การจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์
กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม

นายปราโมทย์ ทองมั่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

PRODUCTION SEQUENCE USING SIMULATION TECHNIQUES CASE STUDY OF MINERAL PRODUCTION PLANTS FOR DAIRY COWS

Pramot Thongman

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Industrial Systems and Environmental Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

การจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์
กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปราโมทย์ ทองมั่น : การจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม (PRODUCTION SEQUENCE USING SIMULATION TECHNIQUES CASE STUDY OF MINERAL PRODUCTION PLANTS FOR DAIRY COWS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์, 106 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® ในการหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อทดลองหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม โดยการป้อนคำสั่งซื้อ 25 คำสั่งซื้อ จำนวนการผลิตรวม 520 ตันเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ Earliest Due Date (EDD), Longest Processing Time (LPT) และ First Come First Serve (FCFS) โดยดำเนินการทดลองซ้ำวิธีละ 30 ครั้ง การวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 164.170 ชั่วโมงและไม่มีงานเสร็จล่าช้า การจัดลำดับการผลิตแบบ LPT ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 166.545 ชั่วโมงและมีจำนวนงานเสร็จล่าช้า 74 ตัน การจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 163.641 ชั่วโมงและมีจำนวนงานเสร็จล่าช้า 59 ตัน จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากเวลาทั้งหมดในการดำเนินงานที่มีค่าต่ำที่สุดกับจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD มีความเหมาะสมที่สุดโดยใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 164.170 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดเป็นลำดับที่ 2 และไม่มีจำนวนงานเสร็จล่าช้าซึ่งเป็นจำนวนงานล่าช้าที่น้อยที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบการจัดลำดับการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

PRAMOT THONGMAN : PRODUCTION SEQUENCE USING SIMULATION TECHNIQUES CASE STUDY OF MINERAL PRODUCTION PLANTS FOR DAIRY COWS. THESIS ADVISOR : NARA SAMATTAPAPONG, Ph.D., 106 PP.

SIMULATION / SEQUENCE / CONTINUOUS MANUFACTURING

The objective of this research was to apply the Flexsim® simulation program to find the most suitable production sequence for the case study factory. The researchers experimented and found the most appropriate production sequence by entering 25 orders, total production amount of 520 tons into the simulation model and experimenting with the production order of Earliest Due Date (EDD), Longest Processing Time (LPT) and First Come First Serve (FCFS) by experimenting with 30 replications in each format. Based on the analysis of the experimental results, it was found that the EDD production sequence has a makespan time of 164.170 hours and without tardy job. The LPT production sequence has a makespan time of 166.545 hours and the number of tardy job is 74 tons. The FCFS production sequence has a makespan time of 163.641 hours and the number of tardy job is 59 tons. From the experimental results, considering the smallest makespan time and the least tardy job, it was found that the EDD production sequence is most suitable because the makespan time is 164.170 hours which is the second smallest production time and

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

without tardy job which is the least amount of delay from all 3 forms of the production sequence.

School of Industrial Engineering

Academic Year 2019

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ ที่ได้เสียสละเวลาในการอธิบายแนะนำหลักการและเหตุผล ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณวิภานันท์ ภัควัฒน์ธีรกุล กรรมการผู้จัดการบริษัท อกรีเทค มาร์เก็ตติ้ง จำกัด ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเข้าไปศึกษาและให้ข้อมูลที่สำคัญแก่การศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม ทุกท่านที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำและประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย ขอบคุณเจ้าของวารสารเอกสารและวิทยานิพนธ์ทุกเล่ม ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้ฉบับนี้มีความสมบรูณ์ ขอบคุณนางสาวพลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ และนายจักรกฤษณ์ เจริญรัมย์ ที่ให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณบุคคลสำคัญอย่างยิ่งคือ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปราโมทย์ ทองมั่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ข้อจำกัดในการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต 5

2.1.1 ความหมายของการจัดตารางการผลิต 5

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต 5

2.1.3 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต (Scheduling Process) 6

