# การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

# DESIGN AND FABRICATION OF ANIMAL FEED MIXING AND PELLETING MACHINE

เอกพัน สุขมูลศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

เอกพัน สุขมูลศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

This thesis consists of research materials conducted at the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi and hence the copyright owner. I hereby certify that the thesis does not contain any forms of plagiarism.

เอกพัน สุขบูรสิริ

(เอกพัน สุขบูรสิริ)

COPYRIGHT © 2022
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

ลิขสิทธิ์ พ.ศ. (2565)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด<br>Design and Fabrication of Animal Feed Mixing and Pelleting Machine |
| **ชื่อ – นามสกุล** | นายเอกพัน สุขมูลศิริ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng. |
| **ปีการศึกษา** | 2564 |

---

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

........................................ ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

........................................ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประชา บุณยวานิชกุล, Ph.D.)

........................................ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

........................................ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

........................................ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)
วันที่ 25 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2565

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด
ชื่อ-นามสกุล เอกพัน สุขมูลศิริ
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.
ปีการศึกษา 2564

# บทคัดย่อ


งานการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดและวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องต้นแบบ ประโยชน์ของเครื่องต้นแบบช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ลดพื้นที่ในการเก็บรักษาอาหารสัตว์ และได้อาหารสัตว์อัดเม็ดที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการของสัตว์เลี้ยง ช่วยให้สัตว์เลี้ยงเติบโต และมีสุขภาพดี

เครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วนได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด ศึกษาความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที สูตรอาหารสัตว์ที่ศึกษาจำนวน 3 สูตร โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบบเม็ด การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า จุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุน

ผลการทดสอบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการอัดเม็ดอาหารสัตว์เฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 95 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,017 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 300 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.1 ปี



**คำสำคัญ** : อาหารสัตว์แบบเม็ด การลดขนาด การผสม การอัดขึ้นรูป

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Design and Fabrication of Animal Feed Mixing and Pelleting Machine |
| **Name-Surname** | Mr. Ekkapan Sukmoonsiri |
| **Program** | Agricultural Machinery Engineering |
| **Thesis Advisor** | Associate Professor Roongruang Kalsirisilp, D.Eng. |
| **Academic Year** | 2021 |

# ABSTRACT


This research aimed to fabricate and test the prototype of the animal feed mixing and pelleting machine, and analyze the feasibility of the prototype in terms of engineering economy. The benefits of the prototype allow farmers to reduce production costs which could result in more income, reducing space for storage for animal feed as well as attaining quality of animal feed pellet that meets the needs of the livestock. This could finally help the animals grow healthily.

The animal feed mixing and pelleting machine consists of four main parts; steel frame, raw material grinding unit, raw material mixing unit and pellet extruding unit. The test speed of the motor was selected at 1,100, 1,430 and 1,750 rpm. Three formulas of animal feed were used for this study. The performance parameters studied were processing capacity, percentage recovery, electrical consumption, break-even point and payback period.

The performance test of the animal feed mixing and pelleting machine showed that the optimum speed was 1,750 rpm. The percentage recovery of the machine was 83%. The average processing capacity was 23 kg/h. The economic analysis further showed that the operation cost of the machine was 95 Baht per hour with the break-even point of 3,017 kilograms per year. When considering the working hour of 300 hours per year, the payback period of the machine was 2.1 years.



**Keywords**: animal feed pellet, size reducing, mixing, pelleting.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประชา บุณยวานิชกุล ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ดลหทัย ชูเมฆา ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัยตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

เอกพัน สุขมูลศิริ


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย....(3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....(4)

กิตติกรรมประกาศ....(5)

สารบัญ....(6)

สารบัญตาราง....(8)

สารบัญรูป....(9)

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ....11

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย....12

1.3 ขอบเขตของการวิจัย....12

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย....13

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....14

2.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์และข้อจำกัดการใช้....19

2.3 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด....32

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ....43

3.2 ขั้นตอนการสร้างและการดำเนินงาน....45

3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล....52

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการผสมสูตรอาหารสัตว์และออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด....58

4.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด....59

4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด....61

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


4.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ....................69

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย ....................71

5.2 ข้อเสนอแนะ ....................72

บรรณานุกรม ....................73

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การเขียนแบบทางวิศวกรรม ....................75

ภาคผนวก ข การเผยแพร่ผลงาน ....................148

ประวัติผู้เขียน ....................162

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ........ 61
ตารางที่ 4.2 สมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดอาหารสัตว์ ........ 62
ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด ........ 67
ตารางที่ 4.4 ความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด ........ 68

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย ........ 13
รูปที่ 2.1 เครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น ........ 15
รูปที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง ........ 16
รูปที่ 2.3.เครื่องอัดเม็ดสำหรับปศุสัตว์ประเทศไนจีเรีย ........ 17
รูปที่ 2.4 เครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลา ........ 18
รูปที่ 2.5 เครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลาประเทศไนจีเรีย ........ 18
รูปที่ 2.6 อาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลาประเทศไนจีเรีย ........ 19
รูปที่ 2.7 เมล็ดข้าวเปลือก ........ 22
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบเมล็ดข้าวโพด ........ 23
รูปที่ 2.9 เมล็ดข้าวฟ่าง ........ 24
รูปที่ 2.10 กระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงาน ........ 25
รูปที่ 2.11 การอัดแบบหีบด้วยสกรู ........ 26
รูปที่ 2.12 กากปาล์ม (A) และกากปาล์มเนื้อใน (B) ........ 28
รูปที่ 2.13 แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ ........ 34
รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ........ 37
รูปที่ 2.15 pulley แบบใช้งานมาตรฐาน ........ 37
รูปที่ 2.16 pulley ใช้ในงานเหมือง ........ 38
รูปที่ 2.17 มูเลย์สั่งทำพิเศษ ........ 39
รูปที่ 2.18 สายพานแบน ........ 40
รูปที่ 2.19 สายพานส่งกำลัง ตัววี และการทำงานกับเครื่องจักร ........ 41
รูปที่ 2.20 สายพาน Timing Belts ........ 41

# สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ....................46
รูปที่ 3.2 โครงเครื่อง ....................47
รูปที่ 3.3 ช่องใส่วัตถุดิบ....................48
รูปที่ 3.4 ชุดบดวัตถุดิบ ....................49
รูปที่ 3.5 ชุดอัดเม็ด ....................50
รูปที่ 3.6 ชุดส่งกำลัง ....................51
รูปที่ 3.7 เครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ....................52
รูปที่ 4.1 เครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ....................60
รูปที่ 4.2 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด....................64
รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ....................64
รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด....................65
รูปที่ 4.5 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 1 ....................66
รูปที่ 4.6 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 2 ....................66
รูปที่ 4.7 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 3 ....................67
รูปที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง....................70
รูปที่ 4.9 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง....................70

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อาหารสัตว์มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งอาหารของสัตว์อาจเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติหรือเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์นำพืช หรือสัตว์มาแปรรูป อาหารสัตว์เป็นสิ่งที่มีสารอาหารและมีประโยชน์ต่อการบำรุงร่างกายของสัตว์ อาหารสัตว์แบ่งได้ 2 ประเภทคือ 1) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีของสารอาหาร 2) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามปริมาณเยื่อใย [1] อาหารสัตว์แต่ละประเภทมีส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันออกไป เช่น อาหารสุกรจะมีส่วนผสมของปลายข้าวข้าวโพดบดรำละเอียดเป็นต้นการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไปอีกเช่นกันขึ้นอยู่กับความต้องการทางสารอาหารส่วนประกอบทางสารอาหารที่สุกรควรได้รับ [2] อาหารไก่ไข่จะมีส่วนผสมของข้าวโพด รำ ถั่วเหลือง และปลาป่นเป็นต้น สัดส่วนของวัตถุดิบที่ผสมให้ไก่ไข่กินนั้น ขึ้นอยู่กับพันธ์ไก่แต่ละชนิด อายุแต่ละสัปดาห์ของไก่ไข่เพื่อเพิ่มปริมาณของไข่ทำไห้ไข่ไก่ฟองใหญ่ขึ้น [3] ในปีพ.ศ. 2562 ประเทศไทยส่งออกอาหารสัตว์เป็นอันดับที่ 6 ของโลก ซึ่งมีมูลค่าในการส่งออก 1,111 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 34,032,485,300 บาทไทย สินค้าส่งออกสำคัญและสัดส่วนการส่งออก ได้แก่ อาหารสำหรับสุนัขและแมว มีสัดส่วนร้อยละ 92 และอาหารสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ มีสัดส่วนร้อยละ 18 จากมูลค่าการส่งออก ทำให้ปัจจุบันประเทศไทยขยับขึ้นมาเป็นผู้ส่งออกสินค้าอาหารสัตว์เลี้ยงอันดับที่ 6 ของโลก รองจากเนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ฝรั่งเศส และจีน จากเดิมอยู่อันดับ 7 ของโลกในปีพ.ศ. 2561 [4]

ในปัจจุบันอาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เศรษฐกิจซึ่งเป็นที่นิยมลี้ยงของเกษตรกรโดยทั่วไป เนื่องจากอาหารสัตว์จะประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ ตลอดจนวิตามินต่างๆ ซึ่งจำเป็นต่อการดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งอาหารสัตว์อัดเม็ดที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรที่ซื้ออาหารสัตว์อัดเม็ดจากท้องตลาดมีต้นทุนของการผลิตเพิ่มขึ้น รวมทั้งต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจหรือต้นทุนของวัตถุดิบก็เพิ่มขึ้น เมื่อเกษตรกรมีความต้องการใช้อาหารสัตว์อัดเม็ดเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความสะดวกสบายและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด จึงทำให้เกษตรกรมีกำไรน้อยลงหรืออาจขาดทุนกับค่าใช้จ่ายจากอาหารสัตว์ เกษตรกรอาจผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดขึ้นมาเองเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์ โดยขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์แบบอัดเม็ดจะประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นตอนการบดวัตถุดิบ (grinding) วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่จะต้องลดขนาดก่อนเช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น โดยการบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มากขึ้น ทำให้สามารถผสมวัตถุดิบ

อาหารสัตว์ให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายขึ้น และช่วยให้อาหารเม็ดที่อัดออกมามีความหนาแน่นและยึดตัวกันได้ดี 2. การชั่งน้ำหนัก (weighing) ขั้นตอนนี้จะเป็นการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามสูตรอาหาร 3. การผสมวัสดุอาหาร (mixing) เป็นขั้นตอนการผสมวัสดุอาหารให้คลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันตลอดจนผสมแร่ธาตุและวิตามินตามความต้องการ ซึ่งในขั้นตอนนี้วัสดุอาหารทุกชนิดจะกระจายตามเนื้อของส่วนผสม อย่างทั่วถึง 4. การอัดเม็ด (pelleting) เป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนจากผสมอาหารสัตว์ที่คลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน ให้อยู่ในรูปแบบอัดเม็ดเหมาะสำหรับเป็นอาหารสัตว์ 5. การลดความชื้น (drying) เพื่อให้อาหารอัดเม็ดเหมาะสำหรับการเก็บรักษาเป็นระยะเวลายาวนาน จากขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดทั้ง 5 ขั้นตอนจะพบว่าเครื่องผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปไม่สามารถผสมอาหารสัตว์ไปพร้อมกับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดออกมาได้ ทำให้เสียเวลาส่วนหนึ่งไปกับการผสมอาหารสัตว์ก่อนนำเข้าเครื่องอัดเม็ด จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการทำวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดขึ้นมา เพื่อลดเวลาและขั้นตอนในการผสมและผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ทำให้เกษตรกรมีเวลาสำหรับการทำกิจกรรมอื่นๆ ทางการเกษตรได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. ออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

1.2.2. ทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

1.2.3. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

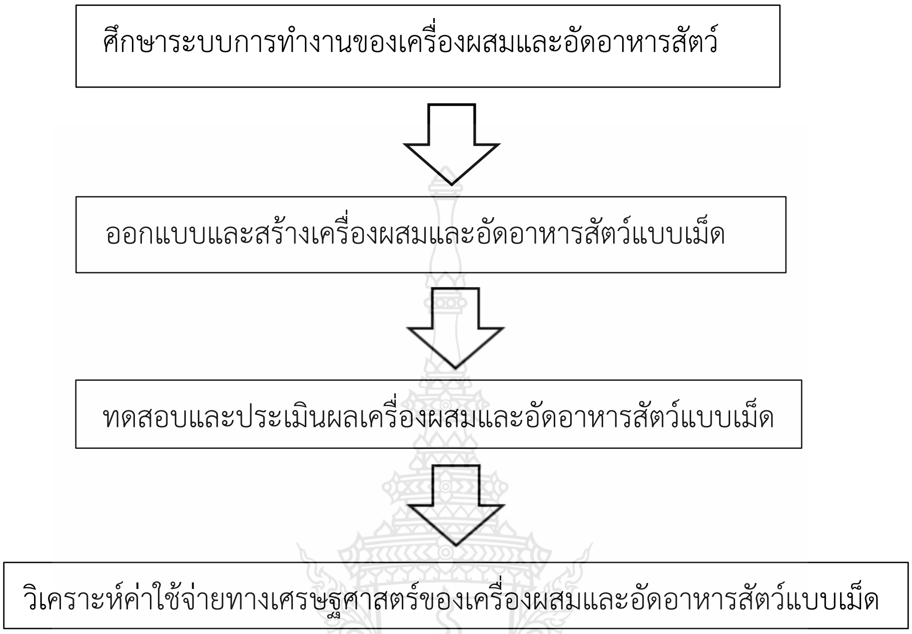
## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1. ออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่มีส่วนประกอบของเครื่องประกอบด้วย ชุดบดและผสมอาหารสัตว์ ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ ช่องลำเลียงอาหารเม็ด สำหรับต้นกำลังในการขับเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า

1.3.2. ทดสอบและประเมินผลการทำงานโดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ สมรรถนะการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

1.3.3. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด วิเคราะห์จุดคุ้มทุนและวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน

## 1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย




**รูปที่ 1.1** กรอบแนวคิดในการวิจัย

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ได้เครื่องต้นแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด สามารถผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดได้หลายขนาดตามที่กลุ่มเกษตรกรต้องการ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์แบบเม็ด เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์

1.5.2 ได้ข้อมูลผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบต่อไป

1.5.3 ได้ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เพื่อเป็นข้อมูลให้เกษตรกรที่สนใจลงทุนซื้อเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

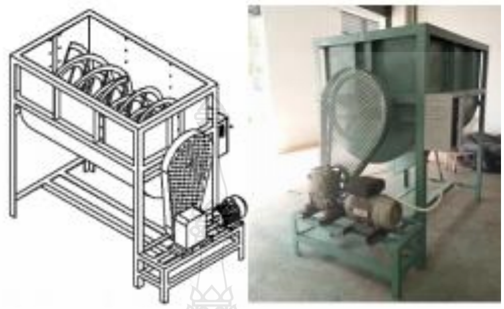
การที่จะทำวิจัยนั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในแต่ละเรื่องให้ดีก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ หรือออกแบบเพื่อจะได้เกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด และเพื่อประหยัดเวลารวมถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องต้นแบบ ซึ่งงานวิจัยที่ได้ศึกษานั้นมีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกัน จึงได้นำมาศึกษาเพื่อให้เป็นประโยชน์กับการออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

## 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น

อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่าและ กวีพงษ์ หงษ์ทอง [5] ได้พัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น ขึ้นมา เพื่อทดสอบใช้ผสม วัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ เพื่อลดระยะเวลาในการ ผสมอาหารสัตว์ลงและสามารถลดต้นทุนในการซื้อ อาหารสัตว์สำเร็จรูปอีกด้วย ทำงานโดยใช้มอเตอร์ ไฟฟ้าเป็นตัวต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านลิ่มไปยังเกียร์ทดรอบผ่านสายพานส่งกำลัง ไปยังเพลาผสม ซึ่งที่เพลาผสมจะติดตั้งเกลียวผสมแบบเกลียวริ้วแนวนอนเพื่อ ใช้ในการผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น ให้ สามารถทำงานได้ปริมาณมากโดยลดการใช้แรงงานคนทำให้มีประสิทธิภาพต่อกระบวนการผสม อาหารสัตว์เพื่อจำหน่าย ประหยัดเวลา ลดการใช้ แรงงานและลดต้นทุน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้น กำลัง ขนาด 2 แรงม้า ถังผสมขนาด 350 ลิตร ชุด เกลียวผสม เกลียววงนอกจะเป็นเกลียวทางขวาและ ซ้าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 680 mm. มีระยะพิตช์ 195 mm. ส่วนเกลียวผสมวงในจะเป็นเกลียวทางขวา และ ซ้ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 480 mm. มี ระยะพิตช์ 195 mm. โดยยึดเกลียวในและเกลียวนอก เข้ากับแขนเพลา การทดสอบเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น ทำการทดสอบ ความสามารถในการผสมของแกลบปริมาตร 0.2 $m^3$ กับเม็ดลูกปัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 mm จำนวน 5,000 เม็ด เทผสมลงในแกลบที่มีค่าความชื้น 22.11% เปิดเครื่องผสมหลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างวัสดุที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 และ 360 วินาที ทำการเก็บวัสดุตัวอย่าง 12 ตำแหน่ง โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของใบ กวน 3 ระดับ คือ 6, 12 และ 18 rpm พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การกระจายที่ดีคือความเร็วรอบ 18 rpm. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายคือ 28.6% ที่เวลา 210 วินาทีสมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุด คือ 0.343 $m^3$ /hr (343 ลิตร/ชั่วโมง) ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการซื้อ เครื่องผสมอาหารสัตว์มาใช้ทดแทนแรงงานแบบเดิม เท่ากับ 0.99 เดือน ซึ่งสามารถลดแรงงานและลด ต้นทุนค่าอาหาร

สัตว์ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ลงได้ ในอนาคต และยังสามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบเครื่อง ผสมอาหารสัตว์ได้อีกด้วย



**รูปที่ 2.1** เครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น [5]

2.1.2 เครื่องต้นแบบสำหรับผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด

ถาวร สังข์สุวรรณ [6] ผู้จัดทำโครงงานนี้ มีเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านอาหารของเกษตรกรที่ ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ซึ่งในการเลี้ยงสัตว์นี้เกษตรกรส่วนใหญ่จะประสบปัญหาในเรื่องอาหาร เนื่องจากราคาอาหารสำเร็จรูปนั้นมีราคาสูงขึ้นทำให้เกษตรกรที่เลียงสัตว์มีต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์ได้ปรับปรุงแบบจากการเลี้ยงแบบครัวเรือนมาเป็นการเลี้ยงแบบธุรกิจนิยม โดยใช้อาหารสำเร็จรูปมากขึ้นการจัดทำโครงงานเครื่องการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดใช้แก้ปัญหาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของกลุ่มเกษตรกร โดยทำการทดลองของส่วนผสมทั้งหมดที่มีน้ำหนัก 2.0 กิโลกรัมใช้เวลาเฉลี่ย 2.02 นาที จากการทดลองสรุปได้ว่า ส่วนผสมที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอัดน้อยที่สุดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.13 นาทีถือว่าส่วนผสมที่มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัมเป็นน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุด

2.1.3 เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง

อัศนัย บุตรฟองเย็น ประพันธ์ ศิริพลับพลา และวีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล [7] กลุ่มแม่บ้าน ยังขาดเครื่องผลิตเม็ดอาหารสัตว์ จึงได้สร้างเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการตากแดด ในส่วนของระบบอบแห่งนั้น พบว่าเครื่องอบแห้งด้วยสายพานลำเลียงมีความได้เปรียบคือจะทำการไล่ความชื้น ออกจากอาหารเม็ดเล็กๆได้ดีกว่า มีราคาต่ำ สามารถใช้ความร้อนได้จากทั้งไฟฟ้าและแก๊ส ให้ระดับอุณหภูมิในห้องอบ 2,00O C สามารถอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพบนถาดตะแกรง และประสิทธิภาพของ

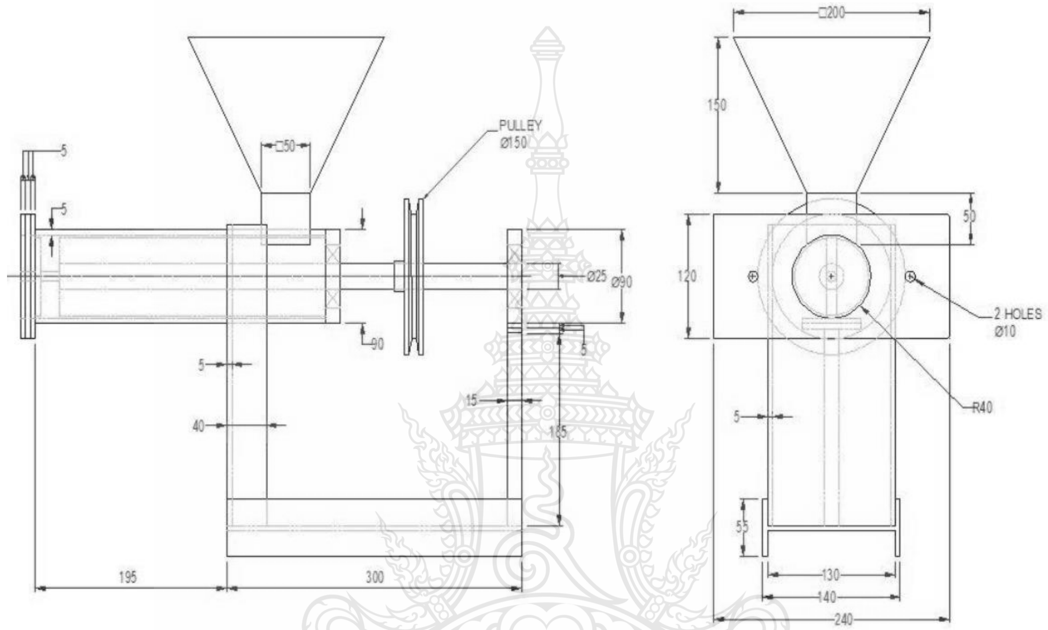
ระบบมากกว่า 50%และความชื้นของวัสดุได้ คุณภาพที่ต้องการ รวมถึงการใช้พลังงานที่ต่ำ วัสดุจะเคลื่อนที่บนสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็ว 25-100 m/min พัดลมจะทำการเป่าลมร้อนให้สัมผัสกับวัสดุ เครื่องอบแห้งแบบสายพานจะมีความกว้างซึ่งจะทำให้มีพื้นที่ในการรับ ความร้อนมากถึง 2,000-4,000 mm และช่วยควบคุมการสูญเสียความร้อนได้ (Additives for Polymers,1998) การศึกษาครั้งนี้ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร่อมระบบอบแห้ง เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายให้เกษตรกร และปรับปรุงกระบวนการทำให้แห้งโดยที่ไม่ต้องตากแดดและสามารถเพิ่มผลผลิต ที่มีคุณภาพได้จากการทดสอบเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง พบว่า เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ที่ได้สร้างขึ้นมาสามารถอัดเม็ดอาหารสัตว์ได้ ประมาณ 53 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอาหารที่ได้จากการอัดมีรูปทรงดีและเครื่องอบแห้งอาหารสัตว์ใช้อุณหภูมิในการอบอยู่ในช่วง 120-130 °C และใช้ระยะเวลาในการอบ ประมาณ 3 นาทีและ เปอร์เซ็นต์ความชื้นอาหารปลาที่ได้จากระบบอบแห้งมีค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 13%

**รูปที่ 2.2** เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง [7]

2.1.4 การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดสำหรับปศุสัตว์ ประเทศไนจีเรีย

Orisaleye, S.J. Ojolo, and A.B. Fashina. (2009). [8] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดสำหรับปศุสัตว์ เครื่องจักรประกอบด้วยระบบลำเลียงแบบสกรู แม่พิมพ์ และถังบรรจุอาหารสัตว์ โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับ อาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดสอบที่ความชื้นแตกต่างกัน ปริมาณน้ำและแป้งที่ใช้ในการทดสอบที่ 500 750 และ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับการใช้แป้งเป็นตัวประสาน ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำและแป้งที่ใช้ที่ระดับ 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ผลการทดสอบการอัดเม็ดดีที่สุด เมื่อใช้แป้งเป็นตัวประสานจะสิ้นเปลืองพลังงาน 0.69 kWh/kg และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ 0.93 kWh/kg

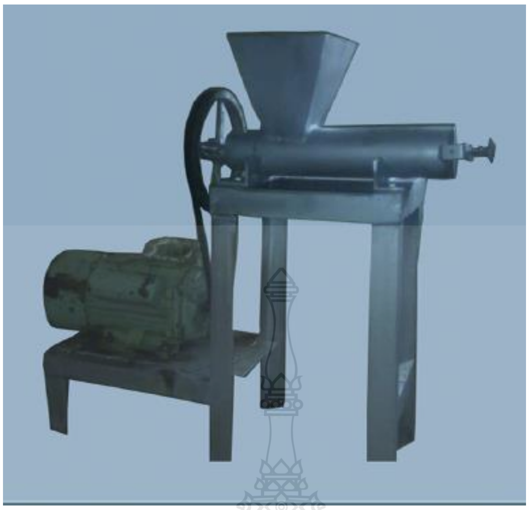
เมื่อใช้น้ำเป็นตัวประสาน ความหนาแน่นของอาหารสัตว์อัดเม็ดแปรผันอยู่ระหว่าง 0.7-1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ที่ออกแบบและพัฒนานี้สามารถสร้างได้ในโรงงานระดับท้องถิ่นของประเทศที่กำลังพัฒนา




**รูปที่ 2.3** เครื่องอัดเม็ดสำหรับปศุสัตว์ ประเทศไนจีเรีย [8]

2.1.5 การออกแบบเครื่องอัดอาหารเม็ดสำหรับปลา

M. O. Sunmunu, M.M. Odewole, and K.J. Falua. (2018). [9] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดอาหารเม็ดสำหรับปลา โดยทำการทดสอบที่ระดับความชื้นอาหารสัตว์ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก ค่าชี้ผลในการศึกษาได้แก่ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการอัดเม็ด และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่ถูกอัดเม็ด ผลการทดสอบพบว่า การใช้ปริมาณอาหารสัตว์ที่ 250 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูแม่พิมพ์ 5 มิลลิเมตร ให้สิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าประสิทธิภาพในการอัดเม็ดเท่ากับ 91.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิผลในการทำงาน 73.2 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด 26.81 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูแม่พิมพ์ 3 มิลลิเมตร มีค่าประสิทธิภาพในการอัดเม็ดเท่ากับ 82.09 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิผลในการทำงาน 65.67 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด 35.73 เปอร์เซ็นต์



**รูปที่ 2.4** เครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลา [9]

2.1.6 การออกแบบและสร้างเครื่องอัดอาหารเม็ดสำหรับปลา ประเทศไนจีเรีย

Veronica I. Muo1, Bernard Okpe , Vincent Okoloekwe, Chika C. Ogbu (2018) [10] ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดอาหารเม็ดสำหรับปลา สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในประเทศไนจีเรีย เนื่องจากอาหารสัตว์มีราคาแพง และเกษตรกรผู้เลี้ยงปลามีฐานะยากจนไม่สามารถลงทุนในอาหารสัตว์ได้ เครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3 ชุด ขนาด 3 แรงม้า 1.8 และ 0.7 แรงม้า เครื่องจักรมีขนาดสูง 183 มิลลิเมตร กว้าง 38 มิลลิเมตร และสูง 115 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการอัดเม็ดที่ 97 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการอัดเม็ดที่ 0.0539 กิโลกรัมต่อวินาที

**รูปที่ 2.5** เครื่องอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลา ประเทศไนจีเรีย [10]

**รูปที่ 2.6** อาหารสัตว์อัดเม็ดสำหรับปลา ประเทศไนจีเรีย [10]

## 2.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์และข้อจำกัดการใช้

การผลิตอาหารสัตว์ในระดับผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดใหญ่ต้องอาศัย ปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญเหมือนกันคือวัตถุดิบอาหารสัตว์ ในกลุ่มผู้ผลิตขนาดเล็กอาจมีการเก็บวัตถุดิบ ในปริมาณไม่มากแต่ต้องจัดหาบ่อยครั้ง และอาจได้วัตถุดิบใหม่อยู่เสมอโดยเฉพาะผลิตผลจาก ท้องถิ่นแต่ผู้ประกอบการขนาดใหญ่ การจัดหาและเก็บวัตถุดิบ การตรวจสอบเบื้องต้นถึง ลักษณะเฉพาะ และที่มาของวัตถุดิบจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น ซึ่งส่วนใหญ่มักพิจารณาทั้งลักษณะทาง กายภาพและเคมีในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้อาหารสัตว์ที่ผลิตได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ มี ส่วนประกอบทางโภชนะตรงกับที่ได้จดทะเบียน และได้ผลตอบสนองที่ดีของสัตว์เมื่อใช้อาหารนั้นๆ

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นการประเมินโดยอาศัยประสาทสัมผัสจากการมองดู การดมกลิ่น การชิมรสชาติ และการสัมผัส นิยมตรวจสอบในขั้นตอนของการตรวจรับก่อนเข้าสู่ โรงงานอาหารสัตว์ การตรวจสอบวิธีนี้ทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็วเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ต้องอาศัยทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบ ทำให้ผู้เลี้ยงสัตว์สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการ ตัดสินใจในการคัดเลือก

วัตถุดิบ เช่น ลักษณะของอาหารที่เกิดการหมัก การปลอมปน ความสด การปนเปื้อน การผ่าน-ไม่ผ่านความร้อน การไหม้ จับตัวเป็นก้อน มีกลิ่นเหม็นหืน หรือมีสีผิดปกติ ทั้งหมดมีผลต่ออาหารสัตว์ที่ผลิตออกมาด้านความน่ากินและคุณค่าทางโภชนะต่อสัตว์ นอกจากใช้ ประสาทสัมผัสดังกล่าวแล้ว การดูด้วยตาอาจจำเป็นต้องใช้แว่นขยายเพื่อให้เห็นส่วนประกอบต่างๆ ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีทั้งส่วนหยาบ และละเอียดปนกัน อาจจำเป็นต้องคัดแยกส่วนที่ละเอียดออกจากส่วนที่หยาบ แต่ไม่นิยมบดให้ละเอียดเพราะจะทำให้คุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ ถูกแปรสภาพไป สำหรับตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อาจจะต้องบอก่อน การ สุ่มตัวอย่างและเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบ ใช้ท่อปลายแหลมแทงกระสอบที่ใส่อาหารสัตว์ที่ ตำแหน่งต่างๆ 5 จุดขึ้นไป และรวบรวมจากหลายๆกระสอบเพื่อเป็นตัวแทนวัตถุดิบในชุดนั้นๆ ลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้แก่

1.รูปร่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (shape)

รูปร่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์บ่งบอกลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบเช่นมันเส้นนั่นด้วย มือ หรือนั่นด้วยเครื่อง รำละเอียด กากจากการสกัดน้ำมันด้วยสารละลาย (solvent extraction) กาก จากการ หีบอัดด้วยสกรู (Screw expeling) หรือใช้ไฮดรอลิค (hydraulic press) ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกัน

2. สี (colour)

สีของวัตถุดิบอาหารสัตว์บ่งบอกวัตถุดิบแต่ละชนิดมีสีแตกต่างกัน เช่น รำมีสีน้ำตาล อ่อน ข้าวโพดบดมีสีเหลืองอมส้ม กากที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยใช้สกรูหีบอัดซึ่งเกิดความร้อนจะมี สีดำหรือน้ำตาลเข้ม และมีลักษณะเป็นมัน เช่นกากปาล์ม ส่วนกากที่ผ่านการสกัดน้ำมันแบบ สารละลายจะมีสีจางและแห้ง เช่นกากถั่วเหลือง รำสกัดน้ำมัน

3. ความหนาแน่นของเนื้อ (density)

ความหนาแน่นของเนื้อของวัตถุดิบอาหารสัตว์ใช้จำแนกวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง เช่น กาก มะพร้าว กากเบียร์ กากปาล์มที่มีลักษณะฟ้ามจะมีความหนาแน่นต่ำ ส่วนวัตถุดิบส่วนที่เป็นเนื้อใน เมล็ดที่ไม่มีเปลือกปน เช่นข้าวโพด กากถั่วลิสงจะมีความหนาแน่นสูง

4. กลิ่น (odour)

กลิ่นของวัตถุดิบอาหารสัตว์ใช้ในการแยกแยะวัตถุดิบได้เป็นอย่างดี เช่นวัตถุดิบ อาหารสัตว์ที่ผ่านความร้อนสูงมักมีกลิ่นไหม้ เช่น กากปาล์ม วัตถุดิบที่มีไขมันสูงและเก็บนานจะมี กลิ่นเหม็นหืน เช่นรำเก่า หรือกลิ่นเหม็นเขียวของวัตถุดิบที่ไม่ผ่านความร้อน เช่น เม็ดถั่ว กลิ่นเชื้อรา ที่เหม็นอับ กลิ่นเหม็นเปรี้ยวของวัตถุดิบที่หมัก บูด และกลิ่นวัตถุดิบใหม่ซึ่งมักหอม

5. รส (taste)

รสของวัตถุดิบอาหารสัตว์ใช้ในการทดสอบความขมเช่น กากเรปสีค คาโนล่า หรือใน วัตถุดิบที่ผ่านความร้อนสูงที่มีการไหม้ หรือวัตถุดิบที่มีความเสื่อน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ทำให้คุณภาพ ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ลคลง

6. การสัมผัส (touch)

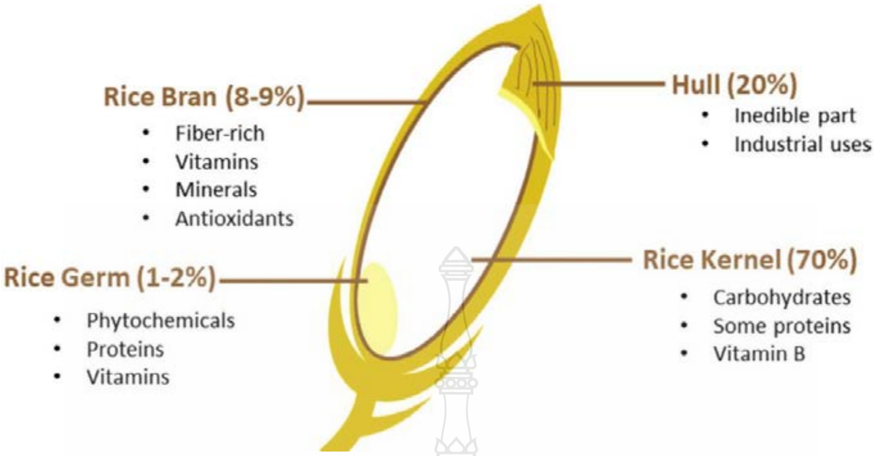
การตรวจสัมผัสวัตถุดิบอาหารสัตว์สามารถบ่งบอกถึงความผิดปรกติของวัตถุดิบ เช่น เป็น ฝุ่นผงหยาบหนืดเพราะมีน้ำมันมากขึ้นเพราะไม่แห้งสนิท หรือเป็นเม็ดแข็ง เช่น กากปาล์มปน กะลาเป็นต้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เข้าสู่โรงงานส่วนใหญ่โดยเฉพาะกลุ่มวัตถุดิบแหล่งโปรตีน มักผ่าน การบดโดยเฉพาะกากที่สกัดน้ำมันทำให้เสียคุณสมบัติเฉพาะทางกายภาพ และยากต่อการแยกจาก วัตถุดิบที่มีสีคล้ายกันทำให้ต้องตรวจทางเคมีหรือใช้กล้องจุลทรรศน์ พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, 2542) สำหรับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่เก็บไว้ในไซโล (silo) ที่มีลักษณะเป็นเมล็ด เช่น ข้าวโพดจะตรวจสอบความผิดปกติได้ง่าย เช่น กรณีเมล็ดลีบ มีเชื้อรา หรือมีแมลง การตรวจสอบ ลักษณะทางกายภาพเหล่านี้ทำได้สะดวก และรวดเร็ว ถ้าตรวจพบการผิดปกติก็ไม่ต้องนำไป วิเคราะห์ทางเคมีอีก การตรวจ คูลักษณะทางกายภาพด้วยประสาทสัมผัสจึงมีความจำเป็นในการ ตรวจคุณภาพของวัตถุดิบก่อนนำเข้า ผลิตในโรงงานอาหารสัตว์ แต่ผู้ตรวจสอบต้องมีทักษะความ ชำนาญและประสบการณ์

2.2.2 ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุดิบแหล่งพลังงาน

วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงานมักมีโปรตีนต่ำ ส่วนใหญ่เป็นธัญพืช เช่น ข้าวโพด (corn grain) และข้าวโพดบด (ground corn) และข้าวฟ่าง (Sorghum) หรือผลพลอยได้ทาง การเกษตร เช่นปลายข้าว (broken rice) รำละเอียด (rice bran) และยังมีเศษวัสดุเหลือใช้จากโรงงาน อุตสาหกรรมเช่นกากน้ำตาล (molasses)

1. ปลายข้าว

เมล็ดข้าวจะมีส่วนที่เปลือกหุ้มอยู่ (hul) เมื่อสีข้าวส่วนเนื้อใน (kernel หรือ endosperm) หรือส่วนจมูกข้าว (embryo) (ภาพที่ 1 ) ส่วนที่หักจากการสีจะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ การ ตรวจดูปลายข้าวจึงทำได้ง่ายโดยดูจากแกลบ (เปลือกหุ้ม) ที่ปนมา สีของปลายข้าวจะแตกต่างกัน ถ้า ปลายข้าวเหนียวจะมีสีค่อนข้างทึบ ปลายข้าวเมื่อผ่านการนึ่งมีสีออกเหลืองหรือค่อนข้างใส ปลาย ข้าวเจ้ามีสีใสกว่าข้าวเหนียว และต้องไม่มีมอดติดกันเป็นเส้นยาวเป็นใยหนอน มักมีกลิ่นเหม็นสาบ




**รูปที่ 2.7** เมล็ดข้าวเปลือก [16]

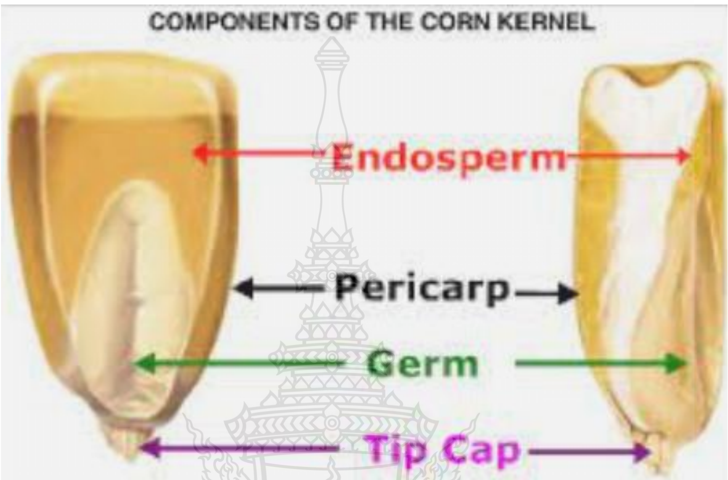
2. รำละเอียด

รำละเอียดเป็นส่วนที่ถัดเปลือกนอก (pericarp) เข้าไปร่วมกับส่วนของเนื้อในที่ถูกขัดสี เป็นฝุ่น รำละเอียดเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบีรวม เช่น ไทอะมีน (thiamine) ไนอะซีน (niacin) กรด แพนโทธีนิก (pantothenic acid) และโคลีน (choline) และมีฟอสฟอรัสสูงแต่สัตว์กระเพาะเดี่ยวจะ ใช้ ได้น้อยเพราะขาดเอนไซม์ไฟเทส (phytase) มีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อนๆมีลักษณะร่วน ไม่ จับตัวเป็นก้อน เนื่องจากมีไขมันสูงจึงจับกันแบบหลวมๆส่วนรำสกัดน้ำมันจะแห้งเป็นผง รำมี สีน้ำตาลอ่อน และมีกลิ่นหอมไม่เหม็นหืน หากมีสีขาวมากอาจมีใช้มันสำปะหลัง ผสมหรือหากมีสี ออกน้ำตาล จะมีส่วนผสมของปลายข้าวปนอยู่เสมอ แต่ ไม่ควรมีมอดหรือไข่มอด การปนแกลบและมีมอดสามารถดูได้ชัดเจนขึ้นเมื่อใช้แว่นขยาย ซึ่งแกลบ มีลักษณะเป็นลอนเรียงกันคล้ายเมล็ดข้าวโพดสีเหลือง

3. ข้าวโพด และข้าวโพดบด

ข้าวโพดที่บดแล้วจะยากต่อการตรวจสอบด้วยตาเปล่า และมีราคาแพงกว่าข้าวโพดที่ ยังไม่ได้บด โรงงานอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จึงนิยมซื้อข้าวโพดเป็นเมล็ด และนำมาเก็บในไซโลขนาด ใหญ่ เมล็ดข้าวโพดควรเป็นเมล็ดขนาดใหญ่สมบูรณ์ ผิวเป็นมันวาว สีเหลืองหรืออมส้ม เมล็ดไม่ลีบ แตก งอกหรือถูกมอดกัดกิน มีกลิ่นหอมไม่เหม็นอับ หรือกลิ่นยาฆ่าแมลง เมล็ดข้าวโพดควรแข็ง ไม่ มีเชื้อราสีเขียวหรือสีดำ และไม่มีส่วนของซังข้าวโพด (corn cob) บดปน ข้าวโพดบดจะมีส่วนของ แป้งสีขาว (white starch) ซึ่งนุ่มอ่อนและแป้งมีสีเหลือง

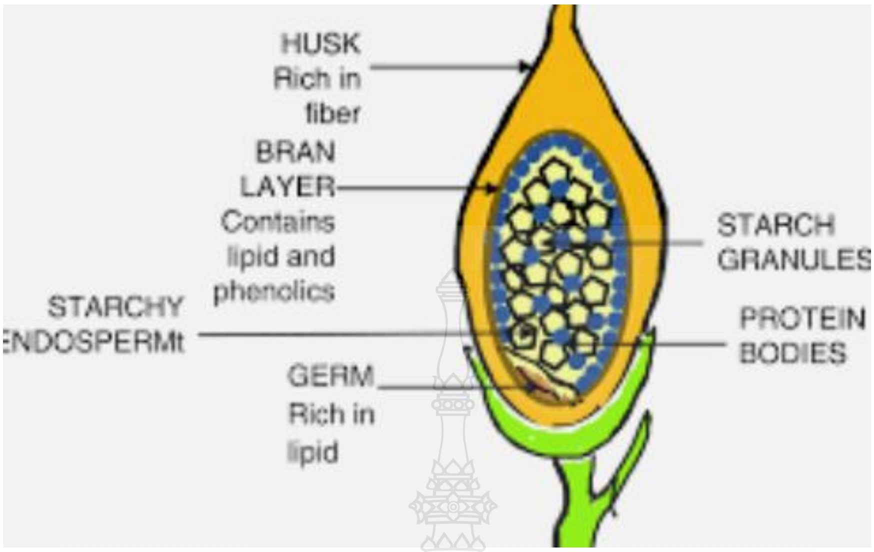
(yellow starch) ซึ่งแข็ง (horny) ปนกัน ข้าวโพดต้องผ่านกระบวนการก่อนใช้เช่น บดและ บีบแตก (Church and Pond, 1988) สารสีเหลือง ในข้าวโพดประกอบด้วยคริบโทแซนธิน (cryptoxanthin) และแซนโทฟิล (xanthophylls) เป็นแหล่ง ของวิตามิน เอ และสารเพิ่มสีไข่แดงและผิวหนังของไก่




**รูปที่ 2.8** ส่วนประกอบเมล็ดข้าวโพด[16]

4. ข้าวฟ่าง

ผู้ผลิตอาหารสัตว์นิยมซื้อข้าวฟ่างเป็นเมล็ดและนำมาบดเอง เมล็ดควรมีความสมบูรณ์ ไม่แตกหรือถูกแมลงกัดกิน มีเปลือกหุ้มเมล็ดปะปนปริมาณน้อย ข้าวฟ่างที่ใช้ในโรงงาน อุตสาหกรรมมักเป็นชนิดเมล็ดสีขาวหรือลาย (ภาพที่ 2.9) สีเหลืองแดงอมส้ม ไม่มีรสขม และมีแทนนิน (tannin) ไม่นิยมใช้เมล็ดสีน้ำตาลเพราะมีแทนนินสูง สัตว์ไม่ชอบกิน และมีปัญหาในการ ย่อย นอกจากนั้นควรระวังข้าวฟ่างที่คลุกยาฆ่าแมลง ซึ่งอาจต้องมีการทดสอบทางเคมีเพื่อป้องกัน ปัญหาต่อสัตว์ ข้าวฟ่างประกอบด้วยแป้งชนิดแข็ง (hard dough) และชนิดนุ่ม (soft dough) ดังนั้น เมื่อบดจะเป็นผงเป็นส่วนใหญ่




**รูปที่ 2.9** เมล็ดข้าวฟ่าง[16]

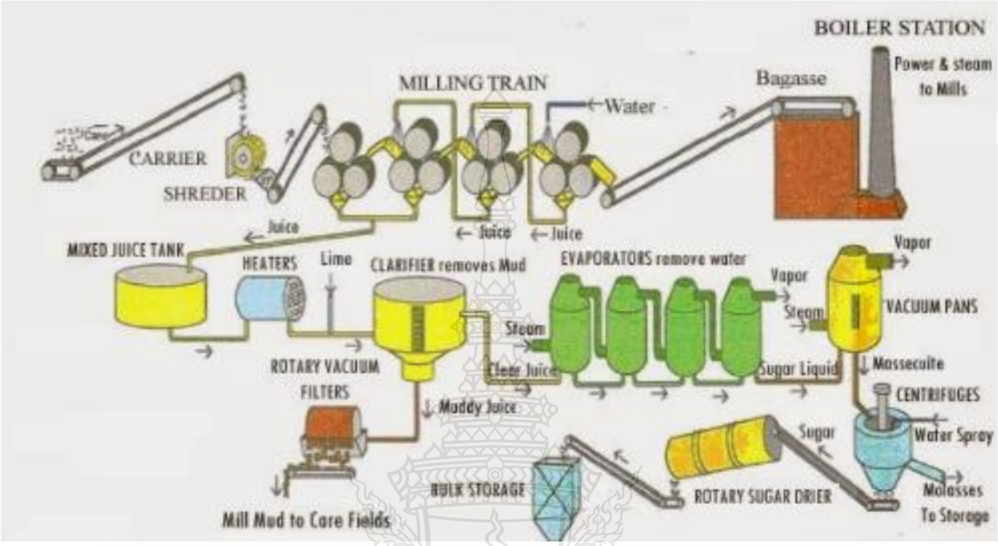
5. มันสำปะหลัง (cassava) มันเส้น (cassava chips) และมันอัดเม็ด (cassava pellets)

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่ราคาถูกกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นแต่มักมีปัญหาความบริสุทธิ์ และการปลอมปนและปนเปื้อนเนื่องจากมันสำปะหลังถูกตากในลานให้แห้งจึงมักมีดิน ฝุ่น ทราย ปะปนแต่ไม่ควรมีปริมาณมาก นิยมเรียกว่ามันเส้นถ้ามันเส้นคุณภาพดีจะสะอาดมีกลิ่นหอม ซึ่งมีทั้ง แบบสับด้วยมือมีคุณภาพดีกว่ามันเส้นที่สับด้วยเครื่องจักรเพราะแบบสับด้วยมือไม่เป็นฝุ่นผง มัน เส้นที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะแข็งหักได้ ถ้าเหนียวแสดงว่ามีความชื้นสูงและจับตัวเป็นก้อนไม่ควร มีรูมอดกัดกินไม่มีเชื้อราสีเขียวหรือ คำ และไม่มีกลิ่นอับหรือเหม็นเปรี้ยวไม่มีลำต้นปะปน มัน สำปะหลังที่ส่งออกไปขายยังต่างประเทศจะอัดเม็ดโดยใช้เครื่องอัดเม็ดและมักมีการปนกากปาล์ม หรือดินขาว เพื่อช่วยให้อัดง่ายซึ่งต้องตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ปัจจุบันยังมีการนำกากมัน สำปะหลังจากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังมาใช้ผสมอาหารกากมันสำปะหลังมีแป้งต่ำ เยื่อใยสูง มีกลิ่นเปรี้ยว อย่างไรก็ดีมันเส้นมีโปรตีน และไขมันต่ำตลอดจนมีสารพิษถ้าอยู่ในสภาพสด

6. กากน้ำตาล

กากน้ำาตาลได้มาจากโรงงานน้ำตาล เป็นส่วนที่ไม่สามารถตกตะกอนเป็นผลึกน้ำตาล ได้อีก โรงงานน้ำตาลหลังจากหีบอ้อย น้ำอ้อยจะถูกทำให้เป็นค่างโดยใช้ปูนขาว ต้มและกรองส่วนที่เป็นน้ำใสจะถูกลดความดันทำให้ข้นน้ำตาลจะตกตะกอนและถูกแยกออกส่วนที่เหลือเป็นของเหลว เหนียว คือกากน้ำตาล ประกอบด้วยน้ำตาลมากกว่า 48 เปอร์เซ็นต์ สารอื่นๆและน้ำ กากน้ำตาลมีกลิ่นหอม เหนียวหนืด ไม่เหลวและมีรสหวาน ไม่มีกากเจือปน กากน้ำตาลในประเทศ ไทยเป็นน้ำตาลอ้อย มีน้ำหนักประมาณ 1.41 กิโลกรัม ต่อลิตร การปนน้ำ

ในกากน้ำตาลจะทำให้ เหลว เก็บได้ไม่นาน และมีเชื้อรา กากน้ำตาลต่างจากส่าเหล้าที่มาจากโรงงานสุราที่ใช้กากน้ำตาล เป็นวัตถุดิบที่มีกลิ่นเปรี้ยว เหลวรสชาตเฝื่อนไม่ควรนำมาใช้ผสมอาหารสัตว์




**รูปที่ 2.10** กระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงาน[16]

2.2.3 ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช

วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัด น้ำมัน เช่น กากถั่วเหลือง (Soybean meal) กากเม็ดฝ้าย (cotton seed meal) และกากเมล็ดนุ่น (kapok seed meal)

1. กากถั่วเหลือง

- กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนหลักจากพืชในสูตรอาหาร เป็นผลพลอยได้จาก โรงงานสกัดน้ำมัน ส่วนใหญ่ใช้วิธีสกัดด้วยสารเคมี (solvent extract) เช่นเฮกเซน (hexane) และยังมีการนำถั่วเหลืองผ่านกระบวนการเอกทรูด (extrude)โดยไม่แยกน้ำมันออกเรียกว่าถั่วเหลืองไขมัน เต็ม (full fat soybean) การใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มมากในสูตรทำให้สุกรมีไขมันเหลว กากถั่วเหลืองที่ ผ่านความร้อนจะถูกย่อยได้ดีกว่าเพราะสารทริบซิน อินฮิบิเตอร์ (typsin inhibitor) ที่ยับยั้งการย่อย สลายโปรตีนถูกทำลายไปแต่ถ้าผ่านความร้อนที่สูงหรือไหม้จะทำให้การย่อยได้ของกากถั่วเหลือง ลดลง การชิมกากถั่วเหลืองสามารถบอกถึงการสุก ดิบ หรือ

ไหม้ได้ค่อนข้างง่าย และยังตรวจสอบ ได้โดยวิธีเคมี กากถั่วเหลืองมีโปรตีนคุณภาพดี แต่มีซีสทีน (cystine) และเมไทโอนีน (methionine) น้อยกว่าปลาป่น การสกัดน้ำมันแต่เดิมใช้วิธีอัดด้วยสกรู (Screw press) (ภาพที่ 2.11) ได้กากถั่วเหลืองที่มี ลักษณะเป็นแผ่นมีไขมันสูง แต่ปัจจุบันนิยมใช้การสกัดด้วยสารเคมี ซึ่งมักไม่มีการแยกเอาเปลือกถั่ว ออกก่อน กากถั่วเหลืองจะมีลักษณะเป็นเกล็ดบาง ไม่จับกันเป็นก้อนแต่แข็งกรอบไม่ร่วนและมักมี เปลือกปนแต่มักแยกตัวจากกัน กากถั่วเหลืองควรมีกลิ่นหอม ไม่เหม็นหืนหรือเป็นฝุ่นไม่มีมอก และแมลง ส่วนถั่วเหลืองไขมันเต็มมีกลิ่นหอม มีลักษณะชุ่มน้ำมันเล็กน้อย และไม่ร่วน การ ปลอมปนรำละเอียดหรือข้าวโพดบดมักพบในกากถั่วเหลืองทั้งสองชนิด ซึ่งสามารถตรวจโดยวิธี เคมี หรือใช้กล้องจุลทรรศน์ ในช่วงที่กากถั่วเหลืองมีราคาแพงจะพบการปลอมปนค่อนข้างมากทั้ง – ในกากถั่วเหลืองและถั่วเหลืองไขมันเต็ม

