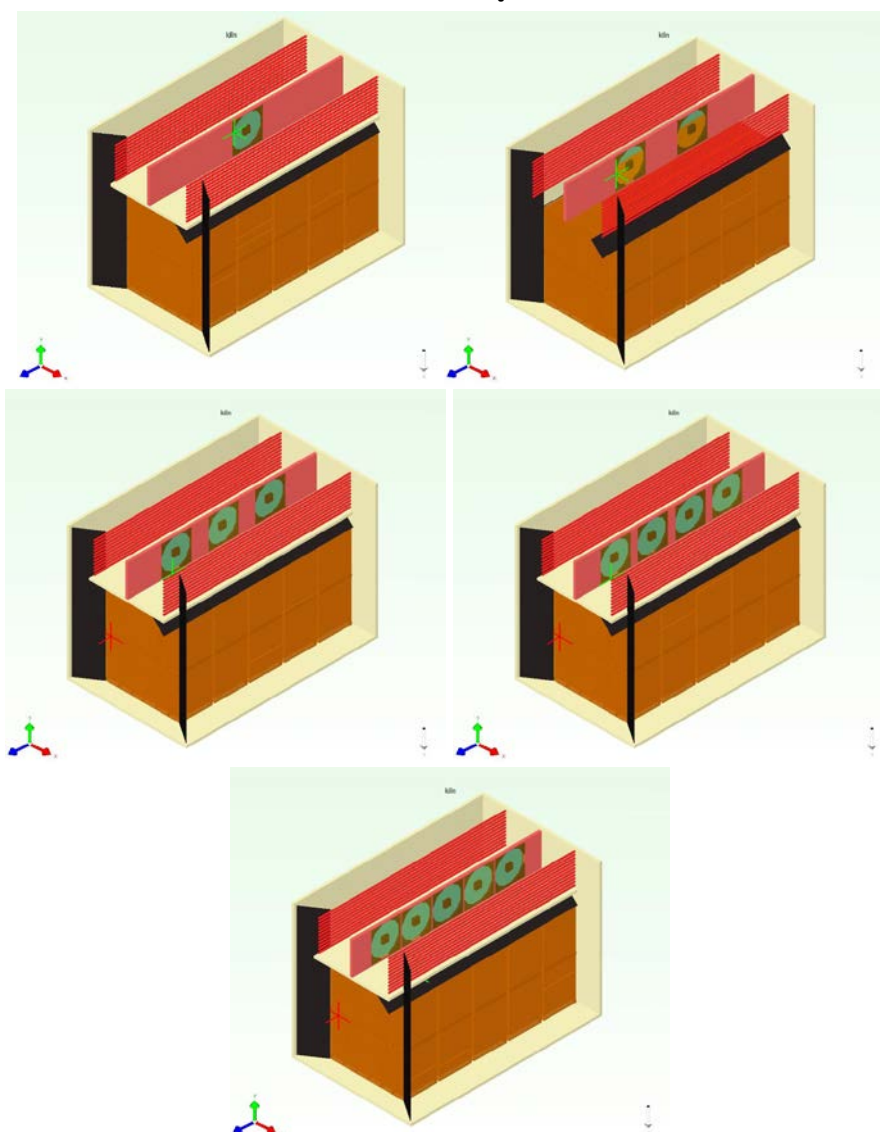
5.3 การออกแบบเตาอบไม้แบบพาราตันแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์

สำหรับโครงการในระยะที่ 1-4 คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการหารูปแบบและสัดส่วนเตาอบไม้ที่เหมาะสม พร้อมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์ภายในเตาอบที่เหมาะสม เช่น คอยล์ร้อน ในโครงการระยะที่ 5 นี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การติดตั้งพัดลมโดยใช้โปรแกรม Flovent version 6.1 เพื่อให้ได้แบบเตาอบไม้ประสิทธิภาพสูงที่สมบูรณ์ เตาอบไม้ที่ใช้เป็นแบบจำลองมีขนาดความกว้าง (X) 4.60m ความสูง (Y) 5.20m ความสูงของห้องพัดลม 1.20m โดยให้เตามีความลึก (Z) 7.50m พร้อมทั้งติดตั้งแผ่นกั้นลมที่ด้านหน้าและด้านหลังทั้งสองข้างของเตาอบ ในแต่ละแถวจะมีกองไม้ 4 กองโดยวาง 2 ชั้น ชั้นละ 2 กอง ในแนวลึกของเตาจะมีทั้งหมด 5 แถว ดังนั้นในเตาอบจะมีกองไม้ทั้งหมด 20 กอง ขนาดของไม้แบบพาราแปรรูปที่ใช้ในแบบจำลองมีขนาดแต่ละท่อนเท่ากับ $3.81 \times 100 \times 130 \text{ cm}^3$ โดยใช้ไม้คั่นที่มีความหนา

2.54 cm การจำลองจะกำหนดให้พัดลมแต่ละตัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20m มีอัตราการไหลของอากาศ $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$

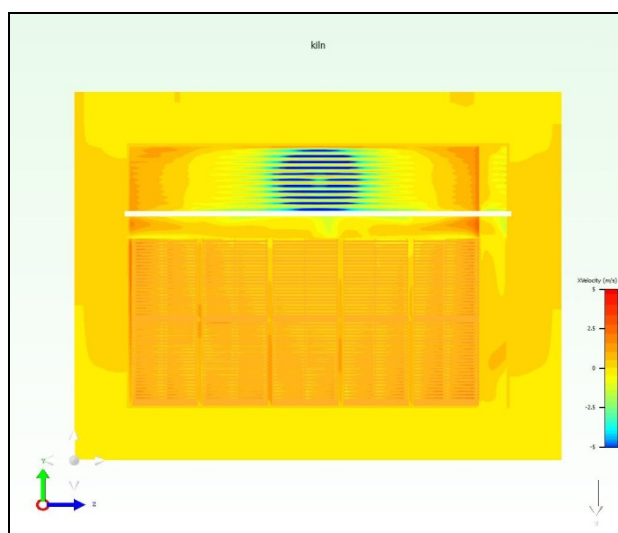
5.3.1 การศึกษาหาลักษณะที่เหมาะสมในการติดตั้งพัดลมในเตาอบ

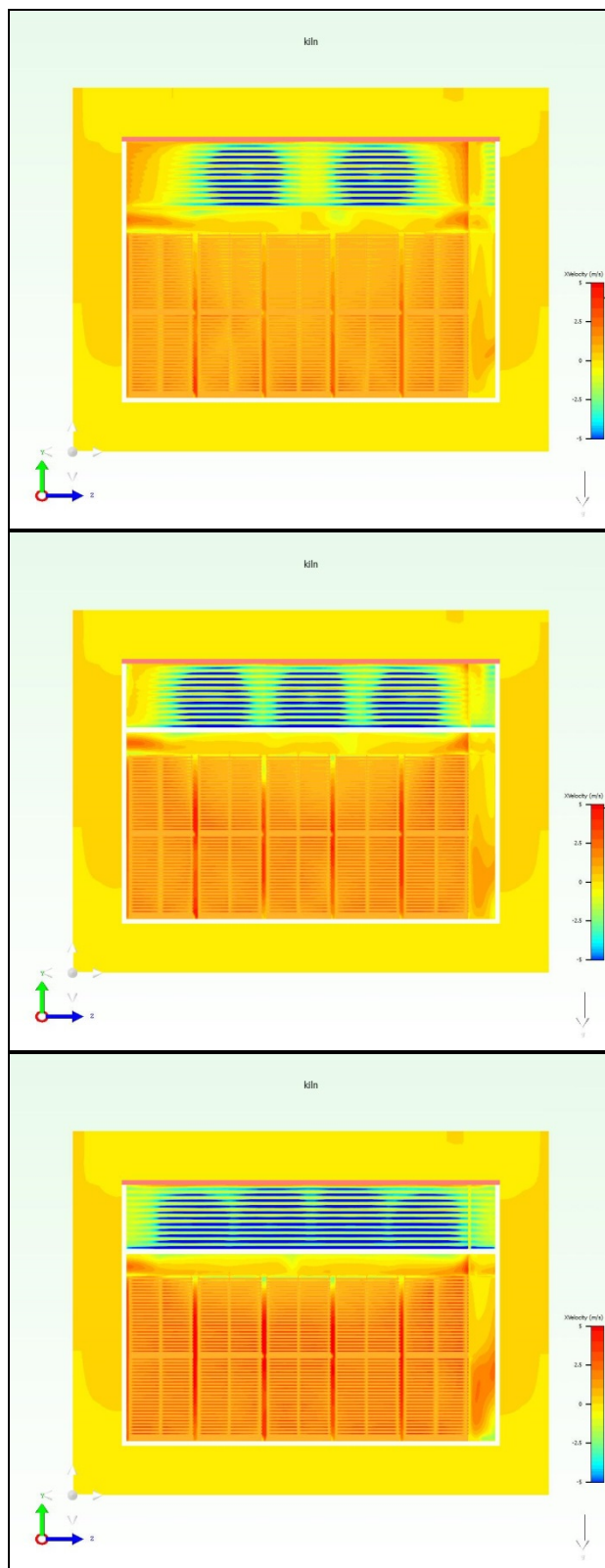
การจำลองจะพิจารณาในกรณีที่มีการปิดปล่อยระบายอากาศ โดยจะพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้คือ กรณีที่ 1 จำนวนพัดลมซึ่งจะพิจารณาการติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัว 2 ตัว 3 ตัว 4 ตัว และ 5 ตัว โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างพัดลมจากแกนกลางมีค่าเท่ากัน (รูปที่ 5.23)

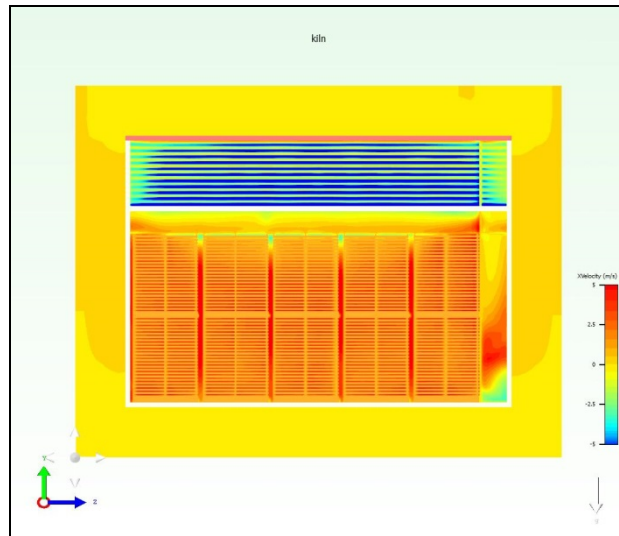


รูปที่ 5.23 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัวถึง 5 ตัว ที่ใช้ในการวิจัย

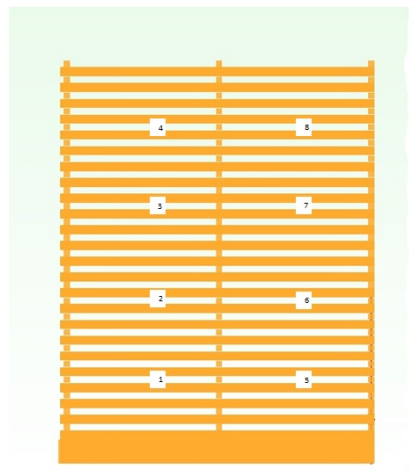
รูปที่ 5.24 แสดงภาพการกระจายของอัตราเร็วลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ โดยจะพบว่าในภาพรวมการกระจายตัวของลมจะดีขึ้นเมื่อจำนวนพัดลมที่ติดตั้งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ในเบื้องต้นได้ทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณในส่วนของอัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้จำนวน 80 ตำแหน่งจากกองไม้ 10 กอง วัดกองละ 8 จุดดังรูปที่ 5.25 ผลการศึกษาเชิงปริมาณพบว่าการเพิ่มจำนวนพัดลมจะทำให้อัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.72m/s สำหรับการติดตั้งพัดลม 1 ตัวเป็น 3.49m/s สำหรับการติดตั้งพัดลม 5 ตัว (รูปที่ 5.26) ดังนั้นโดยเฉลี่ยการเพิ่มพัดลม 1 ตัวมีผลทำให้ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เข้าสู่กองไม้มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.69m/s สำหรับเตาอบและกองไม้ที่ใช้ในการจำลองนี้ ทั้งนี้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ของอัตราเร็วลมดังแสดงในรูปที่ 5.27 ก็มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเป็นเชิงเส้นเมื่อจำนวนพัดลมเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ากราฟดังกล่าวมีแนวโน้มที่ไม่ได้ผ่านจุด (0,0) ดังนั้นที่จำนวนพัดลมน้อยๆค่าเบี่ยงเบนจึงมีค่ามากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วลม ผลดังกล่าวนี้จะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัว (Coefficient of variation, CV) ซึ่งจะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้ก็มีค่าลดลง โดยลดลงจาก 47% สำหรับการติดตั้งพัดลม 1 ตัวเป็น 21% สำหรับการติดตั้งพัดลม 5 ตัว (รูปที่ 5.28) โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวไม่ได้ลดลงมากนักเมื่อจำนวนพัดลมมีค่ามากกว่า 3 ตัว โดยลดลงจาก 27% เป็น 21% ดังนั้นสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาวของเตาอบ 7.50m หากพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของลมที่เข้าสู่กองไม้จำนวนพัดลมที่ติดตั้งควรมีอย่างน้อย 3 ตัว โดยจะให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เข้าสู่กองไม้ที่ค่า 2.10m/s และจะเพิ่มเป็น 2.78m/s และ 3.49m/s สำหรับการติดตั้งพัดลมจำนวน 4 ตัวและ 5 ตัว ตามลำดับ การติดตั้งจำนวนพัดลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นโรงงานอาจจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการเพิ่มจำนวนพัดลมในเตาอบไม้ที่มากกว่า 3 ตัว



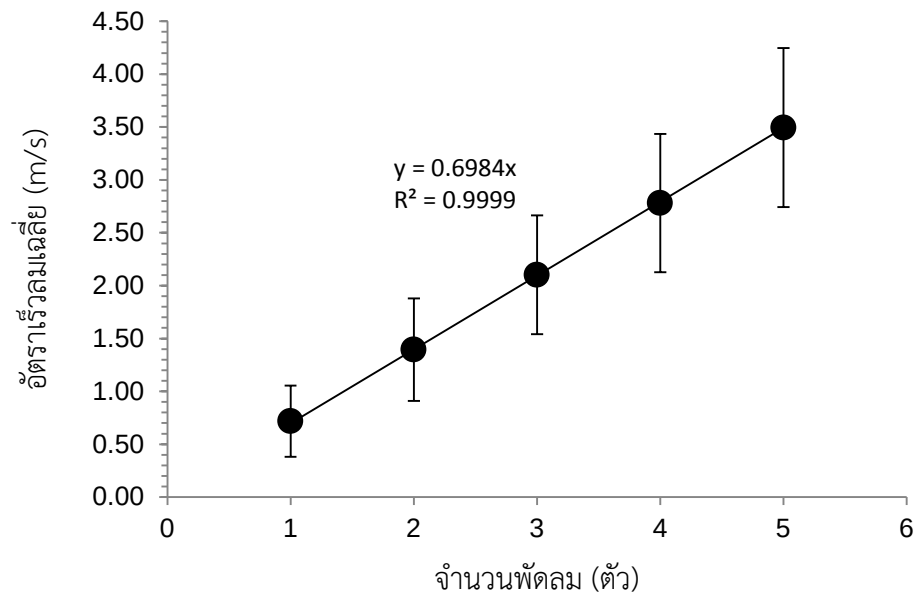




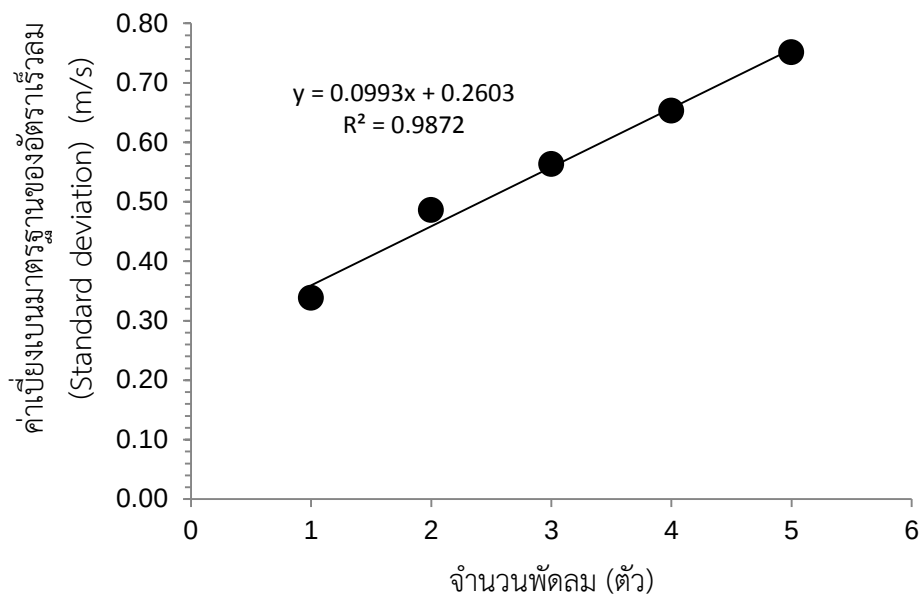
รูปที่ 5.24 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัว 2 ตัว 3 ตัว 4 ตัว และ 5 ตัว ตามลำดับสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



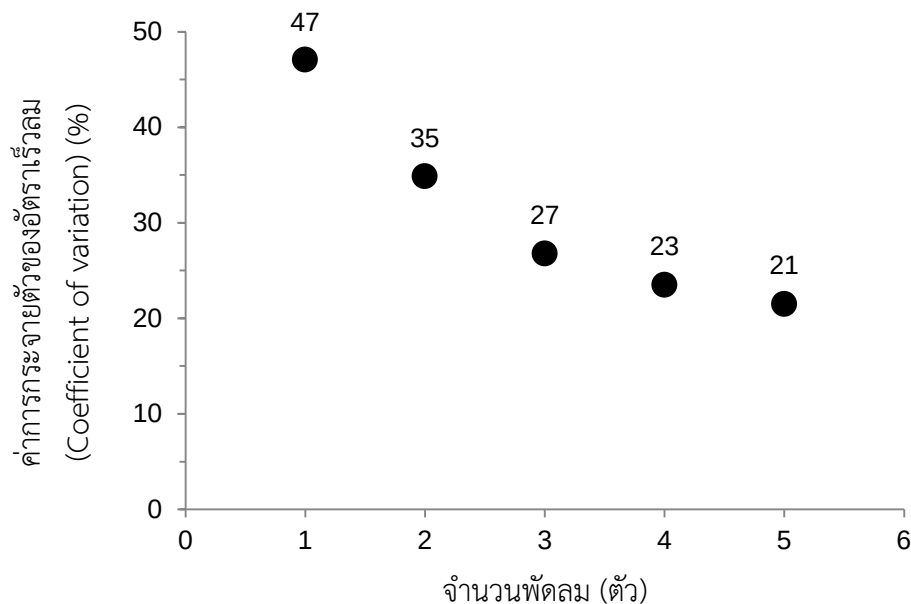
รูปที่ 5.25 ตำแหน่งที่ทำการวัดค่าอัตราเร็วลมจากการจำลองในแต่ละกองไม้จากกองไม้จำนวน 10 กอง



รูปที่ 5.26 ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กอไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพืชมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



รูปที่ 5.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเร็วเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กอไม้(m/s)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพืชมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



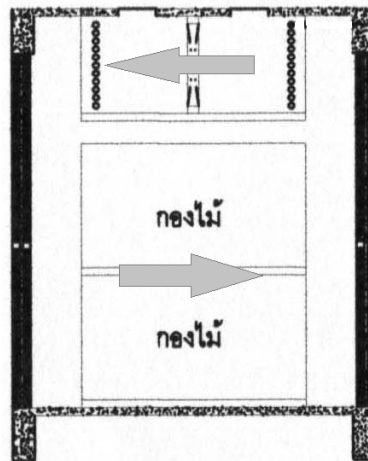
รูปที่ 5.28 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(%)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัวถึง 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m

อนึ่งการเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นของอัตราเร็วลมตามจำนวนพัดลมนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) โดยสมมติว่าอากาศมีการไหลแบบคงตัว (Steady-state flow) และเป็นของไหลที่อัดไม่ได้ (Incompressible fluid) การไหลของอากาศภายในเตาอบสามารถพิจารณาได้เป็นสองส่วนคือการไหลของอากาศในส่วนห้องพัดลมและการไหลของอากาศผ่านกองไม้ด้านล่าง (รูปที่ 5.29) โดยฟลักซ์ (Flux) รวมของการไหลทั้งสองส่วนต้องมีค่าเท่ากันตามสมการความต่อเนื่อง (Ledig et al, 2007)

$$\sum_j v_{1j} A_{1j} = \sum_k v_{2k} A_{2k} \quad (5.1)$$

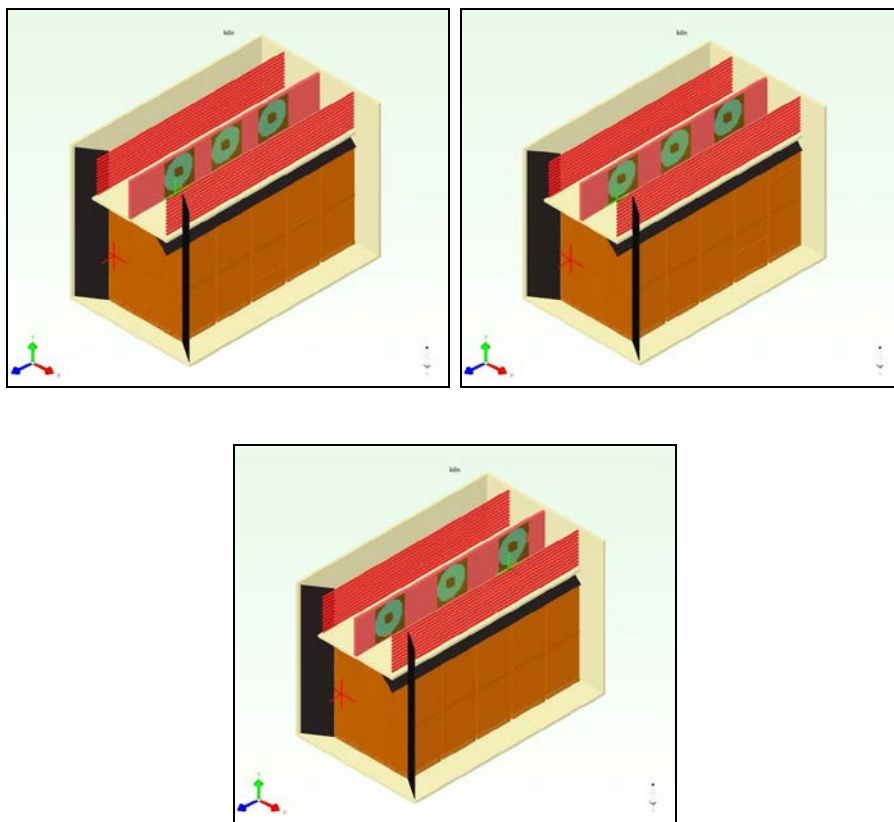
โดยที่ v_{1j} และ v_{2k} คืออัตราเร็วลมในช่องย่อย j และ k ในห้องพัดลมและในห้องอบผ่านกองไม้ตามลำดับ และ A_{1j} และ A_{2k} คือพื้นที่หน้าตัดของช่องย่อย j และ k ในห้องพัดลมและในห้องอบผ่านกองไม้ตามลำดับ จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนพัดลมในห้องพัดลมจะทำให้ฟลักซ์เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามจำนวนพัดลมเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดรวม A_1 ในห้องพัดลม อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดรวมในห้องอบที่เป็นช่องของกองไม้มีค่าคงที่ ดังนั้นจากสมการความต่อเนื่องอัตราเร็วลมที่ผ่านช่องกองไม้จึงมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามจำนวนพัดลมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลองที่แสดงในกราฟรูปที่ 5.26 ดังนั้นการปรับเปลี่ยนขนาดของเตาอบซึ่งทำให้พื้นที่หน้าตัดของห้องพัดลมและห้องอบเปลี่ยนแปลงไป หรือการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงกองไม้หรือเปลี่ยนขนาดความหนา

ของไม้ ขนาดช่องลม ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดของลมที่ผ่านกองไม้ในห้องอบเปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เข้าสู่กองไม้เมื่อมีการเพิ่มจำนวนพัดลมจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้ในรูปที่ 5.26 (0.69m/s) ทั้งนี้สมการที่ 5.1 สามารถใช้คำนวณค่าอัตราเร็วลมที่ได้ใหม่เมื่อมีการปรับเปลี่ยนดังกล่าวได้



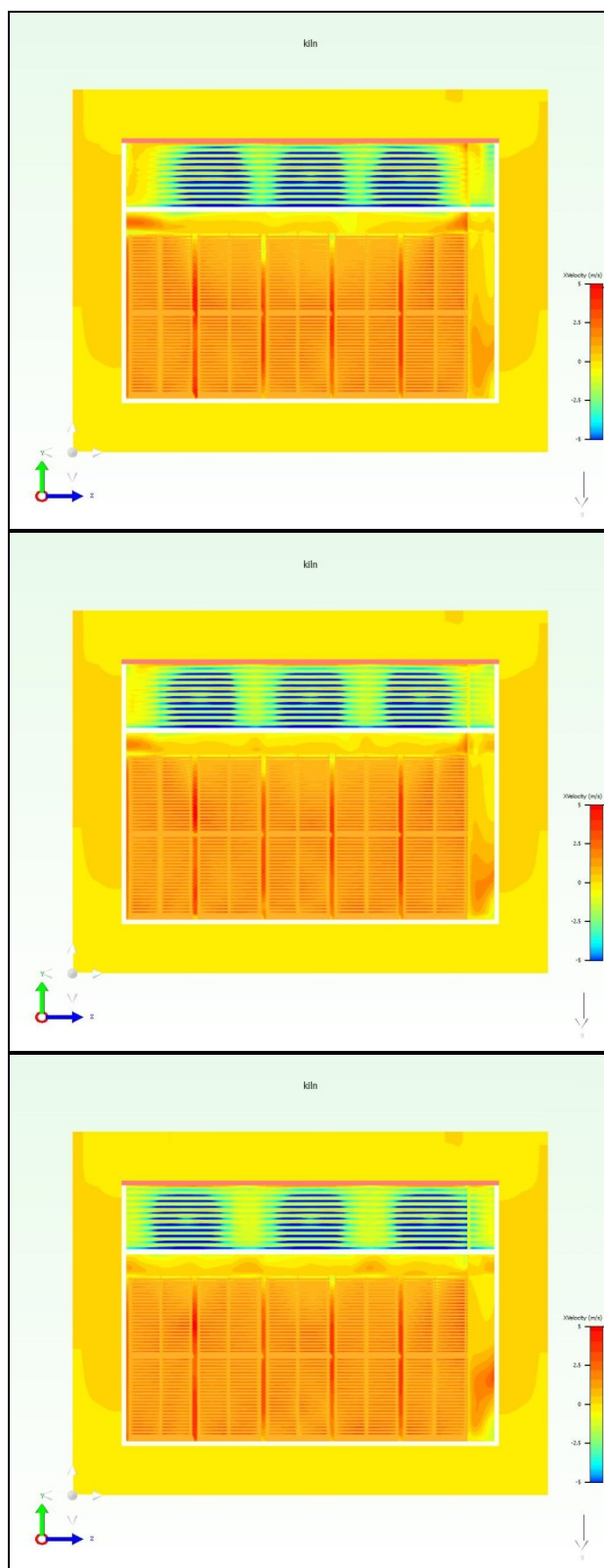
รูปที่ 5.29 สำหรับการไหลแบบคงตัวของของไหลที่อัดไม่ได้ พลักร่วมของการไหลของอากาศในห้องพัดลมและในห้องอบที่ผ่านช่องกองไม้จะมีค่าเท่ากัน

กรณีที่ 2 ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว โดยมีการปรับระยะห่างระหว่างพัดลมเท่ากับ 1.15m, 1.45m และ 1.53m (รูปที่ 5.30)

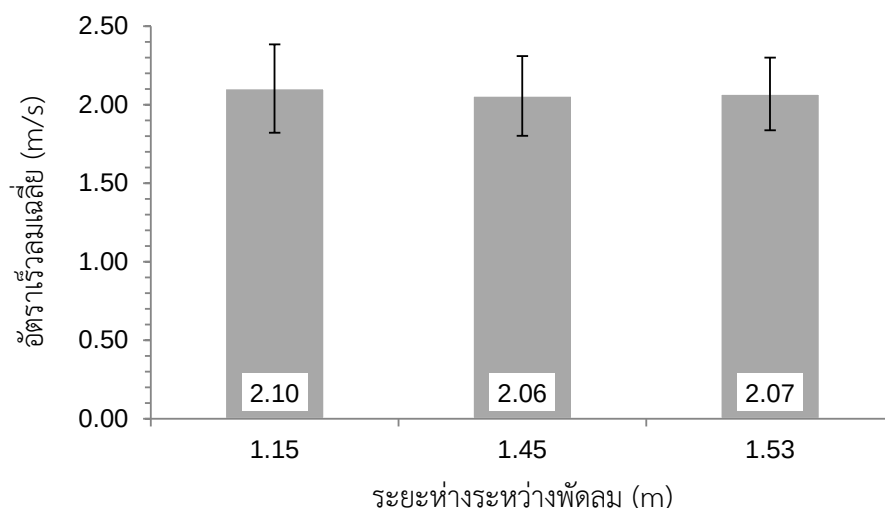


รูปที่ 5.30 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 1 ตัวถึง 5 ตัว ที่ใช้ในการวิจัย

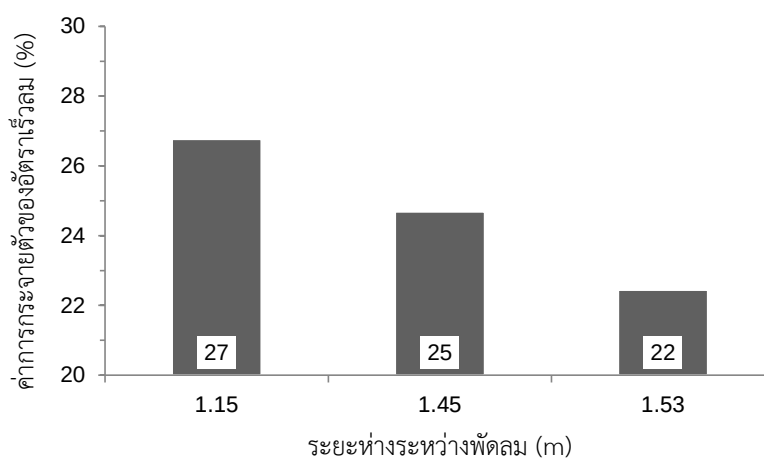
ในส่วนของการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างพัดลมในกรณีติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวพบว่าในภาพรวมการกระจายตัวของลมจะดีขึ้นเมื่อพัดลมที่ติดตั้งมีการกระจายตัวที่กว้างขึ้น(สม่ำเสมอมากขึ้น) รูปที่ 5.31 แสดงภาพการกระจายของอัตราเร็วลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่าระยะห่างระหว่างพัดลมไม่มีผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ (รูปที่ 5.32) แต่การติดตั้งพัดลมที่ระยะห่างมากกว่ามีผลทำให้ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้มีค่าลดลง (รูปที่ 5.33)



รูปที่ 5.31 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวนตั้งแต่ 1 ตัว 3 ตัว และ 5 ตัวสำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



รูปที่ 5.32 ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัลลัมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างระหว่างพัลลัมค่าต่างๆในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



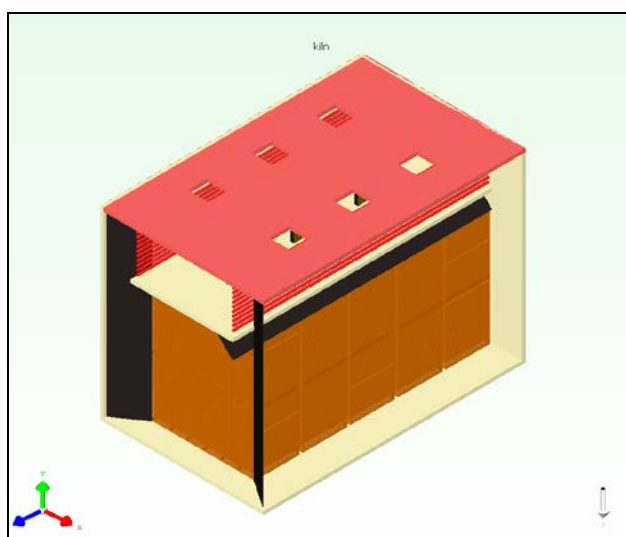
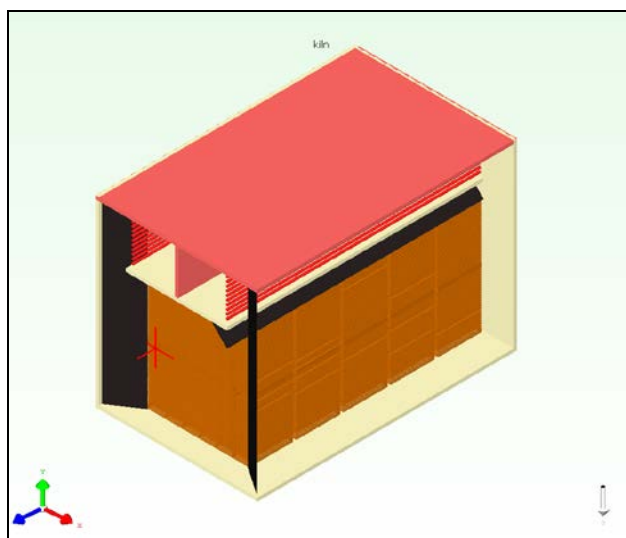
รูปที่ 5.33 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(%)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัลลัมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างระหว่างพัลลัมค่าต่างๆในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m

โดยสรุปผู้วิจัยได้ใช้คอมพิวเตอร์ตรวจสอบการติดตั้งพัลลัมภายในเตาอบไม้โดยพบว่าอัตราเร็วเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นตามจำนวนพัลลัม ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วที่เข้าสู่กองไม้ก็มีค่าลดลง สำหรับเตาอบไม้ที่มีความยาวของเตาอบ 7.50m จำนวนพัลลัมที่ติดตั้งควรมีน้อย 3 ตัว โดยโรงงานอาจจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการเพิ่มจำนวนพัลลัมในเตาอบไม้ที่มากกว่านี้