2.1.4 วิธีการในการจัดตารางในการผลิต 8

2.1.5 ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต (Constrain) 9

2.1.6 การจำแนกปัญหาการจัดตารางการผลิตตามประเภทของการผลิต 9

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองแบบปัญหา 11

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2 ประเภทแบบจำลอง (Classification of Simulation Models) 12
2.2.3 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา 13
2.2.4 สาเหตุของการใช้การจำลองแบบปัญหา 14
2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา 14
2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
3 วิธีดำเนินการวิจัย 21
3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา 22
3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 22
3.1.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ 22
3.1.3 ข้อมูลกระบวนการผลิตและขั้นตอนการผลิต 22
3.1.4 ข้อมูลการวางแผนผังโรงงาน 25
3.1.5 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต 27
3.2 ศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา 28
3.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า 28
3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต 29
3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาผลิต 32
3.4 การสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตปัจจุบัน 33
3.4.1 การกำหนดค่าพื้นฐานของแบบจำลอง 34
3.4.2 การสร้างเค้าโครงของพื้นการผลิต 35
3.4.3 การเลือกและกำหนด Object ในแบบจำลองที่ใช้แทนเครื่องจักร 38
3.4.4 การสร้าง Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต 39
3.4.5 การสร้างกระบวนการผลิต 48
3.4.6 การสร้างส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง 54
3.4.7 การกำหนดตารางเวลาการทำงานของแบบจำลอง 60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.8 การกำหนดตารางสูตรการผลิตหัวแร่และแร่ธาตุ 61
3.4.9 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object 62
3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification) 67
3.6 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation) 67
3.6.1 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล 67
3.6.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริง 69
3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดลำดับการผลิต 70
3.7.1 การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD 70
3.7.2 การจัดลำดับการผลิตแบบ LPT 71
3.7.3 การจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS 72
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 73
4.1 วิเคราะห์วิธีการทำงานของแบบจำลอง 73
4.1.1 วิเคราะห์การเข้ามาของคำสั่งซื้อ 73
4.1.2 วิเคราะห์การลำดับการผลิต 74
4.1.3 วิเคราะห์การดำเนินการผลิต 75
4.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง 75
4.2.1 ผลการทดลองจากแบบจำลอง 75
4.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 80
5 สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ 81
5.1 สรุปการทดลอง 81
5.2 ข้อจำกัดของแบบจำลอง 82
5.3 ข้อเสนอแนะ 82
รายการอ้างอิง 83