**รูปที่ 2.11** การอัดแบบหีบด้วยสกรู[16]

2. กากเมล็ดฝ้าย

กากเมล็ดฝ้ายคือเมล็ดฝ้ายที่แยกเอาปุยฝ้ายออกไปเหลือแต่ส่วนเมล็ดที่มีปุยฝ้ายติดอยู่ บ้างเล็กน้อย ถ้าใช้แว่นขยายจะเห็นใยฝ้ายติดอยู่ด้วย เมื่อนำไปสกัดน้ำมันจะได้กากเมล็ดฝ้ายที่ใช้ เลี้ยงสัตว์ เมล็ดฝ้ายมีสารพิษกอสสิปอล (gossypol) การสกัดโดยผ่านความร้อน เช่น วิธีอัดด้วยสกรู ทำให้สารพิษกอสสิปอลรวมตัวกับกรดอะมิโนไลซีน (lysine) ทำให้สารพิษในกากเมล็ดฝ้ายลดลงแต่ทำให้โปรตีนมีคุณภาพลดลง ถ้าไม่ผ่านความร้อนจะมีโปรตีนคุณภาพดีแต่มีสารพิษสูง กากเมล็ด ฝ้ายมีสีน้ำตาลเกือบดำจากส่วนเปลือก และมีลักษณะมันขึ้นเป็นแผ่นถ้ามาจากการหีบน้ำมัน แต่ถ้า สกัดด้วยสารเคมีจะแห้ง กากฝ้ายที่ดีต้องมาจากเมล็ดฝ้ายสด ไม่มีราหรือมอดแมลง และผ่านความ ร้อนมาแล้ว โดยทั่วไปมักมีการปลอมปนเมล็ดนุ่นลงไปด้วยซึ่งจะทำให้คุณค่าลดลง แต่สังเกตได้ โดยใช้แว่นขยายถ้าเป็นเมล็ดนุ่นจะไม่มีเส้นใยติดอยู่ในเปลือก

3. กากเมล็ดนุ่น (kapok seed meal)

เมื่อฝักนุ่นแก่จะนำมาแยกปุยนุ่นเพื่อใช้ประโยชน์ เมล็ดที่ได้นำไปสกัดน้ำมันและได้ กากมาเลี้ยงสัตว์ เมล็ดนุ่นมีสารพิษไซโคลโปรปีนอยด์ (cyclopropenoid) จะสลายตัวเมื่อเก็บเมล็ด นุ่นนานเกิน 4 เดือนขึ้นไป เมล็ดนุ่นที่เก็บไว้จึงดีกว่าเมล็ดสด เมล็ดนุ่นมีเปลือกสีดำเข้มกว่าเมล็ด ฝ้ายแต่ไม่มีเส้นใยติด แมลงไม่ชอบกิน และมีความน่ากินต่ำ กากนุ่นมีคุณภาพและโปรตีนต่ำกว่า กากฝ้ายและขาดทั้งกรดอะมิโนไลซีน เมทไธโอนีน และทริบโทเฟน (cryptophan) จึงไม่ค่อยนิยมใช้ ในอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว กากนุ่นมักถูกนำมาผสมกับเมล็ดฝ้ายทำให้กากฝ่ายมีคุณภาพต่ำลง การ ตรวจโดยใช้กล้องจุลทรรศน์จะสามารถใช้พิสูจน์การปลอมป

4. กากมะพร้าว (coconut meal หรือ copra meal)

กากมะพร้าวได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันมะพร้าว โดยนำเนื้อมะพร้าวมา ผ่านกระบวนการหีบอัด เหลือเป็นกากมะพร้าวซึ่งมีไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ในกระบวนการ หีบอัดทำให้เกิดความร้อน ส่งผลให้กรดอะมิโนไลซีนถูกทำลาย กากมะพร้าวต่างจากกากมะพร้าว คั้นกะทิ ซึ่งใช้น้ำร่วมในการสกัดและต้องนำไปตากให้แห้งทำให้มีคุณภาพต่ำกว่าและมีกลิ่นเปรี้ยว กากมะพร้าวมีเยื่อใยสูง และฟ้ามแต่มีกลิ่นหอมทำให้สัตว์ชอบกิน แต่มักขาดกรดอะมิโนเมทไธ โอนีนและไลซีนจึงไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเคี่ยว การเก็บกากมะพร้าวไว้นานจะทำให้ไม่น่ากินและมีคุณภาพลดลงลง กากมะพร้าวต่างจากกากปาล์มที่กากมะพร้าวมีกลิ่นหอมและ ไม่มีกะลา (shell) ปน

5. กากปาล์ม (palm oil meal)

กากปาล์มมีสองชนิดคือกากปาล์มรวม (whole palm oil meal) เป็นผลปาล์มที่นำมาหีบ อัดน้ำมันซึ่งรวมถึงเปลือกผลซึ่งเป็นเยื่อใย กะลาและเนื้อใน ทำให้มีเยื่อใยสูง มีกะลาปน และมี โปรตีนต่ำจึงไม่นิยมนำมาทำอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว การใช้กากปาล์มในอาหารโคต้องนำมาบด ผ่านตะแกรง 4 มิลลิเมตร เพื่อให้กะลามีขนาดเล็กลง กากปาล์มมีกลิ่นค่อนข้างเปรี้ยว และอับมีลักษณะชุ่มน้ำมัน ปัจจุบันเนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นที่ต้องการสูงเพื่อใช้ทำไบโอดีเซล จึงมีการนำ กากปาล์มรวมหีบน้ำมันแล้วไปสกัดน้ำมันต่อโดยวิธีใช้สารละลาย กากที่เหลือจะมีไขมันต่ำมากและ เป็นผง ส่วนกากปาล์มอีกชนิดเป็นส่วนเฉพาะเนื้อในที่นำมาหีบอัดน้ำมัน (palm kernel meal) จะมีสี ขาวกว่า ไม่ค่อยมีกะลาและเปลือกปน มีโปรตีนสูงกว่า มีลักษณะฟ่ามและชุ่มน้ำมัน กากปาล์มที่ เหมาะสมกับการใช้เลี้ยงสัตว์คือกากปาล์มเนื้อใน กากปาล์มที่กองทิ้งไว้นานจะเกิดความร้อนมีกลิ่น เหม็นเปรี้ยวสัตว์จะไม่ชอบกินด้วย

**รูปที่ 2.12** กากปาล์ม (A) และกากปาล์มเนื้อใน (B) [16]

6. กากเมล็ดทานตะวัน (sun flower meal)

กากเมล็ดทานตะวันเป็นผลิตผลจากการนำเมล็ดทานตะวันมาบดและผ่านความร้อน ก่อนนำมาสกัดน้ำมันโดยวิธีใช้สกรูอัดหีบ หรือใช้สารเคมี กากทานตะวันที่มีคุณภาพดีควรเป็นเมล็ด ที่สมบูรณ์และใหม่ ไม่ลีบหรือมีรอยแมลงเจาะกินและต้องผ่านการกะเทาะเปลือก กากทานตะวัน ที่ไม่กะเทาะเปลือกมีเยื่อใยสูงและฟ่ามมีสีดำเทาจากสีของเปลือก แม้เมล็ดทานตะวันไม่มีสารพิษ และไม่ใช้ความร้อนในการทำลายสารยับยั้งการย่อย แต่มีเยื่อใยสูงและมีกรดอะมิโนไม่ครบเช่น ไลซีน กากที่ไม่กะเทาะเปลือกนิยมใช้ผสมอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และชนิดกะเทาะเปลือกใช้เป็น อาหารสัตว์กระเพาะเดียว ถ้าเก็บกากทานตะวันไว้นานจะเหม็นหืนเช่นเดียวกับกากเมล็ดพืชอื่นๆ

7. กากถั่วลิสง (penut oil meal)

กากถั่วลิสงมาจากกระบวนการหีบอัดน้ำมันมีลักษณะเป็นเกล็ดหรือแผ่น ซึ่งบางครั้ง แข็งจนหักไม่แตกและมีส่วนที่เป็นผงปนบ้างเล็กน้อย กากถั่วลิสงมีสีขาวอมน้ำตาล มีกลิ่นหอม มี เยื่อใยต่ำ การหีบอัดน้ำมันทำให้กากถั่วลิสงถูกทำให้สุกและทำให้สารทริบซิน อินฮิบิเตอร์ถูกทำลาย เมล็ดถั่วลิสงที่มีความชื้นหรือตากไม่แห้งจะเกิดเชื้อรา Aspergilus flavus ซึ่งสร้างอะฟลาทอกซิน(aflatoxin) ที่เป็นพิษต่อตับ เพราะมักไม่มีการคัดคุณภาพเมล็ดถั่วลิสงก่อนนำมาหีบอัดน้ำมันจึงพบ สารพิษอยู่เสมอแต่ไม่ควรมีเกินกว่า 50 ppb กากถั่วลิสงมีกรดอะมิโนไลซีน และเมทไธโอนีนต่ำาจึงมี คุณภาพโปรตีนด้อยกว่ากากถั่วเหลือง (McDonld et al. ,1988) และมีไขมันสูงจึงเกิดการเห็นได้ง่าย เมื่อเก็บเป็นเวลานาน กากถั่วลิสงโดยทั่วไปเป็นชนิดที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็คปน แต่บางครั้งมีการนำ เมล็ดถั่วที่ไม่แยกเปลือกหุ้มสีแดงมาหีบน้ำมันทำให้มีโปรตีนลดลงและเยื่อใยเพิ่มขึ้น

8. กากงา (sesame oil meal)

เมล็ดงามีทั้งชนิดสีขาว คำ หรือเหลือง กากงาส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนการหีบอัด น้ำมันงาโดยใช้สกรูและผ่านความร้อนจากการอัด ส่วนการหีบโดยใช้ไฮโดรลิคจะไม่เกิดความร้อน กากยังคงสภาพธรรมชาติมากที่สุด และได้กากงาสดที่กลิ่นค่อนข้างเหม็นเขียว มีเยื่อใยต่ำ สีของกาก งาขึ้นอยู่กับชนิดของงา ถ้าใช้งาที่มาจากเมล็ดงาสีเข้มหรือสีดำจะได้กากงาที่มีสีเข้มหรือสีดำ และมี รสค่อนข้างขม เนื่องจากกรดออกซาลิก (Oxalic acid) และกรดไฟทิก (phytic acid) จึงทำให้มีความ น่ากินลดลง กากงามีโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำกว่ากากถั่วเหลืองเพราะมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสูงกว่า แต่ไลซีนน้อยกว่า ไขมันในกากงามีกลิ่นหอมแตก ต่างจากกากชนิดอื่นแต่จะเหม็นหืนถ้าเก็บไว้นาน

9. กากเรปสีด (rape seed meal) หรือคาโนลา (canola)

กากเรปสีคเป็นวัตถุดิบนำที่เข้าจากประเทศ จีน อินเดีย และคานาคา ส่วนใหญ่เป็น ชนิดหีบด้วยสกรู กากเรปสีดมีสาร กลูโคซิโนเลต (glucosinolate) แทนนิน และซิเนบพาย (sinapine) จึงทำให้มีรสขม สารในกากเรปสีคมีผลต่อต่อมไทรอยด์ (thyroid) ทำให้เกิดโรคคอพอก และการเจริญเติบโตต่ำ การทดสอบรสขมจึงบ่งบอกคุณภาพของเรปสีด ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์ ให้สารเหล่านี้ลดลง เรียกว่าคาโนลา ซึ่งมีความน่ากินต่อสัตว์มากกว่า และมีความขมน้อยกว่าพันธุ์เดิม

10. กากเบียร์ (brewers dry grains)

กากเบียร์เป็นผลพลอยได้จากการหมักเบียร์โดยใช้ข้าวบาร์เลย์มาแช่น้ำให้งอก แป้ง ในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาลมอลโทส (maltose) จึงเรียกข้าวบาร์เลย์ที่งอก แล้วว่าข้าวมอลท์ (malt) เมื่อแยกเอาส่วนรากออกไปแล้วเมล็ดจะถูกอบแห้งเพื่อนำไปเข้าโรงงาน หมักเบียร์ต่อไป ในกระบวนการหมักเบียร์ขั้นแรกข้าวมอลท์จะถูกผสมกับแป้งจากข้าวโพดหรือ ข้าวเจ้า เติมน้ำและเชื้อราบางชนิดและหมักต่อเพื่อให้เกิดเดกซ์ทรินและน้ำตาลมอลโทสแล้วต้ม หลังจากกรองแล้ว ส่วนน้ำ (wort) จะนำไปต้มกับฮอปส์ (hops) และหมักกับยีสต์ให้เกิดแอลกอฮอลล์เพื่อเป็นเบียร์ ส่วนกากที่แยกออกในรูปสด (wet brewers' grains) ซึ่งมีน้ำจะถูกนำไปอบแห้ง ได้กากเบียร์ กากเบียร์มีเปลือกของข้าวบาร์เลย์ปนมีเยื่อใยสูงแต่มีกลิ่นหอม หากมีกลิ่นเปรี้ยวหรือ อับแสดงว่าเป็น กากเบียร์ที่เน่าเสีย มีความน่ากินต่ำและมีสารพิษจากเชื้อรา กากเบียร์แห้งมีบายพาส โปรตีน (bypass protein) ที่ดีสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงนิยมใช้ในสูตรอาหารโค สำหรับกากจากการ หมักน้ำที่ได้จากการกรองกับยีสต์แล้วจะถูกทำให้แห้ง เรียกว่ากากยีสต์แห้ง (yeast brewers dry) ประกอบด้วยยีสต์จำนวนมาก ทำให้มีโปรตีนสูง มีวิตามินบีรวมสูง และมีกลิ่นหอมสัตว์ชอบกิน จึง นิยมใช้ในสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, 2539)

2.2.4 ลักษณะกายภาพและคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์

วัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากสัตว์มีโปรตีนที่มีคุณภาพสูง และมีการย่อยได้ดีเหมาะสำหรับสัตว์ กระเพาะเดี่ยว สัตว์น้ำ และลูกสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่มีราคาแพงที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น ปลาป่น (fish meal) ขนไก่ป่น (feather meal) แกลบกุ้ง (shrimp meal) และหางนมผง (skimmed milk)

1.ปลาป่น

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูงมีสีเทาปนน้ำตาล มีกลิ่นหอมเฉพาะ ประกอบด้วยเนื้อปลาเป็นส่วนใหญ่ร่วมกับหัว เกล็ดและก้างปลา ปลาป่นมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ครบจึงนิยมใช้ในอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว และสัตว์น้ำ แต่ไม่นิยมใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพราะราคาแพง และจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์ดังกล่าวสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็นได้ เดิมปลาป่นในประเทศไทยผลิตโดยชาวประมงมีหลายชนิด โดยนำเอาปลาขนาดเล็กมาคลุก เกลือแล้วตากแห้งเรียกว่า ปลาป่นเค็ม หรือปลาป่นกร่อยที่ใช้ปลาแช่น้ำเกลือแล้วตากแห้ง หรือปลาป่นจืดที่ใช้ปลามาต้มสุกแล้วตากให้แห้ง ตลอดจนมีการนำปลาป่นจืดอัดน้ำมันที่เอาปลามานึ่งแล้ว หีบอัดเอาส่วนเป็นน้ำที่มีน้ำมันปนด้วยออกไป ปัจจุบันการทำปลาป่นใช้การนึ่งแล้วระเหยน้ำออก โดยการอบ อุณหภูมิของการอบถ้าสูงกว่าจุดเดือดของน้ำจะทำให้การใช้ประโยชน์ของโปรตีนลดลงแต่จะดีในแง่ของสัตว์สัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถลดการทำลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะ รูเมน ปลาป่นมีน้ำมันปลาปนด้วยจึงทำให้เก็บไม่ได้นานเพราะจะเหม็นหืนเช่นเดียวกับกากเมล็ด พืชน้ำมัน จึงมักมีการเติมสารกันคืนลงไป ปลาป่นที่คุณภาพต่ำอาจมาจากปลาเน่า มีเกลือมาก เกินไป หรืออาจมีการปลอมปนหัวปลาทราย เปลือกกุ้ง และอื่นๆ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์หรือวิธีเคมี นอกจากนั้นปลาป่นที่ทำจากปลาเน่ามีกลิ่นเหม็นอาจปนเปื้อนด้วยเชื้อ ซาลโมเนลลา (salmonella) หรือมีสารฮีสทามีน (histamine)ซึ่งอันตรายต่อสัตว์

2. ขนไก่ป่น

ขนไก่ป่นที่นำมาเป็นอาหารสัตว์ต้องผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) เสียก่อนโดยการนำขนไก่มาทำความสะอาดแล้วอบด้วยไอน้ำที่ความดัน 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนาน 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำให้แห้งแล้วบด ขนไก่จะยุ่ยและมีสีน้ำตาลอ่อน มีส่วนของเส้น ไย ขน และก้านเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือใช้แว่นขยาย (ภาพที่ 3.31) ขนไก่ป่นที่ดีมีกลิ่นหอมไม่เหม็น เน่า การใช้ผสมอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวจำเป็นต้องเสริมกรดอะมิไลซีน เมทไธโอนีน ฮีสทีอื่น (histidine) และ ทริบโทเฟน เพราะมีปริมาณต่ำกว่ากากถั่วเหลือง และยังนำไปผสมอาหารสัตว์เคี้ยว เอื้องได้ โปรตีนในขนไก่ป่นที่ผ่านกรรมวิธีมีการย่อยได้ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าโปรตีน จากแหล่งอื่นๆ แต่เนื่องจากขนไก่ป่นมีราคาถูกจึงมักถูกนำไปปลอมปนในปลาป่น ซึ่งสามารถ ตรวจสอบได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และใช้สารเคมี

3. แกลบกุ้ง

แกลบกุ้งเป็นเศษเหลือจากการแยกเนื้อกุ้งในอุตสาหกรรมอาหาร ประกอบด้วยเปลือก กุ้ง หัวกุ้ง หางกุ้งและกุ้งที่ไม่ได้ขนาด เศษกุ้งจะถูกนำมาตากหรืออบแห้งแล้วปั้นเพื่อนำมาเป็น วัตถุดิบอาหารสัตว์ แกลบกุ้งที่คุณภาพดีจะมีสีส้ม กลิ่นหอม ไม่เหม็นเน่า ไม่มีแมลงและเชื้อรา ตลอดจนไม่มีทรายเปลือกหอยปนอยู่ แกลบกุ้งที่มีส่วนเนื้อมากจะมีคุณภาพดีกว่าซึ่งเป็นส่วนหัวกุ้ง และจะมีคุณภาพต่ำถ้ามีเปลือกปนมาก แกลบกุ้งมีกลิ่นเฉพาะคล้ายกุ้งแห้ง และมักมีรสเค็ม ในสัตว์ ปีก สารให้สีในแกลบกุ้งช่วยทำให้สีผิวหนังและไข่มีสีสวยดีขึ้น ส่วนโปรตีนในแกลบกุ้งนั้นมี คุณภาพค่อนข้างดี

4. หางนมผง

หางนมผงเป็นส่วนของน้ำนมโคที่ผ่านการแยกเอาไขมันออกจนเหลือน้อยที่สุดแล้ว นำมาทำให้แห้งโดยการสเปรย์ หางนมผงมีกลิ่นหอมของนมอ่อนๆ เพราะถูกแยกเอาไขมันซึ่งมีกลิ่น หอมออกไปแล้ว หางนมผงคุณภาพดีควรมีสีขาวครีม ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่มีเชื้อราหรือแมลงใช้ เป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ที่เหมาะสมกับลูกสัตว์ และเป็นแหล่งน้ำตาลแลคโตส(lactose) ซึ่งย่อยง่าย ลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติเฉพาะของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีน สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ ผสมในอาหารสัตว์สี่กระเพาะคือยูเรีย (cabamide) ซึ่งมี N เป็นส่วนประกอบอยู่ 46% คิดเป็นโปรตีน ประมาณ 280% ยูเรียที่พบทั่วไปเป็นสารสังเคราะห์เพื่อใช้เป็นปุ๋ย N สำหรับพืช (fertilizer grade) มี ลักษณะเป็นเม็ดกลมสีขาวขุ่น ละลายน้ำง่าย และจะเย็นเมื่อละลายน้ำ ซึ่งไม่นิยมใช้ในต่างประเทศ สำหรับผสมอาหารสัตว์ แต่ใช้ยูเรียชนิด feed grade ที่ผลิตเป็นการเฉพาะ เพื่อให้ละลายน้ำได้ช้าลง โดยเคลือบด้วยเอกซ์ตริน หรือสารอื่น มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กคล้ายน้ำตาลและละลายน้ำช้ากว่า แต่ถ้าทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะละลายน้ำหมด ยูเรียถ้าผสมกับน้ำบางส่วนและใส่ถั่วดิบบดทิ้งไว้จะเกิดก๊าซ แอมโมเนีย จึงใช้เป็นคุณสมบัติเพื่อแยกออกจากสาร NPN ที่เป็นพิษร้ายแรงต่อสัตว์ที่มีโปรตีนสูง เช่นกันคือ melamine ซึ่งจะไม่ละลายน้ำ และไม่เกิดแอมโมเนีย ยูเรียเกรดปุ๋ยอาจใช้ผสมในอาหาร สัตว์ได้โดยอนุโลมแต่ควรมีการบดให้มีขนาดเล็กก่อน เพื่อให้สามารถกระจายในส่วนประกอบ อาหารอย่างทั่วถึง

2.2.5 ข้อจำกัดการใช้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิด

วัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดมีข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจากมีสารพิษบางชนิด ขาดความ สมดุลของโภชนะ มีราคาแพง หรืออาจมีผลต่อการผสมให้เข้ากันกับวัตถุดิบอื่น เช่น ข้าวโพดบด นิยมใช้ 0 - 40 เปอร์เซ็นต์ ระดับสูงสุด 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้มากซากจะมีไขมันเหลว ใบกระถินป่น นิยมใช้ 4 - 5 เปอร์เซ็นต์ ระดับสูงสุด10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีมิโมซีนทำให้การเจริญเติบโตลดลง และวัตถุดิบอื่นๆ ข้อจำกัดการใช้วัตถุดิบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือราคา โดยถ้าเทียบระหว่าภายในกลุ่มแหล่ง โปรตีน หรือแหล่งพลังงาน จะเลือก

ชนิดที่มีความคุ้มทุนที่สุด เช่นกาก A มีโปรตีน 35% ราคา กิโลกรัมละ 9 บาท กับกาก B มีโปรตีน 40% ราคา กิโลกรัมละ 12 บาท ความคุ้มทุนกาก A = 35/100*1000/9 = 38.9 ความคุ้มทุนกาก B = 40/100*1000/12 = 33.3 ดังนั้นกาก A จึงน่าสนใจกว่า ซึ่งวิธีการนี้หากใช้โปรแกรมทำสูตรอาหารที่ทำราคาต่ำสุด (least cost formulation) จะสามารถครอบคลุมไปถึงโภชนะตัวอื่นๆด้วย ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายใน ปัจจุบัน

## 2.3 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

2.3.1 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรหลายชนิด ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือ ทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาอาจมีชื่อเรียกต่างกันตามการใช้งานดังนี้

- เพลา (Shaft) ได้แก่ชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งถ่ายกำลัง
- แกน (Axle) ได้แก่ชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อสายพาน อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนเรียกรวมกันว่า เพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม
- สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง
- สตับชาฟ (Stub Shaft) ได้แก่เพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ หรือ เครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ
- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังส่วนของเครื่องจักรกลอื่นๆ
- แจ๊คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาที่มีขนาดสั้นต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล
- เพลาอ่อน ได้แก่เพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วย สายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่ แกนหมุนทำมุมกันได้แต่มีข้อเสียคือส่งถ่ายกำลังได้น้อย

2.3.2 วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา ควรคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว ซึ่งจะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไป ได้แก่ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษ จะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 , 3140 ,4150 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน เพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.3.3 ขนาดของเพลา

เพลาโดยทั่วไปมีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาด ใน ISO / R 775 – 1969 สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป

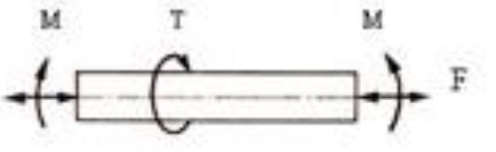
2.3.4 หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.3.5 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในรูปที่ 2.7




**รูปที่ 2.13** แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ [9]

การออกแบบการคำนวณเพลา ในการออกแบบหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

- กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้สำหรับเพลาส่งกำลัง
- ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพลา
- ความแกร่ง (Stiffness) ได้แก่ ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพลา เมื่อรับภาระ
- ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลาอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่นตัวของเพลา

1) การคำนวณหาความเค้นแรงเฉือน

ในการออกแบบขนาดของเพลาสำหรับงานปกติทั่วไป พิจารณาเฉพาะกำลังงานภาระ และคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอ จึงพิจารณาถึงความแกร่ง และความเร็ววิกฤติ เพลาโดยทั่วไปจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร ทั้งนี้เพราะ โดยปกติเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น เพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า(Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่ มากระทำ

โดยที่ $C_m$ = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

$C_t$ = ตัวประกอบความล้าเนื่องการบิด

เพลานอกจากรับโมเมนต์ดัดแล้ว ในขณะเดียวกันจะรับโมเมนต์แรงบิดด้วย ดังได้แสดงวิธีหามาแล้ว โมเมนต์บิดนี้จะทำให้เกิดความเค้นแรงบิดขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$t_{max} = 0.5sy/N = 16 / pD^3 [(C_m .M)^2 + (C_t .T)^2]^{1/2} \quad (2.1)$$

โดยที่ sy = Yield Stress ($N/mm^2$)

N = ค่าความปลอดภัย

$C_m$ = ตัวประกอบจากการล้าเนื่องจากการดัด

$C_t$ = ตัวประกอบจากการล้าเนื่องกากการบิด

M = โมเมนต์ดัด

T = แรงบิด (N)

2.3.6 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้ [11]

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase) จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์มีสายไฟ เข้า 2 สาย มีแรงม้าไม่สูง ส่วนใหญ่ใช้ตามบ้านเรือน

1.2 มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต้องใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ใช้แรงดัน 380 โวลต์ มีสายไฟเข้ามอเตอร์ 3 สาย

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่า ดี.ซี มอเอตร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

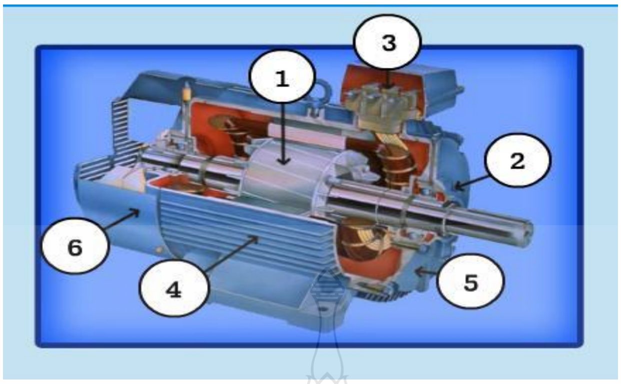
2.) ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces) ได้แก่แกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ อัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ซึ่งจะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

3.) โครงมอเตอร์ (Motor Frame) ได้แก่ส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

4.) อาร์เมเจอร์ (Armature) ได้แก่ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเซาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่นยึดขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมอเจอร์ผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

5.) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ได้แก่ส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่านเพื่อส่งไปให้ขดลวด

6.) แปรงถ่าน (Brush) คือ ได้แก่ตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจกแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์




**รูปที่ 2.14** ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ [11]

2.3.7 พูลเล่ย์

พูลเล่ย์เป็นชิ้นส่วนสำคัญชิ้นหนึ่งในระบบสายพานลำเลียง (belt conveyor system) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (direction) และควบคุม (control) ความตึง(tension) หรือความหย่อน (slack) ของสายพานในระบบลำเลียง (belt conveyor system) หรือทำหน้าที่ปรับสายพาน (train) เพื่อให้สายพานเดินได้แนว (alignment) ตลอดการเคลื่อนที่ของสายพาน ในทางอุตสาหกรรม แบ่งพูเล่ ออกเป็น 4 ชนิดดังนี้

1. Standard duty conveyor pulley (pulley แบบใช้งานมาตรฐาน)

pulley ประเภทนี้มีขาใหญ่ กล่าวถึงคือ CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) ได้จัดมาตรฐานของ welded steel conveyor pulley (CEMA standard B105.1) และ Welded Steel Wing Pulley (CEMA standard B501.1)

**รูปที่ 2.15** pulley แบบใช้งานมาตรฐาน [12]

2. Heavy duty conveyor pulley (Pulley ประเภทใช้งานหนัก)

Pulley ประเภทนี้ จัดเป็นประเภทที่ใช้งานหนักกว่าแบบ standard duty เช่น มีชั่วโมงการทำงานมากกว่า มี impact load หรือ ใช้งานในพื้นที่ที่มีการกัดกร่อนสูง (high corrosion) ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความหนาของผิว (shell) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา (shaft diameter) ให้โตขึ้นตามความต้องการของผู้ใช้งานทั้งนี้พื้นฐานการคำนวนยังยึดหลักเช่นเดียวกับ standard duty pulley ทุกประการ

3. Mine duty conveyor pulley (pulley ใช้ในงานเหมือง)

งานเหมืองเป็นงานที่หนักมากกว่างานประเภทอื่นๆ เพราะขาดความปลอดภัยและอันตรายต่อร่างกายเป็นอย่างมาก ต้องเจอกับการใช้งานแบบ ไม่มีหยุด เหมืองส่วนมากจะรีบผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตมากๆ ในเวลาที่จำกัด การทำงานของเครื่องจักรจึงจะกินกำลังแบบสุดๆ หรือ OverLoad นอกจากนี้สภาพของเหมืองเองก็ต้องเจอกับสภาพแวดล้อมที่เรียกว่าไม่เหมือนกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น เจอกับขนาดของวัสดุ (lump) ที่ใหญ่มาก สภาพของพื้นที่ที่เปียกชื้น ร้อนจัด

**รูปที่ 2.16** pulley ใช้ในงานเหมือง [12]

**4.** Engineered class pulleys (พูลเลย์ สั่งทำพิเศษ)

pulley ชนิดนี้เป็นชนิดพิเศษ ที่ออกแบบให้เฉพาะเจาะจงตามคำสั่ง หรือการที่สั่งทำขึ้นมาของผู้ใช้งานจริง ดังนั้นการออกแบบต้องสามารถเช็คการเสียหายได้แทบทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเลือกวัสดุที่ต้องมีใบรับรองขั้นตอนการผลิตจะต้องถูกควบคุมดูแลจะต้องใช้เทคนิคเหมาะสมกับการใช้งานแบบเฉพาะเจาะจงนั้นๆ

**รูปที่ 2.17** พูเลย์สั่งทำพิเศษ[12]

2.3.8 สายพาน

สายพานส่งกำลัง เป็นการส่งกำลังด้วยสายพาน เป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดี-ข้อเสียหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่

ข้อดีของการขับเคลื่อนด้วยสายพาน ได้แก่

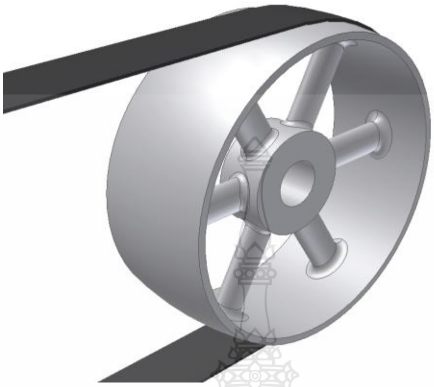
- มีราคาถูก
- ใช้งานง่าย
- รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี
- ในขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง
- เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ
- มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำข้อเสีย
- อัตราการทดที่ไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีฟ (Creep) ของ สายพาน
- ต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างการใช้งาน
- ไม่สามารถใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

1. ชนิดของสายพาน

สายพานใช้สำหรับส่งกำลัง การเคลื่อนที่ และส่งถ่ายสิ่งของในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งถูกออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพของการทำงาน ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ สายพานวี ที่สามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบบอื่น ๆ และที่สำคัญมีราคาถูก ทั้งนี้ การเลือกใช้สายพานก็ขึ้นอยู่กับการใช้งานชนิดของสายพาน และความต้องการ ความเหมาะสมกับงาน โดยสามารถแบ่งออกได้ 4 ชนิด ด้วยกันคือ

1.1 สายพานแบน (Flat Belts) ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจากพูลเลย์ของเพลาขับไปยังพูลเลย์ของเพลาตาม โดยกำลังที่ส่งถ่ายจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่นความเร็วของสายพาน ความตึงของสายพานที่พาดผ่านชุดพูลเลย์ มุมที่สายพานสัมผัสกับพูลเลย์ (Arc of Contact) โดยเฉพาะพูลเลย์ตัวที่เล็กกว่า และ

สภาพแวดล้อมที่สายพานนั้นถูกใช้งาน เช่น มีความชื้นอยู่ตลอดเวลา หรือมีไอแอมโมเนีย ซึ่งจะส่งผลให้อายุของสายพานสั้นลง



**รูปที่ 2.18** สายพานแบน [13]

1.2 สายพานวี (V – Belts) ส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลในโรงงานต่าง ๆ สามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่าง ๆ ได้ แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนกับสายพานแบน ลักษณะการใช้งานของสายพานวี เช่น สายพานของเครื่องกลึง สายพานของรถไถนาเดินตาม สายพานวี มีหลายชนิด เช่น สายพานวีปกติ สายพานร่องวีร่วม สายพานวีแหลม สายพานวีหน้ากว้าง สายพานวีหลายรูปพรรณ

**รูปที่ 2.19** สายพานส่งกำลัง ตัววี และการทำงานกับเครื่องจักร [13]

1.3 สายพานกลม (Ropes Belts) เป็นสายพานที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม การส่งกำลังด้วยสายพานกลมจะให้ความยืดหยุ่นสูงมาก และสามารถปรับตั้งทิศทางการหมุนได้หลายทิศทางตามความต้องการ

ของผู้ใช้ ซึ่งสายพานกลมทำมาจากพลาสติกโพลียูริเทน ทำให้ต้านทานน้ำ น้ำมัน จาระบี และน้ำมันเบนซินได้ดี และในขณะทำงานจะไม่เกิดเสียงดัง

1.4 สายพานไทมิ่ง (Timing Belts) สายพานไทมิ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลียมคางหมู มีฟันเฟือง ตลอดความยาวของสายพาน เป็นสายพานที่มีแกนรับแรงด้วยลวดเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ใน ยางเทียม ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียม แต่สูตรประสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเลย์ ซึ่งจะหุ้ม ด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดการสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดี ใช้กับพูลเลย์ล้อเล็ก ๆ

**รูปที่ 2.20** สายพาน Timing Belts [13]

2.3.9 ตลับลูกปืน

1.ชนิดของตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามรูปร่าง ของลูกปืนหรือลูกกลิ้งที่อยู่ภายใน โดยที่ทั่วไปลูกปืนหนึ่งตัวจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูป

1.1 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งกลมร่องลึกแถวเดียว (GROORVED BALL BEARING) เป็นตลับที่มี ลูกกลิ้งซึ่งภายในแบบแถวเดียวหรือสองแถวก็ได้แล้วแต่การใช้งาน ตลับลูกปืนชนิดนี้เหมาะสำหรับภาระปาน กลางตามแนวรัศมี และรับภาระต่ำตามแนวแกน และสำหรับความเร็วรอบสูง

1.2 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งกลมแบบมีบ่ากับฐาน (SHOULDER BALL BEARING) เป็นตลับลูกปืน ที่มีลูกกลิ้งกงมที่สมารถรับแรงตามแนวรัศมี และรับแรงตามแนวแกนในหนึ่งทิศทางได้ ตลับลูกปืนแบบนี้ส่วน ใหญ่จะนิยมนำมาประกอบเป็นคู่เพื่อให้เกิดการต้านกันเอาไว้

1.3 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งกลมแบบเอียง(ANGULAR CONTACT BALL BEARING)เป็นตลับปืน ที่มีลูกกลิ้งกลมที่สามารถรับแรงตามแนวรัศมี และรับแรงตามแนวแกนในหนึ่งทิศทางได้ ตลับลูกปืนแบบนี้เป็น

ส่วนจะนิยมนำมาประกอบเป็นคู่เพื่อให้เกิดการต้านกันเอาไว้เช่นเดียวกับตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งกลมแบบมีบ่ากับฐาน

1.4 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งแบบแกว่งปรับศูนย์ (SELF-ALIGNING BALL BEARING) เป็นตลับลูกปืนที่มีลูกกลิ้งกลม ใช้สำหรับรับแรงตามแนวรัศมีและแนวแกนทั้งยังสามารถให้เพลาที่เบี่ยงเบนไปจากศูนย์และเพลาที่รับการตัดงอได้

1.5 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งป้อม(BARREL TYPE ROLLER BEARING) ตลับลูกปืนที่มีลูกกลิ้งกลมใช้สำหรับรับแรงตามแนวรัศมีและแนวแกน ทั้งยังสามารถใช้กับเพลาที่เบี่ยงแบนไปจากศูนย์ และเพลาที่รับการตัดงอได้เดียวกันแบบแกว่ง ปรับศูนย์

1.6 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งเรียว(TAPERED ROLLER BEARING)เป็นตลับลูกปืนที่มีลูกกลิ้งเรียว ตลับลูกปืนนี้สามารถแยกชิ้นส่วนได้ ใช้สำหรับรับแรงตามแนวรัศมีและแนวแกนได้ นิยมนำมาประกอบเป็นคู่ให้ย้อนทิศทาง

1.7 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งโค้ง (SPHERICAL ROLLER BEARING) เป็นตลับลูกปืนที่มีลูกกลิ้งโค้งปรับแนวรับได้ มีลักษณะการใช้งานเหมือนกับตลับลูกปืนเม็ดลูกกลิ้งกลมสามารถรับแรงในแนวแกนได้ สามารถรับแรงในแนวแกนได้มากกว่า

1.8 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งเข็ม (NEEDLE ROLLER BEARING) เป็นตลับลูกปืนที่ใช้งานกับบริเวณที่มีพื้นที่การประกอบน้อย  สามารถรับแรงตามแนวรัศมีได้มาก ลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก แต่มีความสามารมาก ตลับลูกปืนแบบนี้มี  2  แบบ คือ แบบมีแหวน วงใน และแบบไม่มีแหวนวงใน

1.9  ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งรับแรงแนวแกนแถวเดียว (THUST BALL BEARING) เป็นตลับลูกปืนที่ลูกกลิ้งยอมรับแรงแนวแกนแถวเดียวมีวงแหวน 2 วง วงหนึ่งสวมกับเพลา วงที่สองสวมอัดเข้ากับตัวเรือน

1.10 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งโค้งรับแรงแนวแกน (SPHERICAL ROLLER THUST BEARING) เป็นตลับลูกปืนที่ลูกกลิ้งโค้งรับแรงแนวแกนจากรูปทรงลูกปืนแบบลูกกลิ้งโค้ง ทำให้สามารถรับแรงแนวรัศมีได้เล็กน้อย และยังสามารถเลื่อนปรับตัวเองได้หากเกิดการแกว่งหนีศูนย์

1.11 ตลับลูกปืนชนิดลูกกลิ้งโค้งรับแรงแนวแกน 2 ทิศทาง (THUST BALL BEARING DOUBLE DIRECTION) เป็นตลับลูกปืนลูกกลิ้งกลมรับแรงแกน  2  ทิศทาง มีแหวนรองเป็นรางวิ่งของลูกกลิ้งทั้ง  2  ด้าน สามารถรับแรงแนวแกนได้ทั้ง 2 ทิศทาง [14]

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมาได้นำทฤษฎีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ในการออกแบบสร้าง ทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

## 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่อง

1) วัสดุโครงสร้าง

- มอเตอร์ไฟฟ้าชุดส่งกำลัง ขนาด 2 แรงม้า
- เพลาขนาด $1\frac{1}{4}$ นิ้ว
- สายพาน
- พูลเลย์
- แบริ่งขนาด $1\frac{1}{4}$ นิ้ว
- ชุดน็อต ขนาด M10
- เกียร์ทด
- เหล็กเส้น
- เหล็กฉาก $1\frac{1}{2}$นิ้ว*$1\frac{1}{2}$นิ้ว

2) เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่อง

- ตู้เชื่อมไฟฟ้า
- เครื่องเจาะ
- ไฟเบอร์ตัดเหล็ก
- ประแจ
- หินเจียร์
- ระดับน้ำ
- ถุงมือ
- ตลับเมตร

- หน้ากาก

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดสอบ

ข้าวเปลือก ข้าวโพด ยอดหญ้า

## 3.2 ขั้นตอนการสร้างและการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงวางแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด
2. การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด
3. การทดทดสอบและประเมินสมรรถนะของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด
4. การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการศึกษาโดยตรงของผู้วิจัย ได้แก่ วัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ ลักษณะทางกายภาพของของวัตถุดิบ

1) การศึกษาปัญหาการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้น และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดและวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2) ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์อัดเม็ด

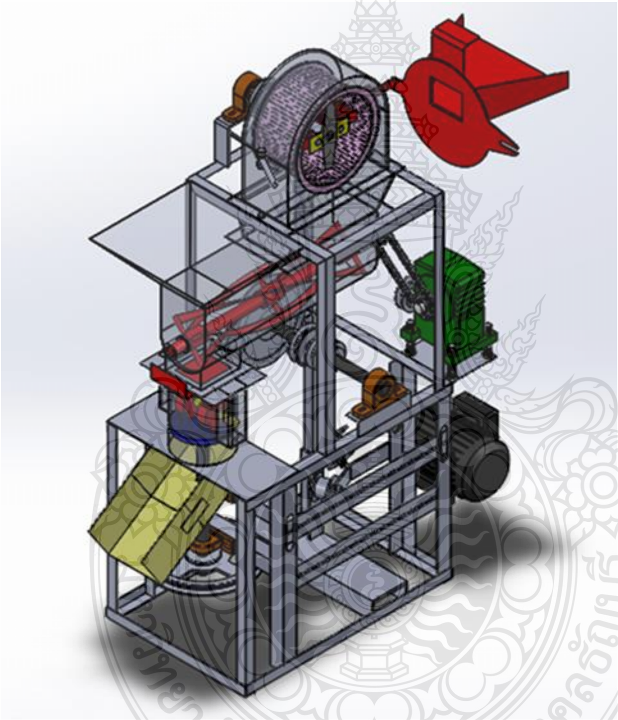
วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวโพด ยอดหญ้า เป็นต้น สำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบส่วนประกอบของชุดอัดเม็ด ดำเนินการศึกษา โดยการกำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์แต่ละชนิด

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

จากการศึกษาข้อมูลที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องแล้วจึงได้ดำเนินการออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดขึ้น เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูป โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น

ก) เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องมีข้อกำหนดที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

- กลไกลการทำงานของเครื่อง ทำงานง่าย ไม่ซับซ้อนมากเกินไป
- ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง
- บำรุงรักษาง่าย สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและปลอดภัย
- ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน
- สร้างจากวัสดุที่มีจำหน่ายในประเทศ อุปกรณ์ชิ้นส่วนมาตรฐานต่าง ๆ หากเกิดการชำรุด สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด



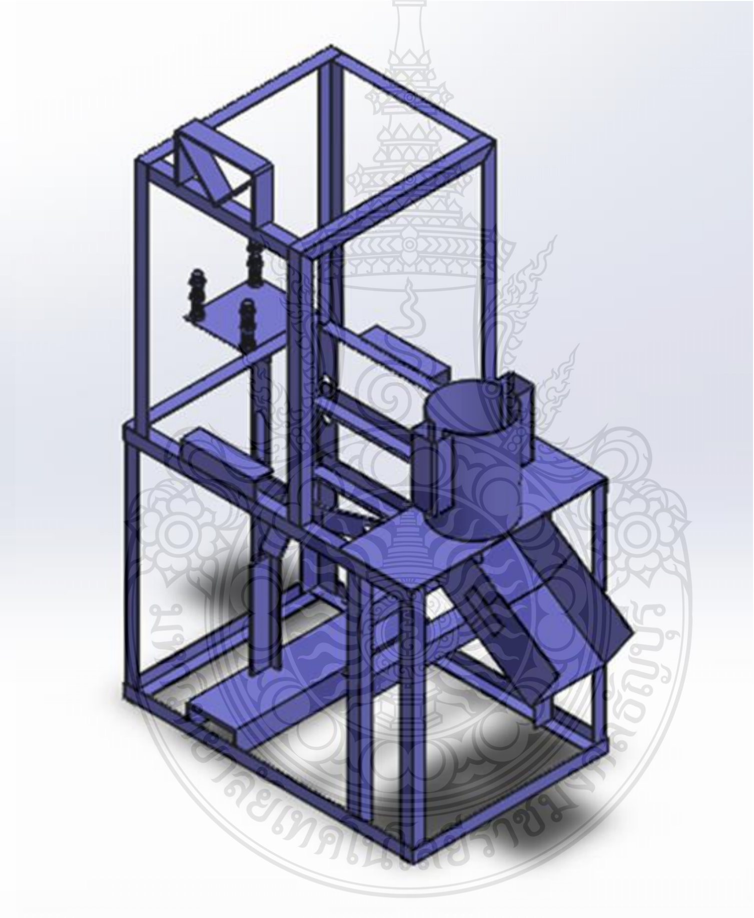
**รูปที่ 3.1** การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

ข) รายละเอียดในการออกแบบ

เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ ชุดผสมวัตถุดิบ ชุดอัดเม็ด และระบบต้นกำลัง ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์แบบเม็ด รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ออกแบบโดยใช้ระบบ

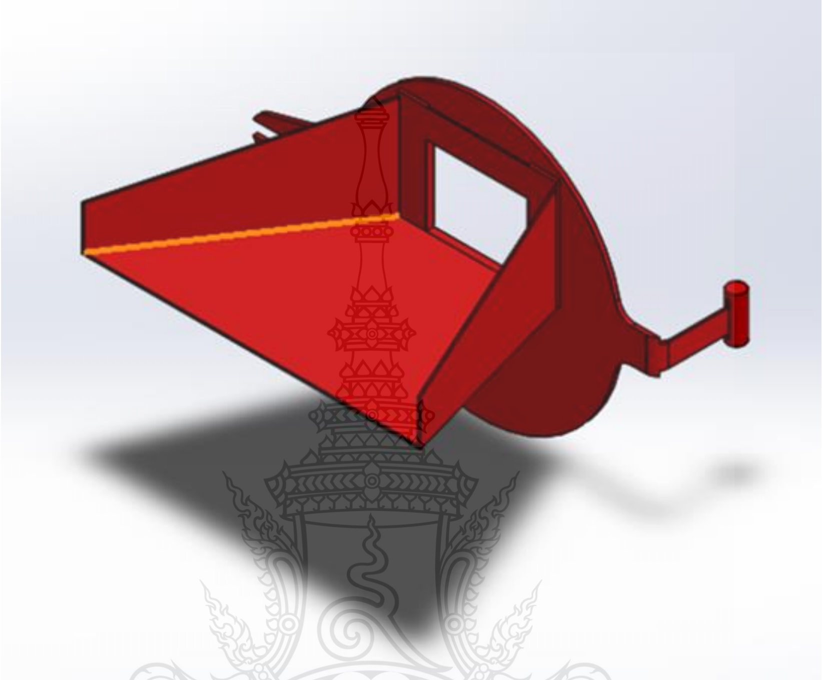
ลูกกลิ้งคู่ในการอัดผ่านจานแม่พิมพ์ที่เจาะรูเล็กๆจำนวนมาก ลักษณะรูปทรงอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการอัดมีรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และมีความยาว 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า มีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

1. โครงเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว นำมาตัด ประกอบเชื่อม ให้มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 406 เซนติเมตร 600 เซนติเมตร 1,290 เซนติเมตร มีหน้าที่เป็นโครงตัวยึดให้กับชุดต้นกำลัง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ ชุดอัดเม็ด ดังรูปที่ 3.2



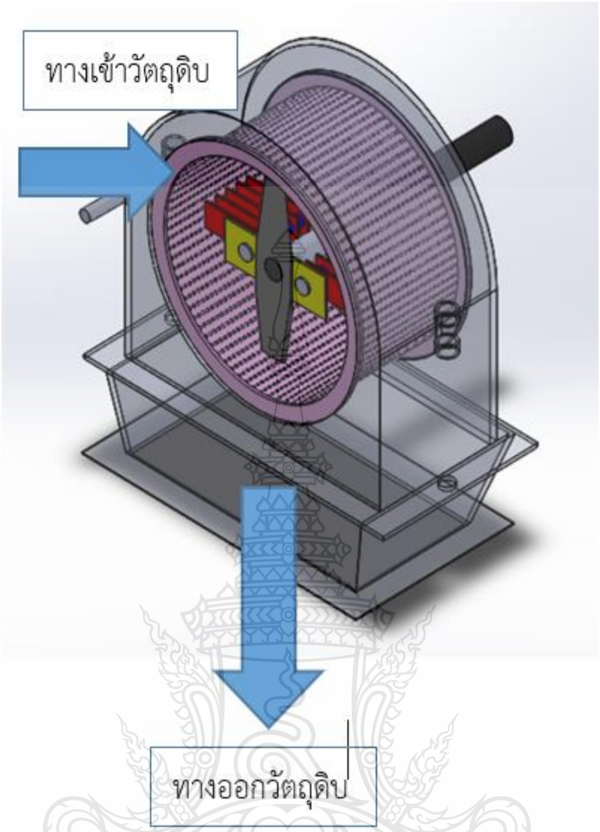
**รูปที่ 3.2** โครงเครื่อง

2.  ช่องใส่วัตถุดิบ ทำจากเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 245 มิลลิเมตร ยาว 281 มิลลิเมตร โดยช่องใส่วัตถุดิบจะมีหน้าที่ในการป้อนวัตถุดิบให้ไหลลงในช่องบดวัตถุดิบ ดังรูปที่ 3.3



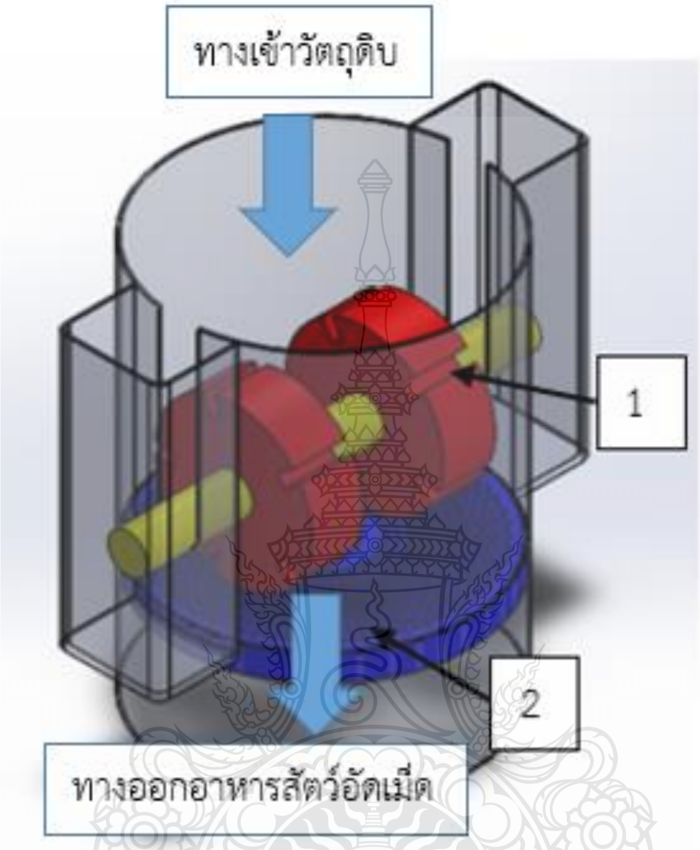
**รูปที่ 3.3** ช่องใส่วัตถุดิบ

3.  ชุดบดวัตถุดิบรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 1,810 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 2,857 รอบต่อนาที โดยวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าทางช่องใส่วัตถุดิบและออกทางด้านล่างของชุดบดวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง โดยใบมีดทำหน้าที่ในการตัดวัตถุดิบให้ละเอียดเพื่อให้วัตถุดิบตกลงตามรูตะแกรงทำให้สะดวกต่อการอัดเม็ด โดยใบมีดทำจากเหล็กกล้าขนาดความยาว 200 มิลลิเมตร ความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และตะแกรงทำจากเหล็กแผ่นเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.4



