



# โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้ เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

โดย นายสุธี วิสุทธิเทพกุล และคณะ

มิถุนายน 2546

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เชื้อสายพาน  
แปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

### คณะผู้วิจัย

1. นายสุธี วิสุทธิเทพกุล หัวหน้าโครงการ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้  
กรมป่าไม้
2. นายวรวิทย์ สุนทรบุระ นักวิจัย สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
3. ผศ. ไพโรจน์ ศิริรัตน์ นักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4. นายสันต์ แสงกุล ที่ปรึกษาโครงการ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ชุดโครงการวิจัย “การพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา” สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุน  
สนับสนุนการวิจัย (สกว)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนและสร้างนักวิจัยให้มีความเชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมไม้ยางพารา โดยเฉพาะการแปรรูปไม้ที่ไม่ได้อยู่ในความสนใจของผู้ประกอบการมากนัก

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทสยามทิมเบอร์แมชชีนเนอรี จำกัด ที่ได้กระตุ้นให้เกิดการวิจัยเกี่ยวกับเลื่อยสายพานและเป็นผู้ร่วมสนับสนุนทุนวิจัยให้โครงการนี้สามารถดำเนินการได้ตามหลักเกณฑ์การสนับสนุนทุนวิจัยของสกว.ฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) ที่ต้องมีเอกชนมาร่วมสนับสนุนทุนวิจัย นอกจากนี้ บริษัท สยามทิมเบอร์แมชชีนเนอรี จำกัด ยังให้ความช่วยเหลือขึ้นรูปต้นตกแต่งใบเลื่อยและจัดส่ง ให้ถึงสถานที่ทดลอง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด ที่ได้อนุญาตให้สถานที่โต๊ะเลื่อยพนักงานเลื่อย และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จนทำให้ผลการทดลองการแปรรูปไม้ยางพาราสำเร็จได้ด้วยดี

และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และโรงเลื่อยต่าง ๆ ที่ได้อนุญาตให้บุคลากร และให้เยี่ยมชมกิจการมา ณ ที่นี้ด้วย

ความสำเร็จที่แท้จริงของโครงการนี้ คือ ผู้ประกอบการโรงเลื่อยไม้ยางพารา ภาครัฐและสถานที่ศึกษา ที่ได้นำผลงานวิจัยนี้ไปใช้เพื่อปรับปรุงให้การแปรรูปไม้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

## คำนำ

สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาการแปรรูปไม้ ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปไม้ที่เป็นต้นน้ำกระบวนการหนึ่งของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา จึงสนับสนุนให้กรมป่าไม้ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำวิจัยเรื่อง การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ดีลดการใช้พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ และเพื่อพัฒนาบุคลากร ด้านการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแปรรูปไม้ และทักษะพิจารณารูปแบบการแปรรูปไม้ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

ผลงานวิจัยนี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และพนักงานในโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั่วประเทศ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยสายพาน ให้ได้ไม้แปรรูปและมีคุณภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ อันนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

## บทสรุปผู้บริหาร

### Executive summary

โครงการ การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพารา ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ

#### 1. การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา

สำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา จำนวน 12 โรง ภาคตะวันออก 6 โรง คือ จังหวัด จันทบุรี และระยอง จังหวัดละ 3 โรง ภาคใต้ 6 โรง จังหวัดยะลา ตรัง จังหวัดละ 3 โรง และโรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด โดยการสำรวจมีรายละเอียดแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- ข้อมูลทั่วไป เกี่ยวกับการดำเนินการแปรรูปไม้ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน รวมทั้งข้อคิดเห็นอื่น ๆ โดยบันทึกข้อมูล สัมภาษณ์เจ้าของหรือผู้จัดการโรงเลื่อย
- ข้อมูลเฉพาะ สำหรับรายละเอียดอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อยสายพานการบำรุงรักษา (Maintenance) ลักษณะฟันของใบเลื่อย (Tooth profile) การลับตบแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring) และรายละเอียดอื่น ๆ เกี่ยวกับการแปรรูปไม้ (Sawing pattern)

ผลการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา

ข้อมูลทั่วไป :-

##### 1.1 ลักษณะทั่วไปของโรงเลื่อยไม้ยางพารา

โรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ใช้แรงงานคนเป็นหลัก การแปรรูปไม้เป็นการจ้างเหมา โดยแต่ละชุดใช้คนประมาณ 5-7 คน ได้รับค่าจ้างเหมาเฉลี่ย 11-12 บาทต่อลูกบาศก์ฟุต เลื่อยไม้แปรรูปได้ 190-120 ลูกบาศก์ฟุต/วัน ไม้ยางพาราแปรรูปจะผ่านขบวนการอัดน้ำยาไม้และอบไม้ก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์หรือจำหน่ายเป็นไม้แปรรูป โรงเลื่อยไม้ยางพาราภาคตะวันออกมีกำลังการผลิตไม้แปรรูปต่อปีประมาณ 2,500-8,500 ลูกบาศก์เมตร/โรง ส่วนทางภาคใต้มีกำลังการผลิตประมาณ 6,000-27,000 ลูกบาศก์เมตร/โรง เจ้าของกิจการของโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้ง 2 ภาคไม่ให้ความสนใจในการปรับปรุงเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยให้มีสภาพดีเท่าที่ควร เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่ยืนยันเกี่ยวกับผลผลิตที่จะได้สูงขึ้นจากการปรับปรุงใบเลื่อยและเครื่องเลื่อย

##### 1.2 ลักษณะและขนาดไม้ท่อนยางพารา

ภาคตะวันออก ไม้ท่อนยางพาราที่เขี้ยว 1.30 เมตร จังหวัดระยอง ไม้ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 - 36 ซม. เฉลี่ย 21.0 ซม. ส่วนจังหวัดจันทบุรี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 - 45.5 ซม. เฉลี่ย 22.8 ซม. ลักษณะของไม้ท่อนโคนมีขนาดใหญ่ โคนทรงตาล คือ มีขนาดความโตของด้านหัวท้ายแตกต่างกันมากและมีตำหนิจากรอยกริดยาง

ภาคใต้ ไผ่ท่อนยาวพาราที่ใช้ยาว 1.0-1.30 เมตร จังหวัดตรัง ไผ่ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-45.9 ซม. เฉลี่ย 27 ซม. จังหวัดยะลามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-70 ซม. เฉลี่ย 25.9 ซม. ลักษณะรูปทรงเหมือนทางภาคตะวันออก โดยเฉลี่ยภาคใต้จะมีขนาดไผ่ท่อนใหญ่กว่าทางภาคตะวันออก ไม่มีการคัดขนาดของไผ่ท่อนก่อนเข้าเลื่อยเหมือนภาคตะวันออก

#### ข้อมูลเฉพาะ:-

##### 1. เครื่องเลื่อยสายพาน

ภาคตะวันออก เครื่องเลื่อยสายพานมีจำนวน ตั้งแต่ 9-15 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง วงล้อ 3-3 1/2 ฟุต ส่วนมากนิยมใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เครื่องเลื่อยสายพาน ใช้กำลังมอเตอร์ 20-30 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,450-1,460 รอบ/นาที ความเร็วเพลาชับ 498-543 รอบ/นาที การป้อนไม้เข้าเลื่อยใช้แรงงานคน ระบบการตั้งความตึง (Strain) ของใบเลื่อยใช้แบบต้อนน้ำหนัก ไม่มีระบบหล่อลื่น มีระบบดูดขี้เลื่อย

ภาคใต้ เครื่องเลื่อยสายพานมีจำนวน ตั้งแต่ 17-60 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง วงล้อ 2 2/3 -3 1/2 ฟุต ที่นิยมใช้มาก ขนาด 3 1/2 ฟุต ใช้กำลังมอเตอร์ 15-25 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,436-1,480 รอบ/นาที ความเร็วเพลาชับ 462-614 รอบ/นาที การป้อนไม้เข้าเลื่อย ระบบการตั้ง ความตึงใบเลื่อยเช่นเดียวกับภาคตะวันออก

##### 2. การแปรรูปไม้ยางพารา

รูปแบบการแปรรูปไม้ยางออกเป็น 2 แบบ คือ ภาคตะวันออก เลื่อยแบบผ่าครึ่งโต๊ะ แล้วซอยให้ได้ขนาดความกว้าง แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 และ โต๊ะ 3 ส่วนภาคใต้จะทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองแรกแล้วพลิกคว่ำหน้าไม้ลง ซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการแล้วส่งให้โต๊ะ 2 เพื่อซอยเก็บด้านข้างของไม้แปรรูป

##### 2.1 อัตราการแปรรูปไม้ (Recovery)

เปอร์เซ็นต์การแปรรูปไม้ทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ไม่แตกต่างกัน คือ ได้ไม้แปรรูปเกรด A เฉลี่ย 7-9 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ต้น หากคิดรวมเกรดจะได้ไม้แปรรูปเฉลี่ย 10-11 ลบ.ฟุต/ต้น และเมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ไม้แปรรูปโดยปริมาตรเทียบน้ำหนักไม้ท่อน 1 ต้น มีปริมาตร 1.30 ลบ.เมตร (45.91 ลบ.ฟุต) จะได้อัตราการแปรรูปไม้ เกรด A 15-20% และรวมเกรดได้ 22-24%

##### 2.2 ขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

ขนาดของไม้ยางพาราแปรรูปสำหรับใช้ทำเครื่องเรือนของภาคตะวันออกและภาคใต้ มีความหนา 1-2 นิ้ว ขนาดความหนา 1 นิ้ว ใช้มากที่สุด ความกว้างที่นิยมเลื่อยขนาด 3-4 นิ้ว มีการเลื่อยเผื่อขนาดความหนา 1/4 นิ้ว และเผื่อความกว้าง 1/8 นิ้ว บางโรงเลื่อยมีโต๊ะซอยไม้สำหรับเลื่อยไม้ ความหนา 1/2-3/4 นิ้ว เพื่อใช้ประโยชน์ด้านประดิษฐ์กรรมอื่น ๆ ด้วย ผลการสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดขนาดของไม้ยางพาราแปรรูป ปรากฏว่า ทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ขนาดไม้ยางพาราที่แปรรูปได้มีขนาดความหนาและความกว้างสูงกว่าขนาดไม้ที่ต้องการ

### 3. การลับและตกแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring)

ห้องลับและตกแต่งใบเลื่อยทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด พื้นห้องส่วนมากเป็นพื้นคอนกรีตบางแห่งพื้นชำรุดไม่ได้รับการซ่อมแซม สภาพห้องไม่สะอาด แสงสว่างในการทำงานไม่เพียงพอ อากาศถ่ายเทไม่ดี ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของช่างแต่งเลื่อย โดยเฉพาะด้านความเที่ยงตรงของมุมฟันเลื่อย (Tooth angles) ขนาดคลองเลื่อย (Kerf) การนวดใบเลื่อย (Tensioning)

### 4. การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยและใบเลื่อย

การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อย ค่อนข้างน้อยมากหากไม่เกิดอาการชำรุดหรือทำงานไม่ได้ การซ่อมบำรุงมีน้อยมาก ระบบการดูแลรักษาและฝุ่นภายในโรงเลื่อยยังไม่มีประสิทธิภาพ มีชีเลื่อยสะสมภายในได้ เครื่องเลื่อยเป็นจำนวนมากทำให้ชีเลื่อยบางส่วนเข้าติดภายในมู่เล่ขณะแปรรูป จากการสำรวจพบว่าใบเลื่อยสายพานหลายใบ หลังจากลับคมแล้วยังมีร่องรอยของยางไม้ติดอยู่ที่ใบเลื่อย ซึ่งจะมีผลทำให้ไม่สามารถเห็นรอยแตกบนใบเลื่อยเป็นอันตรายมากถ้านำใบเลื่อยนี้ไปใช้งาน

### 5. คุณภาพช่างและผู้ปฏิบัติงาน

ช่างช่างแปรรูปไม้หรือนายม้า (Head sawyer) ที่มีประสบการณ์ ส่วนมากจะเป็นการเลื่อนชั้นจากผู้รับไม้ (หางม้า) ขึ้นมาแทน สำหรับช่างตกแต่งใบเลื่อย (Saw doctor) ส่วนมากความชำนาญเกิดจากการบอกเล่าของช่างคนก่อนหรือเป็นลูกมือต่อ ๆ กันมา การปฏิบัติงานเชิงวิทยาการในการบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยมีน้อยมาก

### 6. ปีกไม้และเศษไม้

ปีกไม้และเศษไม้ที่เหลือจากการแปรรูป ส่วนมากถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบไม้ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle board) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiber board) โรงเลื่อยบางแห่งนำปีกไม้ส่วนที่เหลือมาเลื่อยเป็นไม้ขนาดเล็กใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ของเด็กเล่น

### 7. พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา

จากผลการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพาราภาคตะวันออกจำนวน 5 โรง ความหนาของไม้แปรรูปที่เลื่อย 0.5-10 นิ้ว และภาคใต้ จำนวน 7 โรง ความหนาของไม้แปรรูปที่เลื่อย 0.5-12 นิ้ว พลังงานที่ใช้เป็นดังนี้

ก) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (KW) ขณะเลื่อยจะแปรผันโดยตรงตามความหนาและความกว้างของไม้ที่ใช้เลื่อย

ข) มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 15-30 แรงม้า

ค) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องแปรรูปอยู่ระหว่าง 2.57-9.40 KW

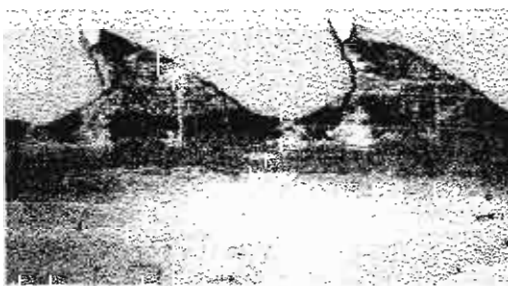
## 2. ศึกษาเครื่องเลื่อยและการพัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

### 2.1 แผนการดำเนินงาน/วิธีการทดลอง

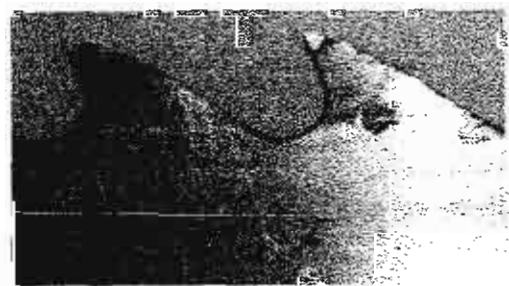
2.1.1 ออกแบบรูปฟันเลื่อย 3 รูปแบบ สำหรับใช้กับโต๊ะผ่าและโต๊ะซอย โดย การปรับปรุงและพัฒนาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา และทดลองการแปรรูปไม้ ยางพาราโดยมีองค์ประกอบฟันเลื่อยตามตาราง

| ข้อมูลจำเพาะ                                        | ใบเลื่อยเดิม<br>แบบที่ 4 | ใบเลื่อย<br>แบบที่ 1 | ใบเลื่อย<br>แบบที่ 2 | ใบเลื่อย<br>แบบที่ 3 |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ความหนาใบเลื่อย (Blade thickness) มม.               | 1.24                     | -                    | -                    | -                    |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf) มม.                           | 2.18                     | 2.52                 | 2.31                 | 2.52                 |
| คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance) มม.               | 0.47                     | 0.64                 | 0.53                 | 0.64                 |
| ความกว้างใบเลื่อย (Blade width) นิ้ว                | 5                        | 6                    | $5\frac{1}{2}$       | $6\frac{1}{2}$       |
| ระยะห่างระหว่างฟัน (Pitch) มม.                      | โต๊ะ 1 35                | -                    | -                    | -                    |
|                                                     | โต๊ะ 2 35                | -                    | -                    | -                    |
| พื้นที่ท้องฟันเลื่อย (Gullet area) มม. <sup>2</sup> | 200                      | 240                  | 260                  | 200                  |
| ความสูงฟัน (Height or Depth) มม.                    | 10                       | 12                   | 13                   | 10                   |
| ความหนาซี่เลื่อย (Tooth bite) มม.                   | 0.62                     | -                    | -                    | -                    |
| มุมหลังคม (Clearance angle) องศา                    | 9                        | 12                   | 14                   | 14                   |
| มุมฟัน (Tooth angle) องศา                           | 53                       | 52                   | 49                   | 50                   |
| มุมหน้าคม (Hook angle) องศา                         | 28                       | 26                   | 27                   | 26                   |

### รูปใบเลื่อยทั้ง 3 แบบและแบบใบเลื่อยเดิม



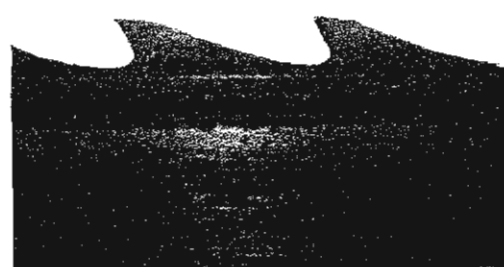
แบบที่ 1



แบบที่ 2



แบบที่ 3



แบบที่ 4

2.1.2 วิจัยแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้ไม้เนื้ออ่อนสายพาน 2 ไม้ วางแผนการวิจัยแบบสปลิต-พล็อต ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 300 ท่อน มีขนาดไม้ท่อน (Size) เป็นปัจจัยหลักและวิธีการแปรรูป (Method) เป็นปัจจัยรอง แบ่งออกเป็น 4 บล็อก แต่ละบล็อกใช้ไม้ 75 ท่อน ทำการวิจัยแปรรูป 4 ครั้ง โดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 1, 2, 3 และใบเลื่อยเดิม(แบบที่ 4) ในแต่ละบล็อกตามลำดับ การแปรรูปในแต่ละครั้งหรือแต่ละบล็อกใช้ไม้ 75 ท่อน มีไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 15 ท่อน และใช้วิธีการแปรรูป 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half cut) โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของขนาดไม้ท่อนและวิธีการแปรรูปที่มีต่อผลผลิตหรืออัตราการแปรรูปไม้และความสัมพันธ์กันของแต่ละปัจจัย
- ศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ ของรูปแบบฟันเลื่อยแบบที่ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบกับรูปแบบฟันเลื่อยเดิม (แบบที่ 4)
- ตรวจวัดขนาดและคุณภาพของไม้แปรรูป

## 2.2 ผลการวิจัย

2.2.1 รูปแบบการแปรรูปไม้ทั้ง 3 แบบให้ผลผลิตไม้แตกต่างกันทางสถิติโดยอัตราการแปรรูปไม้แบบเลื่อยตะได้ 39.32% แบบตีปอน 38.3% และแบบแบ่งครึ่งได้ 37.08% ขนาดของไม้ท่อนให้อัตราการแปรรูปไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่ม คือ ขนาดไม้ท่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้ 33.62-34.64% เฉลี่ย 34.13% และขนาดไม้ 8-10 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้ 40.02 - 42.68% เฉลี่ย 41% สูงกว่าขนาด 6-7 นิ้ว ประมาณ 7% ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดไม้ท่อนกับวิธีการแปรรูปมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้เฉพาะขนาดไม้ท่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้วเท่านั้น คือ การใช้วิธีแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปมากที่สุด 38.92% สูงกว่าแบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่ง 32.40 และ 29.56% ตามลำดับ ส่วนไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว การแปรรูปเลื่อยทั้ง 3 แบบ ไม้แปรรูปที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อัตราการแปรรูปไม้รวมทุกขนาดและทุกวิธีการแปรรูปเฉลี่ย 38.26%

### 2.2.2 การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

โดยพิจารณาจาก Sw - ค่าความเบี่ยงเบนภายในแผ่นไม้

Sb - ค่าความเบี่ยงเบนขนาดของกลุ่มไม้

ค่า  $Sw > Sb$  แสดงว่าใบเลื่อย เครื่องเลื่อย และการป้อนไม้ไม่เที่ยงตรง

$Sb > Sw$  แสดงว่าการเลื่อยไม้ไม่มั่นคงและขนาดที่ตั้งไม้ปกติ

ผลการตรวจวัดขนาดความหนาของไม้แปรรูป โดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 1, 2, 3 และ 4 (เดิม) พบว่าขนาดของไม้แปรรูปมีความแปรปรวน เมื่อเทียบภายในแผ่นเดียวกัน (Sw) และต่างแผ่นในแต่ละกลุ่ม (Sb)

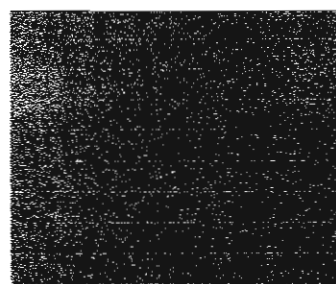
ขนาดความหนาของไม้แปรรูปที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. มีทั้งมากกว่าและน้อยกว่าขนาดที่ต้องการคือ 2.90 ซม. ส่วนคุณภาพของไม้แปรรูปมีผิวหน้าไม้สม่ำเสมอ เนื่องมาจากการสั่นพัวของใบเลื่อย คลองเลื่อยที่คัดฟันเลื่อยสองข้างไม่เท่ากัน การตั้งเครื่องเลื่อย การบำรุงรักษาฟันเลื่อยและใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร