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวเวลาการผลิต 85

ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 89

ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา 95

ประวัติผู้วิจัย 106

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตโคนมปี 2561 – 2562 1
1.2 จังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตน้ำนมดิบที่สำคัญ ปี 2562 2
2.1 สรุปการปริทัศน์วรรณกรรม 20
3.1 ข้อมูลความต้องการแร่ธาตุ (ข้อมูลตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน) 30
3.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตก่อนนำไปวิเคราะห์ 31
3.3 ข้อมูลรูปแบบการกระจายตัวทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการผลิต 33
3.4 การเลือกและกำหนด Object ในแบบจำลองที่ใช้แทนเครื่องจักร 38
4.1 ตัวอย่างบางส่วนจากบันทึกผลการทดลองต่อ Replicates ที่ได้จากแบบจำลอง 76
4.2 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ EDD 77
4.3 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ LPT 78
4.4 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS 79
4.5 จำนวนงานล่าช้าจากการทดลองจัดลำดับการผลิต 80
4.6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการทดลองที่มีช่วงความมั่นใจ 95% 80
4.7 ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับการผลิต 80
ข.1 ข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหล 90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบการผลิตแบบต่อเนื่อง 10
2.2 รูปแบบการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ 11
3.1 ขั้นตอนการศึกษา 21
3.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 22
3.3 ขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 24
3.4 ลักษณะการวางแผนผังโรงงานของโรงงานกรณีศึกษา 25
3.5 ลักษณะพื้นที่ในการผลิต 26
3.6 โปรแกรม Expert Fit® 29
3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Expert Fit 32
3.8 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® 34
3.9 หน้าต่างกำหนดค่าพื้นฐานของแบบจำลอง 35
3.10 หน้าต่างการกำหนดแผนผังโรงงาน 36
3.11 หน้าต่างการกำหนดพื้นหลังให้แบบจำลอง 36
3.12 หน้าต่างการกำหนดโครงสร้างหลักของพื้นที่การผลิต 37
3.13 หน้าต่างการกำหนดโครงสร้างอื่น ๆ ของโรงงาน 38
3.14 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังกรวยรับวัตถุดิบ 39
3.15 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังเก็บวัตถุดิบ 40
3.16 ขั้นตอนการสร้าง Object เครื่องกรองวัตถุดิบ 41
3.17 ขั้นตอนการสร้าง Object หัวจ่ายวัตถุดิบ 42
3.18 ขั้นตอนการสร้าง Object ท่อลำเลียง 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.19 ขั้นตอนการสร้าง Object กระพ้อลำเลียง 44
3.20 ขั้นตอนการสร้าง Object สกรูลำเลียง 45
3.21 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก 46
3.22 ขั้นตอนการสร้าง Object เครื่องผสม 47
3.23 แบบจำลองกระบวนการผลิต 48
3.24 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Tank 49
3.25 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Pipe 49
3.26 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Processor 50
3.27 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Mixer 50
3.28 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Item to Fluid 50
3.29 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid to Item 51
3.30 การเชื่อมต่อพอร์ตภายในแบบจำลองกระบวนการผลิต 52
3.31 ประเภทของการเชื่อมต่อพอร์ต 52
3.32 การตรวจสอบการเชื่อมต่อพอร์ต 53
3.33 ลักษณะส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง 54
3.34 การทำงานของส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง 55
3.35 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต 56
3.36 ขั้นตอนการสร้าง Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต 57
3.37 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต 58
3.38 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการผลิต 59
3.39 ขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาการทำงานของแบบจำลอง 60
3.40 ขั้นตอนการกำหนดตารางสูตรการผลิต 61
3.41 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต 62
3.42 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต 63
3.43 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.44 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object เครื่องผสม 66
3.45 โปรแกรม Minitab® 67
3.46 ผลการทดสอบการกระจายตัวของกระบวนการผลิตปัจจุบัน 68
3.47 ผลการทดสอบการกระจายตัวของแบบจำลองกระบวนการผลิต 68
3.48 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริง 69
3.49 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ EDD 70
3.50 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ LPT 71
3.51 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ FCFS 72
4.1 ตารางกำหนดการเข้ามาของคำสั่งซื้อ 73
4.2 ตัวอย่างค่า Parameter ในใบคำสั่งซื้อ 74
ก.1 ผลการวิเคราะห์เวลาการผสมหัวแร่ 86
ก.2 ผลการวิเคราะห์เวลาการผสมแร่ธาตุ 86
ก.3 ผลการวิเคราะห์เวลาการบรรจุลงถุง 87
ก.4 ผลการวิเคราะห์เวลาการเย็บถุง 87
ก.5 ผลการวิเคราะห์เวลา Unload Time การจัดลงพาเลท 88
ก.6 ผลการวิเคราะห์เวลา Load Time การจัดลงพาเลท 88
ข.1 แผนผังตำแหน่งถังเก็บ 94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มสถานการณ์อุตสาหกรรมโคนมโลกปี 2562 กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาได้ประมาณการผลผลิต น้ำนมดิบโลก 513.220 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว 2.0% ผู้ผลิตที่สำคัญ ได้แก่ สหภาพยุโรป 30.44% สหรัฐอเมริกา 19.50% อินเดีย 15.59% จีน 5.77% รัสเซีย 6.21% บราซิล 4.51% การตลาด ปี 2562 สหรัฐอเมริกาคาดการณ์ตลาดส่ง ออกนมและผลิตภัณฑ์ ของประเทศผู้นำส่งออก (จำนวน 4 ชนิดหลักคือ นมผงพร่องมันเนย หางนมผง ชีสและเนย) ขยายตัว เพิ่มขึ้น โดยที่นมผงพร่องมันเนยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.73 (นิวซีแลนด์ เพิ่ม 12%) หางนมผงเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.29 (นิวซีแลนด์ เพิ่ม 5.77%) ชีสเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.29 (สหภาพยุโรป เพิ่ม 1.2% ,นิวซีแลนด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 9) เนยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.45 (นิวซีแลนด์ เพิ่ม 0.99%) แนวโน้มสถานการณ์อุตสาหกรรมโคนมภายในประเทศไทยปี 2562 กรมปศุสัตว์ประมาณการปริมาณน้ำนมดิบ 1,291.12 พันตัน มูลค่า 23,800 ล้านบาท ส่วนปริมาณน้ำนมดิบที่ทำข้อตกลงที่จะร่วมมือระหว่างระหว่างผู้เลี้ยงกับผู้ประกอบการปีงบประมาณ 2562 (ต.ค.61 - ก.ย.62) ของคณะกรรมการโคนมและผลิตภัณฑ์นม จำนวน 3,413.142 ตัน/วัน หรือ ประมาณ 1,245.80 พันตัน/ปี