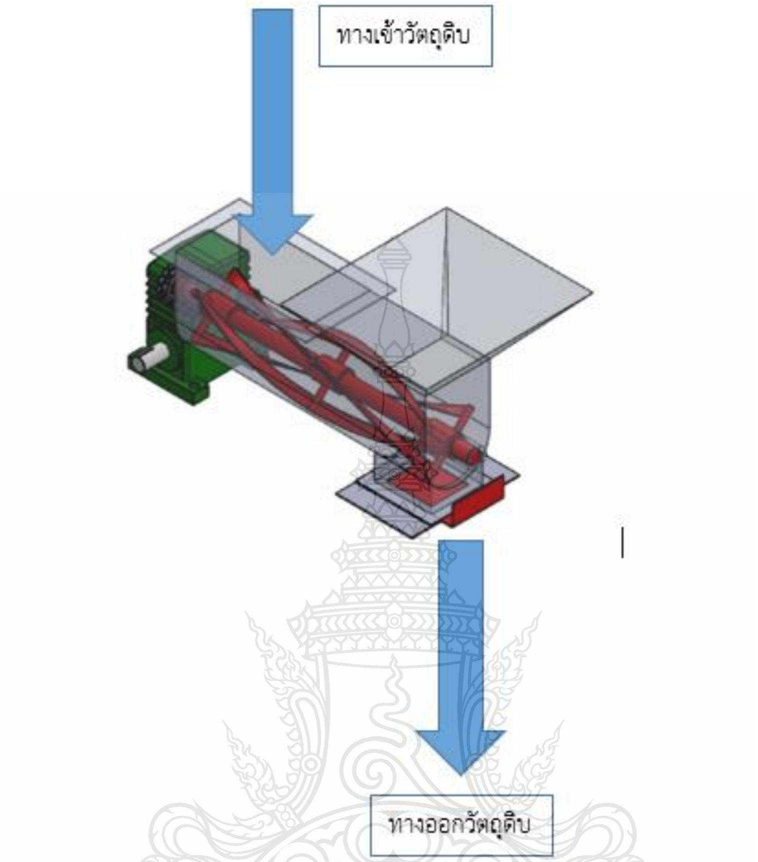

**รูปที่ 3.4** ชุดบดวัตถุดิบ

4. ชุดอัดเม็ดรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ด อาหารสัตว์มีความเร็วรอบในการทำงานที่ 198 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์มีความเร็วในการทำงานที่ 312 รอบต่อนาที โดยชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์รับวัตถุดิบจากชุดผสมวัตถุดิบทางด้านบน และเม็ดอาหารสัตว์ออกทางด้านล่างของชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ มีหน้าที่สำหรับอัดวัตถุดิบที่ส่งมาจากชุดผสมวัตถุดิบ ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้ง และแม่พิมพ์สำหรับอัดเม็ดอาหารสัตว์ โดยลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกจะหมุนตามเพลาผ่านเครื่องส่งกำลัง วัตถุดิบจะสัมผัสกับจานอัดเม็ดที่อยู่กับที่และลูกกลิ้งจะหมุนรอบจานอัดเม็ดทำให้เกิดความร้อนขึ้นจะส่งผลให้เม็ดอาหารสัตว์เกิดการอัดตัวในรูของจานอัดเม็ด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดอาหารเม็ด 76.2 มิลลิเมตร มีความหนา 25.4 มิลลิเมตร โดยมีแบริ่งอยู่ด้านในลูกกลิ้งเพื่อลดแรงเสียดทาน ดังรูป 3.5




**รูปที่ 3.5** ชุดอัดเม็ด

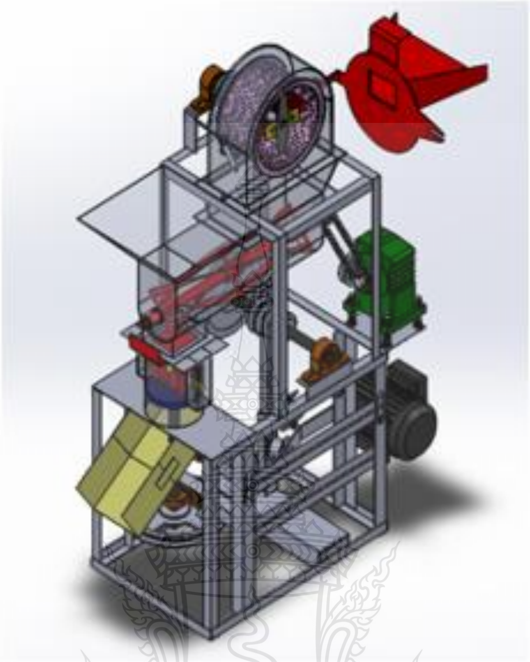
4. ชุดผสมวัตถุดิบ รับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง และผ่านชุดเกียร์ทด 1:60 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 11 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,750 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 17 รอบต่อนาที โดยรับวัตถุดิบจากชุดบด และออกทางด้านล่างของชุดผสมวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับผสมวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอ พร้อมสำหรับการอัดเป็นแบบเม็ดอาหารสัตว์ ประกอบด้วยชุดใบกวนจำนวน 4 ใบ และมีลิ้นควบคุมการไหลของวัตถุดิบ เพื่อให้สามารถผสมวัตถุดิบได้อย่างสม่ำเสมอ โดยผู้ควบคุมเครื่องสามารถเปิดหรือปิดลิ้นได้ขณะทำการทดสอบ เพื่อให้การผสมของวัตถุดิบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ควรให้มีการผสมของวัตถุดิบอย่างน้อยหนึ่งนาที รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.6




**รูปที่ 3.6** ชุดผสมวัตถุดิบ

หลักการทำงานของเครื่อง

หลักการทำงานของเครื่อง เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ ส่งถ่ายกำลังไปยังเกียร์ทดเพื่อปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการทำงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์ เกียร์ทดจะส่งถ่ายกำลังไปยังเพลาหมุนเพื่อส่งกำลังมายังสายพานเพื่อขับเคลื่อนชุดผสมและชุดอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เมื่อป้อนวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด และวัตถุดิบอื่นๆ ไปในช่องป้อน จากนั้นกลไกชุดบดวัตถุดิบจะทำการบดวัตถุดิบให้ละเอียด วัตถุดิบที่ถูกบดละเอียดแล้วจะถูกส่งไปยังกลไกชุดผสมวัตถุดิบ เพื่อผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน วัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วจะไหลไปยังชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์เพื่อทำการอัดเม็ดอาหารสัตว์ผ่านจานแม่พิมพ์อัดเม็ดและไหลลงมาสู่ช่องรับอาหารอัดเม็ด



**รูปที่ 3.7** เครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

## 3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล

การทดสอบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการ ทำงานของเครื่อง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1การทดสอบเครื่องต้นแบบ

ก) การทดสอบหาอัตราป้อนที่เหมาะสม

ในการทดสอบหาอัตราการป้อนที่เหมาะสม ทำการทดสอบโดยการป้อนวัตถุดิบลงไปในช่องป้อนวัตถุดิบของเครื่อง โดยใส่วัตถุดิบ ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวโพด ยอดหญ้า เป็นต้น โดยกลไกชุดบดวัตถุดิบจะทำการบดวัตถุดิบให้ละเอียดวัตถุดิบที่ถูกบดจะถูกส่งไปยังกลไกชุดอัดเม็ดเพื่อทำการอัดเม็ดและไหลลงมาสู่ช่องใส่อาหารอัดเม็ด

ก) ทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ดำเนินการทดสอบดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยทำการทดสอบจำนวน 3 สูตรอาหารสัตว์ สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. ข้าวเปลือก กากมะพร้าว ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด น้ำมันพืช และน้ำ โดยใช้ข้าวเปลือก 200 กรัม กากมะพร้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 200 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม รำละเอียด 400 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนผสม 2:1:2:1:4:0.3 สูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. รำละเอียด 500 กรัม ข้าวโพด 200 กรัม ข้าวเปลือก 300 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนการผสม 5:2:3:0.3 และสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ประกอบด้วย 1. รำละเอียด 300 กรัม ข้าวโพด 400 กรัม ข้าวเปลือก 200 กรัม กาบมะพร้าว 100 กรัม อัตราส่วนผสม 3:4:2:1:0.3

2. สำหรับการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารเม็ด ประสิทธิภาพการทำงาน และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด ทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,450 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ดเท่ากับ 1,810, 11 และ 198 รอบต่อนาที ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,450 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เพิ่มเป็น 2,365, 14 และ 259 รอบต่อนาที ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เพิ่มเป็น 2,857, 17 และ 312 รอบต่อนาที ตามลำดับ จับเวลาในการทำงานของเครื่องตั้งแต่เริ่มเทส่วนผสมของวัตถุดิบลงในช่องป้อนจนถึงขั้นตอนการอัดเม็ดอาหารสัตว์ คำนวณความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพการทำงาน เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ทำการทดสอบทั้ง 3 สูตรอาหาร

3. สำหรับการทดสอบในแต่ละสูตรอาหาร สุ่มเก็บอาหารอัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดรูปร่างของเม็ดอาหารบันทึกผลการวัด

4. คำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ย (Average Density) ของเม็ดอาหารสัตว์ในแต่ละการทดสอบ

5. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความยาวของเม็ดอาหารสัตว์และเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ (Length to Diameter Ratio) ในแต่ละการทดสอบ

6. ทำการทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ

*ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (Processing Capacity)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$C_c = \frac{WP}{t} \tag{3.1}$$

เมื่อ

$C_c$ = ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$t$ = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

*ประสิทธิภาพในการทำงาน (Percentage Recovery)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$F_E = \frac{WP}{WT} x100 \tag{3.2}$$

เมื่อ

$F_E$ = ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

*เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (Percentage Unpelleted)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ดต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$F_{nE} = \frac{WNP}{WT} x100 \tag{3.3}$$

เมื่อ

$F_{nE}$ = เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (เปอร์เซ็นต์)

$WNP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ด (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารอัดเม็ด (Average Density) ได้แก่ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด คำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$D_{av} = \frac{m}{V} \tag{3.4}$$

เมื่อ

$D_{av}$ = ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$m$ = มวลเป็นกรัมของอาหารสัตว์ที่เป็นเม็ด (กรัม)

$V$ = ปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

*การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า* หาได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าและเวลาในการทำงาน คำนวณได้ดังสมการที่ 3.5

$$W = \frac{i.V..t}{1,000} \tag{3.5}$$

เมื่อ

$W$ = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$i$ = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

$V$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

$t$ = เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)

*วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์*

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องจักร จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการใช้งานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ไปทำงานตามสถานที่ ต่าง ๆ เป็นต้น ต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการทำงาน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซมเครื่องจักร

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ 3.6

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \quad (3.6)$$

เมื่อ

$D =$ ค่าเสื่อมราคา (Baht/yr)

$P$ = ราคาเครื่องจักร (Baht)

$s$ = มูลค่าซาก (Baht)

$L$ = อายุการใช้งาน (year)

2. ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.7

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \quad (3.7)$$

เมื่อ

$I =$ ค่าดอกเบี้ย (Baht/yr)`

$i =$ อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 3.8

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (3.8)$$

เมื่อ

$PBP$ = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

$p$ = ราคาเครื่องจักร (Baht)

$R$ = กำไรสุทธิต่อปี (Baht/yr)

4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ 3.9

$$BEP = \frac{F_C}{B-VC} \quad (3.9)$$

เมื่อ

$BEP$ = จุดคุ้มทุน (hr/yr)

$F_C$ = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

$B$ = อัตราการรับจ้าง (Baht/hr)

$VC$ = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร คำนวณได้จากสมการที่ 3.10

$$TC = \frac{F_C}{X} + VC \tag{3.10}$$

เมื่อ`

$TC$ = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Baht/hr)

$F_C$ = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

$X$ = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr)

$VC$ = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากวิธีการดำเนินการทดลองที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน จึงแยกการเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ออกเป็น 4 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการผสมสูตรอาหารสัตว์และรออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

4.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

4.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

## 4.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการผสมสูตรอาหารสัตว์และออกแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

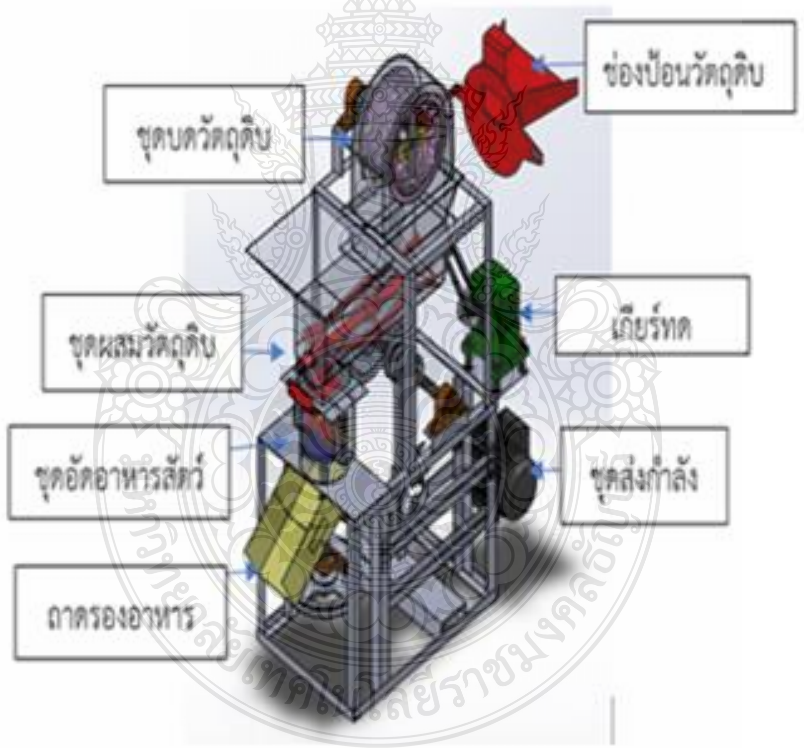
สำหรับปัจจัยการเลือกใช้วัตถุดิบสำหรับสูตรอาหารสัตว์ เพื่อให้สูตรอาหารมีคุณภาพดี มีความสมดุลของสารอาหารตามต้องการของสัตว์ ควรพิจารณาปัจจัย ดังนี้ แหล่งวัตถุดิบ วัตถุดิบควรหาได้ง่ายและมีปริมาณมากในท้องที่ วัตถุดิบที่เลือกควรหาได้ง่ายใน ท้องถิ่น และมีใช้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอาหารหลักซึ่งได้แก่ อาหารที่เป็นแหล่งพลังงาน จำเป็นต้องใช้ เป็นปริมาณมากในสูตรอาหาร แต่บางครั้งการคมนาคมที่สะดวกก็ทำให้ สามารถเลือกใช้วัตถุดิบต่าง ๆ นอกท้องที่ได้ง่ายและราคาไม่สูงก็ต้องนำมาพิจารณาด้วย ลักษณะกายภาพ วัตถุดิบควรมีลักษณะทางกายภาพที่ดี เพื่อให้สัตว์ชอบกินและสามารถกินอาหารนั้นได้ตามความต้องการ ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่ควรพิจารณา ได้แก่ ความเหนียว วัตถุดิบที่มีลักษณะเหนียวจะทำให้ได้อาหารผสมมีลักษณะเหนียว ไปด้วย อาหารนั้นจะมีความไม่น่ากินและกินยาก เช่น ปลายข้าวเหนียว เมื่อสัตว์กินอาหาร ที่เหนียวจะติดหรือตกค้างอยู่ในส่วนของจงอยปากและลิ้น อาจสะสมทำให้ เกิดการติดเชื้อหรือ เน่าเปื่อยในส่วนของอวัยวะดังกล่าว สัตว์ไม่ชอบรสชาดของ อาหารที่มีลักษณะเหนียว ทำให้สัตว์ กินได้น้อย ขนาดชิ้นส่วนอาหาร วัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ทำสูตรอาหารควรมีการเตรียมให้มีขนาด ชิ้นส่วนที่เหมาะสมกับชนิด และอายุของสัตว์ที่กินจะกินอาหารนั้นได้อย่างสะดวกสบาย ส่วนใหญ่ แล้วในการผสมอาหาร สัตว์มักจะบดอาหารให้ละเอียดเพราะย่อยได้ง่ายแต่ต้องเหมาะสมกับชนิด ของสัตว์ด้วย ถ้าละเอียดมากเกินไป สัตว์

บางชนิดไม่ชอบกินและยังอาจก่ออันตรายต่อ ระบบทางเดินอาหารของสัตว์ สี กลิ่น และรสชาด อาหารที่มีสีกลิ่นและรสชาดแปลก ๆ ในบางครั้งสัตว์ไม่ยอมกิน ควรจะต้องฝึกให้สัตว์เคยชินเสียก่อน ความฟ่าม สัตว์ปีกไม่ชอบอาหารที่มีความฟ่ามมาก แต่ในวัวนม หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ได้ เพราะระบบทางเดินอาหารขนาดใหญ่กว่าและ รับอาหารได้ มากกว่า ตลอดจนมีจุลินทรีย์ในกระเพาะช่วยย่อยสารเยื่อใยด้วย จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าความเร็วรอบในการอัดเม็ดอาหารสัตว์ที่เหมาะสม ควรอยู่ระเหว่าง 300-350 รอบต่อนาทีซึ่งจะให้เปอร์เซ็นต์การอัดเม็ดดีที่สุด ลักษณะทางกายภาพของเม็ดอาหารสัตว์ที่ดีควรมีค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 ซึ่งง่ายต่อการเคี้ยวอาหารของสัตว์ ปริมาณข้าวโพดบดที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-40% ค่าสูงสุดไม่ควรเกิน 80% ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปซากจะมีไขมันเหลว ปริมาณของรำละเอียด ปริมาณที่นิยมใช้อยู่ระหว่าง 5-20% มากที่สุดไม่ควรเกิน 30% ซึ่งจะทำให้อาหารหืนง่าย กากมะพร้าวอยู่ระหว่าง 10-15% มากที่สุดไม่ควรเกิน 20% เพราะจะให้ฟ่ามง่ายและมีกลิ่นหืน การทำสูตรอาหารสำหรับสัตวเลี้ยง หรือโภชนะที่เหมาะสมสำหรับสัตว์นั้นสัตว์แต่ละชนิดก็ต้องการสารอาหารที่ต่างกัน ตามชนิดและขนาดของสัตว์แต่ละอย่าง โดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้ **1. ปริมาณสารอาหาร** สูตรอาหารที่ดี ควรมีสารอาหารครบทุกชนิด และเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ตามระยะการเจริญเติบโต ขนาด ชนิดของสัตว์หรือชนิดของผลผลิต **2.** ความสมดุลของสารอาหาร มีความสมดุลของสารอาหารในอาหารสัตว์ ได้แก่ สัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีน สัดส่วนของแร่ธาตุ **3.** ความน่ากิน สูตรอาหารนั้นควรมีความน่ากิน สัตว์มีความชอบกินและกินได้มากตามความต้องการ **4.** การใช้ประโยชน์ได้ **อ**าหารนั้นเมื่อสัตว์กินเข้าไปสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ **5.** ปราศจากสารพิษ ถ้ามีสารพิษก็ควรอยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ **6.** ผลที่มีต่อคุณภาพ ผลผลิตที่ได้จากการใช้อาหารไม่ควรมีผลเสีย เช่น มีกลิ่นจากการใช้วัตถุดิบหรือกระทบต่อการให้ผลผลิตและมีคุณภาพซากที่ดีตรงตามความต้องการของตลาด **7.** ราคา ควรเป็นสูตรอาหารที่ราคาประหยัด เพื่อให้มีกำไร

## 4.2 การออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่ออกแบบและสร้าง มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนได้แก่ 1. ชุดมอเตอร์ต้นกำลัง 2. ช่องป้อนวัตถุดิบ 3. ชุดบดวัตถุดิบ 4. ชุดผสมวัตถุดิบ และ 5. ชุดอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยเครื่องออกแบบให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานเหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรรายย่อย หรือวิสาหกิจชุมชนด้านการเลี้ยงวัวนมหรือวัวเนื้อ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำงานเมื่อเทียบกับการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาด ใช้งานง่าย ส่วนประกอบของเครื่องใช้วัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โครงสร้างไม่ซับซ้อนและง่ายในการบำรุงรักษา เคลื่อนย้ายได้สะดวกสามารถนำเครื่องไปทำงานนอกสถานที่ได้ ตารางที่ 4.1 แสดงเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและรายละเอียด

ของเครื่องที่สำคัญ ขนาดของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์ที่ออกแบบและพัฒนา ขนาดกว้าง ยาว สูง เท่ากับ 406 x 600 × 1,290 มิลลิเมตร ขนาดของช่องป้อนวัตถุดิบ ออกแบบให้มีขนาด ขนาดกว้าง ยาว สูง เท่ากับ 300× 281 × 245 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงชุดบดวัตถุดิบ 304.8 มิลลิเมตร ขนาดของชุดผสมวัตถุดิบ ออกแบบให้มีขนาด ขนาดกว้าง ยาว สูง เท่ากับ 125 × 500 × 190 มิลลิเมตร ขนาดใบมีดชุดบดวัตถุดิบ ออกแบบให้มีขนาด 40x200x4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานแม่พิมพ์อัดเม็ดออกแบบให้มีขนาด 139.7 มิลลิเมตร . ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจานแม่พิมพ์ สำหรับอัดอาหารสัตว์ ออกแบบให้มีขนาด 4 มิลลิเมตร เหมาะสมสำหรับการเคี้ยวของสัตว์ ความหนาของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด ออกแบบให้มีขนาด 6 มิลลิเมตร โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด




**รูปที่ 4.1** เครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

**ตารางที่ 4.1** รายละเอียดของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

| รายการ | รายละเอียด |
|---|---|
| 1. ขนาดของเครื่อง<br>กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 406 × 600<br>× 1,290 |
| 2. ขนาดของช่องป้อนวัตถุดิบ  กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 300× 281  × 245 |
| 3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงชุดบดวัตถุดิบ<br>(มิลลิเมตร) | 304.8 |
| 4. ขนาดใบมีดชุดบดวัตถุดิบ (มิลลิเมตร) | 40x200x4 |
| 5. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดเม็ด (มิลลิเมตร) | 76.2 |
| 6. ขนาดของชุดผสมวัตถุดิบ<br>กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 125 × 500 × 190 |
| 7. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด<br>(มิลลิเมตร) | 139.7 |
| 8. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจานแม่พิมพ์ สำหรับอัด<br>อาหารสัตว์ (มิลลิเมตร) | 4 |
| 9. ความหนาของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด  (มิลลิเมตร) | 6 |

## 4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

การทดสอบเครื่องในขั้นตอนการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยทดสอบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วรอบที่ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบบเม็ด การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า จุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุน ทดสอบ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ ในขณะทำการทดลองได้มีการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทส่วนผสมวัตถุดิบลงในเครื่องจนถึงขั้นตอนการอัดอาหารเม็ดเสร็จ หลังจากทดลองเสร็จแล้ว นำค่าที่ได้จากการทดลองมาบันทึกลงในตารางที่เตรียมไว้ และทำการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทำการทดสอบจำนวน 3 สูตร อาหารสัตว์  สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 ประกอบด้วย 1. ข้าวเปลือก กากมะพร้าว ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด อัตราส่วน 2:1:2:1:4  สูตร

อาหารสัตว์ที่ 2 ประกอบด้วย 1. รำละเอียด ข้าวโพด ข้าวเปลือก อัตราส่วน 5:2:3 และสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ประกอบด้วย 1. รำละเอียด ข้าวโพด ข้าวเปลือก กาบมะพร้าว อัตราส่วน 3:4:2:1

4.3.1 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

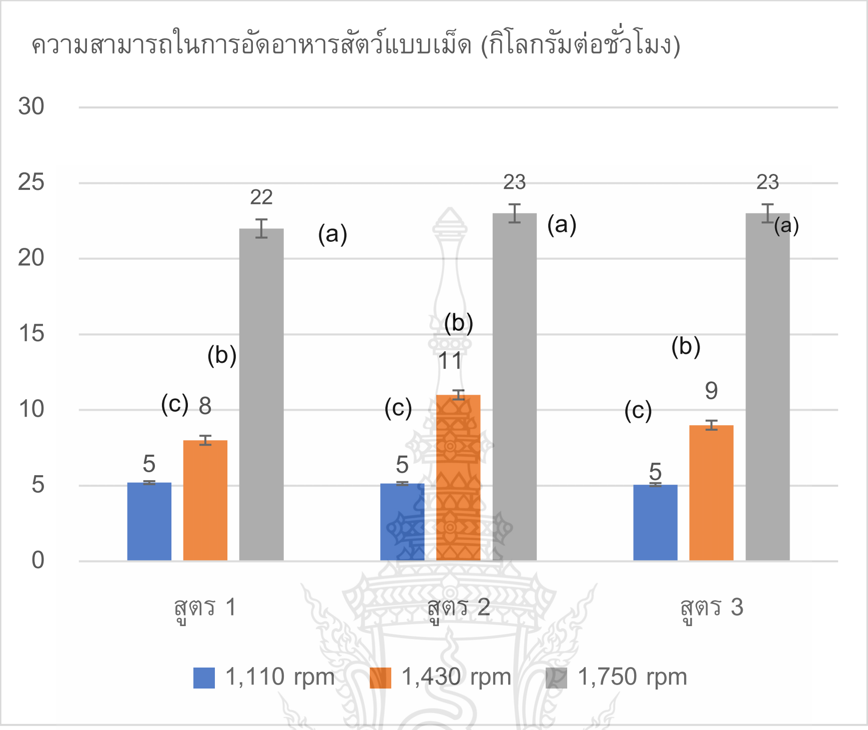
ทำการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3-4.7

**ตารางที่ 4.2** สมรรถนะการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์

| รายการ | สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 | สูตรอาหารสัตว์ที่ 2 | สูตรอาหารสัตว์ที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,100 รอบต่อนาที | | | |
| 1. น้ำหนักส่วนผสมวัตถุดิบ (กก.) | 1 | 1 | 1 |
| 2. เวลาเฉลี่ยในการทำงาน (นาที) | 9.86 | 10.19 | 10.21 |
| 3. ผลผลิตที่ได้เฉลี่ย (กก.) | 0.855 | 0.873 | 0.864 |
| 4. วัตถุดิบที่ไม่เป็นเม็ดเฉลี่ย (กก.) | 0.089 | 0.079 | 0.084 |
| 5. วัตถุดิบตกค้างในเครื่องเฉลี่ย (กก.) | 00.056 | 0.048 | 0.052 |
| 6. ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (กก./ชม) | 5 | 5 | 5 |
| 7. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง (%) | 85 | 87 | 86 |
| 8. เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด (%) | 8.9 | 7.9 | 5 |

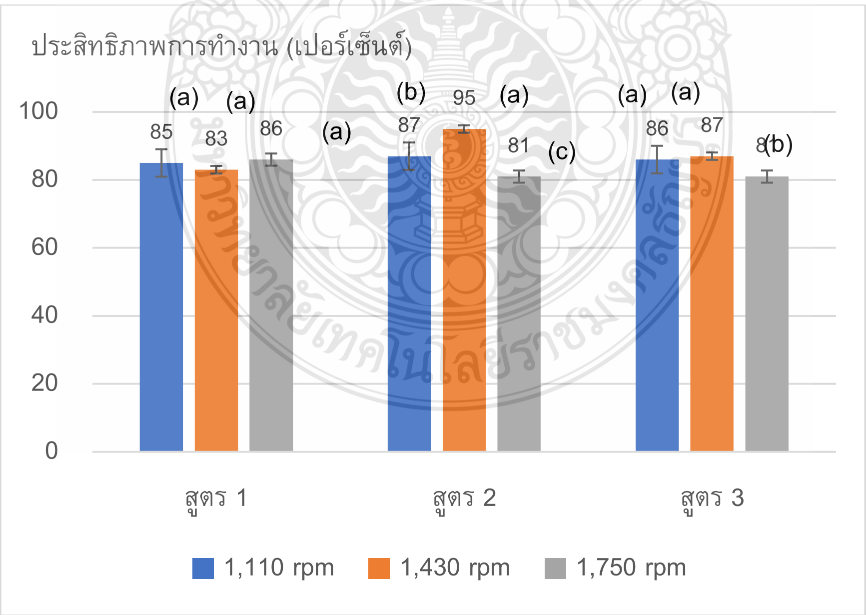
**ตารางที่ 4.2** สมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดอาหารสัตว์ (ต่อ)

| รายการ | สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 | สูตรอาหารสัตว์ที่ 2 | สูตรอาหารสัตว์ที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที | | | |
| 1. น้ำหนักส่วนผสมวัตถุดิบ (กก.) | 1 | 1 | 1 |
| 2. เวลาเฉลี่ยในการทำงาน (นาที) | 6.37 | 5.34 | 5.91 |
| 3. ผลผลิตที่ได้เฉลี่ย (กก.) | 0.828 | 0.949 | 0.868 |
| 4. วัตถุดิบที่ไม่เป็นเม็ดเฉลี่ย (กก.) | 0.131 | 0.033 | 0.1 |
| 5. วัตถุดิบตกค้างในเครื่องเฉลี่ย (กก.) | 0.043 | 0.018 | 0.032 |
| 6. ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (กก./ชม) | 8 | 11 | 9 |
| 7. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง (%) | 83 | 95 | 87 |
| 8. เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด (%) | 13.1 | 3.3 | 9 |
| | | | |
| ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,750 รอบต่อนาที | | | |
| 1. น้ำหนักส่วนผสมวัตถุดิบ (กก.) | 1 | 1 | 1 |
| 2. เวลาเฉลี่ยในการทำงาน (นาที) | 2.39 | 2.11 | 2.12 |
| 3. ผลผลิตที่ได้เฉลี่ย (กก.) | 0.864 | 0.813 | 0.809 |
| 4. วัตถุดิบที่ไม่เป็นเม็ดเฉลี่ย (กก.) | 0.105 | 0.173 | 0.123 |
| 5. วัตถุดิบตกค้างในเครื่องเฉลี่ย (กก.) | 0.032 | 0.014 | 0.068 |
| 6. ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (กก./ชม) | 22 | 23 | 23 |
| 7. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง (%) | 86 | 81 | 81 |
| 8. เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด (%) | 10.5 | 17.3 | 12.3 |



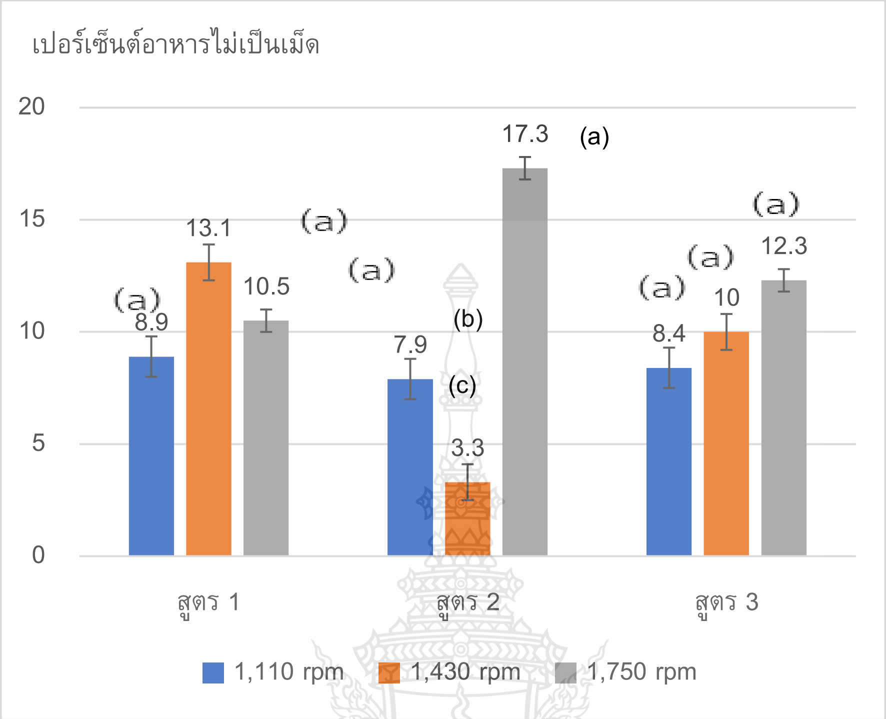

**รูปที่ 4.2** ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

abcอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




**รูปที่ 4.3** ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

abcอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




**รูปที่ 4.4** เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด

abcอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 4.2-4.4 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 85 ถึง 87 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 8 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานอยู่ระหว่าง 8 ถึง 11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 83 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 3 ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 22 ถึง 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 81 ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 11 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 9.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 88 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะการทำงานในการอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดเฉลี่ย 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสมรรถนะการ

ทำงานมากกว่าการทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 และ 1,430 รอบต่อนาที ประมาณ 4.6 และ 2.5 เท่า ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และผลการทดสอบที่ความเร็วรอบเดียวกันแต่สูตรอาหารสัตว์แตกต่างกัน มีความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดไม่แตกต่างกันของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1 และ 3 แต่มีความแตกต่างทางสถิติของสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ซึ่งการทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานที่สูงมากเกินไป จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนต่อเครื่องสูงและไม่สะดวกในการทำงานของผู้ควบคุมเครื่อง รูปที่ 4.6 ถึง 4.8 แสดงลักษณะอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการทดสอบ ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด และตารางที่ 4.4 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

**รูปที่ 4.5** อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 1

**รูปที่ 4.6** อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 2

**รูปที่ 4.7** อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 3

**ตารางที่ 4.3** ลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด

| ความ เร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที) | สูตรอาหารสัตว์ | ความยาวของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.) | เส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.) | น้ำหนักของอาหารสัตว์อัดเม็ด จำนวน 10 เม็ด (กรัม) |
|---|---|---|---|---|
| 1,110 | สูตร 1 | 10±0.67 | 4±0.04 | 6±0.82 |
| | สูตร 2 | 10±0.46 | 4±0.05 | 7±0.52 |
| | สูตร 3 | 9±0.86 | 4±0.04 | 6±0.92 |
| 1,430 | สูตร 1 | 9±0.87 | 4±0.04 | 5±0.70 |
| | สูตร 2 | 9±0.73 | 4±0.03 | 5±0.48 |
| | สูตร 3 | 10±0.71 | 4±0.05 | 7±0.85 |
| 1,750 | สูตร 1 | 10±0.71 | 4±0.04 | 6±0.70 |
| | สูตร 2 | 10±0.73 | 4±0.03 | 5±0.70 |
| | สูตร 3 | 9±0.60 | 4±0.05 | 5±0.52 |

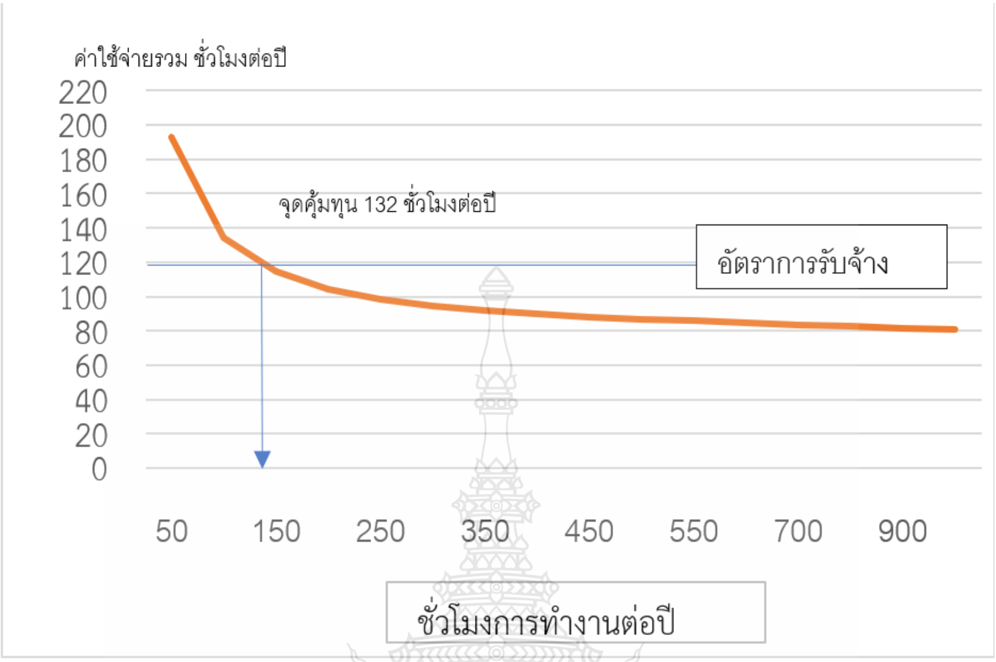
**ตารางที่ 4.4** ความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

| ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที) | สูตรอาหารสัตว์ | ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด | อัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด |
|---|---|---|---|
| 1,110 | สูตร 1 | 4.77±0.80 | 2.5±0.11 |
| | สูตร 2 | 5.57±0.39 | 2.5±0.08 |
| | สูตร 3 | 5.31±0.73 | 2.3±0.13 |
| 1,430 | สูตร 1 | 4.43±0.57 | 2.3±0.02 |
| | สูตร 2 | 4.42±0.50 | 2.3±0.13 |
| | สูตร 3 | 5.57±0.51 | 2.5±0.11 |
| 1,750 | สูตร 1 | 4.77±0.76 | 2.5±0.01 |
| | สูตร 2 | 4.77±0.75 | 2.5±0.12 |
| | สูตร 3 | 4.42±0.87 | 2.3±0.03 |

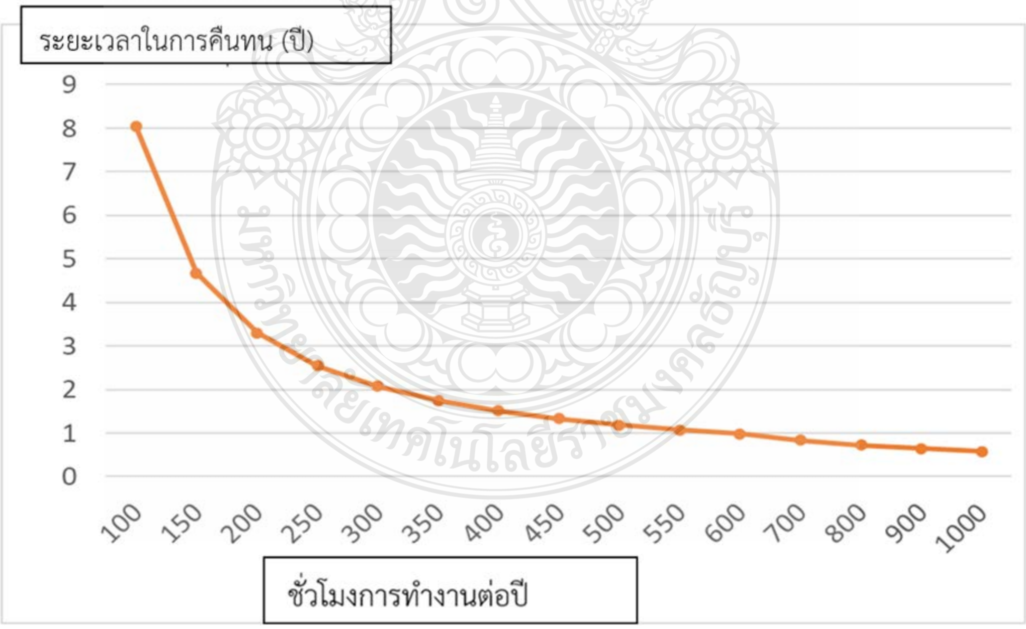
จากตารางที่ 4.121 ค่าความยาวของอาหารสัตว์อัดเม็ด แปรผันอยู่ระหว่าง 9±0.60 มิลลิเมตร ถึง 10±0.71 มิลลิเมตร น้ำหนักของอาหารสัตว์อัดเม็ด แปรผันอยู่ระหว่าง 5±0.02 มิลลิเมตร ถึง 7±0.02 มิลลิเมตร ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเม็ดอาหารสัตว์มีค่าแปรผันอยู่ระหว่าง 4.43-4.77 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 และมีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 ถึง 0.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Hasting and Higgs และมีค่าสูงกว่า 0.55 ถึง 0.65 และ 0.82-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Galen et al. และมากกว่าผลการทดสอบของ Guillermo et al. ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.3-2.5 สำหรับทุกสูตรอาหารสัตว์ ซึ่งองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ให้ค่าแนะนำเม็ดอาหารสัตว์ที่ดีควรมีค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5

## 4.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) จากผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 25,000 บาท อัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าซากคิดที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องจักร การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.3 กิโลวัตต์-ชั่วโมง พิจารณาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท (อ้างอิงราคาจากการไฟฟ้านครหลวง) รวมค่าไฟฟ้า 5.2 บาทต่อชั่วโมง ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่อง 50 บาทต่อชั่วโมง ค่าบำรุงรักษา 20 บาทต่อชั่วโมง ชั่วโมงการทำงานของเครื่อง 300 ชั่วโมงต่อปี ความสามารถในการทำงานของเครื่อง 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง พบว่า ค่าใช้จ่ายคงที่เท่ากับ 5875 บาทต่อปี และค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 75.2 บาทต่อชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายในการทำงานรวมเท่ากับ 95 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,017 กิโลกรัมต่อปี หรือ 132 ชั่วโมงต่อปี พิจารณาอัตราการรับจ้างที่ 120 บาทต่อชั่วโมง จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.1 ปี ถ้าเพิ่มชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป็น 400 และ 500 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.5 และ 1.2 ปี ตามลำดับ (รูปที่ 4.9 และ 4.10) ในกรณีที่เกษตรกรสามารถใช้งานเครื่องที่ 1000 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในกรคืนทุนที่ 0.6 ปี หรือประมาณ 8 เดือน




**รูปที่ 4.8** ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง




**รูปที่ 4.9** ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง

# บทที่ 5
# สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

เครื่องต้นแบบเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนา สามารถช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการผสมและผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ช่วยลดภาระให้กับเกษตรกรในการซื้ออาหารสัตว์อัดเม็ดที่จำหน่ายตามท้องตลาดในราคาสูง ทำให้เกษตรกรที่ซื้ออาหารสัตว์อัดเม็ดจากท้องตลาดมีต้นทุนของการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งเครื่องที่ออกแบบและพัฒนาเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ นอกจกกนี้ยังทำให้เกษตรกรมีเวลาว่างสำหรับการทำกิจกรรมอื่นๆ ทางการเกษตรได้ เครื่องต้นแบบที่ออกแบบและพัฒนาประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วนได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด ขนาดความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 406 x 600 × 1,290 มิลลิเมตร โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงานของเครื่อง ศึกษาความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที สูตรอาหารสัตว์ที่ศึกษาจำนวน 3 สูตร โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบบเม็ด และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ ผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83% ความสามารถในการอัดเม็ดเฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง พบว่า ค่าใช้จ่ายคงที่เท่ากับ 5,875 บาทต่อปี และค่าใช้จ่ายผันแปรเท่ากับ 75.2 บาทต่อชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายในการทำงานรวมเท่ากับ 95 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,017 กิโลกรัมต่อปี หรือ 132 ชั่วโมงต่อปี พิจารณาอัตราการรับจ้างที่ 120 บาทต่อชั่วโมง จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.1 ปี ถ้าเพิ่มชั่วโมงการทำงานของเครื่องเป็น 400 และ 500 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.5 และ 1.2 ปี ตามลำดับ ในกรณีที่เกษตรกรสามารถใช้งานเครื่องที่ 1,000 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุนที่ 0.6 ปี หรือประมาณ 8 เดือน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบโครงสร้างของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดควรออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดและให้มีน้ำหนักน้อยลงโดยขนาดของเครื่องควรมีขนาดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายสำหรับการทำงานนอกสถานที่

2. ควรศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผสมและอัดอาหารสัตว์ ที่สูตรอาหารสัตว์ที่แตกต่างมากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรผู้ใช้งานสามารถอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่มีสูตรอาหารสัตว์ที่หลากหลาย เหมาะกับประเภทของปศุสัตว์

3. ควรศึกษาคุณภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการทดสอบ ถึงความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 255

# บรรณานุกรม


[1] Feed Ingredients. Bureau of Animal Nutrition Development [online]. Available: http://nutrition.dld.go.th (25 August 2021)

[2] Product Feed Export. Thailand Trading Report [online]. Available: http://www.tcijthai.com (25 August 2021)

[3] Acqua Feed. Shrimp Feed [online]. Available: http://www.idah.com (15 May 2021)

[4] R.J. Halley and R.J. Scoffe, The Agricultural Notebook. London: Butterworths Publishing Co., 1988

[5] การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : ThaiJOph02.tci-thaijo.org (25 August 2021)

[6] เครื่องต้นแบบสำหรับผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : rms.pnu.ac.th (25 August 2021)

[7] เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์พร้อมระบบอบแห้ง, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.research.cmru.ac.th (25 August 2021)

[8] J. I. Orisaleye, S.J. Ojolo, and A.B. Fashina. (2009). Design and Development of a Livestock Feed Pelleting Machine. Journal of Engineering Research, Vol 14, No 1, pp 1-9

[9] M. O. Sunmunu, M.M. Odewole, and K.J. Falua. (2018). Design of a Varying Die-Plate Fish Feed Pelletizer and Performance Evaluation Using a Non-Conventional Feed Sources. KMUTNB Int J Appl Sci Technol, Vol 11, No 4, pp 263-271

[10] Veronica I. Muo1, Bernard Okpe , Vincent Okoloekwe, Chika C. Ogbu (2018). A Design and Fabrication of Fish Feed Pelleting Machine International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM) Volume 6 No. 7 page 78-84

[11] การจำแนกประเภทอาหารสัตว์, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://saranukromthai.or.th (25 August 2021)

[12] อาหารสัตว์, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com (10 August 2021)

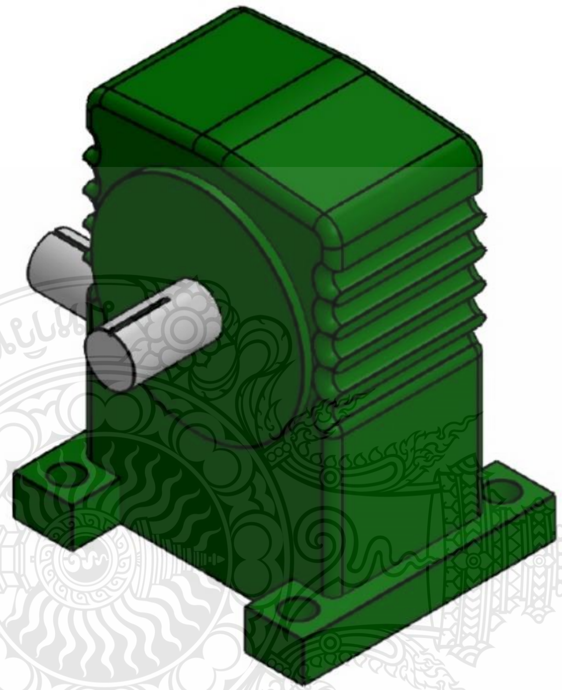
[13] การส่งออกอาหารสัตว์ในประเทศไทย, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.prachachat.net (25 August 2021

[14] การออกแบบเพลา, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://kingamuletcenter.blogspot.com (25 August 2021)
[15] มอเตอร์ไฟฟ้า, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.psptech.co.th (25 August 2021)
[16] มู่เลย์, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.tngroup.co.th (25 August 2021)
[17] สายพาน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.smatparts.com (25 August 2021
[18] ตลับลูกปืน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://e-org.e-tech.ac.th (28 August 2021)
[19] ระบบส่งกำลังด้วยเฟือง, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.moro.co.th (22 August 2021)
[20] วัตถุดิบอาหารสัตว์และข้อจำกัดการใช้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://pvlo-cmi.dld.go.th. (12 August 2021)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# ภาคผนวก ก

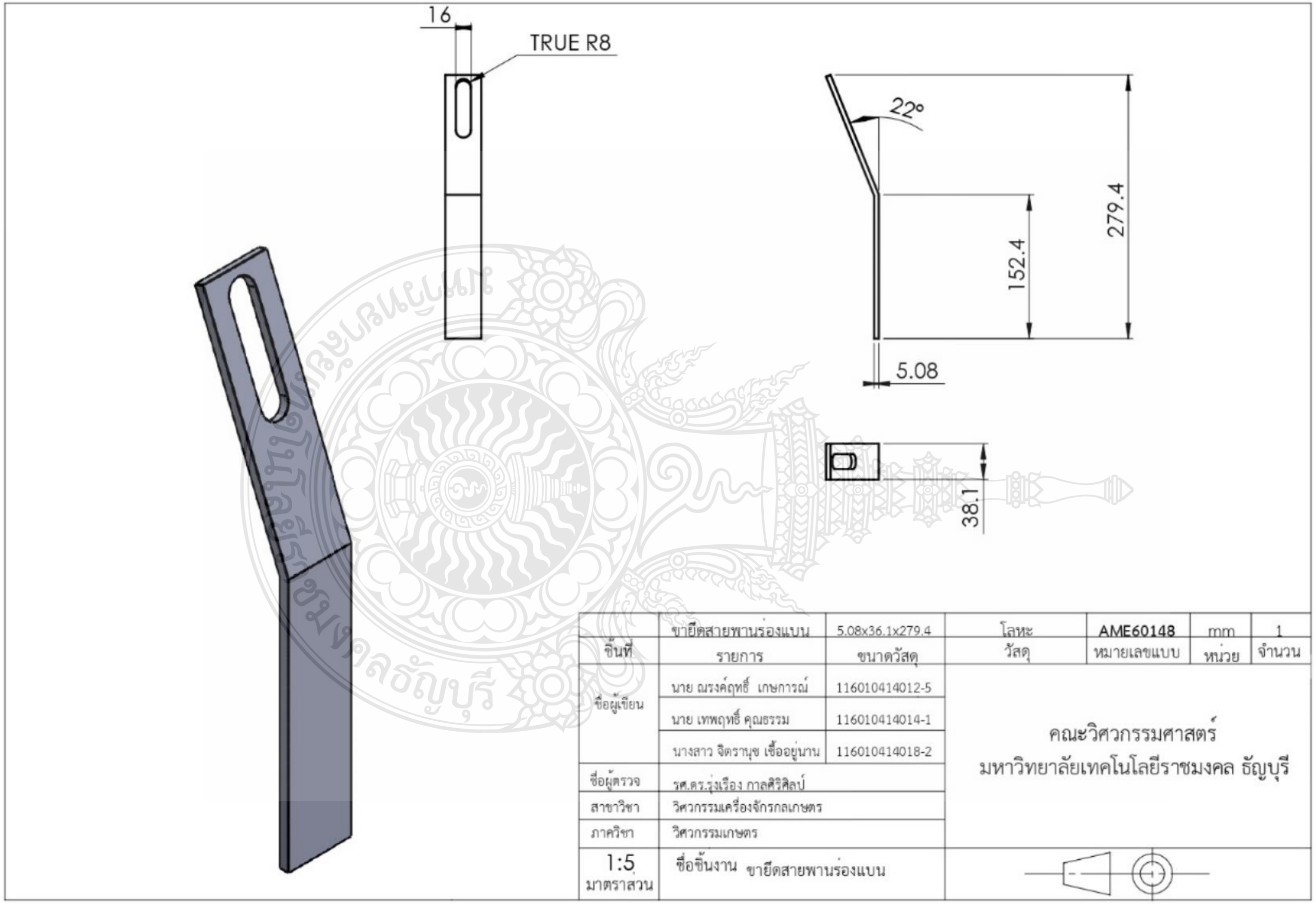
# การเขียนแบบทางวิศวกรรม

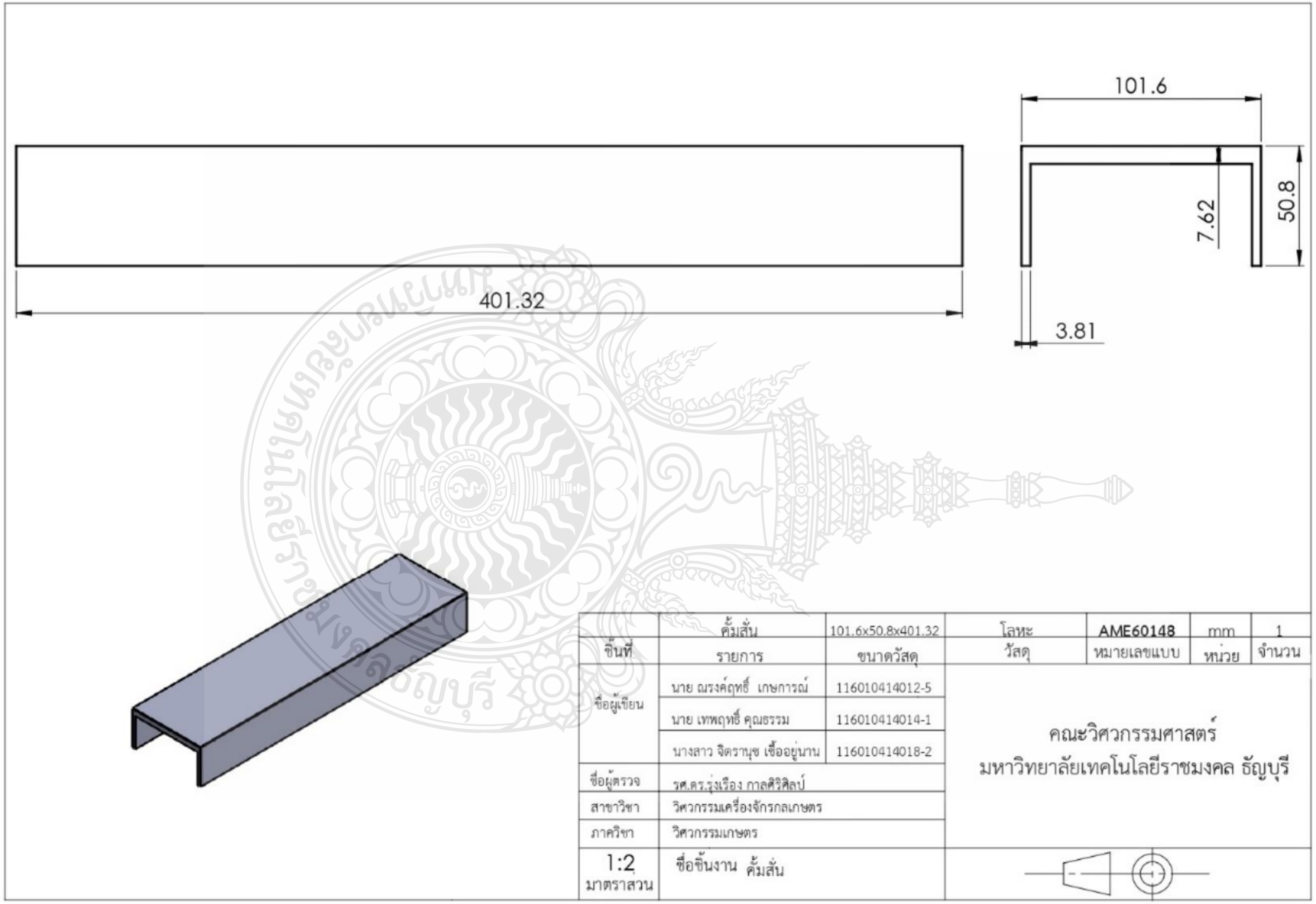


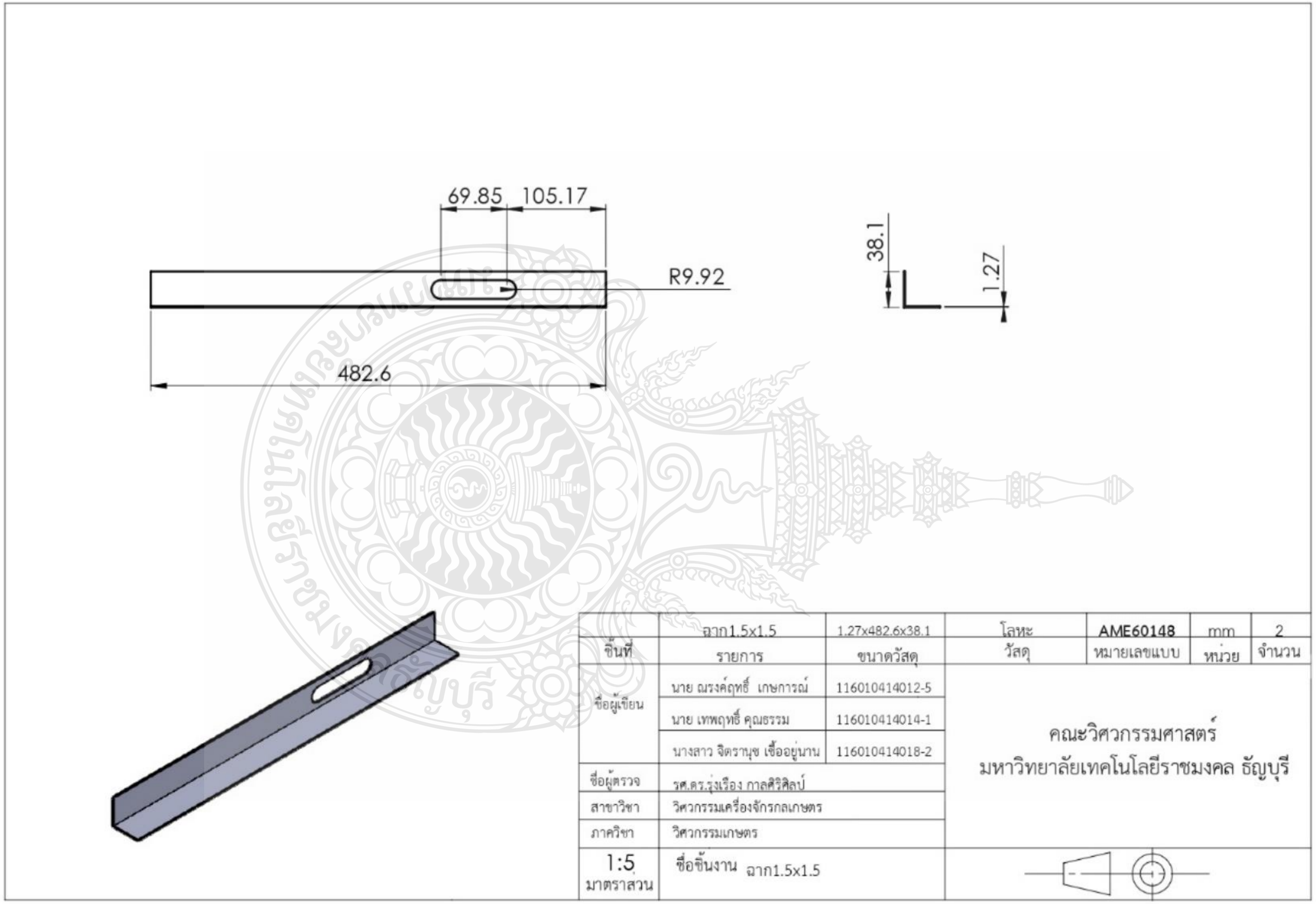
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เกียร์ทด | | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | |
| 1:2 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เกียร์ทด | |