2.2.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบฟันเลื่อย ความหนาของไม้ที่เข้าเลื่อย และความเร็วในการป้อนไม้ ผลจากการวิจัยรูปแบบฟันเลื่อยมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด พบว่าใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 1, 3 และ 4 โดยใบเลื่อยแบบ 4 ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างใบเลื่อยแบบที่ 2 กับใบเลื่อยแบบที่ 4 โดยการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 นิ้ว และ 10 นิ้ว พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบที่ 4 เท่ากับ 11.9% และ 26.7% ตามลำดับ โดยมีความเร็วในการป้อนไม้อยู่ระหว่าง 26-31 เมตรต่อนาที และผลการวิจัยแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 ทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half cut) ใช้ไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว จำนวนอย่างละ 5 ท่อน ปรากฏว่า การแปรรูปทั้งสามวิธีใช้พลังงานไฟฟ้าไม่แตกต่างกันมากมีดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า 25-30 kWh/m<sup>3</sup>

2.2.4 คุณภาพผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้ พบว่าการบำรุงรักษาใบเลื่อยถูกวิธี โดยมีขนาดคลองเลื่อยเท่ากันทุกฟันเลื่อยระยะห่างของฟันเลื่อยเหมาะสม (กรณีศึกษาการแปรรูปใช้ระยะห่างฟันเลื่อย 35 มม) ผิวหน้าไม้ไม่ให้ความเรียบใกล้เคียงกัน เนื่องจากใบเลื่อยแบบที่ 4 ขนาดคลองเลื่อยกว้าง ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดเป็นริ้วที่ผิวหน้าไม้ อีกสาเหตุหนึ่ง คือ การสั่นพัวของใบเลื่อย ขณะเลื่อยจะทำให้ผิวหน้าไม้ไม่เรียบ เนื่องจากขณะแปรรูปไม้ท่อนไม้หนึ่ง เพราะไม่มีอุปกรณ์ยึดท่อนไม้ทำให้ไม้ขยับตัวได้



ผิวหน้าไม้ที่ได้จากการบำรุงรักษาถูกต้องและขนาดคลองซ้ายขวาสม่ำเสมอและคม



ผิวหน้าไม้ที่ได้จากการคัดคลองซ้ายขวาสม่ำเสมอและคม

2.2.5 การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรของไม้ท่อนยาวพารา จากการสุ่มตัวอย่างขนาดไม้ท่อน จำนวน 125 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ขนาดละ 25 ท่อน ได้ผลดังนี้ คือ น้ำหนักของไม้ท่อน 1 ต้น มีปริมาตรเท่ากับ 0.948 ลูกบาศก์เมตร หรือปริมาตรของไม้ท่อน(รวมเปลือก) 1 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนัก เท่ากับ 1,054.34 กก. ที่ความชื้นไม้เฉลี่ย 67.66%

### 3. สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขในกิจกรรมโรงเลื่อย

3.1 การออกแบบพื้นเลื่อย กรรมวิธีในการทำพื้นเลื่อยขึ้นมาใหม่เป็นการแต่งลูกเบี้ยวที่หินเจียรนัย เพื่อลบใบเลื่อยให้มีรูปทรงเหมือนที่ได้ออกแบบ ดังนั้น หินเจียรนัย ไม่สามารถคงรูปทรงเหมือนเดิมได้ตลอด การปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้หินเจียรนัยหลายแผ่นเพื่อปรับให้รูปทรงของหินเจียรนัยสม่ำเสมอ และได้รูปทรงของพื้นเลื่อยเท่ากันตลอดปิ่น ดังนั้นในการปฏิบัติงานจริงของโรงเลื่อย ควรมีที่ป้อนพื้นเลื่อยตรงตามลักษณะของลูกเบี้ยวเครื่องลับพื้นเลื่อย จะทำให้สามารถลดการสึกหรอของหินเจียรนัย และรักษาคุณภาพของเนื้อหลักใบเลื่อยให้คงสภาพเดิม เพราะการเจียรนัยหลาย ๆ รอบเกินความจำเป็น ทำให้ใบเลื่อยเกิดความร้อนมีผลต่อความแข็งแรงของใบเลื่อยบริเวณพื้นเลื่อย และทำให้เปราะได้ง่าย

3.2 การพิจารณาออกแบบพื้นเลื่อยในกรณีอื่น ๆ ควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ของการปฏิบัติงานของช่างตกแต่งใบเลื่อย ความพร้อมของเครื่องมือในการทำและลับคมพื้นเลื่อย การลองผิดถูกโดยไม่คำนึงถึงหลักวิชาการจะทำให้เกิดอันตรายจากการใช้งาน เนื่องจากออกแบบพื้นเลื่อยผิดพลาด ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาให้ถ่องแท้ประกอบการออกแบบพื้นเลื่อยและเกี่ยวข้องกับเครื่องเลื่อยสายพานโดยตรง

3.3 กิจกรรมต่าง ๆ ในโรงเลื่อย มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันบ้างในเรื่องความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานหลัก การบริหารจัดการภายในโรงเลื่อยมีส่วนทำให้การเคลื่อนตัวของไม้ท่อนดำเนินไปอย่างมีระบบก่อนจะได้ไม้แปรรูปที่มีคุณภาพ

### 4. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

รูปทรงพื้นเลื่อยที่ได้พิจารณาออกแบบทั้ง 3 รูปแบบ เห็นได้ว่า รูปแบบพื้นเลื่อยที่ 2 (ลักษณะ S shape) เป็นรูปแบบที่ให้ผลผลิตและการดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามรูปแบบทั้ง 3 นี้ สามารถนำไปใช้งานในการแปรรูปไม้ได้เป็นอย่างดี หากมีการบำรุงรักษาและออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องเลื่อยสายพานที่จะนำไปใช้งาน กล่าวได้ว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันการศึกษากรมปวไม้ สมาคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ไม้ หากจัดบุคลากรที่มีประสิทธิภาพภายในองค์กรต่าง ๆ นำมาสัมมนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อจัดทำแนวทางถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านนี้สู่ผู้ประกอบการหรือบุคคลที่สนใจนำไปประกอบอาชีพด้านการตกแต่งใบเลื่อย กรณีเครื่องเลื่อยสายพานสำหรับใช้แปรรูปไม้ยาวพาราท่อน หากมีการพัฒนาที่จับท่อนไม้ให้ตรึงอยู่กับที่ขณะแปรรูป ที่ตั้งขนาดกว้าง, หนาอัตโนมัติ จะทำให้ได้ขนาดและผิวหน้าไม้ดีขึ้น ปัจจุบันตัวจับไม้ท่อนและที่ตั้งขนาดไม้แปรรูปใช้มือนายมาบังคับ บางครั้งบนโต๊ะเลื่อยมีเศษไม้อยู่ทำให้ท่อนไม้สะดุดหรือเคลื่อนตัวได้ เห็นควรมีการพัฒนาเครื่องเลื่อยสายพานควบคู่ไปกับการพัฒนาบุคลากรด้านการตกแต่ง ใบเลื่อยและสร้างบุคลากรด้านการแปรรูปไม้ (นายมา) ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นพร้อมกันไป

## บทคัดย่อ

การวิจัยปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยออกแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ไม้แปรรูปที่ลดการใช้พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ ผลการวิจัยสรุปได้คือ ก) การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งสองภาคระบบการแปรรูปคล้ายคลึงกันเครื่องเลื่อย 2-3 เครื่องต่อหนึ่งชุด ขนาดมู่เล่ 3 1/2 ฟุต ใบเลื่อยกว้าง 5-6 นิ้ว แบบฟันเลื่อย N-shape โดยภาคตะวันออกแปรรูปแบบผ่าครึ่ง(half-cut)และภาคใต้แบบเลื่อยตะและตีปอนผสมผสานกัน ข) การแปรรูปไม้แบบ สปลิท-ฟลอต พบว่า การแปรรูปทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ได้อัตราการแปรรูปไม้ 39.32% 38.39% และ 37.08% (เฉลี่ย 38.26%) แบบการแปรรูปไม้มีผลต่อไม้แปรรูป แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม้ท่อนมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ กลุ่มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 นิ้ว ได้อัตราการแปรรูปไม้ ประมาณ 33.63-34.69% (เฉลี่ย 34.16%) และกลุ่มไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-10 นิ้ว ประมาณ 40.02-42.68% (เฉลี่ย 41.00 %) มากกว่าอัตราการแปรรูปไม้ของกลุ่มแรกอยู่ 7% ค) การตรวจวัดความหนาไม้แปรรูปที่ได้ โดยใช้ค่าความเบี่ยงเบนของแผ่นไม้ (Sw) และของกลุ่มไม้ (Sb) เป็นตัวชี้วัด พบว่าความหนาของไม้แปรรูปมีความแปรปรวน และแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. (ขนาดที่ต้องการ คือ 2.90 ซม.) แสดงว่าเครื่องเลื่อย ใบเลื่อย และการป้อนไม้เข้าแปรรูปไม่เที่ยงตรง ผิวหน้าไม้แปรรูปจากการแปรรูปด้วยใบเลื่อยแบบที่ 4 (benchmark) ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการสั่นพัวของใบเลื่อย การตั้งเครื่องเลื่อยและการบำรุงรักษาใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร ง) การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แปรรูปพบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 (S-shape) เหมาะสำหรับการแปรรูปไม้ยางพารา ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ กล่าวคือ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาตรไม้แปรรูปประมาณ 27.511 kWh/m<sup>3</sup> น้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 1.11 kWh/m<sup>3</sup> (หรือประมาณ 4.04%) การแปรรูปไม้ทั้งสามแบบโดยใบเลื่อยแบบที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 27.511 kWh/m<sup>3</sup> 25.391 kWh/m<sup>3</sup> และ 30.980 kWh/m<sup>3</sup> ตามลำดับ แบบตีปอนใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เวลาที่ใช้ในแต่ละโต๊ะสำหรับแปรรูปทั้ง 3 แบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ประมาณ 92 - 200 นาที/ลบ.ม. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องเลื่อยที่ไม่ได้แปรรูปไม้ประมาณ 3.5 - 4.5 kW เวลาเฉลี่ยส่งไม้กลับมาแปรรูปใหม่ประมาณ 0.6-15 วินาที

## Abstract

Research project had the objectives of improving bandsaw profile for better quality and recovery yield of rubberwood lumber as well as reducing electric consumption during sawing process. To achieve the objective by performing several activities by developing of bandsaw toothprofile and sawing pattern to improve yield and quality of lumber. Results of the experiment as (A) Field survey on Sawmill, both Eastern and Southern part of Thailand, similar in sawing pattern generally some was mixed both patterns of through & through -Cant sawing and some of Half-cut. The Typical combination of 2-3 saw machines for 5-6 inches blade width and N-shape tooth profile. (B) Sawing pattern vs. Log diameter from 3 difference tooth profiles tested by using Split-plot design found that through & through, Cant and Half-cut patterns produced lumber with 39.32%, 38.39% and 37.08%, mean of the recovery was 38.26%. Log diameter class showed highly significant in recovery rate, on the contrary, sawing pattern was not showed. There were 2 separate groups of log diameter, *one*, group of 6-7 inches and, *two*, group of 8-10 inches diameter of log, recovery yield of lumber for group one between 33.63-34.69% (average 34.16%) and group two between 40.02-42.68% (average 41%) that about 7% higher from the group one. (C) Dimension of lumber, using variation within board (Sw) and variation between board (Sb) were the indicator of the performance of machine and operator, found that the difference from the target size of 2.90 cm between 2.77-3.01 cm. Analyzed from 2 indicators found that feeding performance and machine alignment were poor surface quality of lumber depended on saw filing performance. (D) 3-toothprofile with difference in shape found that S-shape tooth profile (Type 2 of the test) was suitable for sawing rubberwood log by mean of lowest electric consumption (measured from through & through pattern) per cubic meter of lumber only 27.51 kW/m<sup>3</sup> which less than type 4 by 1.11kWh/m<sup>3</sup> (4.04%). 3-Sawing patterns by blade type 2 power consumed by 27.511 kWh/m<sup>3</sup>, 25.391 kWh/m<sup>3</sup> and 30.98 kWh/m<sup>3</sup> respectively. For Cant sawing consumed less power than other patterns. Sawing time for 3 patterns showed similar figure of 92-100 min/m<sup>3</sup> and reversed for second sawing time was between 0.6-15 second. Idle speed power consumption was 3.5-4.5 kW.

# สารบัญ

|                                                        | หน้า |
|--------------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                                        | i    |
| คำนำ                                                   | ii   |
| บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)                    | iii  |
| บทคัดย่อ                                               |      |
| Abstracts                                              |      |
| สารบัญ                                                 |      |
| สารบัญตาราง                                            |      |
| สารบัญรูป                                              |      |
| <br>                                                   |      |
| 1. บทนำ                                                | 1-1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ                   | 1-1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                            |      |
| 1.3 แผนการดำเนินการวิจัย                               | 1-2  |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ                                |      |
| 1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ใช้                      |      |
| <br>                                                   |      |
| 2. การสำรวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดโรงเลื่อยไม้ยางพารา | 2-1  |
| 2.1 โรงเลื่อยไม้ยางพารา                                | 2-2  |
| 2.2 ลักษณะและขนาดเครื่องเลื่อยสายพาน                   | 2-3  |
| 2.3 ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบ                        | 2-4  |
| 2.4 รูปแบบและอัตราการแปรรูปไม้                         | 2-6  |
| 2.5 พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้                        | 2-7  |
| 2.6 อุปสรรคและปัญหา                                    | 2-10 |
| <br>                                                   |      |
| 3. การออกแบบฟันเลื่อย                                  | 3-1  |
| 3.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อย                                | 3-1  |
| 3.2 ข้อมูลใบเลื่อยที่ใช้ทดลองแปรรูปไม้                 | 3-3  |
| <br>                                                   |      |
| 4. การแปรรูปไม้ยางพารา                                 | 4-1  |
| 4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์                              | 4-1  |
| 4.1.1 วัตถุดิบไม้ยางพาราท่อน                           | 4-1  |

|       |                                                                           |      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.1.2 | เครื่องมือเสียดสายพานสำหรับแปรรูปไม้                                      | 4-2  |
| 4.1.3 | เครื่องมือวัดขนาดสำหรับท่อนไม้ยางพารา                                     | 4-3  |
| 4.1.4 | เครื่องมือวัดขนาดไม้แปรรูป                                                | 4-3  |
| 4.1.5 | เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า                                                 | 4-3  |
| 4.1.6 | เครื่องมือหาความชื้นไม้                                                   | 4-3  |
| 4.2   | วิธีดำเนินการวิจัยแปรรูปไม้                                               | 4-4  |
| 4.2.1 | แผนการวิจัย                                                               | 4-4  |
| 4.2.2 | การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อน<br>และความชื้นในไม้โดยวิธีอบแห้ง | 4-7  |
| 4.2.3 | การหาอัตราการแปรรูปไม้                                                    | 4-8  |
| 4.2.4 | การตรวจวัดขนาด และคุณภาพไม้แปรรูป                                         | 4-11 |
| 4.2.5 | การหาพลังงานไฟฟ้า                                                         | 4-15 |
| 4.3   | ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล                                                    | 4-16 |
| 4.3.1 | น้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อน                                       | 4-16 |
| 4.3.2 | อัตราการแปรรูปไม้                                                         | 4-17 |
| 4.3.3 | การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป                                          | 4-22 |
| 4.3.4 | พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้                                   | 4-23 |
| 5.    | สรุปผลและข้อเสนอแนะ                                                       | 5-1  |
| 5.1   | สรุปผลการสำรวจ                                                            | 5-1  |
| 5.2   | สรุปผลการแปรรูปไม้                                                        | 5-2  |
| 5.2.1 | รูปแบบใบเสียดสายพานที่เหมาะสมใช้แปรรูปไม้ยางพาราท่อน                      | 5-2  |
| 5.2.2 | อัตราการแปรรูปไม้                                                         | 5-3  |
| 5.2.3 | คุณภาพไม้แปรรูป                                                           | 5-4  |
| 5.2.4 | เวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้                                                  | 5-4  |
| 5.3   | ข้อเสนอแนะ                                                                | 5-5  |

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

## สารบัญตาราง

| ลำดับ      | เรื่อง                                                                                                               | หน้า |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตาราง 2.1  | ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 1 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และจังหวัดตรัง ยะลา                             | 2-4  |
| ตาราง 2.2  | ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 2 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และจังหวัดตรัง ยะลา                             | 2-5  |
| ตาราง 2.3  | ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 3 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี                                                 | 2-5  |
| ตาราง 2.4  | การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา                                                                              | 2-8  |
| ตาราง 4.1  | ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำหนัก (กก.) กับปริมาตร ( $m^3$ ) ของไม้ยางพาราท่อน                                                | 4-16 |
| ตาราง 4.2  | อัตราการแปรรูปไม้ จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1 แยกตามขนาดไม้ และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อยแบบ 1 , 2 และแบบ 4 (เดิม) | 4-17 |
| ตาราง 4.3  | สรุปอัตราการแปรรูปไม้ท่อนยางพารา จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1                                                      | 4-18 |
| ตาราง 4.4  | อัตราการแปรรูปไม้ จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 2 แยกตามขนาดไม้ และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อย 4 แบบ                    | 4-19 |
| ตาราง 4.5  | สรุปอัตราการแปรรูปไม้ท่อนยางพารา จากการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 2                                                      | 4-19 |
| ตาราง 4.6  | การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้                                                                 | 4-20 |
| ตาราง 4.7  | เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยกับขนาดไม้ท่อน ( $\Phi$ ) โดยวิธีดีตันแคน (DMRT)                 | 4-21 |
| ตาราง 4.8  | เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยที่ขนาดไม้ท่อน ( $\Phi$ ) เดียวกันกับวิธีการแปรรูป 3 แบบ                | 4-21 |
| ตาราง 4.9  | เปรียบเทียบผลการตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปจากใบเลื่อย 4 แบบ                                                                | 4-22 |
| ตาราง 4.10 | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยางพาราขนาด 7" และ 10" ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ                                    | 4-24 |
| ตาราง 4.11 | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยางพาราขนาดต่างๆ ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ                                          | 4-24 |
| ตาราง 4.12 | เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า และเวลาในการแปรรูปแบบตะของใบเลื่อยแบบ 2 และ 4                                          | 4-25 |
| ตาราง 4.13 | ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เวลาในการแปรรูปไม้ ด้วยใบเลื่อยแบบ 2                                                | 4-26 |

## สารบัญรูป

| ลำดับ       | เรื่อง                                                                                                     | หน้า |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 2.1  | พื้นที่ปลูกสวนยาง และจังหวัดที่สำรวจกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพาราทองที่<br>จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด และยะลา | 2-1  |
| รูปที่ 2.2  | ลักษณะรูปทรง และขนาดของไม้ท่อนยางพารา จากการสำรวจทางภาค<br>ตะวันออก และภาคใต้                              | 2-2  |
| รูปที่ 4.1  | เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้                                                                         | 4-2  |
| รูปที่ 4.2  | เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า                                                                 | 4-3  |
| รูปที่ 4.3  | วิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ                                                                                   | 4-9  |
| รูปที่ 4.4  | วิธีการแปรรูปแบบตีปอน                                                                                      | 4-9  |
| รูปที่ 4.5  | วิธีการแปรรูปแบบผ่าครึ่ง                                                                                   | 4-10 |
| รูปที่ 4.6  | ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดขนาดความกว้างหรือหนาของไม้ตัวอย่าง                                                   | 4-11 |
| รูปที่ 4.7  | ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้                                                                                     | 4-22 |
| รูปที่ 4.8  | ความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้ากับความหนาของไม้สำหรับใบเลื่อยที่ 2                                             | 4-28 |
| รูปที่ 4.9  | รูปแบบกำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 7 นิ้ว ด้วยใบเลื่อย แบบที่ 2                                       | 4-29 |
| รูปที่ 4.10 | รูปแบบกำลังไฟฟ้าของการแปรรูปไม้ท่อนขนาด 10 นิ้ว ด้วยใบเลื่อย แบบที่ 2                                      | 4-29 |
| รูปที่ 5.14 | คุณภาพผิวหน้าไม้จากการแปรรูป                                                                               | 5-4  |