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริมาณการผลิตโคนมปี 2561 – 2562

ปริมาณการผลิต	ปี 2561	ปี 2562	ไตรมาส 3/2561	ไตรมาส 3/2562
น้ำนมดิบ (พันตัน)	1,212.56	1,291.12	288.49	301.27
แม่โครีดนม (พันตัว)	268	286	268	298

ที่มา : กรมปศุสัตว์

น้ำนมดิบปี 2562 มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วเนื่องจากเกษตรกรได้รับแรงจูงใจจากการรับซื้อน้ำนมดิบตามคุณภาพน้ำนมทำให้มีการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการผลิตคัดทิ้งแม่โคน้ำนมน้อยและสุขภาพไม่ดีออกจากฟาร์มเพื่อเพิ่มอัตราการให้น้ำนมแม่ต่อปี และเพิ่มปริมาณแม่โคนม (องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, 2562)

ตารางที่ 1. 2 จังหวัดที่เป็นแหล่งผลิตน้ำนมดิบที่สำคัญ ปี 2562

จังหวัด	แม่โครีด (ตัว)	สัดส่วนแม่โค (%)	น้ำนม (ตัน/วัน)
นครราชสีมา	55,055	19.22	746.16
สระบุรี	46,977	16.40	689.23
ลพบุรี	33,277	11.62	442.62
เชียงใหม่	23,454	8.19	283.73
ราชบุรี	17,150	5.99	217.85
ประจวบคีรีขันธ์	15,307	5.34	212.92

ที่มา : กรมปศุสัตว์

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศไทยพัฒนาการอย่างต่อเนื่องในหลายด้าน เช่น ด้านการค้นคว้าวิชาการ ด้านการทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ด้านการคำนวณสูตรอาหารสัตว์ ด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ และด้านการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์และการขนส่ง เป็นต้นอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในปัจจุบันยังมีความเกี่ยวเนื่องกับภาคการผลิตและการบริการอื่น ๆ เช่น การผลิตพืชอุตสาหกรรม การผลิตสัตว์เศรษฐกิจ อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป ธุรกิจด้านการขนส่ง และธุรกิจด้านการติดต่อสื่อสาร ด้วยเหตุนี้ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจระดับมหภาคและจุลภาคของประเทศ โดยสร้างรายได้จำนวนมากแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยใน ปี พ.ศ. 2560 ประเมินมูลค่าที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ เช่น โรงงานอาหารสัตว์ ธุรกิจฟาร์มเลี้ยงปศุสัตว์และสัตว์น้ำ และธุรกิจอาหารแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสัตว์และสัตว์น้ำเพื่อการบริโภคในประเทศและส่งออกสูงถึง 315,000,630,000 บาท และ 875,000,000,000 บาท ตามลำดับ (จิตติมา กันตนามัลลกุล, 2562)