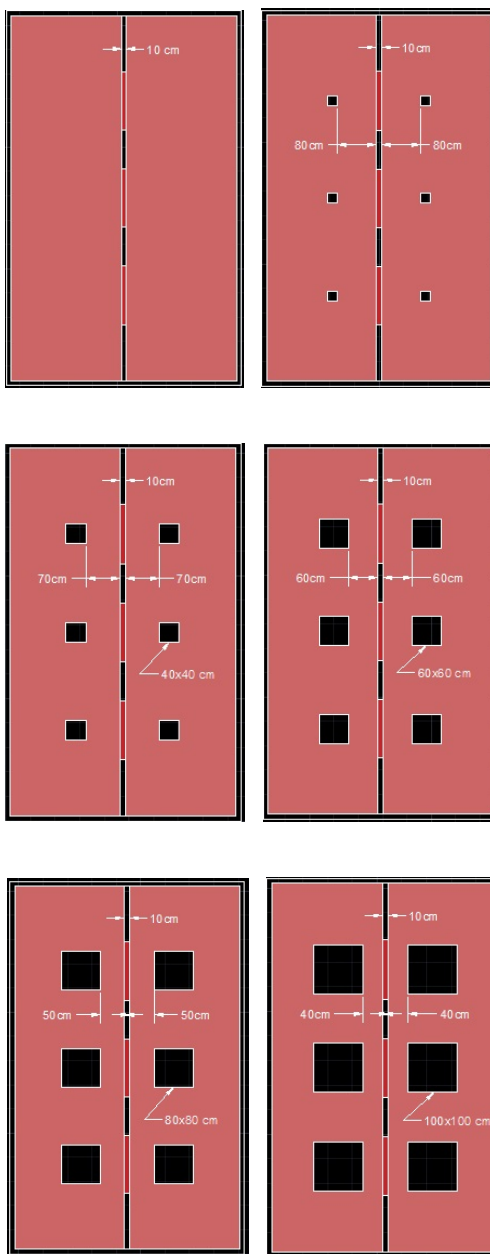
5.3.2 การศึกษาหาลักษณะที่เหมาะสมในการติดตั้งปล่องระบายอากาศของเตาอบ

การจำลองจะพิจารณาในกรณีที่มีการติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว โดยจะพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้คือ

กรณีที่ 1 จำนวนปล่องระบายอากาศมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้าน 0m, 0.2m, 0.4m, 0.6m และ 1.0m จำนวน 6 ปล่องติดตั้งที่ตำแหน่งตรงกับด้านหน้าและด้านหลังของพัดลมทั้ง 3 ตัว โดยให้ปล่องอยู่ที่ระยะกึ่งกลางระหว่างพัดลมกับผนัง (รูปที่ 5.34, รูปที่ 5.35)



รูปที่ 5.34 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของเตาอบ



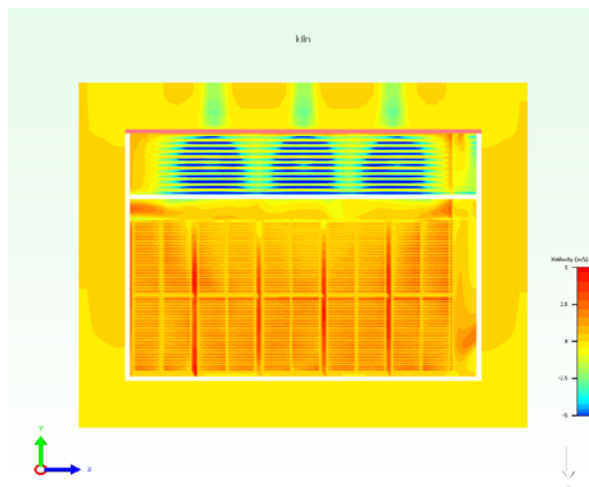
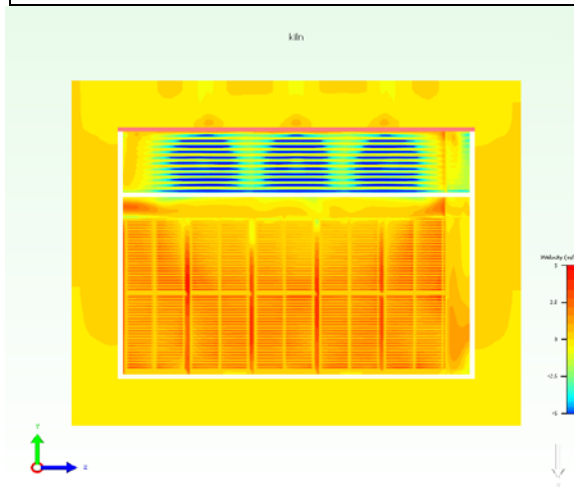
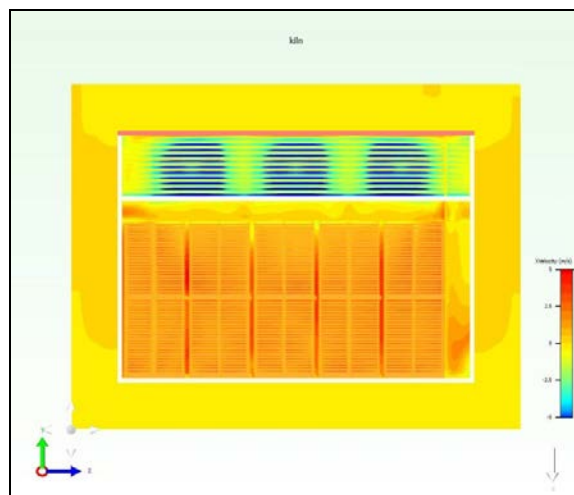
รูปที่ 5.35 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศ
 สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้าน 0m, 0.2m, 0.4m, 0.6m และ 1.0m จำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของ
 เตาอบ (ภาพด้านบน)

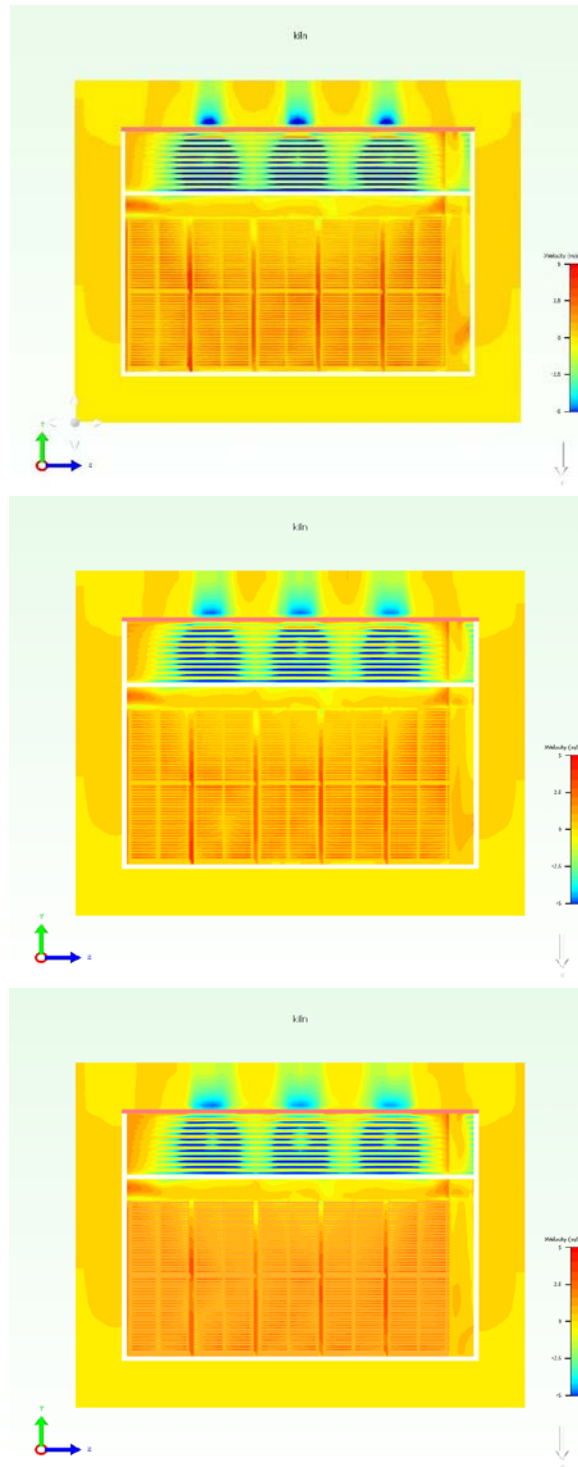
รูปที่ 5.36 แสดงภาพการกระจายของอัตราเร็วลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ โดยจะเห็นว่าการติดตั้งปล่องระบายอากาศที่มีขนาดต่าง ๆ กันมีผลทำให้อัตราเร็วลมและการกระจายตัวของลมที่เข้ากองไม้มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ผลการศึกษาเชิงปริมาณพบว่า การเพิ่มขนาดของปล่องระบายอากาศทำให้ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เข้าสู่กองไม้มีค่าลดลงแบบเป็นเชิงเส้น จาก 2.10 m/s สำหรับในกรณีที่มีการปิดปล่องระบายอากาศ เป็น 1.48 m/s สำหรับการติดตั้งปล่องจตุรัสความยาวด้าน 1 m จำนวน 6 ช่องที่ด้านหน้าและหลังของพัสดุ (รูปที่ 5.37) สำหรับเตาอบและกองไม้ที่ใช้ในการจำลองนี้ อัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าลดลงประมาณ 28% ต่อความยาวด้านของปล่องจตุรัส 1 m (รูปที่ 5.38) ทั้งนี้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเร็วลมดังแสดงในรูปที่ 5.39 มีค่าลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 27% สำหรับในกรณีที่มีการปิดปล่องระบายอากาศ เป็น 34% สำหรับการติดตั้งปล่องจตุรัสความยาวด้าน 1 m จำนวน 6 ช่องที่ด้านหน้าและหลังของพัสดุ (รูปที่ 5.40) โดยทั่วไปเตาอบไม้ในโรงงานอุตสาหกรรมจะติดตั้งปล่องจตุรัสที่มีความกว้าง 0.6 m ซึ่งจะทำให้ค่าอัตราเร็วลมที่เข้ากองไม้มีค่าลดลงประมาณ 16% โดยลมดังกล่าวจะมีค่าการกระจายตัวประมาณ 30% เมื่อทำการเปิดปล่องระบายอากาศ

อนึ่งการลดลงของอัตราเร็วลมตามขนาดของปล่องระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นนี้สามารถอธิบายโดยใช้สมการความต่อเนื่อง โดยเมื่อมีการเปิดปล่องระบายอากาศจะทำให้ฟลักซ์ของการไหลมีการสูญเสียไปในส่วนของห้องพัสดุตามสมการ

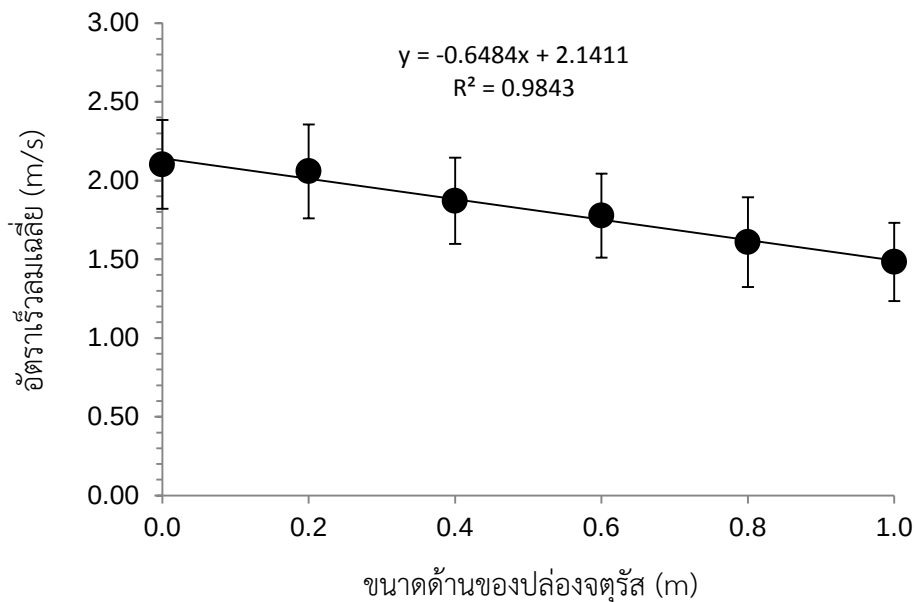
$$\sum_j v_{1j} A_{1j} - \sum_l v_{vl} A_{vl} = \sum_k v_{2k} A_{2k} \quad (5.2)$$

โดยที่ v_{1j} คืออัตราเร็วลมในช่องระบายอากาศย่อย l และ A_{1j} คือพื้นที่หน้าตัดของช่องระบายอากาศย่อย l จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มพื้นที่ปล่องระบายอากาศที่ห้องพัสดุจะทำให้ฟลักซ์ที่ผ่านเข้ามายังห้องอบด้านล่างมีค่าลดลงและทำให้อัตราเร็วลมที่ผ่านเข้ากองไม้มีค่าน้อยลง

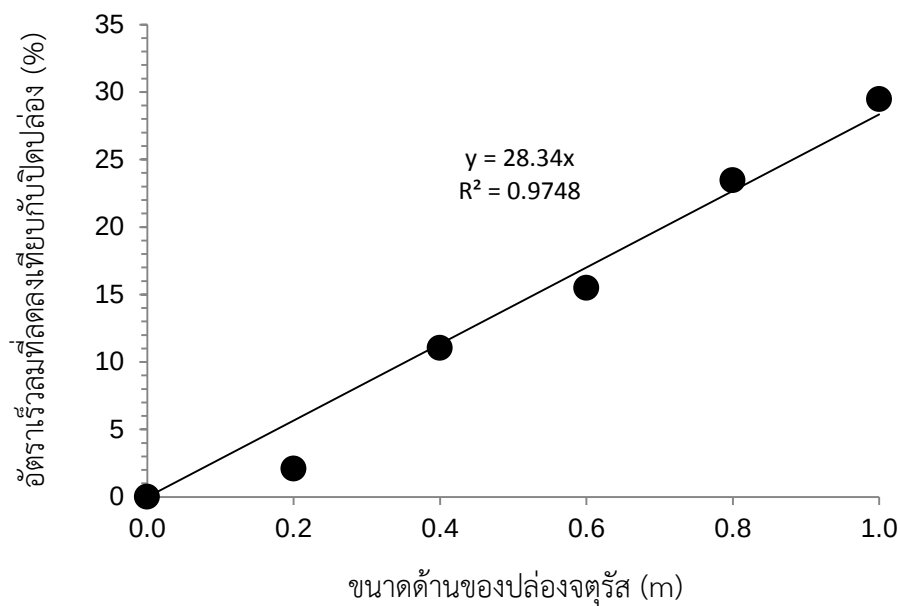




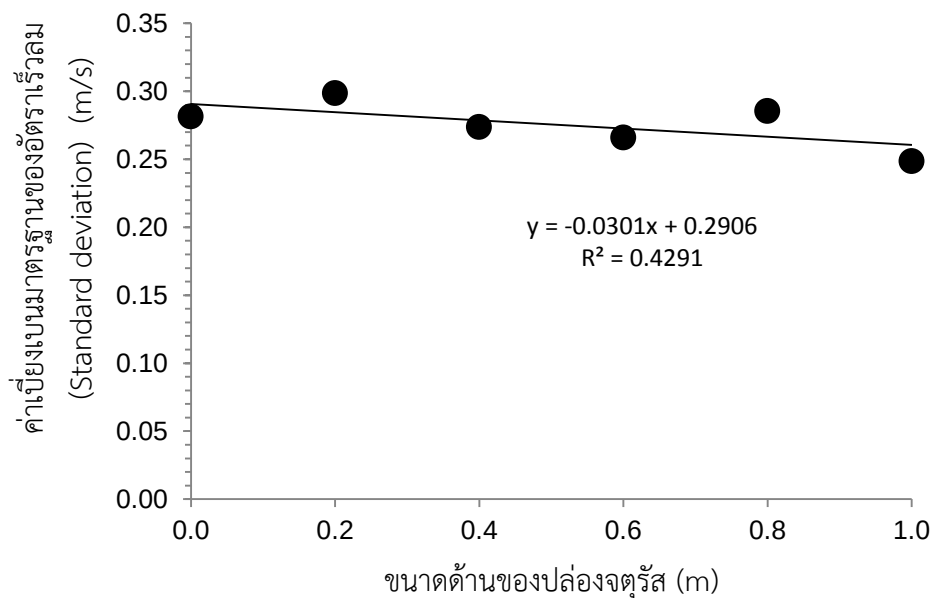
รูปที่ 5.36 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ยาว 7.50m ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้าน 0m, 0.2m, 0.4m, 0.6m และ 1.0m (ตามลำดับ) จำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนของเตาอบ



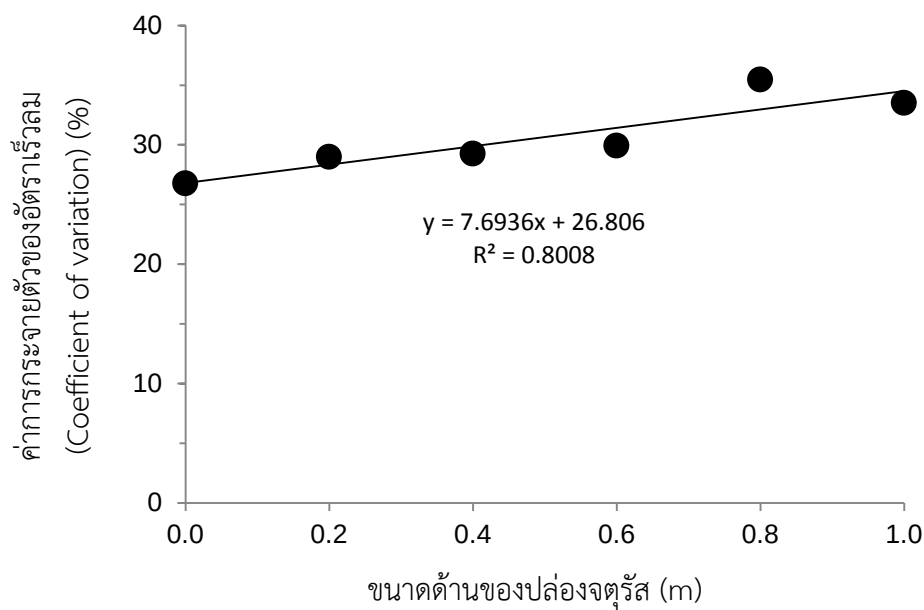
รูปที่ 5.37 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวและติดตั้งปล่องระบายอากาศขนาดต่างๆ ในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m



รูปที่ 5.38 ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวและติดตั้งปล่องระบายอากาศขนาดต่างๆ ในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m

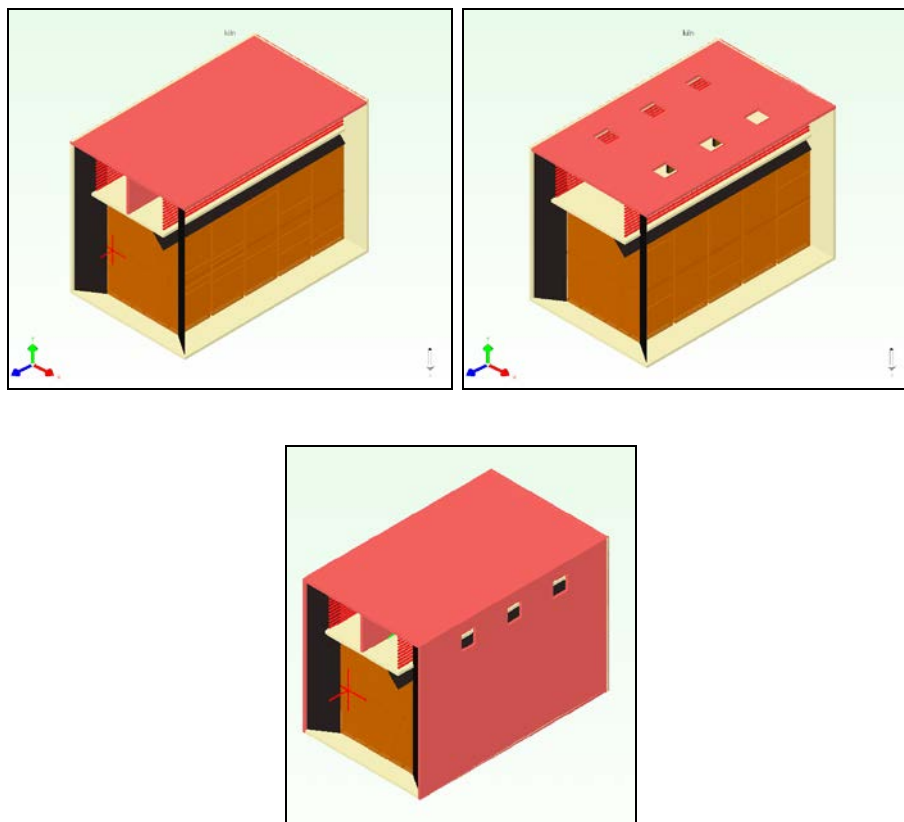


รูปที่ 5.39 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(m/s)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวและติดตั้งปล่องระบายอากาศขนาดต่างๆ ในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m

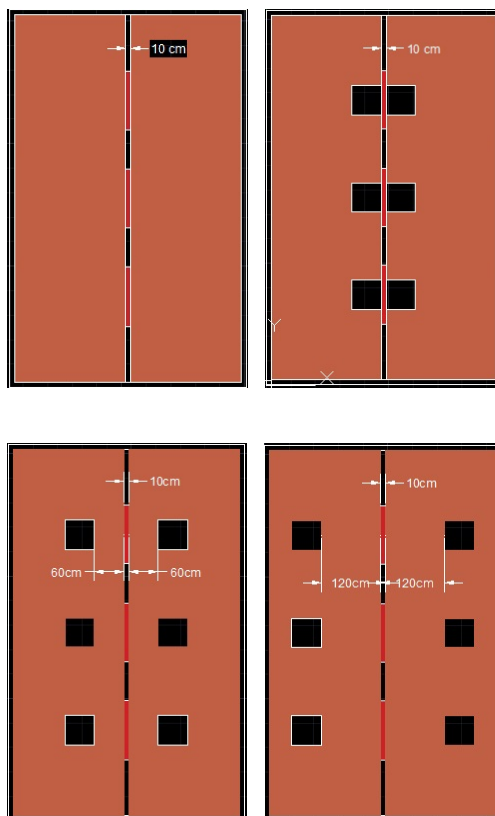


รูปที่ 5.40 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้(%)ในเตาอบไม้ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัวและติดตั้งปล่องระบายอากาศขนาดต่างๆ ในเตาอบไม้ที่มีความยาว 7.50m

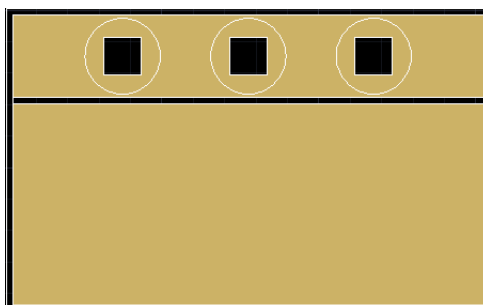
กรณีที่ 2 ปล่องระบายอากาศมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.6m X 0.6m จำนวน 6 ปล่องติดตั้งที่ตำแหน่งตรงกับด้านหน้าและด้านหลังของพัดลมทั้ง 3 ตัว โดยปรับตำแหน่งระยะห่างของปล่องจากพัดลมเท่ากับ 0m, 0.6m, 1.2m และติดตั้งที่ด้านข้างของเตาอบ (รูปที่ 5.41-5.43)



รูปที่ 5.41 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านบน และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านข้างของเตาอบที่ใช้ในการวิจัย



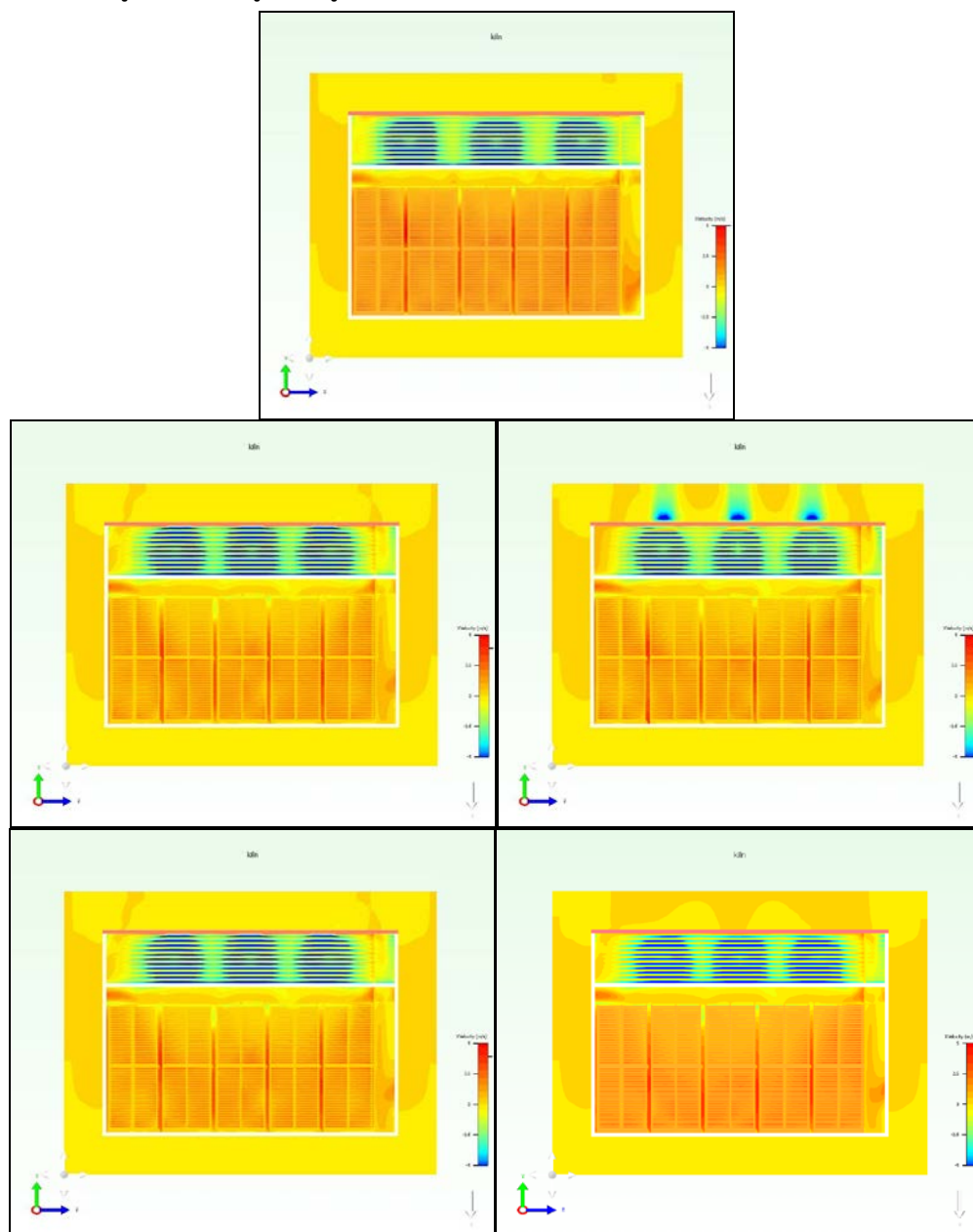
รูปที่ 5.42 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านบนที่ระยะห่างจากพัดลมเท่ากับ 0m, 0.6m และ 1.2m (ภาพด้านบน)



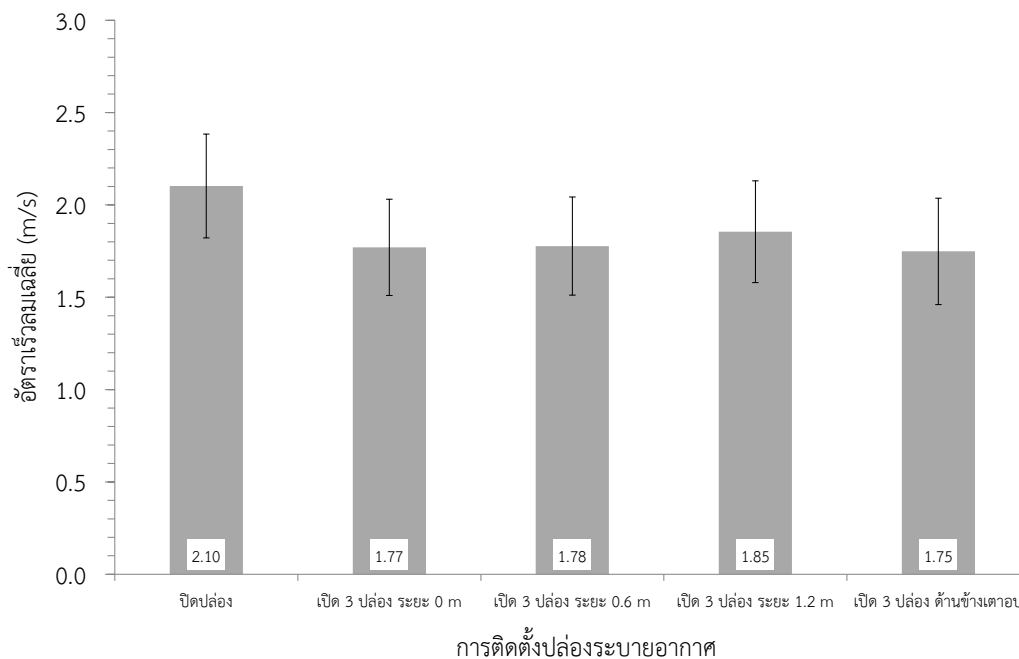
รูปที่ 5.43 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านข้างของเตาอบ (ภาพด้านข้าง)

การเปรียบเทียบการติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่องที่ด้านหน้าและหลังของพัดลมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างต่างๆจากพัดลมรวมถึงที่ด้านข้างของเตาอบพบว่า ในภาพรวมการติดตั้งปล่องระบายอากาศดังกล่าวมีผลต่อการกระจายตัวของลมน้อยมาก (รูปที่ 5.44) ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่า การเปิดปล่องมีผลทำให้ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยลดลงประมาณ 16% โดยที่ตำแหน่งของปล่องระบาย

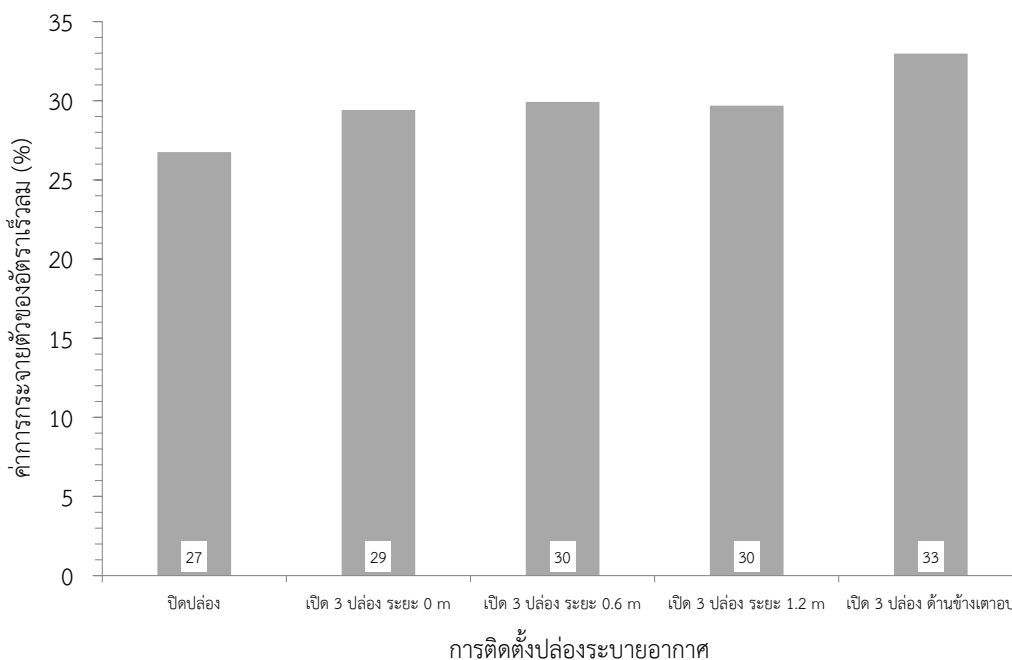
อากาศที่ทำการติดตั้งนั้นส่งผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้้น้อยมาก (รูปที่ 5.45) แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้งปล่องในตำแหน่งที่ห่างจากพัดลมที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้มีค่าสูงขึ้น (รูปที่ 5.46)



รูปที่ 5.44 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่อง ที่ด้านบนเป็นระยะ 0m, 0.6m และ 1.2m ห่างจากพัดลม และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 6 ปล่อง ที่ด้านข้างของเตาอบ ตามลำดับ

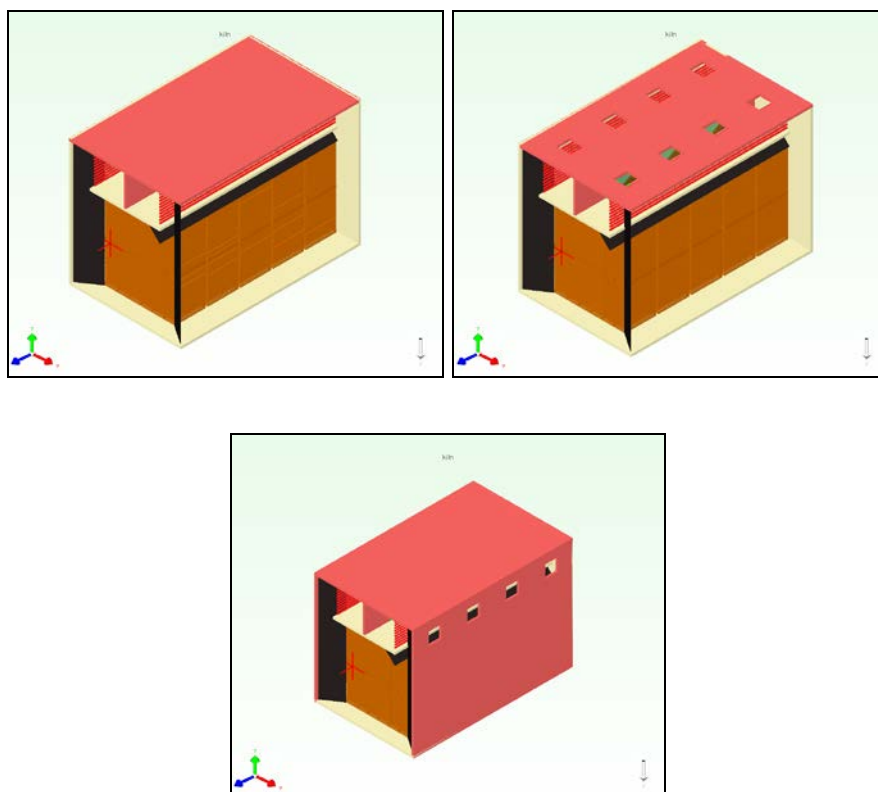


รูปที่ 5.45 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ 6 ปล่องที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่มีติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว

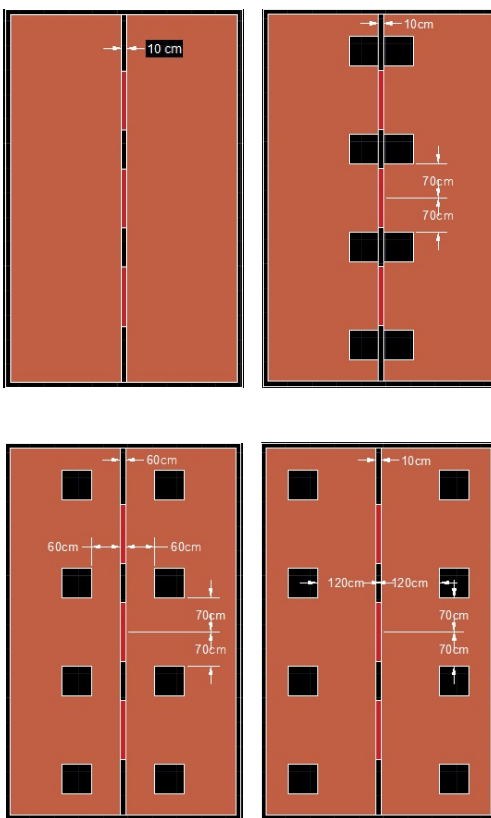


รูปที่ 5.46 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ 6 ปล่องที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่มีติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว

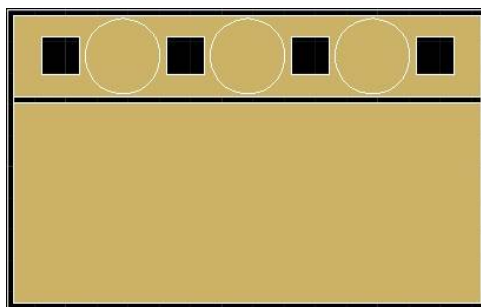
กรณีที่ 3 ปล่องระบายอากาศมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ จำนวน 8 ปล่องติดตั้งที่ตำแหน่งเยื้องกับด้านหน้าและด้านหลังของพัดลมทั้ง 3 ตัว โดยปรับตำแหน่งระยะห่างของปล่องจากพัดลมเท่ากับ 0m , 0.6m , 1.2m และติดตั้งที่ด้านข้างของเตาอบ (รูปที่ 5.47-5.49)



รูปที่ 5.47 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่องที่ด้านบน และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่องที่ด้านข้างของเตาอบที่ใช้ในการวิจัย



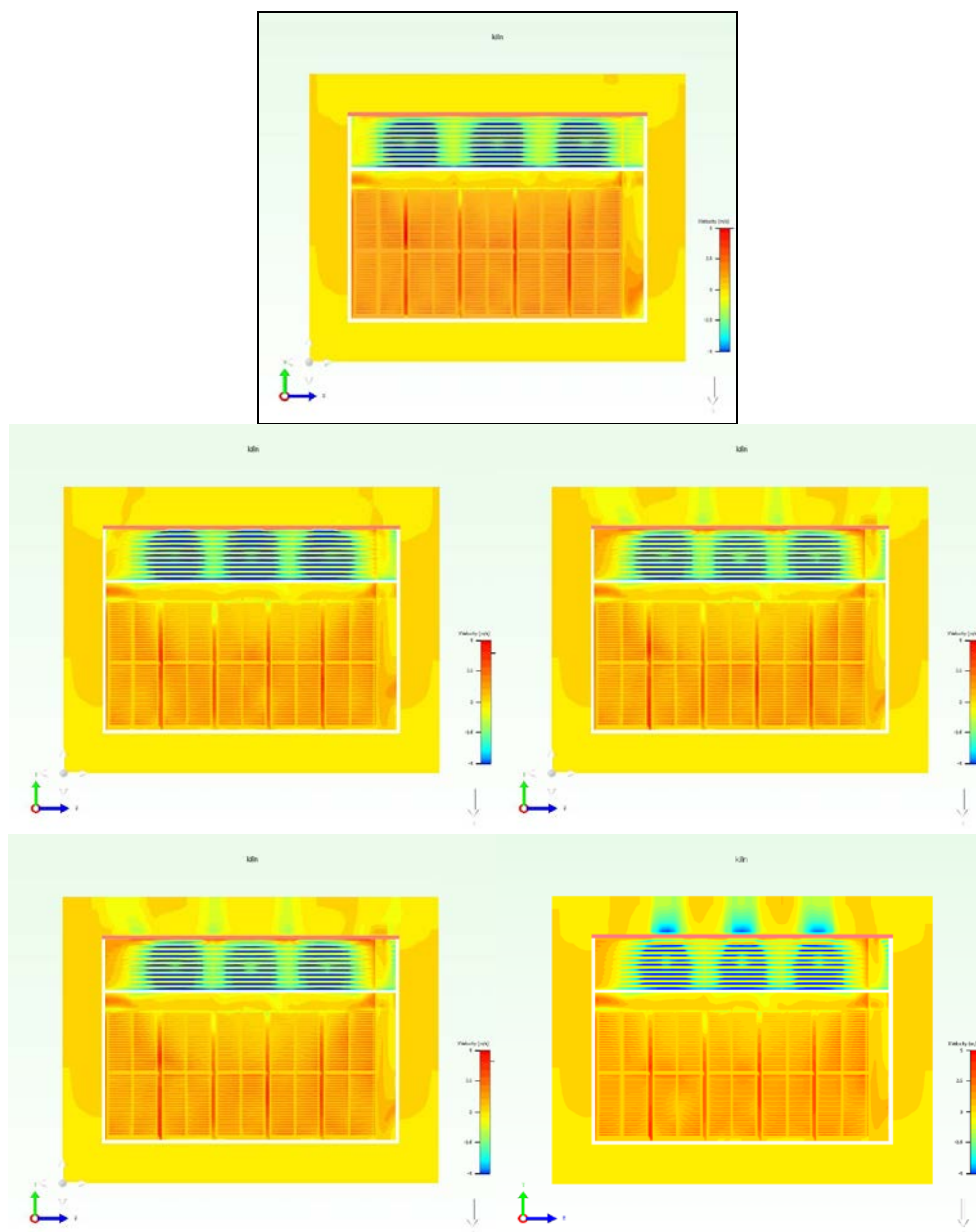
รูปที่ 5.48 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่องที่ด้านบนที่ระยะห่างจากพัดลมเท่ากับ 0m, 0.6m และ 1.2m (ภาพด้านบน)



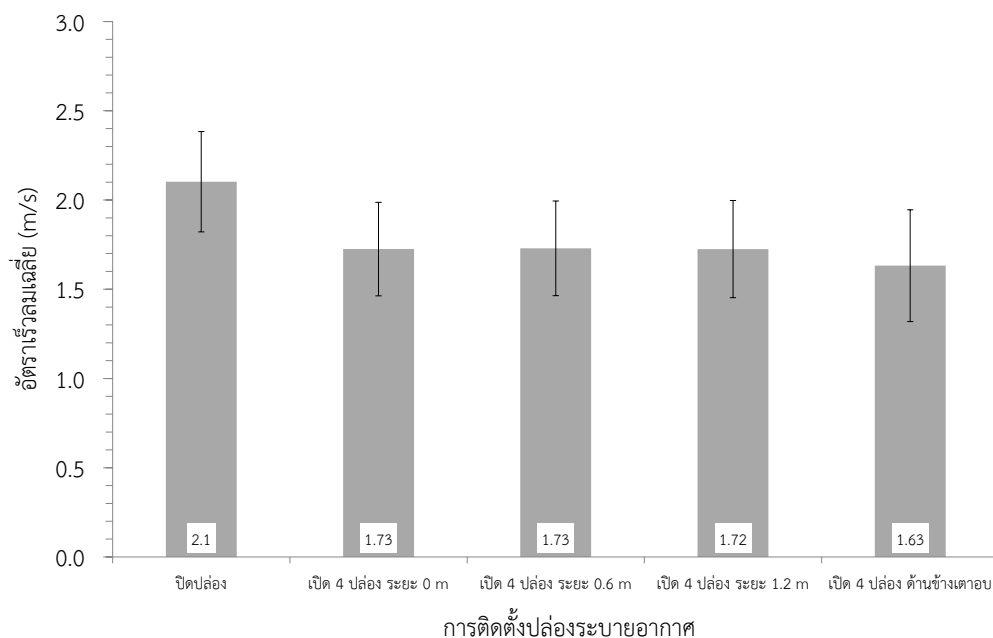
รูปที่ 5.49 แบบจำลองของเตาอบไม้ที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่องที่ด้านข้างของเตาอบ (ภาพด้านข้าง)

ผลการวิจัยพบว่าตำแหน่งการติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่องที่ตำแหน่งเยื้องด้านหน้าและหลังของพัดลมจำนวน 3 ตัวที่ระยะห่างต่างๆจากพัดลมรวมถึงที่ด้านข้างของเตาอบมีผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้น้อยมาก (รูปที่ 5.50 และ 5.51) โดยการเปิดปล่องระบายอากาศดังกล่าวมีผลทำให้ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยลดลงประมาณ 19% ในทุกรูปแบบที่ติดตั้ง ทั้งนี้การติดตั้งปล่อง

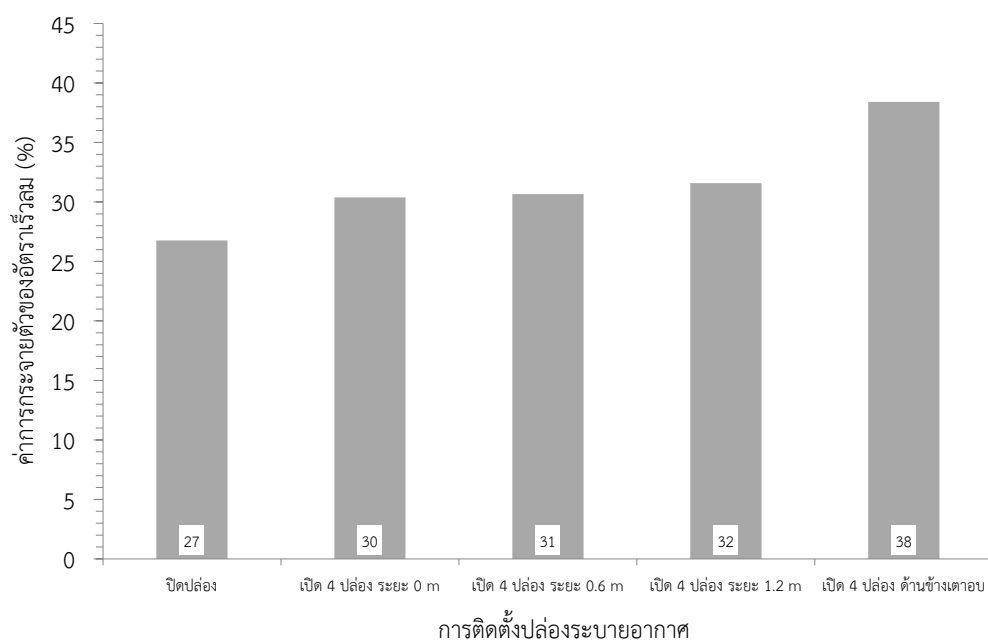
ระบายอากาศในตำแหน่งที่ห่างจากพัดลมที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม่มีค่าสูงขึ้น (รูปที่ 5.52)



รูปที่ 5.50 ลักษณะการกระจายตัวของลมในระนาบที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่ติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ ติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่อง ที่ด้านบนเป็นระยะ 0m, 0.6m และ 1.2m ห่างจากพัดลม และติดตั้งปล่องระบายอากาศจำนวน 8 ปล่อง ที่ด้านข้างของเตาอบ ตามลำดับ



รูปที่ 5.51 ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ 8 ปล่องที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่มีติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว



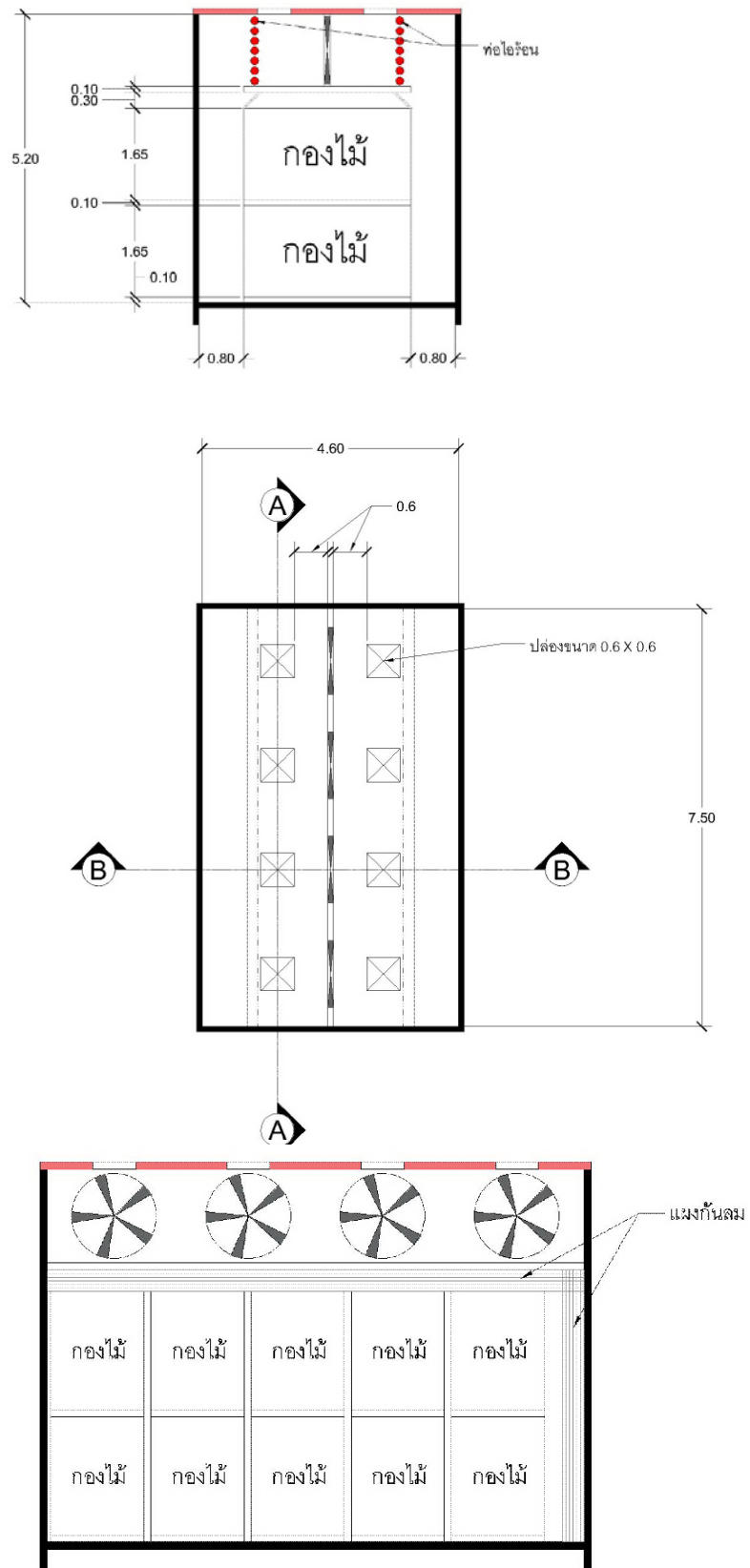
รูปที่ 5.52 ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้ในเตาอบไม้ที่ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ และที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ 8 ปล่องที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาอบไม้ความยาว 7.50m ที่มีติดตั้งพัดลมจำนวน 3 ตัว

โดยสรุปผู้วิจัยได้ใช้คอมพิวเตอร์ตรวจสอบการติดตั้งปล่องระบายอากาศที่ห้องพัสดุของเตาอบไม้ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มขนาดของปล่องระบายอากาศค่าอัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้จะมีค่าลดลงและค่าการกระจายตัวของลมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ระยะห่างจากพัสดุที่ทำการติดตั้งปล่องระบายอากาศมีผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่เคลื่อนที่เข้าสู่กองไม้้น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้มีแนวโน้มเพิ่มสูงสำหรับการติดตั้งปล่องระบายอากาศในตำแหน่งที่ห่างจากพัสดุที่มากขึ้น

5.3.3 เตาอบไม้ยางพาราต้นแบบ

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาทั้งหมดข้างต้นรวมถึงข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาในโครงการระยะ 1-4 ผู้วิจัยได้ออกแบบร่างเตาอบไม้ต้นแบบ (รูปที่ 5.53) ดังรายละเอียดด้านล่าง ทั้งนี้ในส่วนของจำนวนพัสดุและขนาดของปล่องผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนและขนาดได้ตามความเหมาะสมโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยข้างต้นประกอบการตัดสินใจ ทั้งนี้มีข้อสรุปที่สำคัญในการออกแบบเตาอบไม้ซึ่งได้จากงานวิจัยโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ดังนี้

- ช่องลมด้านข้างเตาอบควรมีขนาดประมาณ 20% ของความสูงของห้องอบไม้ ในกรณีเตาต้นแบบที่นำเสนอความสูงของห้องอบไม้มีค่าเท่ากับ 3.9m และช่องด้านข้างเตาอบมีขนาด 0.8m
- ห้องพัสดุควรมีขนาดเท่ากับขนาดของพัสดุที่ใช้ หากห้องพัสดุใหญ่กว่าตัวพัสดุนั้นมากเกินไปจะทำให้อัตราเร็วลมที่หน้ากองไม้มีค่าลดลง
- ควรทำการติดตั้งแผงกันลมเพื่อให้ลมเคลื่อนที่ผ่านกองไม้ให้มากที่สุด โดยไม่ผ่านช่องว่างระหว่างกองไม้กับเพดานและระหว่างกองไม้กับประตูด้านหน้า
- การติดตั้งคอยล์ร้อนแบบแนวดิ่งมีความเหมาะสมสำหรับเตาอบไม้ในประเทศไทยมากที่สุด โดยจะทำให้กระแสอากาศและอุณหภูมิของอากาศกระจายตัวภายในเตาอบอย่างสม่ำเสมอ
- อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้จะมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นกับจำนวนพัสดุที่ติดตั้งภายในเตาอบ สำหรับพัสดุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20m และมีอัตราการไหลของอากาศ $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ที่ทำการติดตั้งในเตาอบไม้ต้นแบบจะให้อัตราเร็วลมที่หน้ากองไม้เพิ่มขึ้นประมาณ 0.69 m/s ต่อตัว นอกจากนี้จำนวนพัสดุที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วลมมีค่าลดลง
- ขนาดของปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้อัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้มีค่าลดลงและค่าการกระจายตัวของลมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ควรติดตั้งปล่องระบายอากาศที่ด้านหลังและหลังของพัสดุ ทั้งนี้ระยะห่างจากพัสดุที่ทำการติดตั้งปล่องมีผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้้น้อยมาก แต่ค่าการกระจายตัวของอัตราเร็วลมที่เข้าสู่กองไม้มีแนวโน้มเพิ่มสูงสำหรับการติดตั้งปล่องระบายอากาศในตำแหน่งที่ห่างจากพัสดุที่มากขึ้น



รูปที่ 5.53 รายละเอียดของเตาอบไม้ต้นแบบ

บทที่ 6

สรุปผลโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลโครงการวิจัย

1. อัลกอริทึม 2 รูปแบบได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หน้าไม้ซุงให้ใส่ไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียวหลังการเลื่อย ซึ่งประกอบด้วย (ก) การหมุนไม้โดยเทคนิคการย้ายพิกัด (0, 0) มาไว้ที่ตรงกลางหน้าไม้ทั้งสองด้าน จากนั้นทำการคำนวณโดยการหมุนไม้และย้ายให้ไปชิดขอบ และ (ข) การหมุนไม้พร้อมกับคำนวณหามุมระหว่างใส่ไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้านโดยหาจุดที่พิกัดใส่ไม้วางตัวในแนวตั้ง
2. ระบบการวิเคราะห์หน้าไม้ซุงต้นแบบได้ถูกสร้างและพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์หาตำแหน่งใส่ไม้และขอบไม้ซุง พร้อมทั้งคำนวณมุมที่ต้องหมุนในการวางไม้ซุงเพื่อให้ใส่ไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว ควบคู่กับเครื่องต้นแบบสำหรับตีเส้นหน้าไม้ซุงแบบพ่นสี ระบบลำเลียงไม้ซุงและระบบหมุนไม้ซุง
3. ระบบควบคุมการอัดน้ำยา *ImPregWood* ซึ่งเป็นผลงานของโครงการในระยะก่อนหน้านี้นี้ที่ขณะนี้มีการใช้งานแล้วในอุตสาหกรรมได้ถูกพัฒนาและปรับปรุงให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติโดยมีการเพิ่มเติมระบบควบคุมการปล่อยน้ำยาเข้าออกและระบบทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าหลังการใช้งานในแต่ละครั้ง เพื่อความสะดวกและความเสถียรของการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม
4. เครื่องวัดความชื้นไม้ยางพารา (*MoistWood*) ได้ถูกพัฒนาและสร้างโดยใช้หลักการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าพร้อมใช้สำหรับอุตสาหกรรม โดยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นให้ผลสอดคล้องกับค่าความชื้นที่หาโดยวิธีมาตรฐานโดยการชั่งน้ำหนักในช่วงความชื้นตั้งแต่ 5-20% ในช่วงการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึง 90°C
5. ระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ *DryWood* ซึ่งเป็นผลงานของโครงการในระยะก่อนหน้านี้นี้ที่ขณะนี้มีการใช้งานแล้วในอุตสาหกรรมได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถผนวกระบบวัดความชื้นของไม้เข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ
6. โดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ Computational Fluid Dynamics (CFD) ทำการวิเคราะห์การติดตั้งพัดลมและปล่องระบายอากาศ พบว่าจำนวนพัดลมที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้เพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นแต่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของลมมีค่าลดลง ปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นทำให้อัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้ลดลงและ

ค่าการกระจายตัวของลมนี้อาจเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งได้นำเสนอรูปแบบของเตาอบไม้ยางพาราที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรม

6.2 ข้อเสนอแนะ

ควรทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความชื้นไม้ *MoistWood* โดยเจ้าหน้าที่ของโรงงานสำหรับการใช้งานจริงในโรงงานกับไม้ยางพาราทั้งขณะอบในเตาอบและไม้ยางพาราแปรรูปหลังอบแห้งแล้วอย่างกว้างขวาง

บทที่ 7

เอกสารอ้างอิง

1. หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 2548. โครงการสำรวจเพื่อลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปของโรงงานไม้ยางพาราในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. ภายใต้โครงการศึกษาแนวทางพัฒนาการให้บริการปรึกษาแนะนำเพื่อส่งเสริมกลุ่มอุตสาหกรรม SME และพัฒนาภูมิภาค (CSCD). ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
2. หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 2549.โครงการวิจัยการปรับปรุงกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อให้คำปรึกษากับกลุ่มอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภายใต้โครงการเพิ่มขีดความสามารถวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และ จังหวัดสุราษฎร์ธานี.
3. บุญนำเกี้ยวข้อง นิรันดร์มาแทน จงรัก ปรีชานนท์ 2550 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการอบที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งเหมาะสมสำหรับประยุกต์กับเตาอบไม้ยางพาราที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ ฯ.
4. นิรันดร์มาแทน และคณะ 2552 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง โครงการการพัฒนาโปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยระบบควบคุมการอัดน้ำยา และระบบควบคุมการอบประสิทธิภาพสูงสำหรับกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ ฯ.
5. นิรันดร์มาแทน และคณะ 2553 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อย ระบบควบคุมการอัดน้ำยา และระบบควบคุมการอบและการออกแบบเตาอบไม้ประสิทธิภาพสูงสำหรับกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 2) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ ฯ.
6. นิรันดร์มาแทน และคณะ 2556 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อย ระบบควบคุมการอัดน้ำยา และระบบควบคุมการอบและการออกแบบเตาอบไม้ประสิทธิภาพสูงสำหรับกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 3) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ ฯ.

7. Balsiger, J, Bahdon, J, Whiteman, A (2000). The Utilization, processing and demand for rubberwood as a source of wood supply. Rome, Italy.
8. Boone, RS, Kozlik, CJ, Bois, PJ, Wengert, EM (1993) Dry Kiln Schedules for Commercial Woods Temperate and Tropical. United States Department of Agricultural (USDA), USA.
9. Dhamodaran, TK, Ganaharan, R (1994) Commercial scale trial of and economical schedule for boron impregnation treatment of green rubber wood. Holz Roh-Werkstoff 52: 323-324.
10. Eton, RA, Hale, MDC (1993) Wood: Decay, pests and protection. Chapman & Hall, London, UK.
11. Forsen, H, Tarvainen, V (2000) Accuracy and functionality of hand held wood moisture content meters, VTT Publications 420, Finland.
12. Haslett, AN (1998) Drying radiata pine in New Zealand. FRI-bulletin. No.206.
13. Haygreen, JG, Bowyer, JL (1996) Forest Products and Wood Science. Iowa State University Press, Ames: Iowa State University Press.
14. Hong, LT (1995) Rubberwood utilization: a success story. Paper presented at the XX International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) World Congress, Tampere, Finland.
15. Ibach, RE (1999) Wood Preservative. in: Forest Products Laboratory. Wood Handbook-Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113.
16. Langrish, T, Walker, J (2006) Drying of timber. Primary wood processing: principles and practice, pp. 251-295.
17. Ledig, SF, Paarhuis, B, Riepen, M (2007) Airflow within kilns. in: Perré, P (Ed) Fundamentals of wood drying, European COST A.R.BO.LOR., Nancy, 2007, pp. 243-271.
18. Matan, N, Kyokong, B (2003) Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of juvenile rubberwood. Songklanakarin Journal of Science Technology, 25(3), 327-340.

19. Simpson, WT, ed. (1991) Dry Kiln Operator's Manual. Agric. Handbook AH-188. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, USA.
20. Simpson, WT (1999) Wood Handbook: Wood as an Engineering Material, Chapter 12 Drying and Control of Moisture Content and Dimensional Changes, General Technical Report FPL-GTR-113, Forest products Laboratory, United States Department of Agriculture, USA.
21. Srivaro, S, Wongprot, T, Matan, N, Kyokong, B (2008) Accelerated conventional temperature drying of 30mm thick rubberwood lumber. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 30(4), 475-483.
22. Teoh, YP, Don, MM, Ujang, S (2011) Assessment of the properties, utilization, and preservation of rubberwood (*Hevea brasiliensis*): a case study in Malaysia. Journal of Wood Science, 57, 255-266.
23. Theppaya, T, Prasertsan, S (2004) Optimization of rubber wood drying by response surface method and multiple contour plots. Drying technology, 22(7), 1637-1660.
24. Walker, JCF (1993) Primary Wood Processing, Principles and practice. Chapman&Hall, London.

ภาคผนวก



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- ☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☒ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ 23 ก.พ. 2560

เลขที่คำขอ

วันยื่นคำขอ 23 ก.พ. 2560

1703000294

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา

เลขที่ประกาศโฆษณา

วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

วิธีการเลี้ยงไม้ซุงยาวพาราเพื่อให้ได้ไม้ที่อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

ดูรายละเอียดที่หน้า 3

3.1 สัญชาติ

3.2 โทรศัพท์

3.3 โทรสาร

3.4 อีเมล

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- ☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

นางวรวรรณนี้ เต็งสุวรรณ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 979/17-21 ชั้น 14 SM Tower,

ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม. 10400

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2306

5.2 โทรศัพท์ 0-2278-8204

5.3 โทรสาร 0-2298-0476

5.4 อีเมล worawanninee@trf.or.th

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

ดูรายละเอียดที่หน้า 3

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร

เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ

- ☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่วางรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด
เพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่อยู่ ชั้น 14 อาคาร เอส เอ็ม ทาวเวอร์ 979/17-21 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย
2. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่อยู่ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

1. นายธัญญ์วีร์ รสมัย ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย
2. นายนิรันดร์ มาแทน ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย
3. นายวัฒนพงศ์ เกิดทองมี ที่อยู่ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย
4. นายสุธน ศรีวะโร ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย และ
5. นายกรกต สุวรรณรัตน์ ที่อยู่ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย

รายละเอียดการประดิษฐ์

สิ่งที่แสดงถึงการประดิษฐ์

วิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน

สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 วิศวกรรมวัสดุในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้ยางพาราอยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียว

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- 10 ไม้ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์หลักของการปลูกเพื่อต้องการน้ำยางพารา โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะตัดโค่นต้นยางที่มีอายุประมาณ 25-30 ปี ซึ่งให้น้ำยางน้อยเพื่อปลูกใหม่ทดแทน เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้เศรษฐกิจที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมมีเนื้อไม้สีขาววอลมีสมบัติทางกลหลายประการเทียบเท่าไม้สัก ดังนั้นจึงเหมาะสมในการนำมาทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ และเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนและผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ อุตสาหกรรมยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้ให้กับประเทศจำนวนมากในปี 2553
- 15 เฉพาะการส่งออกไม้ยางพาราแปรรูปมีปริมาณมากกว่า 2 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศจำนวน 17,000 ล้านบาท ซึ่งทำรายได้มากกว่าการส่งออกทุกชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ เช่น เฟอร์นิเจอร์ ที่แปรรูปจากไม้ยางพารา(กรมป่าไม้ 2553) จากกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราซึ่งประกอบด้วย การเลื่อยไม้ซุงยางพาราขึ้นเป็นไม้แปรรูป , การอัดน้ำยาโบรอนเข้าเนื้อไม้ และการอบไม้ยางพาราในเตาอบไม้แบบห้องอบโดยในการเลื่อยไม้
- 20 ยางพารา ไม้ซุงจะมีขนาดแตกต่างกัน เนื่องจากไม้ยางพารามีลำต้นขนาดเล็กและรูปร่างไม่แน่นอน มีลักษณะของไสที่ไม่ตรงทำอัตราการแปรรูปไม้ซุงมีขนาดไม่แน่นอน เนื่องจากปัญหาหลัก 2 ประการคือ

- 25 1. ความสามารถของผู้เลื่อย (ที่เรียกว่านายม้า) ทั้งนี้ในปัจจุบัน ปริมาณนายม้าที่มีความสามารถด้านการเลื่อยปริมาณจำกัด ในหลายพื้นที่ที่ประกอบกิจการอุตสาหกรรมไม้ยางพาราเริ่มประสบปัญหาขาดแคลนนายม้าที่มีความชำนาญ ทำให้ผลการแปรรูปไม้ยางพารามีคุณภาพไม้แน่นอน

2. การเลื่อยไม้แปรรูปติดไสไม้ ซึ่งผลคือทำให้ไม้แปรรูปมากกว่า 1 แผ่นที่มีไสไม้ติดอยู่ ทำให้มูลค่าของไม้ลดลงไม่สามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งปัญหาข้อนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากนายม้าขาดความชำนาญและการหาไสไม้ยางพารานั้นทำได้ยาก

- จากปัญหาดังกล่าวทางผู้ประดิษฐ์จึงได้ทำการวิจัยและคิดค้นวิธีการแปรรูปไม้ยางพาราที่
ให้ไม้ยางพาราอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว เพื่อช่วยลดการสูญเสียไม้แปรรูปที่ติดไม้ และ
เพิ่มอัตราการแปรรูปไม้ซึ่งให้มีความแน่นอนมากขึ้น ซึ่งวิธีการนี้จะประกอบด้วยการหาตำแหน่ง
ของไม้ จุดศูนย์กลางหน้าไม้ซึ่งและรัศมีของไม้ซึ่งหน้าหลัง การหมุนไม้เพื่อหาระยะทางระหว่าง
5 ไม้ที่น้อยที่สุด และแนวไม้ที่ทำมุมตั้งฉากกับพื้นวาง
- จากนั้นหมุนไม้ให้แนวไม้อยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นแล้วกำหนดแนวเปิดปีกไม้เพื่อส่งเข้าสู่
กระบวนการเลื่อยได้

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- 10 ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์เพื่อที่จะคิดค้นและหาหนทางในการลดการสูญเสียไม้แปรรูปที่มีไม้ให้เหลือเพียง 1 แผ่นต่อการเลื่อยไม้ซึ่ง 1 ท่อน ซึ่งพบว่าในปัจจุบันยังไม่มีมีการนำไปใช้ประโยชน์ โดยในการประดิษฐ์ขอเสนอวิธีการในการเตรียมไม้และกรรมวิธีการหาแนวไม้เพื่อให้ได้ไม้แปรรูปที่มีไม้เพียงแผ่นเดียว ซึ่งจากการค้นคว้าและการวิจัยพบว่าไม้ยางพารามีลักษณะกลมเล็กและอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางหน้าไม้ และลักษณะของไม้ไม่ตรง แต่สามารถแปรรูปไม้ยางพาราแล้วให้ไม้ยางพาราอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียวได้ แต่ต้องใช้กระบวนการและวิธีการที่เหมาะสมจึงจะสามารถแปรรูปให้ได้ตามที่ต้องการ
- 15

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- 20 รูปที่ 1 การเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด(0,0)ใหม่เพื่อให้สามารถใช้จุด(0,0)ใหม่นี้เป็นจุดหมุน
- รูปที่ 2 ผลการเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ให้เป็นจุดเดียวกันและกำหนดเป็นจุด (0,0)ใหม่ และการวางจุดไม้(p1,p2)ใหม่
- รูปที่ 3 ผลการเลื่อนจุดศูนย์กลางหน้าไม้ ไปตามมุม θ และคำนวณหาระยะทางระหว่างไม้ d
- 25 รูปที่ 4 ผลการหาระยะทาง d ที่มีทิศตั้งฉากกับการวางไม้(N)
- รูปที่ 5 การหมุนไม้ในขั้นตอนสุดท้ายให้อยู่ในระนาบที่สามารถส่งเข้าสู่กระบวนการ ตีเส้นและเปิดปีกไม้
- รูปที่ 6 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลเมื่อท่อนซึ่งวางตัวในระนาบ