## 1. บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบัน ต้นยางที่ถูกตัดฟันลงมานั้น นำมาใช้ประโยชน์เกือบทั้งต้น อุตสาหกรรมไม้ นำไม้ยางพาราที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้ว มาใช้ประโยชน์ ประมาณว่าสวนยาง 1 ไร่ ให้เนื้อไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ประมาณ 5 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี เมื่อนำไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ท่อนโตกว่า 6 นิ้ว ไปแปรรูป จะได้ผลผลิตไม้แปรรูปประมาณ 25-30% คิดเป็นไม้ยางพาราแปรรูป ประมาณ 1.25 ล้านลูกบาศก์เมตร จากการศึกษาของโครงการใช้ประโยชน์ไม้ยางพารา และการตลาด แห่งประเทศไทย PPD 1/98 Rev.2(I) พบว่า อุตสาหกรรมไม้ยางพาราทำผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก มีความต้องการใช้ไม้แต่ละปีไม่น้อยกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร จากเปอร์เซ็นต์ ผลผลิตไม้แปรรูปที่ได้ ประมาณ 25-30% นั้น จะได้ไม้คุณภาพดีสำหรับทำผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนเพื่อการส่งออกได้เพียง 10-15 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าปริมาณไม้ยางพาราแปรรูปที่ได้นั้น ค่อนข้างเสี่ยงต่อการขาดแคลน วัตถุดิบในระยะยาว จึงจำเป็นต้องหาวิธีการเพิ่มผลผลิตไม้แปรรูปที่ได้ให้สูงขึ้น และมีคุณภาพ ดีเพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรมไม้ หากสามารถเพิ่มผลผลิตได้เพียง 1 % ทำให้ได้ไม้แปรรูป เพิ่มขึ้นถึง 12,500 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ในแต่ละปี การส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา สามารถนำเงินเข้า ประเทศสูงกว่าหนึ่งหมื่นล้าน (กรมเศรษฐกิจ การพาณิชย์ 2545) โรงเลื่อย คือ ต้นธารในการผลิต ไม้แปรรูปที่ดีมีคุณภาพสู่อุตสาหกรรมไม้ การแปรรูปไม้ยางพาราด้วยเครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้ไม้ท่อน ยาว 1.0-1.30 เมตร พบว่าเทคนิคและความชำนาญการแปรรูปเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ผลผลิตมาก หรือน้อย และรวมถึงคุณภาพของไม้แปรรูป ปัจจัยที่กล่าวมานี้ หากมีการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบ ฟันเลื่อย มุมฟันเลื่อย ที่เหมาะสม สำหรับการแปรรูปไม้ เช่น ขนาดคลองเลื่อยที่เสียเนื้อไม้้น้อยที่สุด จะทำให้ผลผลิตไม้แปรรูปเพิ่มมากขึ้น คุณภาพผิวหน้าไม้เรียบมากขึ้น อีกทั้งลดพลังงานไฟฟ้า ในการแปรรูปให้น้อยลงเป็นการประหยัดต้นทุนอีกทางหนึ่ง โครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพ การใช้ใบเลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ตระหนักในปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ข้างต้น เห็นควรให้มีการศึกษาและทดลองเพื่อพัฒนาปัจจัยดังกล่าวให้ดีขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการ"การปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพในการใช้ใบเลื่อยสายพานแปรรูป ไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น" มีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคือ

1.2.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อยเพื่อให้ได้ผิวหน้าไม้แปรรูปที่มีคุณภาพดี ลดการใช้ พลังงานและการสูญเสียของวัตถุดิบ

1.2.2 พัฒนาคู่มือการ ด้านการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์การแปรรูปไม้ และ ทักษะพิจารณาารูปแบบการแปรรูปไม้ให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

### 1.3 แผนการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 สํารวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดของโรงเลื่อยไม้ยางพารา 12 โรง ภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี, ระยอง) ภาคใต้ (จังหวัดยะลา, ตรัง) จังหวัดละ 3 โรง และจังหวัดสงขลา บริษัท โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด (โรงเลื่อยที่ร่วมโครงการฯ ใช้เป็นสถานที่ทดลองการแปรรูปไม้)
- 1.3.2 ออกแบบฟันเลื่อย 3 รูปแบบ สำหรับโต้ะเลื่อยผ่า และโต้ะซอย
- 1.3.3 ทดลองแปรรูปไม้ยางพารา โดยใช้ใบเลื่อยสายพานที่กำหนดรูปแบบ และองค์ประกอบ จากข้อ 1.3.2 ที่ บริษัท โรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด จ.สงขลา 2 ครั้ง
- 1.3.4 รวบรวมข้อมูลจากผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และเขียนรายงาน

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

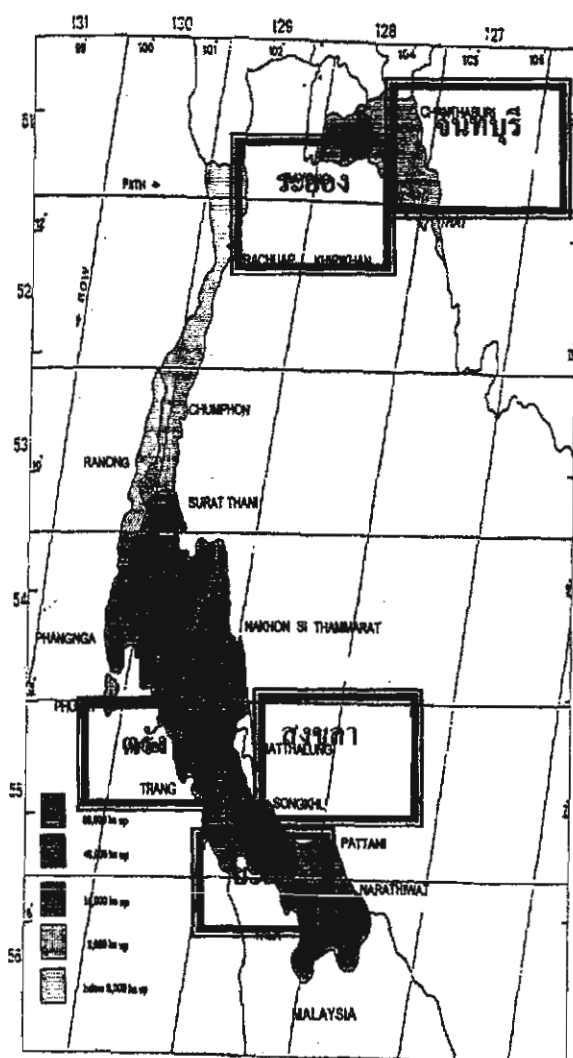
- 1.4.1 เอกสารทางวิชาการ การดำเนินงานของโครงการ 20 เล่ม
- 1.4.2 คู่มือการบำรุงรักษาใบเลื่อยสายพาน 100 เล่ม
- 1.4.3 CD เทคนิคการตกแต่งใบเลื่อยสายพานเพื่อแปรรูปไม้ยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.5 การถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ผู้ใช้

ผลงานของการดำเนินงาน คือ เอกสารวิชาการ คู่มือการบำรุงรักษาใบเลื่อยสายพาน ประกอบ CD เทคนิคการตกแต่งใบเลื่อยสายพานเพื่อแปรรูปไม้ยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมเอกสารวิชาการ เป็นแหล่งข้อมูลใช้สำหรับผู้ประกอบการ แปรรูปไม้ยางพารา นำไปศึกษาและให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเรียนรู้ และฝึกฝนตนเองให้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง เป็นการเพิ่มทักษะให้มากขึ้น ตลอดจนให้สถาบันการศึกษาต่าง ๆ เช่น มหาวิทยาลัย วิทยาลัยเทคนิค ที่มีการสอนความรู้เกี่ยวกับการแปรรูปไม้ นำไปใช้เป็นเอกสารประกอบการสอนให้กับนักศึกษา เพื่อเพิ่มภูมิปัญญาในการผลิตบุคลากรทางด้านการแปรรูปไม้ให้กับอุตสาหกรรมไม้ของประเทศต่อไป อนึ่ง โครงการพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราและการตลาดในประเทศไทย ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากองค์การไม้เขตร้อนระหว่างประเทศ (ITTO) ในการดำเนินการฝึกอบรมบุคลากรด้านตกแต่งใบเลื่อย มีความสนใจนำผลงานนี้ ไปใช้ในกิจกรรมของโครงการ และมีการประสานงานกันอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกัน

## 2. การสำรวจข้อมูลและศึกษารายละเอียดโรงเลื่อยไม้ยางพารา

การสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพาราตะวันออกและภาคใต้ของโครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพในการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบปัจจัยต่างๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับผลผลิตไม้แปรรูป (Recovery) ที่ได้จากการแปรรูปต้นยางพาราที่ตัดพื้นนอก เนื่องจากให้น้ำยางน้อยและถึงรอบต้นพื้นนอกเพื่อรับเงินช่วยเหลือจากสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (Office of Rubber Replanting Aid Fund: ORRAF) ต้นยางพาราที่ตัดออกดังกล่าวมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 นิ้วขึ้นไป เมื่อนำไปแปรรูปจะได้ไม้แปรรูปประมาณ 25-30% ในไม้ส่วนนี้เป็นไม้คุณภาพดีสำหรับทำผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนเพียง 10-15% จัดว่าให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 2.1 พื้นที่ที่ปลูกสวนยางและจังหวัดที่สำรวจกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพารา ห้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี ตรัง และยะลา

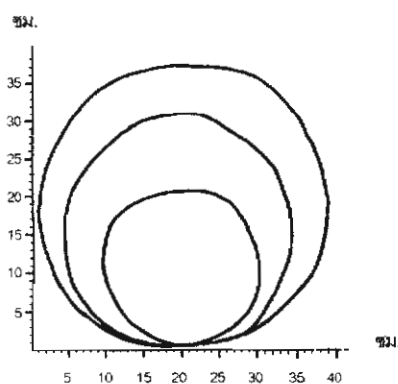
เนื่องจากโรงเลื่อยไม้ยางพาราสีส่วนมากอยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกซึ่งเป็นแหล่งปลูกสวนยางพาราของประเทศ การสำรวจโดยการสุ่มเลือกโรงเลื่อยจำนวน 12 โรง แบ่งออกเป็น ภาคตะวันออก 6 โรง (จังหวัดระยองและจังหวัดจันทบุรี จังหวัดละ 3 โรง) ภาคใต้ 6 โรง (จังหวัดยะลา และจังหวัดตรัง จังหวัดละ 3 โรง)

ทำการสำรวจข้อมูลโรงเลื่อยไม้ยางพารา โดยมีรายละเอียดเป็น 2 ส่วน คือ

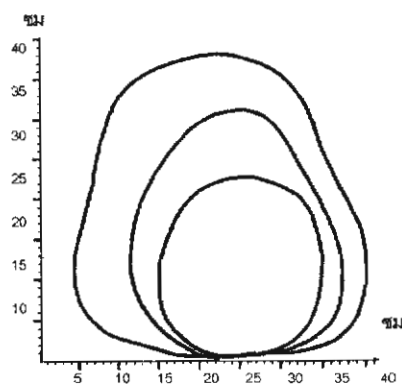
1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการดำเนินการแปรรูปไม้ ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน รวมทั้งข้อคิดเห็นอื่น โดยบันทึกข้อมูลสัมภาษณ์เจ้าของหรือผู้จัดการโรงเลื่อย
2. ข้อมูลเฉพาะสำหรับรายละเอียดอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อยสายพาน การบำรุงรักษา (maintenance) ลักษณะฟันของใบเลื่อย (Knife angles) การลับคมแต่งใบเลื่อย (Saw doctoring) และรายละเอียดอื่นๆ เกี่ยวกับการแปรรูป (Sawing patterns)

## 2.1 โรงเลื่อยไม้ยางพารา

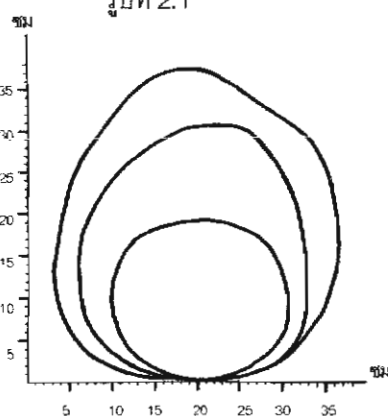
ผลการสำรวจโรงเลื่อยไม้ยางพารา พบว่าการจัดการโรงเลื่อยและการดำเนินการของโรงเลื่อยไม้ยางพาราทั้งทางภาคตะวันออกและภาคใต้ใช้แรงงานคนเป็นหลัก มีการใช้เครื่องทุ่นแรงในการทำงานน้อยมาก การเลื่อยไม้เป็นการจ้างเหมา โดยเริ่มตั้งแต่การแบกไม้เข้าโต๊ะเลื่อย นายม้าหางม้า และเรียงไม้ เรียกเป็น 1 ชุด ใช้คนประมาณ 5-7 คน ค่าจ้างเหมาเลื่อยลูกบาศก์ฟุตละ 11-12 บาท เลื่อยไม้แปรรูปได้ประมาณ 190-200 ลูกบาศก์ฟุต/วัน เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้โดยทั่วไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ (Pulley) ประมาณ 3.5 ฟุต ใช้ใบเลื่อยหน้ากว้าง 5"-6" ความหนาทั่วไปเบอร์ 17 BWG. มีเตาอบไม้ และถังสำหรับอัดน้ำยาไม้ภายในโรงเลื่อยไม้ยางพาราแปรรูป จะผ่านขบวนการอัดน้ำยาและอบไม้ ก่อนที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หรือจำหน่ายเป็นไม้แปรรูป โรงเลื่อยไม้ยางพาราแปรรูปในภาคตะวันออก มีกำลังผลิตไม้แปรรูปต่อปีของแต่ละโรงประมาณ 2,500-8,500 ลูกบาศก์เมตร (ผู้ประกอบการบางแห่งสั่งซื้อไม้ยางพาราแปรรูปจากแหล่งอื่นประกอบกับขนาดของไม้ที่ค่อนข้างเล็กทำให้ได้ผลผลิตต่ำ) จัดเป็นโรงเลื่อยแปรรูปไม้ขนาดกลาง ส่วนโรงเลื่อยไม้ยางพาราของภาคใต้ มีกำลังผลิตไม้แปรรูปต่อปีของแต่ละโรงประมาณ 6,000-27,000 ลูกบาศก์เมตร สูงกว่าภาคตะวันออก จัดเป็นโรงเลื่อยแปรรูปไม้ขนาดใหญ่ ขนาดของไม้ท่อนที่เข้าแปรรูปมีขนาดใหญ่มากกว่าภาคตะวันออกดังการจำแนกขนาดรูปหน้าตัดไม้ท่อนที่ได้สำรวจทั้ง 2 ภาค ดังรูปข้างล่างนี้



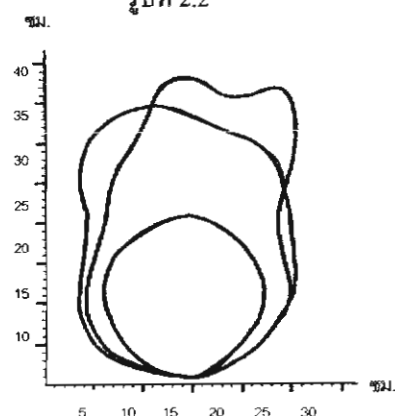
รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4

รูปที่ 2.2 ลักษณะและขนาดของหน้าตัดไม้ท่อนยางพารา จากการสำรวจทางภาคตะวันออกและภาคใต้

## 2.2 ลักษณะและขนาดเครื่องเลื่อยสายพาน

ภาคตะวันออก เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้มีจำนวน ตั้งแต่ 9-15 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มุ่เล่ 3-3 1/2 ฟุต ส่วนมากนิยมใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เป็นเครื่องเลื่อยที่ผลิตภายในประเทศ บางโรงซื้อเครื่องเลื่อยที่เคยใช้งานแล้ว การป้อนไม้เข้าเลื่อยใช้แรงงานคน ระบบการตั้งความตึง (strain) ของใบเลื่อยใช้แบบดัดมน้ำหนัก จุดปรับความเที่ยงตรงของเครื่องเลื่อยและใบเลื่อย (precision pressure guide) ไม่มีระบบหล่อลื่น มีระบบดูดขี้เลื่อย แต่ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร แต่ละโรงจะมีช่างแต่งใบเลื่อยประจำ 1-2 คน มีประสบการณ์ในการทำงานแตกต่างกันไป ตั้งแต่ 5-10 ปี ในส่วนของการลับและตกแต่งใบเลื่อย ประกอบด้วยเครื่องเจียมันท์ฟันเลื่อย เครื่องรีด และขนาดใบเลื่อย บางโรงมีเครื่องสำหรับต่อใบเลื่อย และปั๊มฟันเลื่อย

สำหรับ เลื่อยสายพานโต๊ะ 1-3 ใช้กำลังมอเตอร์ในการขับเคลื่อน 30-20 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์ 1,450-1,460 รอบ/นาที ความเร็วเพลาลูกเบี้ยว 498-543 รอบ/นาที ความเร็วของใบเลื่อย โต๊ะ (1) โต๊ะ (2) และโต๊ะ (3) 1,804-1,821 เมตร/นาที, 1,469-1,726 เมตร/นาที และ 1,272-1,726 เมตร/นาที ตามลำดับ ขนาดของชิ้นไม้เลื่อยของแต่ละโต๊ะเป็นดังนี้ โต๊ะ (1) 0.25-1.00 มม., โต๊ะ (2) 0.5-1.2 มม. และโต๊ะ (3) 0.76-1.2 มม.

ภาคใต้ เครื่องเลื่อยสายพานที่ใช้มีจำนวนตั้งแต่ 17-60 โต๊ะ/โรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มุ่เล่ 2 2/3 – 3 1/2 ฟุต ที่นิยมใช้มาก ใช้ขนาด 3 1/2 ฟุต เป็นเครื่องเลื่อยที่ผลิตภายในประเทศ มีบางส่วนที่เป็นของต่างประเทศ การป้อนไม้เข้าเลื่อย ระบบการตั้งความตึงของใบเลื่อย ระบบการหล่อลื่นจุดปรับความเที่ยงตรงของเครื่องเลื่อย และใบเลื่อย ระบบดูดขี้เลื่อย มีลักษณะเช่นเดียวกันกับภาคตะวันออก แต่ละโรงมีช่างแต่งเลื่อยประจำ 1-2 คน มีประสบการณ์ในการทำงาน 7-10 ปี สำหรับในส่วนของการลับและตกแต่งเลื่อยมีเครื่องหลัก ๆ คือ เครื่องเจียมันท์ฟันเลื่อย เครื่องรีด และขนาดใบเลื่อย เครื่องปั๊มฟัน เครื่องต่อใบเลื่อย

สำหรับ เลื่อยสายพานโต๊ะ 1-2 ใช้กำลังมอเตอร์ในการขับเคลื่อน 25-15 แรงม้า ความเร็วมอเตอร์อยู่ระหว่าง 1,430-1,480 รอบ/นาที ความเร็วเพลาลูกเบี้ยว โต๊ะ (1) 472-614 รอบ/นาที, โต๊ะ (2) 462-565 รอบ/นาที ความเร็วของใบเลื่อย โต๊ะ (1) 1,347-2,157 เมตร/นาที โต๊ะ (2) 1,328-1,921 เมตร/นาที ขนาดของชิ้นไม้เลื่อย โต๊ะ (1) 0.25-0.76 มม. และโต๊ะ (2) 0.7-1.2 มม.

### 2.3 ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบใบเลื่อย

ใบเลื่อยสายพานที่ใช้ทั้งภาคตะวันออก และภาคใต้ เป็นผลิตภัณฑ์ต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศสวีเดนหรือเยอรมัน มีบางโรงใช้ใบเลื่อยจากประเทศอื่น ลักษณะใบเลื่อยและองค์ประกอบต่าง ๆ ของภาคตะวันออกและภาคใต้ไม่แตกต่างกันมากนัก มีรายละเอียดดังนี้

#### ภาคตะวันออก

ใบเลื่อยสายพานขนาดความกว้าง 5-8 นิ้ว ความยาว 6.20-8.30 เมตร/เป็น ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 17-18 BWG. (1.47-1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยเชื่อมด้วยแก๊สอะเซทิลีน การใช้งานของใบเลื่อยเฉลี่ย 3-7 ชั่วโมง/เป็น ลักษณะของฟันเลื่อยแบบหลังฟันตรงท้องฟันเป็นมุมแหลมตัน ระยะระหว่างฟัน  $1 \frac{3}{8} - 1 \frac{5}{8}$  นิ้ว ความสูงของฟัน  $\frac{3}{8} - \frac{5}{16}$  นิ้ว พื้นที่ท้องฟัน 0.24-0.46 ตารางนิ้ว ขนาดของคลองเลื่อย 2.44-2.65 มม. การจัดมุมฟันของใบเลื่อย มุมหน้าคม 15-26 องศา มุมฟัน 44-61 องศา และ มุมหลังคม 13-21 องศา

#### ภาคใต้

ใบเลื่อยสายพานกว้าง 4-6 นิ้ว ความยาว 6.40-7.60 เมตร/เป็น ความหนาใบเลื่อยเบอร์ 18 BWG. (1.24 มม.) การต่อใบเลื่อยมี 2 ลักษณะ คือ เชื่อมด้วยแก๊สและเชื่อมด้วยไฟฟ้า (MIG) การใช้งานของใบเลื่อย เฉลี่ย 2-4 ชั่วโมง/เป็น ลักษณะของฟันเลื่อยเหมือนทางภาคตะวันออก ระยะห่างระหว่างฟัน  $1 \frac{3}{8} - 1 \frac{1}{2}$  นิ้ว ความสูงของฟัน  $\frac{3}{8} - \frac{7}{16}$  นิ้ว พื้นที่ท้องฟัน 0.29-0.35 ตารางนิ้ว คลองเลื่อย 2.50-2.93 มม. มีมุมหน้าคม 20-28 องศา มุมฟัน 39-52 องศา และมุมหลังคม 17-25 องศา

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 1 ท้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และ จังหวัดตรัง ยะลา

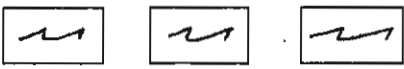
ใบเลื่อย ..... ชนิดและเบอร์ใบเลื่อย .....