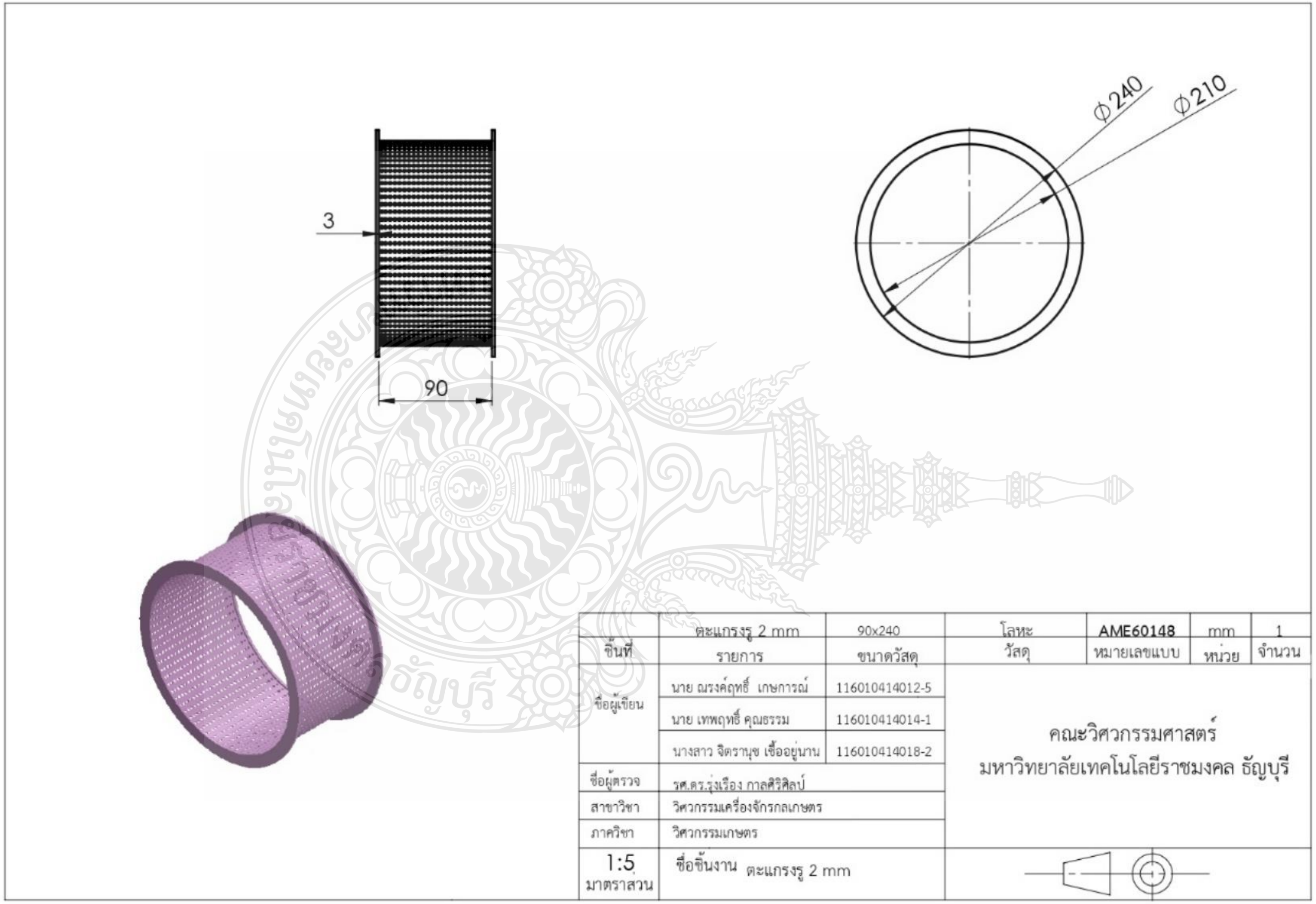
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี


16
TRUE R8
22°
279.4
152.4
5.08
38.1
ขายึดสายพานร่องแบน
5.08x36.1x279.4
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ขายึดสายพานร่องแบน

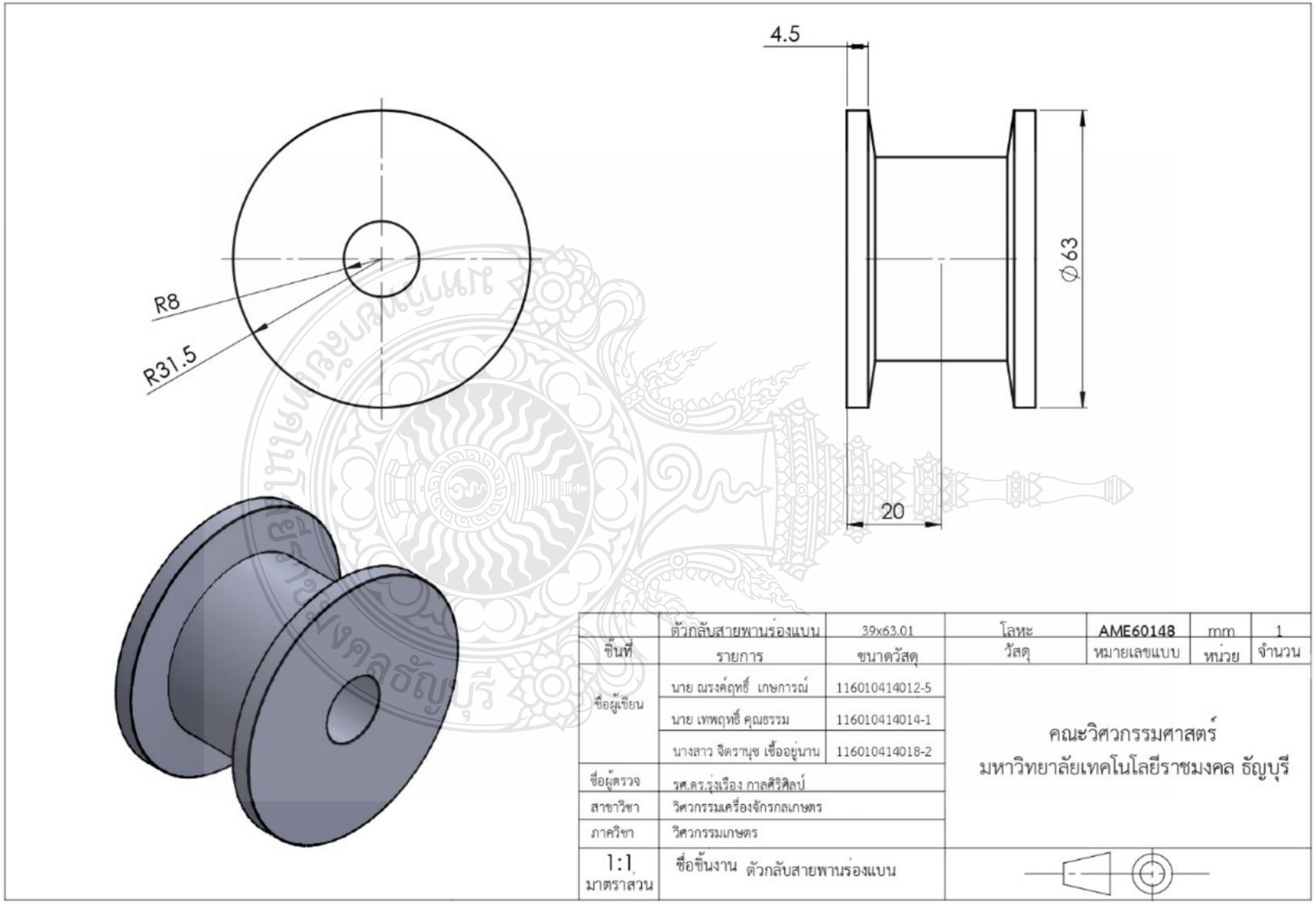

401.32
101.6
50.8
7.62
3.81
ชิ้นที่
คั้มสั้น
รายการ
101.6x50.8x401.32
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราสวน
ชื่อชิ้นงาน คั้มสั้น

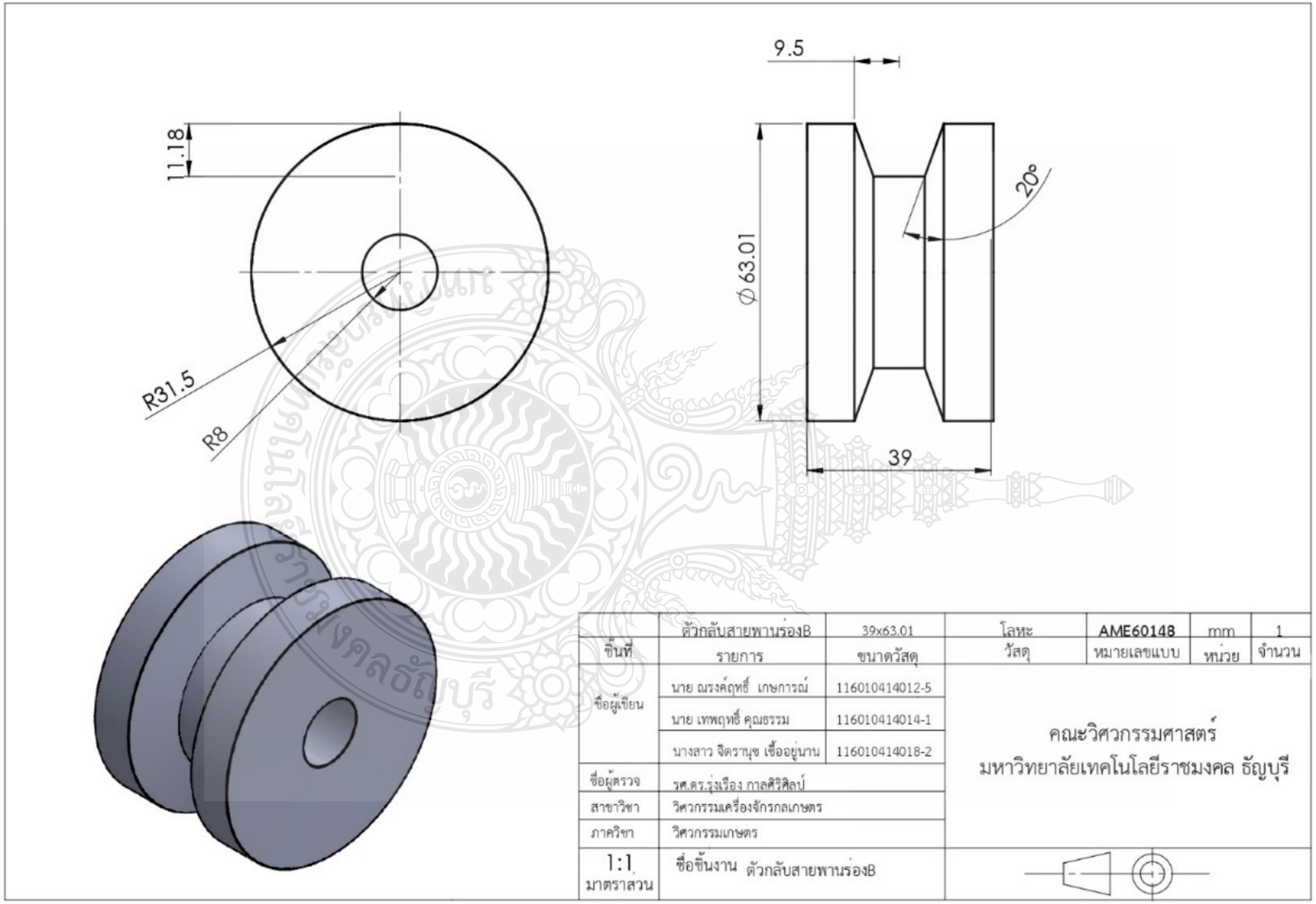

69.85
105.17
R9.92
482.6
38.1
1.27
ฉาก1.5x1.5
1.27x482.6x38.1
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ฉาก1.5x1.5

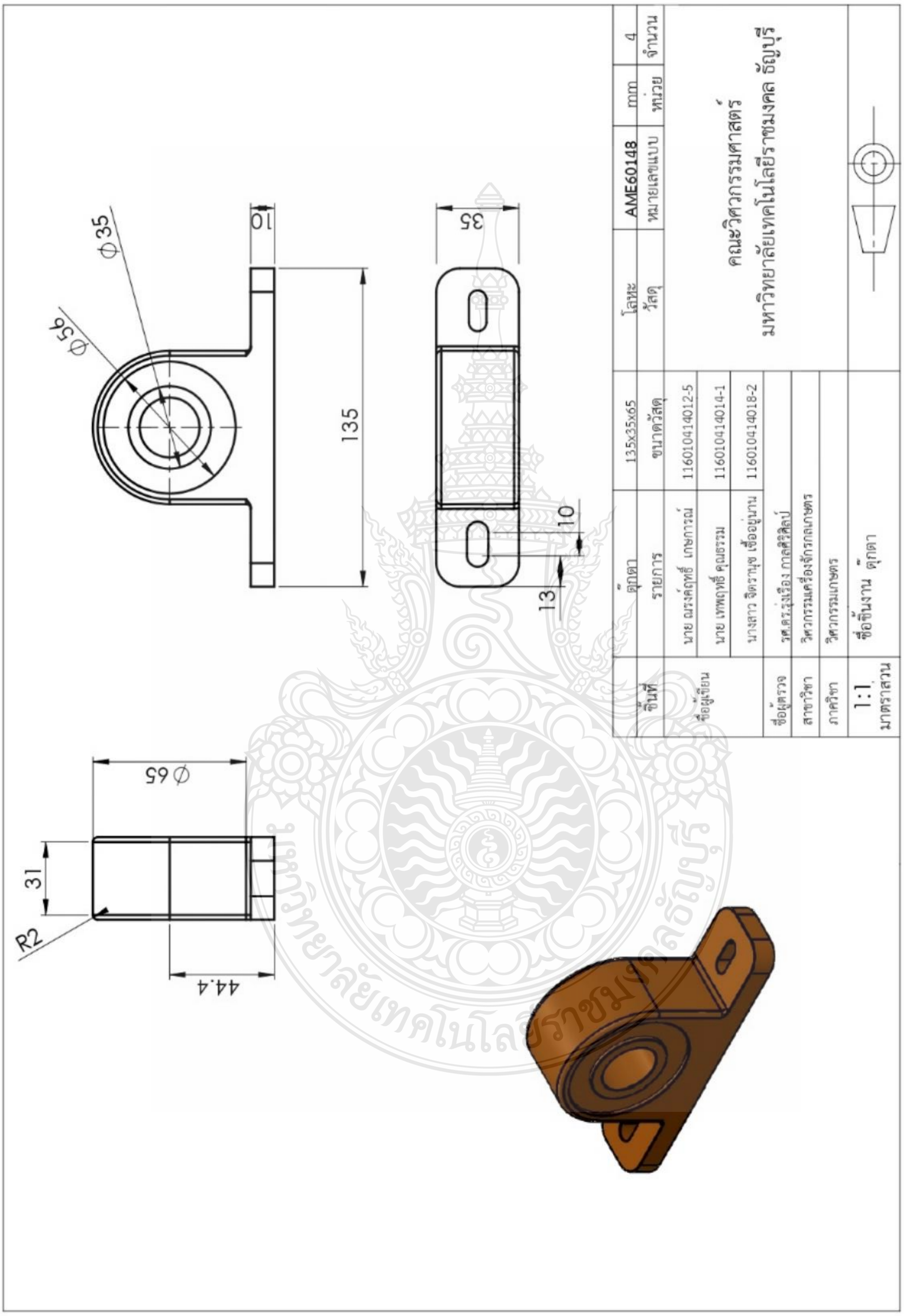
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | โซ่ | 428 | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน โซ่ | | | | | |

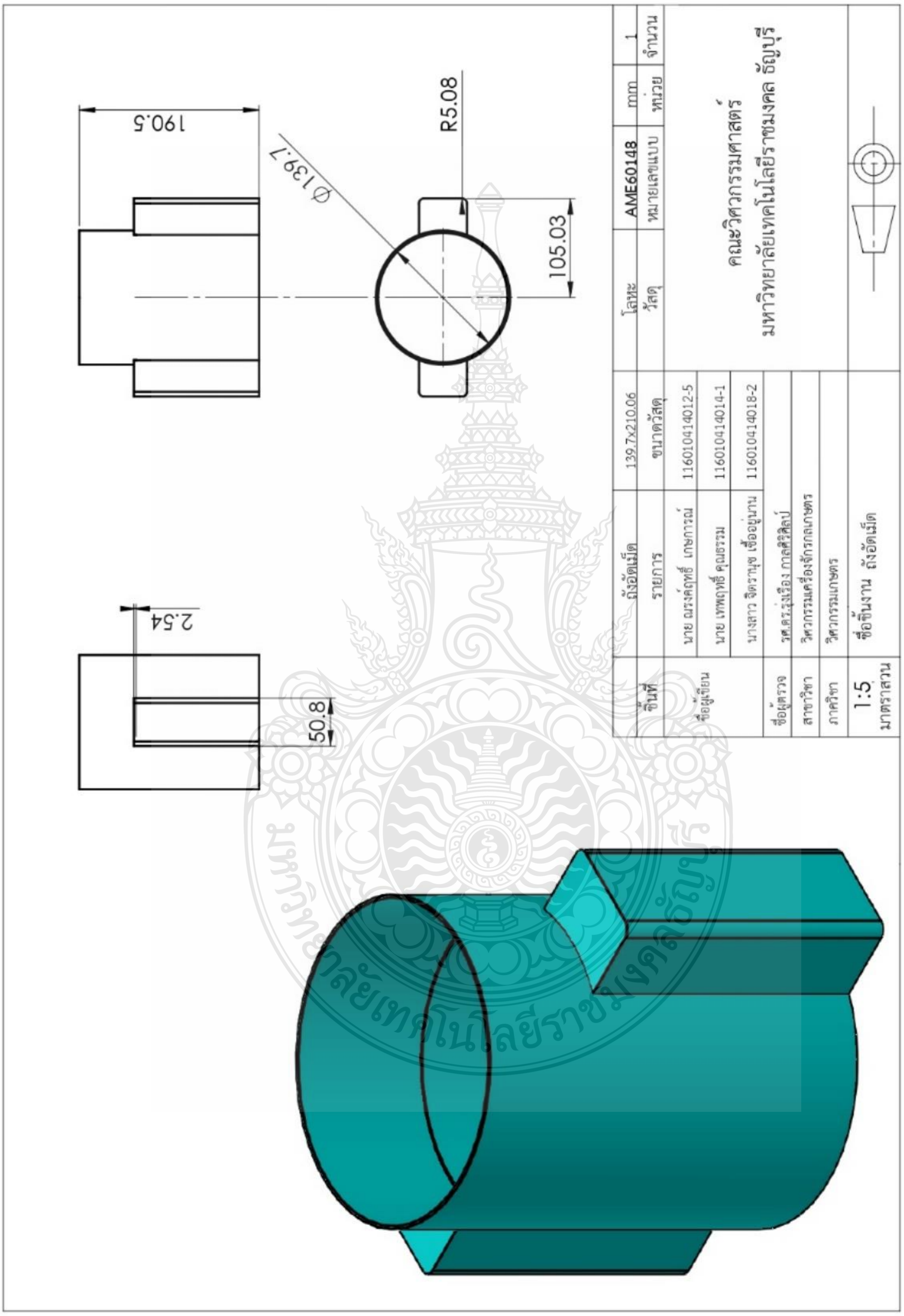


3
90
Φ240
Φ210
ตะแกรงรู 2 mm
90x240
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ตะแกรงรู 2 mm

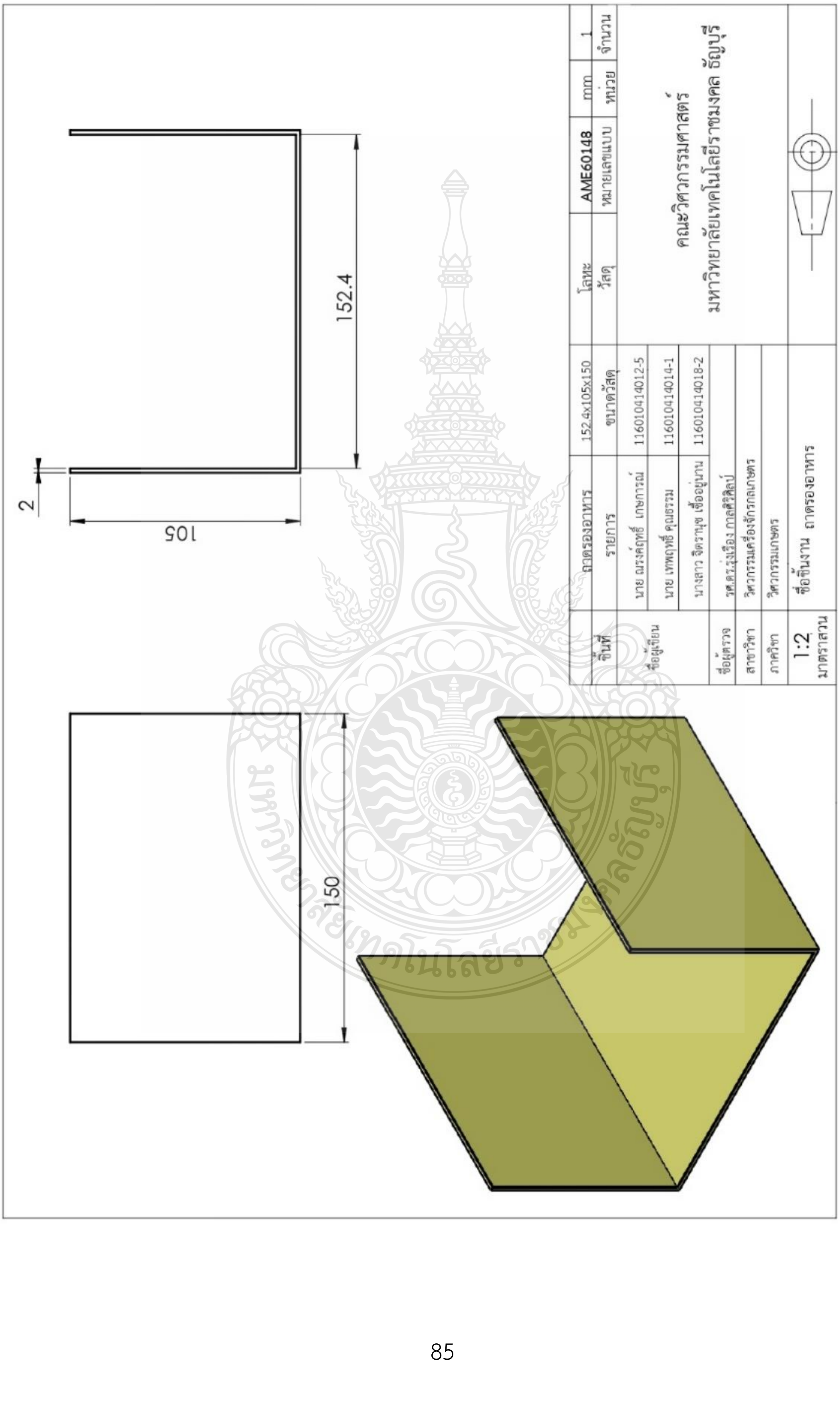

4.5
R8
R31.5
Ø 63
20
ตัวกลับสายพานร่องแบน
39x63.01
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ตัวกลับสายพานร่องแบน

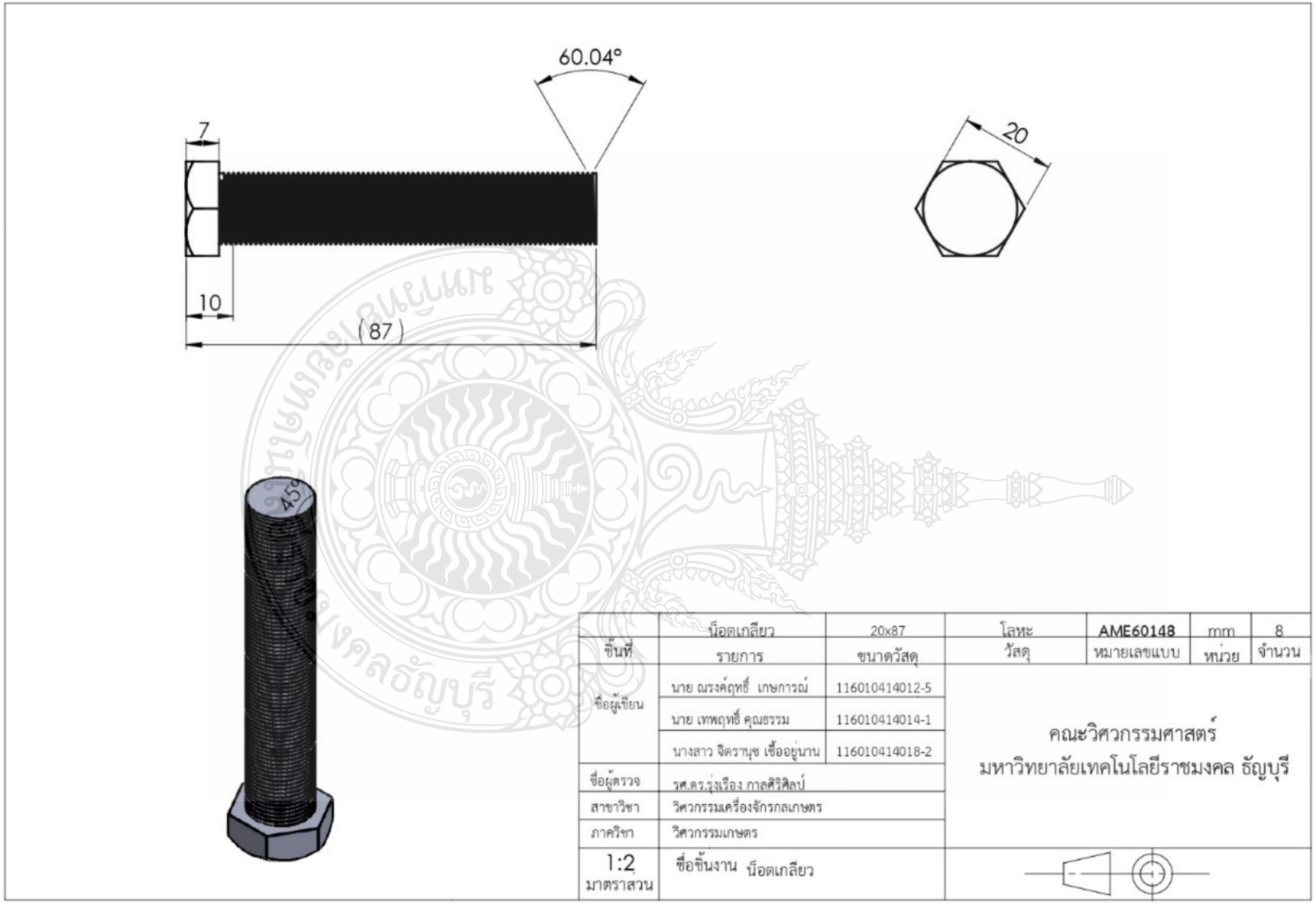

9.5
11.18
R31.5
R8
⌀63.01
20°
39
ตัวกลับสายพานร่องB
39x63.01
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ตัวกลับสายพานร่องB
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

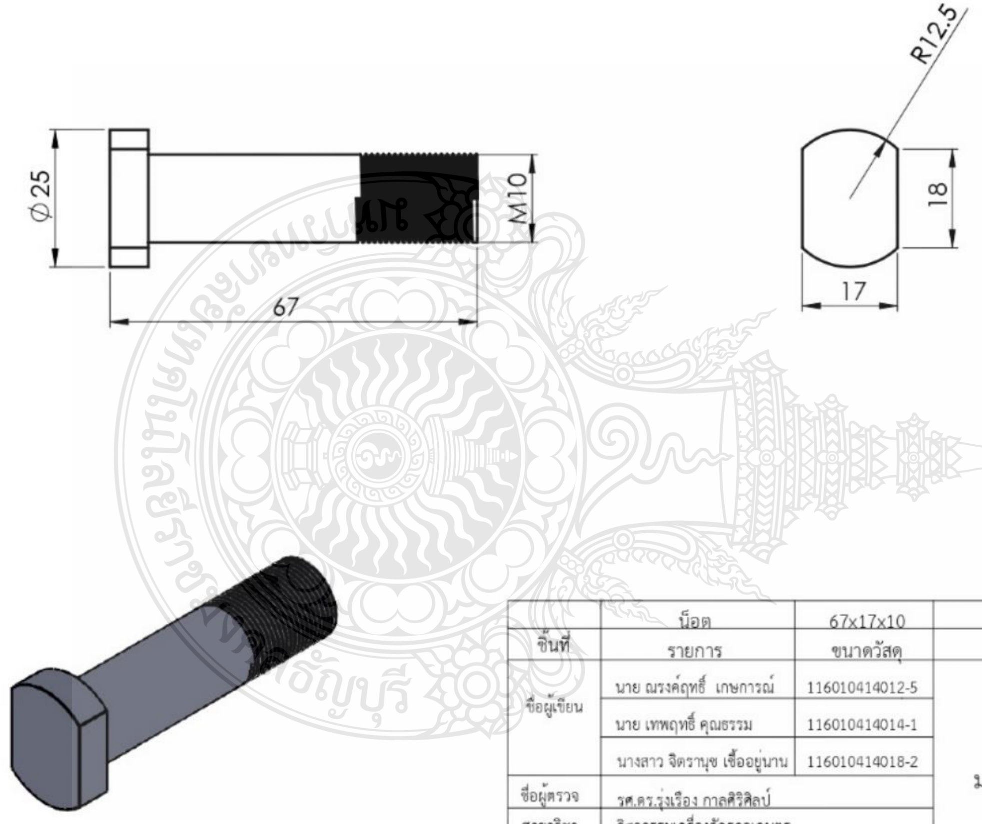

R2
31
44.4
ϕ 65
ϕ 56
ϕ 35
10
135
35
13
10
ตุ๊กตา
135x35x65
โลหะ
AME60148
mm
4
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ตุ๊กตา



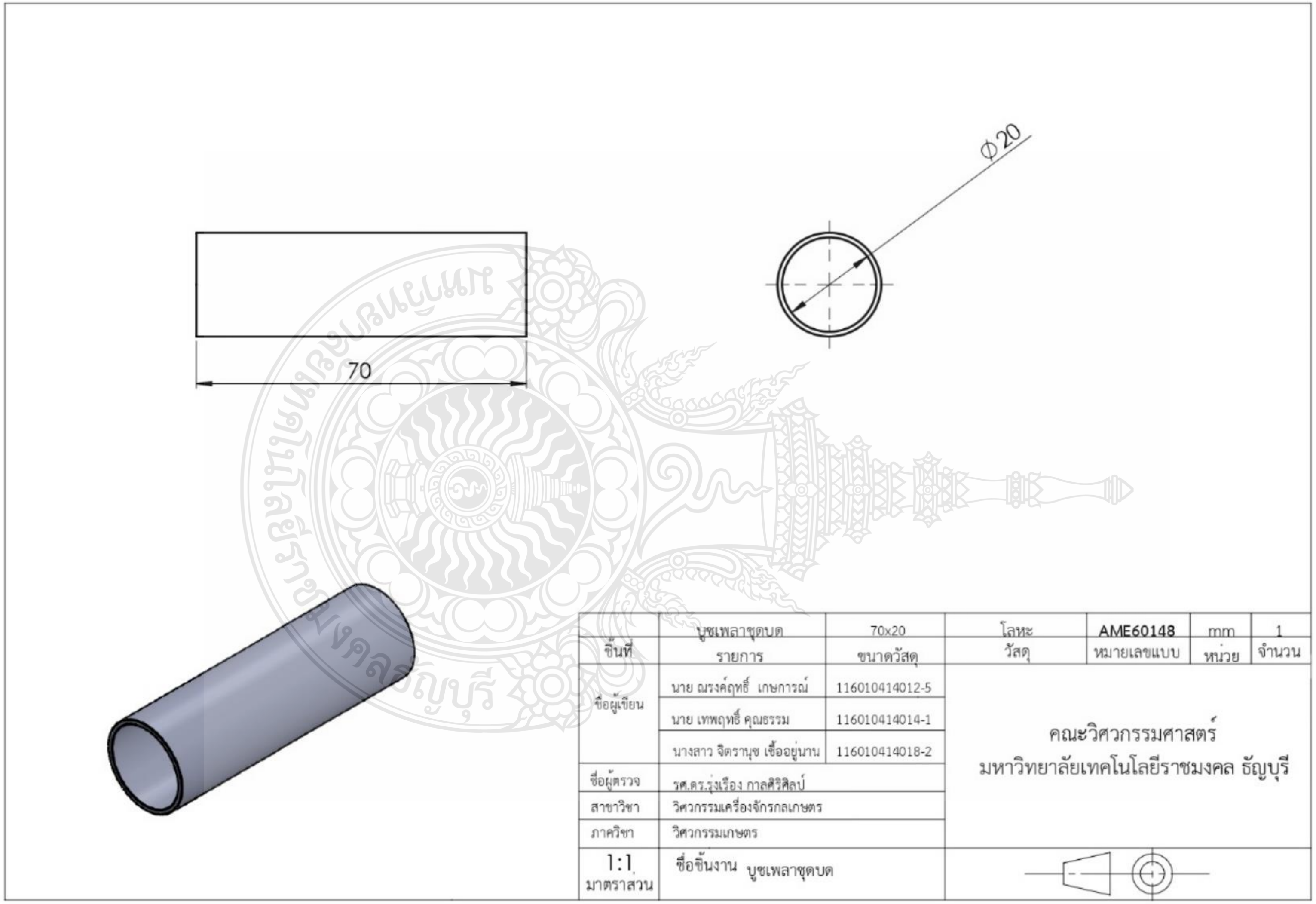
190.5
2.54
50.8
Ø139.7
R5.08
105.03
ถังอัดเม็ด
139.7x210.06
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่บาน
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ถังอัดเม็ด
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี


105
2
152.4
150
ถาดรองอาหาร
152.4x105x150
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 1160104140125
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 1160104140141
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม 1160104140182
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ถาดรองอาหาร

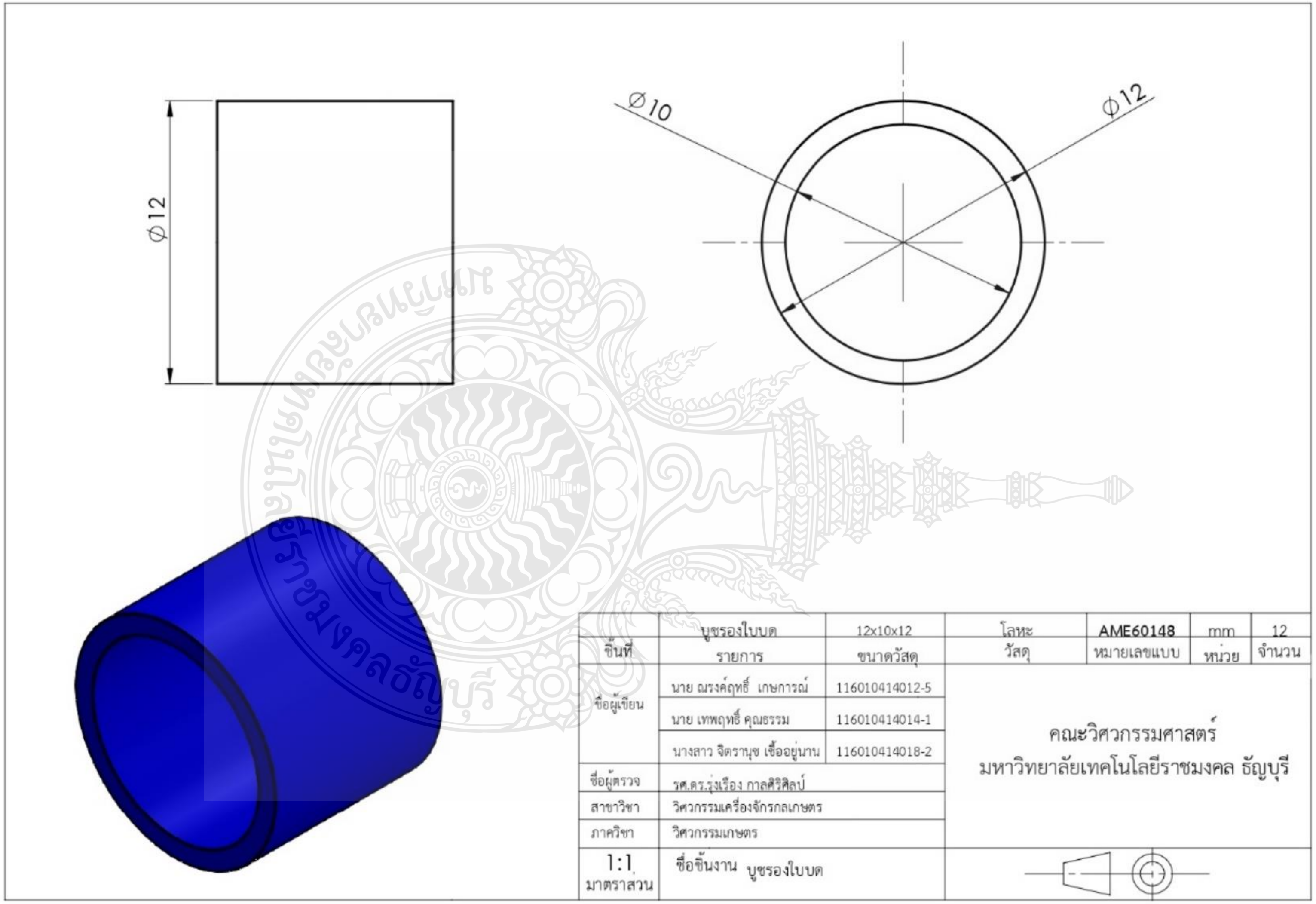

60.04°
7
20
10
(87)
45°
น็อตเกลียว
20x87
โลหะ
AME60148
mm
8
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน น็อตเกลียว

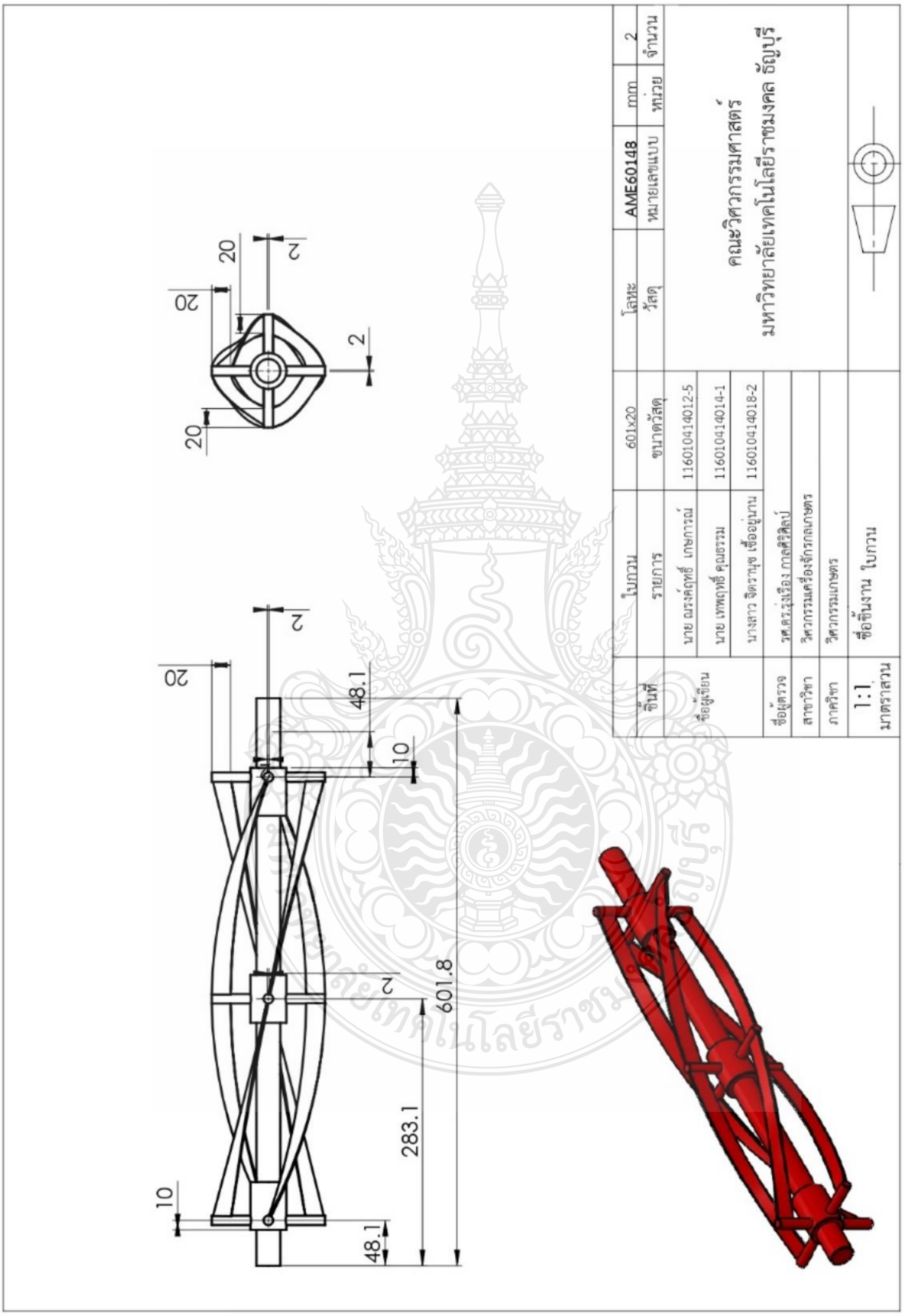


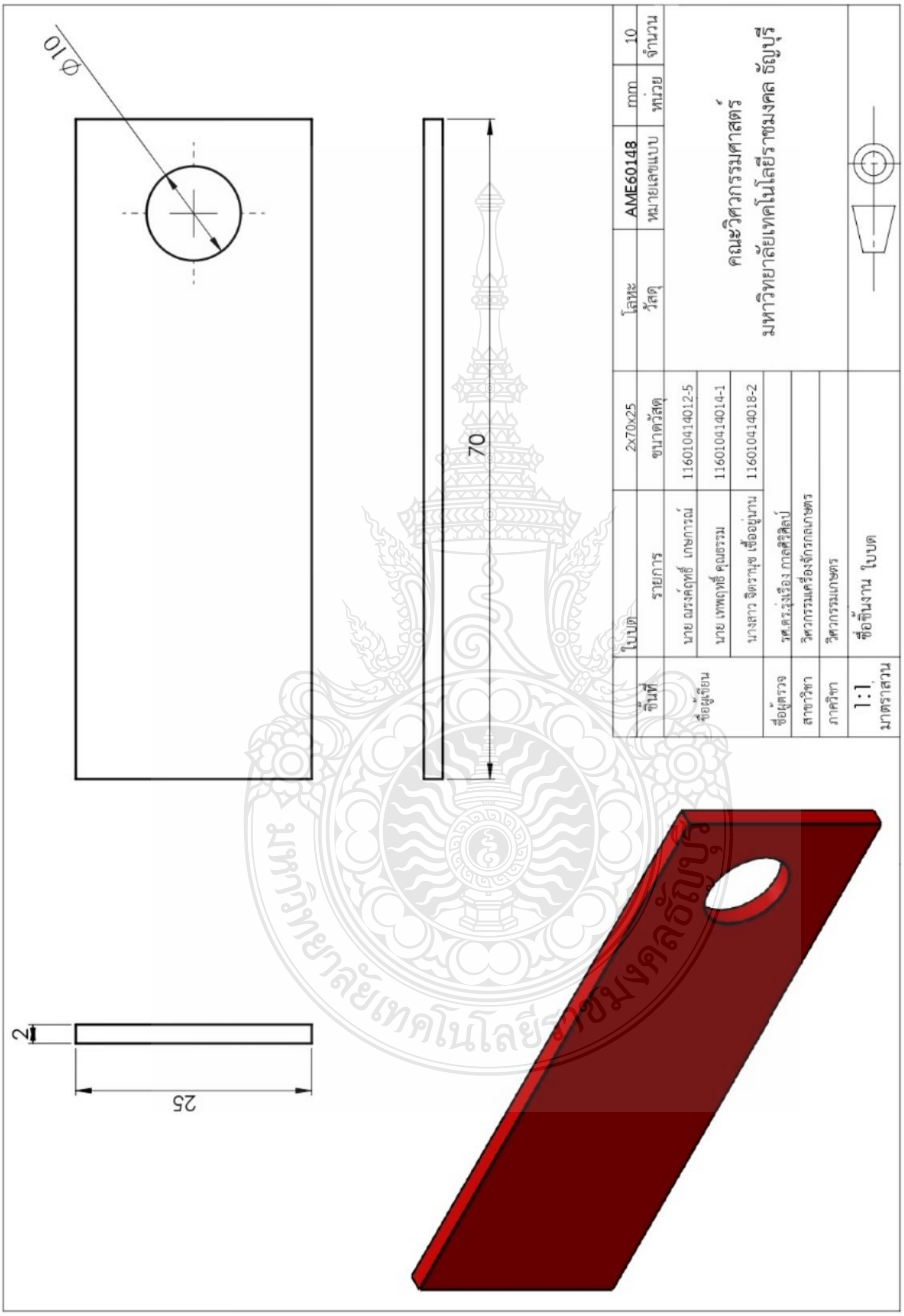

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | น็อต<br>รายการ | 67x17x10<br>ขนาดวัสดุ | โลหะ<br>วัสดุ | AME60148<br>หมายเลขแบบ | mm<br>หน่วย | 2<br>จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน น็อต | | | | | |



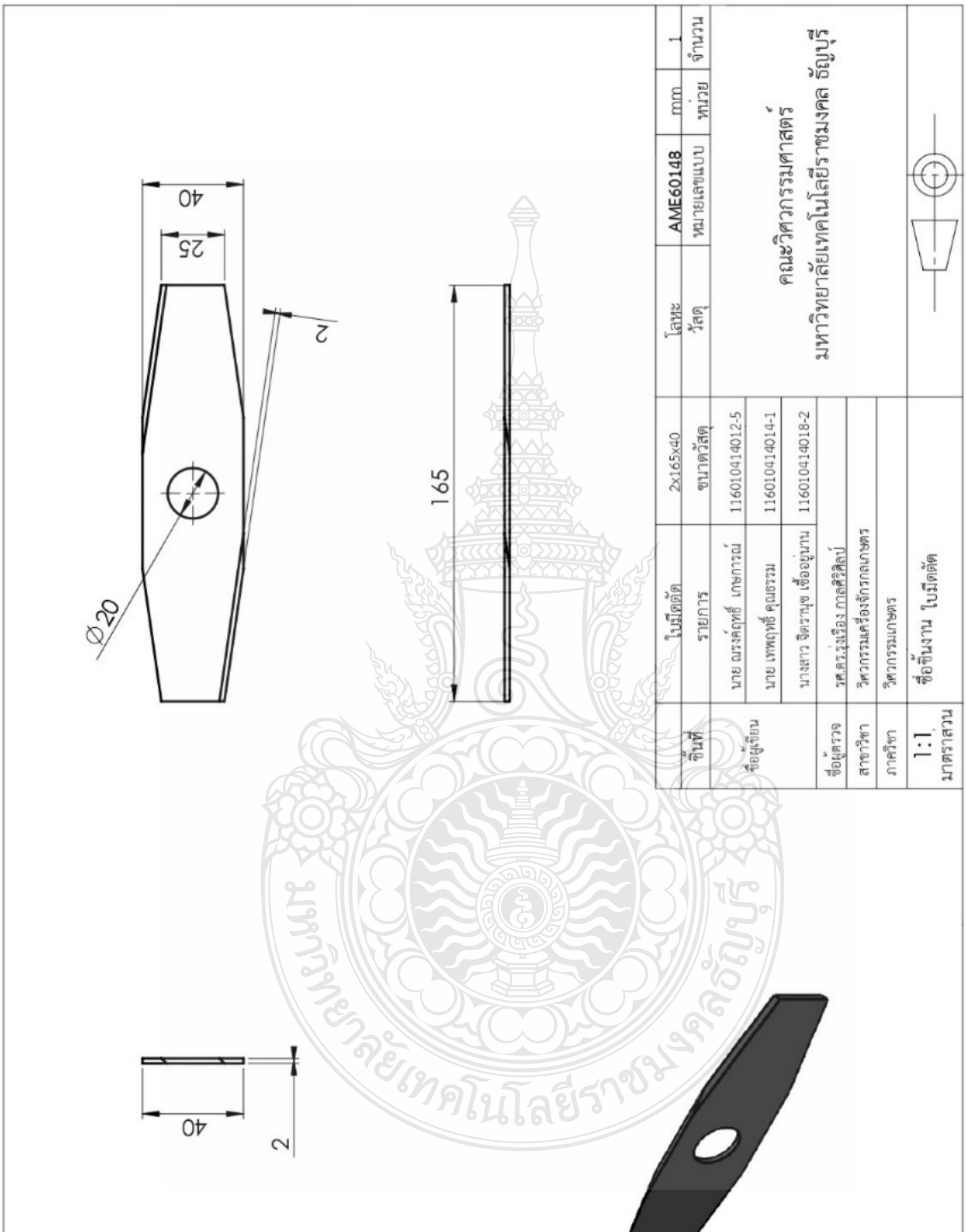
70
Ø20
บูชเพลาชุดบด
70x20
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน บูชเพลาชุดบด