รูปที่ 7 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลแสดงค่าระยะห่างและมุมเทียบกับ จุด ศูนย์กลางของวงกลม

รูปที่ 8 ภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลหลังหมุนท่อนซุงในทิศทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม β

5

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

วิธีการเตรียมท่อนไม้ยางพาราที่ใช้ในการแปรรูปเพื่อให้ไส้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียว

เพื่อให้กระบวนการหาไส้ไม้ด้วยคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพควรป้องกันท่อนซุงยางพาราที่ผ่านการโค่นใหม่ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างไส้ไม้และเนื้อไม้ได้ง่ายและช่วยลดการแตกที่หน้าไม้ได้ด้วย หรือใช้การทำความสะอาดหน้าไม้ก่อนเข้าสู่การหาไส้ไม้ โดยการเตรียมไม้ซุง มีวิธีการดังนี้

1. ทำความสะอาดหน้าไม้ซุงด้วยการล้าง หรือใช้การขัดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกไปก่อนเข้าสู่การหาไส้ไม้ เพื่อให้กระบวนการประมวลผลหาไส้ไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. หาตำแหน่งไส้ไม้ทั้ง จุดศูนย์กลางหน้าไม้และรัศมีทั้งสองด้าน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณและการหมุนไม้เพื่อหาแนวไส้ไม้ที่ตั้งฉากกับพื้นโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อหาไส้ไมยางพารา รัศมีหน้าไม้ซุงและจุดศูนย์กลางหน้าไม้

-วิธีการเลื่อยไมยางพาราเพื่อให้ไส้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการเลื่อยไมยางพาราเพื่อให้ไส้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันด้วยการหมุนไม้ที่จุดศูนย์กลางหน้าไม้ วิธีการนี้ถูกคิดค้นเพื่อรองรับไมยางพาราที่มีพื้นผิวไม่เรียบกลม โดยจะทำการหมุนไม้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงพื้นผิวเส้นรอบวงของหน้าไม้ทั้งด้านที่ไม่เท่ากัน มีวิธีการ ดังนี้

1.1. ถ่ายรูปแล้วประมวลผลหาจุดศูนย์กลางไม้ตามรูปที่ 1 c1, c2 และตำแหน่งไส้ไม้ p1, p2 รัศมี r1, r2 จากนั้นย้ายจุดศูนย์กลางหน้าไม้ด้านเล็กกว่า และกำหนดให้เป็นจุด (0, 0)

1.2. เมื่อทำการเลื่อนจุดศูนย์กลางของหน้าไม้ให้อยู่ที่เดียวกัน ตามรูปที่ 2 มีผลทำให้จุดต่างๆเปลี่ยนแปลงตาม จะต้องทำการคำนวณหาจุดที่เป็นไส้ไม้ (p1, p2) ใหม่โดยการคำนวณ

1.3. ทำการหมุนไม้โดยให้ค่ามุม θ เปลี่ยนแปลงไปครั้งละ 1 องศา จากนั้นเลื่อนไม้ด้านที่เล็กกว่าชิดขอบหน้าไม้ที่ใหญ่กว่าทิศทางตามมุม θ โดยจุดศูนย์กลางหน้าไม้ที่เล็กกว่า c2 ตามรูปที่ 3

25

1.4. จากนั้น กำหนดเงื่อนไข โดยให้ทำการหามุม θ ที่ทำให้ได้ระยะทางระหว่างไส้ไม้ d ที่น้อยที่สุด หรือ หาแนวของ d ที่มีทิศตั้งฉากกับการวางไม้ตามรูปที่ 4

1.5. จากนั้นให้ทำการหมุนไม้โดยสั่งให้อุปกรณ์หมุนไม้ให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถส่งไม้พุ่งเข้าสู่กระบวนการตีเส้นและเปิดปีกไม้ได้ในลำดับต่อไปตามรูปที่ 5

- 5 2. การหมุนไม้โดยใช้วิธีการหามุมระหว่างไส้ไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้าน แล้วใช้การคำนวณโดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศา จากนั้นหาจุดที่พิกัดไส้ไม้ในแกน (x) เท่ากันหรือวางตัวในแนวตั้งโดยจะต้องให้หน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในระนาบเดียวกัน มีวิธีการดังนี้

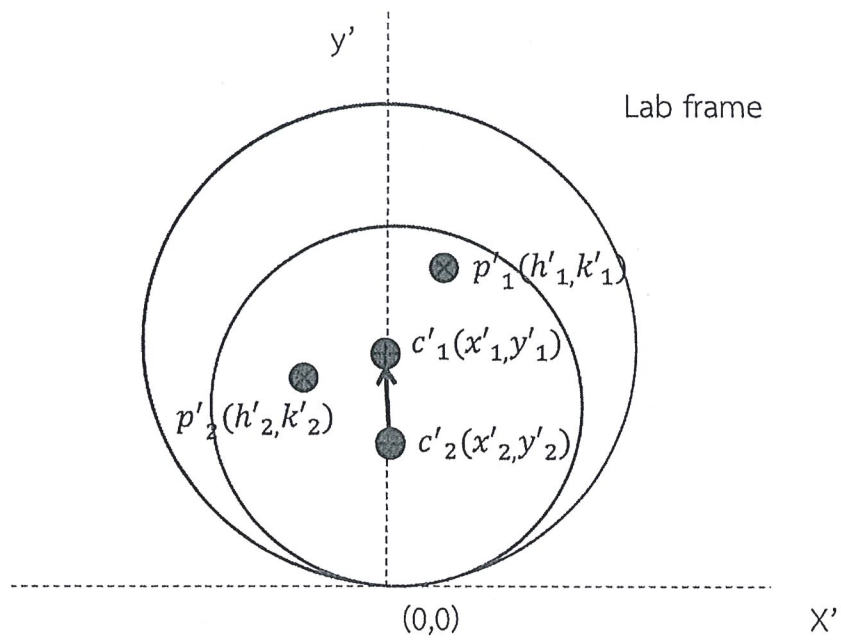
2.1 ถ่ายรูปหน้าไม้ทั้งสองด้านโดยด้านใกล้และไกลประมวลผลหาจุดศูนย์กลางไม้รัศมี, ไส้ไม้และเส้นรอบวงแทนด้วยวงกลมโดยให้สีฟ้าด้านใกล้และสีแดงด้านไกลตามลำดับตามรูปที่ 6

- 10 2.2 หาระยะห่างจากตำแหน่งไส้ไม้ถึงจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้ด้านใกล้และไกลคือ DF1 และ DB1 พร้อมทั้งหามุมระหว่างส่วนของเส้นตรงที่ลากจากตำแหน่งไส้ไม้ไปยังจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนภาคตัดขวางของหน้าไม้กับระนาบของหน้าไม้ด้านใกล้และไกล θ_{F1} และ θ_{B1} ตามลำดับ ตามรูปที่ 7

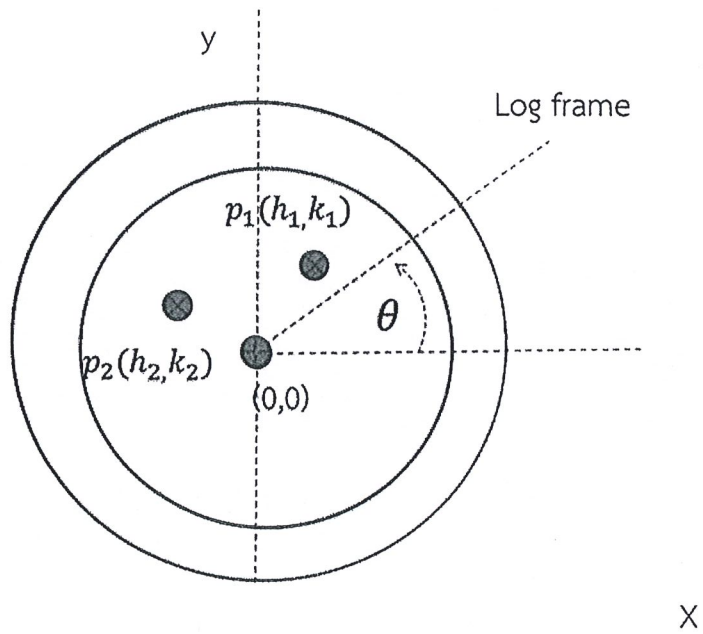
- 15 2.3 หมุนซ่อนซุงที่วางอยู่ในรูปแบบดังกล่าวด้วยมุม β ส่งผลให้ตำแหน่งของไส้ไม้เปลี่ยนแปลงไป ให้ทำการหมุนไม้ด้วยมุม β จนกว่าตำแหน่งไส้ไม้ทั้งสองด้านจะวางตัวในแนวตั้งตามรูปที่ 8

วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

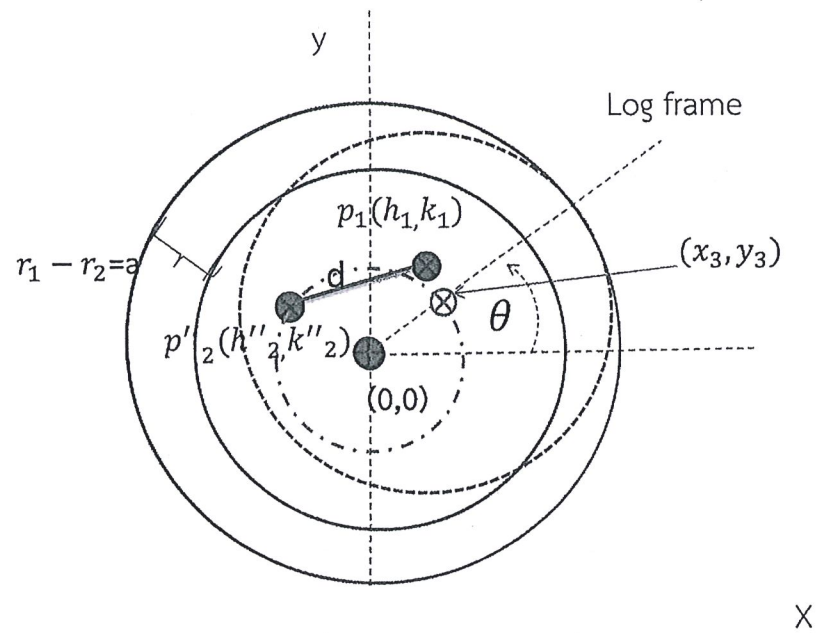
เหมือนดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อการเปิดเผยสิ่งประดิษฐ์โดยสมบูรณ์



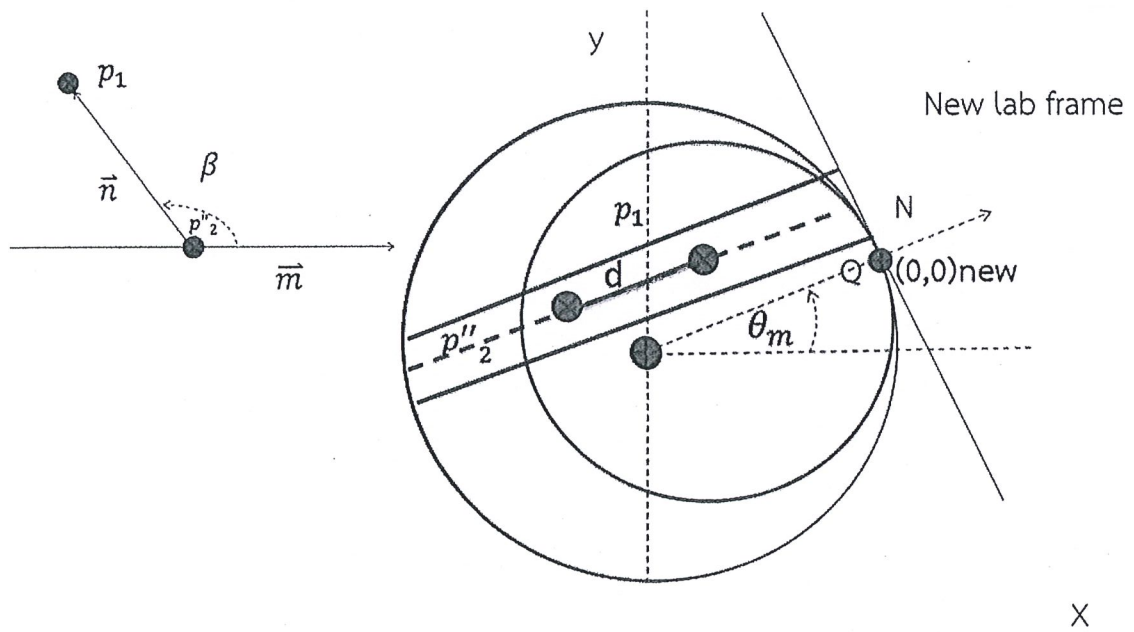
รูปที่ 1



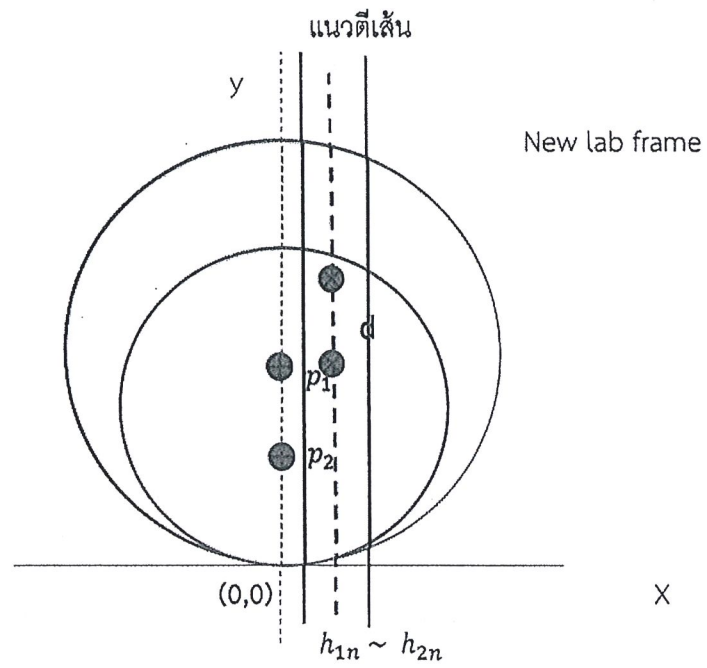
รูปที่ 2



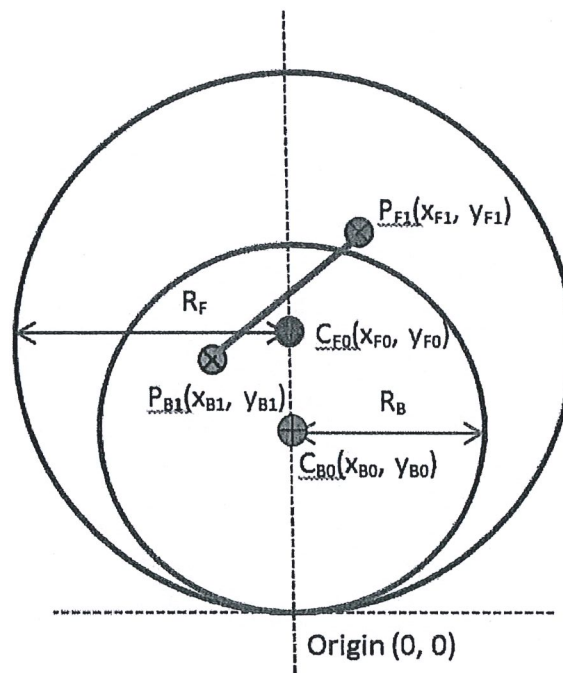
รูปที่ 3



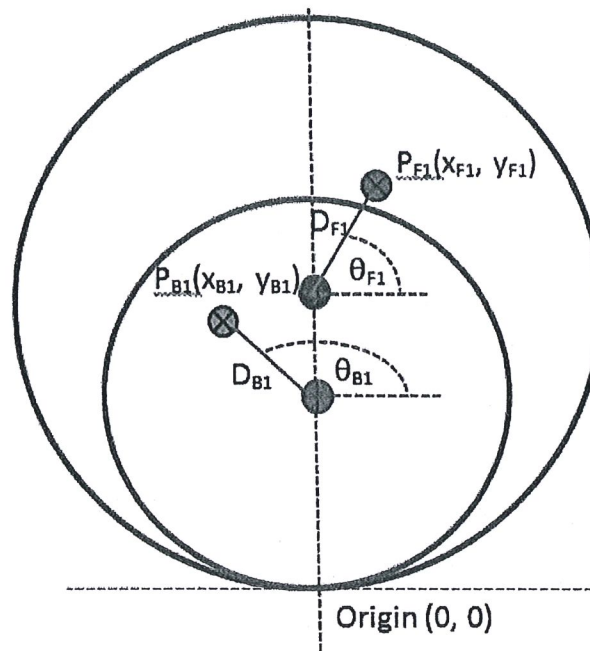
รูปที่ 4



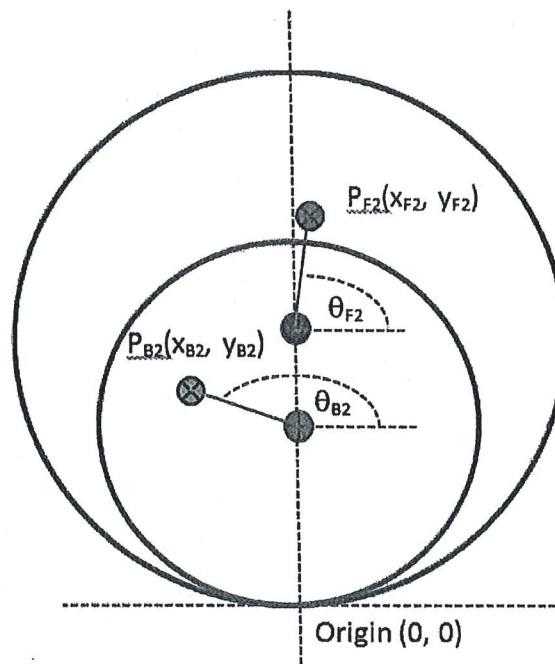
รูปที่ 5



รูปที่ 6



รูปที่ 7



รูปที่ 8

ข้อถ้อยสิทธิ์

1. วิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

5 ก. วิธีการหมุนไม้ที่จุดศูนย์กลางหน้าไม้ วิธีการนี้ถูกคิดค้นเพื่อรองรับไม้ยางพาราที่มีพื้นผิวไม่เรียบกลม โดยจะทำการหมุนไม้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงพื้นผิวเส้นรอบวงของหน้าไม้ทั้งด้านที่ไม่เท่ากัน มีวิธีการคือ ปรับให้จุดศูนย์กลางของหน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในจุดเดียวกัน และกำหนดเป็นพิกัด (0,0) จากนั้นย้ายตำแหน่งไสไม้ทั้งสองฝั่งให้สัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางที่เปลี่ยนแปลงไป ตามสมการ พร้อมทั้งผลต่างระหว่างรัศมีของหน้าไม้ทั้ง 2 ด้าน แล้วหมุนไม้ครั้งละ 1 (0-360) องศา พร้อมย้ายหน้าไม้ไปขีดพื้นผิวตามองศาที่เปลี่ยนไปพร้อมคำนวณค่าตำแหน่งไสไม้ที่เปลี่ยนไป และหา

10 ระยะทางที่น้อยที่สุด แล้วหาแนวไสไม้ที่ตั้งฉากกับพื้นและมีระยะทางระหว่างไสไม้ที่น้อยที่สุดเตรียมส่งเข้าสู่กระบวนการเลื่อยในลำดับต่อไป

ข. วิธีการหมุนไม้ใช้วิธีการหามุมระหว่างไสไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้าน แล้วใช้การคำนวณ โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 (มุม β ที่เปลี่ยนไป) องศา จากนั้นหาจุดที่พิกัดไสไม้ในแกน (x) เท่ากันหรือวางตัวในแนวตั้ง โดยจะต้องให้หน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในระนาบเดียวกัน ตามรูปที่ 8

15 2. วิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 1 มีวิธีการเตรียมท่อนไม้ยางพาราที่ใช้ในการแปรรูปเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวโดยการทำความสะดวกหน้าไม้ซุงด้วยการล้าง หรือใช้การขัดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกไปก่อนเข้าสู่การหาไสไม้ เพื่อให้กระบวนการประมวลผลหาไสไม้จะได้มีประสิทธิภาพพร้อมทั้งหาตำแหน่งไสไม้ทั้งจุดศูนย์กลางหน้าไม้และรัศมีทั้งสองด้าน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณและการหมุนไม้เพื่อหาแนว

20 ไสไม้ที่ตั้งฉากกับพื้น

3. วิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 1 หรือ 2 ข้อใดข้อหนึ่ง ซึ่งใช้การหมุนไม้ที่จุดศูนย์กลางหน้าไม้ ปรับให้จุดศูนย์กลางของหน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในจุดเดียวกัน และกำหนดเป็นพิกัด(0,0) หมุนไม้ครั้งละ 1 (0-360) องศา พร้อมย้ายหน้าไม้ไปขีดพื้นผิวตามองศาที่เปลี่ยนไปพร้อมคำนวณค่าตำแหน่งไสไม้ที่เปลี่ยนไป และหาระยะทางที่น้อยที่สุด แล้วหาแนวไสไม้ที่ตั้งฉากกับพื้น

25 4. วิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน ตามข้อถ้อยสิทธิ์ที่ 1 หรือ 2 ข้อใดข้อหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการการหมุนไม้โดยใช้วิธีการหามุมระหว่างไสไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้าน แล้วใช้การคำนวณโดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 (มุม β ที่เปลี่ยนไป) องศา จากนั้นหาจุดที่พิกัดไสไม้ในแกน (x) เท่ากันหรือวางตัวในแนวตั้ง โดยจะต้องให้หน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในระนาบเดียวกัน

5. วิธีการเตรียมท่อนไม้ยางพาราที่ใช้ในการแปรรูปเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียว ซึ่งได้จาก

30 กรรมวิธีตามข้อถ้อยสิทธิ์ข้อที่ 1, 2, 3 และ 4

บทสรุปการประดิษฐ์

ในการประดิษฐ์นี้เป็นการคิดค้นหาวิธีการเลื่อยไม้ยางพาราเพื่อให้ไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันซึ่งปัจจุบันพบว่ายังไม่มีวิธีการคิดค้นวิธีการเลื่อยไม้เพื่อไสไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันเลย

5 เนื่องจากไสไม้ยางพารามีขนาดเล็กและสังเกตได้ยากโดยวิธีการเริ่มต้นจากการเตรียมท่อนซุงไม้ยางพาราที่มีลักษณะกลม จากนั้นทำความสะอาดหน้าไม้ยางพาราแล้วนำเข้าสู่การประมวลผลภาพทางดิจิทัลเพื่อหาตำแหน่งไสไม้ยางพารา, รัศมีและเส้นรอบวงละใช้วงกลมแทนหน้าไม้ทั้งสองด้าน โดยวิธีปรับให้จุดศูนย์กลางไม้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน และกำหนดเป็นพิกัด(0,0) หมุนไม้ครั้งละ 1 องศา (0-360) พร้อมย้ายหน้าไม้ไปขีดพื้นผิวตามองศาที่เปลี่ยนไปพร้อมคำนวณค่าตำแหน่ง

10 ไสไม้ที่เปลี่ยนไป และหาระยะทางระหว่างไสไม้ที่น้อยที่สุด แล้วหาแนวไสไม้ที่ตั้งฉากกับพื้นและวิธีการหมุนไม้ใช้วิธีการหามุมระหว่างไสไม้และจุดศูนย์กลางทั้งสองด้าน แล้วใช้การคำนวณโดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศา จากนั้นหาจุดที่พิกัดไสไม้ในแกน (x) เท่ากันหรือวางตัวในแนวตั้งโดยจะต้องให้หน้าไม้ทั้งสองด้านอยู่ในระนาบเดียวกัน ก็จะได้ไม้ยางพาราแปรรูปที่ติดไสไม้เพียงแผ่นเดียว



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- ☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☒ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
มีเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทาน

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ดูรายละเอียดที่หน้า 3

- 3.1 สัญชาติ
3.2 โทรศัพท์
3.3 โทรสาร
3.4 อีเมล

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☒ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)
นางวรวรรณนี้ เต็งสุวรรณ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 979/17-21 ชั้น 14 SM Tower,
ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม. 10400

- 5.1 ตัวแทนเลขที่ 2306
5.2 โทรศัพท์ 0-2278-8204
5.3 โทรสาร 0-2298-0476
5.4 อีเมล worawanninee@trf.or.th

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ดูรายละเอียดที่หน้า 3

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่าจะรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียด
เพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ 23 ก.พ. 2560
วันยื่นคำขอ 23 ก.พ. 2560

เลขที่คำขอ
1703000293

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์
ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา

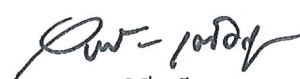
เลขที่ประกาศโฆษณา

วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

ยกเว้นค่าธรรมเนียม

8.การยื่นคำขออนุญาตราชอาณาจักร				
วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				
8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย ☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้				
9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด				
10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ				
10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ		10.2 วันที่ฝากเก็บ		10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ
11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา ☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ				
12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ. ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา				
13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย ก. แบบพิมพ์คำขอ ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ ค. ข้อถ้อยสิทธิ ง. รูปเขียน 3 รูป จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ ☐ รูปเขียน - รูป - หน้า ☐ ภาพถ่าย - รูป - หน้า ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 3 หน้า 2 หน้า 1 หน้า 2 หน้า 1 หน้า			14.เอกสารประกอบคำขอ ☒ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ ☒ หนังสือมอบอำนาจ ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ ☐ เอกสารการขอฉบับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ ☐ เอกสารอื่น ๆ	
15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ☒ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน ☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....				
16.ลายมือชื่อ (☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☒ ตัวแทน)  (นางวรรณิณี เติ้งสุวรรณ) ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ				

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่อยู่ ชั้น 14 อาคาร เอส เอ็ม ทาวเวอร์ 979/17-21 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย
2. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่อยู่ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

1. นางสาวดี กุลบุญ ก่อแก้ว

ที่อยู่ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย

2. นายนิรันดร์ มาแทน

ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย และ

3. นายชูศักดิ์ ฤทธิเพชร

ที่อยู่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161 ประเทศไทย

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทาน

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

- 5 มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพารา มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานนี้ ใช้วิธีวัดค่าความต้านทานในไม้ยางพารา โดยค่าความต้านทานที่วัดได้นั้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดันไฟฟ้า และนำค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาแปลงเป็นค่าความชื้นของไม้ยางพารา

- 10 วัตถุประสงค์ประการหนึ่งเพื่อสร้างเครื่องมือสำหรับวัดความชื้นที่มีความแม่นยำสูงเพื่อใช้สำหรับไม้ยางพาราโดยเฉพาะ เครื่องมือที่ออกแบบจะใช้วัดค่าความชื้นไม้ทั้งในระหว่างและหลังกระบวนการอบแห้งไม้ยางพาราแปรรูป เพื่อให้สามารถควบคุมค่าความชื้นในไม้ยางพาราระหว่างการอบและควบคุมค่าความชื้นในไม้ยางพาราให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ก่อนนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับมิเตอร์วัดความชื้นชนิดแม่นยำสูงสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา

- 15 ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ก่อนการนำไม้ยางพารามาแปรรูปนั้นต้องผ่านกระบวนการอบแห้งก่อนเพื่อให้ความชื้นของไม้นั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากความชื้นจะเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดเชื้อราทำให้มีความเสียหายกับเนื้อไม้และอายุการใช้งานของไม้

- 20 ในปัจจุบันการวัดค่าความชื้นไม้ในกระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราใช้วิธีการวัดค่าความชื้นโดยใช้มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ที่มีขายทั่วไปในตลาด ซึ่งมีการออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดค่าความชื้นในไม้ชนิดต่างๆโดยทั่วไป เมื่อนำเครื่องมือดังกล่าวมาวัดค่าความชื้นในไม้ยางพาราทำให้ค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าแตกต่างจากค่าความชื้นจริงที่วัดด้วยวิธีมาตรฐานโดยการอบแห้ง (รูปที่1)จึงเป็นสาเหตุให้คิดประดิษฐ์มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง เพื่อใช้ในการวัดค่าความชื้นในไม้ยางพาราโดยเฉพาะ

- 25 คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงผลการวัดความชื้นในไม้ยางพาราที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เครื่องทางการค้า 3 ยี่ห้อ เปรียบเทียบกับค่าความชื้นจริงที่วัดได้ด้วยวิธีมาตรฐานโดยการอบแห้ง

รูปที่ 2แสดงโครงสร้างของมิเตอร์วัดความชื้นชนิดแม่นยำสูงสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพาราตามการประดิษฐ์นี้

- 30 รูปที่ 3 แสดงผลการวัดความชื้นในไม้ยางพาราที่อุณหภูมิการวัดต่างๆโดยใช้เครื่องมือที่ออกแบบขึ้น เปรียบเทียบกับค่าความชื้นจริงที่วัดได้ด้วยวิธีมาตรฐานโดยการอบแห้ง(ก) อุณหภูมิ 30°C (ข) อุณหภูมิ 40°C (ค) อุณหภูมิ 60°C และ (ง) อุณหภูมิ 90°C

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

5 การประดิษฐ์นี้เพื่อสร้างเทคนิคการตรวจวัดความชื้นในไม้ยางพาราด้วยความแม่นยำสูง กล่าวคือ สิ่งประดิษฐ์นี้จะทำการวัดค่าความต้านทานภายในไม้ยางพารา ซึ่งความต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้นในไม้ยางพารา และเปลี่ยนค่าความต้านทานที่วัดได้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า และแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เป็นค่าความชื้นโดยแสดงผลเป็นตัวเลขค่าความชื้นผ่านจอแสดงผล

โครงสร้างของมิเตอร์วัดความชื้นชนิดแม่นยำสูงสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา

- โลหะแท่ง(1)
- สายโพรบสำหรับส่งสัญญาณ(2)
- 10 - วงจรตรวจวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา(3)
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล(4)
- วงจรแสดงผล(5)
- ไม้ยางพาราสำหรับตรวจวัดค่าความชื้น(6)

15 จากโครงสร้างดังกล่าวข้างต้นการวัดความชื้นในไม้ยางพาราทำได้โดยการตอกแท่งโลหะ (1)จำนวน 2 ชิ้น ลงในเนื้อไม้ยางพารา(6)ที่ต้องการตรวจวัดความชื้น นำสายโพรบสัญญาณ(2)ต่อเข้ากับ แท่งโลหะ(1)ทั้งสองและปลายสายอีกด้านหนึ่งของสายโพรบสัญญาณต่อเข้ากับวงจรตรวจวัดค่าความชื้น ในไม้ยางพารา(3)

20 วงจรตรวจวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา(3) ทำหน้าที่อ่านค่าความต้านทานในไม้ยางพารา (6)ผ่านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรและเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้างกล่าวเป็นค่า แรงดันไฟฟ้าจากนั้นแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นค่าความชื้นตามค่าอุณหภูมิห้องที่ได้ตั้งค่าไว้และส่ง ต่อค่าแรงดันไฟฟ้างกล่าวไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล(4)

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล(4) ทำหน้าที่แปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับซึ่งอยู่ ในรูปแบบสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งต่อสัญญาณดังกล่าวไปยังวงจรแสดงผล (5)

25 วงจรแสดงผล(5) ทำหน้าที่แสดงค่าสัญญาณดิจิตอลที่ได้รับในรูปแบบตัวเลข โดยจะแสดงค่า ความชื้นในไม้ยางพาราที่วัดได้ผ่านจอแสดงผล

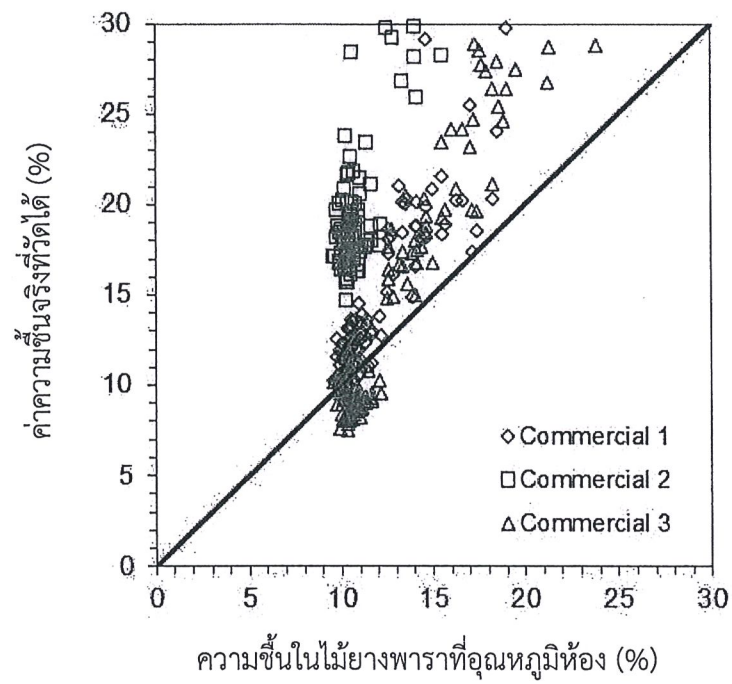
จากวิธีการวัดความชื้นในไม้ยางพาราด้วยวิธีดังกล่าวเมื่อนำค่าความชื้นที่วัดโดยเครื่องมือที่ ออกแบบขึ้นที่อุณหภูมิห้อง $30^{\circ} - 90^{\circ}C$ เปรียบเทียบกับค่าความชื้นจริงที่วัดด้วยวิธีมาตรฐานโดยการ อบแห้งในไม้ยางพารา พบว่าค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมาก (รูปที่ 3)