ชนิดของเครื่องเลื่อย ..... ชนิดฟัน .....

จำนวนฟันต่อเมตร ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดของงานที่ใช้ ..... ใบเลื่อย ..... ชนิด .....

รูปทรงฟันเลื่อย



Density ใบเลื่อย ..... ใบเลื่อย 17 Density 0.26 g/cm<sup>3</sup>

ความหนาใบเลื่อยเฉลี่ย ..... 6-11 นิ้ว

ความเร็วในการเดิน ใบเลื่อย (Feed) ..... นิ้ว 1.5-4.5/วินาที หรือ 22-27.5/วินาที

|                                 | ข้อมูลสายพาน         |                   |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ         | 3 1/2                | ซม.               |
| ความเร็วรอบรอบ/วินาที           | 1,450-1,600          | RPM               |
| เกสเฟ้น                         | 515-543              | RPM               |
| ความเร็วในการเดิน (feeding)     | 1,804-1,821          | ม./วินาที         |
| ความหนาใบเลื่อย                 | 17 มม. 18            | มม./มม.           |
| ความกว้างของฟัน (Kerf)          | 2.39 - 2.84          | มม.               |
| ช่องว่างใบเลื่อย (Pitch)        | 0.48 - 0.76          | มม.               |
| ความกว้างใบเลื่อย               | 5                    | นิ้ว              |
| ระยะห่างระหว่างฟัน              | 1 3/8 - 1 3/4        | นิ้ว              |
| พื้นที่ท้องฟัน                  | 0.243 - 0.30         | นิ้ว <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                      | 5/16 - 1/2           | นิ้ว              |
| ***ระยะเลื่อยต่อเส้น (new line) | 0.25-1.00, 0.01-0.04 | มม./นิ้ว          |
| มุมหลังคม                       | 13-19                | องศา              |
| มุมฟัน                          | 51-45                | องศา              |
| มุมหน้าคม                       | 16-24                | องศา              |

หมายเหตุ .....

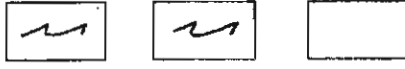
ใบเลื่อย ..... ชนิดและเบอร์ใบเลื่อย .....

ชนิดของเครื่องเลื่อย ..... ชนิดฟัน .....

จำนวนฟันต่อเมตร ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดของงานที่ใช้ ..... ใบเลื่อย ..... ชนิด .....

รูปทรงฟันเลื่อย



Density ใบเลื่อย ..... ใบเลื่อย 17 Density 0.26 g/cm<sup>3</sup>

ความหนาใบเลื่อยเฉลี่ย ..... 6-11 นิ้ว

ความเร็วในการเดิน ใบเลื่อย (Feed) ..... นิ้ว 1.5-4.5/วินาที หรือ 22-27.5/วินาที

|                                 | ข้อมูลสายพาน         |                   |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ         | 3 - 3 1/2            | ซม.               |
| ความเร็วรอบรอบ/วินาที           | 1,460-1,600          | RPM               |
| เกสเฟ้น                         | 472-614              | RPM               |
| ความเร็วในการเดิน (feeding)     | 1,347-2,137          | ม./วินาที         |
| ความหนาใบเลื่อย                 | 1.24/18              | มม./มม.           |
| ความกว้างของฟัน (Kerf)          | 2.50 - 3.18          | มม.               |
| ช่องว่างใบเลื่อย (Pitch)        | 0.47 - 0.90          | มม.               |
| ความกว้างใบเลื่อย               | 4 - 6                | นิ้ว              |
| ระยะห่างระหว่างฟัน              | 1 3/8 - 1 7/8        | นิ้ว              |
| พื้นที่ท้องฟัน                  | 0.294 - 0.359        | นิ้ว <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                      | 3/8 - 7/16           | นิ้ว              |
| ***ระยะเลื่อยต่อเส้น (new line) | 0.25-0.76, 0.01-0.03 | มม./นิ้ว          |
| มุมหลังคม                       | 17-23                | องศา              |
| มุมฟัน                          | 40 - 52              | องศา              |
| มุมหน้าคม                       | 20 - 28              | องศา              |

หมายเหตุ .....

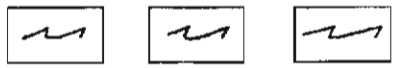
## ตารางที่ 2.2 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 2 ห้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี และ จังหวัดตรัง ยะลา

โรงเลื่อย ..... โรงเลื่อยมะขามบุรี

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ..... ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ..... ไฟฟ้า ..... ไบโอดี ..... ปิโตรล .....  
รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ..... ไม้เต็งขนาด 1.56 g/cm<sup>3</sup>

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด ..... 3-3 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) ..... 22-28 ม./วินาที

| ข้อมูลจำเพาะ                       |                   |                   |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปูลัง          | 3 1/2             | ฟุต               |
| ความเร็วรอบรอบ/ม.พ.                | 1,450-1,600       | RPM               |
| เกลาฟัน                            | 511-518           | RPM               |
| *ความเร็วในการเลื่อย (cutting)     | 1,498-1,726       | ม./วินาที         |
| ความหนาใบเลื่อย                    | 18                | มม./BWG           |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf)              | 2.34 - 3.58       | มม.               |
| ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)  | 0.26 - 0.86       | มม.               |
| ความกว้างใบเลื่อย                  | 6                 | นิ้ว              |
| ระยะห่างระหว่างฟัน                 | 1 1/8 - 1 5/8     | นิ้ว              |
| พื้นที่ที่เลื่อยฟัน                | 0.294 - 0.464     | นิ้ว <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                         | 3/8 - 1/2         | นิ้ว              |
| *ระยะเลื่อยต่อเลื่อยฟัน (new bite) | 0.3-1.2/0.03-0.05 | มม./นิ้ว          |
| มุมหักมุม                          | 15 - 21           | องศา              |
| มุมฟัน                             | 60 - 64           | องศา              |
| มุมหน้าคม                          | 15 - 25           | องศา              |

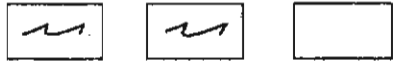
หมายเหตุ

โรงเลื่อย ..... โรงเลื่อยยะลา

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ..... ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ..... ไฟฟ้า ..... ไบโอดี ..... ปิโตรล .....  
รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ..... ไม้เต็งขนาด 1.56 g/cm<sup>3</sup>

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด ..... 1-5 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) ..... 22-28 ม./วินาที

| ข้อมูลจำเพาะ                       |                   |                       |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปูลัง          | 2 2/3 - 3 1/2     | ฟุต                   |
| ความเร็วรอบรอบ/ม.พ.                | 1,450-1,600       | RPM                   |
| เกลาฟัน                            | 493-505           | RPM                   |
| *ความเร็วในการเลื่อย (cutting)     | 1,328-1,921       | ม./วินาที             |
| ความหนาใบเลื่อย                    | 1.34/18           | มม./BWG               |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf)              | 2.37 - 2.69       | มม.                   |
| ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)  | 0.36 - 0.66       | มม.                   |
| ความกว้างใบเลื่อย                  | 4 - 5             | นิ้ว                  |
| ระยะห่างระหว่างฟัน                 | 1 1/2 - 1 7/16    | มม./นิ้ว              |
| พื้นที่ที่เลื่อยฟัน                | 0.321 - 0.359     | มม./นิ้ว <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                         | 3/8 - 7/16        | มม./นิ้ว              |
| *ระยะเลื่อยต่อเลื่อยฟัน (new bite) | 0.7-1.2/0.03-0.05 | มม./นิ้ว              |
| มุมหักมุม                          | 18 - 25           | องศา                  |
| มุมฟัน                             | 28 - 47           | องศา                  |
| มุมหน้าคม                          | 23 - 27           | องศา                  |

หมายเหตุ

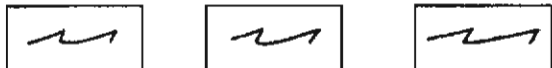
## ตารางที่ 2.3 ข้อมูลเครื่องเลื่อยและใบเลื่อยโต๊ะที่ 3 ห้องที่จังหวัดระยอง จันทบุรี

โรงเลื่อย ..... โรงเลื่อยมะขามบุรี

ชนิดอุปกรณ์เครื่องเลื่อย ..... ส.พ.พ.พ.

ส่วนโค้งที่ ☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4

ชนิดพลังงานที่ใช้ ..... ไฟฟ้า ..... ไบโอดี ..... ปิโตรล .....  
รูปแบบฟันเลื่อย



Density ไม้ที่เข้าเลื่อย ..... ไม้เต็งขนาด 1.56 g/cm<sup>3</sup>

ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อยสูงสุด ..... 1-3 นิ้ว

ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) ..... 39.0-61 ม./วินาที

| ข้อมูลจำเพาะ                       |                    |                   |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปูลัง          | 3 1/2              | ฟุต               |
| ความเร็วรอบรอบ/ม.พ.                | 1,450              | RPM               |
| เกลาฟัน                            | 498-515            | RPM               |
| *ความเร็วในการเลื่อย (cutting)     | 1,272-1,726        | ม./วินาที         |
| ความหนาใบเลื่อย                    | 18                 | BWG               |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf)              | 2.25 - 3.06        | มม.               |
| ช่องว่างใบเลื่อย (Side clearance)  | 0.48 - 0.51        | มม.               |
| ความกว้างใบเลื่อย                  | 5 - 6              | นิ้ว              |
| ระยะห่างระหว่างฟัน                 | 1 1/2              | นิ้ว              |
| พื้นที่ที่เลื่อยฟัน                | 0.267              | นิ้ว <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                         | 5/8                | นิ้ว              |
| *ระยะเลื่อยต่อเลื่อยฟัน (new bite) | 0.76-1.2/0.03-0.05 | มม./นิ้ว          |
| มุมหักมุม                          | 14 - 19            | องศา              |
| มุมฟัน                             | 56 - 45            | องศา              |
| มุมหน้าคม                          | 20 - 26            | องศา              |

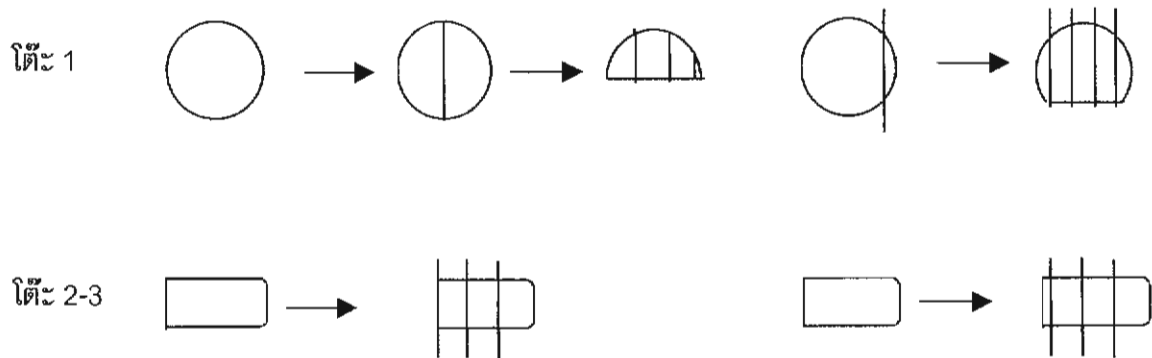
หมายเหตุ

## 2.4 รูปแบบและอัตราการแปรรูปไม้

### 2.4.1 การแปรรูปไม้ยางพารา

รูปแบบการแปรรูปไม้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามแผนภูมิข้างล่างนี้

แผนภูมิรูปแบบการแปรรูปไม้ของโต๊ะต่างๆ มีลำดับขั้นตอน ดังนี้



ภาคตะวันออก

ภาคใต้

ภาคตะวันออก เลื่อยแบบผ่าครึ่ง โต๊ะ 1 จะผ่าครึ่งไม้ท่อนแล้วซอยให้ได้ขนาดกว้าง แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 และโต๊ะ 3 ภาคใต้ จะทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองเลื่อยแรกแล้วพลิกไม้คว่ำลง ซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 เพื่อซอยเก็บขอบด้านข้างของไม้แปรรูป

### 2.4.2 อัตราการแปรรูป (Recovery)

เปอร์เซ็นต์ของไม้แปรรูปที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ไม่แตกต่างกันมากนัก คือได้ไม้แปรรูปเกรด A โดยเฉลี่ย 7-9 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ตัน หากคิดรวมเกรดทั้งหมดแล้วจะได้ไม้แปรรูปเฉลี่ย 10-11 ลบ.ฟุตต่อไม้ท่อน 1 ตัน (เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไม้แปรรูป (โดยปริมาตร) โดยเทียบน้ำหนักไม้ท่อน 1 ตัน มีปริมาตร 1.30 ลบ.เมตร (45.91ฟ³) จะได้อัตราการแปรรูปไม้ เกรด A 15-20% และรวมเกรดได้ 22-24% )

## 2.5 พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยางพารา

ผลจากการปฏิบัติงานของช่างลับคมเลื่อย วิศวกร และนักวิจัยที่มีความสามารถ ได้มีการพัฒนาหลักการ ในการหาพลังงานที่ใช้สำหรับเลื่อยสายพานในการแปรรูปไม้ เป็นสิ่งที่รับรู้ไปทั่วว่า ไม้เป็นวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายเกี่ยวกับระดับของพลังงาน ที่ใช้ในการตัดหรือการเลื่อย จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ได้เชื่อถือจากประสบการณ์ที่มีมาหรือให้คำแนะนำจากคนอื่น ๆ ในการคัดเลือกมอเตอร์ใช้งานสำหรับโรงเลื่อย ขณะที่หลาย ๆ คนยังคงเชื่อถือตามประสบการณ์หรือคำแนะนำที่มีมาอยู่นั้นเป็นเรื่องที่ควรรู้ถึงความก้าวหน้าของหลักการในการที่จะคิดคำนวณถึงขนาดของกำลังม้าใช้งานในโรงเลื่อย ความก้าวหน้านี้มีพื้นฐานจากความจริงที่ว่า ขนาดกำลังม้าของโรงเลื่อยประกอบด้วยหลักการสองส่วน คือ กำลังงานที่ใช้ในการหมุนเครื่องจักรภายใต้แรงเค้น (เดินเครื่องเปล่า) และกำลังงานที่ใช้ในการตัดหรือเลื่อยไม้ โดยที่ว่าการกำลังที่ใช้ในการตัดหรือเลื่อยไม้จะคำนวณได้จาก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลึกในการตัด (depth of cut) ขนาดของคลองเลื่อย (Kerf) อัตราการป้อนไม้ (feed speed) และกำลังงานเฉพาะในการตัด (Specific cutting energy) ซึ่งโครงการปรับปรุงเทคนิคและประสิทธิภาพการใช้เลื่อยสายพานแปรรูปไม้ยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่ได้คำนึงถึงหลักการในการใช้พลังงานในการแปรรูปไม้และได้มีการบันทึกข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา

|                               | โต๊ะตัวที่ | พิกัดมอเตอร์<br>hp | กำลังที่ใช้เดินเครื่องเปล่า<br>KW |
|-------------------------------|------------|--------------------|-----------------------------------|
| ภาคตะวันออก<br>โรงเลื่อยที่ 1 | -          | -                  | -                                 |
| โรงเลื่อยที่ 2                | 1          | 25                 | 5.03                              |
|                               | 2          | 25                 | 4.9                               |
|                               | 3          | 25                 | 4.95                              |
| โรงเลื่อยที่ 3                | 1          | 25                 | 3.28                              |
|                               | 2          | 25                 | 4.28                              |
|                               | 3          | 25                 | 3.35                              |
|                               | 4          | 25                 | 5.40                              |
|                               | 5          | 15                 | 3.45                              |
| โรงเลื่อยที่ 4                | 1          | 30                 | 2.63                              |
|                               | 2          | 25                 | 4.77                              |
|                               | 3          | 20                 | 4.98                              |
| โรงเลื่อยที่ 5                | 1          | 30                 | 5.20                              |
|                               | 2          | 25                 | 3.88                              |
|                               | 3          | 15                 | 2.81                              |

ตารางที่ 2.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในการแปรรูปไม้ยางพารา (ต่อ)

|                          | โต๊ะตัวที่ | พิกัดมอเตอร์<br>hp | กำลังที่ใช้เดินเครื่องเปล่า<br>KW |
|--------------------------|------------|--------------------|-----------------------------------|
| ภาคใต้<br>โรงเลื่อยที่ 6 | 1          | 20                 | -                                 |
|                          | 2          | 20                 | -                                 |
| โรงเลื่อยที่ 7           | 1          | 20                 | 3.79                              |
|                          | 2          | 15                 | 2.57                              |
| โรงเลื่อยที่ 8           | 1          | 25                 | 3.16                              |
|                          |            | 15                 | 3.00                              |
| โรงเลื่อยที่ 9           | 1          | 25                 | 1.90                              |
|                          | 2          | 20                 | 1.62                              |
| โรงเลื่อยที่ 10          | 1          | 25                 | -                                 |
|                          | 2          | 15                 |                                   |
| โรงเลื่อยที่ 11          | 1          | 20                 | 3.4                               |
|                          | 2          | 20                 | 2.61                              |
| โรงเลื่อยที่ 12          | 1          | 25                 | 9.40                              |
|                          | 2          | 25                 | 9.1                               |

จากข้อมูลการสำรวจการใช้พลังงานในการแปรรูปไม้ยางพาราข้างต้นสรุปได้ดังนี้

1. จำนวนโรงเลื่อยที่ทำการสำรวจ

1.1 ภาคตะวันออก สำรวจจำนวน 5 โรงเลื่อย ความหนาของไม้แปรรูป 0.5"-10"

1.2 ภาคใต้ สำรวจจำนวน 7 โรงเลื่อย ความหนาของไม้แปรรูป 0.5"-12"

2. พลังงานที่ใช้

2.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขณะเลื่อย (KW) จะแปรผันตรงตามความหนาและความกว้างของไม้ที่ใช้เลื่อย

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 15-30 แรงม้า

2.3 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องเป่าอยู่ระหว่าง 2.57-9.40 KW.