บริษัทกรณีศึกษาเป็นธุรกิจขนาดกลางที่ดำเนินการผลิตและจำหน่าย โดยสินค้าที่ผลิตคืออาหารสัตว์ (แร่ธาตุสำหรับโคนม) เดิมบริษัทมีการผลิตที่ไม่ต่อเนื่องเพราะลักษณะการผลิตเป็นสถานีงานแยกกันและอาศัยพนักงานในการผลิตเป็นหลัก ซึ่งไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการจะเพิ่มผลผลิต ปัจจุบันได้ดำเนินการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานและปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่ทั้งหมด โดยการเปลี่ยนมาใช้การผลิตแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย ระบบการขนถ่ายแบบท่อและสกูรลำเลียงเป็นหลัก จากการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ฝ่ายผลิตวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงาน การวางแผนการใช้ทรัพยากรและเตรียมการทำได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบปริมาณการใช้ทรัพยากรที่แท้จริงในแต่ละวัน ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความซับซ้อน

เนื่องจากมีข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต และอาจจะทำให้การผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการเพิ่มผลผลิตจากเดิมเพื่อรองรับคำสั่งซื้อที่มากขึ้นในอนาคต จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษาด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการหาการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงงาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

1.2.2 เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการจัดลำดับงาน

1.2.3 เพื่อศึกษาการจัดลำดับงานที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาเรื่องการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1.3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนมในบริษัทกรณีศึกษาเพื่อนำไปใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์

1.3.2 ศึกษาและค้นคว้าเอกสารทางวิชาการเกี่ยวกับเทคนิคการใช้โปรแกรมการจำลองสถานการณ์ Flexsim ในการจัดตารางการผลิตและกฎการจัดลำดับงาน

1.3.3 ทำการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim

1.3.4 ศึกษาภายใต้สมมติฐานต่อไปนี้

- งานทุกงานพร้อมที่จะเข้าสู่ลำดับทันที (เวลาเริ่มต้นเท่ากับศูนย์)
- ไม่พิจารณาเรื่องการเสียของเครื่องจักร
- มีวัตถุดิบพร้อมเสมอในระหว่างผลิต
- ลำดับงานไม่มีผลต่อการปรับตั้งเครื่องจักร

1.3.5 ในการศึกษาครั้งนี้จะวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่าง ๆ ดังนี้

- เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน (Makespan Time)
- จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Job)

1.3.6 ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้กฎการจัดลำดับงานต่าง ๆ ดังนี้

- ทำงานที่ใกล้ถึงวันกำหนดส่งที่สุดก่อน (Earlier Due Date, EDD)

- ทำงานที่มีเวลาผลิตนานที่สุดก่อน (Longest Processing Time, LPT)
- ทำงานที่เข้ามาก่อน (First Come First Served, FCFS)

1.4 ข้อจำกัดในการวิจัย

ในการศึกษาการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม มีข้อกำจัดในการวิจัยดังนี้

1.4.1 ทางโรงงานไม่อนุญาตให้เปิดเผยข้อมูลวัตถุดิบ

1.4.2 สูตรในการผลิตเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะของทางโรงงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 แบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตอาหารสัตว์

1.5.2 เป็นแนวทางในการจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์

1.5.2 สามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจในทฤษฎีต่าง ๆ ของการจัดตารางการผลิตและการจัดลำดับงาน ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหา ซึ่งเนื้อหาต่อจากนี้จะกล่าวถึงการศึกษาทฤษฎี งานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

2.1.1 ความหมายของการจัดตารางการผลิต

Baker (1974) กล่าวว่าการจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการของการกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานแต่ล่ะงาน สำหรับทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายในสถานการณ์ต่าง ๆ