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

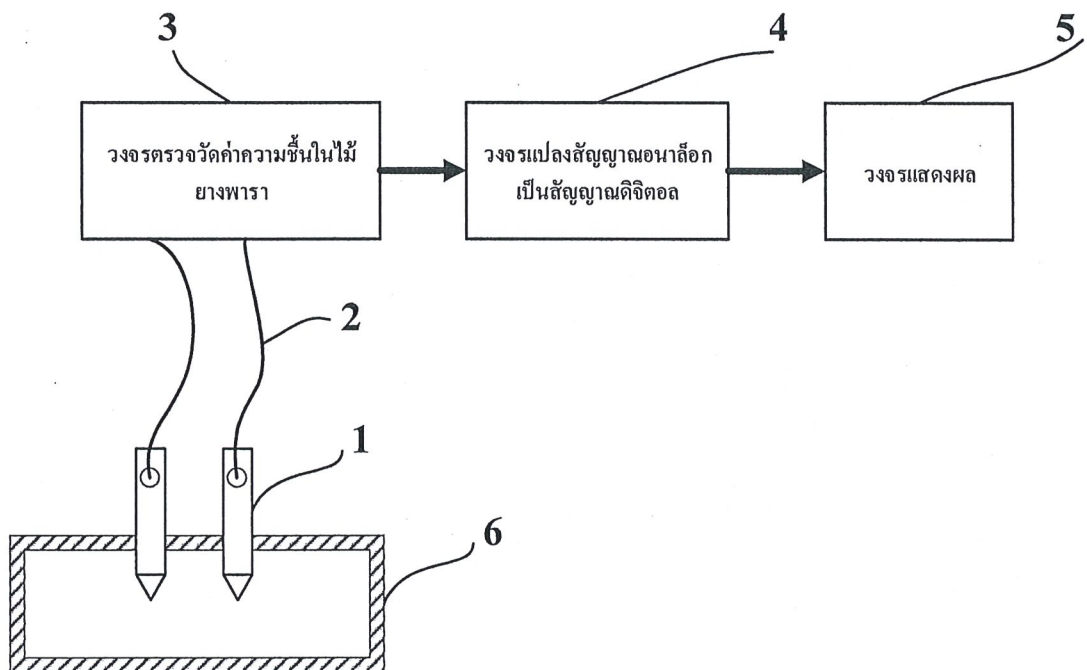
30 เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถ้อยสิทธิ

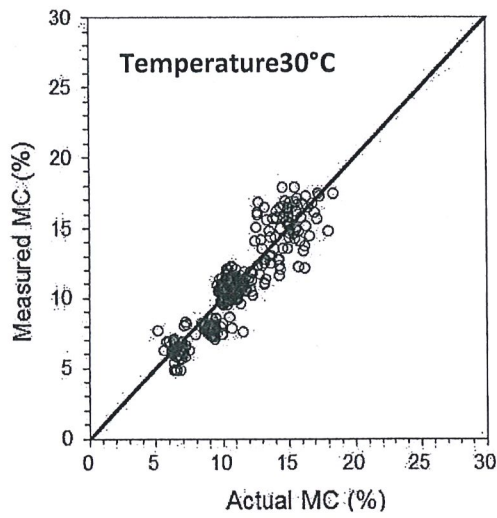
1. มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพาราตามการ
ประดิษฐ์นี้ประกอบด้วย
- 5 ก. แท่งโลหะ(1)
- ข. สายโพรบสัญญาณ(2) สำหรับรับส่งค่าความต้านทานในชิ้นไม้ยางพารากับวงจรตรวจวัดค่า
ความต้านทาน
- ค. วงจรตรวจวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา (3)
- ง. วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล(4) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแปลง
10 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
- จ. วงจรแสดงผล (5) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผลสัญญาณดิจิทัลในรูปตัวเลขค่า
ความชื้นในไม้ยางพาราบนจอแสดงผล
2. มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา ตามข้อถ้อย
สิทธิข้อที่ 1 ที่ซึ่งมี แท่งโลหะ(1) ตอกลงในเนื้อไม้ยางพารา(6) เพื่อต่อกับสายโพรบสัญญาณ(2)
15 มีลักษณะเป็นแท่งโลหะทรงกลมปลายแหลม ด้านบนเป็นช่องวงกลมสำหรับเสียบสายโพรบ
สัญญาณ (2)
3. มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา ตามข้อถ้อย
สิทธิข้อที่ 1-2 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งวงจรตรวจวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา (3) เป็นวงจร
20 อิเล็กทรอนิกส์ที่ตรวจจับค่าความชื้นผ่านการวัดความต้านทานในไม้ยางพารา (6) โดยวัดค่า
ความต้านทานในไม้ยางพาราผ่านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรและเปลี่ยน
ค่ากระแสไฟฟ้างกล่าวเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า จากนั้นแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นค่า
ความชื้นตามค่าอุณหภูมิห้องที่ได้ตั้งค่าไว้
4. มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา ตามข้อถ้อย
สิทธิข้อที่ 1-3 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งความต้านทานจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้นในไม้
25 ยางพารา และเปลี่ยนค่าความต้านทานที่วัดได้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่
ได้เป็นค่าความชื้นโดยแสดงผลเป็นตัวเลขค่าความชื้นผ่านจอแสดงผล
5. มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทานสำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา ตามข้อถ้อย
สิทธิข้อที่ 1-4 ข้อใดข้อหนึ่ง สามารถวัดค่าความชื้นในไม้ยางพาราได้ที่อุณหภูมิห้อง 30°- 90
องศาเซลเซียส



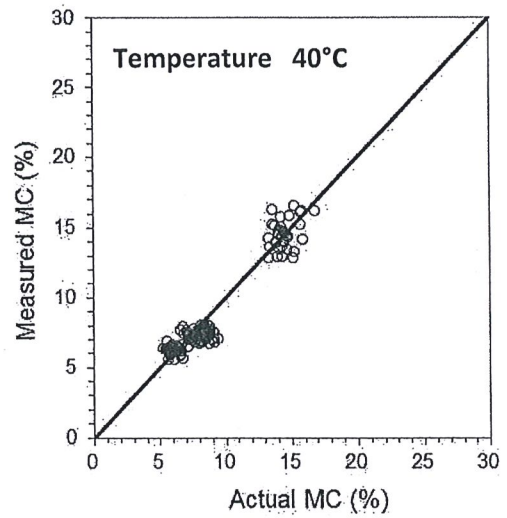
รูปที่ 1



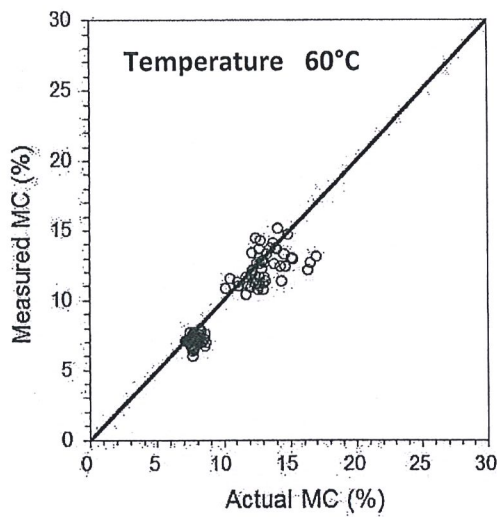
รูปที่ 2



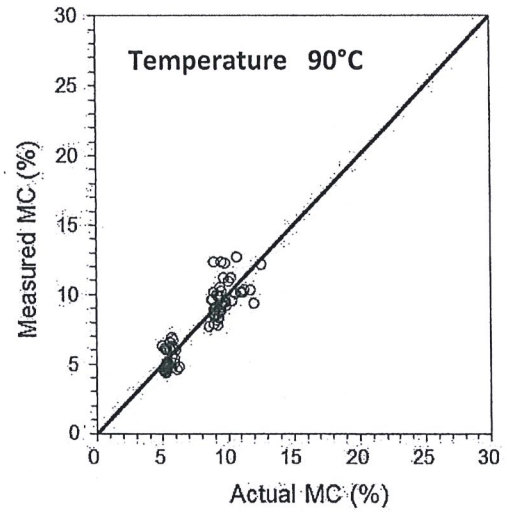
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3

บทสรุปการประดิษฐ์

- 5 มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราแบบต้านทาน สำหรับวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารานี้ ใช้วงจร
ตรวจวัดค่าความชื้นในไม้ยางพารา (3)ตรวจวัดค่าความต้านทานภายในชิ้นไม้ยางพาราและแปลงผลที่ได้เป็น
แรงดันไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เป็นค่าความชื้นไม้ยางพาราที่มีค่าสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิการวัดที่ผู้
10 ใช้ได้ตั้งค่าไว้ โดยมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล(4)แปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เป็นสัญญาณ
ดิจิตอลและมีวงจรแสดงผล(5)เพื่อแสดงผลสัญญาณดิจิตอลที่ได้ในรูปแบบตัวเลขค่าความชื้นบนจอแสดงผล
จากวิธีการวัดความชื้นในไม้ยางพาราด้วยวิธีดังกล่าวเมื่อนำค่าความชื้นที่วัดโดยเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นที่
อุณหภูมิห้อง 30°C 40°C 60°C และ90°C เปรียบเทียบกับค่าความชื้นจริงที่วัดด้วยวิธีมาตรฐานโดยการ
อบแห้งในไม้ยางพารา พบว่าค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมาก (รูปที่ 3)

บทความสำหรับการเผยแพร่

1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลื่อย ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบ และเตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)
2. ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Development of Sawing Pattern Design System, Wood Impregnation Control System and Design of Wood Drying Kiln and Control System for Industrial Rubberwood Lumber Production (Project phase 5)
3. ชื่อ นามสกุล นักวิจัย (ภาษาไทย) นิรันดร์ มาแทน, วัฒนพงศ์ เกิดทองมี, สุรัสวดี ก่อแก้ว, สุธน ศรีวะโร, กรกต สุวรรณรัตน์, ทวีศิลป์ วงศ์พรต
1. ชื่อ นามสกุล นักวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Nirundorn Matan, Wattanapong Kerdthongmee, Suratsavadee Korkua, Suthon Srivaro, Korakot Suwannarat, Taweasin Wongprot
2. ที่อยู่ติดต่อได้ ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160
เบอร์โทร 075-672348 อีเมลล์ mnirundo@wu.ac.th
3. ชื่อหน่วยงาน ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160
4. ปี พ.ศ. ที่ดำเนินงานเสร็จ 2559
5. คำค้นหา keyword ไม้ยางพารา การแปรรูป การเลื่อยไม้ การอัดน้ำยาไม้ การอบไม้
(Rubberwood, Wood processing, Log sawing, Lumber impregnation, Kiln drying)

สรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย

ความสำคัญของงานวิจัย/วัตถุประสงค์

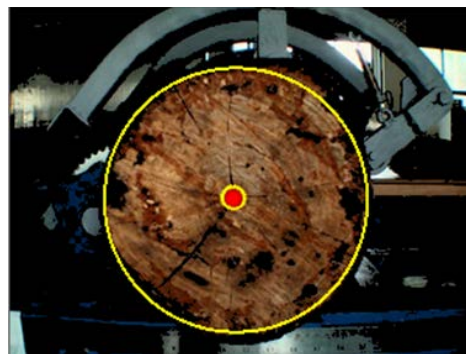
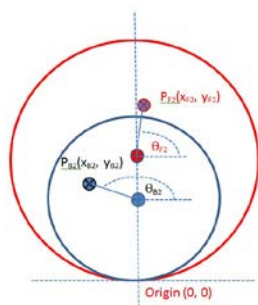
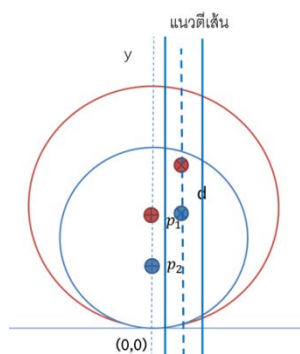
กระบวนการแปรรูปไม้ยางพาราในโรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วย กระบวนการเลื่อยไม้ยางพารา กระบวนการอัดน้ำยาไม้แปรรูปยางพารา และกระบวนการอบไม้ยางพารา โดยในขั้นตอนการปฏิบัติงานของทั้งสามกระบวนการในอุตสาหกรรมไม้ยางพารามักจะใช้ความรู้จากประสบการณ์ของคนงานเป็นหลัก ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตไม้ยางพาราแปรรูปได้อย่างมีมาตรฐานและมีคุณภาพ มีการสูญเสียในกระบวนการผลิตสูง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาและสร้าง ระบบวิเคราะห์ไม้ยางพารา ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ เครื่องวัดความชื้นไม้ยางพารา ระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ และออกแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมโดยโครงการนี้ได้ดำเนินการเป็นระยะที่ 5

วิธีการดำเนินงาน/ผลการดำเนินงาน

ในโครงการระยะที่ 5 นี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึม 2 รูปแบบสำหรับการวิเคราะห์หน้าไม้ซึ่งให้สีไม้วางตัวอยู่ในไม้แปรรูปเพียงแผ่นเดียว (ยีนอนุสิทธิบัตร) พร้อมทั้งได้ออกแบบและสร้างระบบต้นแบบสำหรับถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพหน้าไม้ซึ่งด้วยคอมพิวเตอร์ระบบต้นแบบสำหรับลำเลียงและหมุนไม้ซึ่งให้วางตัวในแนวเลื่อยที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ปรับปรุงระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาที่ได้มีการใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลงานวิจัยในระยะก่อนหน้านี้ให้สามารถถายน้ำยาพร้อมทั้งทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าทุกครั้งที่มีการวัดโดยอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถใช้งานจริงในอุตสาหกรรมได้สะดวกอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดความชื้นไม้ยางพาราต้นแบบ MoistWood meter (ยีนอนุสิทธิบัตร) ซึ่งมีช่วงการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสโดยมีความผิดพลาดในการอ่านค่าในช่วงความชื้นตั้งแต่ 5%-20% โดยระบบดังกล่าวสามารถผนวกเข้ากับระบบอบไม้อัตโนมัติซึ่งพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้ได้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การติดตั้งพัดลมและปล่องระบายอากาศในคอมพิวเตอร์ โดยพบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นกับจำนวนพัดลมที่ติดตั้งภายในเตาอบ นอกจากนี้จำนวนพัดลมที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วลมมีค่าลดลง การติดตั้งปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้อัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้มีค่าลดลงและค่าการกระจายตัวของลมมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยควรติดตั้งปล่องระบายอากาศที่ด้านหลังและหลังของพัดลมทั้งนี้ระยะห่างจากพัดลมที่ทำการติดตั้งปล่องมีผลต่อค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้น้อยมาก และสุดท้ายผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบของเตาอบไม้ยางพาราที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรม

ประโยชน์ของผลงานวิจัย

ในโครงการระยะที่ 5 นี้ ได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติให้กับบริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราเวสต์จำกัด จังหวัดตรัง เพื่อใช้ควบคุมเตาอบไม้ทั้งหมดจำนวน 38 เตาอบของโรงงาน โดยโรงงานเริ่มใช้งานระบบตั้งแต่วันที่ 2 ธันวาคม 2559 นอกจากนี้บริษัทนครศรีพาราเวสต์จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ขยายการใช้งานระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติจาก 6 เตาอบเป็น 10 เตาอบ และกำลังดำเนินการปรับปรุงเตาอบทั้งหมดอีก 6 เตาอบเพื่อใช้ระบบควบคุมการอบไม้ทั้งหมดของโรงงาน



อัลกอริทึมสำหรับการจัดให้ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวและระบบวิเคราะห์หน้าไม้ซุงด้วยคอมพิวเตอร์



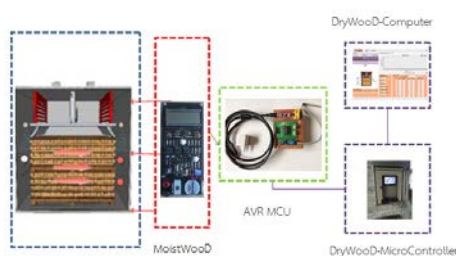
เครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงแบบพ่นสี



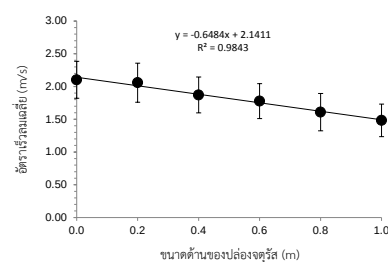
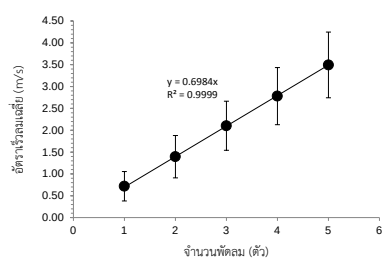
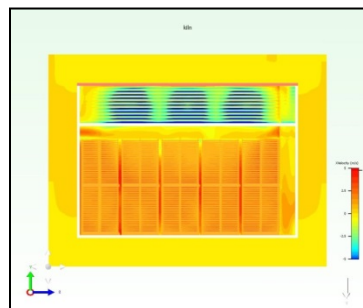
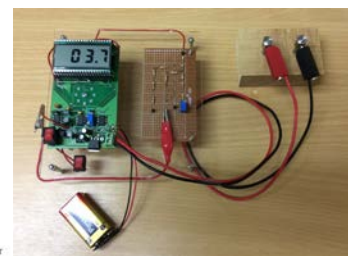
ระบบลำเลียงไม้ซุงและระบบหมุนไม้ซุง



ระบบวัดความชื้นของน้ำยาอัตโนมัติ



ระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติและเครื่องวัดความชื้นในไม้



การติดตั้งพัดลมและปล่องระบายอากาศในเตาอบไม้

การรายงานการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

๑. ชื่อโครงการ / กิจกรรมที่ได้รับการสนับสนุน
การพัฒนาแบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบ และเตาอบไม้ต้นแบบสำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ ๕)
๒. ชื่อนักวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน และคณะ
๓. งบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน ๑,๓๙๖,๗๘๐ บาท
๔. ปีงบประมาณที่ดำเนินการ ๒๕๕๙
๕. การนำผลผลิตจากงานวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์ ☒ มีการนำไปใช้ประโยชน์ ☐ ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์
๖. ช่วงเวลาที่งานวิจัยได้นำไปสู่การใช้ประโยชน์ ๑ มกราคม ๒๕๕๙ – ๓๑ ธันวาคม ๒๕๕๙
๗. เป้าหมายดำเนินการ
 - ๗.๑ พัฒนาและปรับปรุงระบบวิเคราะห์ไม้ซุงยางพาราซึ่งสามารถวัดขนาดไม้ซุงและกำหนดตำแหน่งของไส้ไม้ พร้อมทั้งออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงและเครื่องจับและหมุนไม้ซุง
 - ๗.๒ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ImPregWood ให้เสถียรในการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม
 - ๗.๓ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ DryWood โดยผนวกระบบวัดความชื้นในไม้ขณะอบเข้าไปในระบบ
 - ๗.๔ ปรับปรุงแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ประกอบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
๘. พื้นที่การใช้ประโยชน์ โรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ โดยมีต้นแบบคือ บริษัทนครศรีพาราเว้ จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช และบริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราเว้ จำกัด จังหวัดตรัง
๙. รูปแบบการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยตามข้อ ๗ และ ๘ (สามารถเลือกได้มากกว่า ๑ รูปแบบ เนื่องจากถ้าเป็นเรื่องเดียวกันสามารถนำไปใช้มากกว่า ๑ มิติได้)

☐ ๙.๑. การใช้ประโยชน์มิตินโยบาย ได้แก่ การนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการบริหาร / กำหนดนโยบาย โดย

☐ ได้รับหนังสือขอข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง
 ☐ ได้รับหนังสือเรียนเชิญให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ / กำหนดนโยบาย
 ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

☐ ๙.๒. การใช้ประโยชน์มิติเศรษฐกิจ / พาณิชยกรรม โดย

☐ ได้รับหนังสือหรือหลักฐานอื่น แสดงความสนใจเพื่อเจรจาธุรกิจ
 ☐ มีการซื้อ - ขาย เทคโนโลยีระหว่างนักวิจัยและผู้นำไปใช้ประโยชน์
 ☒ อื่นๆ (โปรดระบุ)

ติดตั้งการควบคุมด้วยระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติเพิ่มอีก ๔ เตาอบเป็น ๑๐ เตาอบ

ที่บริษัทนครศรีพาราเว้ จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช และมีแผนจะขยายเป็น ๑๖ เตาอบ

ภายในปี ๒๕๖๐

ติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติจำนวน ๔ ชุดที่บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราเว้ จำกัด จังหวัดตรัง เพื่อควบคุมเตาอบไม้ทั้งหมดของโรงงานจำนวน ๓๔ เตาอบ

☐ ๙.๓. การใช้ประโยชน์มิติการพัฒนาสังคม / ชุมชน / ท้องถิ่น โดย

☐ การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้รับจากงานวิจัยในชุมชน / ท้องถิ่น (อบรม, คู่มือ, แผ่นพับ, โปสเตอร์, เว็บไซต์ ฯลฯ)
 ☐ ได้รับหนังสือเรียนเชิญให้ความรู้จากชุมชน / องค์กร / หน่วยงานในพื้นที่ต่างๆ
 ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

หมายเหตุ : การรายงานการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ต้องสื่อให้ทราบถึงการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน ดังนั้นต้องแนบเอกสารเป็นหลักฐาน เช่น รูปถ่าย หนังสือเชิญ หนังสือแสดงความต้องการหรือเอกสารที่แสดงได้ว่ามีการนำผลงานไปใช้จริง



๙.๔. การใช้ประโยชน์มิติวิชาการ โดย

- ☐ ได้มีการอ้างอิงผลงานที่ตีพิมพ์วารสารวิชาการระดับประเทศ / ระดับนานาชาติ
- ☐ ได้รับหนังสือเรียนเชิญเป็นวิทยากรเพื่อให้ความรู้ในกรอบของผลงานวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ
- ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

๑๐. รายละเอียดผลการดำเนินงานตามข้อ ๙ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการนำผลผลิตจากงานวิจัยไปใช้อย่างไร

บริษัทนครศรีพาราวัฏจำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช

- การอบไม้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงจากเดือนละ ๘ แสนกว่าบาท เหลือ ๕ แสนกว่าบาท ทั้งนี้เนื่องจากระบบควบคุมการอบไม้ที่สามารถควบคุมสภาวะการอบต่างๆในเตาอบได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถลดระยะเวลาการอบไม้ลงจาก ๕-๗ วัน เหลือ ๓.๕ วัน
- เพิ่มรอบการอบไม้จาก ๔ รอบต่อเดือนเป็น ๖ รอบต่อเดือน และลดการใช้แรงงาน
- คุณภาพไม้ สีสันดีขึ้น
- ความปลอดภัยในการทำงานสูงขึ้น

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวัฏจำกัด จังหวัดตรัง

- สามารถลดการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า
- สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้มีความสม่ำเสมอ ลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการอบ
- สามารถลดเวลาในการอบไม้
- สามารถติดตามและตรวจสอบความผิดปกติของ อุปกรณ์ต่างๆของเตาอบและสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

๑๑. รูปภาพประกอบกิจกรรมหรือ รูปภาพแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบก่อน – หลังการนำผลผลิตจากงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (พร้อมคำบรรยายกิจกรรมโดยย่อ ที่แสดงถึงวัน เดือน ปี ที่จัดกิจกรรม)

บริษัทนครศรีพาราวัฏ จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช



บริษัทกำลังใช้งานระบบควบคุมการอบไม้พาราวัฏอัตโนมัติ 1 ระบบ
จำนวน 6 เตาอบ และขณะนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงเตาอบ
เพิ่มอีก 4 เตาอบ (เข้าติดตั้ง 3 พฤศจิกายน 2559)
กำลังปรับปรุงจนครบ 16 เตาอบทั้งหมดของโรงงาน

หมายเหตุ : การรายงานการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ต้องสื่อให้ทราบถึงการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน
ดังนั้นต้องแนบเอกสารเป็นหลักฐาน เช่น รูปถ่าย หนังสือเชิญ หนังสือแสดงความต้องการหรือเอกสารที่แสดงได้ว่ามีผลการ
ผลงานไปใช้จริง

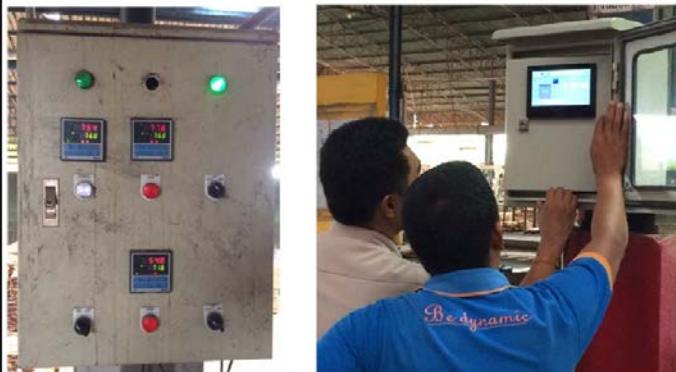
บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวิวด์ จำกัด อำเภอมือง จังหวัดตรัง



วันที่ 5 กันยายน 2558

คณะทำงานเข้าตรวจสอบเพื่อเตรียมความพร้อมในการติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวิวด์ จำกัด อำเภอมือง จังหวัดตรัง



วันที่ 1 ธันวาคม 2558

คณะทำงานติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ 1 ระบบ

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวิวด์ จำกัด อำเภอมือง จังหวัดตรัง



วันที่ 22 กรกฎาคม 2559

คณะทำงานติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ
เพิ่มอีก 1 ระบบ เป็นทั้งหมด 2 ระบบ

หมายเหตุ : การรายงานการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ต้องสื่อให้ทราบถึงการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน
ดังนั้นต้องแนบเอกสารเป็นหลักฐาน เช่น รูปถ่าย หนังสือเชิญ หนังสือแสดงความต้องการหรือเอกสารที่แสดงได้ว่ามีการนำ
ผลงานไปใช้จริง

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง



วันที่ 26 กันยายน 2559

ขณะทำงานติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ
เพิ่มอีก 2 ระบบ เป็นทั้งหมด 4 ระบบ

DryWood จำนวน 4 unit สำหรับ 40 เตาอบ
บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด จังหวัดตรัง



ป้ายติดตั้งหน้า Office ของบริษัท



หมายเหตุ : การรายงานการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ต้องสื่อให้ทราบถึงการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน
ดังนั้นต้องแนบเอกสารเป็นหลักฐาน เช่น รูปถ่าย หนังสือเชิญ หนังสือแสดงความต้องการหรือเอกสารที่แสดงได้ว่ามีการนำ
ผลงานไปใช้จริง

แบบฟอร์มการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการออกแบบรูปแบบการถือระบบควบคุมการใช้น้ำ ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ดินแบบสำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม(โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

การนำไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงาน/บุคคลได้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทางด้านใด

~~()~~เชิงวิชาการ

(๔)เชิงวิชาการ

๑) ได้รับความรู้จากบทเรียนที่ได้เรียนได้จัดทำเอกสารขึ้นและรวบรวมมาลงในสื่อบันทึก
การคิดวิเคราะห์สิ่ง 32½ และ ๑ กระบวนการ Analog การเขียน Digital คอมพิวเตอร์ control.
และระบบ Real time ได้. ๒) ได้รับรู้มาจากการเรียนเขียนโปรแกรมและใช้
โปรแกรมการคิดวิเคราะห์สิ่ง ๓๒ และ ๑ และระบบ Real time ได้. ๓) ได้รับรู้มาจากการเรียนเขียนโปรแกรมและใช้
โปรแกรมการคิดวิเคราะห์สิ่ง ๓๒ และ ๑ และระบบ Real time ได้.

() เจริญสาธารณะ (นิติการพัฒนาศักคม/ชุมชน/ท้องถิ่น)

(๕)เชิงสาธารณะ (มีกิจการพัฒนาสังคม/ชุมชน/ท้องถิ่น)
ลดต้นทุนเชื้อเพลิงและค่าไฟฟ้า ลดการปล่อย CO₂ และมลพิษ
ตามตัว boiler. ๒ ปี ค่าใช้จ่ายเงิน ๑๖ ล้านบาท สามารถกู้ยืมจากธนาคารพาณิชย์ได้
ดอกเบี้ยลด ๐.๕%.

() เจริญนโยบาย

1) ลดการปลูกพืช และใช้ปุ๋ยเคมี

- ၁) ကွဲပြားမှု Analog သို့ Digital ၄/၀ တွေ့ရသည်။
- ၃) လူမှားယွင်းမှု Human error.
- ၄) အာရုံစိုက်မှု. Due To Automation ပုံမှန်ပုံစံကို ကျွန်ုပ်တို့ သိသည့်အတိုင်း တွေ့ရသည်။
- ၆) မိသားစုမှားယွင်းမှုမှ ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

() เจริญพาณิชย์

- 1) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 2) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 3) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 4) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.

2. โปรดระบุถึงหลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์ (พร้อมแนบหลักฐานประกอบ)

- 1) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 2) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 3) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.
- 4) คอทรูฟิลาไมท์ 1 กก. 500,000 mg / 1000.



(นาย อธิปไตย)

ผู้ให้ข้อมูล

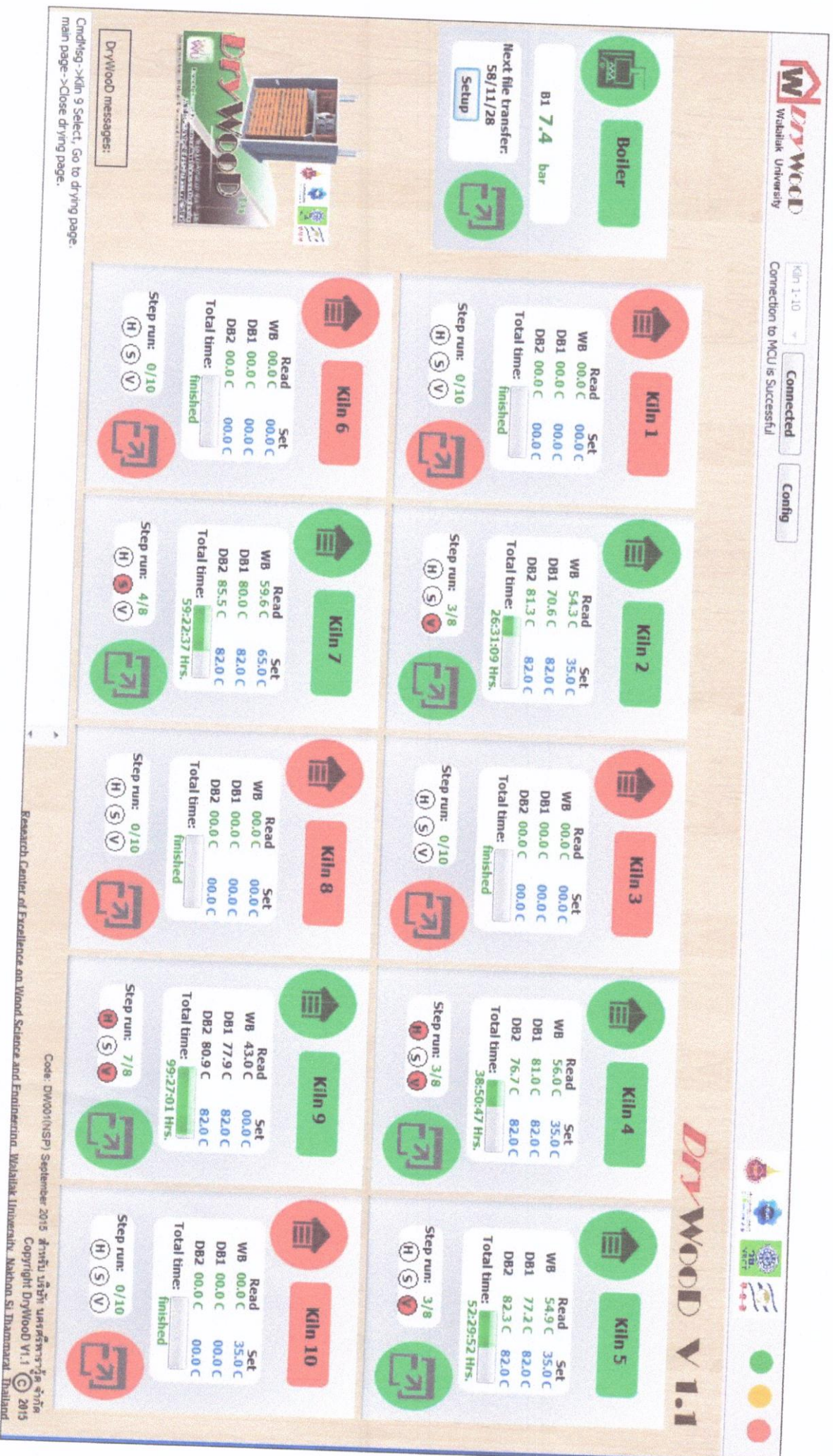
(ลายเซ็นผู้ใช้ผลประโยชน์จากผลการวิจัย)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการ

วันที่ให้ข้อมูล 21 พ.ค. 2559

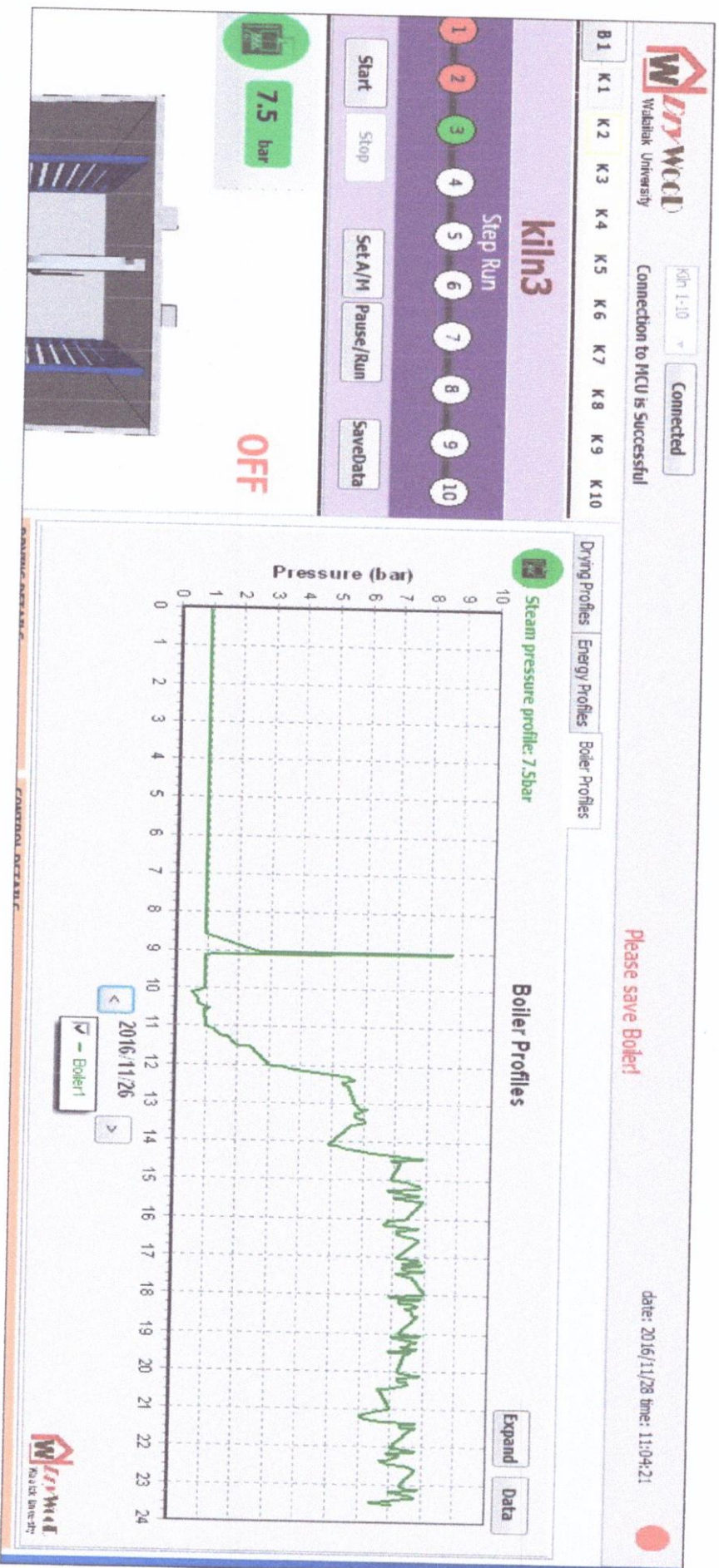
การ control ภาพ เตาอบไม้ น.นครสิริพาราจำกัด จำกัด