## 2.6 อุปสรรคและปัญหา

1. คุณภาพวัตถุดิบ ปัจจุบันมีการใช้ไม้ท่อนที่มีอายุค่อนข้างน้อยและขนาดเล็กมาใช้งาน ทำให้ไม้แปรรูปที่อบแห้งมีตำหนิ บิด โค้ง มากขึ้น ขนาดไม้ท่อนที่เล็กทำให้ปริมาณไม้แปรรูปที่ได้ต่ำไปด้วย
2. คุณภาพช่างแปรรูป (นายม้า) และช่างตกแต่งใบเลื่อยมีไม่มากพอ ขาดความรู้ในเชิงวิชาการและไม่มีการฝึกอบรมเป็นการจำมาจากประสบการณ์ที่เห็นเท่านั้น
3. การพัฒนาบุคลากรเป็นไปได้ยาก เนื่องจากได้รับการอบรมแล้ว มักย้ายงานไปทำที่อื่น โดยได้รับค่าตอบแทนสูงกว่าที่เดิม
4. ความรู้ทางวิชาการจากหน่วยงานของรัฐยังมีอยู่น้อย น่าจะได้ร่วมมือกันทั้งภาครัฐและเอกชน ให้ความรู้เชิงวิชาการที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการโรงเลื่อยต่อไป
5. ควรมีการพัฒนาเครื่องเลื่อยให้เหมาะสมต่อการแปรรูปไม้ยางพารา ที่มีขนาดท่อนค่อนข้างเล็กและขนาดสั้น

### 3. การออกแบบพื้นเลื่อย

#### 3.1 พัฒนารูปแบบใบเลื่อย

ผลของการดำเนินงานสำรวจข้อมูลกิจกรรมโรงเลื่อยไม้ยางพารา ในภาคตะวันออก และภาคใต้ ตอนเริ่มกิจกรรมโครงการฯ ได้ผลสรุปเกี่ยวกับใบเลื่อยสายพานดังนี้

โรงเลื่อย: ระยอง และจันทบุรี ลักษณะ/ประเภทใบเลื่อย: สายพาน

เครื่องเลื่อยที่ใช้งาน: 3 1/2 ฟุต ตำแหน่งเครื่องเลื่อย: โต๊ะ ที่ 1, 2, 3 อุปกรณ์อื่นๆ: -

| ลักษณะใบเลื่อย | ปีที่ | ความยาว<br>ม.ฟ. | ความกว้าง<br>นิ้ว | ความหนา<br>BWG/มม./นิ้ว      | การต่อใบเลื่อย | ตำแหน่งที่พบ   | การใช้งาน<br>ข้อบกพร่อง | หมายเหตุ                                                                                                                                       |
|----------------|-------|-----------------|-------------------|------------------------------|----------------|----------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | 1     | 7.00-8.30       | 8.00              | 17/1.47/0.058, 18/1.24/0.049 | เชื่อมด้วย     | 1. ฟ้องพื้นแตก | 3-5-7                   | 1. จำนวนใบเลื่อยใช้ ประมาณ >5 ปี<br>2. การใช้งานตามคำแนะนำของกรมจะส่งผลต่ออายุ<br>2.1 คุณภาพไม้ก่อน<br>2.2 พานไม้ก่อน<br>2.3 คุณภาพน้ำมันเชื้อ |
|                | 2     | 6.50-8.30       | 6.00              | 18/1.24/0.049                | แก้ไข          | 2. หลังใบแตก   |                         |                                                                                                                                                |
|                | 3     | 6.20-8.00       | 5.00-6.00         | 18/1.24/0.049                | Acetylene      | 3. เนื้อใบแตก  |                         |                                                                                                                                                |
|                | 4     |                 |                   |                              |                | 4. อาจไม่ติดใบ |                         |                                                                                                                                                |
|                | 5     |                 |                   |                              |                |                |                         |                                                                                                                                                |

| ลักษณะรูปร่างพื้นเลื่อย | ปีที่ | จำนวนพื้นเลื่อย |         | ระยะห่าง<br>ระหว่างพื้น<br>นิ้ว (P) | ลักษณะคัดคลอง (เจือ) |      |                        | มุม<br>หน้าคม<br>องศา | มุมพื้น<br>องศา | มุมหลังคม<br>องศา | ความ<br>สูงพื้น<br>นิ้ว (D) | พื้นที่ที่<br>พื้น<br>คร. นิ้ว | หมายเหตุ |
|-------------------------|-------|-----------------|---------|-------------------------------------|----------------------|------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------|
|                         |       | ต่อ/ม.          | ต่อ/ฟุต |                                     | แฉก                  | บิ   | ขนาดคลอง<br>ร่อง (มม.) |                       |                 |                   |                             |                                |          |
|                         | 1     | 26              | 8       | 138-134                             | -                    | 0.56 | 2.56                   | 16-26                 | 61-45           | 13-19             | 5/16 - 1/2                  | 0.2450-0.50                    |          |
|                         | 2     | 26              | 8       | 138-138                             | -                    | 0.54 | 2.44                   | 15-25                 | 60-44           | 15-21             | 3/8 - 1/2                   | 0.294-0.464                    |          |
|                         | 3     | 26              | 8       | 112                                 | -                    | 0.49 | 2.65                   | 20-26                 | 56-45           | 14-19             | 5/16                        | 0.267                          |          |

โรงเลื่อย: ศรีสะเกษ ลักษณะ/ประเภทใบเลื่อย: สายพาน

เครื่องเลื่อยที่ใช้งาน: 2 2/3 - 3 1/2 ฟุต ตำแหน่งเครื่องเลื่อย: โต๊ะ 1 และ 2 อุปกรณ์อื่นๆ: -

| ลักษณะใบเลื่อย | ปีที่ | ความยาว<br>ม. | ความกว้าง<br>นิ้ว | ความหนา<br>BWG/มม./นิ้ว | การต่อใบ<br>เลื่อย | ตำแหน่งที่พบ | การใช้งาน<br>ข้อบกพร่อง                        | หมายเหตุ                                                  |
|----------------|-------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                | 1     | 6.70-7.60     | 4-6               | 18/1.24/0.049           | เชื่อมด้วย         | ฟ้องพื้นและ  | - เปลี่ยนทุก 2<br>ชั่วโมง<br>- เปลี่ยนครึ่งวัน | หากพื้นเลื่อยไม่เจอ<br>ปัญหาเมื่อกรวดหรือ<br>หินในท่อนไม้ |
|                | 2     | 6.40-7.60     | 4-5               | 18/1.24/0.049           | แก้ไข              | หลังใบเลื่อย |                                                |                                                           |
|                | 3     |               |                   |                         | MIG                | แตก          |                                                |                                                           |
|                | 4     |               |                   |                         |                    |              |                                                |                                                           |
|                | 5     |               |                   |                         |                    |              |                                                |                                                           |

| ลักษณะรูปร่างพื้นเลื่อย | ปีที่ | จำนวนพื้นเลื่อย |         | ระยะห่าง<br>ระหว่างพื้น<br>นิ้ว (P) | ลักษณะคัดคลอง (เจือ) |           |                        | มุม<br>หน้าคม<br>องศา | มุมพื้น<br>องศา | มุมหลังคม<br>องศา | ความ<br>สูงพื้น<br>นิ้ว (D) | พื้นที่ที่<br>พื้น<br>คร. นิ้ว | หมายเหตุ |
|-------------------------|-------|-----------------|---------|-------------------------------------|----------------------|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------|
|                         |       | ต่อ/ม.          | ต่อ/ฟุต |                                     | แฉก                  | บิ        | ขนาดคลอง<br>ร่อง (มม.) |                       |                 |                   |                             |                                |          |
|                         | 1     | 26-30           | 8-9     | 138-17/16                           | -                    | 0.61-0.72 | 2.77-2.93              | 20-28                 | 40-52           | 17-23             | 3/8 - 7/16                  | 0.294-0.359                    |          |
|                         | 2     | 30              | 9       | 112-17/16                           | -                    | 0.56-0.62 | 2.50-2.53              | 23-27                 | 39-47           | 18-25             | 3/8 - 7/16                  | 0.321-0.359                    |          |

หมายเหตุ: ก. ปัญหาที่พบ 1. คุณภาพการต่อแผ่นใบเลื่อย

2. ความชำนาญและจำนวนงานสัมพันธ์กับจำนวนใบเลื่อยอันเนื่องมาไป

ข. ข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรวม 2 จังหวัด ในแต่ละภาค

ค. พื้นที่ที่องพื้น =  $P \times D / 1.75$  นิ้ว

ง. การใช้งานของพื้นที่ที่องพื้นประมาณ 60-70% ของพื้นที่ที่คำนวณได้

รูปแบบใบเลื่อยที่ใช้เป็น Benchmark สำหรับการทดลองออกแบบฟันเลื่อย เพื่อเปรียบเทียบกับใบเลื่อยของ บริษัทโรงเลื่อย เอ แอนด์ ไอ จำกัด กับที่โครงการได้พิจารณาแก้ไข ใช้ในการทดลองรูปแบบใบเลื่อยครั้งที่ 1 มีข้อมูลจำเพาะเปรียบเทียบดังนี้

|                                           | ข้อมูลจำเพาะ<br>(benchmark)          | ข้อมูลแก้ไข/หมายเหตุ<br>รูปแบบ 1 และ รูปแบบ 2                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูเล่                 | 3 1/2 ฟุต                            | -                                                                  |
| ความเร็วมอเตอร์/H.P.                      | 1460 รอบ/นาที                        | -                                                                  |
| เพลาชับ                                   | 438 รอบ/นาที                         | -                                                                  |
| *ความเร็วในการเลื่อย (cutting) (โต๊ะ 1,2) | 1,460 เมตร/นาที                      | -                                                                  |
| ความหนาใบเลื่อย                           | 1.25 มม.                             | -                                                                  |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf)                     | 2.32 มม.                             | 2.24                                                               |
| คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance)         | 0.40-0.50 มม.                        | 0.5                                                                |
| ความกว้างใบเลื่อย                         | 4 □ -5 นิ้ว                          | 6 1/8 นิ้ว                                                         |
| ระยะห่างระหว่างฟัน                        | (โต๊ะ 1) 33 มม.<br>(โต๊ะ 2) 36.5 มม. | 35                                                                 |
| พื้นที่ทองฟัน                             | 181-195 มม. <sup>2</sup>             | (รูปแบบ 1) 300 มม. <sup>2</sup><br>(รูปแบบ 2) 350 มม. <sup>2</sup> |
| ความสูงฟัน                                | 9.5 มม.                              | 13                                                                 |
| **ระยะเลื่อยแต่ละฟัน (toothbite)          | 0.67-0.74 มม.                        | 0.71                                                               |
| มุมหลังคม                                 | 7-6 องศา                             | 15                                                                 |
| มุมฟัน                                    | 47-55 องศา                           | 48                                                                 |
| มุมหน้าคม                                 | 36-29 องศา                           | 27                                                                 |

เมื่อการทดลองแปรรูปไม้ครั้งที่ 1 เสร็จสิ้นลง โดยการทดลองแปรรูปครั้งนี้ใช้รูปแบบของใบเลื่อยเพียง 2 รูปแบบ หลังการทดลองโครงการ ได้พิจารณาเพิ่มเติมรูปแบบที่ 3 เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งที่ 2 และนำมาปรับรูปแบบฟันให้เหมาะสมอีกครั้งได้ รายละเอียดของรูปแบบฟันเลื่อยทั้ง 3 แบบ ดังนี้

### 3.2 ข้อมูลใบเลื่อยที่ใช้วิจัยแปรรูปไม้แบบที่ 1, 2 และ 3

| ข้อมูลจำเพาะ                                        | ใบเลื่อยเดิม (แบบที่ 4) | ใบเลื่อยแบบที่ 1 | ใบเลื่อยแบบที่ 2 | ใบเลื่อยแบบที่ 3 |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| ความหนาใบเลื่อย (Blade thickness) มม.               | 1.24                    | -                | -                | -                |
| ความกว้างคมฟัน (Kerf) มม.                           | 2.18                    | 2.52             | 2.31             | 2.52             |
| คลองข้างใบเลื่อย (Side clearance) มม.               | 0.47                    | 0.64             | 0.53             | 0.64             |
| ความกว้างใบเลื่อย (Blade width) นิ้ว                | 5                       | $6\frac{1}{2}$   | $5\frac{1}{2}$   | 6                |
| ระยะห่างระหว่างฟัน (Pitch) มม.                      | ได้ะ 1<br>35            | -                | -                | -                |
| มม.                                                 | ได้ะ 2<br>35            | -                | -                | -                |
| พื้นที่ห้องฟันเลื่อย (Gullet area) มม. <sup>2</sup> | 200                     | 240              | 260              | 200              |
| ความสูงฟัน (Height or Depth) มม.                    | 10                      | 12               | 13               | 10               |
| ความหนาหัวเลื่อย (Tooth bite) มม.                   | 0.62                    | -                | -                | -                |
| มุมหลังคม (Clearance angle) องศา                    | 9                       | 12               | 14               | 14               |
| มุมฟัน (Tooth angle) องศา                           | 53                      | 52               | 49               | 50               |
| มุมหน้าคม (Hook angle) องศา                         | 28                      | 26               | 27               | 26               |

## 4. การแปรรูปไม้ยางพารา

### 4.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

#### 4.1.1 วัดถุดิบไม้ยางพาราท่อน

##### การวิจัยครั้งที่ 1

ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 480 ท่อน ยาวท่อนละ 1.05 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 96 ท่อน แต่ละขนาดทาสีที่หัวไม้เพื่อแยกขนาดให้เห็นได้ชัดเจน การทดลองแปรรูปไม้ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ไม้รวม 120 ท่อน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 24 ท่อน) โดยมีการแปรรูป 3 รูปแบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through & Through) แบบตีปอน(Cant) และแบบแบ่งครึ่ง(Half-cut) แบบละ 8 ท่อน

|                          |             |                  |
|--------------------------|-------------|------------------|
| การทดลองแปรรูปครั้งที่ 1 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 1         |
| การทดลองแปรรูปครั้งที่ 2 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 2         |
| การทดลองแปรรูปครั้งที่ 3 | ใช้ใบเลื่อย | ของโรงเลื่อย A&I |

##### การวิจัยครั้งที่ 2

ใช้ไม้ท่อนทั้งหมด 300 ท่อน ยาวท่อนละ 1.05 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 60 ท่อน แต่ละขนาดทาสีที่หัวไม้เพื่อแยกให้เห็นได้ชัดเจน แปรรูปไม้ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ไม้ทดลองทุกขนาดรวมทั้งสิ้น 75 ท่อน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 15 ท่อน) โดยมีการแปรรูป 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ(Through & Through) แบบตีปอน(Cant) และแบบแบ่งครึ่ง(Half-cut) แบบละ 5 ท่อน

|                     |             |                             |
|---------------------|-------------|-----------------------------|
| แปรรูปไม้ครั้งที่ 1 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 1                    |
| แปรรูปไม้ครั้งที่ 2 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 2                    |
| แปรรูปไม้ครั้งที่ 3 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 3                    |
| แปรรูปไม้ครั้งที่ 4 | ใช้ใบเลื่อย | แบบที่ 4 (ของโรงเลื่อย A&I) |

#### 4.1.2 เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้



โต๊ะ 1 (โต๊ะผ่า)



โต๊ะ 2 (โต๊ะซอย)

รูปที่ 4.1 เครื่องเลื่อยสายพานสำหรับแปรรูปไม้

โต๊ะเลื่อยที่ใช้แปรรูปทั้งสองโต๊ะมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องเลื่อยสายพาน/โต๊ะ 1, โต๊ะ 2

|                                         |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|
| - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูลี่             | 3 1/2 ฟุต       |
| - ความเร็วมอเตอร์                       | 1460 รอบ/นาที   |
| - ความเร็วเพลาขับ                       | 438 รอบ/นาที    |
| - ความเร็วในการเลื่อย (Cutting speed)   | 1,460 เมตร/นาที |
| - ความหนาไม้ที่เข้าเลื่อย โต๊ะ 1        | 250 มม.         |
| โต๊ะ 2                                  | 150 มม.         |
| - ความเร็วในการป้อนไม้เข้าเลื่อย (Feed) | 26-30 เมตร/นาที |

#### 4.1.3 เครื่องมือ : วัดขนาดไม้ท่อน

- 4.2.3.1 เทปเหล็กยาว 2.00 เมตร
- 4.2.3.2 คาลิปเปอร์เขาควย ขนาดยาว 80 ซม.
- 4.2.3.3 กระดาษสมุดวาดเขียนเล่มใหญ่
- 4.2.3.4 ปากกาและดินสอ
- 4.2.3.5 Veneer ขนาดยาว 8 นิ้ว

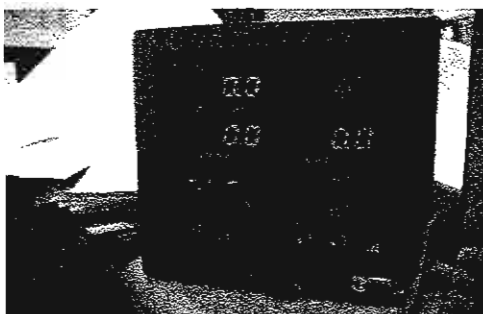
#### 4.1.4 เครื่องมือ : วัดขนาดไม้แปรรูป

- 4.2.4.1 ปากกา และกระดาษ
- 4.2.4.2 Veneer ขนาดยาว 8 นิ้ว
- 4.2.4.3 สีนํ้า

#### 4.1.5 เครื่องมือ : วัดพลังงานไฟฟ้า

เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้ารุ่น A 2000 ของบริษัท GOSSEN-METRAWATT GMBH เป็นเครื่องมือที่วัดค่าเป็น TRUE RMS ใช้สำหรับวิเคราะห์และติดตามระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถใช้วัด กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าและตัวประกอบกำลัง สามารถบันทึกและเก็บข้อมูลได้ทุก ๆ 0.32 วินาที ถ่ายโอนข้อมูลมาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ และแปลงเป็นข้อมูลในโปรแกรม Excel ได้

ในการวัดพลังงานไฟฟ้าขณะแปรรูป ใช้เครื่องวิดีโอ ดิจิตอล Cannon รุ่น MV500 บันทึก ภาพการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลภาพมากำหนดข้อมูลที่ใช้คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า

#### 4.1.6 เครื่องมือ : หาความชื้นในไม้ (ไม้แปรรูป/ไม้ท่อน)

- 4.2.6.1 Moisture meter 1 เครื่อง
- 4.2.6.2 ตาชั่งน้ำหนักละเอียด 0.01 กรัม/เครื่องชั่งน้ำหนัก 100 กก.
- 4.2.6.3 เตาดอบไฟฟ้าขนาดจุ 1 ลบ.ฟุต
- 4.2.6.4 ปากกาและกระดาษบันทึกน้ำหนัก
- 4.2.6.5 เครื่องคิดเลข
- 4.2.6.6 Descicator (โหลชื้น)

## 4.2 วิธีดำเนินการวิจัยแปรรูปไม้

### 4.2.1 แผนการวิจัย

#### การทดลองครั้งที่ 1

ทดลองแปรรูปไม้ท่อนโดยใช้รูปแบบการเลื่อย 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half-cut) แต่ละรูปแบบใช้ไม้ท่อน จำนวน 40 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว ขนาดละ 8 ท่อน ใช้ใบเลื่อยแบบ 1, 2, 3 และ 4 (เดิม) เพื่อให้เป็น bench mark นำมาแก้ไขและพัฒนาวางแผนการวิจัยในครั้งที่ 2

#### การวิจัยครั้งที่ 2

วางแผนการวิจัยแบบ Split-plot ประกอบด้วย

ก) ปัจจัยหลัก (Main unit) คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ท่อน 6, 7, 8, 9 และ 10 นิ้ว มีการจัดแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCB)

ข) ปัจจัยรอง (Sub unit) คือ วิธีการแปรรูป (Method) 3 แบบ แบบเลื่อยตะ (Through and Through) แบบตีปอน (Cant) และแบบแบ่งครึ่ง (Half Cut)

การวิจัยทั้งหมดมี 4 Block (ซ้ำ) แต่ละ Block ใช้ไม้ทดลอง 75 ท่อน Block ที่ 1 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 1, Block ที่ 2 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 2, Block ที่ 3 ใช้ฟันเลื่อยแบบที่ 3 และ Block ที่ 4 ใช้ฟันเลื่อยเดิม

#### ผังการทดลองครั้งที่ 1

|         | $M_0$ | $M_1$ | $M_2$ |
|---------|-------|-------|-------|
| Block 1 | $S_0$ | $S_0$ | $S_0$ |
|         | $S_1$ | $S_1$ | $S_1$ |
|         | $S_2$ | $S_2$ | $S_2$ |
|         | $S_3$ | $S_3$ | $S_3$ |
|         | $S_4$ | $S_4$ | $S_4$ |
| Block 2 | $S_0$ | $S_0$ | $S_0$ |
|         | $S_1$ | $S_1$ | $S_1$ |
|         | $S_2$ | $S_2$ | $S_2$ |
|         | $S_3$ | $S_3$ | $S_3$ |
|         | $S_4$ | $S_4$ | $S_4$ |
| Block 3 | $S_0$ | $S_0$ | $S_0$ |
|         | $S_1$ | $S_1$ | $S_1$ |
|         | $S_2$ | $S_2$ | $S_2$ |
|         | $S_3$ | $S_3$ | $S_3$ |
|         | $S_4$ | $S_4$ | $S_4$ |

ผังการวิจัยครั้งที่ 2 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม้ท่อน(Size) เป็นปัจจัยหลัก (Main unit)  
และวิธีการแปรรูป (Method) เป็นปัจจัยรองมีการจัดแบบ RCB

\*Size(S) - Main unit 5 ขนาด

\*\*Method(M) - Sub unit 3 วิธี

จำนวน - 4 Block (แต่ละ Block ใช้ไม้ 75 ท่อน)

1 Block - ใช้ไม้ทดลอง 5 ขนาด ๆ ละ 15 ท่อน

|         |        |         |       |        |        |
|---------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Block 1 | 7 (S1) | 6 (S0)  | 9(S3) | 8(S2)  | 10(S4) |
|         | M1     | M0      | M1    | M0     | M1     |
|         | M0     | M1      | M2    | M1     | M0     |
| Block 2 | 8 (S2) | 10 (S4) | 6(S0) | 7(S1)  | 9(S3)  |
|         | M2     | M0      | M1    | M1     | M0     |
|         | M0     | M1      | M2    | M0     | M1     |
| Block 3 | 6 (S0) | 10(S4)  | 9(S3) | 7(S1)  | 8(S2)  |
|         | M2     | M0      | M1    | M2     | M2     |
|         | M0     | M2      | M2    | M0     | M1     |
| Block 4 | 10(S4) | 9(S3)   | 8(S2) | 6 (S0) | 7(S1)  |
|         | M0     | M0      | M1    | M0     | M2     |
|         | M2     | M1      | M0    | M1     | M0     |

\*S - ขนาดไม้ท่อน

S0 - 6"

S1 - 7"

S2 - 8"

S3 - 9"

S4 - 10"

\*\*M - วิธีการแปรรูป

M0 - แบบเลื่อยคด (Through & Through)

M1 - แบบตีปอน (Cant)

M2 - แบบแบ่งครึ่ง (Half cut)

### การคำนวณหาขนาดตัวอย่าง

เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของจำนวนไม้ท่อนที่ใช้ในการวิจัยเพื่อให้ผลการปฏิบัติงานมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

โดย ให้  $d$  = ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นจากการใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (sample) ( $\bar{y}$ ) ไปประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร (population) ( $\bar{Y}$ )

และให้ ระดับความเชื่อมั่นในการประมาณ =  $(1-\alpha)$  100%

สามารถคำนวณหาขนาดตัวอย่างได้จาก

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{d^2}$$

โดยค่า  $Z$  หาได้จากตารางแจกแจงปกติมาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่น  $(1-\alpha)$  100%

$S^2$  = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวอย่าง

$$= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

ใช้ไม้ท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว 5 ท่อนในการประมาณค่า

ปริมาตรของไม้รวม ( $y$ ) = 0.2693 ม.<sup>3</sup>

ปริมาตรเฉลี่ย ( $\bar{y}$ ) =  $\frac{0.2693}{5} = 0.05386$  ม.<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \\ &= \frac{1}{5-1} [(0.0627-0.05386)^2 + (0.0603-0.05386)^2 + (0.0577-0.05386)^2 + \\ &\quad (0.0580-0.05386)^2 + (0.0572-0.05386)^2] \\ &= 2.631 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

กำหนดให้  $d$  = ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ 5% และ 1% ของค่าที่แท้จริง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ( $\alpha = .01$ )

$Z = 2.575$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

กรณีที่ 1  $d = 5\%$  ของ  $\bar{y}$

$$= \frac{5}{100} \times 0.05926$$

$$d = .002963$$

$$d^2 = 8.779 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= \frac{Z^2 S^2}{d^2} \\ &= \frac{(2.575)^2 \times 2.631 \times 10^{-6}}{8.779 \times 10^{-6}} \end{aligned}$$

$$= 1.98$$

จำนวนตัวอย่างที่ใช้  $\approx 2$  ท่อน

กรณีที่ 2  $d = 1\%$  ของ  $\bar{y}$

$$= \frac{1}{100} \times 0.05926$$

$$d^2 = 3.513 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= \frac{Z^2 S^2}{d^2} \\ &= \frac{(2.575)^2 \times 2.631 \times 10^{-6}}{3.513 \times 10^{-6}} \\ &= 4.96 \end{aligned}$$

จำนวนตัวอย่างที่ใช้  $\approx 5$  ท่อน

การวิจัยแปรรูปไม้ครั้งนี้ใช้ขนาดตัวอย่างของไม้ท่อนแต่ละขนาด จำนวน 5 ท่อน ในการเลือกแต่ละรูปแบบตามแผนผังการวิจัยครั้งที่ 2

#### 4.2.2 การหาน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรไม้ท่อนและความชื้นในไม้โดยวิธีอบแห้ง

การหาความชื้นในไม้

อุปกรณ์ : 1. ไม้ที่ต้องการทดสอบ

2. เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 0.1 กรัม

3. ตู้อบความร้อนด้วยไฟฟ้า

4. Desiccator

5. ถุงพลาสติก

วิธีดำเนินการ 1. ตัดชิ้นไม้ห่างจากปลายเข้ามาประมาณ 30-50 ซม. โดยชิ้นไม้ที่ตัดมีความกว้าง 1.5-2.0 ซม.

2. ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ (น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อนอบแห้ง)

3. นำชิ้นไม้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ  $105 \pm 2^\circ \text{C}$ . (นานประมาณ 24-48 ชั่วโมง)

4. นำชิ้นไม้ชั่งน้ำหนัก และอบต่อจนน้ำหนักชิ้นไม้คงที่ (น้ำหนักหลังอบแห้ง)

5. นำผลน้ำหนักที่ได้จากข้อ 2 และ 4 มาคำนวณโดยสูตร

$$\% \text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}} \times 100$$

#### ตัวอย่างการคำนวณ

ไม้แปรรูปตัวอย่างตัดขนาดตามต้องการ ซึ่งน้ำหนักสดได้ 22.50 กรัม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ  $105 \pm 2^{\circ} \text{C}$ . จนน้ำหนักไม้คงที่หนัก 13.50 กรัม

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความชื้นในไม้แปรรูปตัวอย่าง} &= \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}} \times 100 \\ &= \frac{22.50 - 13.50}{13.50} \times 100 \\ &= 66.67 \% \end{aligned}$$

#### 4.2.3 การหาอัตราการแปรรูปไม้

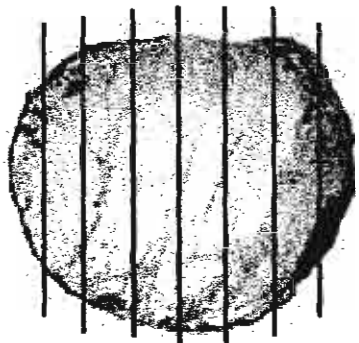
แปรรูปไม้ยางพาราโดยใช้เลื่อยสายพาน จำนวน 2 ติ๊ยะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมูเล่ 31/2 ฟุต เป็นไม้แปรรูปลักษณะคุณภาพความยาว 1.05 เมตร ดังขนาดข้างล่างนี้

| (กว้าง x หนา)   | (กว้าง x หนา)    |
|-----------------|------------------|
| 2 1/4" x 1 1/8" | 2 3/4" x 1 3/16" |
| 2 3/4" x 1 1/8" | 2 7/8" x 1 3/16" |
| 3 1/4" x 1 1/8" | 3 3/8" x 1 3/16" |
| 3 3/4" x 1 1/8" | 4" x 1 3/16"     |
| 4 1/4" x 1 1/8" | 4 3/8" x 1 3/16" |

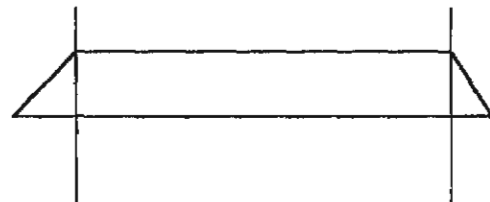
โดยขนาดความกว้างและความหนาของไม้แปรรูปเมื่อขนาด 1/8" สำหรับการหดตัวและการไสปรับตกแต่งหน้าไม้

ทำการแปรรูปไม้ท่อนดังต่อไปนี้

#### 4.2.3.1 แบบเลื่อยตะ (Through and Through - Mo)



โต๊ะ 1



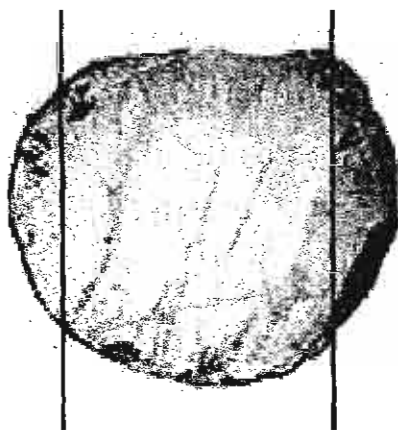
โต๊ะ 2

รูปที่ 4.3 วิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ

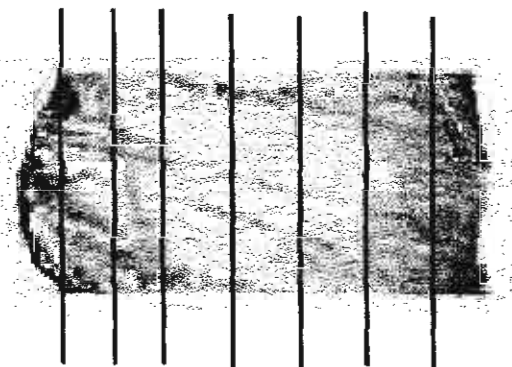
ทำการเปิดปีกไม้เล็กน้อยในคลองเลื่อยแรกแล้วพลิกคว่ำหน้าไม้ด้านเปิดปีกลงบนพื้นโต๊ะ แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความหนาที่ต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะเลื่อย 2 เพื่อซอยเก็บขอบด้านข้างไม้แปรรูปให้ได้ขนาดความกว้างตามต้องการต่อไป

#### 4.2.3.2 แบบตีปอน (Cant sawing – M1)

เปิดปีกแรกเหมือนแบบเลื่อยตะ เมื่อพลิกคว่ำหน้าไม้ด้านเปิดปีกลงบนโต๊ะ แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความกว้างตามต้องการ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะเลื่อย 2 เพื่อซอยความหนาของไม้แปรรูปตามที่ต้องการ



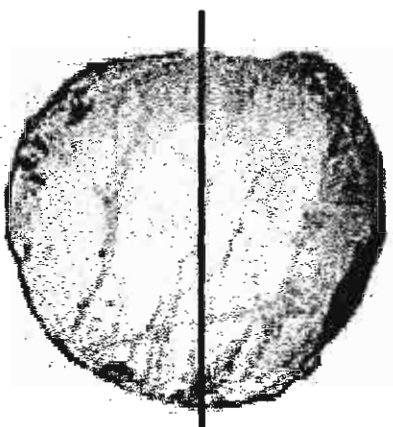
โต๊ะ 1



โต๊ะ 2

รูปที่ 4.4 วิธีการแปรรูปแบบตีปอน

## 4.2.3.3 แบบแบ่งครึ่ง (Half cut – M2)



โต๊ะ 1



โต๊ะ 2

รูปที่ 4.5 วิธีการแปรรูปแบบแบ่งครึ่ง

ทำการแบ่งครึ่งไม้ท่อนออกเป็น 2 ส่วน แล้วซอยไม้ให้ได้ขนาดความกว้างหรือความหนา ตามความเหมาะสมของหน้าไม้ แล้วส่งต่อไปยังโต๊ะ 2 เพื่อซอยไม้ให้ได้ขนาดต่อไป

เมื่อปฏิบัติการแปรรูปไม้เสร็จ ทำการคำนวณหาไม้แปรรูปที่ได้ กล่าวคือ อัตราแปรรูปไม้ คือ ผลผลิตของไม้แปรรูปที่ได้จากการเลื่อยไม้ โดยคิดเป็นสัดส่วนของปริมาตรไม้แปรรูปที่ได้ต่อปริมาตรของไม้ท่อน – เป็นเปอร์เซ็นต์ เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{อัตราการแปรรูปไม้} = \frac{\text{ปริมาตรของไม้แปรรูป}}{\text{ปริมาตรของไม้ท่อน}} \times 100 \%$$

$$\text{ปริมาตรไม้ท่อน (V)} = G^2 L / 4 \pi$$

$$\text{หรือ} = .0795 G^2 L \text{ ม}^3$$

$$\text{หรือ} = 0.783 D^2 L \text{ ม}^3$$

G - ขนาดเส้นรอบวง (เฉลี่ย) เป็นเมตร

L - ความยาว เป็นเมตร

D - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นเมตร

$$\text{ปริมาตรไม้แปรรูป} = \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{หนา} \text{ (ม}^3 \text{ หรือ ฟ}^3 \text{)}$$

### ตัวอย่างการคำนวณ

ไม้ท่อนหนึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ยาว 1 เมตร นำมาแปรรูปได้ไม้แปรรูป ปริมาตร .015 ม<sup>3</sup>

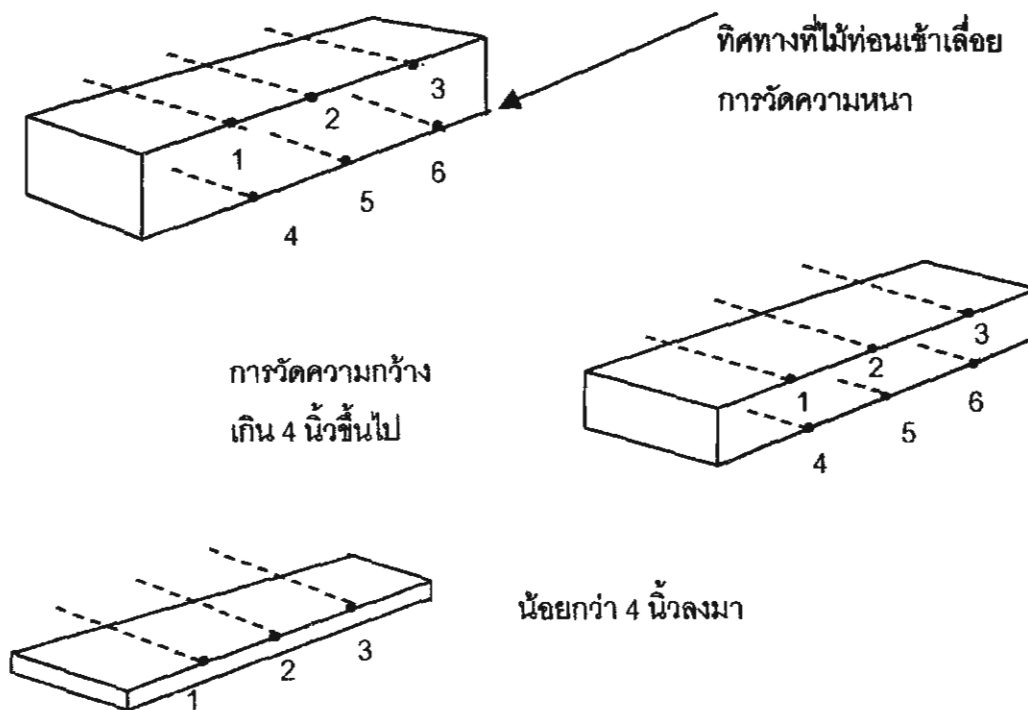
$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรไม้ท่อน} &= 0.783 D^2 L \\
 &= 0.783 \times 0.25^2 \times 1 = 0.048 \text{ ม}^3 \\
 \text{อัตราการแปรรูปไม้} &= \frac{\text{ปริมาตรของไม้แปรรูป}}{\text{ปริมาตรของไม้ท่อน}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0.015}{0.048} \times 100 \\
 &= 31.25\%
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4 การตรวจวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

การตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปเป็นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น สามารถชี้ให้เห็นว่าการทำงานของเครื่องเลื่อยมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร รวมถึงทราบความสัมพันธ์ระหว่าง ผู้ปฏิบัติงานกับอุปกรณ์ที่ใช้ว่า มีการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบดีพอหรือไม่ การตรวจคุณภาพไม้แปรรูปทำการตรวจสอบผิวหน้าโดยใช้แว่นขยาย

ขั้นตอนการดำเนินงานตรวจวัดขนาดไม้แปรรูปมีดังนี้

ขั้นแรก รวบรวมไม้แปรรูปที่ต้องการ ดำเนินการวัดขนาดกว้างหรือหนาจำนวน 6 จุด ดังรูป การวัดความหนา



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดขนาดความกว้างหรือหนาของไม้ตัวอย่าง

ขั้นที่สอง วัดขนาดเฉลี่ยของไม้แปรรูปแต่ละแผ่น

1. ในแต่ละแผ่นคำนวณหาค่าพิสัย (Range) (Rw)

$$\text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}$$

2. คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละแผ่น (Average size) =  $\frac{\text{ผลบวกของค่าทุกค่า}}{\text{จำนวนค่าที่วัด}}$

3. คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม

ค่าพิสัย (Range) (Rw) ของกลุ่มไม้แปรรูปที่วัด

$$\overline{Rw} = \frac{\text{ค่าพิสัยเฉลี่ยของแต่ละแผ่นในกลุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนแผ่นไม้แปรรูปที่วัดของกลุ่ม}}$$

(พิสัยเฉลี่ย)  $\overline{Rb} = \text{ค่าเฉลี่ยของแผ่นไม้มากที่สุด} - \text{ค่าเฉลี่ยของแผ่นไม้น้อยสุด}$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (Average size)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของทุกแผ่นในกลุ่ม}}{\text{จำนวนแผ่นในกลุ่ม}}$$

4. การคำนวณค่าเพื่อทราบขนาดของไม้แปรรูปที่ได้เกิดจากการสันจากสาเหตุใด

การคำนวณหาการพลีของการแปรรูปมีอยู่ 3 ลักษณะคือ

4.1 ค่าความคาดเคลื่อนแต่ละแผ่น

4.2 ค่าความคาดเคลื่อนระหว่างแผ่น

4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของการแปรรูปทั้งหมด

กำหนดให้ St = ค่าความคลาดเคลื่อนของการแปรรูปทั้งหมด

โดยค่า St มีส่วนประกอบ 2 ปัจจัย คือ

Sw = ค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละแผ่น (เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงการแปรรูปมีความแม่นยำหรือถูกต้องเพียงใด)

Sb = ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างแผ่น (เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่สุ่มตรวจวัดมีความถูกต้องของกลุ่มตัวอย่างมากน้อยเพียงใด)

การคำนวณค่า  $S_w$  และ  $S_b$

นำค่า  $\bar{Rw}$  ที่ได้จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของ  $Rw$  ทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมาใช้

ตัวอย่างเช่น 5 กลุ่มตัวอย่าง  $R_{w1} - R_{w5}$

$$\therefore \bar{Rw} = \frac{R_{w1} + R_{w2} + R_{w3} + \dots + R_{w5}}{5}$$

$$R_b = \frac{R_{b1} + R_{b2} + \dots + R_{b5}}{5}$$

$$\therefore S_w = \frac{\bar{Rw}}{d_2} \quad \text{โดยค่า } d_2 = 2.534^*$$

$$S_b = \sqrt{\left(\frac{R_b}{d_2}\right)^2 - \frac{(S_w)^2}{6}} \quad \text{โดยค่า } d_2 = 2.326^*$$

ค่า  $d_2$  = ค่า factor ขนาดของกลุ่มย่อยซึ่งได้แปลงค่าพิสัยเป็นค่า Standard deviation จากตาราง

Factor สำหรับใช้คำนวณค่าควบคุมขนาดจำกัด

| ขนาดตัวอย่าง | $\bar{X}$ Chart | R Chart |       | Estimating<br>$\sigma$ from R<br>$d_2$ |
|--------------|-----------------|---------|-------|----------------------------------------|
|              | $A_2$           | $D_3$   | $D_4$ |                                        |
| 2            | 1.880           | 0       | 3.267 | 1.128                                  |
| 3            | 1.023           | 0       | 2.575 | 1.693                                  |
| 4            | 0.729           | 0       | 2.282 | 2.059                                  |
| 5            | 0.577           | 0       | 2.115 | 2.326*                                 |
| 6            | 0.483           | 0       | 2.004 | 2.534*                                 |
| 7            | 0.419           | 0.076   | 1.924 | 2.704                                  |

$$\text{ค่า } St = \sqrt{S_w^2 + S_b^2}$$

### การแปลค่าเปรียบเทียบความแปรปรวนแต่ละแผ่นและระหว่างแผ่นไม้แปรรูป

ถ้าค่า  $Sw > Sb$  เมื่อค่าความแปรปรวนหรือคลาดเคลื่อนในแผ่นสูงกว่า ต้องตรวจสอบเครื่องเลื่อย และอัตราเร็วของการป้อนไม้เข้าเลื่อยว่าผิดปกติอย่างไร

และถ้าค่า  $Sb > Sw$  ค่าความแปรปรวนหรือคลาดเคลื่อนระหว่างแผ่นสูงกว่า ต้องตรวจสอบชุดทำงานทั้งหมดว่าเกิดจากเครื่องเลื่อยที่ไม่เที่ยงหรือต้องปรับตั้งเครื่องเลื่อยทั้งหมดใหม่

ค่า  $St$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนหรือแปรปรวนของการแปรรูปทั้งหมดเป็นค่าที่ใช้เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของการแปรรูปไม้ ปกติมีการใช้เพียง 1 SD หรือ 2 SD ทั่วไปแล้วนิยมใช้ 2 SD สำหรับไม้แปรรูปเพราะเผื่อขนาดที่ต้องใส่ทั้งด้วย

การกำหนดขนาดของตัวอย่าง (Sample size) โดยใช้ค่า  $Sw$  และ  $Sb$  หลังจากได้ทดลองทำการศึกษาสุ่มค่าครั้งแรก เมื่อได้ค่า  $Sw$  และ  $Sb$  แล้วนำมาพิจารณาจากตารางดังกล่าวข้างล่างนี้

| ค่า $Sw$ จากการวัดสุ่มครั้งแรก | ค่า $Sb$ จากการวัดสุ่มครั้งแรก |           |           |           |          |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                                | $\leq 0.02$                    | 0.02-0.04 | 0.04-0.06 | 0.06-0.08 | $> 0.08$ |
| $\leq 0.02$                    | 13                             | 13        | 25        | 38        | 63       |
| 0.02-0.04                      | 13                             | 13        | 25        | 38        | 63       |
| 0.04-0.06                      | 63                             | 25        | 38        | 50        | 63       |
| 0.06-0.08                      | 63                             | 38        | 38        | 50        | 63       |
| $> 0.08$                       | 63                             | 50        | 50        | 63        | 63       |

ที่มา : WARREN, W.G How to Calculate target thickness from Green Lumber, WFPL Inf. Rep. UP-X-112 P.7

จากการศึกษาสุ่มค่าครั้งแรกกับขนาดไม้ 9.0 X 2.9 ซม. ปรากฏว่า

$Sw$  อยู่ระหว่าง 0.037 – 0.04

และ  $Sb$  อยู่ระหว่าง 0.04 – 0.046

เพราะฉะนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ตรวจวัดอยู่ระหว่าง 13-25 ชิ้น

(สำหรับการทดลองนี้ใช้แผ่นไม้แปรรูปจำนวน 18 ตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างไม้ท่อนที่เข้าแปรรูปได้ขนาดไม้แปรรูปตามต้องการสูงสุดเพียง 18 แผ่น จึงใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจวัดแต่ละครั้ง)

การตรวจสอบผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้จากการวิจัย โดยใช้สายตาสังเกตผิวหน้าไม้แปรรูปว่าเรียบหรือขรุขระอย่างไรบ้าง รวมทั้งใช้แว่นขยาย เพื่อศึกษาลักษณะผิวหน้าที่ผิดปกติไปจากปกติ

#### 4.2.5 การหาพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาเลือกชนิดของใบเลื่อยและวิธีการแปรรูปเพื่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต เนื่องจากค่าพลังงานไฟฟ้ามีผลโดยตรงต่อต้นทุนการแปรรูปไม้ โดยทั่วไปโรงเลื่อยไม้ใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 15-30 แรงม้า โดยโต๊ะผ่าจะใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าโต๊ะซอย หรือใช้มอเตอร์ขนาดเท่ากันทั้งสองโต๊ะเลื่อย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าในการบันทึกเวลา กระแส กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปไม้ โดยแยกแต่ละโต๊ะเลื่อย ตามแผนการวิจัยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 0.32 วินาทีตลอดการปฏิบัติงาน เนื่องจากการแปรรูปไม้แต่ละครั้งเร็วมากโดยเฉพาะที่โต๊ะซอยใช้เวลาประมาณ 0.9-3.0 วินาที และต้องการให้การแปรรูปเป็นไปอย่างต่อเนื่องตามภาวะปกติของการทำงาน จึงใช้วิธีโอบบันทึกภาพในแต่ละครั้งแล้วนำข้อมูลภาพมาพิจารณารวบรวมข้อมูลกำลังไฟฟ้าสำหรับใช้คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูป ข้อมูลที่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าบันทึกไว้จะถูกถ่ายโอนและแปลงเป็นข้อมูลในโปรแกรม Excel และประมวลผลหาค่าพลังงานไฟฟ้า (Wh) ต่อไป

### 4.3 ผลการวิจัยและวิจารณ์

#### 4.3.1 น้ำหนักเปรียบเทียบปริมาณของไม้ท่อน

ผลการสุ่มตัวอย่างขนาดไม้ท่อนยางพารา จำนวน 125 ท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ขนาดละ 25 ท่อน นำไปชั่งน้ำหนัก แต่ละท่อน พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างไม้ท่อน จากจำนวนดังกล่าวมาหาความชื้นในไม้ท่อนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 น้ำหนักของไม้ท่อนยางพารา 1 ตัน มีปริมาตร = 0.948 ม<sup>3</sup> หรือปริมาตรของไม้ท่อนทั้งเปลือก 1 ม<sup>3</sup> มีค่า = 1,054.34 กก. ที่ความชื้นของไม้เฉลี่ย 67.66%

ข้อสังเกต น้ำหนักของไม้ท่อนยางพาราจะเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นของไม้ท่อน การคิดหาอัตราการแปรรูปไม้ โดยใช้น้ำหนักของไม้ท่อนเป็นเกณฑ์ ต้องคำนึงถึงความชื้นของไม้ในขณะดำเนินการด้วย สภาพแต่ละพื้นที่ความชื้นของไม้แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำหนัก (กก.) กับปริมาตร (ม<sup>3</sup>) ของไม้ท่อนยางพาราจำนวน 125 ท่อน ขนาดโตเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือเปลือก ตั้งแต่ 6-10 นิ้ว ยาว 1.05 เมตร ความชื้นไม้ขณะทดลองเฉลี่ย 67.66%

| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง<br>โตเหนือเปลือก (นิ้ว) | ยาว<br>(เมตร) | ปริมาตรทั้งสิ้น<br>(ม <sup>3</sup> ) | น้ำหนักที่ชั่งได้<br>(กก.) |
|----------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 6                                            | 1.02-1.09     | 0.4779                               | 553.12                     |
| 7                                            | 1.02-1.09     | 0.6546                               | 708.12                     |
| 8                                            | 1.02-1.08     | 0.8442                               | 825.37                     |
| 9                                            | 1.02-1.08     | 1.0778                               | 1,070.12                   |
| 10                                           | 1.00-1.08     | 1.3117                               | 1,446.75                   |
| รวมแต่ละขนาด                                 |               | 4.3662                               | 4,603.48                   |

นน.ไม้ท่อน 1 ตัน = 0.9484 ม<sup>3</sup>

หรือ ปริมาตรไม้ทั้งเปลือก 1 ม<sup>3</sup> = 1054.34 กก.

### 4.3.2 อัตราการแปรรูปไม้ (Lumber recovery)

#### ผลการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 1

อัตราการแปรรูปของไม้ท่อนแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 10 นิ้ว ขนาดท่อนละ 8 ท่อน ด้วยวิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ด้วยใบเลื่อยแบบ 1, 2 และ 4 (เดิม) พบว่า การแปรรูปแบบเลื่อยตะของไม้ขนาด 6 – 9 นิ้ว ให้อัตราการแปรรูปไม้มากกว่าแบบแบ่งครึ่ง และแบบตีปอน ส่วนไม้ขนาด 10 นิ้ว การแปรรูปแบบแบ่งครึ่งให้อัตราการแปรรูปไม้สูงกว่า แบบเลื่อยตะ และแบบตีปอน รายละเอียด ตามตารางที่ 4.2 อัตราการแปรรูปไม้ของไม้ท่อนรวมทุกขนาด ด้วยวิธีการเลื่อย ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า การแปรรูปแบบเลื่อยตะให้ผลมากที่สุด คือ 33.28% แบบแบ่งครึ่ง 28.65% และแบบตีปอน 26.21% หากคิดอัตราการแปรรูปไม้ รวมทั้ง 3 วิธี แยกแต่ละขนาดของไม้ท่อน พบว่า ไม้ขนาด 6 – 10 นิ้ว ได้ไม้แปรรูป 20.29, 26.17, 31.16, 32.78 และ 36.51% ตามลำดับ และอัตราการแปรรูปไม้ รวมทุกขนาดและทุกวิธีการแปรรูปเฉลี่ย 29.38% รายละเอียดตามตารางที่ 4.3 ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.2 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 1 แยกตามขนาดไม้และวิธีการแปรรูป

| ขนาด (Size)<br>นิ้ว | วิธีการแปรรูป<br>(Method) | แบบฟันเลื่อย (Type) |       |            | อัตราการแปรรูปเฉลี่ย % |
|---------------------|---------------------------|---------------------|-------|------------|------------------------|
|                     |                           | 1                   | 2     | ของบริษัทย |                        |
| 6"                  | M <sub>0</sub>            | 22.90               | 27.71 | 31.54      | 27.22                  |
|                     | M <sub>1</sub>            | 10.09               | -     | 23.69      | 16.89                  |
|                     | M <sub>2</sub>            | 18.79               | -     | 14.74      | 16.77                  |
| 7"                  | M <sub>0</sub>            | 28.34               | 30.36 | 30.11      | 29.60                  |
|                     | M <sub>1</sub>            | 24.14               | -     | 23.55      | 23.85                  |
|                     | M <sub>2</sub>            | 22.32               | -     | 27.81      | 25.07                  |
| 8"                  | M <sub>0</sub>            | 18.16               | 47.02 | 36.22      | 33.80                  |
|                     | M <sub>1</sub>            | 22.30               | -     | 38.37      | 30.34                  |
|                     | M <sub>2</sub>            | 24.21               | -     | 34.49      | 29.35                  |
| 9"                  | M <sub>0</sub>            | 29.74               | 44.09 | 45.36      | 39.73                  |
|                     | M <sub>1</sub>            | 22.25               | -     | 27.64      | 24.95                  |
|                     | M <sub>2</sub>            | 33.11               | -     | 34.23      | 33.67                  |
| 10"                 | M <sub>0</sub>            | 36.49               | 38.99 | 32.70      | 36.06                  |
|                     | M <sub>1</sub>            | 34.80               | -     | 35.32      | 35.06                  |
|                     | M <sub>2</sub>            | 41.54               | -     | 35.29      | 38.42                  |

ตารางที่ 4.3 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 1

| ขนาด $\phi$<br>ไม้ท่อน<br>นิ้ว | อัตราการแปรรูปไม้ % |          |              |        |
|--------------------------------|---------------------|----------|--------------|--------|
|                                | วิธีการแปรรูป       |          |              | เฉลี่ย |
|                                | แบบเลื่อยตะ         | แบบตีปอน | แบบแบ่งครึ่ง |        |
| 6                              | 27.22               | 16.89    | 16.77        | 20.29  |
| 7                              | 29.60               | 23.85    | 25.07        | 26.17  |
| 8                              | 33.80               | 30.34    | 29.35        | 31.16  |
| 9                              | 39.73               | 24.95    | 33.67        | 32.78  |
| 10                             | 36.06               | 35.06    | 38.42        | 36.51  |
| เฉลี่ย                         | 33.28               | 26.21    | 28.65        | 29.38  |

#### ผลการวิจัยแปรรูปไม้ครั้งที่ 2

อัตราการแปรรูปไม้แยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 – 10 นิ้ว ขนาดละ 5 ท่อน ด้วยวิธีการแปรรูปแบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ด้วยใบเลื่อยแบบ 1, 2, 3 และ 4 (แบบเดิม) พบว่า ไม้ท่อนขนาด 6 นิ้ว การแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปมากที่สุด 38.92% แบบเลื่อยตะ 32.40% แบบแบ่งครึ่ง 29.56% ไม้ท่อนขนาด 7 นิ้ว ทั้ง 3 แบบให้อัตราการแปรรูปไม่แตกต่างกัน 34% ไม้ท่อนขนาด 8 นิ้ว การเลื่อยแบบแบ่งครึ่งให้อัตราการแปรรูปมากกว่า แบบเลื่อยตะ และแบบตีปอน คือ 41.76, 40.16 และ 38.98% ตามลำดับ ไม้ท่อนขนาด 9 นิ้ว การแปรรูปแบบเลื่อยตะ ให้อัตราการแปรรูป 44.35% แบบแบ่งครึ่ง 38.23% และแบบตีปอน 37.50% สำหรับไม้ขนาด 10 นิ้ว นั้น การแปรรูปแบบเลื่อยตะให้อัตราการแปรรูป 44.88% แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ให้ผลผลิตเท่ากัน คือ 41% รายละเอียดตามตารางที่ 4.4

อัตราการแปรรูปไม้ของไม้ท่อนรวมทุกขนาดด้วยการแปรรูปทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบเลื่อยตะ ให้อัตราการแปรรูปไม้ 39.32% แบบตีปอน 38.39% และแบบแบ่งครึ่ง 37.08% หากคิด อัตราการแปรรูปไม้รวมทั้ง 3 แบบ แยกแต่ละขนาดของไม้ท่อน พบว่า ขนาดไม้ท่อน 6 – 10 นิ้ว ให้ผลผลิต 33.63, 34.69, 40.30, 40.02 และ 42.68% ตามลำดับ และอัตราการแปรรูปไม้รวมทุกขนาดและทุกแบบ เฉลี่ย 38.26% รายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 2 แยกตามขนาดไม้และวิธีการแปรรูปด้วยใบเลื่อย  
4 แบบ

| ขนาด<br>(Size) | วิธีการแปรรูป<br>(Method) | แบบฟันเลื่อย (Type) |       |       |       | อัตราการแปรรูป % |
|----------------|---------------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------|
|                |                           | 1                   | 2     | 3     | 4     |                  |
| 6"             | M <sub>0</sub>            | 26.37               | 34.17 | 32.53 | 36.54 | 32.40            |
|                | M <sub>1</sub>            | 36.33               | 40.69 | 39.50 | 39.17 | 38.92            |
|                | M <sub>2</sub>            | 27.72               | 27.98 | 28.28 | 34.29 | 29.56            |
| 7"             | M <sub>0</sub>            | 25.62               | 37.39 | 33.61 | 42.71 | 34.69            |
|                | M <sub>1</sub>            | 31.95               | 40.42 | 30.87 | 36.10 | 34.83            |
|                | M <sub>2</sub>            | 40.11               | 30.06 | 33.0  | 34.48 | 34.41            |
| 8"             | M <sub>0</sub>            | 35.57               | 38.86 | 47.13 | 39.11 | 40.16            |
|                | M <sub>1</sub>            | 37.33               | 40.03 | 34.09 | 44.49 | 38.98            |
|                | M <sub>2</sub>            | 46.97               | 40.04 | 36.59 | 43.44 | 41.76            |
| 9"             | M <sub>0</sub>            | 42.34               | 47.70 | 45.98 | 41.38 | 44.35            |
|                | M <sub>1</sub>            | 35.05               | 38.28 | 36.78 | 39.89 | 37.50            |
|                | M <sub>2</sub>            | 37.80               | 40.11 | 32.77 | 42.25 | 38.23            |
| 10"            | M <sub>0</sub>            | 40.89               | 46.08 | 44.23 | 48.33 | 44.88            |
|                | M <sub>1</sub>            | 35.68               | 42.83 | 43.11 | 45.28 | 41.72            |
|                | M <sub>2</sub>            | 33.07               | 43.94 | 41.29 | 47.51 | 41.45            |

ตารางที่ 4.5 อัตราการแปรรูปไม้จากการวิจัยครั้งที่ 2

| ขนาด $\phi$ ไม้<br>ท่อน<br>นิ้ว | อัตราการแปรรูปไม้ % |          |              |        |
|---------------------------------|---------------------|----------|--------------|--------|
|                                 | วิธีการแปรรูป       |          |              | เฉลี่ย |
|                                 | แบบเลื่อยตะ         | แบบตีปอน | แบบแบ่งครึ่ง |        |
| 6                               | 32.40               | 38.92    | 29.56        | 33.63  |
| 7                               | 34.83               | 34.83    | 34.41        | 34.69  |
| 8                               | 40.16               | 38.98    | 41.76        | 40.30  |
| 9                               | 44.35               | 37.50    | 38.23        | 40.02  |
| 10                              | 44.88               | 41.72    | 41.45        | 42.68  |
| เฉลี่ย                          | 39.32               | 38.39    | 37.08        | 38.26  |

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้ พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ท่อนมีผลต่ออัตราการแปรรูปไม้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Very highly significant) ตารางที่ 4.6 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีของดันแคน (Duncan's new multiple range test, DMRT) ตารางที่ 11 ปรากฏว่าอัตราการแปรรูปไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งขนาดไม้ท่อน  $\phi$  6-7 นิ้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 33.63 -34.69% กับกลุ่มที่สองขนาดไม้ท่อน  $\phi$  8-10 นิ้ว มีค่าอยู่ระหว่าง 40.02-42.68%

วิธีการแปรรูปไม้ทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ, แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ให้อัตราการแปรรูปไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าอยู่ระหว่าง 37.08-39.32% ส่วนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของขนาดไม้ท่อน ( $\phi$ ) กับวิธีการแปรรูปไม้ (ตารางที่ 4.6) ปรากฏว่าอัตราการแปรรูปไม้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอัตราการแปรรูปไม้ที่ขนาดไม้ท่อนเดียวกันกับการแปรรูปทั้ง 3 แบบ ตามวิธีของดันแคน (DMRT) ปรากฏว่าไม้ท่อนขนาด  $\phi$  6 นิ้ว ให้การแปรรูปแบบตีปอน ให้อัตราการแปรรูปได้ดีกว่าแบบเลื่อยตะ และแบบแบ่งครึ่ง ส่วนขนาดไม้ท่อน  $\phi$  7, 8, 9 และ 10 นิ้ว การแปรรูปทั้ง 3 แบบ ให้อัตราการแปรรูปไม้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.8)

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของขนาดไม้ท่อน

$$CV(a) = \frac{\sqrt{\frac{\text{Error}(a)MS}{\bar{Y}}}}{\bar{Y}} \times 100\% = \frac{\sqrt{8.33}}{38.26} = 7.54\%$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของการแปรรูปไม้

$$CV(b) = \frac{\sqrt{\frac{\text{Error}(b)MS}{\bar{Y}}}}{\bar{Y}} \times 100\% = \frac{16.12}{38.26} = 10.49\%$$

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการแปรรูปไม้

| Sov.       | Df. | SS.     | MS     | F-value | Sig.level           |
|------------|-----|---------|--------|---------|---------------------|
| Block      | 3   | 252.75  | 84.25  | 5.22    | 0.0051              |
| Size (S)   | 4   | 732.57  | 183.14 | 21.97   | .0001***            |
| Error (a)  | 12  | 100.02  | 8.33   | 0.52    | 0.8870              |
| Method (M) | 2   | 50.78   | 25.36  | 1.57    | .2241 <sup>ns</sup> |
| Sxm        | 8   | 291.59  | 36.44  | 2.26    | .0506 <sup>*</sup>  |
| Error (b)  | 30  | 483.84  | 16.12  |         |                     |
| Total      | 59  | 1911.53 |        |         |                     |

$$CV(a) = 7.54\%$$

$$CV(b) = 10.49\%$$

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าอัตราแปรรูปไม้เฉลี่ยกับขนาดไม้ท่อน ( $\phi$ ) โดยวิธีของดันแคน (DMRT) (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

| ขนาดไม้ท่อน $\phi$<br>นิ้ว | อัตราการแปรรูปไม้ %<br>(เฉลี่ย) |
|----------------------------|---------------------------------|
| 6                          | 33.63 ก                         |
| 7                          | 34.69 ก                         |
| 9                          | 40.02 ข                         |
| 8                          | 40.30 ข                         |
| 10                         | 42.68 ข                         |

(ก, ข) ค่าเฉลี่ยของอัตราการแปรรูปไม้ เพื่อแสดงค่าเฉลี่ยที่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญจะใช้อักษรร่วมกัน จากตารางที่ 4.7 ขนาดไม้ท่อน  $\phi$  6 กับ 7 นิ้ว ใช้ ก ร่วมกัน จึงไม่แตกต่างกันและขนาดไม้ท่อน  $\phi$  8, 9 และ 10 นิ้ว ใช้ ข ร่วมกันจึงไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ยที่ขนาดไม้ท่อน  $\phi$  เดียวกันกับวิธีการแปรรูป 3 แบบ

|               |                | ขนาดไม้ท่อน( $\phi$ ) นิ้ว |        |        |        |        |        |                                    |
|---------------|----------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------------|
|               |                | 6                          | 7      | 8      | 9      | 10     |        |                                    |
| วิธีการแปรรูป | M <sub>0</sub> | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | 39.32% | อัตราการแปรรูป<br>เฉลี่ยแยกตามวิธี |
|               | M <sub>1</sub> | *                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | 38.39% |                                    |
|               | M <sub>2</sub> | ✓                          | ✓      | ✓      | ✓      | ✓      | 37.08% |                                    |
|               |                |                            | 33.63% | 34.69% | 40.30% | 40.02% | 42.68% |                                    |

อัตราการแปรรูป  
เฉลี่ยแยกตามขนาด

\* แตกต่างกัน

✓ ไม่แตกต่างกัน

### 4.3.3 การวัดขนาดและคุณภาพไม้แปรรูป

ผลการตรวจวัดขนาดความหนาของไม้ยางพาราแปรรูป จากการวิจัยโดยใช้เลื่อยแบบ 1, แบบ 2, แบบ 3, และแบบ 4 (เดิม) ผลการแปรรูปทั้ง 4 ครั้ง พบว่าขนาดไม้แปรรูปมีความแปรปรวนเมื่อเปรียบเทียบภายในแผ่นเดียวกัน ( $S_w$ ) และต่างแผ่นแต่ละกลุ่ม ( $S_b$ ) ขนาดความหนาของไม้แปรรูปเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.77-3.01 ซม. มีทั้งมากกว่าและน้อยกว่าขนาดที่ต้องการ คือ 2.90 ซม.