Trietsch (2009) กล่าวว่าการจัดตารางการผลิตเป็นการวางแผนในการจัดการปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เช่น แรงงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ กระบวนการผลิต หรือ 4M (Man, Machine, Machine, Method) เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้โดยความต้องการของลูกค้า (Customer Demand) ซึ่งความต้องการของลูกค้านั้นอาจเกิดจากการสั่งซื้อจริงที่เกิดขึ้นแล้ว และการพยากรณ์ความต้องการที่จะซื้อสินค้าในอนาคตตามช่วงเวลาต่าง ๆ

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2553) กล่าวว่าการจัดตารางการผลิตหมายถึง การกำหนดความสัมพันธ์ของลำดับงานที่จะผลิตภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น เครื่องจักร พนักงาน การขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น เพื่อให้การผลิตเสร็จในระยะเวลาที่กำหนด

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตมีหลากหลายเช่น ต้องการให้มีอัตราการใช้เครื่องจักรมากที่สุด ต้องการส่งมอบงานให้ทันตามกำหนดเวลา หรือต้องการให้มีเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์โดยทั่วไปสำหรับการจัดตารางการผลิตนั้นสามารถจำแนกตามตัววัดผลได้ดังต่อไปนี้

1) เวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time) คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาการไหลของงานในระบบ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาการไหลของโดยเฉลี่ยต่ำ

2) เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานในระบบ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

3) เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานในระบบ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

4) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Job) คือ จำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันเวลากำหนดส่งมอบงานวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าจำนวนงานล่าช้าต่ำ

5) เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน (Makespan Time) คือ ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นของงาน วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาทั้งหมดในการดำเนินการงานต่ำสุด

6) เวลาล่าช้าสูงสุด (Maximum Tardiness) คือ เวลาส่งมอบไม่ทันกำหนดสูงสุดของระบบงาน วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาล่าช้าสูงสุดที่มีค่าน้อยสุด

2.1.3 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต (Scheduling Process)

ในการจัดตารางการผลิตค่อนข้างจะมีความยุ่งยากซับซ้อน เพราะต้องทำการผลิตตามใบสั่งงานหลาย ๆ ชนิดที่มีขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ผู้ที่ทำหน้าที่จัดตารางการผลิตจะต้องพยายามจัดตารางการผลิตให้เหมาะสม นอกจากนี้การจัดตารางการผลิตในโรงงานจะเริ่มต้นจากทางโรงงานรับใบสั่งผลิตจากลูกค้าหรือจากฝ่ายขาย ในใบสั่งผลิตแต่ละใบจะแสดงให้ทราบถึงจำนวนชิ้นงานส่วนต่าง ๆ ที่จะต้องทำการผลิต โดยใบสั่งแต่ละใบอาจจะแทนงาน 1 งานหรือมากกว่า และเพื่อให้ผลการปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ในตารางการผลิตหลักชิ้นส่วนต่าง ๆ จะต้องผ่านแต่ละกระบวนการผลิตตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในตารางการผลิตภายหลังจากที่รับใบสั่งผลิตแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การจัดตารางการผลิต มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การกำหนดงาน หรือ ชนิดของงานให้กับหน่วยผลิต (Job Assignment)

เป็นการกำหนดว่างานใด หรือใบสั่งผลิตใดจะทำโดยหน่วยผลิตใดบ้าง ซึ่งสำหรับจุดประสงค์ของการกำหนดงานโดยทั่วไป เพื่อทำให้ทราบว่าหน่วยผลิตหน่วยใดบ้างที่จะต้องทำ และมีภาระงานรวมทั้งหมดคิดเป็นเวลาที่ต้องใช้ทั้งหมดเป็นจำนวนเท่าไรแต่ในขั้นตอนของการกำหนดงานนี้ไม่สามารถทราบได้ว่างานจะเริ่มต้นและเสร็จสิ้นเมื่อไร และไม่ได้แสดงลำดับการทำงานแต่ละงานในหน่วยผลิตต่าง ๆ ในกรณีที่มีเครื่องจักรให้เลือกมากกว่า 1 เครื่อง การพิจารณากำหนดงานให้กับเครื่องจักรอาจจะพิจารณาจากคุณภาพ ค่าซ่อมบำรุง หรือความพร้อมของคนงาน ถ้าทุกอย่างที่กล่าวมาทั้งหมดมีค่าเท่ากัน วิธีการที่ดีที่สุดคือการกำหนดงานให้เครื่องจักรที่มีภาระงานน้อยที่สุด ดังนั้นในการกำหนดงานให้กับเครื่องจักรจะต้องประมาณเวลาที่ใช้ในการผลิตลงในใบสั่งงานด้วย