ภาพเตาอบไม้ขยายจาก 1 เตา เป็น 6 เตา และเป็น 10 เตาในปี 2559 และจะขยายเป็น 16 เตาในปี 2560



บริษัท นครศรีพลาซ่า จำกัด

ภาพแสดงการเริ่มต้จุด boiler และการเปลี่ยนแปลงความดันในระยะเวลาต่างๆในแต่ละชั่วโมง





แบบฟอร์มการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบออกแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบและเตา
อบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)

การนำไปใช้ประโยชน์

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราเว็ดจำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

1. หน่วยงาน/บุคคลได้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทางด้านใด

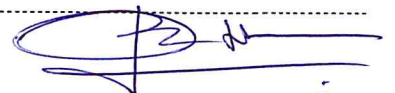
() เชิงวิชาการ

() เชิงสาธารณะ (มิติการพัฒนาสังคม/ ชุมชน/ ท้องถิ่น)

() เชิงนโยบาย

(x) เชิงพาณิชย์

2. โปรดระบุถึงหลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์ (พร้อมแนบหลักฐานประกอบ)



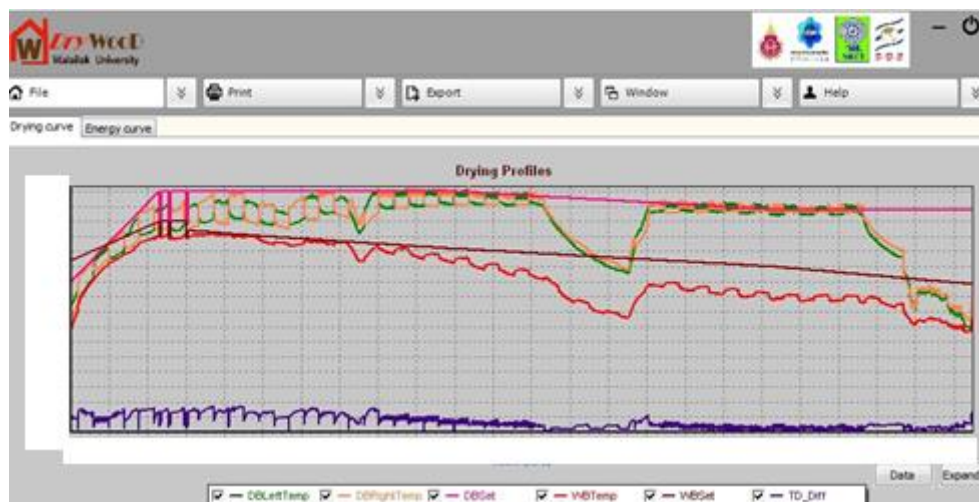
(คุณชัชชม เหล่าฤทธิไกร)

ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการบริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราเว็ดจำกัด

วันที่ให้ข้อมูล 8/12/67

ข้อมูลการนำไปใช้ประโยชน์ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ต้นแบบสำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป ในโรงงานอุตสาหกรรม

1. นำระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้มาใช้ในการพัฒนาเตาอบให้มีอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำในระบบการวัดค่าต่างๆ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า
2. นำระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ในขบวนการอบแล้วสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้มีความสม่ำเสมอ ทำให้ลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจากการอบลงได้ เช่น ไม้แตก ไม้โค้ง ไม้คด
3. นำระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ในขบวนการอบแล้วสามารถลดเวลาในการอบไม้ลงได้เนื่องจากการสามารถพัฒนารูปแบบการอบที่เหมาะสมกับความหนาของไม้แต่ละความหนาได้



รูปแสดง การลดเวลาอบ

4. สามารถติดตามและตรวจสอบความผิดปกติของ อุปกรณ์ต่างๆของเตาอบและสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว



รูปแสดง ความผิดปกติของอุปกรณ์ของเตาอบ

สรุปการดำเนินการโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ RDG5950016

โครงการ “การพัฒนากระบวนการออกแบบรูปแบบการเลื่อย ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบและ
เตาอบไม้ต้นแบบ สำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 5)”

ส่วนที่ 1 ข้อมูลโครงการ

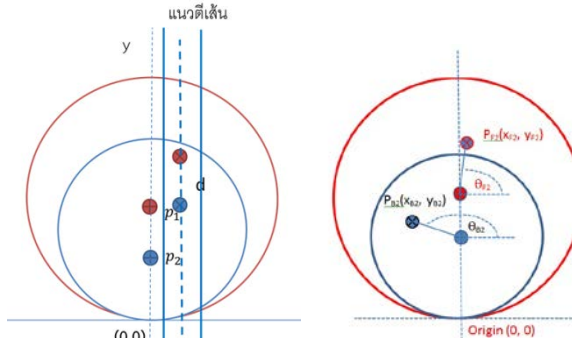
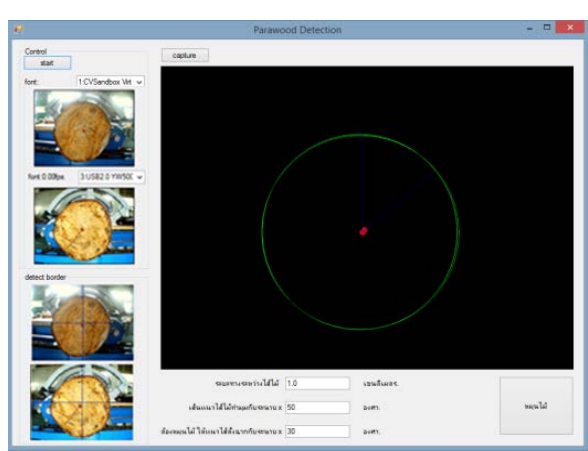
ชื่อผู้รับทุน : รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทนและคณะ

โครงการเริ่มเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2559 ถึง 31 ธันวาคม 2559 รวมระยะเวลา 12 เดือน

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาและปรับปรุงระบบวิเคราะห์ไม้ซุงยางพาราซึ่งสามารถวัดขนาดไม้ซุงและกำหนดตำแหน่งของไส้ไม้ พร้อมทั้งออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องตีเส้นหน้าไม้ซุงและเครื่องจับและหมุนไม้ซุง
2. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอัดน้ำยา *ImPregWood* ให้เสถียรในการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม
3. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ระบบควบคุมการอบไม้แบบอัตโนมัติ *DryWood* โดยผนวกระบบวัดความชื้นในไม้ขณะอบเข้าไปในระบบ
4. ปรับปรุงแบบเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ประกอบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ส่วนที่ 2 เนื้อหา

Output	
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ	ผลจากการดำเนินการ
1. พัฒนาระบบออกแบบการเลื่อย	
1.1 พัฒนาระบบวิเคราะห์ไม้ซุงอัตโนมัติต้นแบบ	- จดอนุสิทธิบัตร เรื่องวิธีการเลื่อยไม้ซุงยางพาราเพื่อให้ได้สี่ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียวกัน คำขออนุสิทธิบัตรเลขที่ 1703000294 วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560 โดยประกอบด้วยอัลกอริทึม 2 แบบ พร้อมทั้งทดสอบผลสัมฤทธิ์ของวิธีดังกล่าวด้วยไม้ซุงยางพาราในโรงงานอุตสาหกรรม  - ได้ระบบวิเคราะห์ไม้ซุงอัตโนมัติต้นแบบโดยใช้อัลกอริทึมข้างต้นซึ่งสามารถคำนวณหาแนวเลื่อยไม้ที่ได้สี่ไม้อยู่ในไม้แปรรูปแผ่นเดียว 

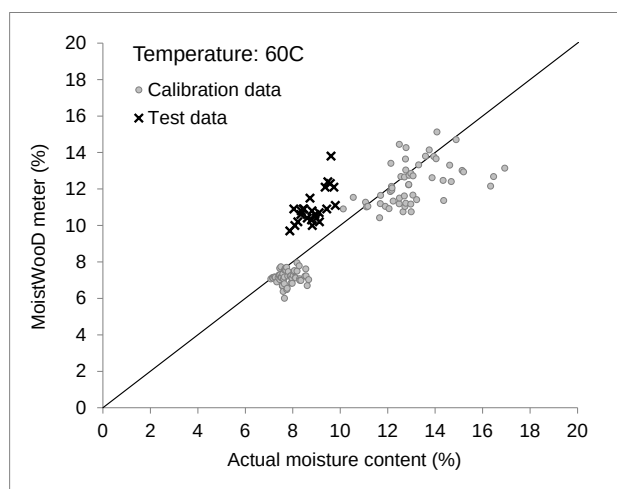
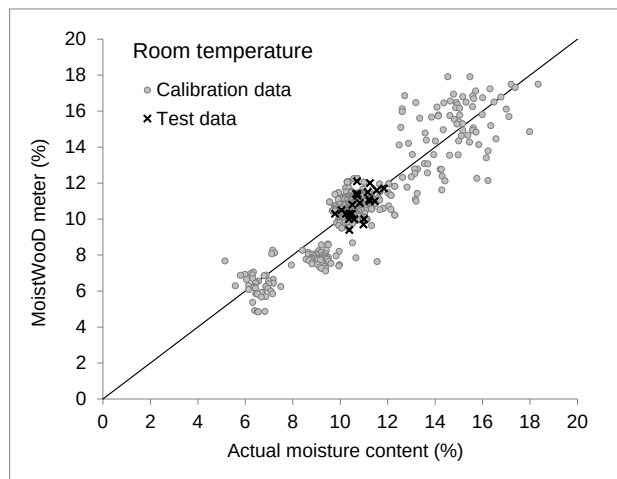
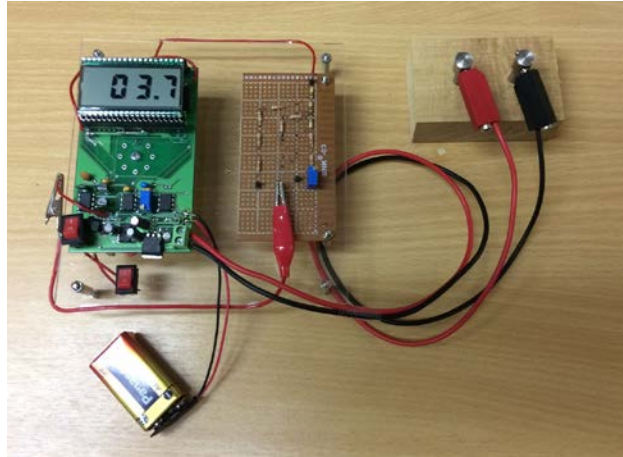
	
1.2 ปรับปรุงเครื่องตีเส้นหน้าไม้ชุดต้นแบบ	- ได้เครื่องตีเส้นหน้าไม้ชุดต้นแบบโดยใช้ระบบพ่นสีที่ทำงานอัตโนมัติ (ซึ่งประหยัดและสะดวกกว่าการใช้แสงเลเซอร์ในโครงการระยะที่ 4) 

1.3 พัฒนาเครื่องจับและหมุนไม้ซุงต้นแบบ	- ได้เครื่องลำเลียงไม้ซุงและเครื่องหมุนและกดไม้ซุงต้นแบบ ซึ่งสามารถหมุนไม้ซุงได้ตามมุมที่ต้องการ 
2. พัฒนาระบบควบคุมการอัดน้ำยา สร้างและออกแบบระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติพร้อมทั้งระบบทำความสะอาด	- ได้ระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาแบบอัตโนมัติพร้อมทั้งระบบทำความสะอาด ซึ่งได้ติดตั้งที่โรงงานสำหรับทดสอบการใช้งานจริงแล้ว 

3. พัฒนาเครื่องวัดความชื้นไม้และระบบควบคุมการอบอัตโนมัติ

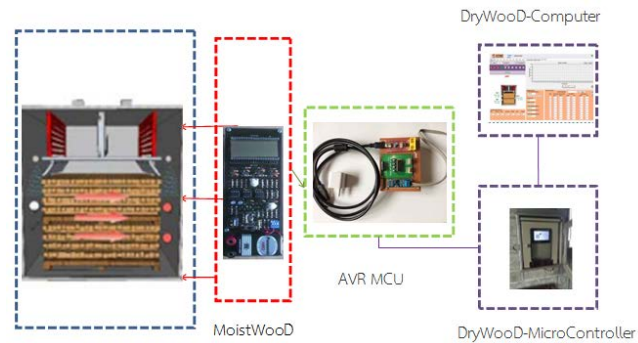
3.1 ปรับปรุงเครื่องวัดความชื้นไม้สำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิต่างๆ

- **จดอนุสิทธิบัตร** เครื่องมือวัดความชื้นไม้แบบพาราแบบต้านทาน คำขออนุสิทธิบัตรเลขที่ 1703000293 วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2560
- ได้เครื่องวัดความชื้นไม้แบบความต้านทาน *MoistWood meter* ซึ่งมีช่วงการใช้งานตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสในช่วงความชื้นตั้งแต่ 5%-20% พร้อมใช้สำหรับอุตสาหกรรม



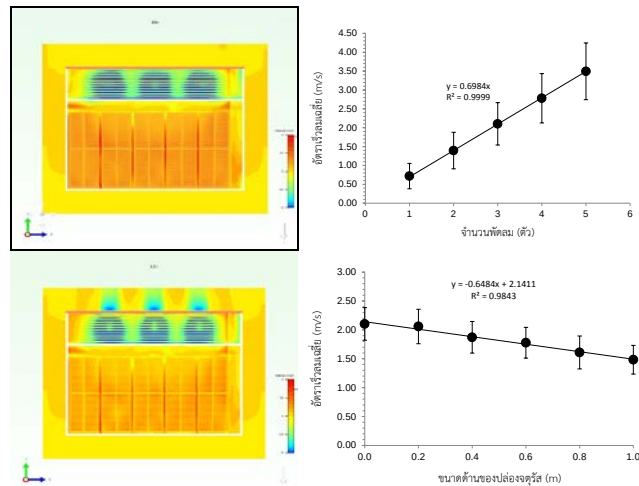
3.2 ปรับปรุงระบบและโปรแกรมควบคุมการอบไม้ อัตโนมัติที่ผนวกระบบวัดความชื้นไม้

- ได้ระบบควบคุมการอบไม้อัตโนมัติ DryWoodD ต้นแบบที่สามารถผนวก
ระบบวัดความชื้นไม้ MoistWoodD meter เข้าในระบบ

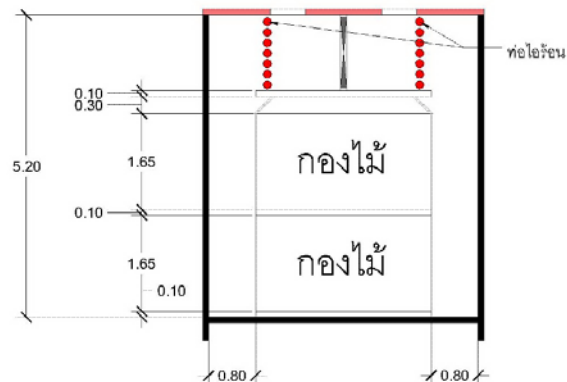


4. ออกแบบเตาอบไม้โดยใช้คอมพิวเตอร์

- ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่
หน้ากองไม้มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นกับจำนวนพัดลมที่ติดตั้งภายในเตาอบใน
ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของอัตราเร็วลมมีค่าลดลง การติดตั้ง
ปล่องระบายอากาศที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้อัตราลมเฉลี่ยที่หน้ากองไม้มีค่าลดลงและ
การกระจายตัวของลมมีค่าเพิ่มมากขึ้น

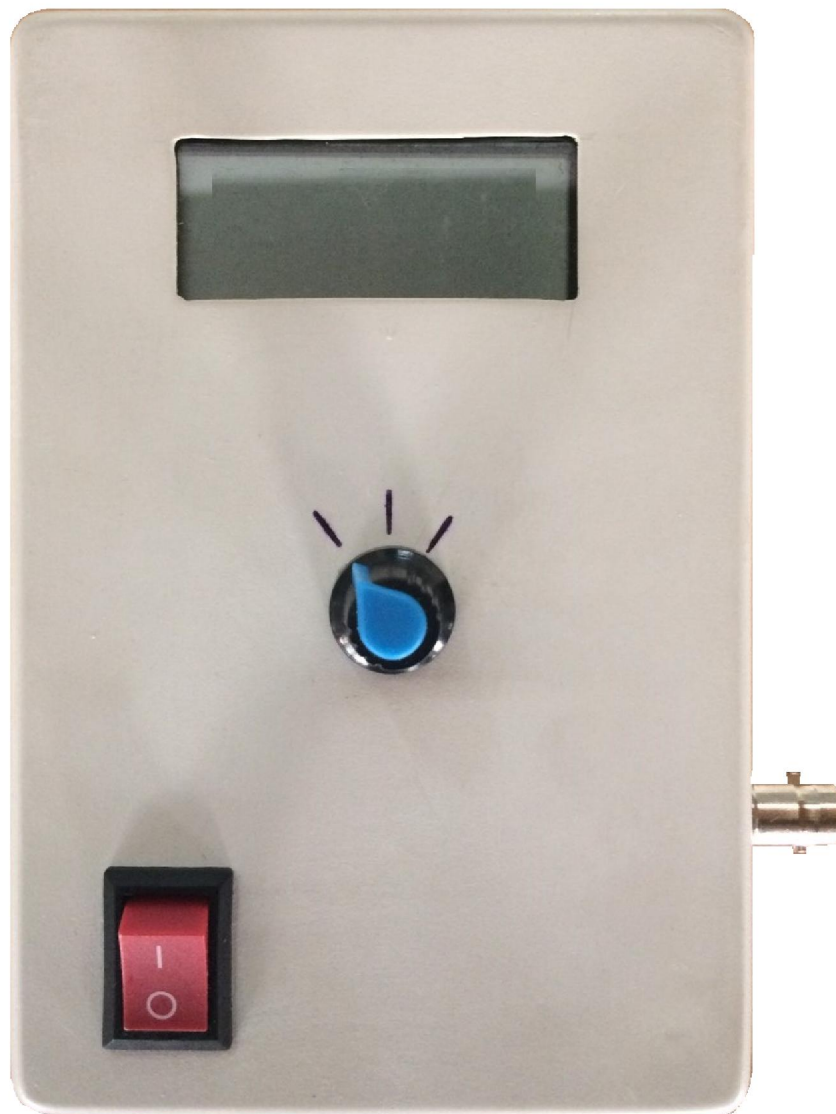


- ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบเตาอบไม้แบบพาราตันแบบที่เกิดจากองค์ความรู้ของ
งานวิจัยตั้งแต่โครงการ 1-5



คู่มือการใช้งาน

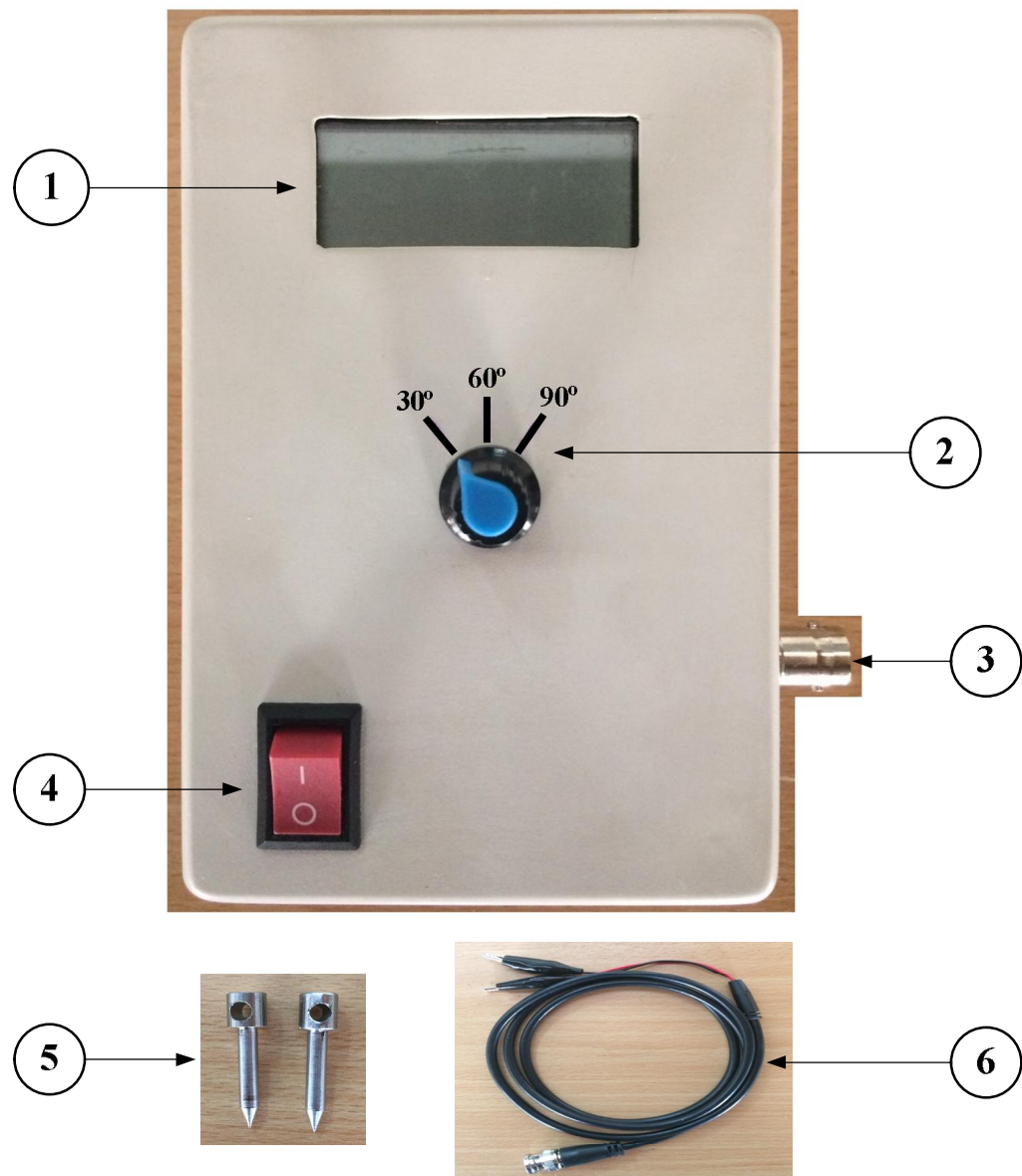
มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง



มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง

มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูงเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความชื้นที่มีความแม่นยำสูงเพื่อใช้สำหรับไม้ยางพาราโดยเฉพาะ ใช้วัดค่าความชื้นไม้ทั้งในระหว่างและหลังกระบวนการอบแห้งไม้ยางพาราแปรรูป

มิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูงประกอบด้วยสามส่วนหลักคือ หน้าจอแสดงผล ปุ่มปรับเลือกย่านอุณหภูมิการวัดและขั้วต่อสำหรับสายวัด ดังรายละเอียดในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 ซึ่งแสดงส่วนประกอบต่างๆของมิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของมิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของมิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง

หมายเลข	ชื่อ	รายละเอียดการใช้งาน
1	หน้าจอแสดงผล	แสดงค่าความชื้นที่วัดได้จากชิ้นไม้เป็นตัวเลขทศนิยม 1 ตำแหน่ง
2	ปุ่มสำหรับเลือกย่านอุณหภูมิการวัด	สำหรับเลือกย่านอุณหภูมิให้มีความสอดคล้องกับอุณหภูมิในขนาดที่ทำการใช้งานจริง โดยแบ่งเป็น 3 ระดับคือ อุณหภูมิ 30 °C 60 °C และอุณหภูมิ 90 °C
3	ขั้วสำหรับต่อสายโพรบ	ใช้สำหรับต่อสายโพรบเข้ากับตัวเครื่องเพื่อทำการวัดค่าความชื้นจากไม้
4	สวิตช์ เปิด-ปิด การทำงาน	ใช้สำหรับเปิด-ปิดการทำงานของมิเตอร์
5	หัวตอกไม้	ใช้สำหรับตอกลงบนไม้ที่ต้องการวัดค่าความชื้น
6	สายโพรบ	ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์และหัวตอก

หลักการใช้งานมิเตอร์สำหรับวัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง

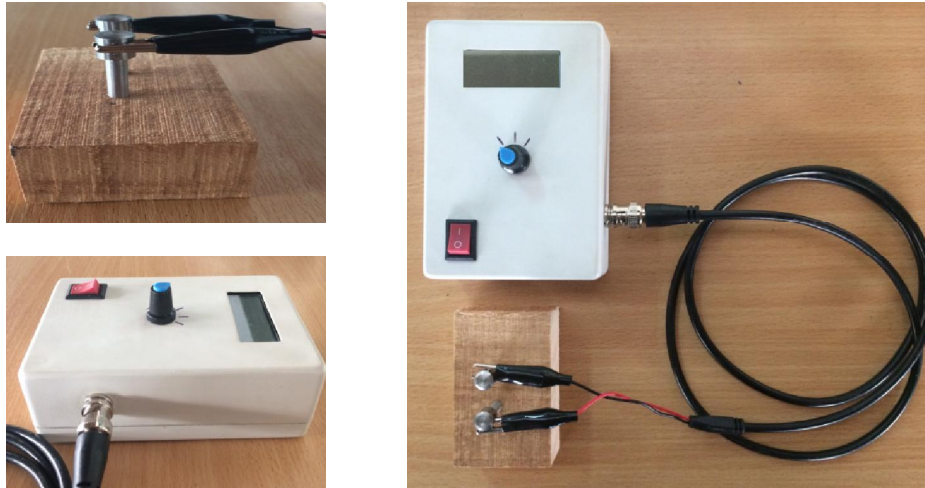
มิเตอร์สำหรับวัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูงทำงานโดยใช้ถ่านอัลคาไลน์ ขนาด 9 Volt จำนวน 1 ก้อน สำหรับเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์

การใช้งานมิเตอร์วัดความชื้นในไม้ยางพาราชนิดแม่นยำสูง สำหรับวัดความชื้นในไม้ยางพารามีวิธีการใช้งานดังนี้

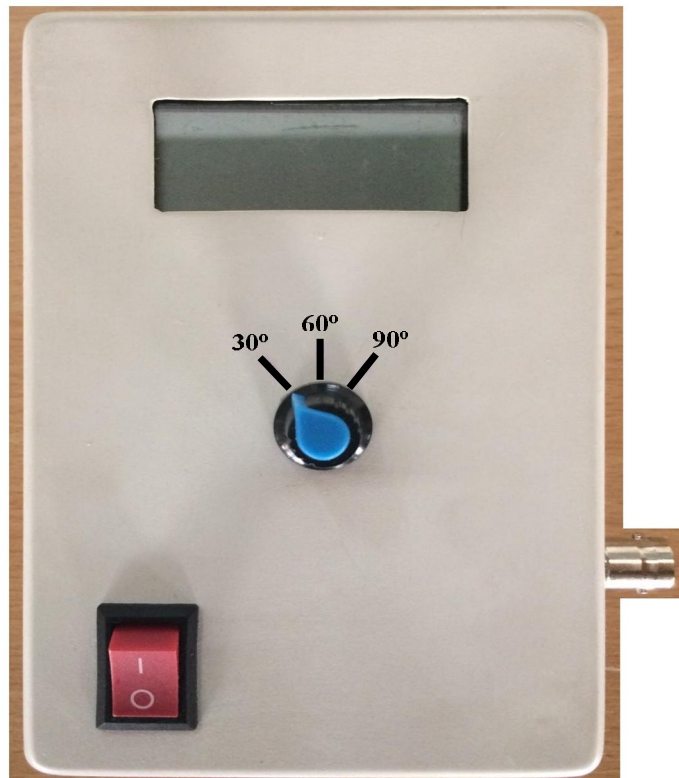
1. นำหัวตอกตอกลงบนชิ้นไม้ที่ต้องการวัดค่าความชื้น 2 ชิ้น ที่ระดับความลึกประมาณ 1 เซนติเมตร ดังรูป



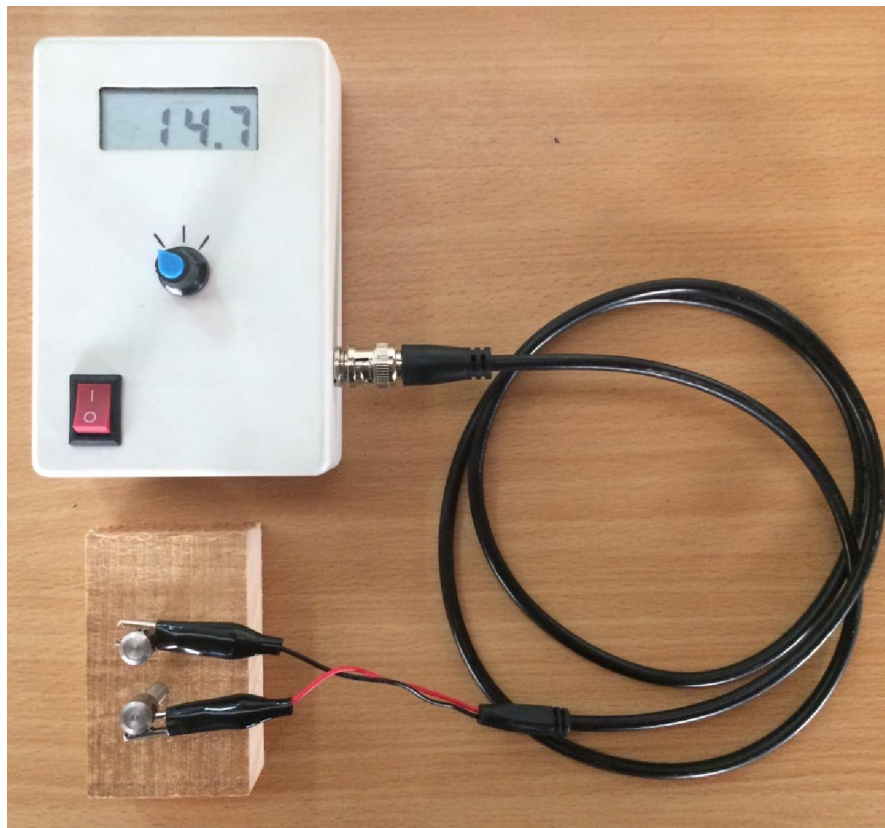
2. นำสายโพรบต่อเข้ามิเตอร์ และอีกด้านต่อเข้ากับหัวตอกที่ได้ตอกไว้บนชิ้นไม้ที่ต้องการวัดค่าความชื้น ดังรูป

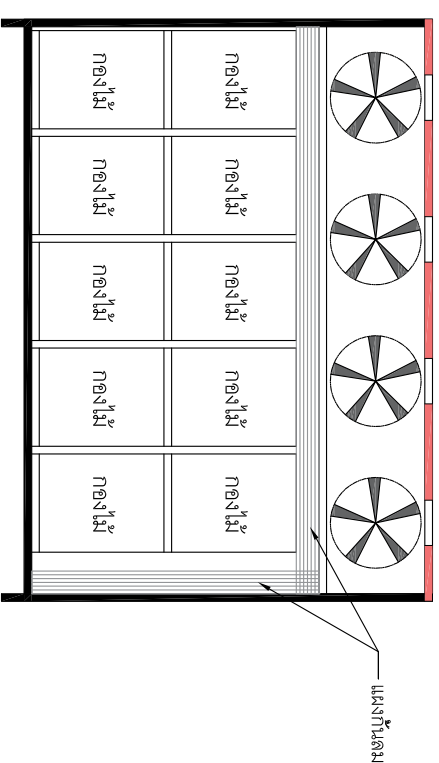
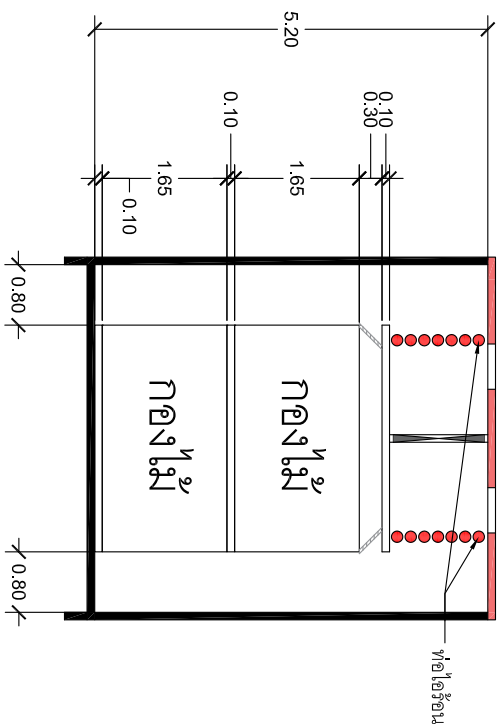


3. ปรับปุ่มเลือกอุณหภูมิบนหน้าปัดมิเตอร์ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิในขณะทำการวัด ดังรูป