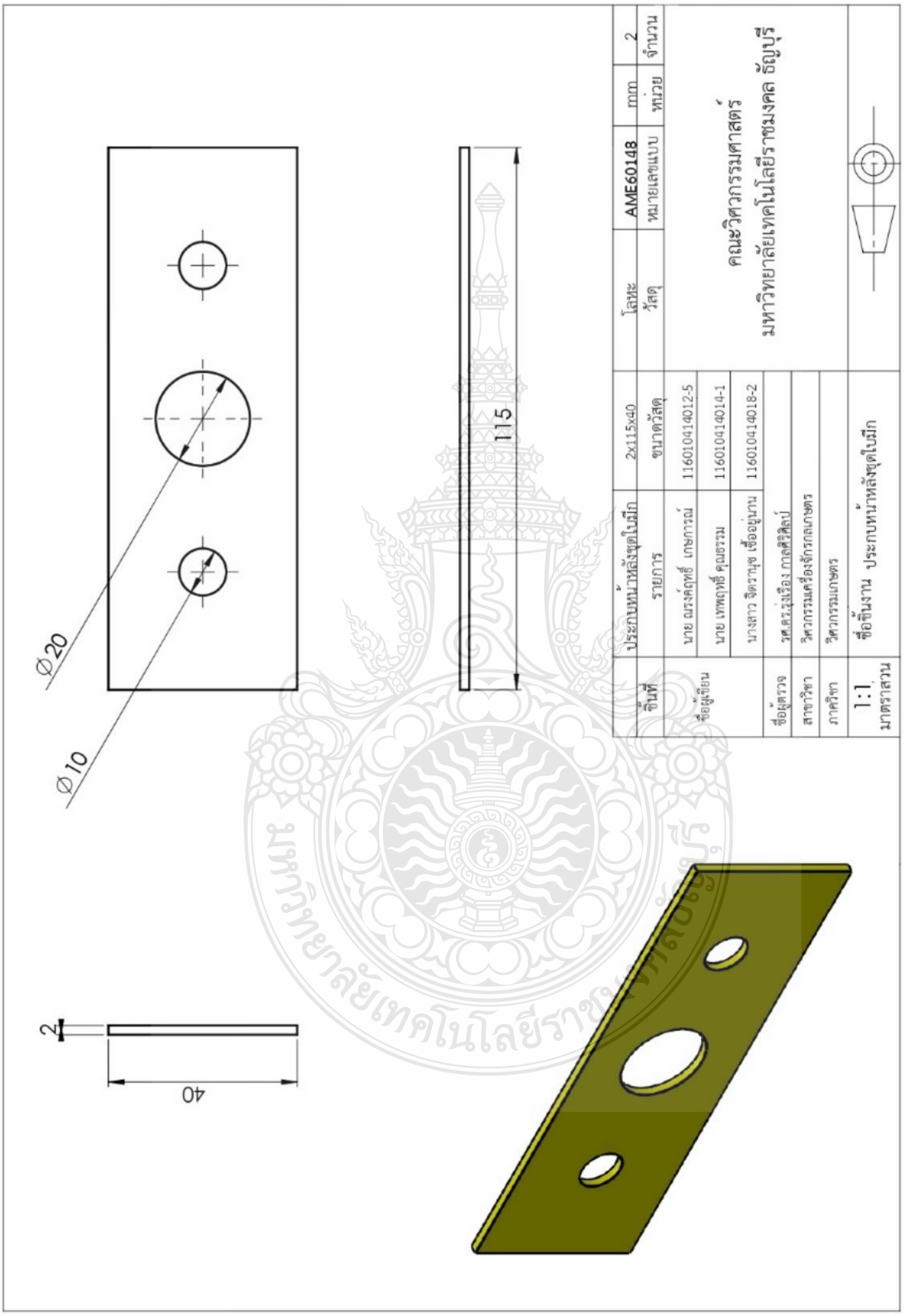

Ø12
Ø10
Ø12
ชิ้นที่
บูชรองใบบด
รายการ
12x10x12
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
12
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน บูชรองใบบด
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

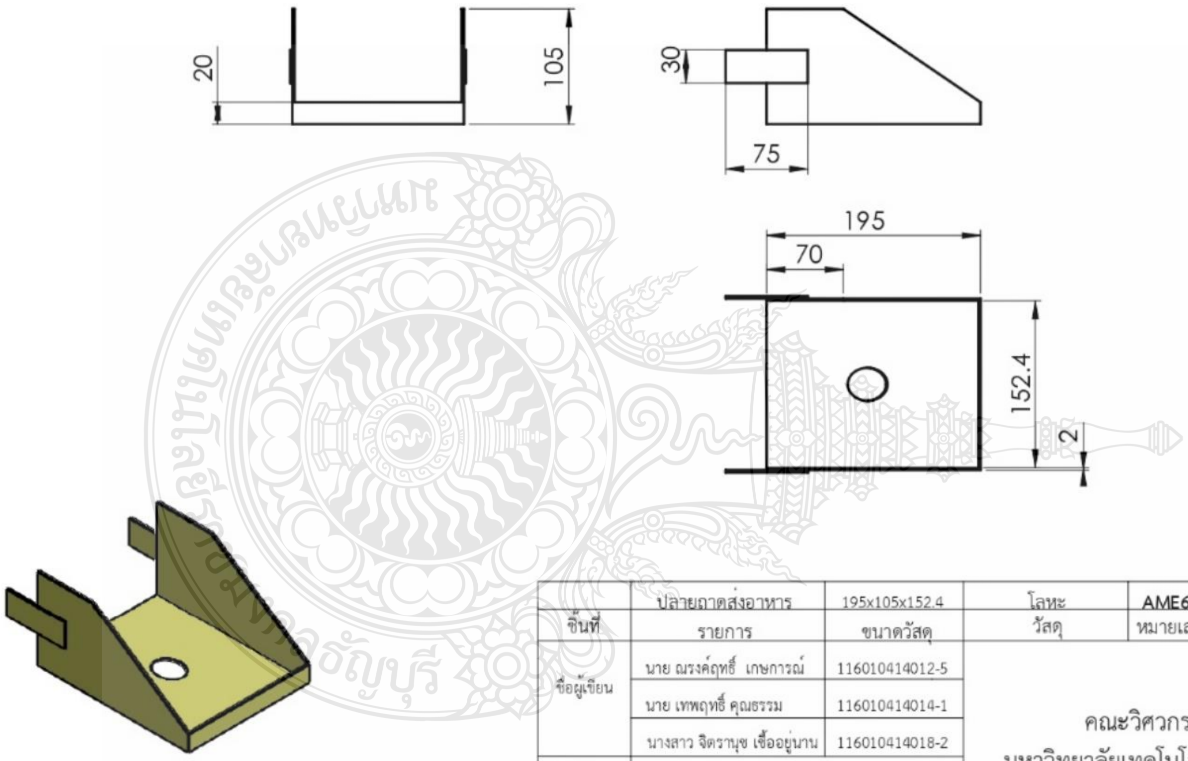

10
20
2
48.1
283.1
601.8
48.1
10
20
20
20
2
2
ใบกวน
601x20
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิดรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ใบกวน



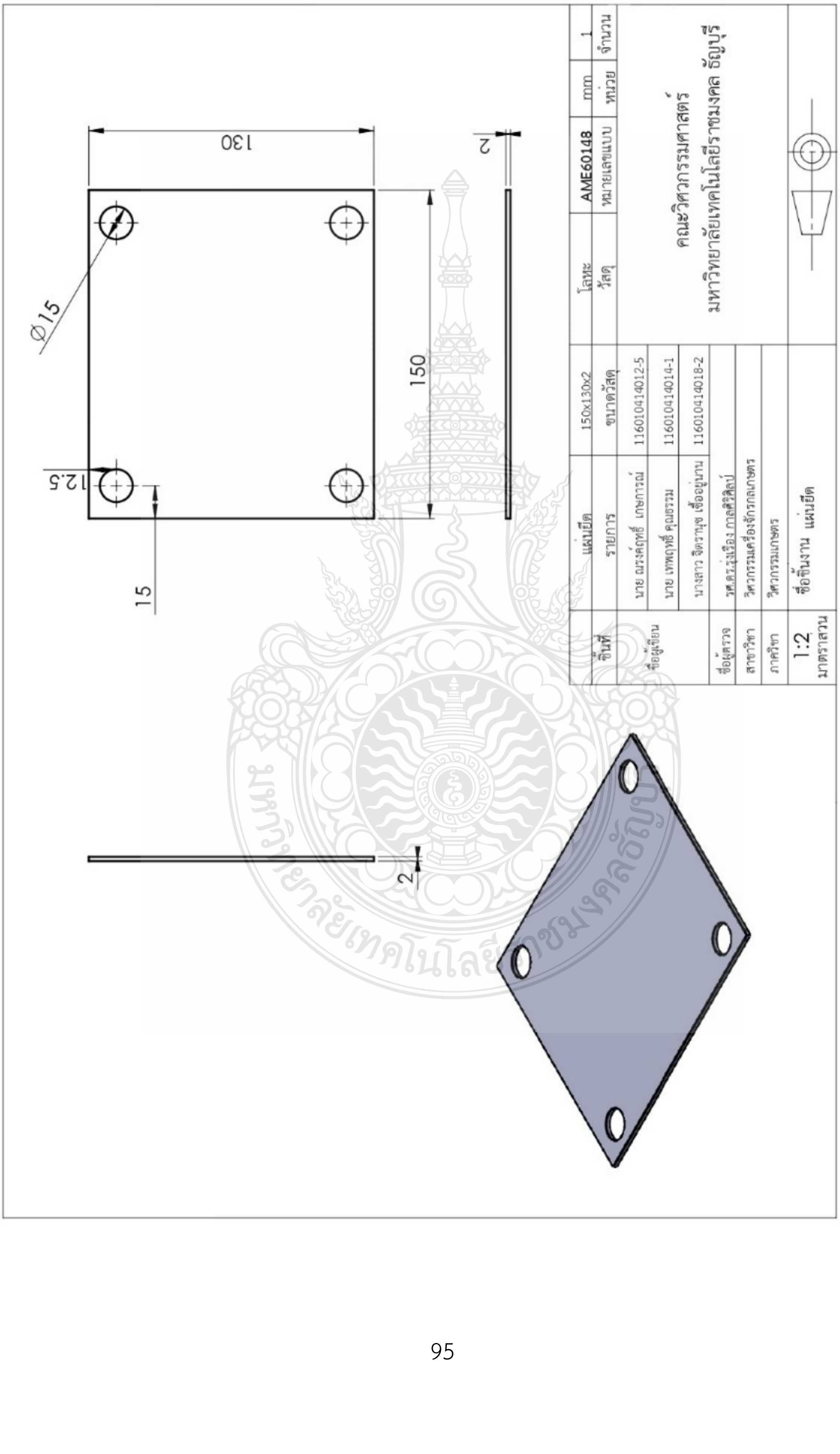
Ø10
70
2
25
ชิ้นที่
ใบบด
รายการ
2x70x25
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
10
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
1160104140018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ใบบด
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี


Ø20
25
40
2
165
40
2
ใบมีดตัด
2x165x40
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140125
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140141
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม
1160104140182
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ใบมีดตัด

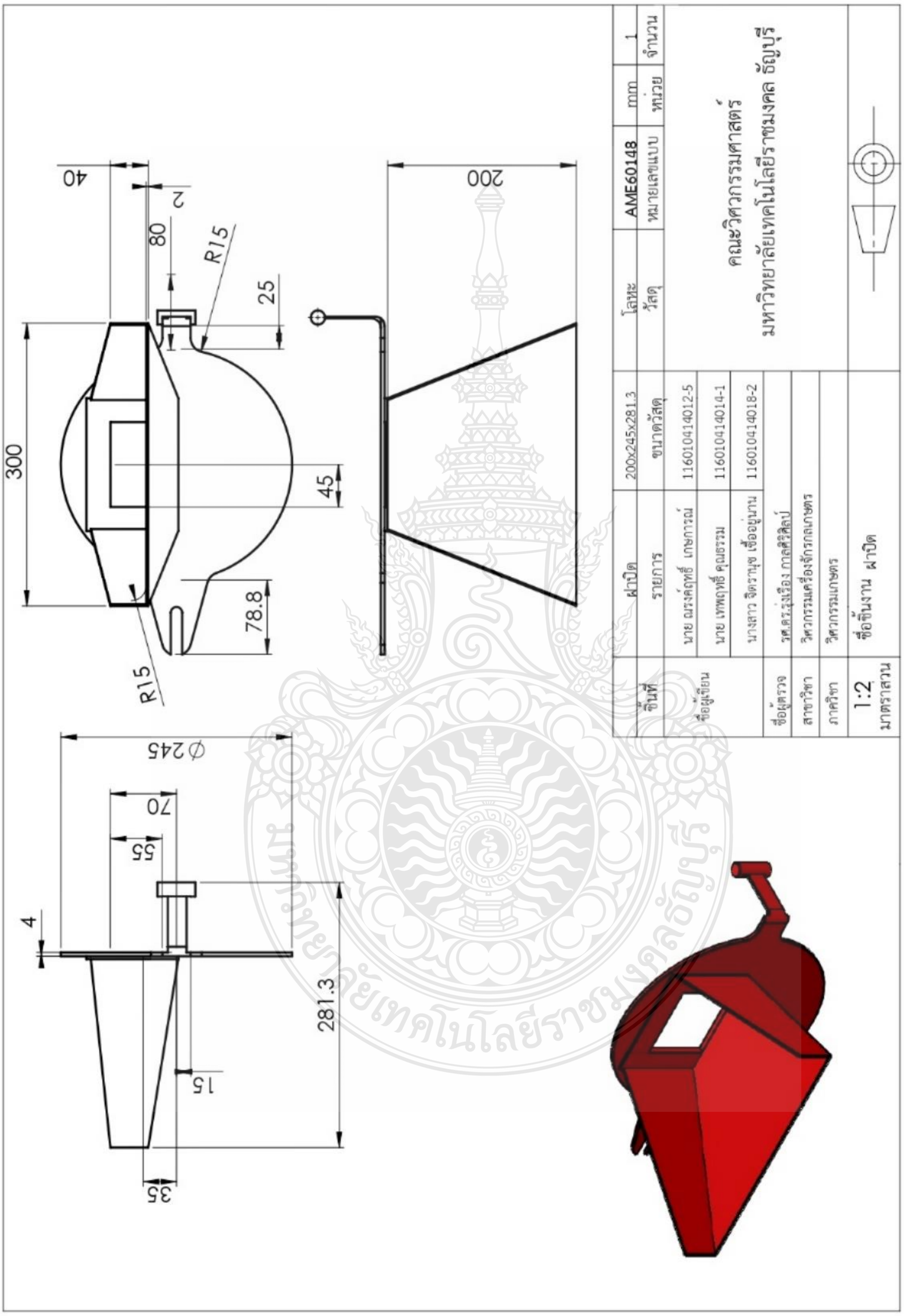

Ø20
Ø10
115
40
2
2x115x40
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
2
จำนวน
ชิ้นที่
รายการ
ชื่อผู้เขียน
ชื่อผู้ตรวจ
สาขาวิชา
ภาควิชา
1:1
มาตราส่วน
116010414012-5
116010414014-1
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

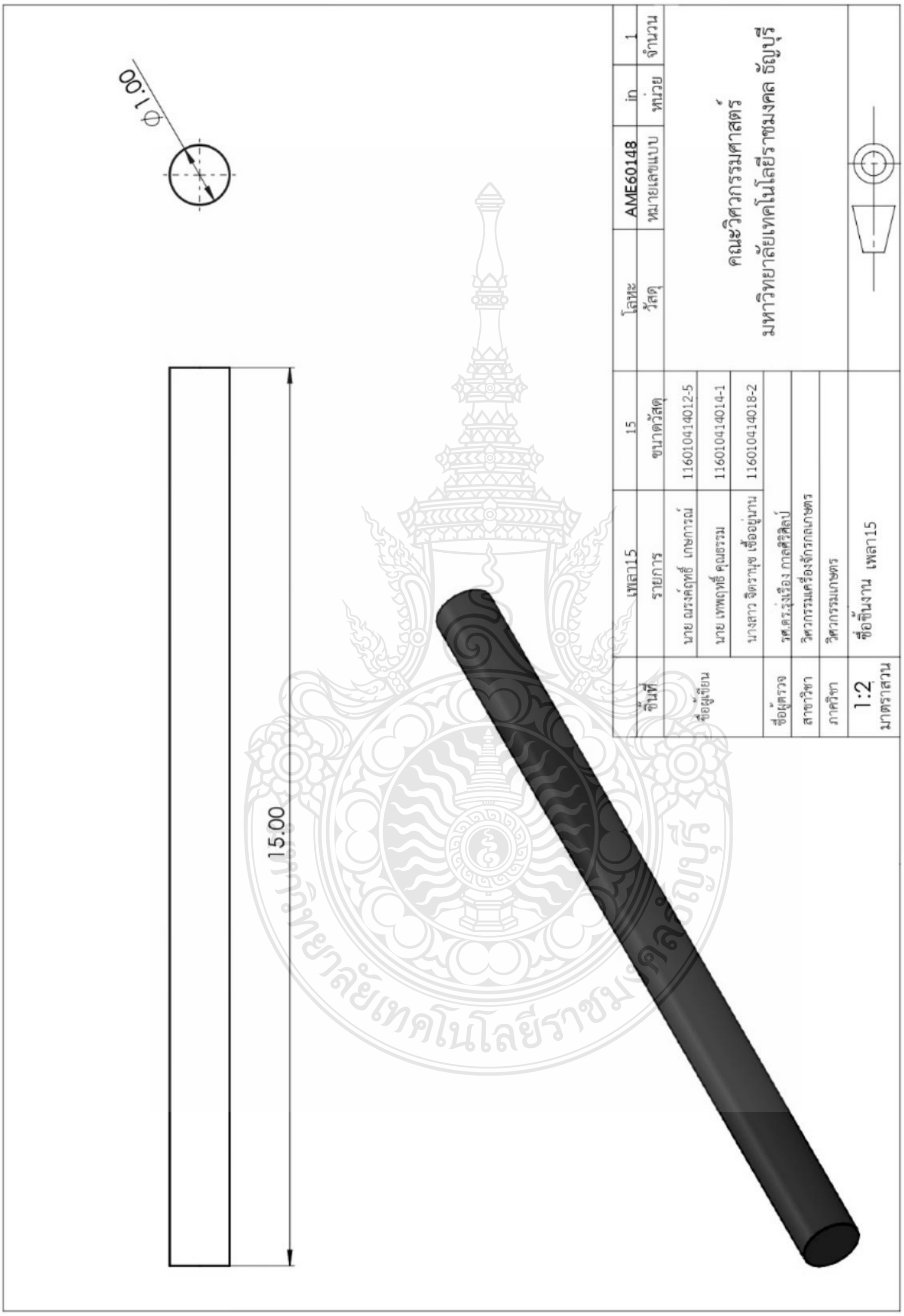


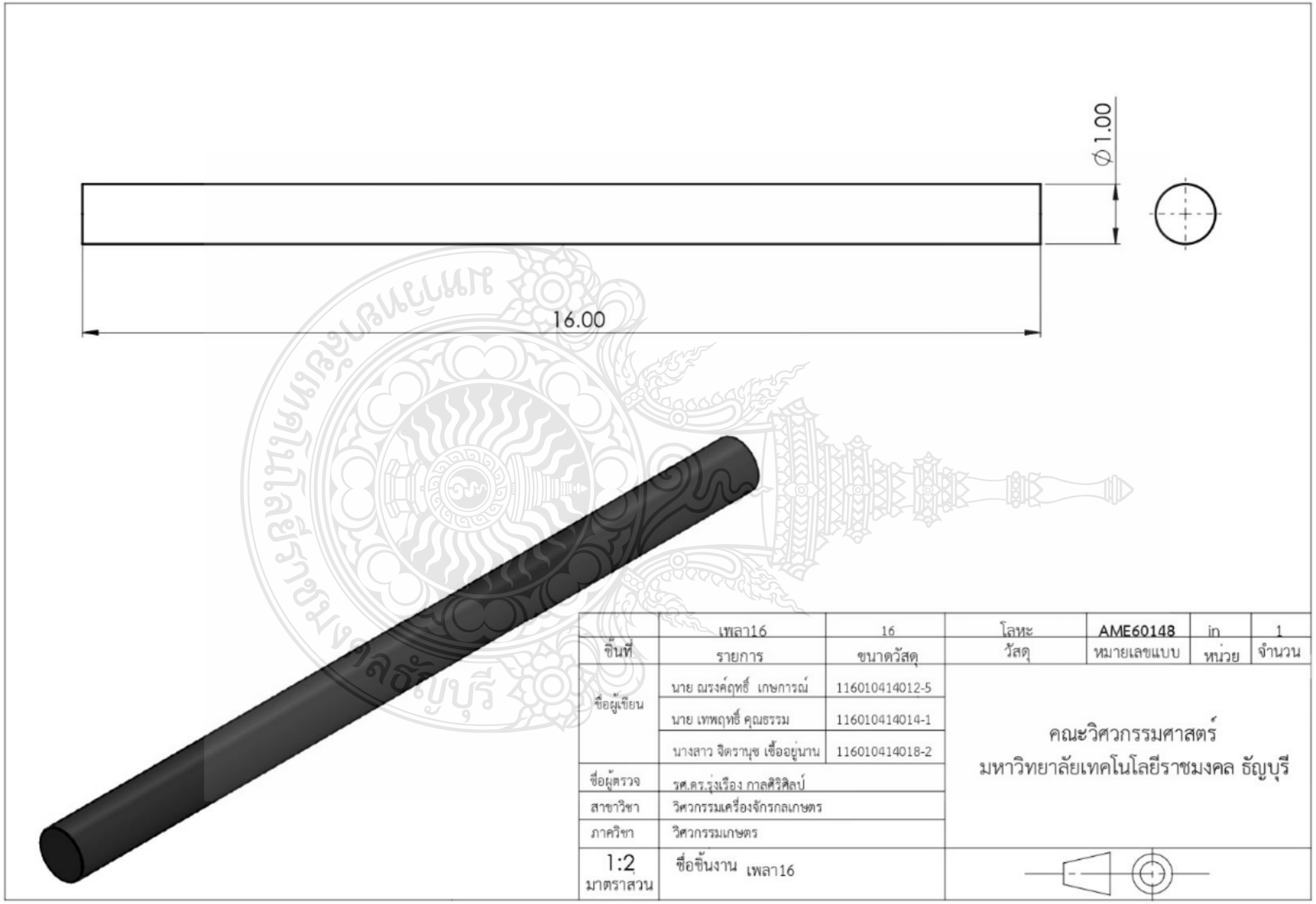

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปลายถาดส่งอาหาร | 195x105x152.4 | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน ปลายถาดส่งอาหาร | | | | | |

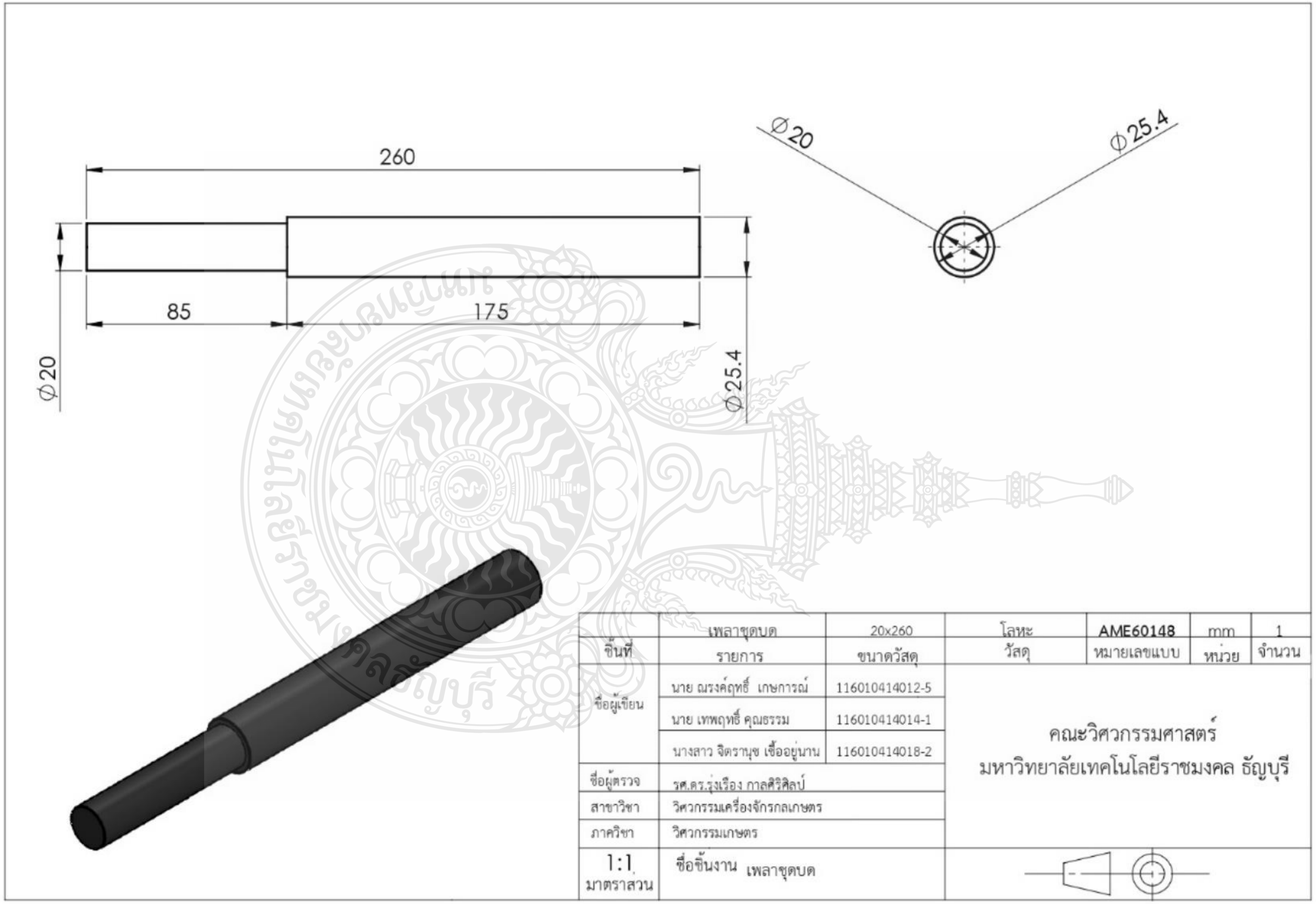


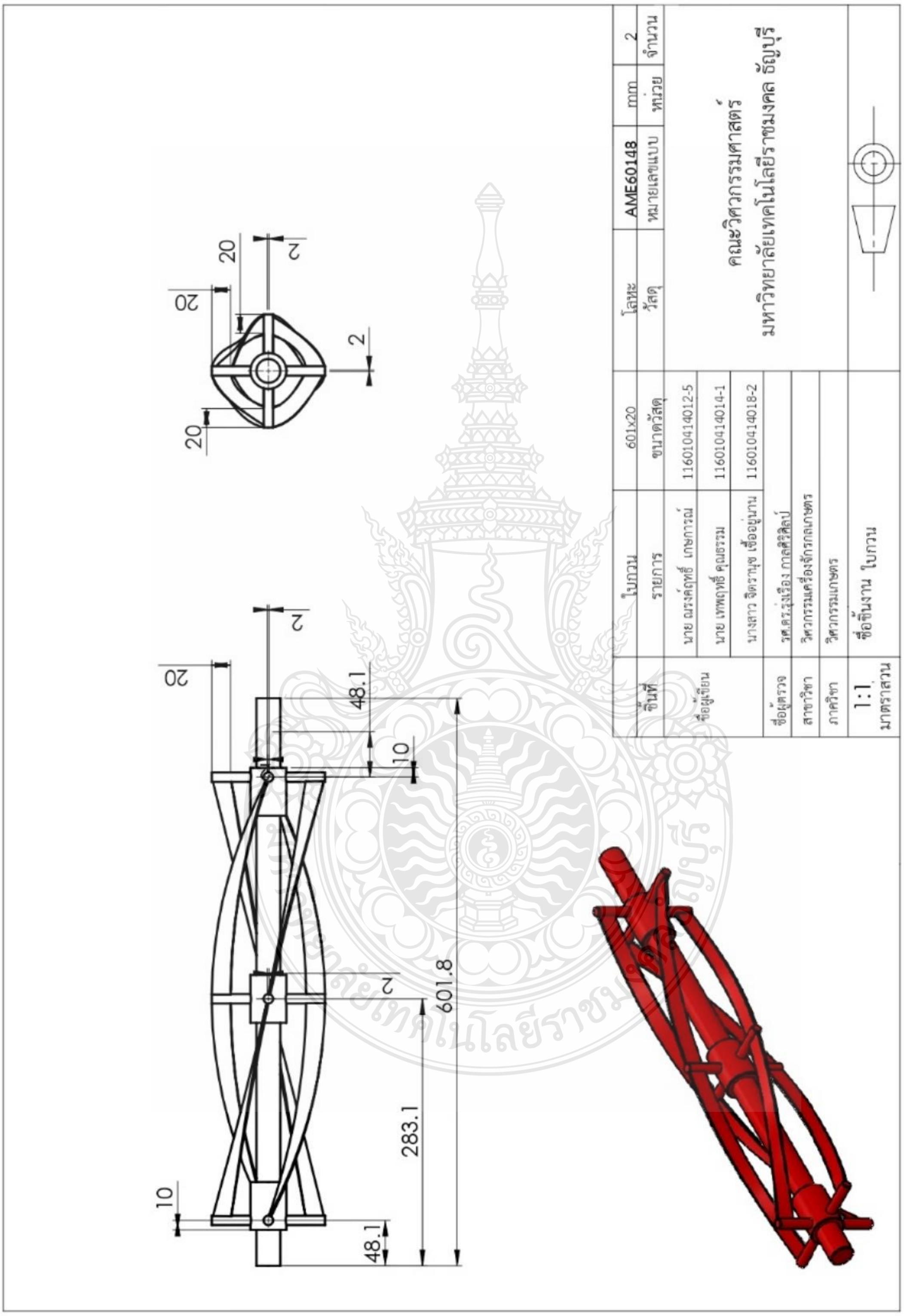
130
Ø15
150
12.5
15
2
2
แผ่นยึด
150x130x2
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน แผ่นยึด


300
40
2
80
R15
25
45
78.8
R15
200
Ø245
70
55
4
281.3
15
35
ชิ้นที่
ฝาปิด
รายการ
200x245x281.3
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาน
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ฝาปิด
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

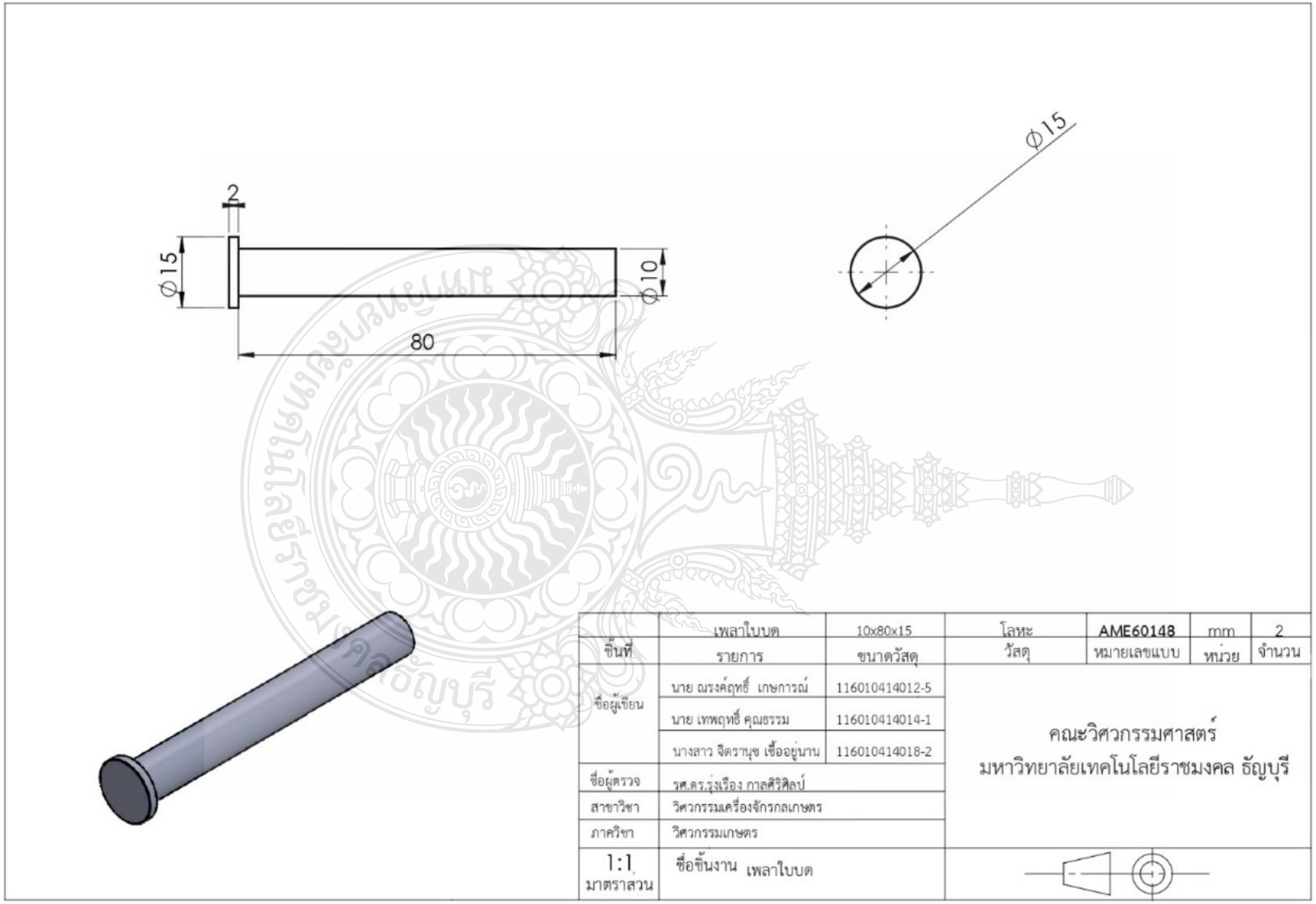

φ 1.00
15.00
เพลา15
15
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เพลา15

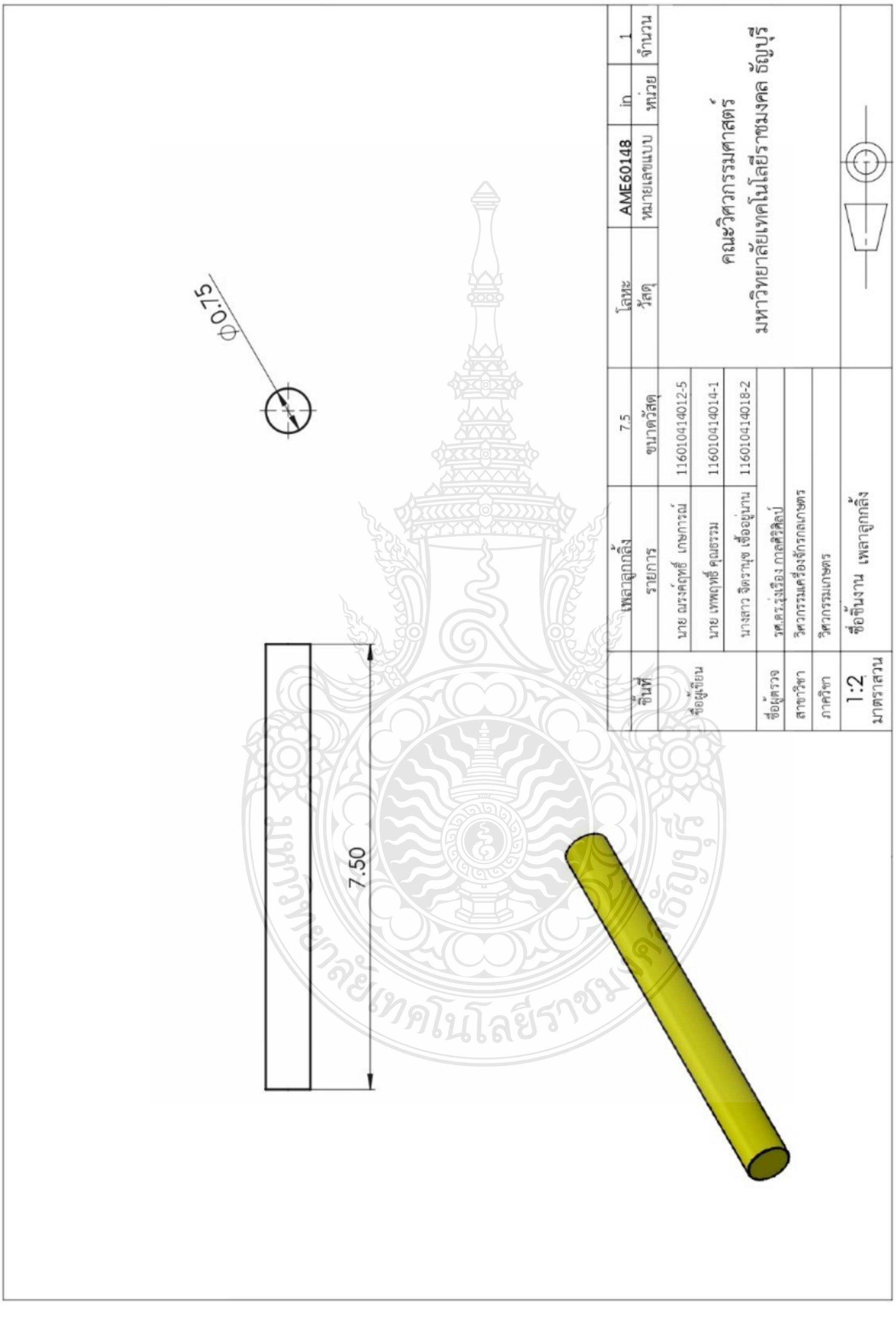

16.00
ϕ1.00
ชิ้นที่
เพลา16
รายการ
16
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
in
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เพลา16
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี


260
85
175
Ø20
Ø25.4
Ø20
Ø25.4
เพลาชุดบด
20x260
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เพลาชุดบด

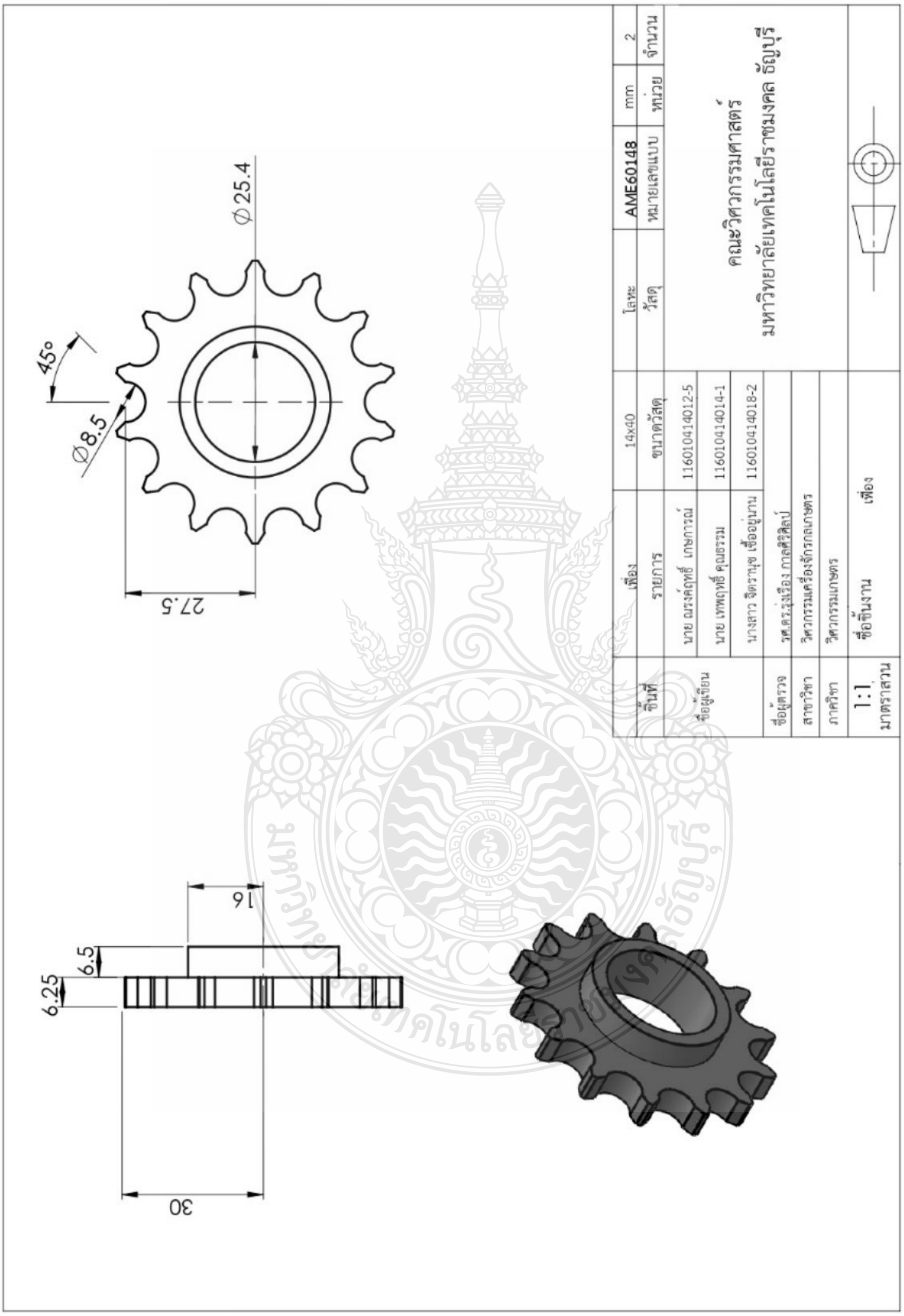


AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
2
จำนวน
โลหะ
วัสดุ
601x20
ขนาดวัสดุ
ใบกวน
รายการ
ชิ้นที่
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้เขียน
1160104140 12-5
1160104140 14-1
1160104140 18-2
ชื่อผู้ตรวจ
สาขาวิชา
ภาควิชา
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ใบกวน
601.8
283.1
48.1
10
20
2

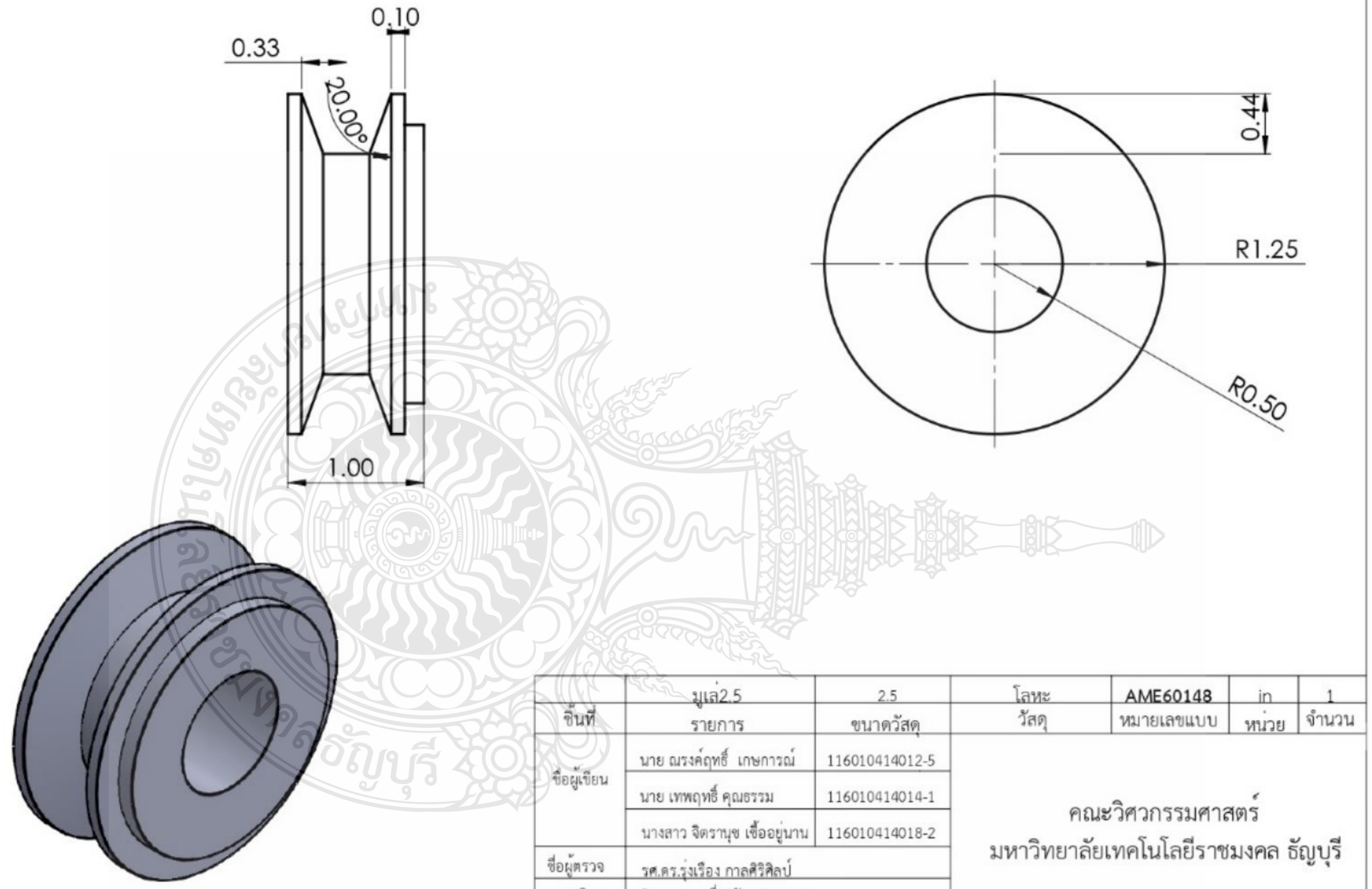

2
Ø15
80
Ø10
Ø15
เพลาใบบด
10x80x15
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เพลาใบบด



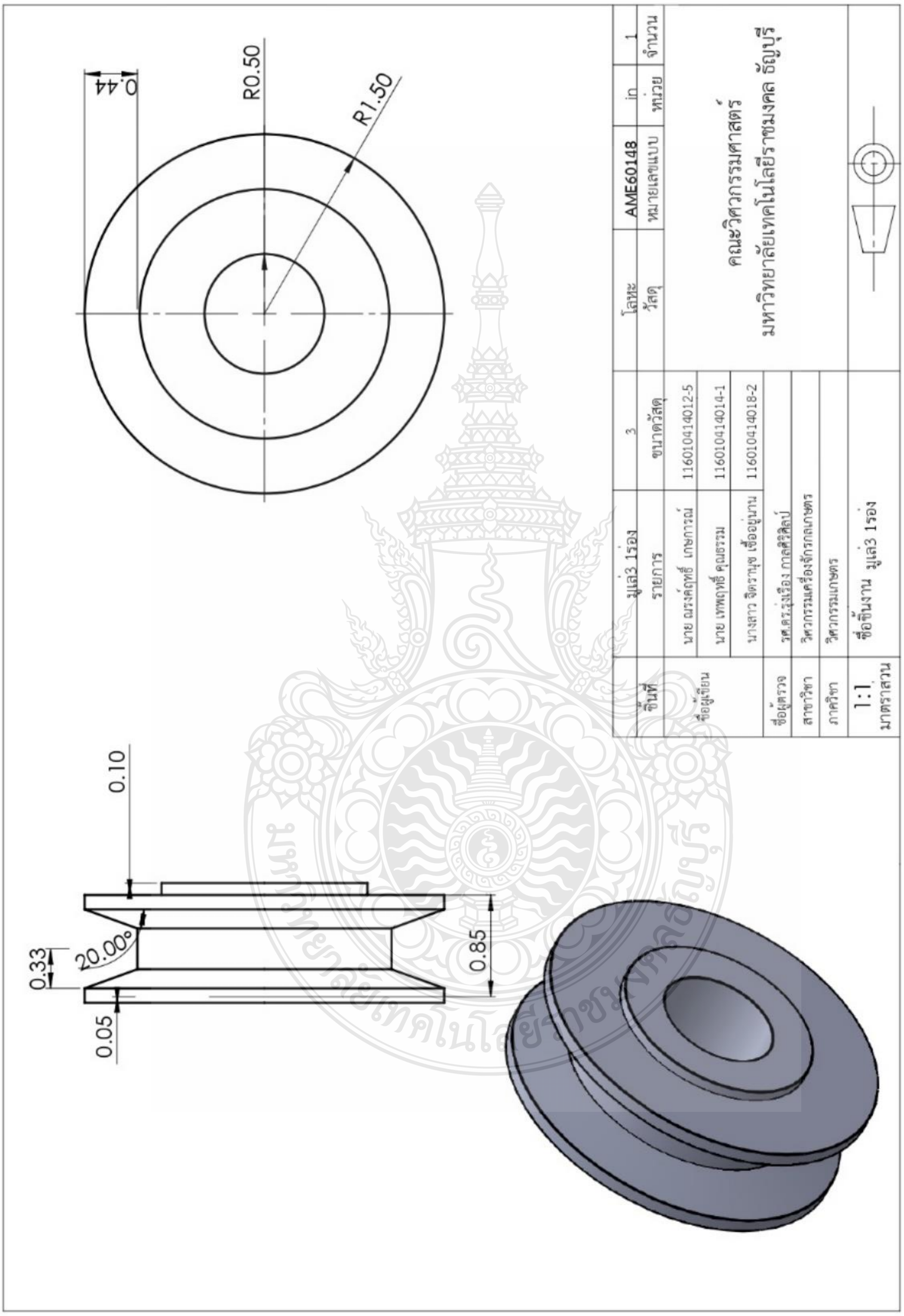
φ0.75
7.50
ชิ้นที่
เพลาลูกกลิ้ง
รายการ
7.5
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
in
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เพลาลูกกลิ้ง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