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดขนาดไม้แปรรูป จากใบเลื่อย 4 แบบ

| ใบเลื่อย | $S_w$ | $S_b$ | $St$  | $\bar{X}$ |             |
|----------|-------|-------|-------|-----------|-------------|
| แบบ 1    | 0.042 | 0.078 | 0.062 | 3.00      | $S_b > S_w$ |
| แบบ 2    | 0.041 | 0.032 | 0.053 | 2.77      | $S_w > S_b$ |
| แบบ 3    | 0.041 | 0.032 | 0.053 | 2.84      | $S_w > S_b$ |
| แบบ 4    | 0.047 | 0.048 | 0.067 | 3.01      | $S_b > S_w$ |

$S_w$  - ค่าความเบี่ยงเบนภายในแผ่นไม้

$S_b$  - ค่าความเบี่ยงเบนขนาดของกลุ่มไม้

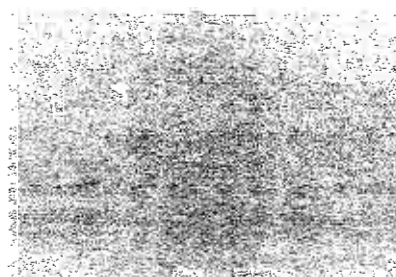
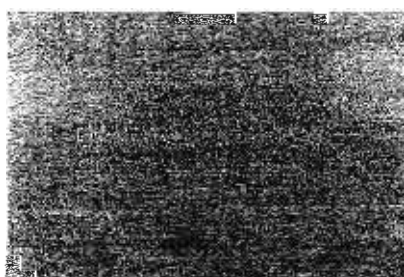
$\bar{X}$  - ขนาดความหนาของไม้แปรรูป

ค่า  $S_w > S_b$  แสดงว่าใบเลื่อย เครื่องเลื่อย และการป้อนไม้ไม่เที่ยงตรง

$S_b > S_w$  แสดงว่าการแปรรูปไม่มั่นคงและขนาดที่ตั้งไม้ปกติควรตรวจสอบกระบวนการแปรรูปทั้งหมด

$St$  - ค่าความเบี่ยงเบนรวมทั้งสิ้น

คุณภาพของไม้แปรรูปมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นธรรมชาติของเนื้อไม้ที่มีอายุน้อยและตำแหน่งของท่อนในต้นแตกต่างกันไป ผิวหน้าไม้แปรรูปมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอเนื่องจากการสั่นไหวของใบเลื่อย สาเหตุเพราะเครื่องเลื่อยมีการบำรุงรักษาน้อย ปะกับใบเลื่อยตัวบนและล่างไม่อยู่ในแนวตั้งเดียวกัน ทำให้พื้นเลื่อยปรากฏอยู่บนแผ่นไม้ไม่เป็นแนวเดียวกัน อีกสาเหตุที่สำคัญคือ คลองเลื่อยที่คัดพื้นเลื่อยทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ทำให้ผิวหน้าไม้เป็นริ้วได้เช่นกัน ดังนั้นคุณภาพผิวหน้าไม้เกิดจากข้อผิดพลาดในการตั้งเครื่องเลื่อย และการบำรุงรักษาพื้นเลื่อยและใบเลื่อยไม่ดีเท่าที่ควร



รูปที่ 4.7 ผิวหน้าไม้แปรรูปที่ได้

#### 4.3.4 พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูป

การแปรรูปไม้ยางพาราด้วยใบเลื่อยสายพาน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้หมุนตัวเปล่าและส่วนที่ใช้แปรรูปไม้ ทั้งนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าขณะแปรรูปไม้ขึ้นกับองค์ประกอบพื้นของใบเลื่อย ความหนาของไม้ที่ผ่านใบเลื่อย และความเร็วของการป้อนไม้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการแปรรูปเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาเลือกรูปแบบของฟันเลื่อย โครงการวิจัยนี้จึงได้แปรรูปไม้ท่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว และ 10 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ด้วยวิธีการเลื่อยตะ(Through and Through) อย่างละ 5 ท่อน ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ ผลการวิจัยได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.10 และแปรรูปไม้ที่ความหนาคงที่ คือ 1/2" 1" 2" 3" และ 4" ผลการวิจัยได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ผลการศึกษารูปแบบฟันเลื่อยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไร โดยแสดงให้เห็นว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบ 1, 3 และ 4 โดยใบเลื่อยแบบที่ 4 เป็นใบเลื่อยที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด การวิจัยครั้งนี้ได้แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ในตารางที่ 4.10 พบว่าการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ใช้พลังงานเท่ากับ 242.1 Wh และ 274.9 Wh ตามลำดับ โดยใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 11.9% และในการแปรรูปไม้ท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 ใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 523.0 Wh และ 713.9 Wh ตามลำดับ ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 26.7% การวิจัยครั้งนี้ใช้การป้อนไม้ด้วยความเร็วที่ไม่แตกต่างกันมาก กล่าวคือมีค่าประมาณ 27 – 30 เมตรต่อนาที

ส่วนผลการวิจัยแปรรูปไม้แปรรูปความยาว 1 เมตร ที่ความหนาต่าง ๆ 1/2" 1" 2" 3" และ 4" พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 ประมาณ 9 – 50% ดังแสดงในตารางที่ 4.11

การแปรรูปทั้ง 2 โต๊ะเลื่อยใช้ไม้ท่อนจำนวน 25 ท่อน โดยการเลื่อยตะที่โต๊ะเลื่อย 1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 กับใบเลื่อยแบบที่ 4 ดังในตารางที่ 4.12 พบว่า ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของใบเลื่อยแบบที่ 2 และใบเลื่อยแบบที่ 4 มีค่าเท่ากับ 27.511 kWh/m<sup>3</sup> และ 28.622 kWh/m<sup>3</sup> ตามลำดับดังในตารางที่ 4.13 เช่นกัน ดังนั้นการแปรรูปให้ไม้แปรรูปจำนวน 1 ลบ.เมตร โดยการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 จะประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าการใช้ใบเลื่อยแบบที่ 4 เท่ากับ 1.11 kWh/m<sup>3</sup> (4.04%)

ตารางที่ 4.10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ท่อนยาวพารขนาด 7" และ 10" ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ

| วิธีการแปรรูป M0<br>จำนวนไม้ท่อน 5 ท่อน | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh) |                   |                  |                   |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|                                         | ใบเลื่อยแบบที่ 1        | ใบเลื่อยแบบที่ 2* | ใบเลื่อยแบบที่ 3 | ใบเลื่อยแบบที่ 4* |
| ไม้ท่อนขนาด 7"                          |                         |                   |                  |                   |
| เวลาเฉลี่ยที่ใช้ (s)                    | 76                      | 70                | 80               | 71                |
| ความเร็วป้อนไม้ (m/min)                 | 27                      | 30                | 27               | 28                |
| กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)                   | 13.3                    | 12.3              | 12.6             | 13.6              |
| พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)                 | 285.6                   | 242.1             | 282.8            | 274.9             |
| ไม้ท่อนขนาด 10"                         |                         |                   |                  |                   |
| เวลาเฉลี่ยที่ใช้ (s)                    | 100                     | 93                | 98               | 108               |
| ความเร็วป้อนไม้ (m/min)                 | 27                      | 31                | 29               | 26                |
| กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)                   | 20.0                    | 21.0              | 20.1             | 23.6              |
| พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)                 | 545.7                   | 523.0             | 546.1            | 713.9             |

หมายเหตุ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเลื่อยตะเภาใบเลื่อยที่ 1 พบว่า ใบเลื่อยแบบที่ 2 ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใบเลื่อยแบบที่ 4 ในการแปรรูปไม้ท่อน 7 นิ้ว จำนวน 5 ท่อน เท่ากับ 32.8 Wh (11.9%) และในการแปรรูปไม้ท่อน 10 นิ้ว จำนวน 5 ท่อน เท่ากับ 190.9 Wh (26.7%)

ตารางที่ 4.11 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้ยาวพารขนาดต่าง ๆ ด้วยใบเลื่อย 4 แบบ

| ความหนาไม้ยาวพาร | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh) |                   |                  |                   |
|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|                  | ใบเลื่อยแบบที่ 1        | ใบเลื่อยแบบที่ 2* | ใบเลื่อยแบบที่ 3 | ใบเลื่อยแบบที่ 4* |
| 1/2"             | 1.969                   | 1.086             | 1.252            | 2.188             |
| 1"               | 2.282                   | 1.659             | 1.496            | 2.034             |
| 2"               | 3.504                   | 2.699             | 2.132            | 2.997             |
| 3"               | 4.858                   | 3.894             | 3.905            | 5.055             |
| 4"               | 6.101                   | 4.595             | 5.537            | 6.900             |

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าและเวลาในการแปรรูปแบบเลื่อยตะ ของใบเลื่อยแบบที่ 2 และ 4

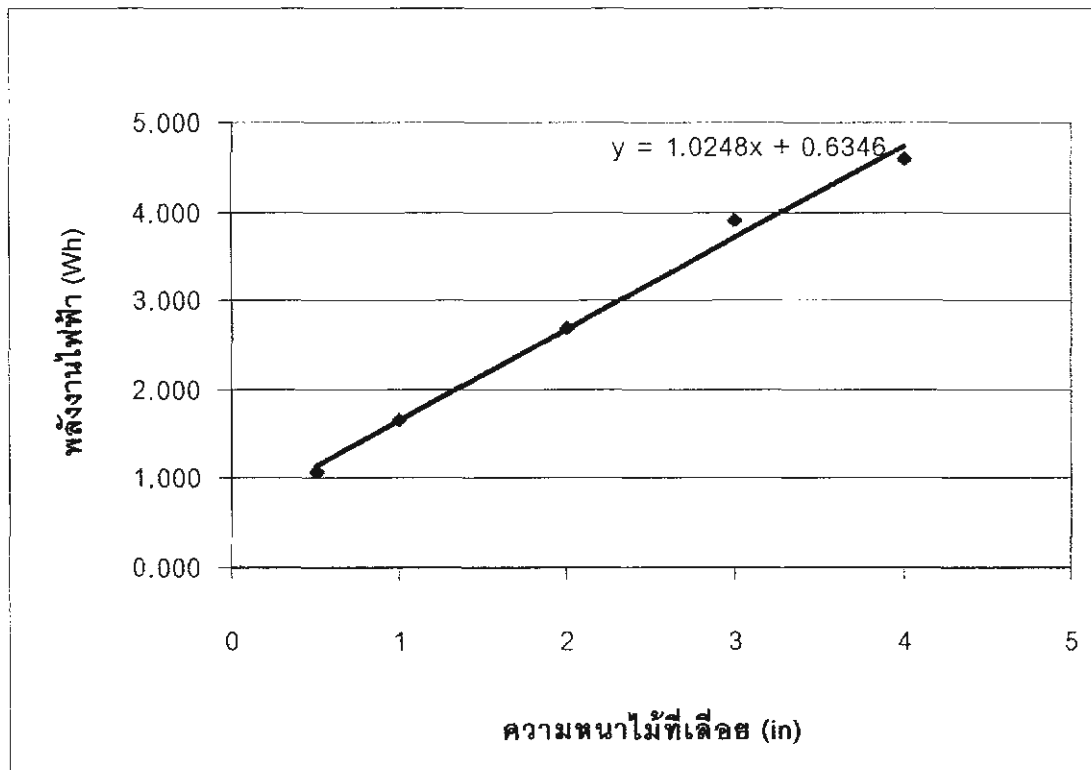
| ชนิดของใบเลื่อย                               | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ท่อนยางพารา |         |         |         |         | รวม      |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                                               | 6"                                     | 7"      | 8"      | 9"      | 10"     |          |
| ใบเลื่อยแบบที่ 2                              |                                        |         |         |         |         |          |
| พลังงานไฟฟ้า (Wh) โต๊ะเลื่อยที่ 1             | 187.354                                | 242.098 | 330.718 | 424.615 | 496.593 | 1681.378 |
| พลังงานไฟฟ้า (Wh) โต๊ะเลื่อยที่ 2             | 56.868                                 | 73.543  | 105.087 | 96.65   | 127.701 | 49.849   |
| พลังงานไฟฟ้ารวม (Wh)                          | 244.222                                | 315.641 | 435.805 | 521.265 | 624.294 | 2141.227 |
| ปริมาตรไม้แปรรูป (m <sup>3</sup> )            | 0.0393                                 | 0.0543  | 0.0733  | 0.1122  | 0.1276  | 0.4067   |
| ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/m <sup>3</sup> ) | 6.214                                  | 5.813   | 5.945   | 4.646   | 4.893   | 27.511   |
| เวลาที่ใช้เลื่อย (s) โต๊ะเลื่อยที่ 1          | 54                                     | 70      | 89      | 102     | 116     | 431      |
| เวลาที่ใช้เลื่อย (s) โต๊ะเลื่อยที่ 2          | 32                                     | 44      | 50      | 57      | 75      | 258      |
| เวลาที่ใช้เลื่อยรวม (s)                       | 86                                     | 115     | 139     | 159     | 190     | 690      |
| ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย (min / m <sup>3</sup> ) | 36.6                                   | 35.2    | 31.1    | 23.6    | 24.8    | 28.3     |
| ใบเลื่อยแบบที่ 4                              |                                        |         |         |         |         |          |
| พลังงานไฟฟ้า (Wh) โต๊ะเลื่อยที่ 1             | 183.369                                | 274.944 | 314.431 | 439.263 | 565.551 | 1777.558 |
| พลังงานไฟฟ้า (Wh) โต๊ะเลื่อยที่ 2             | 51.054                                 | 96.673  | 79.844  | 146.16  | 150.256 | 523.987  |
| พลังงานไฟฟ้ารวม (Wh)                          | 234.423                                | 371.617 | 394.275 | 585.423 | 715.807 | 2301.545 |
| ปริมาตรไม้แปรรูป (m <sup>3</sup> )            | 0.0391                                 | 0.0583  | 0.0735  | 0.099   | 0.1439  | 0.4138   |
| ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/m <sup>3</sup> ) | 5.995                                  | 6.374   | 5.364   | 5.913   | 4.974   | 28.622   |
| เวลาที่ใช้เลื่อย (s) โต๊ะเลื่อยที่ 1          | 52                                     | 71      | 74      | 106     | 125     | 428      |
| เวลาที่ใช้เลื่อย (s) โต๊ะเลื่อยที่ 2          | 26                                     | 46      | 41      | 69      | 86      | 268      |
| เวลาที่ใช้เลื่อยรวม (s)                       | 78                                     | 117     | 118     | 175     | 211     | 696      |
| ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย (min / m <sup>3</sup> ) | 33.2                                   | 33.4    | 26.1    | 29.5    | 24.4    | 28.0     |

ตารางที่ 4.13 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้เวลาในการปรับปรุงไม้ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2

| วิธีแปรรูป              | ขนาดไม้ท่อน | ปริมาตรไม้แปรรูป<br>m <sup>3</sup> | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้<br>(ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า) | Wh  | เวลาที่ใช้เฉพาะตอนเลื่อย<br>(ไม่รวมเดินเครื่องเปล่า) (s) |                 | ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า<br>ต่อปริมาตรไม้แปรรูป<br>(kWh/m <sup>3</sup> ) | ดัชนีการใช้เวลาเลื่อย<br>ต่อปริมาตรไม้แปรรูป (s/m <sup>3</sup> ) |                 |
|-------------------------|-------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                         |             |                                    |                                                |     | โต๊ะเลื่อยที่ 1                                          | โต๊ะเลื่อยที่ 2 |                                                                         | โต๊ะเลื่อยที่ 1                                                  | โต๊ะเลื่อยที่ 2 |
| แบบเลื่อยตะ (M0)        |             |                                    |                                                |     |                                                          |                 |                                                                         |                                                                  |                 |
|                         | 6"          | 0.0393                             | 244.222                                        | 54  | 32                                                       |                 | 6.214                                                                   | 1374                                                             | 814             |
|                         | 7"          | 0.0543                             | 315.641                                        | 70  | 44                                                       |                 | 5.813                                                                   | 1289                                                             | 810             |
|                         | 8"          | 0.0733                             | 435.805                                        | 89  | 50                                                       |                 | 5.945                                                                   | 1214                                                             | 682             |
|                         | 9"          | 0.1122                             | 521.265                                        | 102 | 57                                                       |                 | 4.646                                                                   | 909                                                              | 508             |
|                         | 10"         | 0.1276                             | 624.294                                        | 116 | 75                                                       |                 | 4.893                                                                   | 909                                                              | 588             |
|                         | รวม         | 0.4067                             | 2141.227                                       | 431 | 258                                                      |                 | 27.511                                                                  | 5696                                                             | 3402            |
| แบบเลื่อยตีป้อน (M1)    |             |                                    |                                                |     |                                                          |                 |                                                                         |                                                                  |                 |
|                         | 6"          | 0.0442                             | 237.178                                        | 43  | 49                                                       |                 | 5.366                                                                   | 973                                                              | 1109            |
|                         | 7"          | 0.0574                             | 274.449                                        | 45  | 58                                                       |                 | 4.781                                                                   | 784                                                              | 1010            |
|                         | 8"          | 0.0757                             | 396.158                                        | 47  | 91                                                       |                 | 5.233                                                                   | 621                                                              | 1202            |
|                         | 9"          | 0.0889                             | 459.126                                        | 58  | 99                                                       |                 | 5.165                                                                   | 652                                                              | 1114            |
|                         | 10"         | 0.1363                             | 660.526                                        | 77  | 145                                                      |                 | 4.846                                                                   | 565                                                              | 1064            |
|                         | รวม         | 0.4025                             | 2027.437                                       | 270 | 442                                                      |                 | 25.391                                                                  | 3595                                                             | 5499            |
| แบบเลื่อยแบ่งครึ่ง (M2) |             |                                    |                                                |     |                                                          |                 |                                                                         |                                                                  |                 |
|                         | 6"          | 0.0295                             | 217.145                                        | 52  | 29                                                       |                 | 7.361                                                                   | 1763                                                             | 983             |
|                         | 7"          | 0.0405                             | 280.147                                        | 67  | 41                                                       |                 | 6.917                                                                   | 1654                                                             | 1012            |
|                         | 8"          | 0.0728                             | 444.851                                        | 100 | 76                                                       |                 | 6.111                                                                   | 1374                                                             | 1044            |
|                         | 9"          | 0.0864                             | 488.943                                        | 115 | 60                                                       |                 | 5.659                                                                   | 1331                                                             | 694             |
|                         | 10"         | 0.1213                             | 598.314                                        | 124 | 68                                                       |                 | 4.933                                                                   | 1022                                                             | 561             |
|                         | รวม         | 0.3505                             | 2029.4                                         | 458 | 274                                                      |                 | 30.980                                                                  | 7144                                                             | 4294            |

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.10 4.11 4.12 และ 4.13 แสดงให้เห็นว่าใบเลื่อยแบบที่ 2 ถือได้ว่าเป็นรูปแบบใบเลื่อยที่ดีที่สุด จากการศึกษาคุณลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการแปรรูปโดยใช้ใบเลื่อยแบบที่ 2 แปรรูปไม้ท่อนทั้ง 3 แบบ คือ แบบเลื่อยตะ (M0) แบบตีปอน (M1) และแบบแบ่งครึ่ง (M2) ใช้ไม้ท่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 6" 7" 8" 9" และ 10" จำนวนอย่างละ 5 ท่อน ข้อมูลในตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า แบบเลื่อยตะ แบบตีปอน และแบบแบ่งครึ่ง ใช้พลังงานไฟฟ้า 27.511 kWh/m<sup>3</sup> 25.391 kWh/m<sup>3</sup> และ 30.980 kWh/m<sup>3</sup> ตามลำดับ สรุปได้ว่าการแปรรูปแบบตีปอนเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าวิธีอื่น เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม้ยังพาราเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการวางแผนการผลิต โดยพิจารณาจากดัชนีการใช้เวลา คือ สัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการแปรรูปต่อปริมาตรไม้ จากข้อมูลของการแปรรูปไม้ด้วยใบเลื่อยแบบที่ 2 จำนวน 25 ท่อน ในตารางที่ 4.13 พบว่า แบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่งใช้เวลาในการแปรรูปไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 มากกว่าการซอยไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 แต่การแปรรูปแบบตีปอนใช้เวลาในการแปรรูปไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 1 (59.9 min/m<sup>3</sup>) น้อยกว่าซอยไม้ที่โต๊ะเลื่อยที่ 2 (91.7 min/m<sup>3</sup>) เท่ากับ 31.7 min/m<sup>3</sup> เราสามารถลดเวลาในการแปรรูปไม้ โดยเลือกใช้วิธีการแปรรูปแบบตีปอนและเพิ่มโต๊ะซอยอีกหนึ่งโต๊ะรวมเป็น 3 โต๊ะเลื่อยต่อ 1 ชุดการแปรรูป จะใช้เวลาสำหรับการแปรรูปไม้ทั้งหมด 59.9 min/m<sup>3</sup> ต่อ 1 ชุดโต๊ะเลื่อย (เป็นเวลาที่ใช้เฉพาะในการแปรรูปไม้เท่านั้น ไม่รวมเวลาที่เครื่องเดินตัวเปล่า) หากใช้โต๊ะเลื่อย 2 โต๊ะต่อ 1 ชุดโต๊ะเลื่อย การแปรรูปแบบเลื่อยตะและแบบแบ่งครึ่ง จะใช้เวลาในการแปรรูป 94.9 min/m<sup>3</sup> และ 119.91 min/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ใช้เวลามากกว่าการแปรรูปแบบตีปอน ที่ใช้โต๊ะเลื่อย 3 โต๊ะ อย่างไรก็ตามการแปรรูปแบบตีปอนด้วยโต๊ะเลื่อย 3 เครื่อง สามารถลดเวลาการแปรรูป ลงได้ 31.7 min/m<sup>3</sup> แต่ก็ต้องเพิ่มแรงงานอีก 2 คน ดังนั้นต้องพิจารณาความเหมาะสมอีกครั้ง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการแปรรูปไม้มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรงกับความหนาของไม้ที่เลื่อย จากข้อมูลการแปรรูปไม้ความยาว 1 เมตร ที่มีความหนา  $\frac{1}{2}$ " 1" 2" 3" และ 4" พบว่า มีความสัมพันธ์ดังนี้  $y = 1.0248x + 0.6346$  เมื่อ  $y =$  ค่าพลังงานไฟฟ้า (Wh) และ  $x =$  ความหนาไม้ (in) ดังในรูป



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของพลังงานไฟฟ้ากับความหนาของไม้ สำหรับใบเลื่อยแบบที่ 2 (ไม้มีความยาว 1 เมตร)