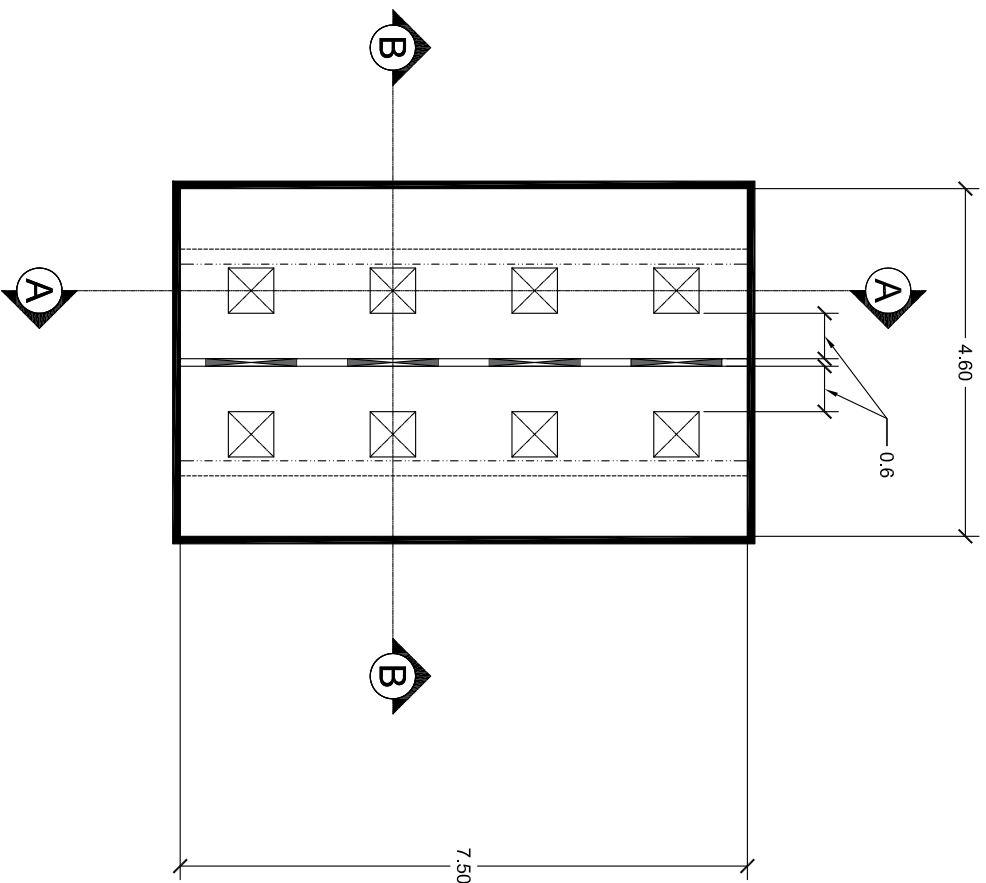
4. กดสวิตช์เปิดการทำงานของมิเตอร์ อ่านค่าความชื้นของไม้ที่วัดได้จากจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.4 กดสวิตช์ปิดการทำงานหลังจากอ่านและบันทึกค่าความชื้นเสร็จสิ้น





SECTION B B

SECTION A A



ឈ្មោះ : លោក

หมายเหตุ : แปลงหน่วยออกแบจากความรู้วิเคราะห์ผลของอากาศภายในเตาอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการรู้วิเคราะห์โครงสร้าง

PROJECT.		
เตาอบใหม่		
OWNER :		
LOCATION :		
ARCHITECTS :		
STRUCTURAL ENGINEERS :		
MECHANICAL ENGINEERS :		
SANITARY ENGINEERS :		
ISSUED / REVISION :		
NO.	DESCRIPTION	DATE.
DRAWING TITLE :		
SCALE :		
DATE : 25 / 01 / 2560		
DRAWING BY : Danyan Saton		
DRAWING NO. : 1/4		

PROJECT.
เตาอบไม้

OWNER :

LOCATION :

ARCHITECTS :

STRUCTURAL ENGINEERS :

ELECTRICAL ENGINEERS :

MECHANICAL ENGINEERS :

SANITARY ENGINEERS :

ISSUED / REVISION :

NO.	DESCRIPTION	DATE

DRAWING TITLE :

SCALE :	-
---------	---

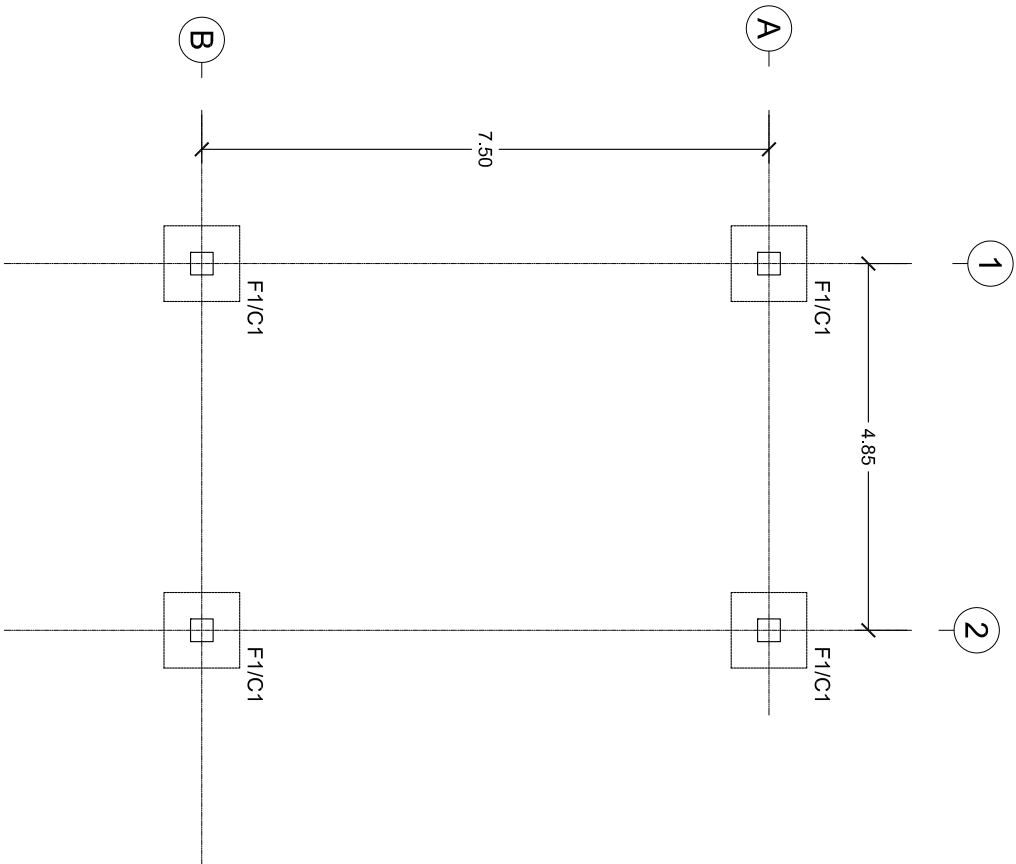
DATE : 25 / 01 / 2560

DRAWING BY : Danijan Saton

DRAWING No :

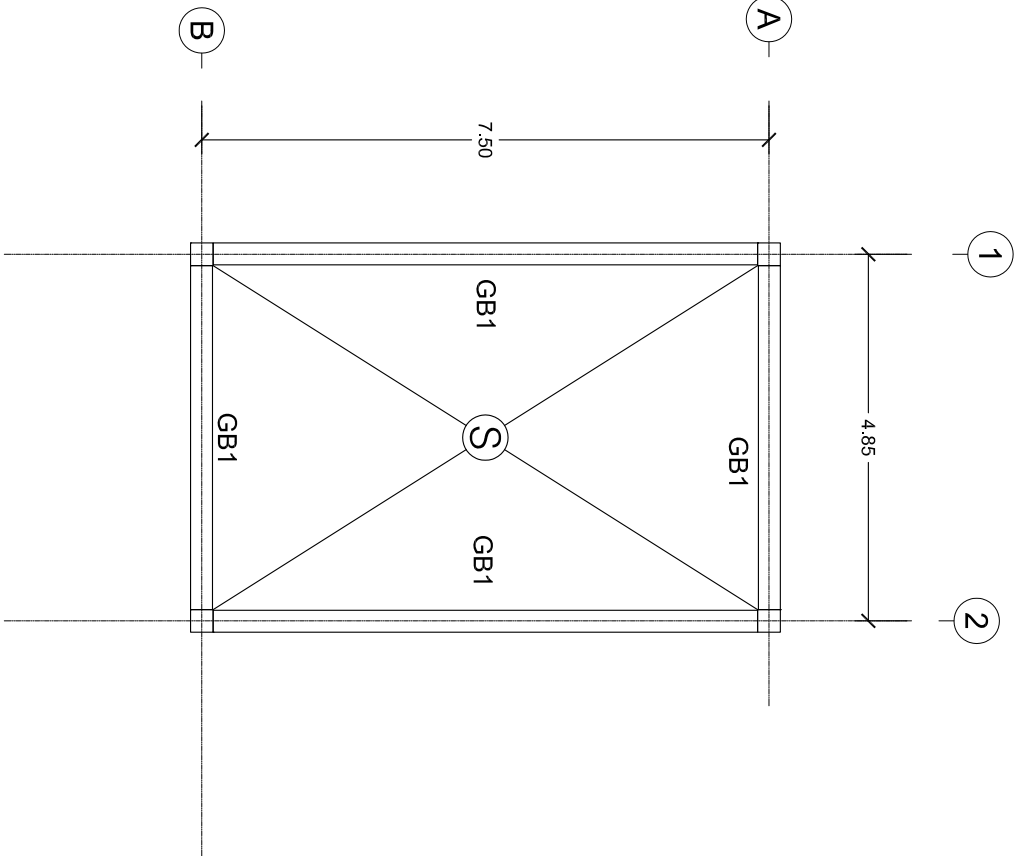
2/4

หมายเหตุ : แปลนนี้ออกแบบจากการวิเคราะห์สภาพในเตาอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไม่ผ่านการวิเคราะห์โครงสร้าง



พื้นฐานจากและเสาตอม่อ

หน่วย : เมตร



ผังคานคอดิน

หน่วย : เมตร

PROJECT.		
เตาอบไผ่		
OWNER :		
LOCATION :		
ARCHITECTS :		
STRUCTURAL ENGINEERS :		
ELECTRICAL ENGINEERS :		
MECHANICAL ENGINEERS :		
SANITARY ENGINEERS :		
ISSUED / REVISION :		
NO.	DESCRIPTION	DATE
DRAWING TITLE :		
SCALE :		
DATE : 25 / 01 / 2560		
DRAWING BY : Danijyan Saton		
DRAWING No : 3/4		
เมื่อร่างเสร็จแล้วให้แนบมาด้วยเอกสารการอนุมัติร่าง และหากมีข้อผิดพลาดหรือข้อสงสัยให้แจ้งผู้ร่างทราบทันที		

1

2

4.85

7.50

A

B

B1

B1

S

B1

1

2

4.85

7.50

A

B

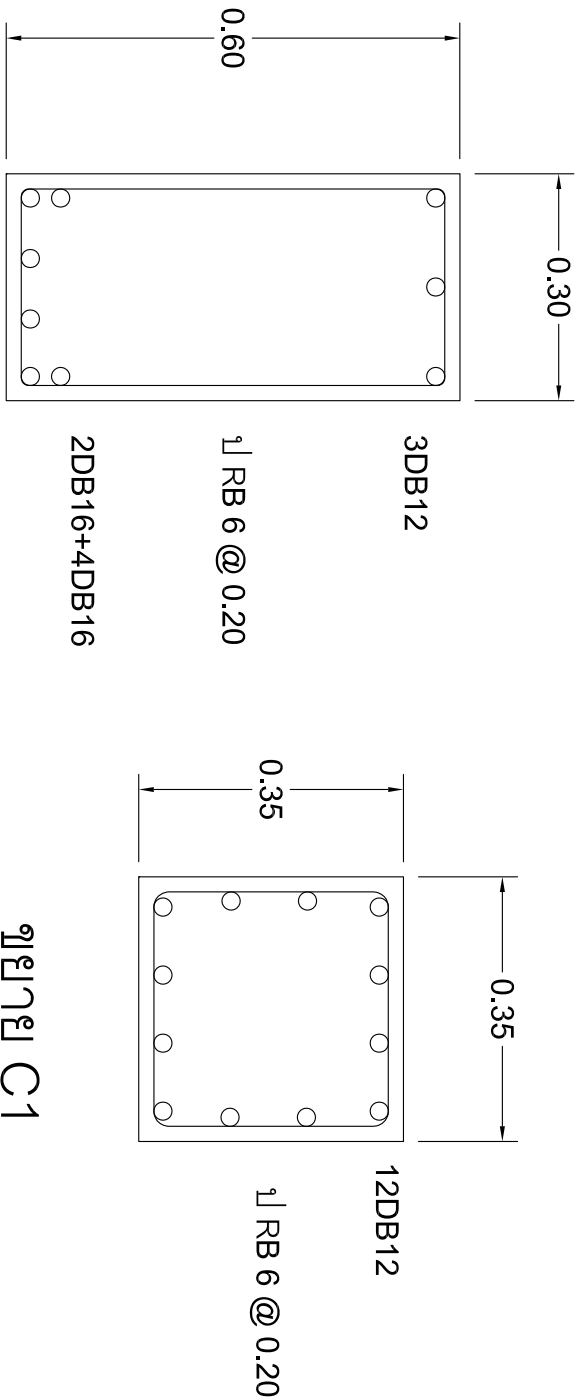
แผ่นฐานชั้น 2

หน่วย : เมตร

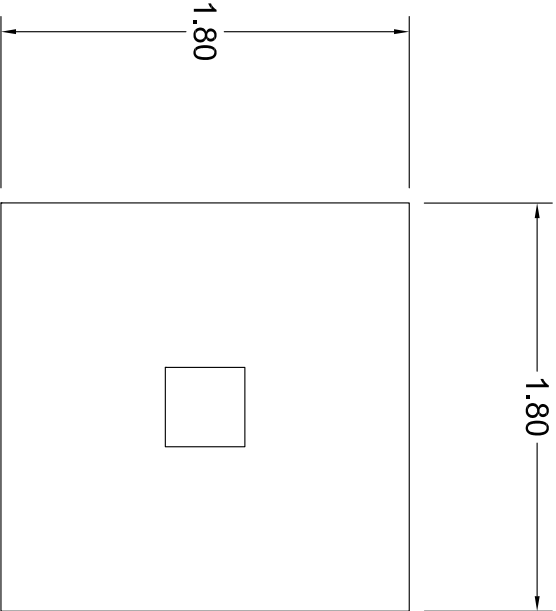
แปลนพื้น

หน่วย : เมตร

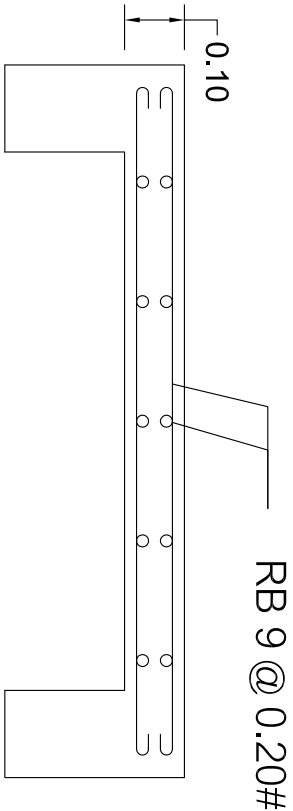
หมายเหตุ : แปลนนี้ออกแบบจากการวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในเตาอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไม่ผ่านการวิเคราะห์โครงสร้าง



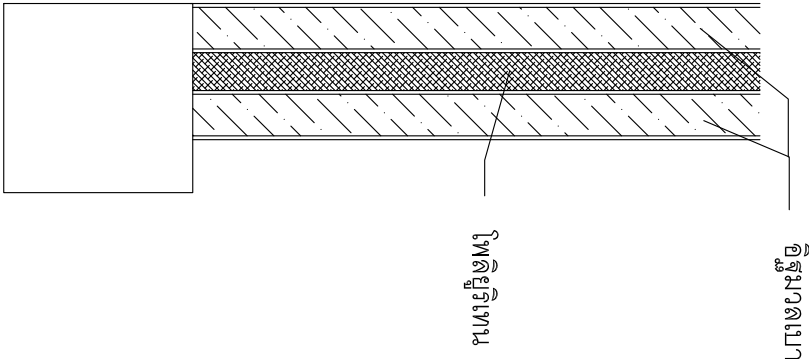
ขยายคาน GB1 / B1



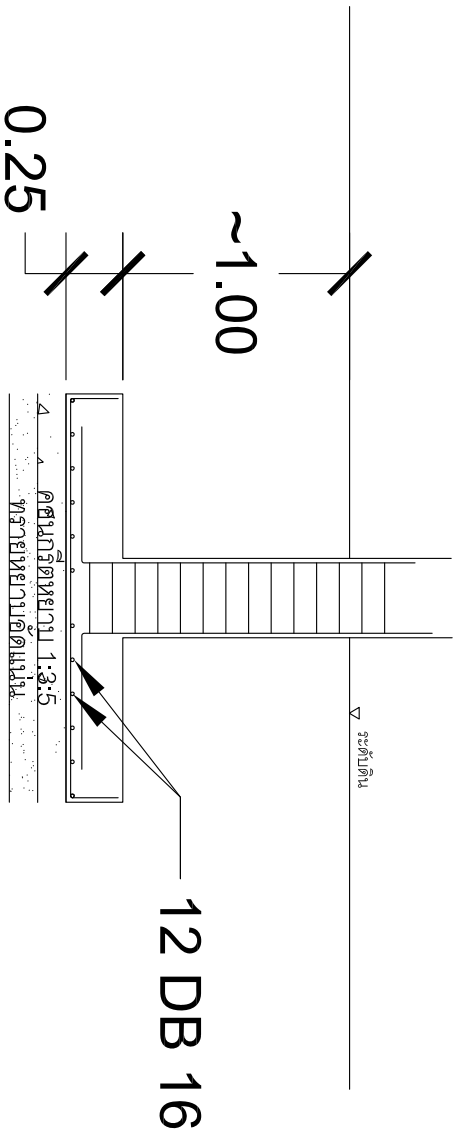
ขยาย C1



ขยายพ่น ๕



ขยายผนัง



ขยายฐานราก F1

หมายเหตุ : แปลนนี้ออกแบบจากการวิเคราะห์ภายใต้แรงลมตามข้อกำหนดของกรมโยธาธิการและผังเมือง

PROJECT.
เสาอป.สูง
OWNER :
LOCATION :
ARCHITECTS :
STRUCTURAL ENGINEERS :
ELECTRICAL ENGINEERS :
MECHANICAL ENGINEERS :
SANITARY ENGINEERS :
ISSUED / REVISION :
NO. DESCRIPTION DATE
DRAWING TITLE :
SCALE :
DATE : 25 / 01 / 2560
DRAWING BY : Danijian Saton
DRAWING No : 4/4

ผลกระทบของโครงการในภาพรวม

1. การฝึกอบรมวิชาการ

การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “เทคนิคการเลื่อยไม้ การอัดน้ำยาและการอบไม้ยางพาราจากผลงานวิจัย....สู่การใช้งานจริงในอุตสาหกรรม” ให้แก่ผู้ประกอบการและพนักงานบริษัทไม้ยางพาราแปรรูป วันที่ 13-14 ธันวาคม 2555 อาคารอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยีและพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จำนวน 70 คน



รูปที่ 1 พิธีเปิดการฝึกอบรมเทคนิคการเลื่อยไม้ การอัดน้ำยาและการอบไม้ยางพาราจากผลงานวิจัยสู่การใช้งานจริงในอุตสาหกรรม



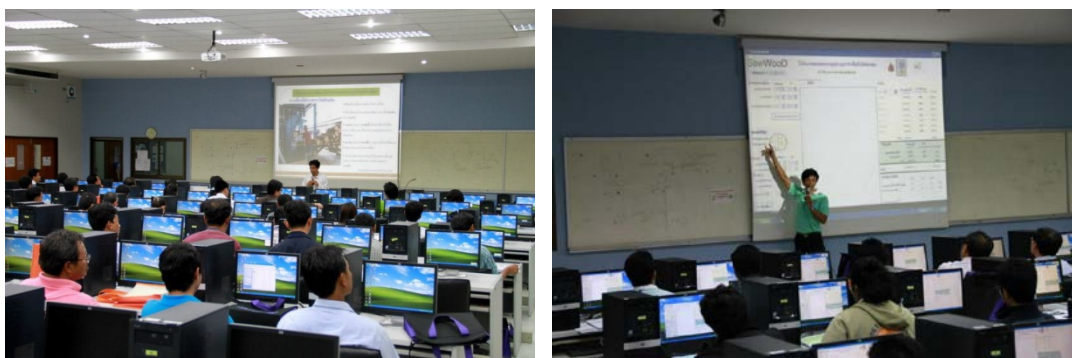
รูปที่ 2 การบรรยายเกี่ยวกับการอัดน้ำยาไม้ยางพารา



รูปที่ 3 การฝึกปฏิบัติการการควบคุมความเข้มข้นของน้ำยาโบรอนระหว่างรอบการอัดให้คงที่



รูปที่ 4 การบรรยายและปฏิบัติการเรื่องการอบไม้ยางพารา



รูปที่ 5 การบรรยายการเลื่อยไม้ยางพารา และการฝึกปฏิบัติการใช้ซอฟต์แวร์การออกแบบรูปแบบการเลื่อย



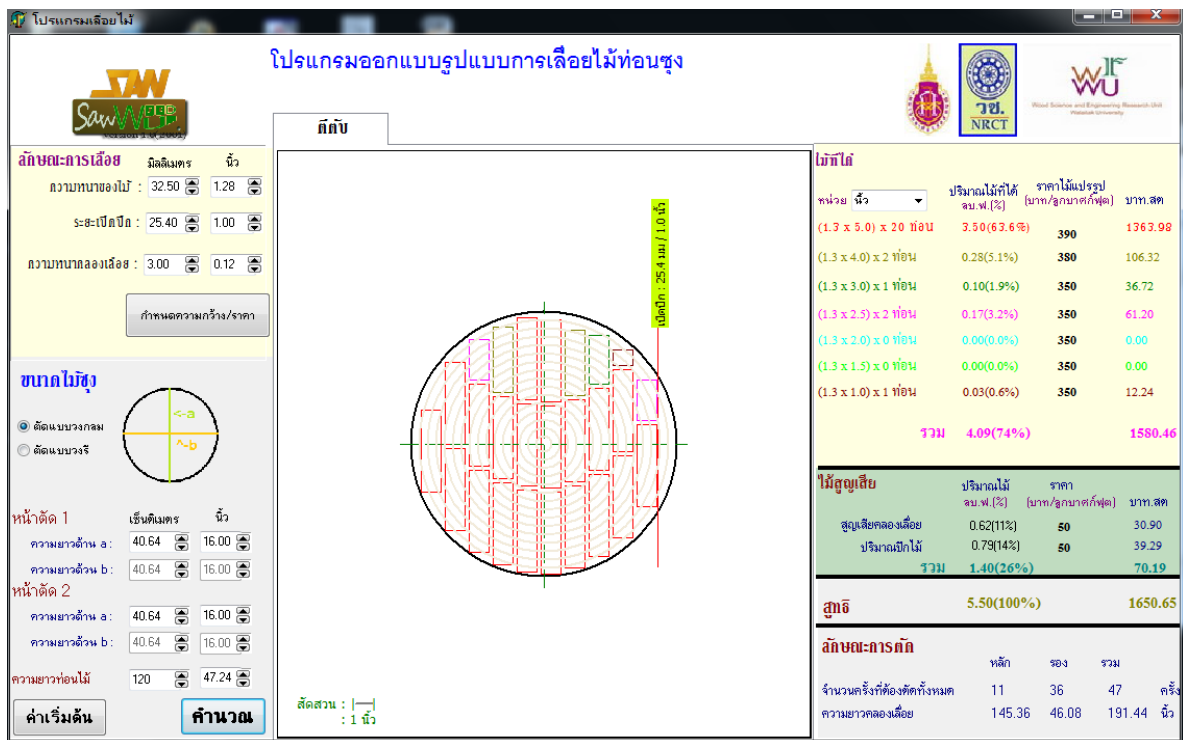
รูปที่ 6 การสาธิตระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้อย่างพารา



รูปที่ 7 การสาธิตการทำงานของระบบควบคุมการอบไม้อย่างพาราอัตโนมัติ

2. การบริการวิชาการให้กับโรงงานอุตสาหกรรม

กิจกรรม	จำนวนผู้รับบริการ (คน)
1. มอบโปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลี้ยงไม้ยางพารา SawWood พร้อมฝึกอบรมการใช้งานโปรแกรมในวันที่ 14 ธันวาคม 2555 อาคารอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี และพัฒนานวัตกรรม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา จำนวน 26 โรงงาน ดังต่อไปนี้ 1. บริษัท พุ่งหลวงวู้ดอินดัสตรีส์ จำกัด 2. บริษัท ไทนครพาราวู้ด จำกัด 3. บริษัท กระป๋วอินดัสตรีส์ จำกัด 4. บริษัท ชูศักดิ์ยูเนี่ยนพาราวู้ด จำกัด 5. บริษัท ชันพาราเทค จำกัด 6. บริษัท ทิพย์เมธา จำกัด 7. บริษัท บึงกาญจน์ พาราวู้ด จำกัด 8. บริษัท เมกก้าวู้ด จำกัด 9. บริษัท วู้ดเวอร์คยูไนเต็ต จำกัด 10. บริษัท วู้ดเวอร์คครีเอชั่น จำกัด 11. บริษัท วู้ดเวอร์คอิงสุธน จำกัด 12. บริษัท กรีนรีเวอร์วู้ด แอนด์ ลัมเบอร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด 13. บริษัท เฉินต้าวู้ด จำกัด 14. บริษัท ชูศักดิ์พระแสงพาราวู้ด จำกัด 15. บริษัท นครศรีพาราวู้ด จำกัด 16. บริษัท แพนซีวู้ดอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด 17. บริษัท วู้ดเวอร์ค บีพี จำกัด 18. บริษัท อันวาร์พาราวู้ด จำกัด 19. บริษัท บ้านส้องพาราวู้ด จำกัด 20. บริษัท แพนสุราษฎร์ จำกัด 21. บริษัท เรืองอุทัยสุราษฎร์ธานี(1991) จำกัด 22. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงเลื่อยสวนจันทร์ 23. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ส.ร่อนพิบูลย์พาราวู้ด 24. บริษัท เอเชีย แปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด 25. บริษัท พาราวีเนียร์ 2002 จำกัด 26. บริษัท อัลฟา วู้ด จำกัด	26 โรงงาน



รูปที่ 8 โปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อย SawWoodD



รูปที่ 9 การมอบโปรแกรมออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้แก่ผู้ประกอบการธุรกิจไม้ยางพารา โดยรองเลขาธิการ คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและเครือข่ายสังคม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์



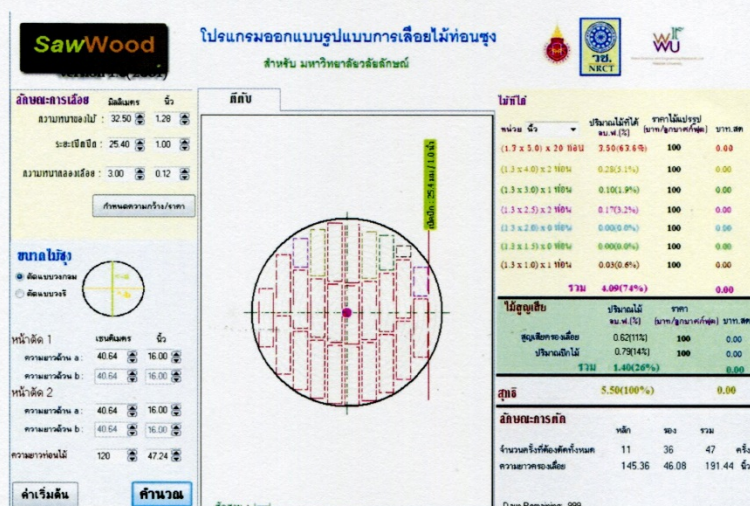
หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

โดยการสนับสนุนของ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ได้มอบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบรูปแบบการเลื่อยไม้ SawWood



ให้กับ

ทุ่งหลวงวิวัฒน์สตรีส์ จำกัด อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2555

พินิจ มาแทน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน)

หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

(คุณศุภวิทย์ นุกิจรังสรรค์)

ทุ่งหลวงวิวัฒน์สตรีส์ จำกัด

รูปที่ 10 ตัวอย่างใบรับรองจากบริษัทที่รับซอฟต์แวร์ไปใช้งาน

2. ติดตั้งระบบควบคุมความเข้มข้นของน้ำยาในกระบวนการอัดน้ำยาไม้ยางพารา ImPregWoodให้กับโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราจำนวน 14 โรงงาน ดังต่อไปนี้ 1. บริษัท ไทยนครพาราวู้ด จำกัด (11/07/2554) 2. บริษัท วู้ดเวอร์คยูไนเต็ต จำกัด (14/06/2555) 3. บริษัท วู้ดเวอร์คครีเอชั่น จำกัด (28/06/2555) 4. บริษัท เขมมหาชัยพาราวู้ด จำกัด (9/08/2555) 5. บริษัท เอเชีย แปซิฟิคพาราวู้ด จำกัด (24/04/2556) 6. บริษัท เฉินต้าวู้ด จำกัด (24/04/2556) 7. บริษัท ชูศักดิ์พระแสงพาราวู้ด จำกัด (24/04/2556) 8. บริษัท พุ่งหลวงวู้ดอินดัสตรีส์ จำกัด (24/04/2556) 9. บริษัท ชูศักดิ์ยูเนี่ยนพาราวู้ด จำกัด (11/06/2556) 10. บริษัท นครศรีพาราวู้ด จำกัด (24/06/2556) 11. บริษัท บางชัน พาราวู้ด อินดัสตรีส์ จำกัด (13/08/2556) 12. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ส.ร่อนพิบูลย์พาราวู้ด (20/08/2556) 13. บริษัท ไทยเนเจอร์รีซอส จำกัด (26/08/2556) 14. บริษัท อันวาร์พาราวู้ด จำกัด (18/09/2556)	14 โรงงาน
---	------------------

ตัวอย่างการให้บริการ

1. บริษัทชูศักดิ์พระแสงพาราวู้ด จำกัด 48 หมู่2 ตำบลสาकु อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84210 โดยกรรมการผู้จัดการ คุณวานิช พันธุ์พิพัฒน์ เป็นผู้รับมอบ เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556 จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 11 ระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับ บริษัทชูศักดิ์พระแสงพาราวู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน



Wood Science and Engineering Research Unit
Walailak University



หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

โดยการสนับสนุนของ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

๙ ได้มอบและติดตั้ง

ระบบควบคุมการอัดน้ำยาสำหรับโรงงานไม้อย่างพาราแปรรูป



ซึ่งประกอบด้วย

เครื่องวัดความถี่จำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา โซฟแวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี

และคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด ได้แก่ รุ่น IPW-SG-10-2013

ให้กับ

บริษัท ชูศักดิ์พระแสงพาราไวด์จำกัด อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556

พินิจ มาแกช.
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน)

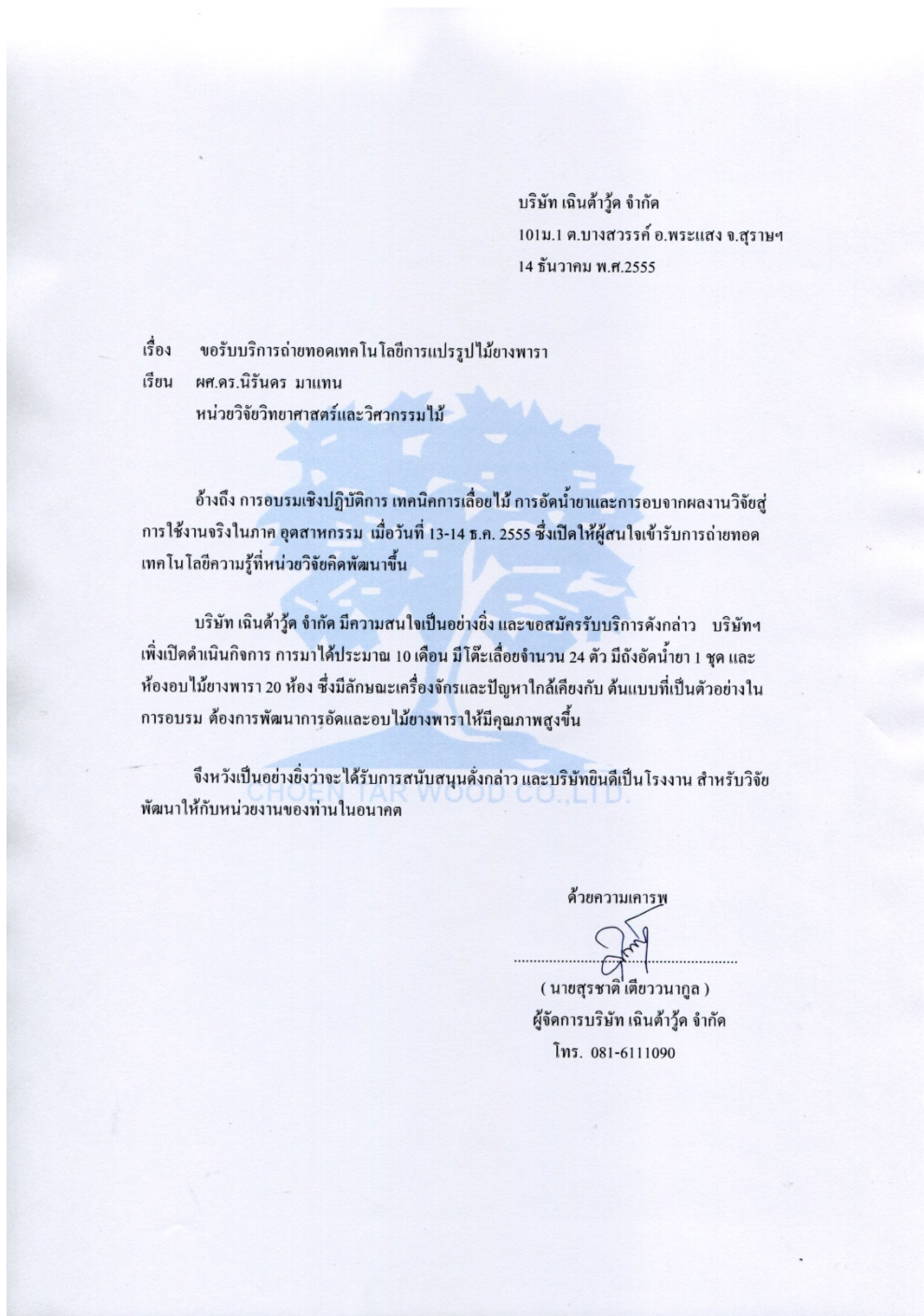
หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

พท 24 เมษายน 2556

บริษัท ชูศักดิ์พระแสงพาراجู๊ว จำกัด
林瑞銀 (คุณวิมล พันธุ์พัฒนา)
บริษัท ชูศักดิ์พระแสงพาراجู๊ว จำกัด
CHUENKASIT PRASANG PARAWOOD CO., LTD.