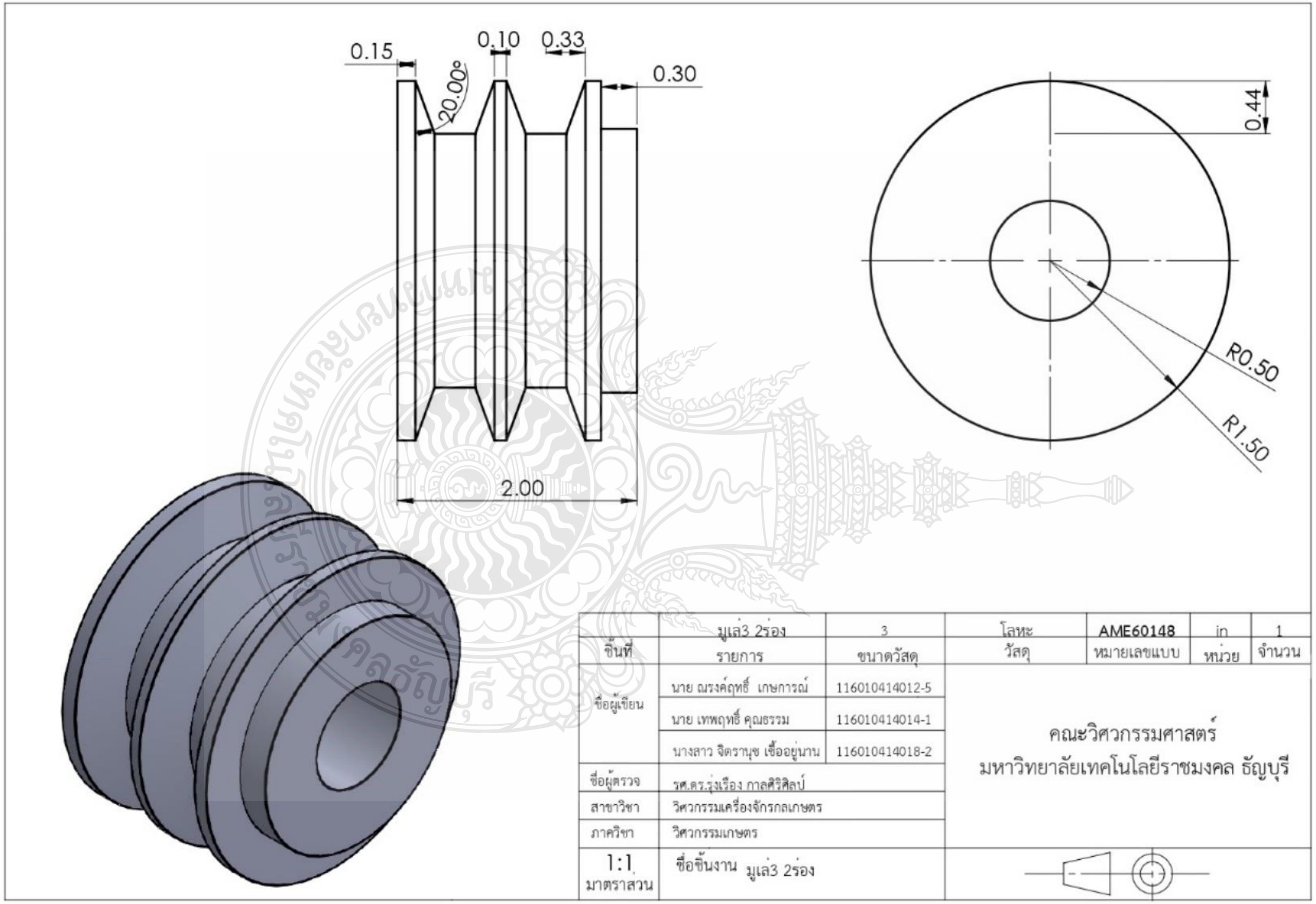


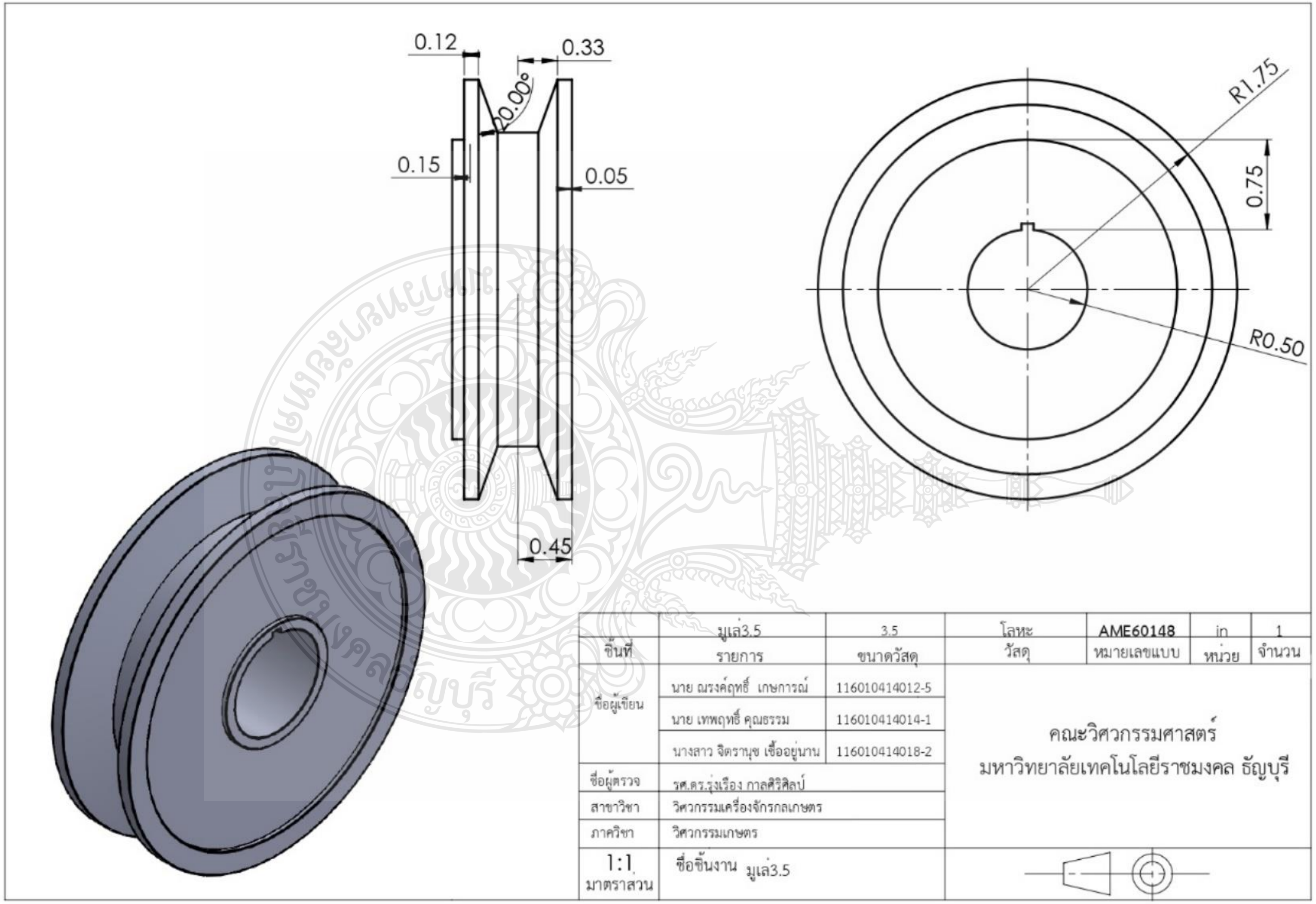
45°
Ø8.5
Ø25.4
27.5
16
6.5
6.25
30
ชิ้นที่
เฟือง
รายการ
14x40
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
2
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
1160104140018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
เฟือง

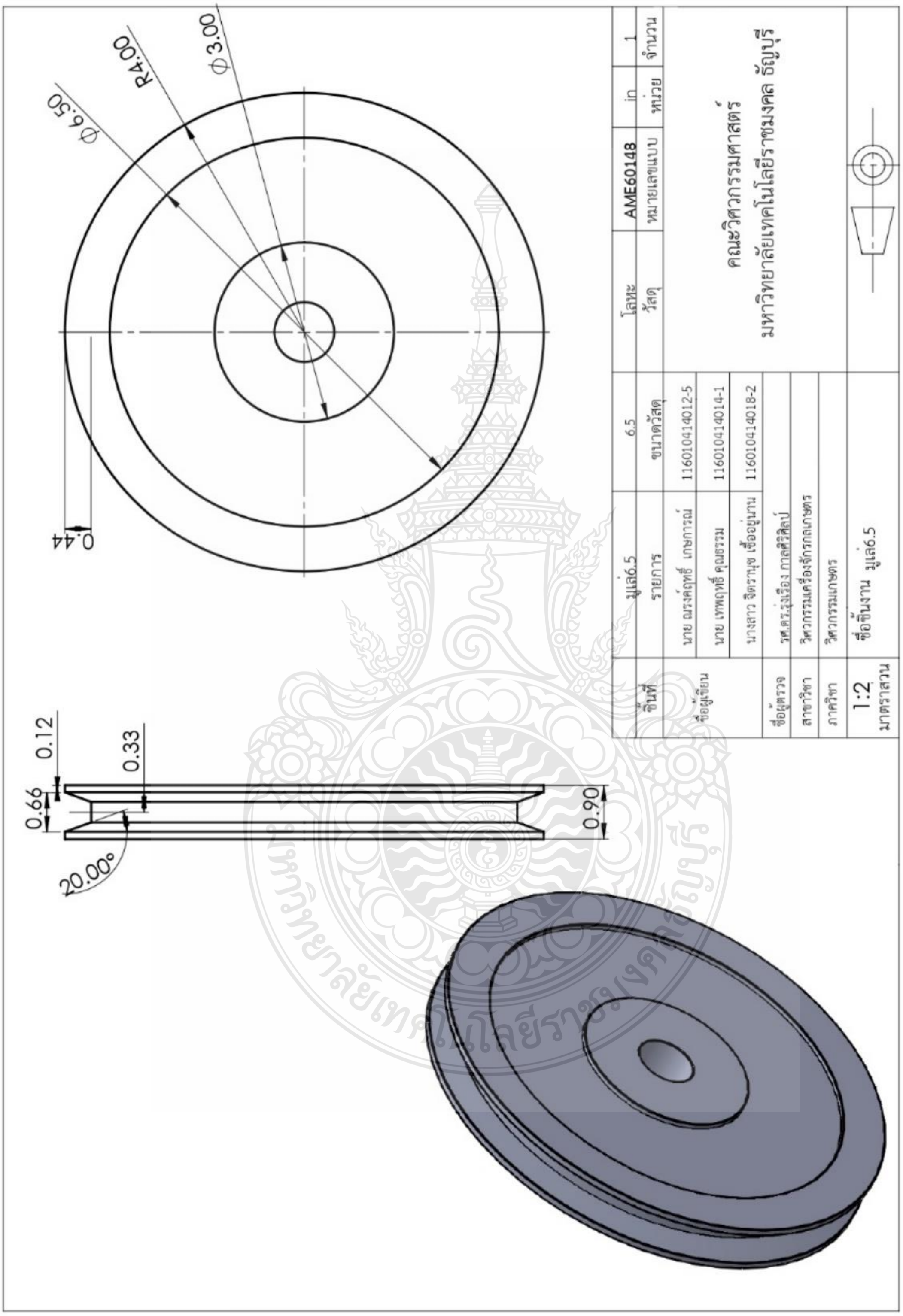



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | มูเล่2.5<br>รายการ | 2.5<br>ขนาดวัสดุ | โลหะ<br>วัสดุ | AME60148<br>หมายเลขแบบ | in<br>หน่วย | 1<br>จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน มูเล่2.5 | | | | | |

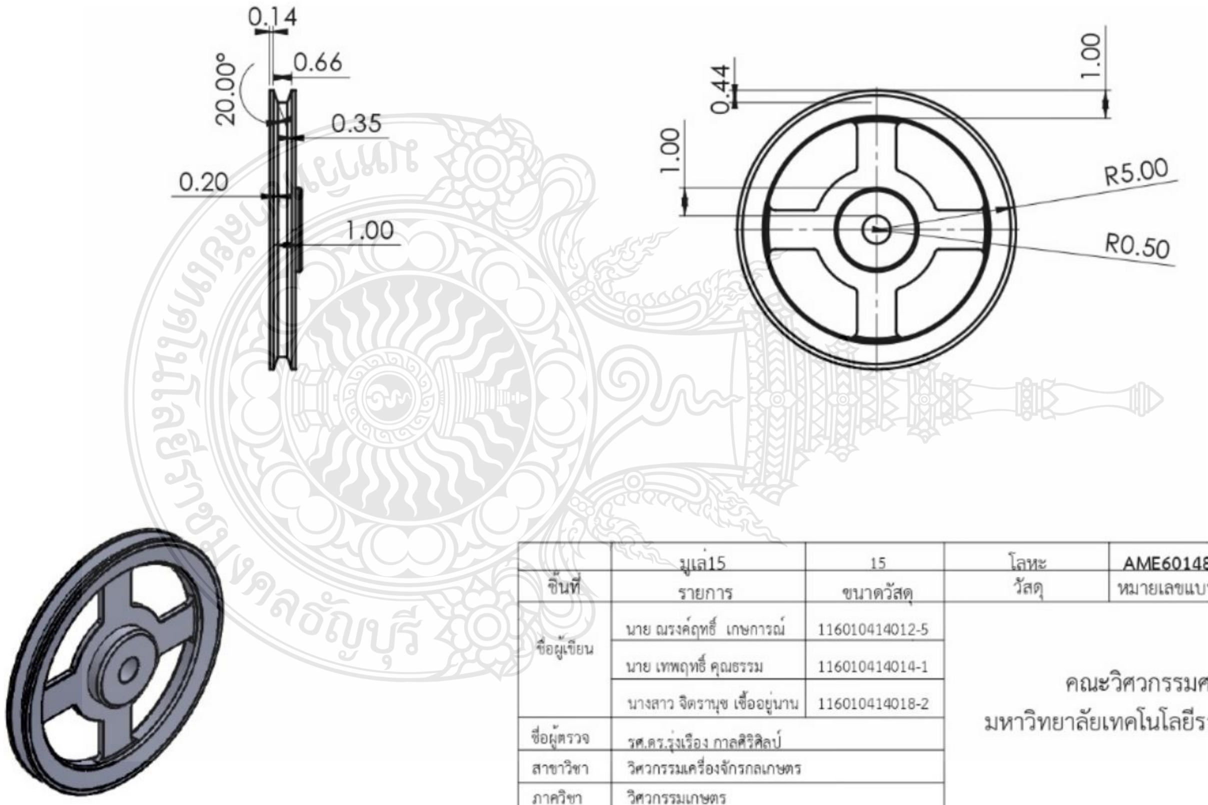

0.33
0.05
20.00°
0.10
0.85
0.44
R0.50
R1.50
มูเล่3 1ร่อง
3
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน มูเล่3 1ร่อง


0.15
20.00°
0.10
0.33
0.30
2.00
0.44
R0.50
R1.50
มูเล่3 2ร่อง
3
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน มูเล่3 2ร่อง

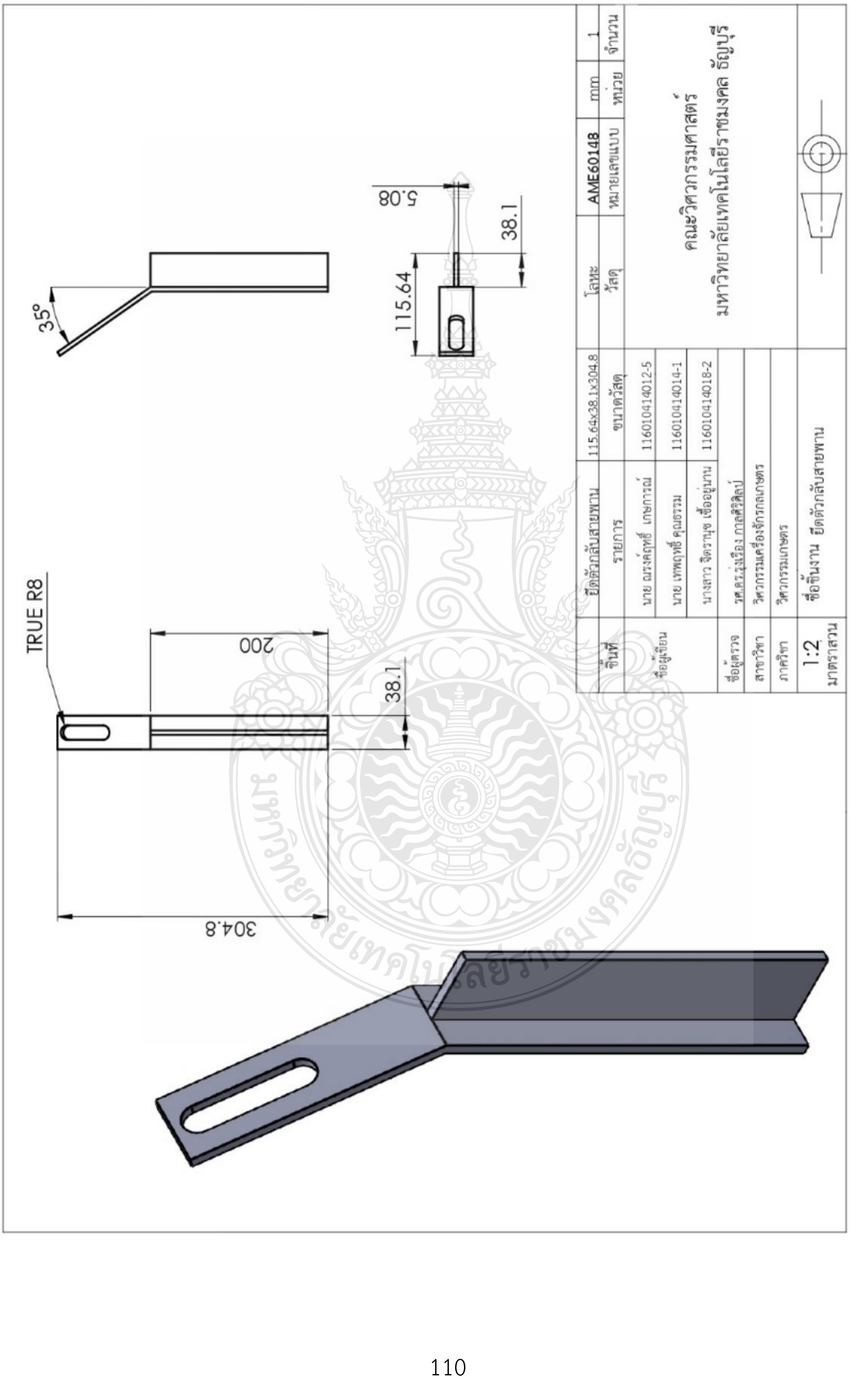

0.12
0.33
20.00°
0.15
0.05
0.45
R1.75
0.75
R0.50
มูเล่3.5
3.5
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน มูเล่3.5

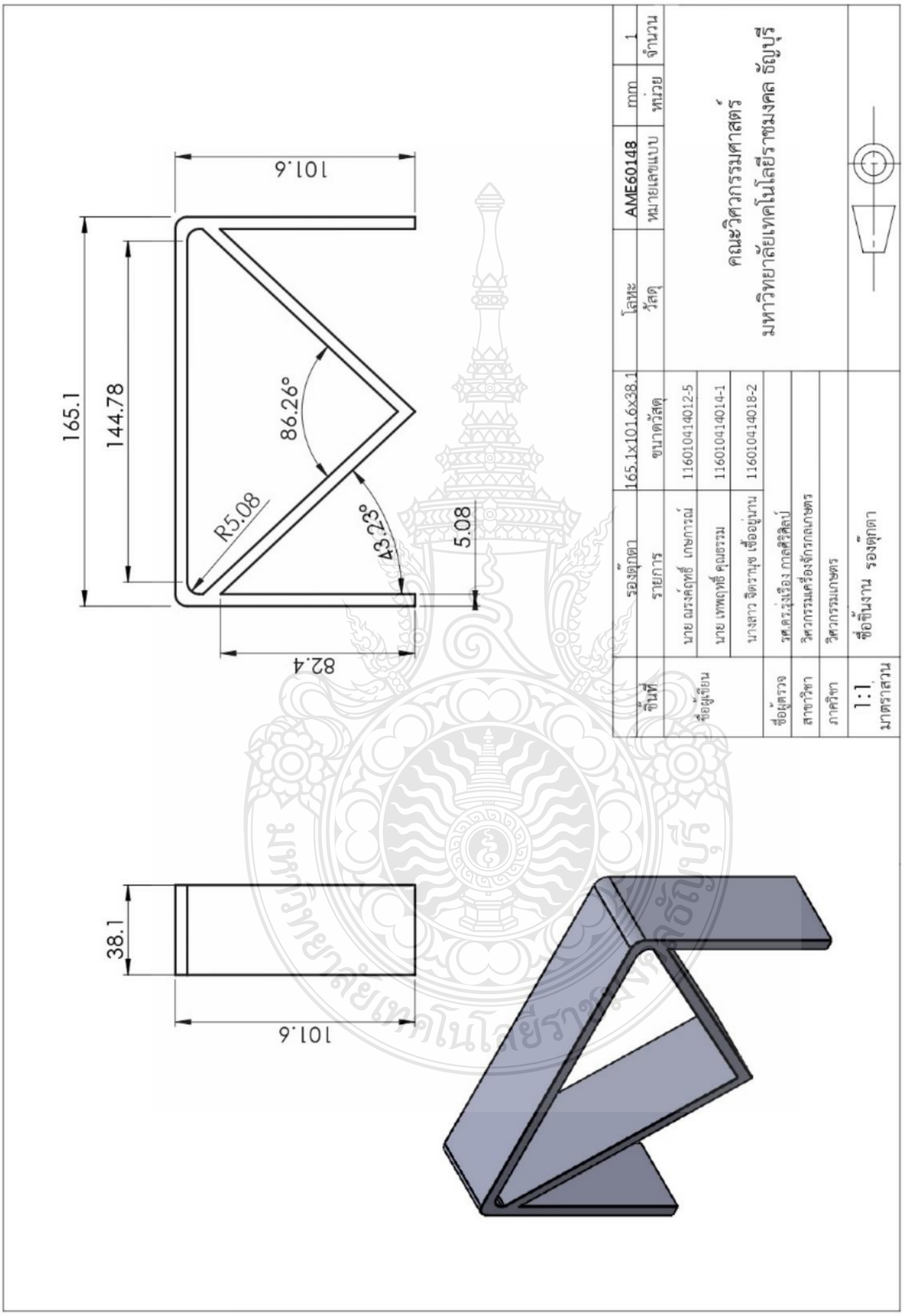


Ø6.50
R4.00
Ø3.00
0.44
0.12
0.66
0.33
20.00°
0.90
ชิ้นที่
มู่เล่6.5
รายการ
6.5
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
in
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน มู่เล่6.5
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

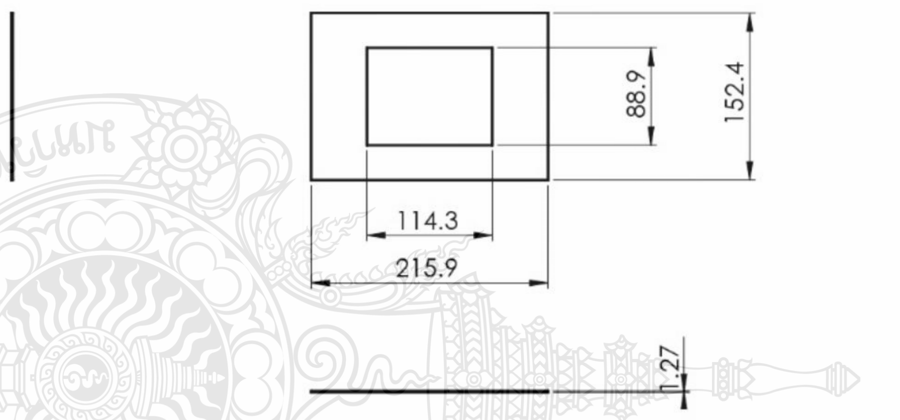


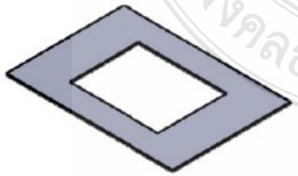

| ชิ้นที่ | มูเล่15 | 15 | โลหะ | AME60148 | in | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน มูเล่15 | | | | | |


TRUE R8
200
38.1
304.8
35°
5.08
115.64
38.1
ยึดตัวกลับสายพาน
115.64x38.1x304.8
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140125
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140141
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
1160104140182
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ยึดตัวกลับสายพาน

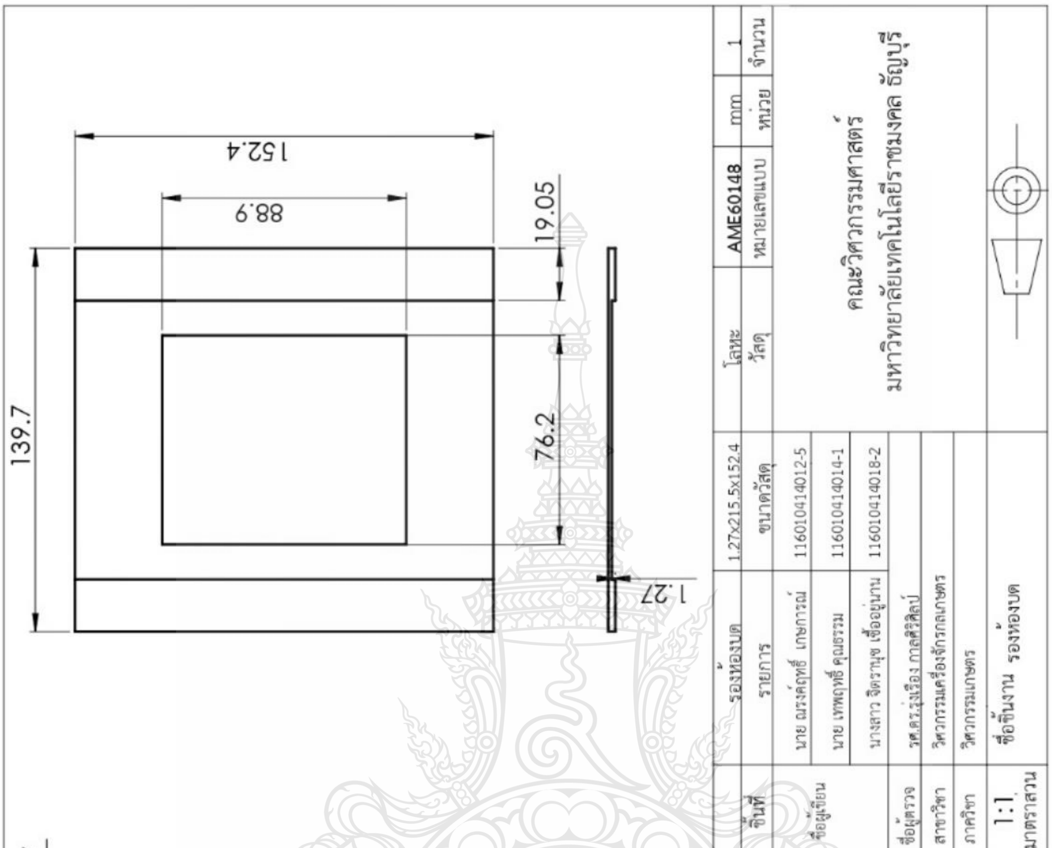


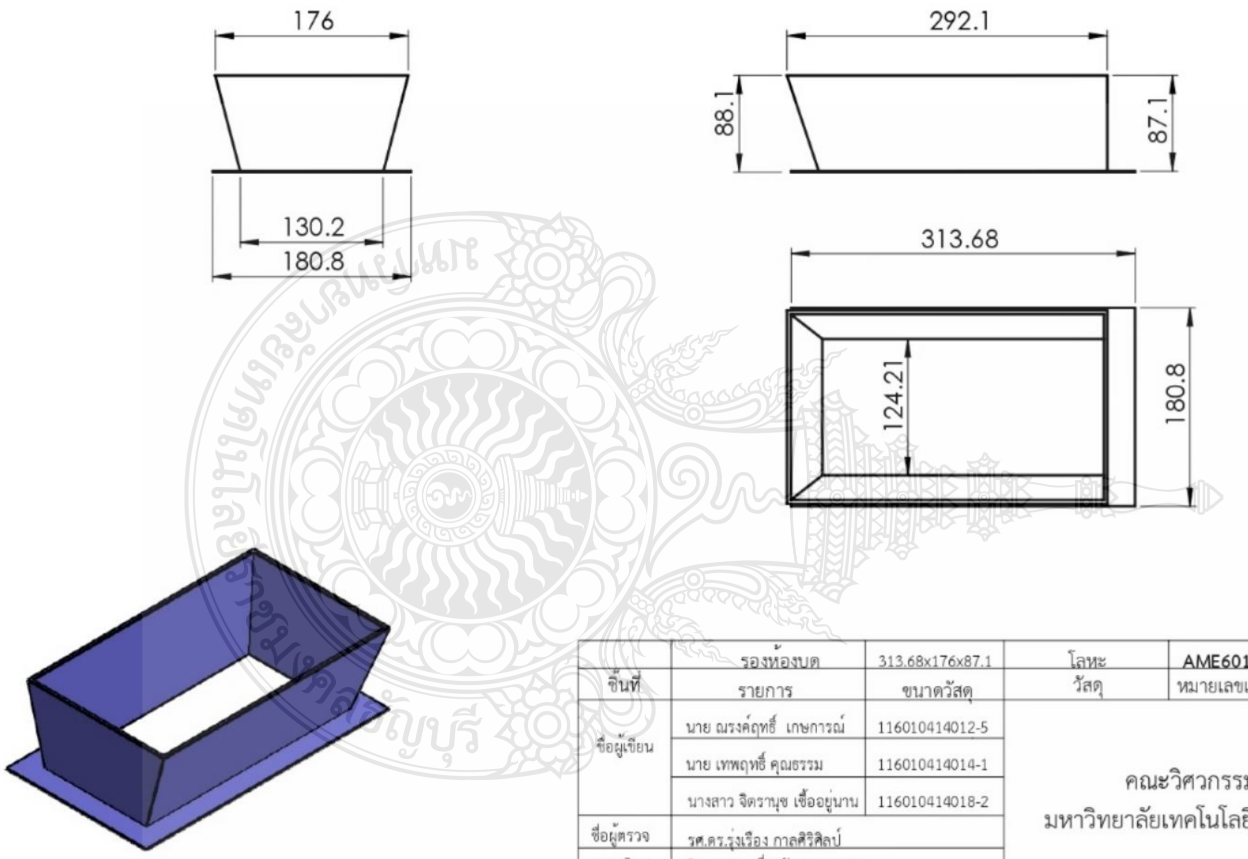
165.1
144.78
101.6
86.26°
R5.08
43.23°
5.08
82.4
38.1
101.6
ชิ้นที่
รองตุ๊กตา
รายการ
165.1x101.6x38.1
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออุ่นนาน
116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน รองตุ๊กตา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี



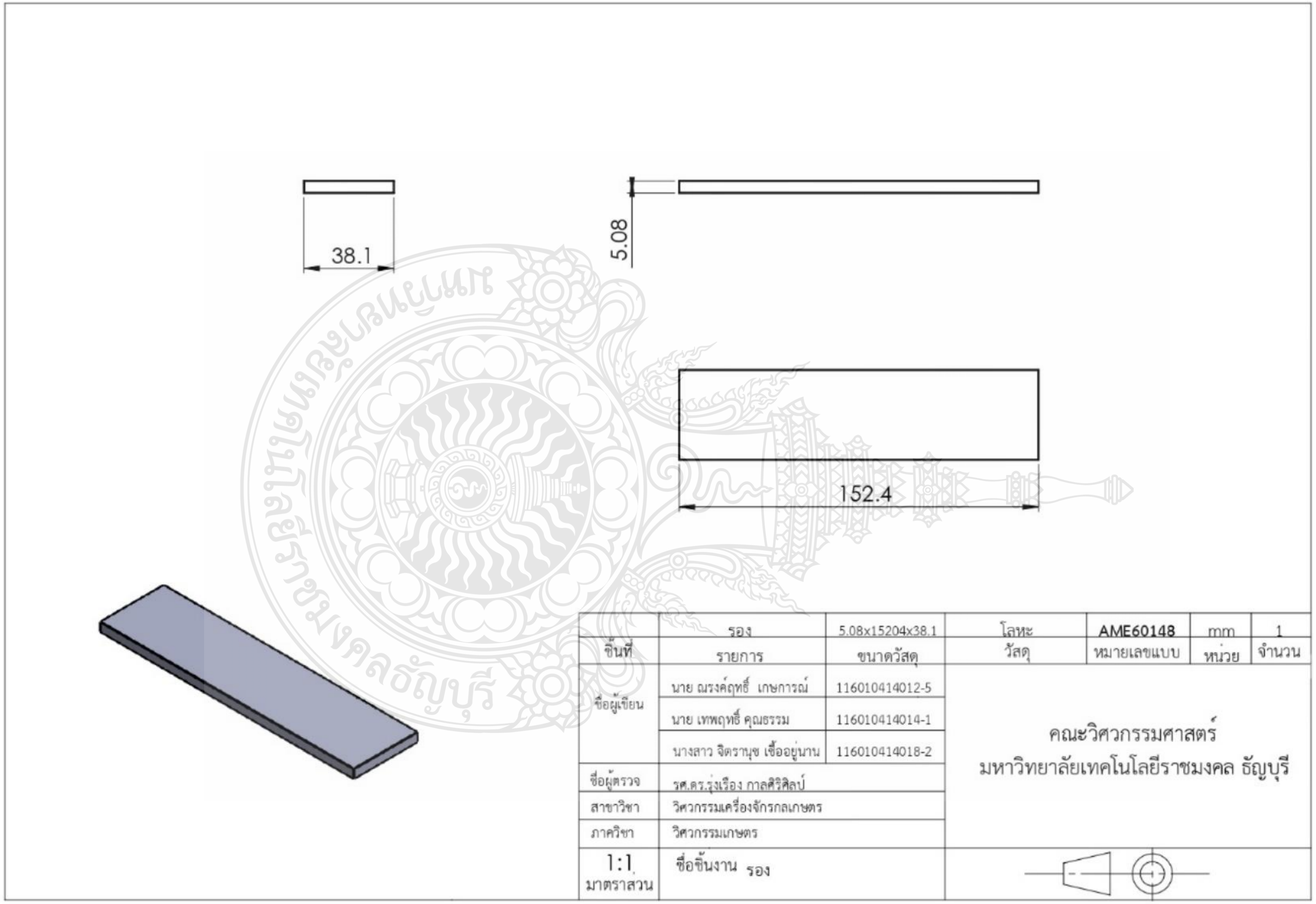



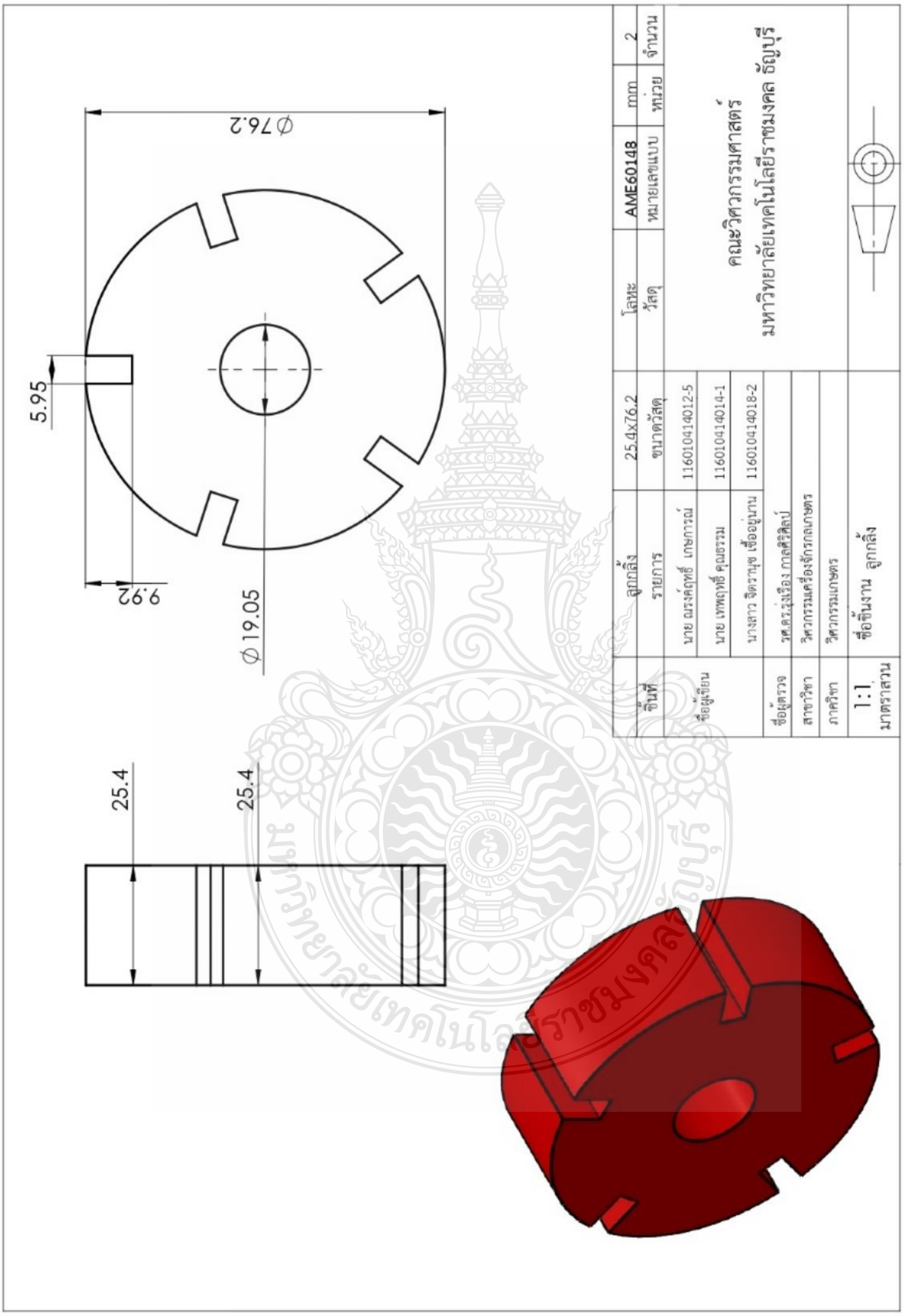
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | รองห้องบด | 1.27x215.5x152.4 | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:1<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน รองห้องบด | | | | | |

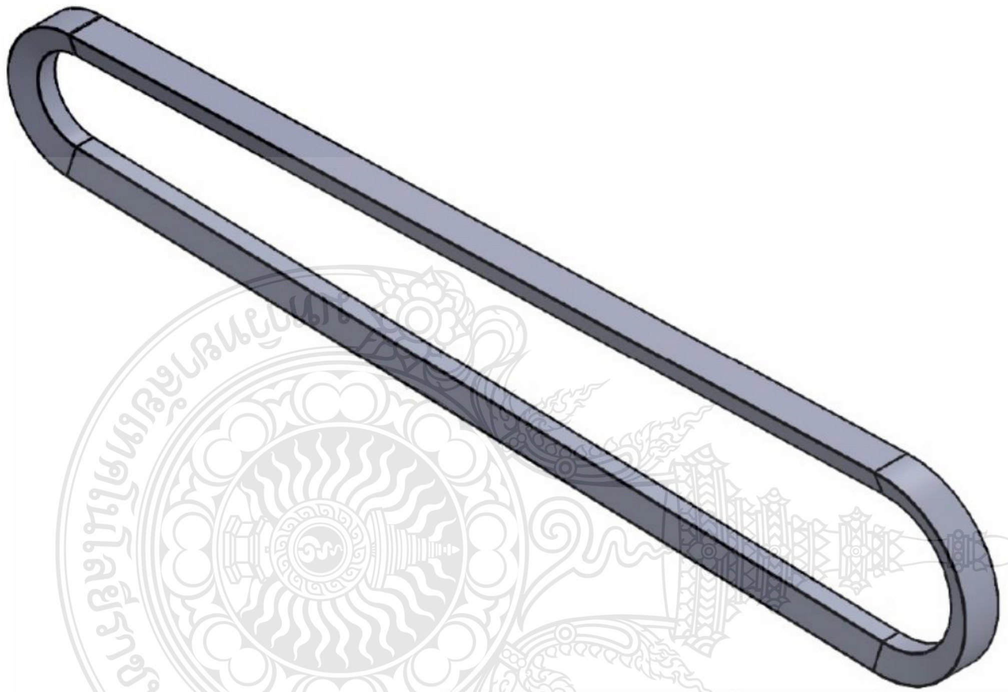

152.4
88.9
139.7
19.05
76.2
1.27
1.27
ชิ้นที่
รองห้องบด
รายการ
1.27x215.5x152.4
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140125
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140141
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม
1160104140182
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน รองห้องบด



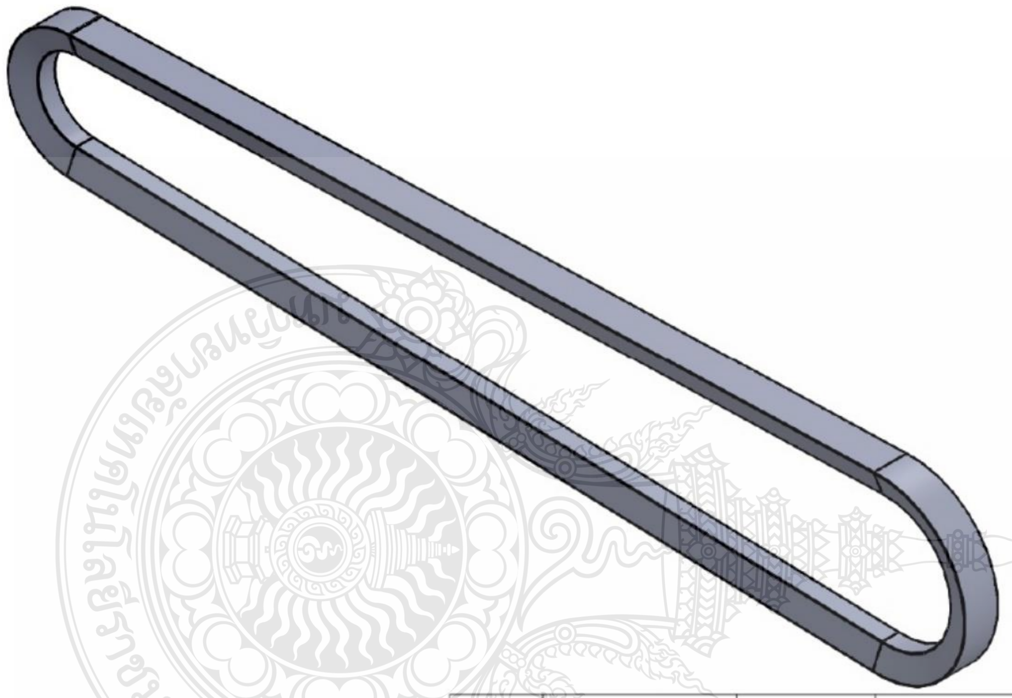

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | รองห้องบด | 313.68x176x87.1 | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:1 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน รองห้องบด | | | | | |


38.1
5.08
152.4
รอง
5.08x15204x38.1
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน รอง

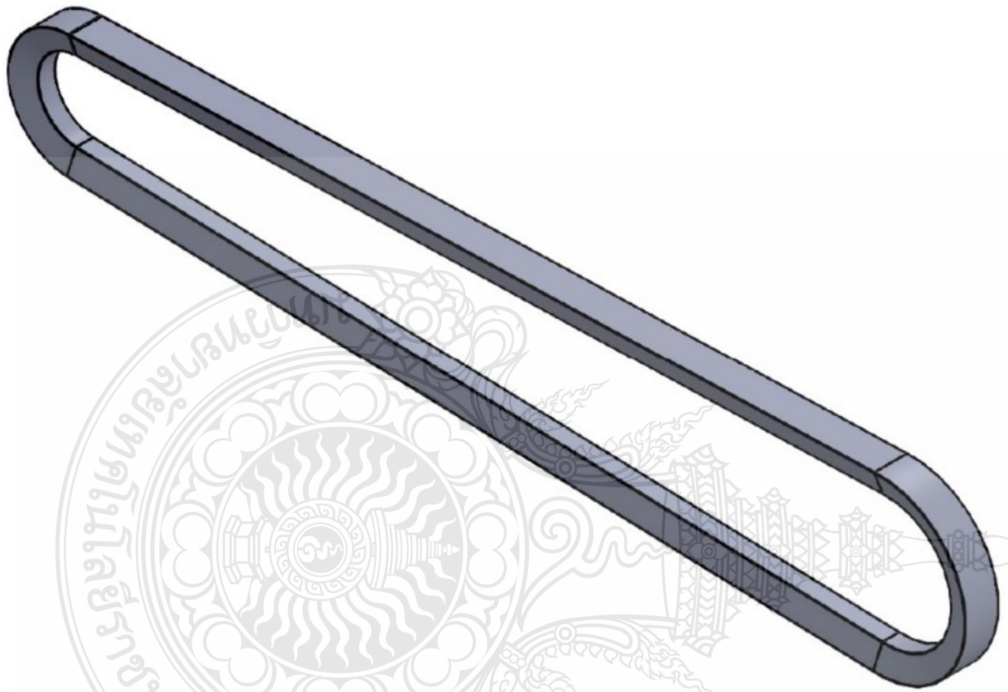

5.95
Ø76.2
9.92
Ø19.05
25.4
25.4
ลูกกลิ้ง
25.4x76.2
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม 116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ลูกกลิ้ง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | สายพาน | B27 | | AME60148 | in | 1 |
| | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน สายพาน | | | | | |

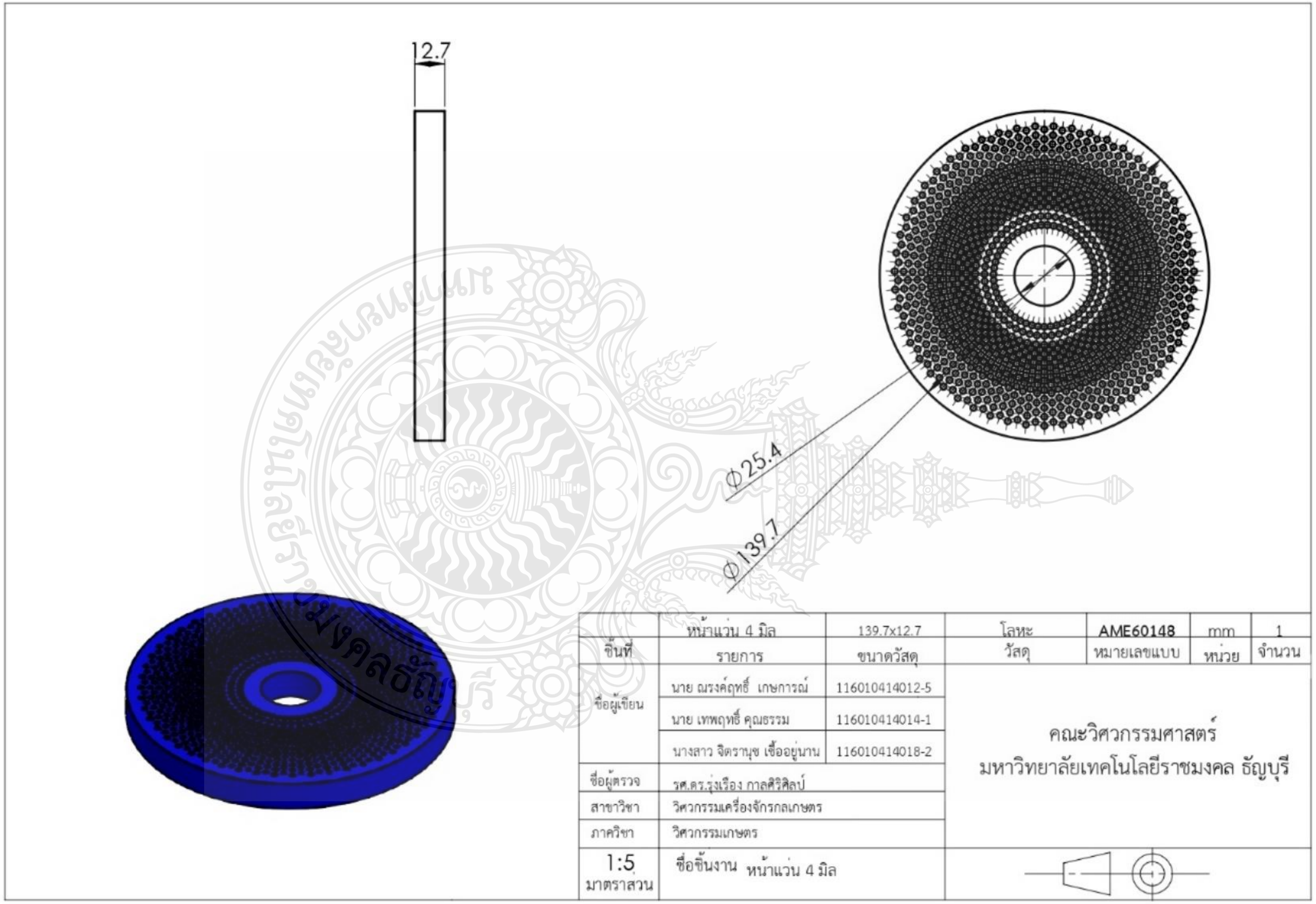


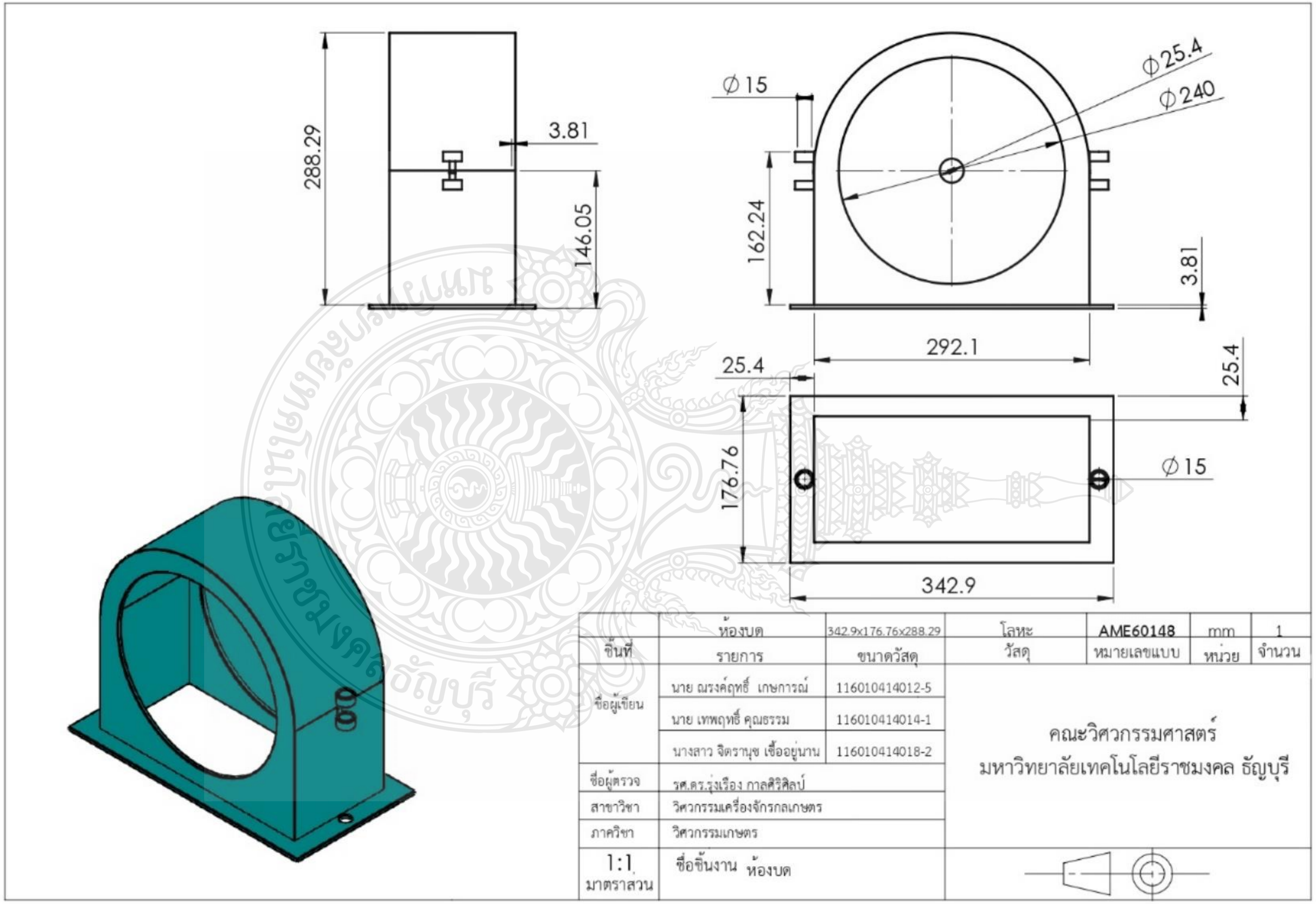
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายพาน | B42 | | AME60148 | in | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน สายพาน | | | | | |

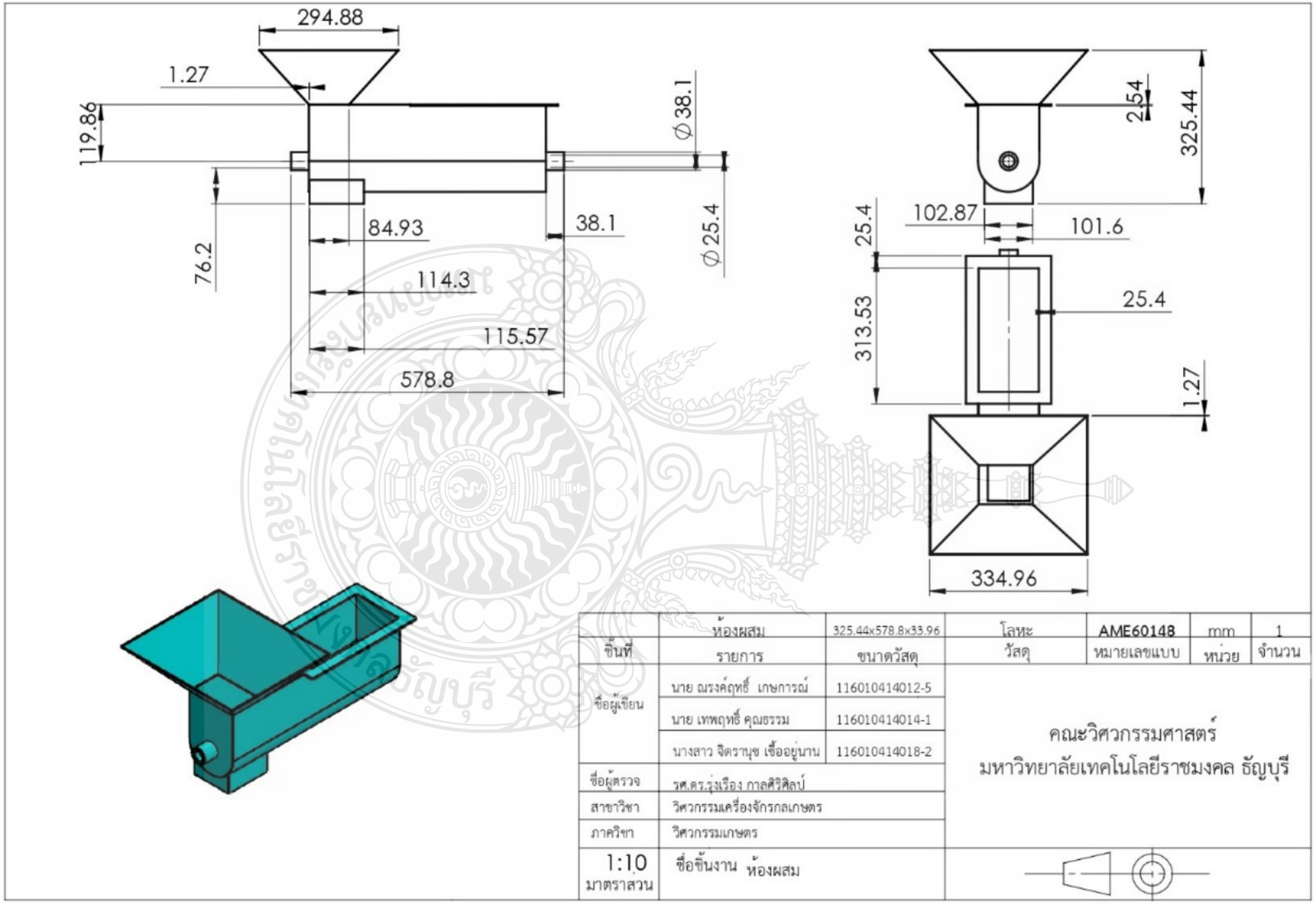


| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | สายพาน | B58 | | AME60148 | in | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน สายพาน | | | | | |

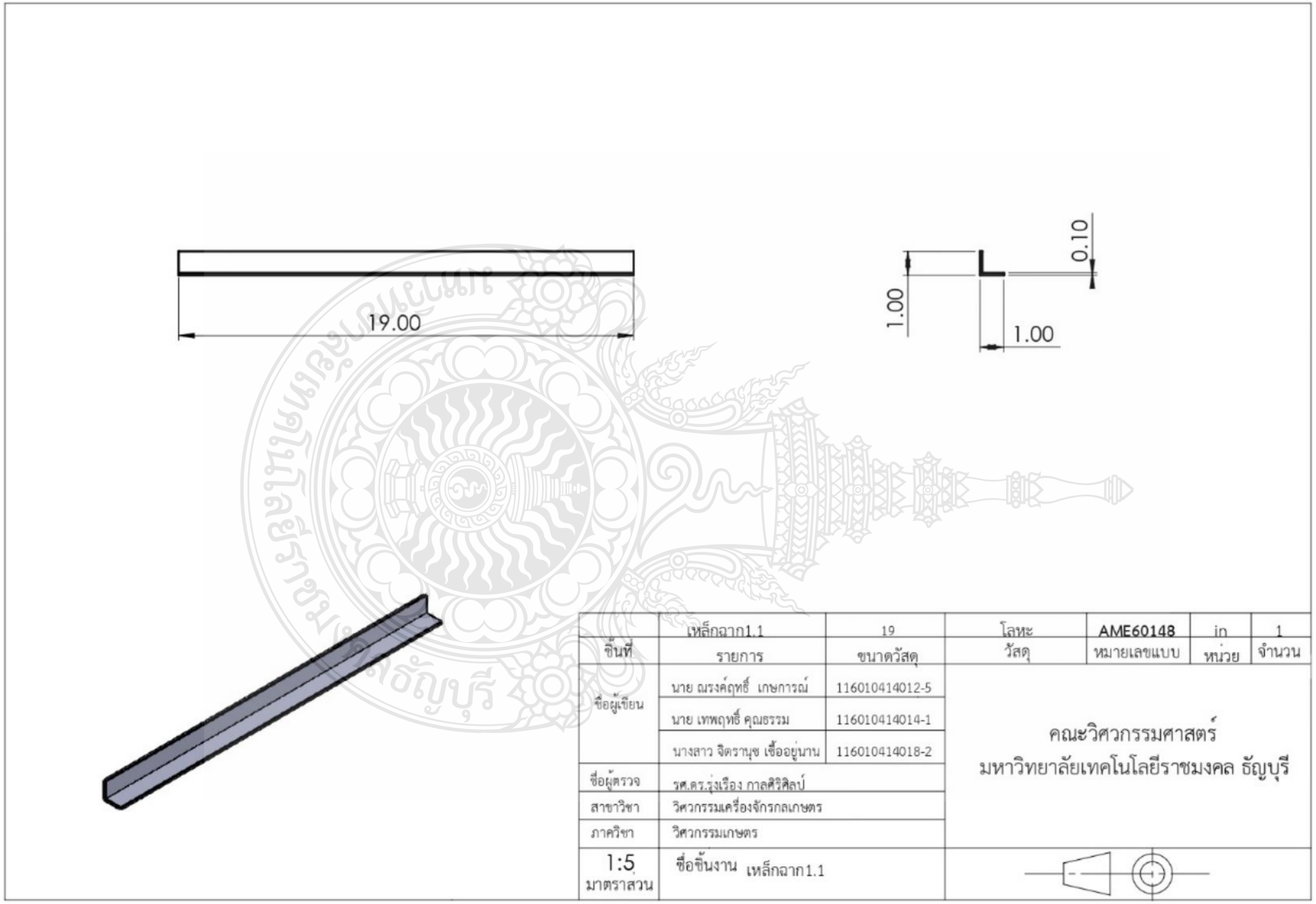
สายพาน
B77
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิดรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน สายพาน

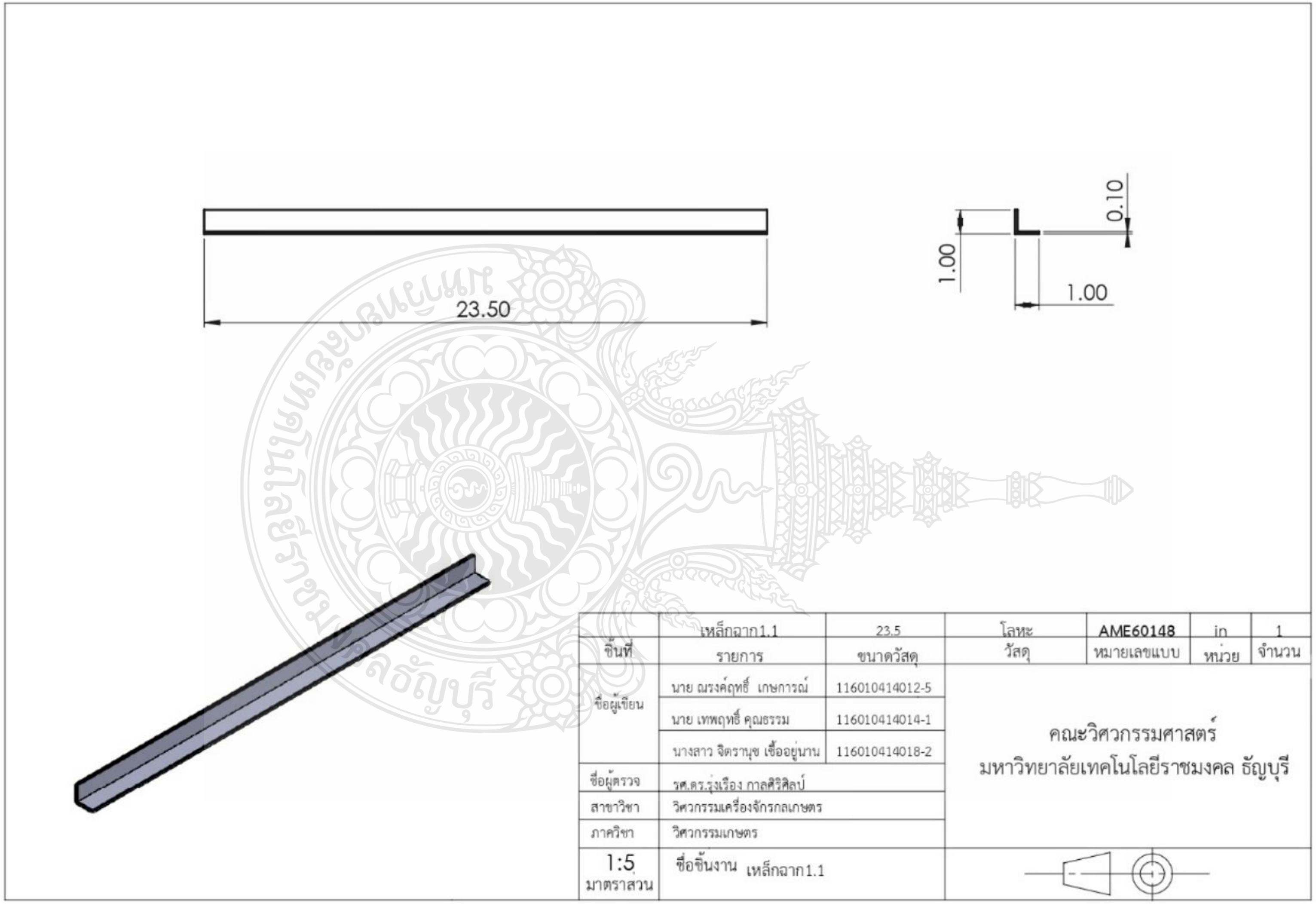

12.7
ϕ25.4
ϕ139.7
หน้าแว่น 4 มิล
139.7x12.7
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน หน้าแว่น 4 มิล

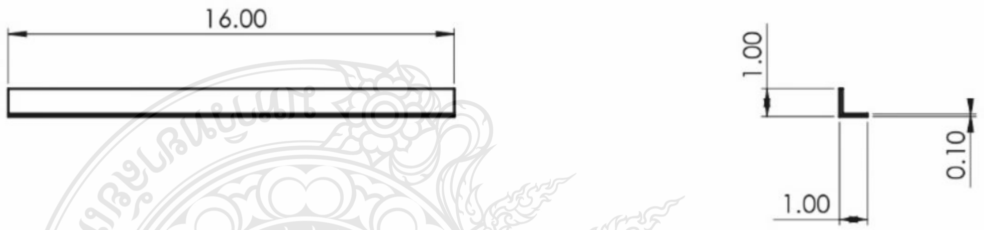

288.29
3.81
146.05
Ø15
Ø25.4
Ø240
162.24
3.81
292.1
25.4
25.4
176.76
Ø15
342.9
ชิ้นที่
ห้องบด
รายการ
342.9x176.76x288.29
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ห้องบด

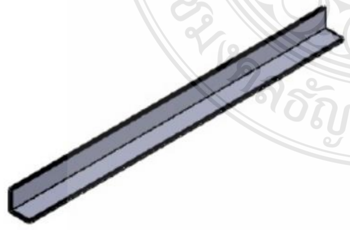


294.88
1.27
119.86
76.2
84.93
114.3
115.57
578.8
38.1
Ø38.1
Ø25.4
325.44
2.54
102.87
101.6
25.4
313.53
25.4
1.27
334.96
ห้องผสม
325.44x578.8x33.96
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:10
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ห้องผสม

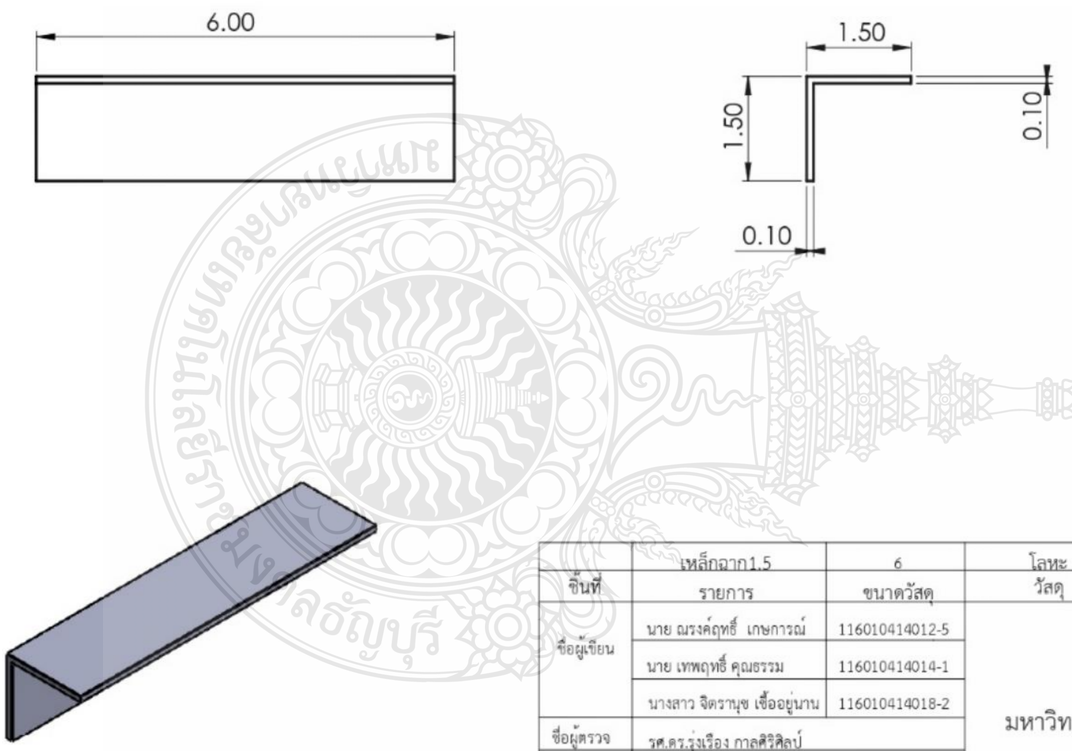

19.00
1.00
1.00
0.10
เหล็กฉาก1.1
19
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก1.1


23.50
1.00
1.00
0.10
เหล็กฉาก1.1
23.5
โลหะ
AME60148
in
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก1.1

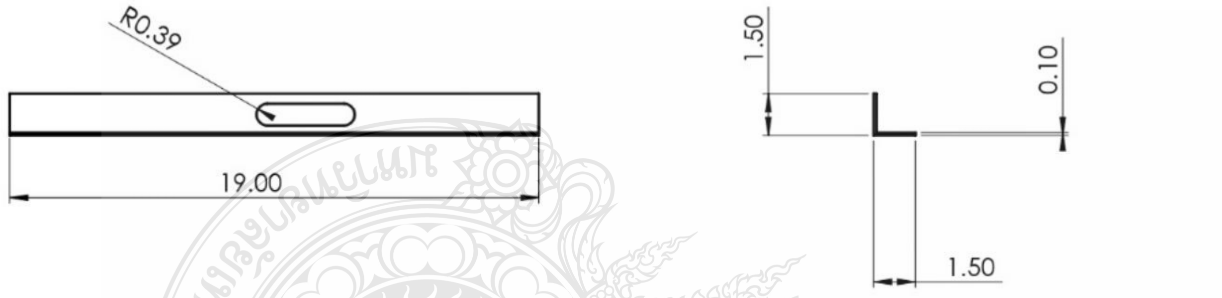


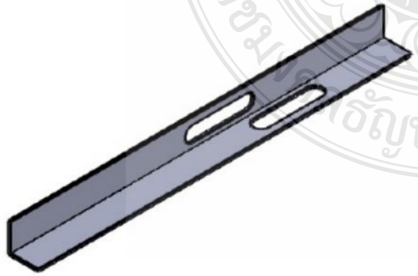



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | เหล็กฉาก1.1 | 16 | โลหะ | AME60148 | in | 1 |
| | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก1.1 | | | | | |

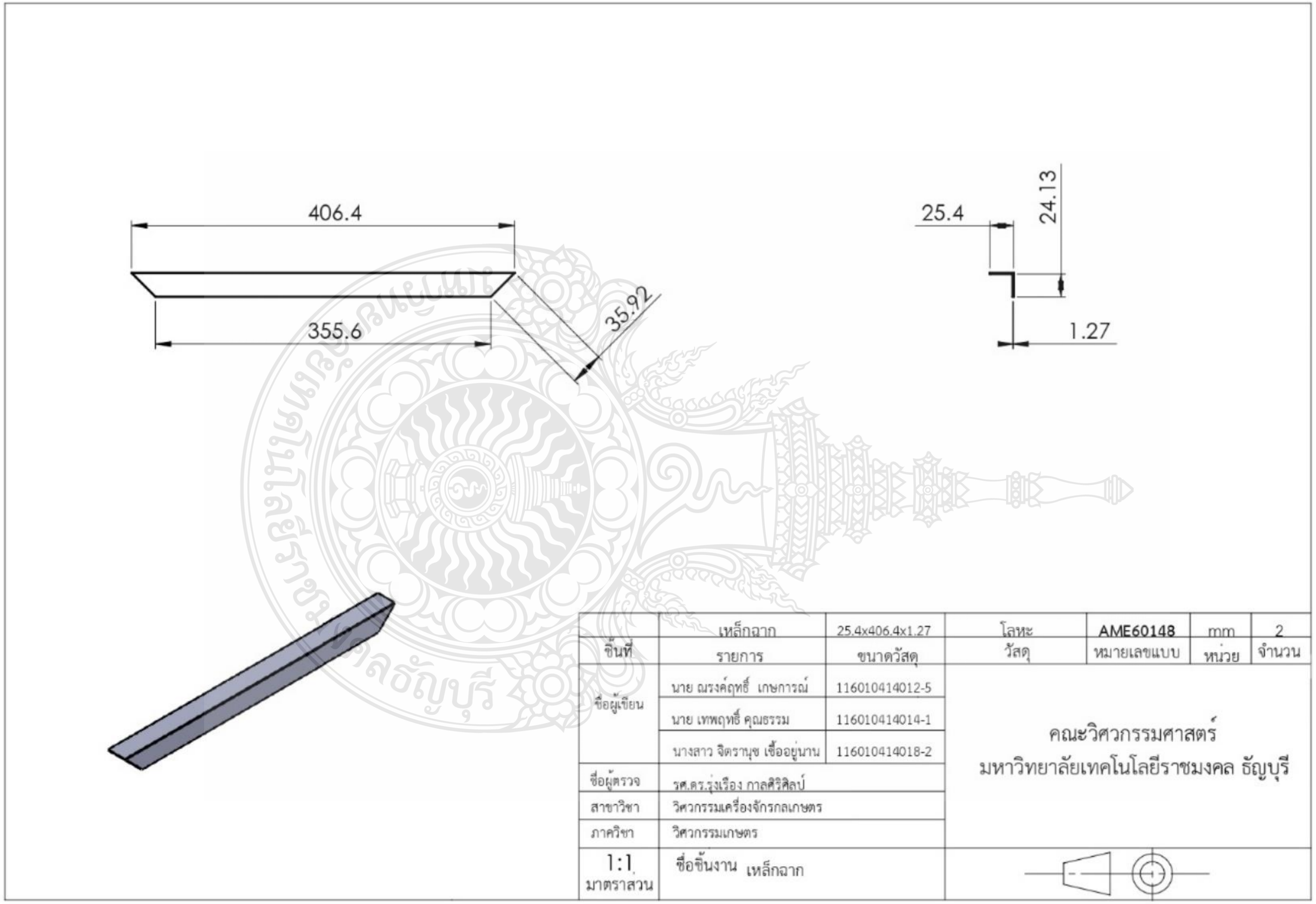


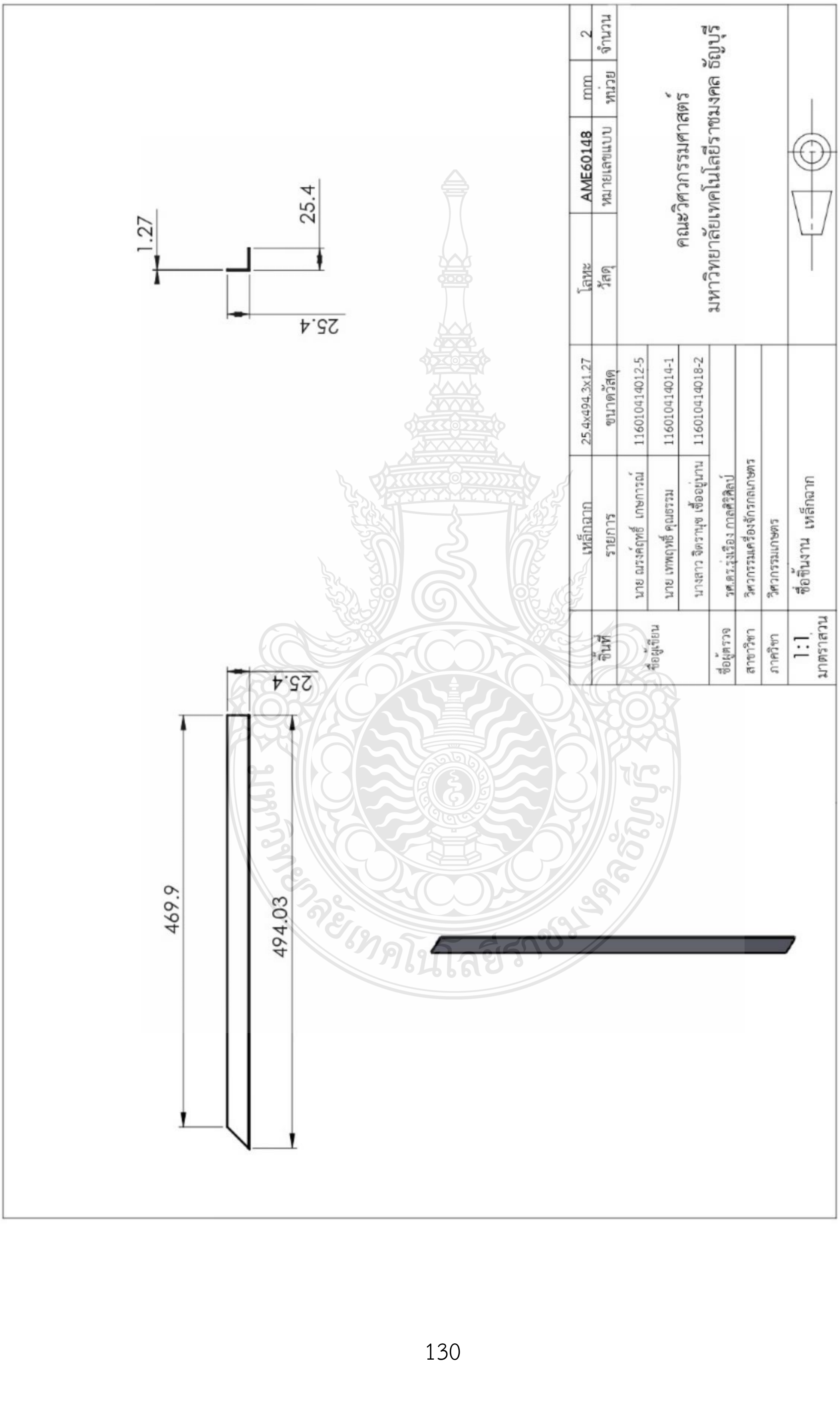

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็กฉาก1.5 | 6 | โลหะ | AME60148 | in | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก1.5 | | | | | |

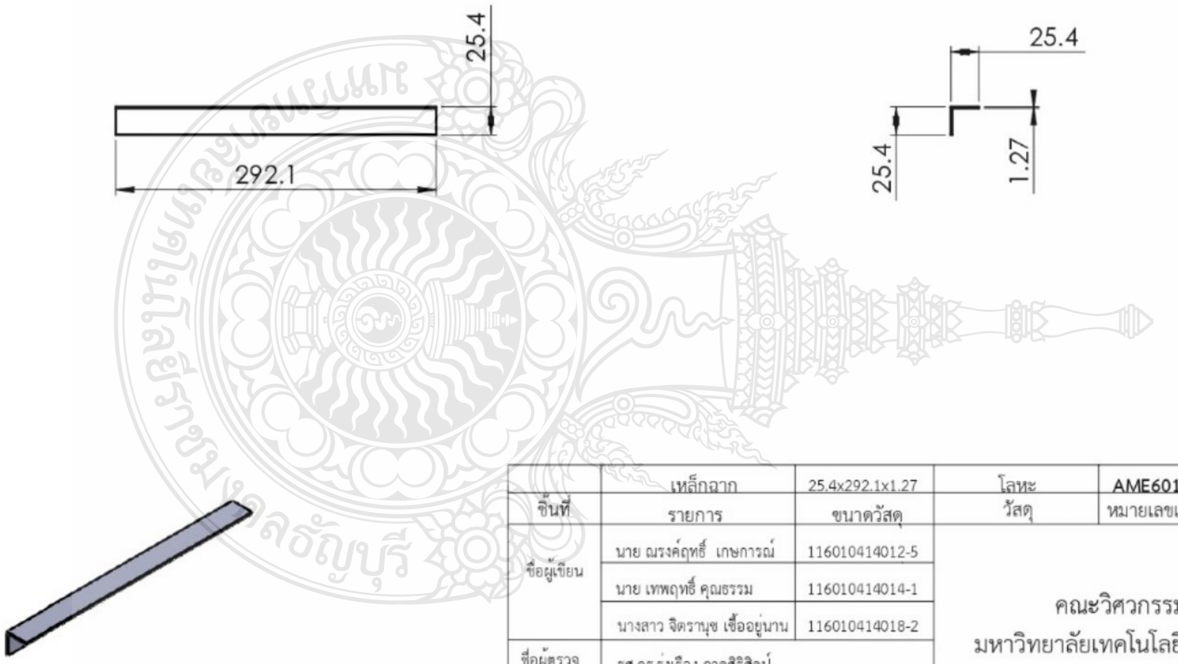


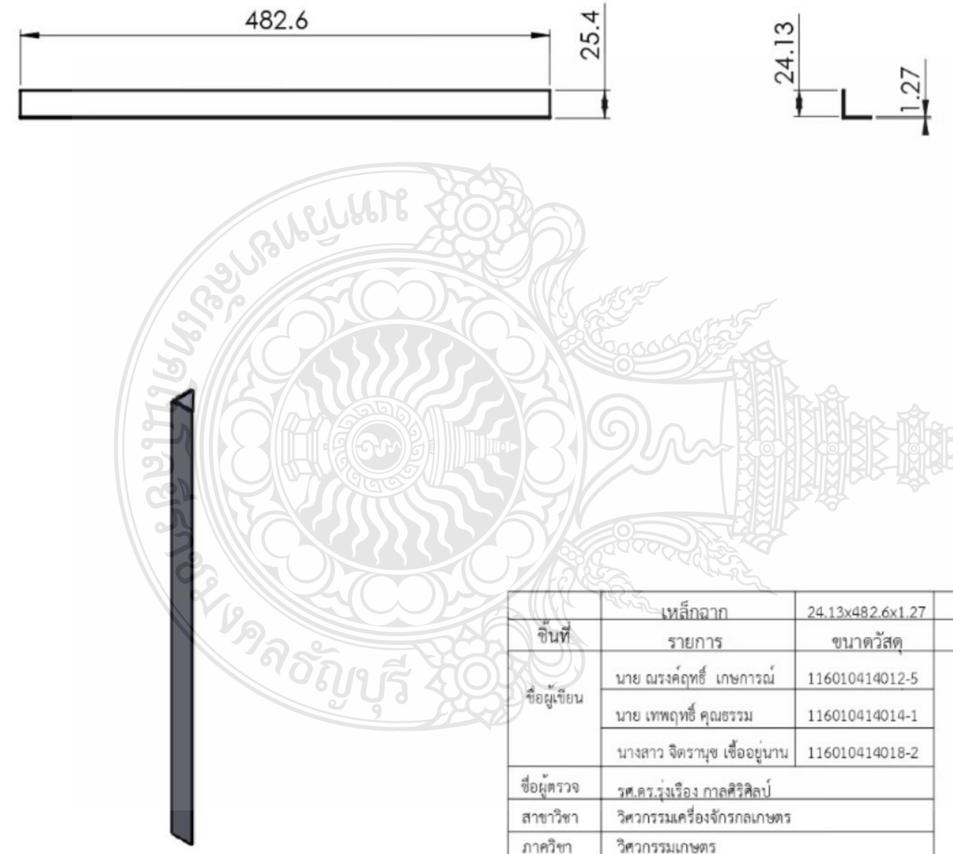
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็กฉาก1.5 | 19 | โลหะ | AME60148 | in | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก1.5 | | | | | |


406.4
355.6
35.92
25.4
24.13
1.27
เหล็กฉาก
25.4x406.4x1.27
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก

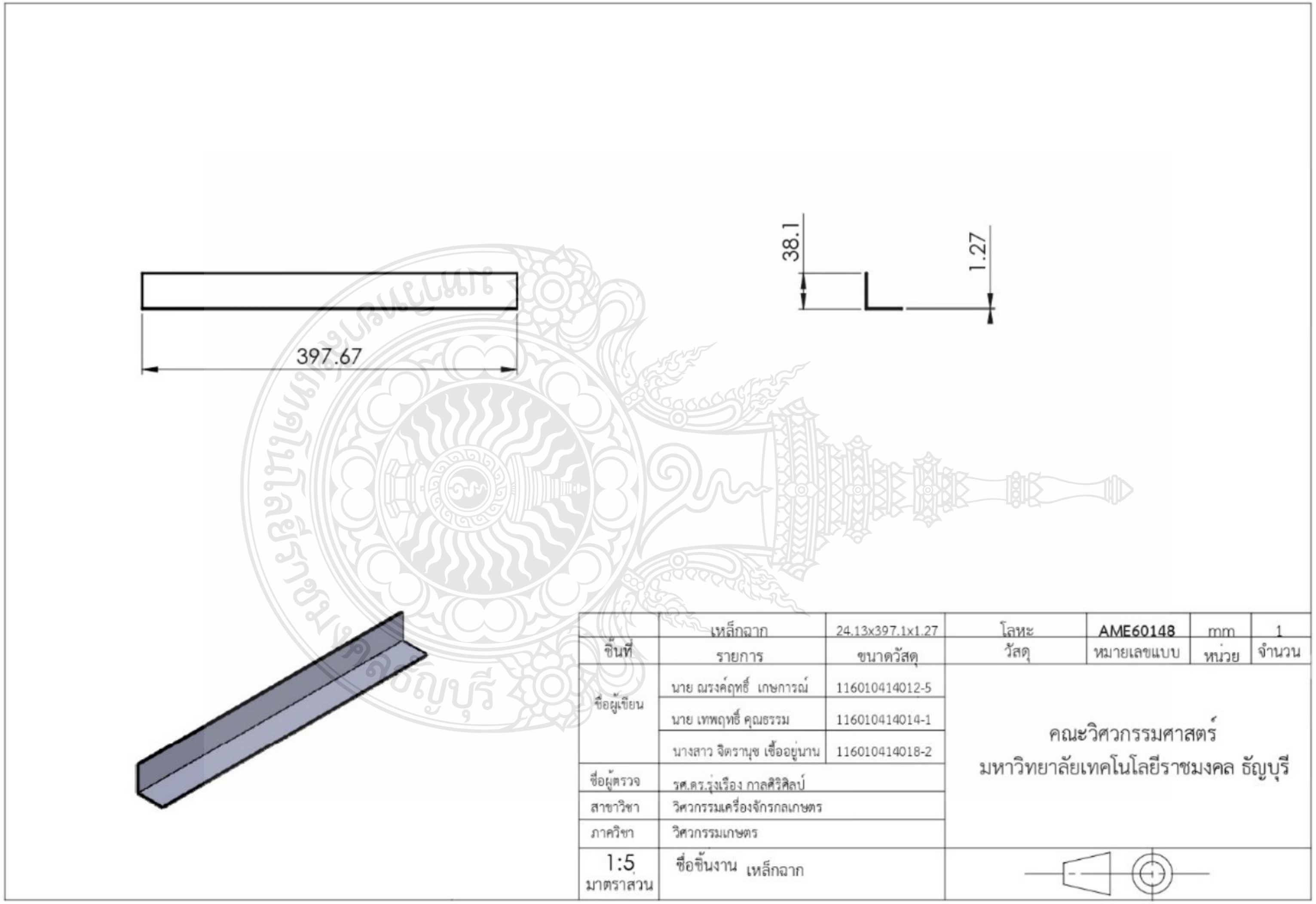

1.27
25.4
25.4
469.9
494.03
25.4
เหล็กฉาก
25.4x494.3x1.27
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140125
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140141
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาน
1160104140182
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก

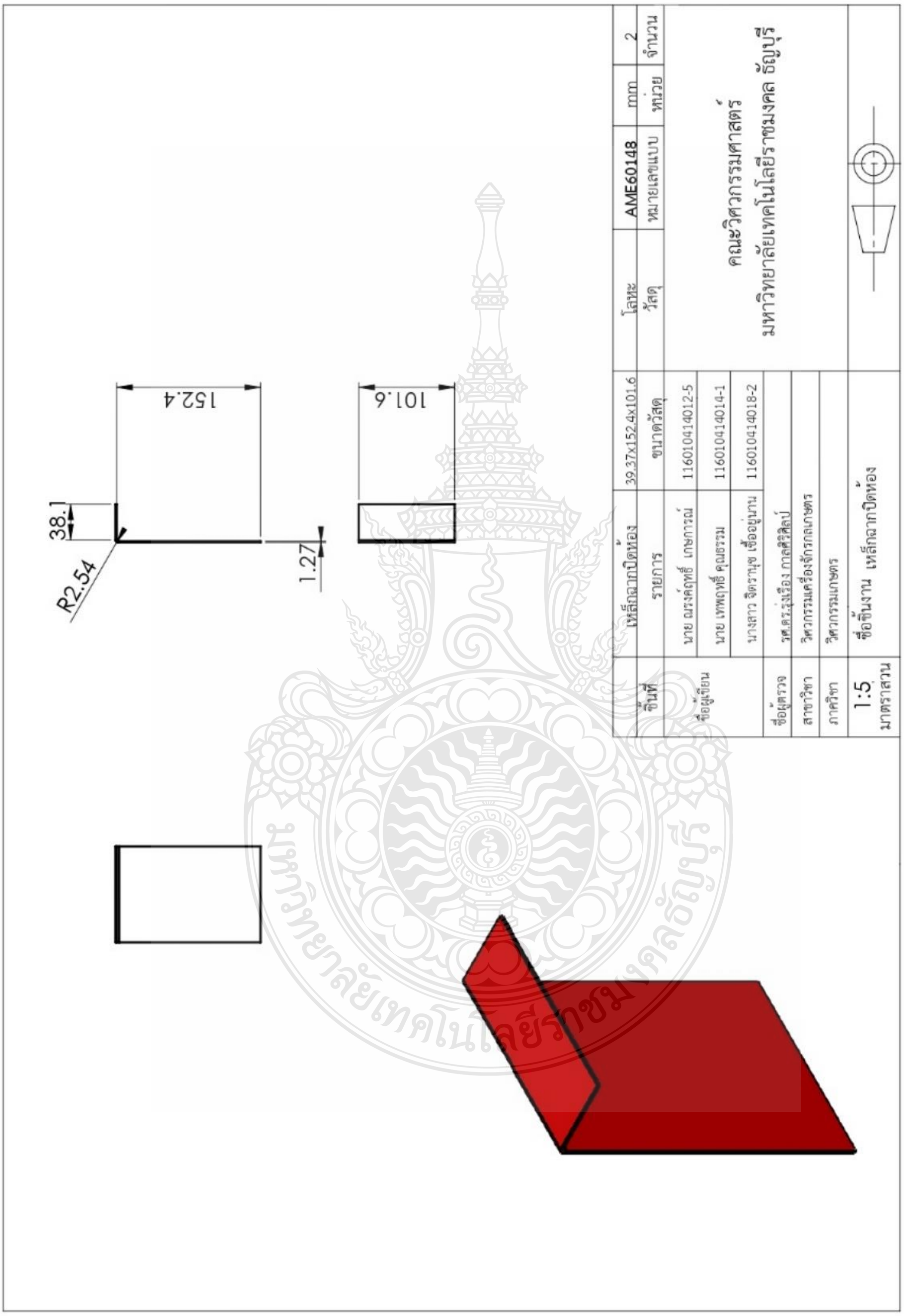



| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็กฉาก | 25.4x292.1x1.27 | โลหะ | AME60148 | mm | 2 |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:1 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก | | | | | |

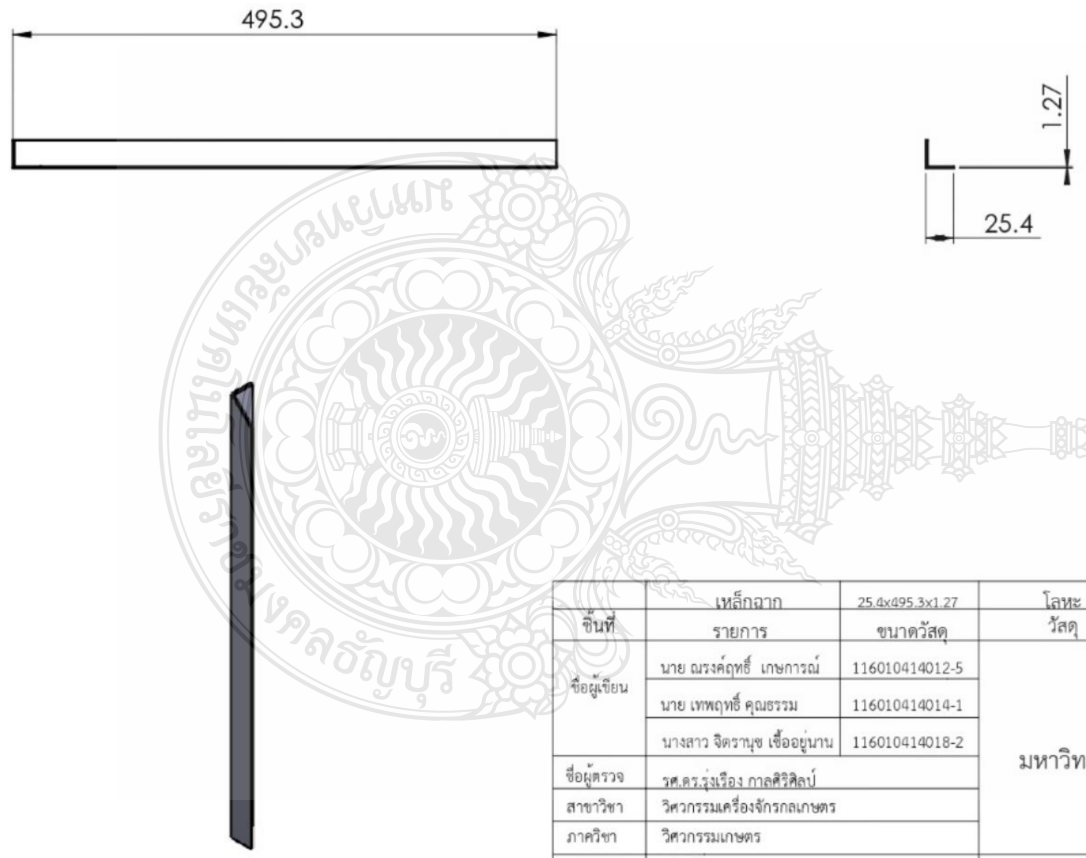



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็กฉาก | 24.13x482.6x1.27 | โลหะ | AME60148 | mm | 4 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก | | | | | |

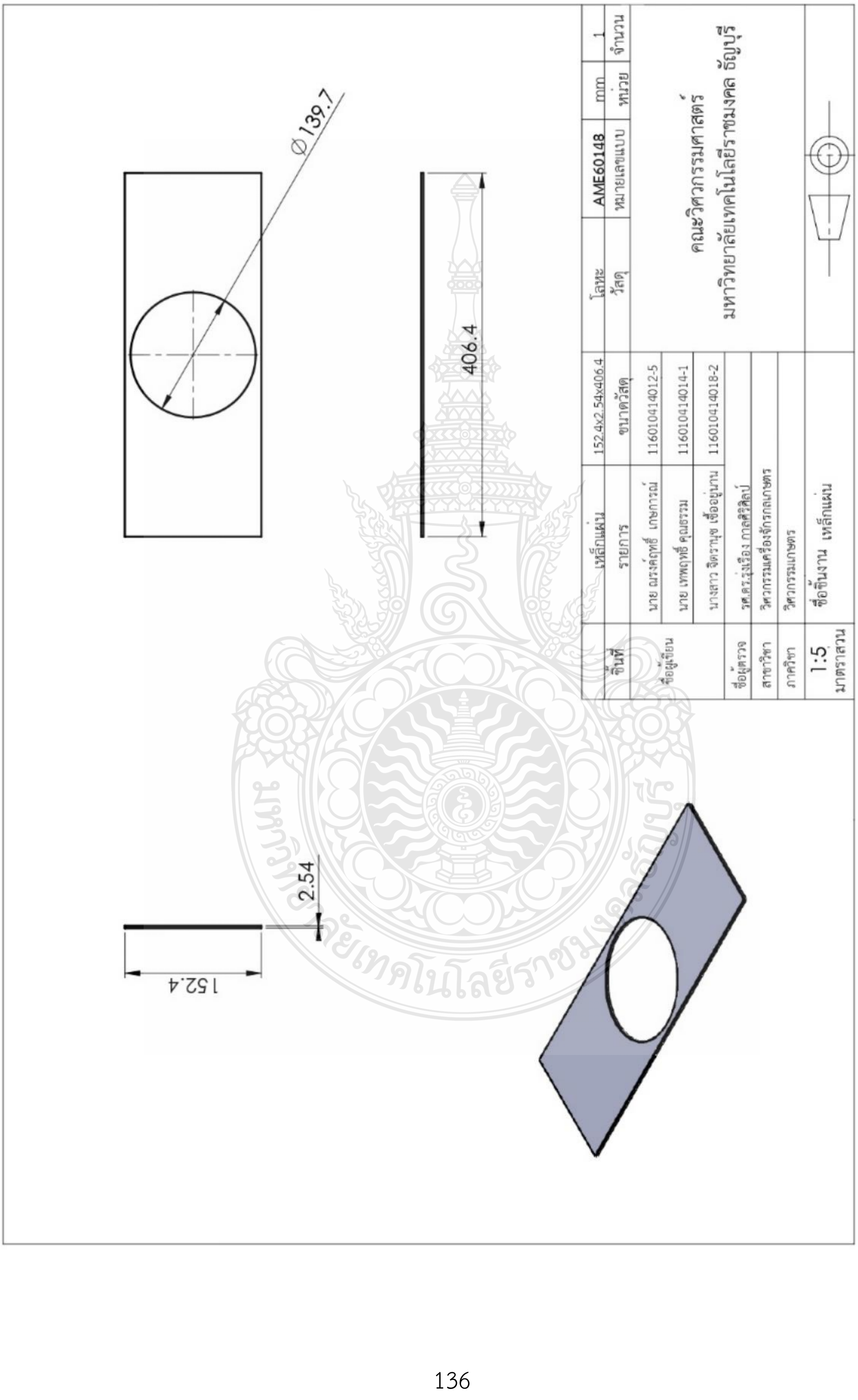

397.67
38.1
1.27
เหล็กฉาก
24.13x397.1x1.27
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก



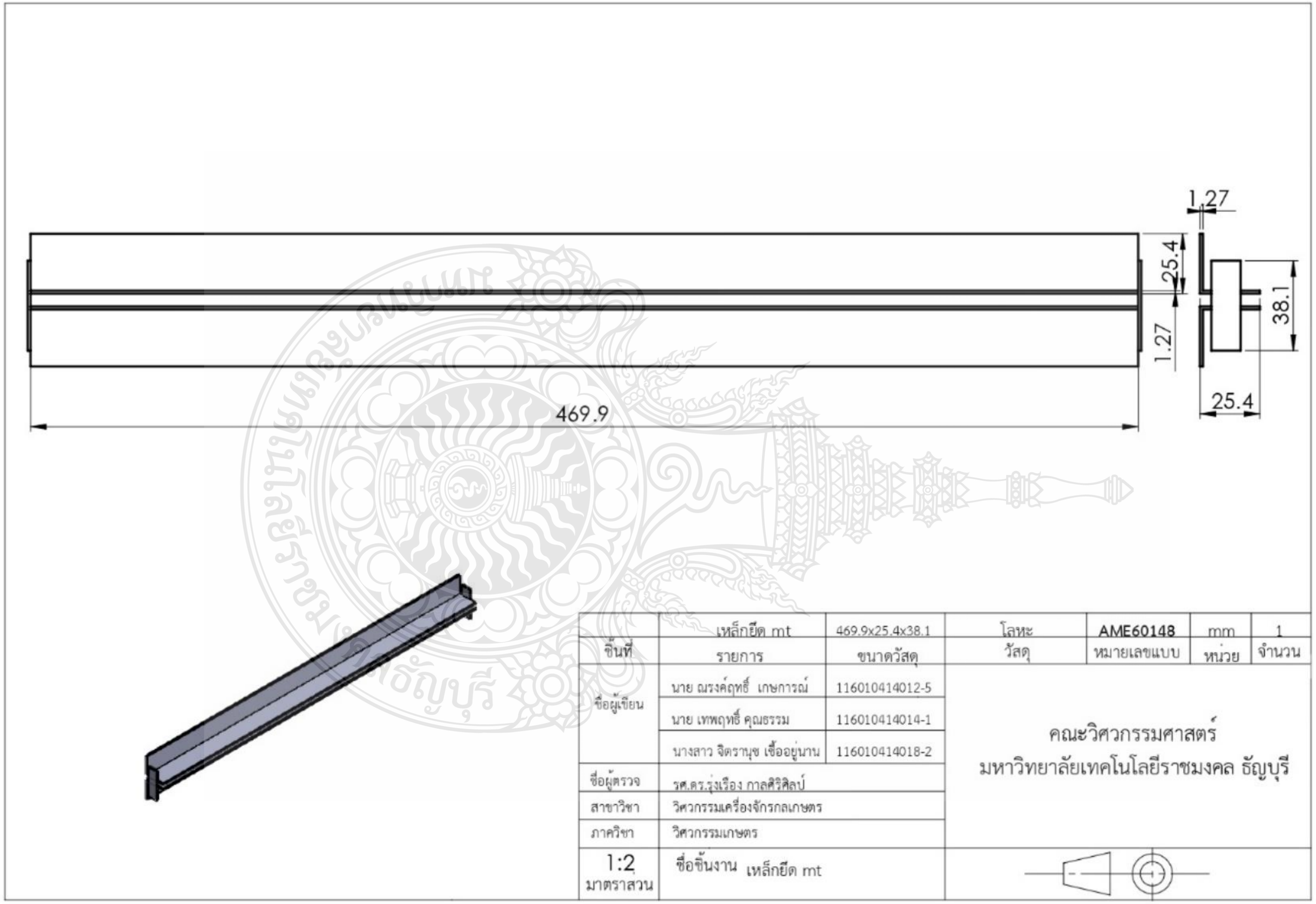
R2.54
38.1
152.4
1.27
101.6
เหล็กฉากปิดห้อง
39.37x152.4x101.6
โลหะ
AME60148
mm
2
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
1160104140012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
1160104140014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
1160104140018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉากปิดห้อง

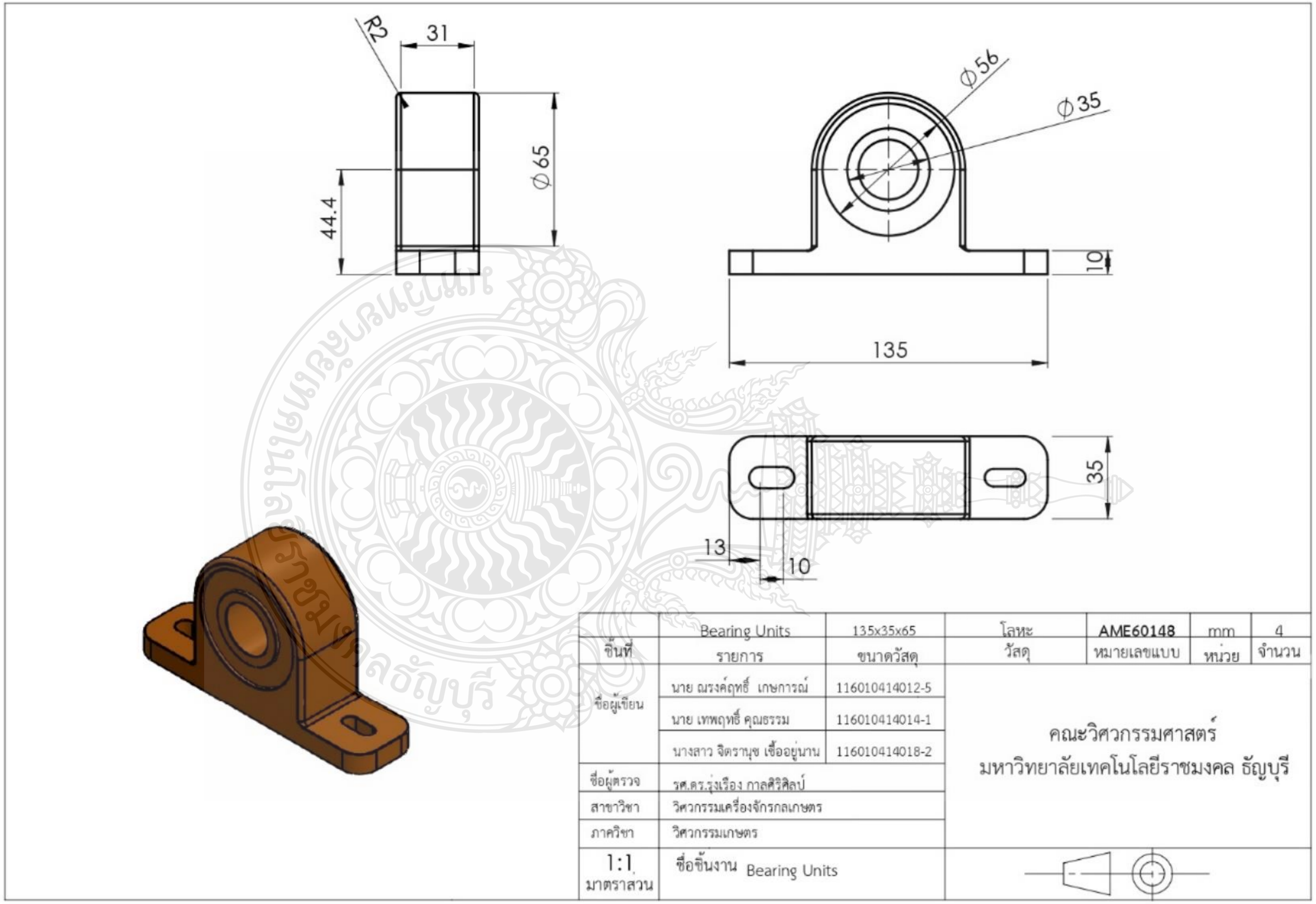


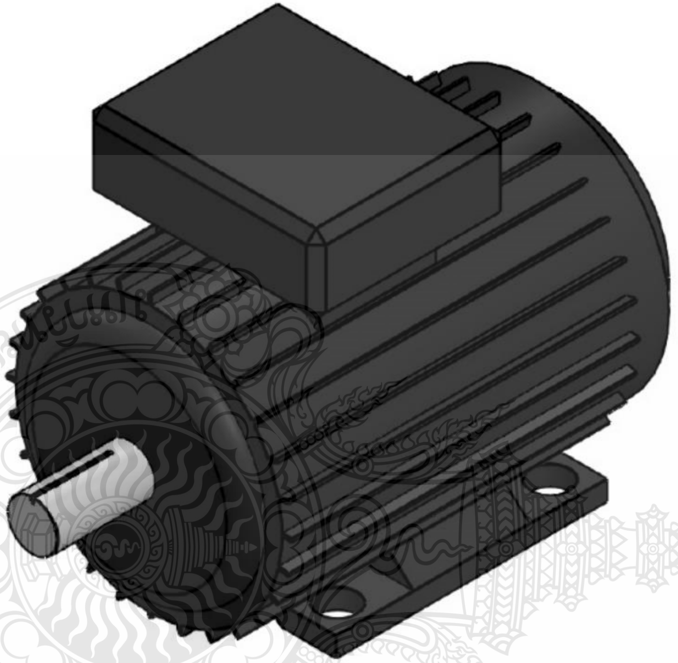

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | เหล็กฉาก | 25.4x495.3x1.27 | โลหะ | AME60148 | mm | 2 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:1<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เหล็กฉาก | | | | | |