รูปที่ 12 หนังสือรับรองการส่งมอบชุดวัดความเข้มข้นของน้ำยาให้กับ
บริษัทหุศักดิ์พระแสงพาราวัฏ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2. บริษัท เงินด้าวู้ด จำกัด 101 หมู่ 1 ตำบลบางสวรรค์ อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกรรมการผู้จัดการ คุณสุรชาติ เตียววนากุล เป็นผู้รับมอบ เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556 จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 13 หนังสือขอความอนุเคราะห์ขอรับการติดตั้งระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับบริษัท เงินด้าวู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกรรมการผู้จัดการ คุณสุรชาติ เตียววนากุล

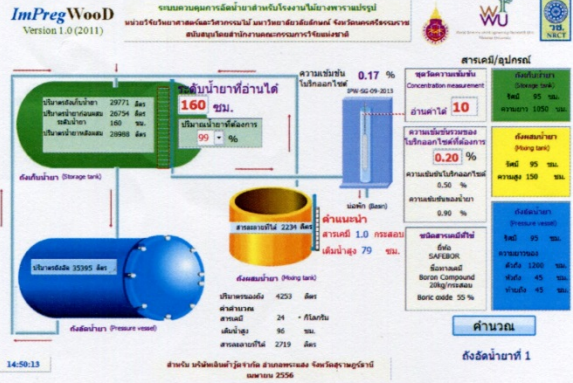


รูปที่ 14 การส่งมอบระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับ บริษัท เฉินต้าวู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน

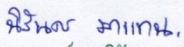




หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
โดยการสนับสนุนของ
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ได้มอบและติดตั้ง
ระบบควบคุมการอัดน้ำยาสำหรับโรงงานไม้อย่างพาราแปรรูป



ซึ่งประกอบด้วย
เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา โซฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี
และคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด ได้แก่ รุ่น IPW-SG-09-2013
ให้กับ
บริษัท เฉินต้าวู้ด จำกัด อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน)
หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์



(คุณ สุรชาติ เตียววานกุล)
บริษัท เฉินต้าวู้ด จำกัด



CHOEN TAR WOOD CO.,LTD.

รูปที่ 15 หนังสือรับรองการส่งมอบชุดวัดความเข้มข้นของน้ำยาให้กับ
บริษัทเฉินต้าวู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3. บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง โดยกรรมการผู้จัดการ
คุณชัชชม เหล่าฤทธิไกร เป็นผู้รับมอบ เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556 จำนวน 1 ชุด

ASIA PACIFIC PARAWOOD CO., LTD.
 26/1 Moo 5, Trang – Sikao Road , Tumbol Natohming, Amphur Maung,
 Trang 92000 Thailand Tel: 075- 278253 , 075- 278255 Fax : 075- 278254



ที่ HR003/2556

วันที่ 4 มกราคม 2556

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับวัดค่าความถ่วงจำเพาะ
และระบบควบคุมการอบไม้แบบอัดโนมิตี

เรียน ผศ.ดร.นิรันดร์ มาแทน

ตามที่ทางบริษัทเอเชีย แปซิฟิก พาราวู้ด จำกัด ได้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง เทคนิค
การเลื่อยไม้ การอัดน้ำยาและการอบไม้ยางพาราฯ เมื่อวันที่ 13-14 ธันวาคม 2555 ที่ผ่านมา ซึ่งในการ
อบรมดังกล่าวมีเครื่องมือที่สามารถใช้ในการพัฒนางานส่วนโรงงานได้เป็นอย่างดี จึงขอความ
อนุเคราะห์ จาก หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ ในการจัดส่งอุปกรณ์ให้กับทางบริษัทฯ
เพื่อให้สามารถใช้ในการทำงานจริง ซึ่งได้แก่

1. เครื่องวัดค่าความถ่วงจำเพาะ
2. เครื่องควบคุมการอบไม้แบบอัดโนมิตี

ทั้งนี้ ทางบริษัทฯ ขอขอบพระคุณทางหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ฯ ล่วงหน้า ที่ให้การสนับสนุน
อุปกรณ์ฯ ดังกล่าว เพื่อให้ทางบริษัทฯ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงในระบบการทำงานต่อไป

ขอแสดงความนับถือ



ลงชื่อ.....  (นายชัชชม เหล่าฤทธิไกร)

(นายชัชชม เหล่าฤทธิไกร)
กรรมการผู้จัดการ

รูปที่ 16 หนังสือขอความอนุเคราะห์ขอรับการติดตั้งระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราและระบบ
ควบคุมการอบสำหรับ บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง โดยกรรมการ
ผู้จัดการ คุณชัชชม เหล่าฤทธิไกร



รูปที่ 17 การส่งมอบระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้ยางพาราสำหรับ บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราว่าูด จำกัด อำเภอมะนัง จังหวัดตรัง ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน





Wood Science and Engineering Research Unit
Walailak University

หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

โดยการสนับสนุนของ

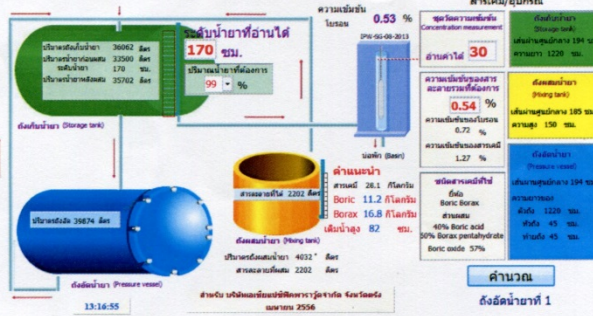
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ได้มอบและติดตั้ง

ระบบควบคุมการอัดน้ำยาสำหรับโรงงานไม้อย่างพาราแปรรูป







ซึ่งประกอบด้วย

เครื่องวัดความดันจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา โซฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณแผนซีดี และคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด ได้แก่ รุ่น IPW-SG-08-2013

ให้กับ

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556

ศิริพงษ์ งามเกษ

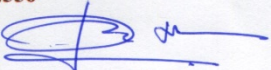
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ มาแทน)

หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมไม้

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์



ASIA PACIFIC PARAWOOD CO., LTD.



(คุณชัชชม เหล่าฤทธิ์ไกร)

บริษัทเอเชียแปซิฟิกพาราวู้ด จำกัด

รูปที่ 18 หนังสือรับรองการส่งมอบชุดวัดความเข้มข้นของน้ำยาให้กับ บริษัทเอเชียแปซิฟิกพารา วู้ด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

4. บริษัท พุ่งหลวงวูดอินดัสตรีส์ จำกัด อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกรรมการผู้จัดการ คุณ ศุภวิทย์ นุกิจรังสรรค์ เป็นผู้รับมอบ เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2556 จำนวน 1 ชุด



บริษัท พุ่งหลวงวูดอินดัสตรีส์ จำกัด
THUNG LUANG WOOD INDUSTRIES CO., LTD.
 199 หมู่ 8 ถ. บ้านสองพระแสง ต.พุ่งหลวง อ.เวียงสระ จ.สุราษฎร์ธานี 84190
 199 Moo 8, Bansong-Prasang RD., T.Thungluang, Weingsra, Suratani 84190
 Tel : (6677) 278400 Fax : (6677) 278498-9

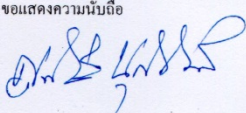
บริษัท พุ่งหลวงวูดอินดัสตรีส์ จำกัด
25 ธันวาคม 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะของสารละลายโบรอน ที่มีความเข้มข้นต่ำ
 เรือน ผศ.ดร. นฤมล มาแทน
 หัวหน้าฝ่ายจัดการอบรม มวล-วธ ศูนย์เทคโนโลยีไม้และไม้ประกอบมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม
 ไม้มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ตามที่ มวล-วธ ศูนย์เทคโนโลยีไม้และไม้ประกอบ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ได้จัดอบรมเรื่อง
 ปฏิบัติการ “เทคนิคการเลื่อยไม้ การอัดน้ำยา และการอบไม้อย่างพารา จากผลงานวิจัยสู่การใช้งานจริงใน
 อุตสาหกรรม” ซึ่งทางบริษัทฯ ได้ส่ง นาย ศุภวิทย์ นุกิจรังสรรค์ เข้าฝึกอบรมในครั้งนี้ด้วย ซึ่งความรู้ด้านต่าง ๆ ที่
 ได้รับจากการอบรมเป็นประโยชน์แก่โรงงานอุตสาหกรรมไม้อย่างพารา เพื่อนำไปปรับปรุงวิธีการผลิตเครื่องจักรกล
 ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพที่ดี นำไปสู่ขบวนการผลิตที่ดี ลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง
 และที่สำคัญคือสามารถลดภาวะมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีด้วย

ในการอบรมครั้งนี้ทางบริษัทฯ มีความประสงค์ที่จะขอความอนุเคราะห์เครื่องมือการตรวจสอบ
 ความเข้มข้นของสารละลายโบรอนที่มีความเข้มข้นต่ำ พร้อมทั้งกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ
 สารละลายโบรอนที่วัดได้จากเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะกับความเข้มข้นของสารละลายโบรอน (%) ที่วัดได้จากการ
 โดเครท จำนวน 1 ชุด พร้อมทั้งนี้ บริษัทฯ ได้จัดส่งรูปภาพและขนาดของถังอัดยา รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และมี
 รายละเอียดของขนาดถังอัดน้ำยา, ถังผสมน้ำยา, ถังเก็บน้ำยา พร้อมทั้งตัวยาที่ใช้

ทั้งนี้ บริษัทจะนำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในขบวนการผลิตไม้
 อย่างพารา รวมถึงวิธีการเลื่อยไม้และการอบไม้อย่างพาราที่ได้จากการอบรมในครั้งนี้ต่อไป ทางบริษัทหวังเป็นอย่างยิ่ง
 ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ในครั้งนี้ และจะนำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีต่อไปและทางบริษัท
 ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย และยินดีที่จะให้ความร่วมมือและสนับสนุน โครงการต่าง ๆ ของ
 หน่วยงานของท่าน



ขอแสดงความนับถือ

 (นายศุภวิทย์ นุกิจรังสรรค์)
 กรรมการผู้จัดการ
 บริษัท พุ่งหลวงวูดอินดัสตรีส์ จำกัด

รูปที่ 19 หนังสือขอความอนุเคราะห์ขอรับการติดตั้งระบบควบคุมการอัดน้ำยาไม้อย่างพาราและระบบ
 ควบคุมการอบสำหรับ บริษัท พุ่งหลวงวูดอินดัสตรีส์ จำกัด อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย
 กรรมการผู้จัดการ คุณศุภวิทย์ นุกิจรังสรรค์



รูปที่ 20 การส่งมอบระบบควบคุมการอัดน้ำยาไมยางพาราสำหรับ บริษัท ฟุ่งหลวงวู้ดอินดัสตรีส์ จำกัด อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะความละเอียดสูง ชุดหลอดแก้วสำหรับถ่ายเทน้ำยา ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณรวมแผ่นซีดี และคู่มือการใช้งาน

ตัวอย่างผลการใช้งานระบบควบคุมความเข้มข้นน้ำยาอัดไม้ (ImPregWooD)

บริษัท นครศรีพาราวัฑ จำกัด			
โรงงาน : 127/2 หมู่ 1 ต.อินคีรี อ.พรหมคีรี จ.นครศรีธรรมราช 80320 โทร 081 737766 แฟกซ์ 075765230			
โครงการการวัดค่าน้ำยาBORON ของไมยางพารา			
น้ำยา BORON (TIMBOR) ใช้สำหรับการอัดลงในไมยางพาราเพื่อป้องกันด้วงมอดและเชื้อราให้มีปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในเนื้อไม้			
อุปกรณ์	1 หลอดน้ำยาที่ใช้วัด ถ.พ.		
	2 ตัววัด ถ.พ. น้ำซึ่งวัดเป็น% ของความเข้มข้น		
	3 ฐานตั้ง		
ลำดับที่	รายละเอียด	ก่อนใช้งาน	หลังใช้งาน
1	ปริมาณของน้ำยา	จากการคำนวณและตัดปริมาณการใช้โดยไม่สามารถรู้ผลของความเข้มข้นในขณะปฏิบัติการได้	สามารถรู้ผลของความเข้มข้นได้ทุกขณะโดยดูจาก ถ.พ. ของน้ำยาที่ผสมแล้วซึ่งทำให้เกิดความพอดีของการใช้น้ำยาไม่มากหรือน้อยเกินไปของความต้องการ
2	ความใสของน้ำยา	ต้องดูจากการ drain จากปลายท่อซึ่งไม่สะดวก	ดูความขุ่นใสจากหลอดทดลองได้ทุกขณะทำให้การกรองของสารละลายมีความสะดวกยิ่งขึ้น ความสะอาดของสารละลายมีผลต่อความขาวของเนื้อไม้
3	ความยากง่ายของการคำนวณการใช้สารเคมี	เป็นการใช้สารเคมีที่ตายตัว	มีกราฟแปลงค่า ถ.พ. เป็น % ความเข้มข้นสามารถซึ่งปริมาณสารเคมีได้ง่ายทำให้ไม่เกิดการสับสน
นายเจษฎา อังวิทยาธร			
บริษัท นครศรีพาราวัฑ จำกัด			
6/9/2556			

3. ติดตั้งระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ DryWood ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราจำนวน 7 โรงงาน ดังต่อไปนี้ 1. บริษัท ไทยนครพาราว่าด จำกัด (01/09/2555) 2. บริษัท ชุศักดิ์ยูเนี่ยนพาราว่าด จำกัด (19/06/2556) 3. <u>บริษัท นครศรีพาราว่าด จำกัด (25/06/2556) (ขยายการใช้งานทั้งโรงงาน)</u> 4. บริษัท บางชัน พาราว่าด อินดัสตรี จำกัด (14/08/2556) 5. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ส.ร่อนพิบูลย์พาราว่าด (21/08/2556) 6. บริษัท ไทยเนเจอร์รีซอส จำกัด (27/08/2556) 7. <u>บริษัท เอเชีย แปซิฟิคพาราว่าด จำกัด (05/09/2558) (ขยายการใช้งานทั้งโรงงาน)</u>	7 โรงงาน
--	----------

บริษัทนครศรีพาราว่าด จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช



บริษัทกำลังใช้งานระบบควบคุมการอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ 1 ระบบ
จำนวน 6 เต้าป และขณะนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงเต้าป
เพิ่มอีก 4 เต้าป (เข้าติดตั้ง 3 พฤศจิกายน 2559)
กำลังปรับปรุงจนครบ 16 เต้าปทั้งหมดของโรงงาน

DryWood จำนวน 4 unit สำหรับ 40 เต้าป
บริษัทเอเชียแปซิฟิคพาราว่าดจำกัด จังหวัดตรัง



ตัวอย่างผลการใช้งานระบบควบคุมการอบไม้อัดโน้มนิตี (DryWoodD)

บริษัท นครศรีพาราวัต จำกัด			
โรงงาน : 127/2 หมู่ 1 ต.อินคีรี อ.พรหมคีรี จ.นครศรีธรรมราช 80320 โทร 081 737766 แฟกซ์ 075765230			
โครงการการติดตั้ง program การอบไม้ ยางพารา โดยการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์			
โดยคุณอาจารย์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช โดย อาจารย์ นิรันดร์ มาแทนกับคณะ			
ร่วมกับบริษัท นครศรีพาราวัต จำกัด			
โครงการเริ่มต้น 15 กรกฎาคม 2556 - 10 กันยายน 2556			
การติดตั้งอุปกรณ์ ของมหาวิทยาลัย			
1 ตัวควบคุมระบบไฟฟ้าและ sensor Dry bulb 2 ชุด Wet bulb 1 ชุด ติดตั้งที่หน้าเตาอบ			
2 ตัวควบคุม ระบบสั่งงาน ติดตั้งที่ห้องควบคุมระบบไฟฟ้า			
3 ตัวรับส่งสัญญาณหน้าห้องควบคุมไฟฟ้าไปยัง เตาอบ และรับส่งสัญญาณจากห้องควบคุมไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์ ใน office			
4 Software DryWoodD ของ มหาวิทยาลัย ควบคุมการสั่งงาน			
5 สายส่งสัญญาณ จากตัวควบคุมหน้าเตาอบมายัง ห้องควบคุมที่ห้องควบคุมไฟฟ้า			
การติดตั้งของบริษัท นครศรีพาราวัต จำกัด			
1 computer 1 ชุด ติดตั้งที่ office			
2 ชุด solinoid valve 1 นิ้ว ควบคุม ระบบการ spray ใอน้ำ			
3 ชุด แผง valve จ่ายไอน้ำเข้า coil เตาอบ			
4 motor valve 1 1/2 ควบคุมการจ่ายไอน้ำ			
5 ปีกกันลม ข่าย ขว้าง บังคับทิศทางลมจากพัดลม			
6 ตัววัดระดับน้ำ Wet bulb			
ลำดับที่	รายละเอียด	ก่อนใช้	หลังใช้
1	ความเสถียรของสีไม้	สีขาวยังไม่สม่ำเสมอทั้งแผ่นไม้และไม้ทั้งก้อนบนและล่าง	สีขาวนวลสม่ำเสมอทั้งแผ่นไม้และก้อนไม้ บนล่าง หน้า หลัง
2	ความชื้นของแผ่นไม้	ความชื้นในแต่ละแผ่นทั่วๆไปแตกต่างกัน 3-4 เปอร์เซ็นต์	ความชื้นสม่ำเสมอในแต่ละแผ่นและไม้ทั้งเตาความชื้นสม่ำเสมอ
3	การโค้งงอของไม้	ไม้มีความโค้งงอเปอร์เซ็นต์ สูง 5-6 %	การโค้งงอลดลงเหลือ ประมาณ 1 %
4	การแตกของไม้แผ่น	แตกประมาณ 2-3 %	การแตกลดลงไม่ถึง 1 %
5	การตั้งค่าจาก computer	ไม่มี computer ใช้ระบบ manual อาศัยความชำนาญและขยันของคนงานซึ่งบางครั้งผิดพลาดและบกพร่องเป็นประจำในการหรี valve ปิด เปิด การจ่ายไอน้ำ	สามารถควบคุมการสั่งงานในระบบ computer ได้เลย เป็น automatic สั่งควบคุมการจ่ายไอน้ำ การ spray การปิดเปิดปล่อย ทำให้ลดการผิดพลาดจาก human error ได้มาก
6	การดูประเมินผล	ดูจากบันทึกของคนงาน ซึ่งจริงบ้างไม่จริงบ้างคลาดเคลื่อน	สามารถดูใบบันทึกของการอบในตลอดเวลาที่ทำการอบและสามารถดูย้อนหลังได้ทั้งที่อบในปัจจุบันและอดีต
7	inprocess control	ดูแลยากโดยเฉพาะเมื่อมีหลายเตาต้องเดินขึ้นๆลงๆ ตลอดเวลา	ง่ายต่อการควบคุมแม้ว่าในอนาคตจะมีการเพิ่มเติมเตาอบมากขึ้นก็ตามปัจจุบันระบบสามารถตั้งควบคุมได้ทั้ง 20 เตาอบ
8	การติดตามความเสียหายของอุปกรณ์ในเตาอบ	ใบพัดหักลูกปืนมอเตอร์เสียหรือความเสียหายที่อยู่ในเตาอบเป็นการยากมากที่จะดูแลทันทั่วๆไปต้องเสียเวลาไปหลายชั่วโมงหรือจากการคิดสังเกตจากเสียงหรือสายพานหลุด	สามารถดูแลในระบบ computer ได้เพราะจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ Dry bulb ข่ายขวา และ การขึ้นลงของอุณหภูมิจะคิดสังเกตซึ่งสามารถรู้ถึงปัญหาแก้ไขได้ทันทีทั้งที่หากว่าคนงานใส่ไม้ที่ไม่สม่ำเสมอได้จากการพอลิเมอร์ซึ่งจะ
9	การติดตามการทำงานของคณงานการใส่ไม้เข้า boiler	ดูได้จากใบบันทึกของคนงานซึ่งจริงบ้างไม่จริงบ้าง	จะแสดงความผิดปกติของอุณหภูมิขึ้นที่ไอน้ำใช้จ่ายเท่าที่อุณหภูมิที่ควบคุมไว้ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไอน้ำหรือเชื้อเพลิงประหยัดมากขึ้น
10	การประหยัดไอน้ำ	ไอน้ำต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาการทำงานทำให้สิ้นเปลืองไอน้ำหรือเชื้อเพลิงและอุปกรณ์ต่างๆในห้องอบจะสึกหรอเร็ว	
นาย เจษฎา สังกัวิทยธร			
บริษัท นครศรีพาราวัต จำกัด			
6/9/2556			

แบบฟอร์มการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการแบบรูปแบบการเลี้ยง ระบบควบคุมการอัดน้ำยา ระบบควบคุมการอบและเตาอบไม้ต้นแบบสำหรับการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปใน โรงงานอุตสาหกรรม (โครงการต่อเนื่องระยะที่ 4)

การนำไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงาน/บุคคลได้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทางด้านใด

() เชิงวิชาการ

.....

() เชิงสาธารณะ (มีการพัฒนาสังคม/ ชุมชน/ ท้องถิ่น)

.....

() เชิงนโยบาย

.....

(/) เชิงพาณิชย์

การอัดน้ำยาไม้ : ได้มีการพัฒนาเครื่องวัด ถ.พ. โดยใช้หลอดแก้วที่
มหาวิทยาลัยประดิษฐ์ขึ้นขยายscale ให้กว้างขึ้นทำให้สามารถดู
ความเข้มข้นของน้ำยาboron ที่ใช้ในการอัดน้ำยาได้ถูกต้องสะดวก
กับผู้ใช้มากและสำคัญปริมาณความเข้มข้นของน้ำยาคงที่ทำให้
ปริมาณสาร boron ในเนื้อไม้ในแต่ละ lot. ที่ออกไปมีความแน่นอน
การอบไม้

1) ความก้าวหน้าในระบบควบคุมการอบไม้ มาลงที่ระบบ

คอมพิวเตอร์ได้ในแต่ละเตาโดยระบบ auto ไม่ต้องไปเปิดปิด

ระบบที่หน้าห้องอบไม้โดยสามารถควบคุม

- 1.1 อุณหภูมิ ทั้งซ้ายและขวาของทิศทางลมโดยสามารถดูตัวเลข
ได้โดยสามารถทราบผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันหมายถึงการ
ระเหยของน้ำในเนื้อไม้ที่ลดลงและเมื่อความแตกต่างไม่ถึง 1
หมายถึงความชื้นในเนื้อไม้ไม่เกิน 10 %
- 1.2 ความชื้นของห้องอบไม้ที่ลดลงเป็นระยะจนถึงระดับหนึ่งที่ไม่
ลดลงไปมากก็หมายถึงความคงที่ของความชื้นในเนื้อไม้ด้วยที่
ไม่เกิน 10 %
- 1.3 การควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไม้ที่ใช้ระบบไอน้ำเป็น
ระบบindirect ในการให้ความร้อนกับการลดความชื้นในเนื้อ
ไม้ เป็นระบบที่ควบคุมได้ทำให้ลดการสูญเสีย จากการโกงของ
ไม้ทั้งด้านข้าง ด้านบนล่าง ลงได้จาก 3-4 % ลดลงมาไม่ถึง 1
%
- 1.4 การวัดความดันของหม้อต้มไอน้ำ boiler ทำให้ทราบถึงการ
เปลี่ยนแปลงของ boilerทุกขณะว่าเป็นอย่างไร ว่าประสิทธิภาพ
ของคณงานในการป้อนไม้พืนเข้า boiler ในระยะเวลาไหนที่มี
ความตั้งใจในการใส่ไม้พืนหรือไม้โดยดูได้จากความดันไอน้ำ
ของ boiler นอกจากนี้จะทำให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพ
ของ boilerว่าเป็นอย่างไร ที่สำคัญทำให้ทราบถึงภัยอันตราย
ของระบบน้ำถ้าเกิดการแห้งหรือเกิดขัดข้องทำให้ pressure

เปลี่ยนไปจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาด้านที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ

- 1.5 การควบคุมความเปิดโล่งความชื้นในห้องอบ ทำโดยระบบauto ซึ่งสะดวกมากไม่ต้องใช้คนงานทำ ระบบ manual ทำให้ประสิทธิภาพในการอบไม่ดียิ่งขึ้น

2.) ความก้าวหน้าในการใช้ระบบ graphic เป็นตัวแสดงผลและประเมินผลทำให้ได้รับรู้ทุกระยะของการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เริ่มอบจนสุดท้ายของการอบว่ามีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นบ้างจากข้อ 1.) ซึ่งทำให้มีข้อสรุปและการประเมินผลของการอบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการทำงานเกิดอะไรขึ้นปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ทันเวลา ไม่ต้องมีเหตุการณ์สูญเสียเกิดขึ้นก่อนและมาแก้ไขภายหลัง เป็น in process assurance

3.) ความก้าวหน้าของการควบคุมในระยะไกลได้โดยใช้ระบบ internet เป็น real time ซึ่งสามารถติดตามการทำงานและสั่งงานได้ทุกระยะไม่ว่าจะอยู่ห่างไกลจากโรงงาน

2. โปรดระบุถึงหลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์ (พร้อมแนบหลักฐานประกอบ)
ผลประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยมาสู่ภาคอุตสาหกรรม

- 1) การใช้พลังงานไฟฟ้าลดน้อยลง เนื่องจากการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการอบไม้ ควบคุม ทำให้เกิดความเสถียรของระบบ จากการอบไม้เมื่อก่อนนี้ใช้เวลาในการอบไม้ 5-7 วัน ลดมาเป็น 3 วันครึ่งโดยดูได้จากบิลค่าไฟฟ้าที่ลดลง จาก 8 แสนกว่าบาท มาเป็น 5แสนกว่าบาทในรอบเดือนโดยปริมาณการอบไม้ใกล้เคียงกัน
- 2) ลดการสูญเสียไม้ที่ทำให้เกิดการโค้ง ซ้าย ขวา บนล่างได้ 2-3 % คิดเป็นเงินในแต่ละเดือน ประมาณ 2 แสนบาท
- 3) คุณภาพไม้ที่ได้หลังจากอบไม้มีสีสดในขึ้นขาวขึ้นเป็นที่พอใจของลูกค้าทำให้ขายง่ายขึ้นและได้ราคาดี
- 4) ลดปัญหาจากการใช้คนงานในการควบคุมระบบโดยเฉพาะในรอบดึกและสามารถประเมินประสิทธิภาพของคนงานในการป้อนเชื้อเพลิงได้
- 5) ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรหรือการชำรุดของเครื่องจักร ทั้ง boiler ที่ดู pressure graph หรือการชำรุดของใบพัดลมในห้องอบไม้หรือมอเตอร์ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดผิดปกติโดยดูได้จาก เส้น graph อุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำให้สามารถแก้ไขได้ทันที่ก่อนเกิดความเสียหายขึ้น

ความพึงพอใจและการวิจัยต่อไป

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมในเรื่องนี้ให้ประโยชน์ให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมได้มากทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายลดการสูญเสียและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นทั้งสามารถจัดการควบคุม

ระบบเป็นไปอย่างราบรื่นและง่ายขึ้นไม่ต้องกังวลต่อประสิทธิภาพ
ของคนงานมากนัก
ระยะต่อไปของงานวิจัย

- 1) การup scale ของการอบไม้ให้ใช้ได้หลายๆห้องอบไม้ในการควบคุมระบบ ในภาพหน้าจอดีเหมือนกัน
- 2) การแสดงผลให้เกิดความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้นในหลายห้องอบ
- 3) การควบคุมการวัดค่าความชื้นในเนื้อไม้จริงที่เสนอให้วิจัยจัดทำในระยะต่อไปแทนที่การดูค่าจากอุณหภูมิหรือค่าความชื้นในห้องอบไม้เปรียบเทียบ

ผู้ให้ข้อมูล



(นาย เจษฎา อังวิทยาธร)

กรรมการผู้จัดการ บ.นครศรีพาราวัต จำกัด

วันที่ให้ข้อมูล 24 กรกฎาคม 2558



ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มีนาคม 2557
ของบริษัทรศพรพาราวู้ดจำกัด (ก่อนปรับปรุง)



หนังสือแจ้งค่าไฟฟ้า

844001725566

3+31 = 34 วัน

เลขที่ มท5305.87/844001725566

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครศรีธรรมราช

เรื่อง แจ้งค่าไฟฟ้า

วันที่ 02 เดือน เมษายน พ.ศ. 2557

เรียน ท่านผู้ใช้ไฟฟ้า บริษัทนครศรีพาราวู้ด จำกัด

21 มี.ค. - 31 มี.ค.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขอแจ้งค่าไฟฟ้าประจำเดือน 03/2557 ตามรายละเอียดดังนี้

รหัสผู้ใช้ไฟฟ้า	หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า	รหัสเครื่องวัด	ประเภทอัตรา	แรงดัน	ชนิด	วันที่อ่านหน่วย
K01101	9815 020009243134	23047748	3224	22-33 KV	1200	31/03/2557

	เลขอ่านครั้งหลัง	เลขอ่านครั้งก่อน	มิเตอร์ / หน่วย / กิโลวัตต์	จำนวนเงิน (บาท)	
หลังไฟฟ้าสูงสุด (มิเตอร์วัด)	P 23.318	22.948	444.00	18,776.00	ค่า F: ระบบผลิต (บาท/หน่วย) 0.5900
	OP 21.800	21.422	453.60	323348.53	ค่า F: ระบบส่ง (บาท/หน่วย) 0.0000
	H 22.080	21.716	436.80	245975.04	ค่า F: ระบบจำหน่าย (บาท/หน่วย) 0.0000
				57024.00	รวมค่า F: (บาท/หน่วย) 0.5900
				50,916.00	หน่วยที่คิดค่า F: (หน่วย) 200916.00
				187876.00	รวมจำนวนเงินค่า F: (บาท) 118540.44
พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	P 3477.530	3404.300	187876.00	323348.53	
	OP 2294.540	2247.860	56016.00	245975.04	
	H 2530.860	2483.340	57024.00	245975.04	
			50,916.00	18,776.00	
				18,776.00	
ค่าบริการ	312.24 บาท	ได้กับการลดหนี้	0.00 บาท	312.24	
				634368.73	
กิโลวัตต์	12.454	12.227	272.40		

	ระบบผลิต (บาท)	ระบบส่ง (บาท)	ระบบจำหน่าย (บาท)
ค่าพลังงานไฟฟ้า	506887.67	62435.90	64732.92
ค่า F	118540.44		



020009243134140300000008056128120

รวมเงินที่ต้องชำระ: แปดแสนห้าพันหกร้อยสิบสองบาทแปดสิบเอ็ดสตางค์

โปรดชำระเงินภายในวันที่ 21 เม.ย. 2557

หมายเหตุ โปรดชำระเงินที่สำนักงานการไฟฟ้าเท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดชำระเงินภายในวันที่กำหนดต่อไปด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

ได้รับหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าแล้วเมื่อวันที่

(ลงชื่อ)

(ลงชื่อ) ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือตัวแทน

(ลงชื่อ)

(.....)

(.....)

โทร.

ตำแหน่ง

กส. 119-7.49

081-62761031 ที่ 1000
081-6651228

ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มิถุนายน 2558
ของบริษัทรศพรพาราวู้ดจำกัด (หลังปรับปรุง)



000002476943

หนังสือแจ้งค่าไฟฟ้า

เลขที่ มท5310.18/000002476943

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา

เรื่อง แจ้งค่าไฟฟ้า

วันที่ 01 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2558

เรียน ท่านผู้ใช้ไฟฟ้า บริษัท รศพรพาราวู้ด จำกัด

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขอแจ้งค่าไฟฟ้าประจำเดือน 06/2558 ตามรายละเอียดดังนี้

รหัสการไฟฟ้า	หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า	รหัสเครื่องวัด	ประเภทอัตรา	แรงดัน	มิเตอร์	วันที่อ่านหน่วย
K01101	9815 020009243134	23047748	3224	22-33 KV	1200	30/06/2558

รหัสการไฟฟ้า	ประเภทอัตรา	ค่าไฟฟ้า		จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
		ค่าไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า		
พลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)	P	28.564	28.245	382.80	50885.60
	OP	26.691	26.400	349.20	
	H	27.196	26.870	391.20	
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	P	4244.720	4199.200	54624.00	200994.47
	OP	2744.210	2716.620	33108.00	155862.53
	H	3065.940	3033.840	38520.00	
ค่าบริการ		312.24 บาท	ได้รับส่วนลด	0.00 บาท	312.24
รวมเงินค่าไฟฟ้า					408054.84
ภาษีมูลค่าเพิ่ม		15.590	15.415	210.00	
รวมเงินที่ต้องชำระ					503636.65

ระบบผลิต (บาท)	ระบบส่ง (บาท)	ระบบจำหน่าย (บาท)
ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด		50885.60
ค่าพลังงานไฟฟ้า	318046.65	38810.35
ค่าบริการ	62633.62	



020009243134150600000005036366510

รวมเงินที่ต้องชำระ หักส่วนลดสามพันหกร้อยสามสิบหกบาทหกสิบห้าสตางค์

โปรดชำระเงินภายในวันที่ 20 ก.ค. 2558

หมายเหตุ โปรดชำระเงินที่สำนักงานการไฟฟ้าเท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดชำระเงินภายในวันที่กำหนดต่อไปด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

ได้รับหนังสือแจ้งค่าไฟฟ้าแล้วเมื่อวันที่

(ลงชื่อ) ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือตัวแทน

(.....)

โทร.

(ลงชื่อ) (นายรณชาติ สาสนานนท์)

(.....) หัวหน้าแผนกบัญชีและประมวลผล

ตำแหน่ง ปฏิบัติงานแผนกผู้จัดการการไฟฟ้าจังหวัดนครราชสีมา