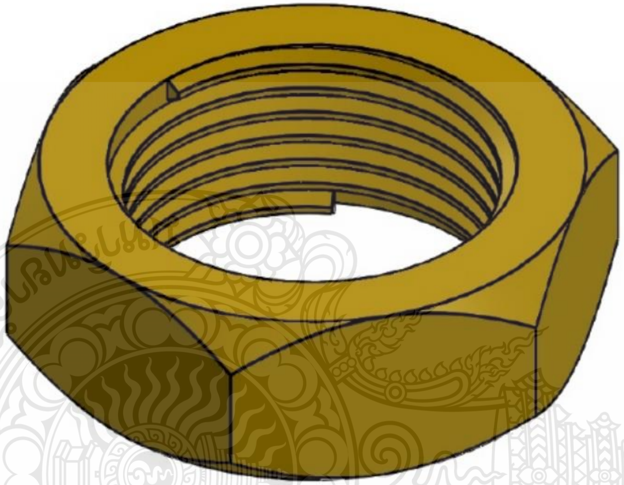
Ø139.7
406.4
2.54
152.4
ชิ้นที่
เหล็กแผ่น
รายการ
152.4x2.54x406.4
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
mm
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม 116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน เหล็กแผ่น
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี


1.27
25.4
38.1
1.27
25.4
469.9
เหล็กยึด mt
469.9x25.4x38.1
โลหะ
AME60148
mm
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน
116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:2
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
เหล็กยึด mt

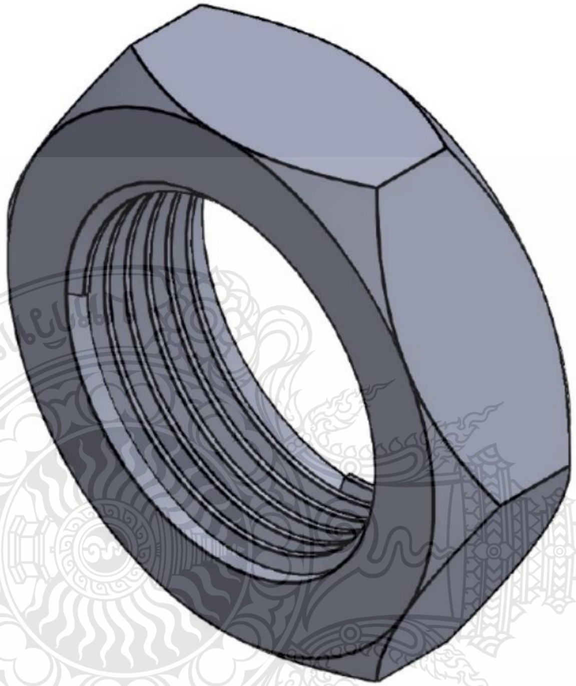

R2
31
44.4
Ø65
Ø56
Ø35
10
135
35
13
10
Bearing Units
135x35x65
โลหะ
AME60148
mm
4
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
ชื่อผู้ตรวจ รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
1:1
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน Bearing Units



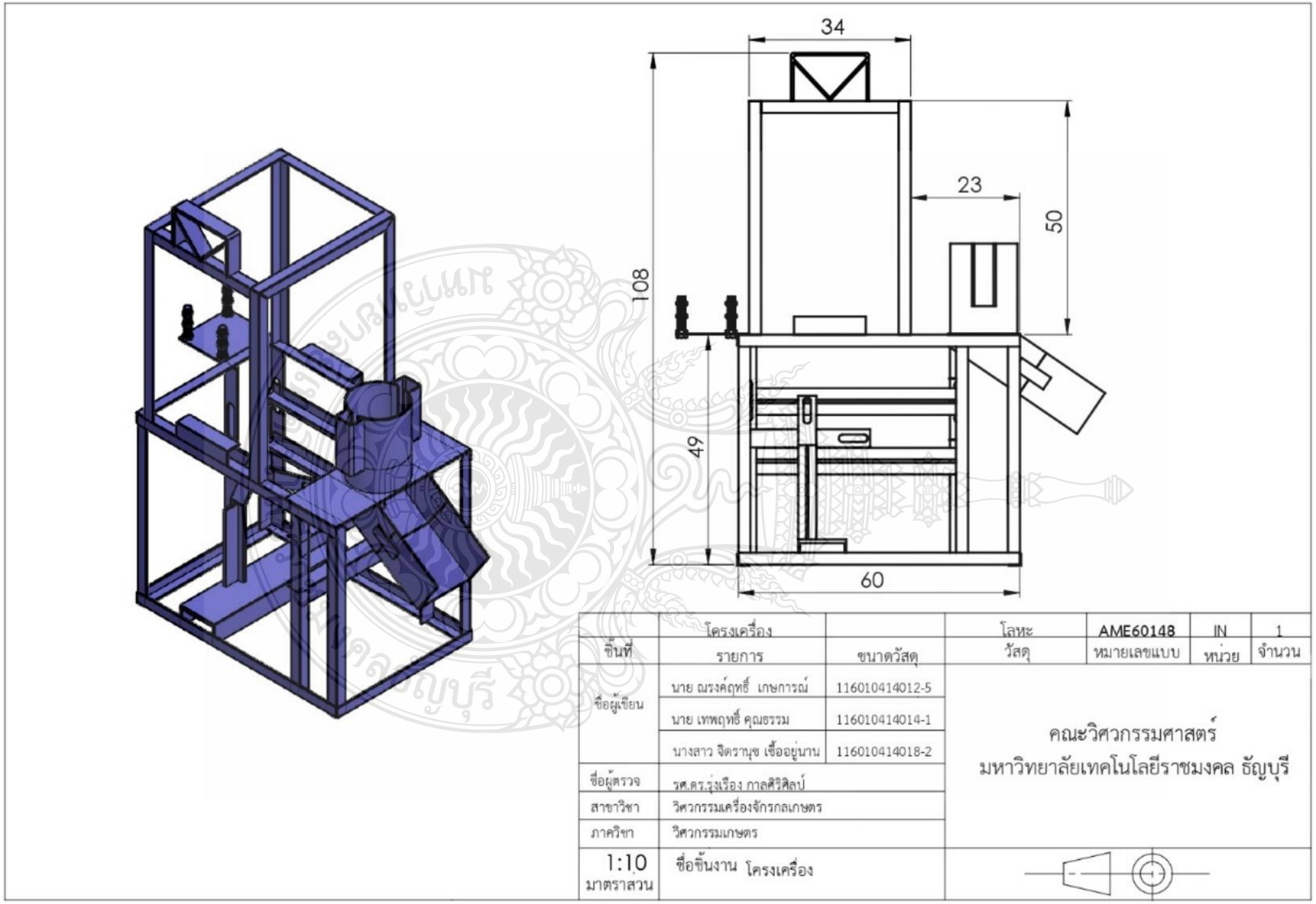
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Moter 1 HP | | โลหะ | AME60148 | mm | 1 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน Moter 1 HP | | | | | |

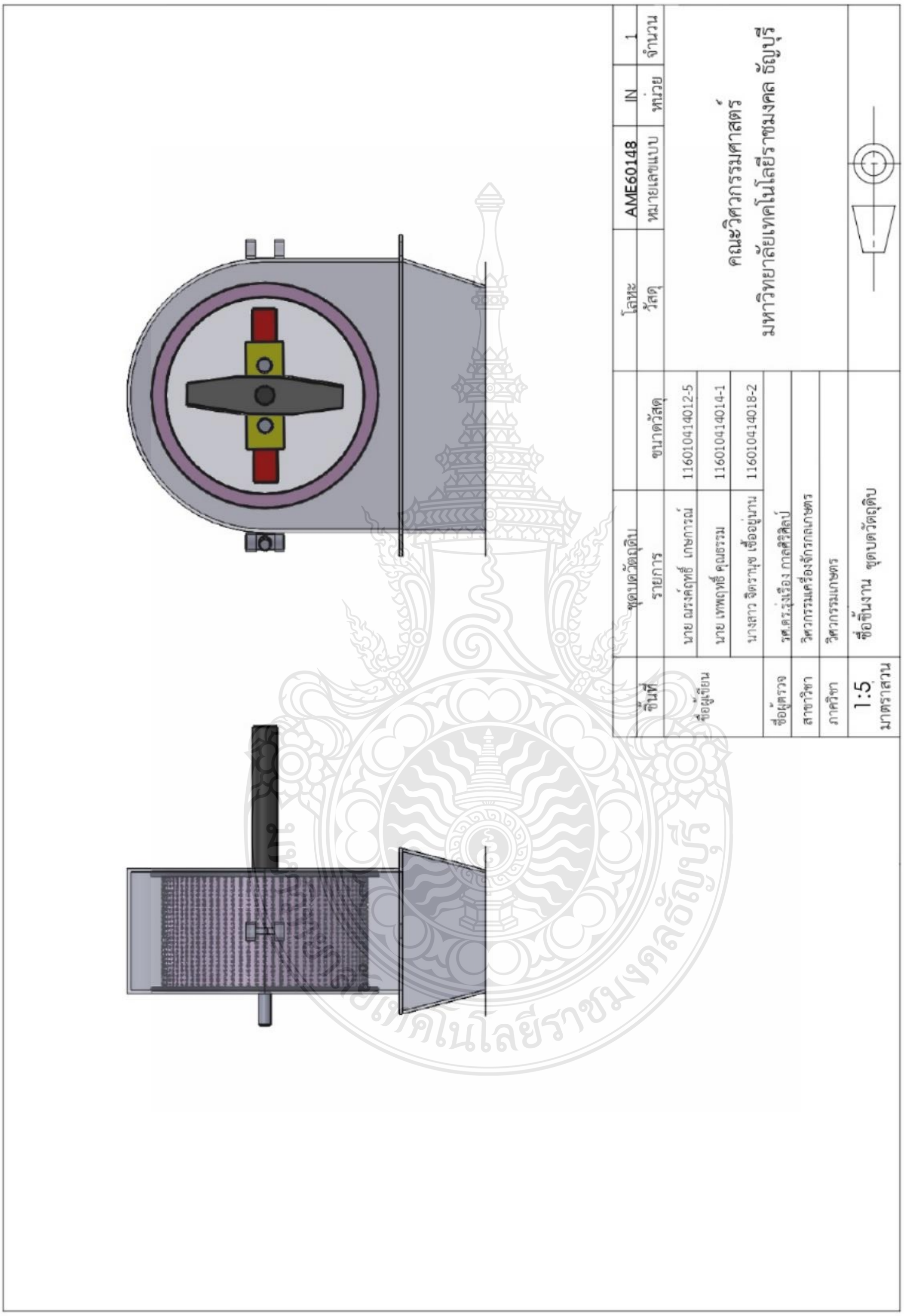


| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nut B | | โลหะ | AME60148 | mm | 8 |
| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:2<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน Nut B | | | | | |

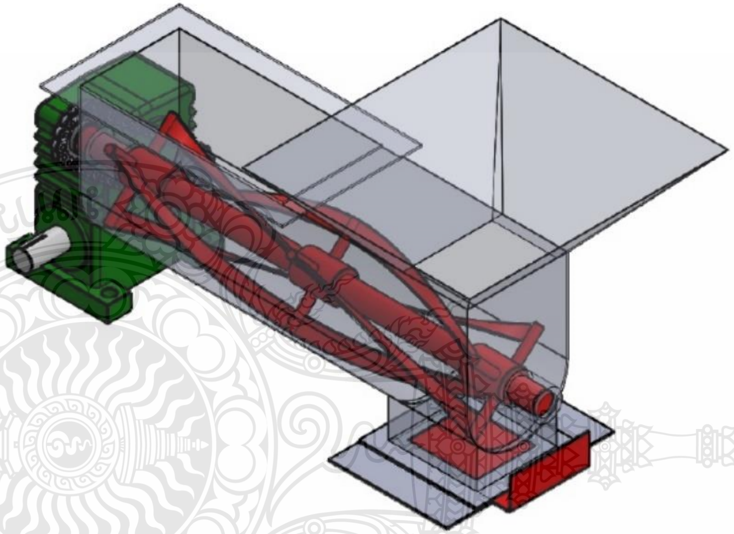


| ชิ้นที่ | Nut<br>รายการ | ขนาดวัสดุ | โลหะ<br>วัสดุ | AME60148<br>หมายเลขแบบ | mm<br>หน่วย | 8<br>จำนวน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 5:1<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน Nut | | | | | |

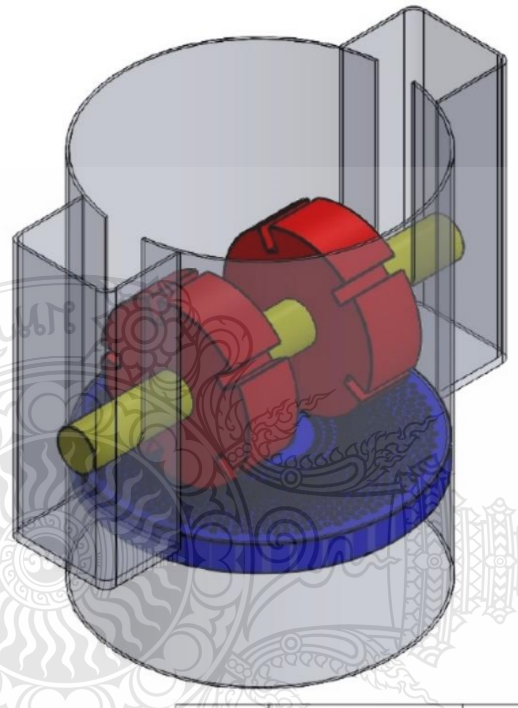

34
23
50
108
49
60
โครงเครื่อง
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
โลหะ
วัสดุ
AME60148
หมายเลขแบบ
IN
หน่วย
1
จำนวน
ชื่อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ 116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม 116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน 116010414018-2
ชื่อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
1:10
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน โครงเครื่อง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี



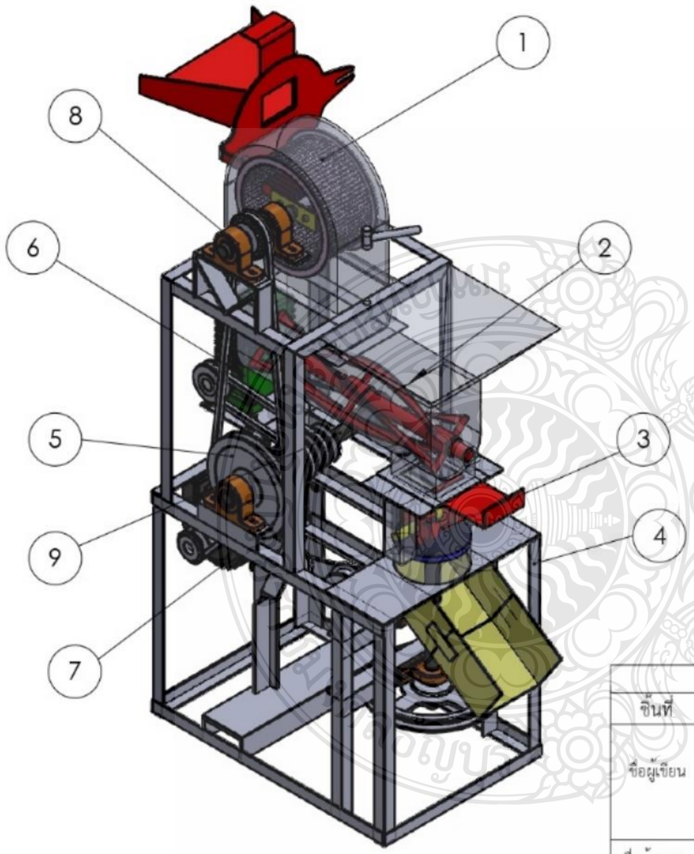
ชุดบดวัตถุดิบ
โลหะ
AME60148
IN
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
หน่วย
จำนวน
ข้อผู้เขียน
นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์
116010414012-5
นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม
116010414014-1
นางสาว จิตรานุช เชื้ออู่นาม
116010414018-2
ข้อผู้ตรวจ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
สาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
ภาควิชา
วิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
1:5
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน ชุดบดวัตถุดิบ



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | ชุดผสมวัตถุดิบ | | โลหะ | AME60148 | IN | 1 |
| | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5<br>มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน ชุดผสมวัตถุดิบ | | | | | |



| ชิ้นที่ | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ | | โลหะ | AME60148 | IN | 1 |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:5 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ | | | | | |




| หมายเลข | ประเภท |
|---|---|
| 1 | ชุดบดวัตถุดิบ |
| 2 | ชุดผสมวัตถุดิบ |
| 3 | ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ |
| 4 | โครงเครื่อง |
| 5 | มูเลย์ |
| 6 | เกียร์ทด |
| 7 | Motor |
| 8 | Bearing Units |
| 9 | เพลา |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ | เครื่องบดผสมอัดอาหารสัตว์ | | โลหะ | AME60148 | mm | 8 |
| | รายการ | ขนาดวัสดุ | วัสดุ | หมายเลขแบบ | หน่วย | จำนวน |
| ชื่อผู้เขียน | นาย ณรงค์ฤทธิ์ เกษการณ์ | 116010414012-5 | คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี | | | |
| | นาย เทพฤทธิ์ คุณธรรม | 116010414014-1 | | | | |
| | นางสาว จิตรานุช เชื้ออยู่นาน | 116010414018-2 | | | | |
| ชื่อผู้ตรวจ | รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ | | | | | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร | | | | | |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเกษตร | | | | | |
| 1:10 มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน เครื่องบดผสมอัดอาหารสัตว์ | | | | | |

# ภาคผนวก ข
# การเผยแพร่ผลงาน

# การพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด
# Development of Animal Feed Pelleting Machine

เอกพันธ์ สุขมูลศิริ[1*] รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
Ekkapan Sukmoonsiri[1*] Roongruang Kalsirisilp[1] Jaturong Langapin[1]
[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT), Pathumthani, 12110
*Corresponding author Email: ekkapan_s@mail.rmutt.ac.th
(Received: July 12, 2021; Accepted: September 4, 2021)

**บทคัดย่อ**

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วนได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด ศึกษาความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ที่ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที สูตรอาหารสัตว์ที่ศึกษาจำนวน 3 สูตร โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ ผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83 % ความสามารถในการอัดเม็ดอาหารสัตว์เฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 300 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

**คำสำคัญ:** อาหารสัตว์แบบเม็ด การลดขนาด การผสม การอัดขึ้นรูป

**ABSTRACT**

The research aimed to fabricate and test the prototype of animal feed pelleting machine. The machine consists of four main parts namely, steel frame, grinding unit, mixing unit and pellet extruding unit. The test speed of motor was selected at 1,100, 1,430 and 1,750 rpm. Three formulated animal feed were used for this study. The performance parameters studied were processing capacity, percentage recovery, electrical consumption and economic analysis of the machine. The performance test of the machine showed that the optimum speed was 1,750 rpm. The percentage recovery of the machine was 83%. The average processing capacity was 23 kg/h. An economic analysis further showed that the operation cost of the machine was 37.5 Bath per hour with the break even point of 3,052

kilograms per year. Considering the working hour of 300 hour per year, the pay back period of the machine was found to be 2.2 years.

**Keyword:** Animal feed pellet, size reducing, mixing, pelleting.

## 1. บทนำ

อาหารสัตว์มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งอาหารของสัตว์อาจเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติหรือเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์นำพืช หรือสัตว์มาแปรรูป อาหารสัตว์เป็นสิ่งที่มีสารอาหารและมีประโยชน์ต่อการบำรุงร่างกายของสัตว์ อาหารสัตว์แบ่งได้ 2 ประเภทคือ 1) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามส่วนประกอบทางเคมีของสารอาหาร 2) อาหารสัตว์ที่แบ่งตามปริมาณเยื่อใย อาหารสัตว์แต่ละประเภทมีส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันออกไป เช่น อาหารสุกรจะมีส่วนผสมของปลายข้าว ข้าวโพดบด รำละเอียดเป็นต้น การผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการทางสารอาหาร อาหารไก่ไข่จะมีส่วนผสมของข้าวโพด รำ ถั่วเหลือง และปลาป่นเป็นต้น สัดส่วนของวัตถุดิบที่ผสมให้ไก่ไข่กินนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ไก่แต่ละชนิดอายุแต่ละสัปดาห์ของไก่ไข่ เพื่อเพิ่มปริมาณของไข่ทำให้ไข่ไก่ฟองใหญ่ขึ้น [1] ในปีพ.ศ. 2562 ประเทศไทยส่งออกอาหารสัตว์เป็นอันดับที่ 6 ของโลก ซึ่งมีมูลค่าในการส่งออก 1,111 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 34,032,485,300 บาทไทย สินค้าส่งออกสำคัญและสัดส่วนการส่งออก ได้แก่ อาหารสำหรับสุนัขและแมว มีสัดส่วนร้อยละ 92 และอาหารสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ มีสัดส่วนร้อยละ 18 จากมูลค่าการส่งออก ทำให้ปัจจุบันประเทศไทยขยับขึ้นมาเป็นผู้ส่งออกสินค้าอาหารสัตว์เลี้ยงอันดับที่ 6 ของโลก รองจากเนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ฝรั่งเศส และจีน จากเดิมอยู่อันดับ 7 ของโลกในปีพ.ศ. 2561 [2] กระบวนการผลิตอาหารสัตว์ในประเทศไทย (รูปที่ 1) ประกอบด้วยขั้นตอน 10 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การรับวัตถุดิบ ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบสดที่ไม่ผ่านการแปรรูป 2. การทำให้สุกด้วยความร้อน 3. การร่อนผ่านตะแกรงเพื่อคัดแยกวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถบดได้ออก 4. การบดให้ละเอียด (Grinding) เพื่อง่ายต่อการผสม 5. การลดอุณหภูมิวัตถุดิบหลังการบด 6. การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ (Weighing) และการผสมวัตถุดิบตามสูตรอาหาร (Mixing) 7. การอัดเม็ดด้วยเครื่อง (Pelleting) 8. การอบแห้งอาหารสัตว์ (Drying) 9. การทำให้เย็น (Cooling) และ 10. การคัดขนาด (Sizing) เพื่อให้ได้ขนาดเม็ดอาหารสัตว์ตามต้องการ และการบรรจุหีบห่อ (Packing) เพื่อการจัดเก็บหรือจำหน่ายต่อไป [3] เนื่องจากต้นทุนอาหารสัตว์มีผลต่อกิจการปศุสัตว์ดังนั้นการใช้และควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นสำหรับเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพให้สามารถอยู่รอดได้ [4] [5] คุณค่าของอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารเฉพาะในอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของกระบวนการต่างๆของสัตว์ [4] จุดมุ่งหมายของการแปรรูปอาหารสัตว์คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากสารอาหาร เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการแปรรูปอาหาร ได้แก่ การบดหรือการลดขนาดอนุภาคและการอัดเม็ด (Pelleting) เป็นต้น [6] ขนาดของเม็ดอาหารสัตว์ ขั้นตอนการบดและการกำหนดสูตรอาหารสัตว์อัดเม็ด เป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตเม็ดอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ [6][7] การอัดเม็ดเป็นการทำให้คุณค่าของอาหารที่สัตว์กินเข้าไปสูงขึ้น เพราะปริมาณที่กินเข้าไปได้มากขึ้น ขนาดของเม็ดอาหารสัตว์ที่อัด จะต้องมีขนาดที่เหมาะสม ที่สัตว์สามารถย่อยและนำไปใช้เป็นพลังงานได้ การอัดเม็ดอาหารสัตว์เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วถูกนำมาอัดเป็นเม็ดเพื่อให้มีคุณภาพคงที่ โดยอาศัยความชื้นจากไอน้ำร้อนทำให้วัตถุดิบจับตัว และอัดผ่านช่องเล็กๆ โดยเม็ดอาหารสัตว์ที่อัดออกมาจะมีลักษณะนิ่มและมีอุณหภูมิสูง ประโยชน์ของการอัดเม็ด

อาหารสัตว์ช่วยในการจัดเก็บ กล่าวคือช่วยประหยัดพื้นที่และยืดอายุการจัดเก็บ สามารถบรรจุอาหารสัตว์อัดเม็ดในปริมาณมาก ช่วยประหยัดทั้งเวลาและลดต้นทุนในด้านการขนส่ง เป็นที่ต้องการของผู้ผลิตปศุสัตว์ที่ต้องการลดการสูญเสียอาหารสัตว์ สามารถบริหารจัดการคุณภาพอาหารสัตว์ได้ดีขึ้น

รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด [3]

ในปัจจุบันอาหารสัตว์ตามท้องตลาดมีราคาสูงประกอบกับต้นทุนของการผลิตทั้งต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์หรือต้นทุนของวัตถุดิบก็เพิ่มขึ้น เมื่อเกษตรกรมีความต้องการใช้อาหารอัดเม็ดเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกษตรกรได้กำไรน้อยลงหรืออาจขาดทุนกับค่าอาหารสัตว์ เกษตรกรอาจผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดขึ้นมาเองเพื่อเป็นการควบคุมค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์ แต่เครื่องผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดไม่สามารถผสมอาหารสัตว์และอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดออกมาได้ในเครื่องเดียวกัน ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาและแรงงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ลดความเมื่อยล้าในการทำงานที่ต่อเนื่องและยาวนาน ลดอันตรายที่เกิดจากการทำงาน ตลอดจนความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพการผสมอาหารสัตว์ด้วยมือ เป็นการเพิ่มผลผลิตในการเตรียมวัสดุได้มากขึ้นและคุณภาพอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากเครื่อง สอดคล้องกับพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2558 จึงได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดขึ้นมา เพื่อให้สามารถทำงานในขั้นตอนการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดได้ในเครื่องเดียวกัน

## 2. วัตถุประสงค์

ออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดเพื่อช่วยลดระยะเวลาและแรงงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด ลดอันตรายที่เกิดจากการทำงานและเพิ่มผลผลิตในการเตรียมวัสดุ ทำให้สามารถผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดสำหรับเกษตรกรได้มากขึ้น

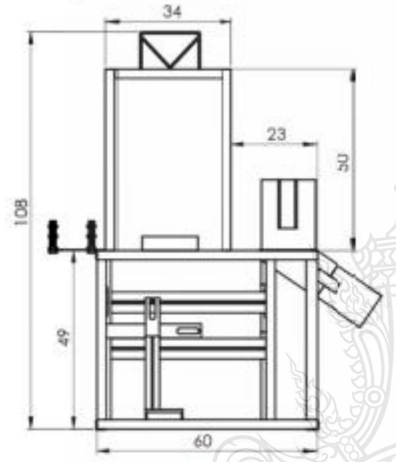
## 3. วิธีการดำเนินงาน

### *3.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบ*

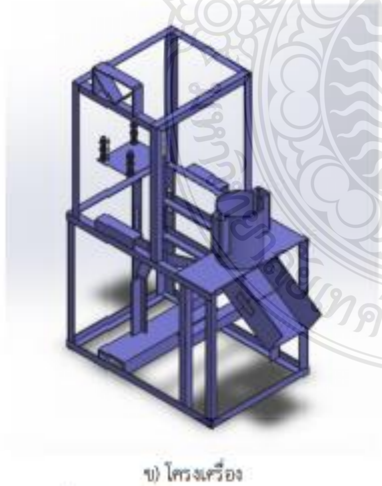
เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ ชุดผสมวัตถุดิบ ชุดอัดเม็ด และระบบต้นกำลัง ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาหารสัตว์แบบเม็ด รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการทางวิศวกรรมมาใช้ในการออกแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด โดยเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ออกแบบโดยใช้ระบบลูกกลิ้งคู่ในการอัดผ่านจานแม่พิมพ์ที่เจาะรูเล็กๆจำนวนมาก ลักษณะรูปทรงอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการอัดมีรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และมีความยาว 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [6] ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า มีรายละเอียดดังนี้

*3.1.1 โครงเครื่อง*

โครงเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 25.4 มม. x 25.4 มม. หนา 3 มม. นำมาตัด ประกอบเชื่อม ให้มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 406 มิลลิเมตร 600 มิลลิเมตร และ 1,080 มิลลิเมตร มีหน้าที่เป็นโครงตัวยึดให้กับ ชุดต้นกำลัง ช่องใส่วัตถุดิบ ชุดบดวัตถุดิบ และชุดอัดเม็ด ดังรูปที่ 2



ก) ขนาดโครงเครื่อง


ข) โครงเครื่อง

รูปที่ 2 โครงเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

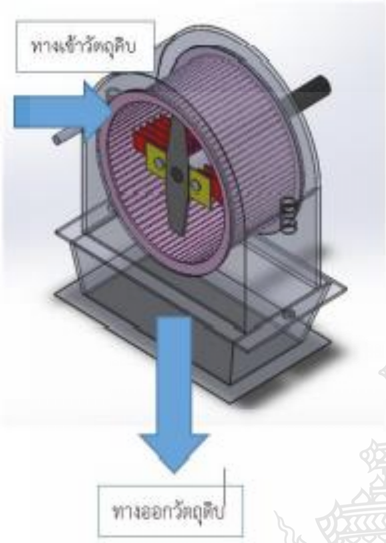
*3.1.2 ช่องใส่วัตถุดิบ*

ช่องใส่วัตถุดิบ ทำจากเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 245 มิลลิเมตร ยาว 281 มิลลิเมตร โดยช่องใส่วัตถุดิบจะมีหน้าที่ในการป้อนวัตถุดิบให้ไหลลงในช่องบดวัตถุดิบ ดังรูปที่ 3

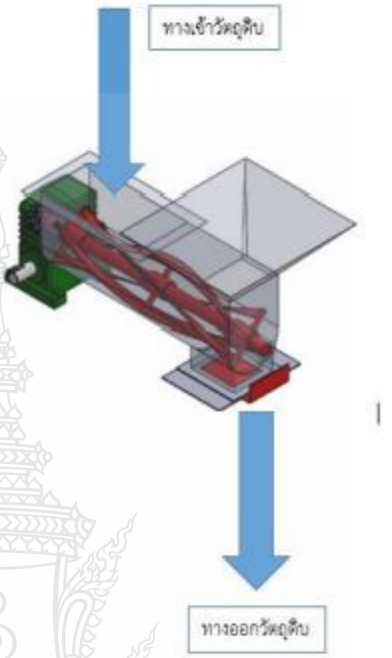
รูปที่ 3 ช่องใส่วัตถุดิบ

*3.1.3 ชุดบดวัตถุดิบ*

ชุดบดวัตถุดิบรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 1,810 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดบดวัตถุดิบมีความเร็ว 2,857 รอบต่อนาที โดยวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าทางช่องใส่วัตถุดิบและออกทางด้านล่างของชุดบดวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง โดยใบมีดทำหน้าที่ในการตัดวัตถุดิบให้ละเอียดเพื่อให้วัตถุดิบตกลงตามรูตะแกรงทำให้สะดวกต่อการอัดเม็ด โดยใบมีดทำจากเหล็กกล้าขนาดความยาว 200 มิลลิเมตร ความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และตะแกรงทำจากเหล็กแผ่นเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4




รูปที่ 4 ชุดบดวัตถุดิบ



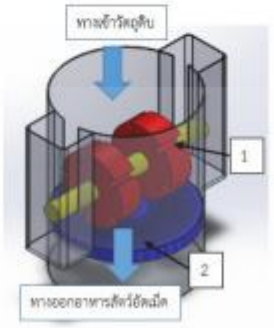

รูปที่ 5 ชุดผสมวัตถุดิบ

*3.1.4 ชุดผสมวัตถุดิบ*

ชุดผสมวัตถุดิบ รับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลัง และผ่านชุดเกียร์ทด 1:60 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 11 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,750 รอบต่อนาที ชุดผสมวัตถุดิบมีความเร็ว 17 รอบต่อนาที โดยรับวัตถุดิบจากชุดบด และออกทางด้านล่างของชุดผสมวัตถุดิบ มีหน้าที่สำหรับผสมวัตถุดิบให้มีความสม่ำเสมอ พร้อมสำหรับการอัดเป็นแบบเม็ดอาหารสัตว์ ประกอบด้วยชุดใบกวนจำนวน 4 ใบ และมีลิ้นควบคุมการไหลของวัตถุดิบ เพื่อให้สามารถผสมวัตถุดิบได้อย่างสม่ำเสมอ โดยผู้ควบคุมเครื่องสามารถเปิดหรือปิดลิ้นได้ขณะทำการทดสอบ เพื่อให้การผสมของวัตถุดิบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ควรให้มีการผสมของวัตถุดิบอย่างน้อยหนึ่งนาที รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 5

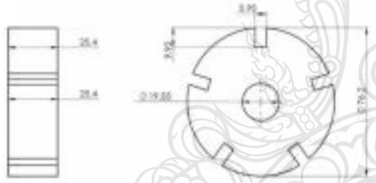
*3.1.5 ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์*

ชุดอัดเม็ดรับกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลาทดกำลังที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์มีความเร็วรอบในการทำงานที่ 190 รอบต่อนาที ขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์มีความเร็วในการทำงานที่ 312 รอบต่อนาที โดยชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์รับวัตถุดิบจากชุดผสมวัตถุดิบทางด้านบน และเม็ดอาหารสัตว์ออกทางด้านล่างของชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์ มีหน้าที่สำหรับอัดวัตถุดิบที่ส่งมาจากชุดผสมวัตถุดิบ ประกอบด้วยชุดลูกกลิ้ง และแม่พิมพ์สำหรับอัดเม็ดอาหารสัตว์ โดยลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกจะหมุนตามเพลาผ่านเครื่องส่งกำลัง วัตถุดิบจะสัมผัสกับจานอัดเม็ดที่อยู่กับที่และลูกกลิ้งจะหมุนรอบจานอัดเม็ดทำให้เกิดความร้อนขึ้นจะส่งผลให้เม็ดอาหารสัตว์เกิดการอัดตัวในรูของจานอัดเม็ด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดอาหารเม็ด 76.2 มิลลิเมตร มีความหนา 25.4 มิลลิเมตร โดยมีแบริ่งอยู่ด้านในลูกกลิ้งเพื่อลดแรงเสียดทาน ดังรูป 6




ก) ส่วนประกอบชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์

| หมายเลข | รายละเอียด |
|---|---|
| 1 | ลูกกลิ้งสำหรับอัดอาหารเม็ด |
| 2 | จานแม่พิมพ์อัดเม็ดอาหารสัตว์ |



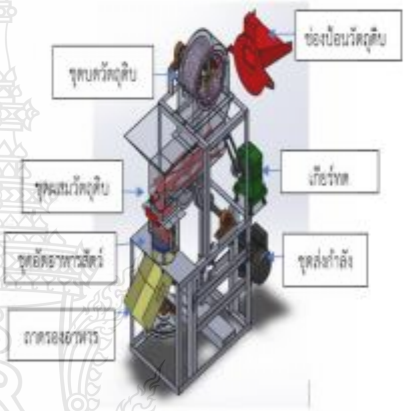
ข) ขนาดลูกกลิ้งอัดอาหารเม็ด

ค) แม่พิมพ์อัดเม็ดอาหารสัตว์

รูปที่ 6 ชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์

*3.1.6 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบ*

รายละเอียดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดบด 3) ชุดผสม และ 4) ชุดอัดเม็ด ราย–ละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องแสดงดังรูปที่ 7 และตารางที่ 1 รูปที่ 8 แสดงต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น




รูปที่ 7 แบบของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

รูปที่ 8 เครื่องต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

ตารางที่ 1 รายละเอียดการออกแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด

| รายการ | รายละเอียด |
|---|---|
| 1. ขนาดของเครื่อง กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 406 × 600 × 1,290 |
| 2. ขนาดของช่องป้อนวัตถุดิบ กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 300× 281 × 245 |
| 3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงชุดบดวัตถุดิบ (มิลลิเมตร) | 304.8 |
| 4. ขนาดใบมีดชุดบดวัตถุดิบ (มิลลิเมตร) | 40x200x4 |
| 5. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอัดเม็ด (มิลลิเมตร) | 76.2 |
| 6. ขนาดของชุดผสมวัตถุดิบ กว้างxยาวxสูง (มิลลิเมตร) | 125 × 500 × 190 |
| 7. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด (มิลลิเมตร) | 139.7 |
| 8. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจานแม่พิมพ์ สำหรับอัดอาหารสัตว์ (มิลลิเมตร) | 4 |
| 9. ความหนาของจานแม่พิมพ์อัดเม็ด (มิลลิเมตร) | 6 |

หลักการทำงานของเครื่อง เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ ส่งถ่ายกำลังไปยังเกียร์ทดเพื่อปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการทำงานในการผสมและอัดอาหารสัตว์ เกียร์ทดจะส่งถ่ายกำลังไปยังพูลเลหมุนเพื่อส่งกำลังมายังสายพานเพื่อขับเคลื่อนชุดผสมและชุดอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด เมื่อป้อนวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด และวัตถุดิบอื่นๆ ไปในช่องป้อน จากนั้นกลไกชุดบดวัตถุดิบจะทำการบดวัตถุดิบให้ละเอียด วัตถุดิบที่ถูกบดละเอียดแล้วจะถูกส่งไปยังกลไกชุดผสมวัตถุดิบ เพื่อผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน วัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วจะไหลไปยังชุดอัดเม็ดอาหารสัตว์เพื่อทำการอัดเม็ดอาหารสัตว์ผ่านจานแม่พิมพ์อัดเม็ดและไหลลงมาสู่ช่องรับอาหารอัดเม็ด

*3.2 วิธีการทดสอบ*

เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ดำเนินการทดสอบดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยทำการทดสอบจำนวน 3 สูตรอาหารสัตว์ สูตรอาหารสัตว์ที่ 1 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. ข้าวเปลือก กากมะพร้าว ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด น้ำมันพืช และน้ำ โดยใช้ข้าวเปลือก 200 กรัม กากมะพร้าว 100 กรัม ข้าวโพดบด 200 กรัม กากถั่วเหลือง 100 กรัม รำละเอียด 400 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนผสม 2:1:2:1:4:0.3 สูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ประกอบด้วยวัตถุดิบดังนี้ 1. รำละเอียด 500 กรัม ข้าวโพด 200 กรัม ข้าวเปลือก 300 กรัม น้ำมันพืช 30 กรัม และน้ำ อัตราส่วนการผสม 5:2:3:0.3 และสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ประกอบด้วย 1. รำละเอียด 300 กรัม ข้าวโพด 400 กรัม ข้าวเปลือก 200 กรัม กากมะพร้าว 100 กรัม อัตราส่วนผสม 3:4:2:1:0.3

2. สำหรับการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารเม็ด ประสิทธิภาพการทำงาน และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด ทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,450 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เท่ากับ 1,810, 11 และ 198 รอบต่อนาที ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,450 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ดเพิ่มเป็น 2,365, 14 และ 259 รอบต่อนาที ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของชุดบด ชุดผสม และชุดอัดเม็ด เพิ่มเป็น 2,857, 17 และ 312 รอบต่อนาที ตามลำดับ จับเวลาในการทำงานของเครื่องตั้งแต่เริ่มเทส่วนผสมของวัตถุดิบลงในช่องป้อนจนถึงขั้นตอนการ

อัดเม็ดอาหารสัตว์ คำนวณความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพการทำงาน เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ทำการทดสอบทั้ง 3 สูตรอาหาร

3. สำหรับการทดสอบในแต่ละสูตรอาหาร สุ่มเก็บอาหารอัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดรูปร่างของเม็ดอาหารบันทึกผลการวัด

4. คำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ย (Average Density) ของเม็ดอาหารสัตว์ในแต่ละการทดสอบ

5. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความยาวของเม็ดอาหารสัตว์และเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ (Length to Diameter Ratio) ในแต่ละการทดสอบ

6. ทำการทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ

*3.2.1 ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (Processing Capacity)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C_c = \frac{WP}{t} \qquad (1)$$

เมื่อ

$C_c$ = ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$t$ = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

*3.2.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Percentage Recovery)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 2 [8]

$$F_E = \frac{WP}{WT} x100 \qquad (2)$$

เมื่อ

$F_E$ = ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

*3.2.3 เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (Percentage Unpelleted)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ดต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 3 [8]

$$F_{nE} = \frac{WNP}{WT} x100 \qquad (3)$$

เมื่อ

$F_{nE}$ = เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (เปอร์เซ็นต์)

$WNP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ด (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

*3.2.4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารอัดเม็ด (Average Density)* ได้แก่ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด คำนวณได้จากสมการที่ 4 [9]

$$D_{av} = \frac{m}{V} \qquad (4)$$

เมื่อ

$D_{av}$ = ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$m$ = มวลเป็นกรัมของอาหารสัตว์ที่เป็นเม็ด (กรัม)

$V$ = ปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

*3.2.5 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า* หาได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าและเวลาในการทำงาน คำนวณได้ดังสมการที่ 5 [10]

$$W = \frac{I.V.PF.t}{1,000} \qquad (5)$$

เมื่อ

$W$ = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

อัดเม็ดอาหารสัตว์ คำนวณความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพการทำงาน เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ทำการทดสอบทั้ง 3 สูตรอาหาร

3. สำหรับการทดสอบในแต่ละสูตรอาหาร สุ่มเก็บอาหารอัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดรูปร่างของเม็ดอาหารบันทึกผลการวัด

4. คำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ย (Average Density) ของเม็ดอาหารสัตว์ในแต่ละการทดสอบ

5. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความยาวของเม็ดอาหารสัตว์และเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ (Length to Diameter Ratio) ในแต่ละการทดสอบ

6. ทำการทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ

*3.2.1 ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (Processing Capacity)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C_c = \frac{WP}{t} \quad (1)$$

เมื่อ

$C_c$ = ความสามารถในการอัดอาหารเม็ด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$t$ = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

*3.2.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Percentage Recovery)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 2 [8]

$$F_E = \frac{WP}{WT} x100 \quad (2)$$

เมื่อ

$F_E$ = ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

$WP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์อัดเม็ดที่สมบูรณ์ (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

*3.2.3 เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (Percentage Unpelleted)* ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ดต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้จากสมการที่ 3 [8]

$$F_{nE} = \frac{WNP}{WT} x100 \quad (3)$$

เมื่อ

$F_{nE}$ = เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ด (เปอร์เซ็นต์)

$WNP$ = น้ำหนักอาหารสัตว์ที่ไม่เป็นเม็ด (กิโลกรัม)

$WT$ = น้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ (กิโลกรัม)

*3.2.4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารอัดเม็ด (Average Density)* ได้แก่ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด คำนวณได้จากสมการที่ 4 [9]

$$D_{av} = \frac{m}{V} \quad (4)$$

เมื่อ

$D_{av}$ = ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$m$ = มวลเป็นกรัมของอาหารสัตว์ที่เป็นเม็ด (กรัม)

$V$ = ปริมาตรของอาหารสัตว์อัดเม็ด (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

*3.2.5 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า* หาได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าและเวลาในการทำงาน คำนวณได้ดังสมการที่ 5 [10]

$$W = \frac{I.V.PF.t}{1,000} \quad (5)$$

เมื่อ

$W$ = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร คำนวณได้จากสมการที่ 10 [11]

$$TC = \frac{F_C}{X} + VC \tag{10}$$

เมื่อ

$TC$ = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Baht/hr)

$F_C$ = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

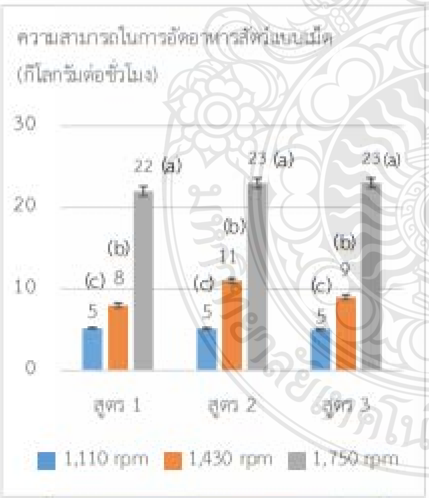
$X$ = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr)

$VC$ = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

## 4. ผลการศึกษา

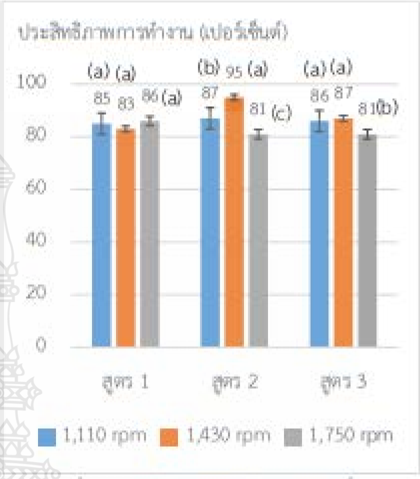
*4.1 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด*

ทำการทดสอบความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 9-11



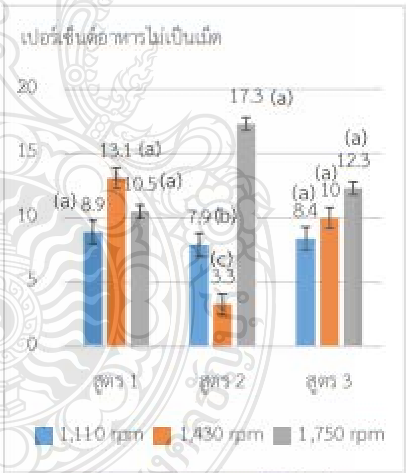

รูปที่ 9 ความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ด

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)




รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์อาหารไม่เป็นเม็ด

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 9 -11 ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการ

ทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 85 ถึง 87 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 8 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที ในแต่ละสูตรอาหาร มีค่าสมรรถนะในการทำงานอยู่ระหว่าง 8 ถึง 11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 83 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 3 ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ เพิ่มขึ้นเป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 22 ถึง 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอยู่ระหว่าง 81 ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์อาหารที่ไม่เป็นเม็ดอยู่ระหว่าง 11 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,430 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการทำงานเฉลี่ยในการอัดอาหารเม็ด 9.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 88 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 1,750 รอบต่อนาที ค่าสมรรถนะการทำงานในการอัดอาหารสัตว์อัดเม็ดเฉลี่ย 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสมรรถนะการทำงานมากกว่าการทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,110 และ 1,430 รอบต่อนาที ประมาณ 4.6 และ 2.5 เท่าตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์ 1,110, 1,430 และ 1,750 รอบต่อนาที ของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และผลการทดสอบที่ความเร็วรอบเดียวกันแต่สูตรอาหารสัตว์แตกต่างกัน มีความสามารถในการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดไม่แตกต่างกันของสูตรอาหารสัตว์ที่ 1 และ 3 แต่มีความแตกต่างทางสถิติของสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ซึ่งการทดสอบที่ความเร็วรอบการทำงานที่สูงมากเกินไป จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนต่อเครื่องสูงและไม่สะดวกในการทำงานของผู้ควบคุมเครื่อง รูปที่ 12 ถึง 14 แสดงลักษณะอาหารสัตว์อัดเม็ดที่ได้จากการทดสอบ ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด และตารางที่ 3 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

รูปที่ 12 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 1

รูปที่ 13 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 2

รูปที่ 14 อาหารสัตว์อัดเม็ดสูตรที่ 3

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอาหารสัตว์อัดเม็ด

| ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที) | สูตรอาหารสัตว์ | ความยาวของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.) | เส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด (มม.) | น้ำหนักของอาหารสัตว์อัดเม็ดจำนวน 10 เม็ด (กรัม) |
|---|---|---|---|---|
| 1,110 | สูตร 1 | 10±0.67 | 4±0.04 | 6±0.82 |
| | สูตร 2 | 10±0.46 | 4±0.05 | 7±0.52 |
| | สูตร 3 | 9±0.86 | 4±0.04 | 6±0.92 |
| 1,430 | สูตร 1 | 9±0.87 | 4±0.04 | 5±0.70 |
| | สูตร 2 | 9±0.73 | 4±0.03 | 5±0.48 |
| | สูตร 3 | 10±0.71 | 4±0.05 | 7±0.85 |
| 1,750 | สูตร 1 | 10±0.71 | 4±0.04 | 6±0.70 |
| | สูตร 2 | 10±0.73 | 4±0.03 | 5±0.70 |
| | สูตร 3 | 9±0.60 | 4±0.05 | 5±0.52 |

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นเฉลี่ยและอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด

| ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที) | สูตรอาหารสัตว์ | ความหนาแน่นเฉลี่ยของอาหารสัตว์อัดเม็ด | อัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารสัตว์อัดเม็ด |
|---|---|---|---|
| 1,110 | สูตร 1 | 4.77±0.80 | 2.5±0.11 |
| | สูตร 2 | 5.57±0.39 | 2.5±0.08 |
| | สูตร 3 | 5.31±0.73 | 2.3±0.13 |
| 1,430 | สูตร 1 | 4.43±0.57 | 2.3±0.02 |
| | สูตร 2 | 4.42±0.50 | 2.3±0.13 |
| | สูตร 3 | 5.57±0.51 | 2.5±0.11 |
| 1,750 | สูตร 1 | 4.77±0.76 | 2.5±0.01 |
| | สูตร 2 | 4.77±0.75 | 2.5±0.12 |
| | สูตร 3 | 4.42±0.87 | 2.3±0.03 |

จากตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเม็ดอาหารสัตว์มีค่าแปรผันอยู่ระหว่าง 4.43-4.77 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 2 และมีค่าอยู่ระหว่าง 4.42-5.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหารสัตว์ที่ 3 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 ถึง 0.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Hasting and Higgs [6] และมีค่าสูงกว่า 0.55 ถึง 0.65 และ 0.82-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทดสอบโดย Galen et al. [7] และมากกว่าผลการทดสอบของ Guillermo et al. [13] ตามลำดับ ค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดอาหารสัตว์ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.3-2.5 สำหรับทุกสูตรอาหารสัตว์ ซึ่งองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [6] ได้ให้คำแนะนำเม็ดอาหารสัตว์ที่ดีควรมีค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5

*4.2 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง*

จากผลการทดสอบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 25,000 บาท การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.3 กิโลวัตต์-ชั่วโมง พิจารณาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท (อ้างอิงราคาจากการไฟฟ้านครหลวง) รวมค่าไฟฟ้า 5.2 บาทต่อชั่วโมง ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่อง 50 บาทต่อชั่วโมง ค่าบำรุงรักษา 20 บาทต่อชั่วโมง ชั่วโมงการทำงานของเครื่อง 300 ชั่วโมงต่อปี ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี มีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

## 5. สรุป

เครื่องต้นแบบเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ด ขนาดความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 406 × 600 × 1,290 มิลลิเมตร โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 เฟส 2 แรงม้า มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ โครงสร้างเครื่อง ชุดบดวัตถุดิบ ชุดผสม และชุดอัดเม็ด ผลการทดสอบ

เครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดพบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการอัดอาหารสัตว์แบบเม็ดเท่ากับ 1,750 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงาน 83 % ความสามารถในการอัดเม็ดเฉลี่ยเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 37.5 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 3,052 กิโลกรัมต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 300 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 2.2 ปี

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้างสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Feed Ingredients. (2021, August 25). Bureau of Animal Nutrition Development [online]. Available: http://nutrition.dld.go.th

[2] Product Feed Export. (2021, August 25). Thailand Trading Report [online]. Available: http://www.tcijthai.com

[3] Acqua Feed. (2021, May 15). Shrimp Feed [online]. Available: http://www.idah.com

[4] R.J. Halley and R.J. Scoffe, *The Agricultural Notebook*. London: Butterworths Publishing Co., 1988

[5] J. C. Elmer, *Agroscience*. USA: Delmar Publishing Co., 1990

[6] Food and Agricultural Organization, FAO. (2019, January 24) Aquaculture Development and Coordination Programme, Fish feed t echnology [online]. Available: http://www.fao.org/Chapter 18_feed milling processes 2_files/fao.html

[7] R. Galen, S. Rob and P. Brian. (2021, January 24). Pelleted livestock feed production – process description [online]. Available: https://www.engormix.com

[8] M. O. Sunmunu, M.M. Odewole and K.J. Falua, "Design of a varying die-plate fish feed pelletizer and performance evaluation using a non-conventional feed sources," *KMUTNB Int J Appl Sci Technol*, vol 11, no 4, pp. 263-271, 2018.

[9] J. I. Orisaleye, S.J. Ojolo, and A.B. Fashina, "Design and development of a livestock feed pelleting machine," *Journal of Engineering Research*, vol 14, no 1, pp. 1-9, 2009.

[10] H. W. Beaty, *Hand Book of Electric Power Calculation*. New York: McGraw Hill, 1984.

[11] A. W. Stonier, *A Text Book of Economic Theory*. New York: Longman, 1980.

[12] D. Humt, *Farm Power and Machinery Management*. Waveland Press, 2016.

[13] M.H. Guillermo, G.V. Miguel and Y.C. Pedro. (2021, January 24). Extruder design to elaborate animal feed from crop residues [online]. Available: http://www.asabe.org

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-นามสกุล** | นาย เอกพัน สุขมูลศิริ รหัส 116160414001-1 |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | วันที่ 1 พฤศจิกายน 2538 |
| **ที่อยู่** | 1/1 หมู่ 2 ตำบล ลาดสวาย อำเภอ ลำลูกกา<br>จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12150 |
| **ประวัติการศึกษา** | ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2560 |
| **เบอร์โทรศัพท์** | 085-951-2388 |
| **อีเมล์** | ekkapan_s@mail.rmutt.ac.th |