2) การประเมินปริมาณของงาน (Evaluate Work Load)

หลังจากที่ได้กำหนดลงไปแล้วว่าหน่วยงานใดจำเป็นต้องใช้ไปในการผลิตจะต้องศึกษารายละเอียดว่างานที่กำหนดให้แต่ละหน่วยจะต้องใช้แรงงานเท่าไร ใช้เวลาของเครื่องจักรเท่าไร และใช้วัสดุชนิดใดบ้างเป็นจำนวนเท่าไร จากนั้นเปรียบเทียบความสามารถของหน่วยงานนั้นว่าสามารถทำงานที่กำหนดให้นั้นได้หรือไม่ ถ้าทำไม่ได้ควรจะทำอย่างไรจึงจะทำให้งานที่ผ่านหน่วยงานที่กำหนดนั้นสำเร็จได้ ซึ่งการศึกษาและคำนวณปริมาณของการทำงานมีความจำเป็นที่จะต้องทำกับทุกหน่วยงานที่กำหนดไว้ วัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ ที่ใช้จะต้องมีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา ถ้าปริมาณของชิ้นส่วนมีไม่พอ จะต้องมีการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อหรือหามาเพิ่มได้อย่างไร หลังจากนั้นจะต้องกำหนดว่าวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนประกอบย่อยดังกล่าวนั้นจะนำไปใช้กับงานอื่น ๆ ไม่ได้

3) การจัดลำดับการผลิต (Sequencing)

เนื่องจากทางโรงงานไม่ได้รับใบสั่งผลิตเพียงใบเดียว แต่มักจะมีงานหลายๆ งาน หรือใบสั่งผลิตๆ ใบมารออยู่ที่หน่วยงานหรือหน่วยผลิต ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับแถวคอย ดังนั้นจึงต้องมีการจัดลำดับงานว่างานใดควรจะทำก่อนและงานใดควรจะทำหลัง หลังจากจัดลำดับให้กับหน่วยผลิตแล้ว หน่วยผลิตแต่ละหน่วยจะทำงานต่าง ๆ ตามลำดับที่จัดไว้ การจัดลำดับก่อนหลังของงานหรือ ใบสั่งที่สำคัญมักจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการและหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสิน วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการจัดลำดับการผลิตคือ ลดการสะสมของงานในระหว่างหน่วยงานต่อหน่วยงาน (In Process Inventory) ซึ่งหมายถึงการพยายามลดจำนวนงาน

โดยเฉลี่ยที่คอยอยู่ในคิวในขณะที่งานนั้นกำลังทำงานอื่นอยู่ ถ้าช่วงกว้างของเวลาการทำงานทั้งหมดคงที่ วิธีการจัดลำดับที่ลดเวลาเฉลี่ยของงานที่อยู่ในระบบจะสามารถลดค่าเฉลี่ยของงานที่รออยู่ระหว่างหน่วยงาน

2.1.4 วิธีการในการจัดตารางในการผลิต

1) Combination Approach

วิธีนี้จะทำการกำหนดการผลิตทุก ๆ แบบที่เป็นไปได้ โดยการเปลี่ยนการจัดลำดับของงานแต่ละงานที่สถานีผลิตที่งานนั้น ๆ จะต้องผ่านโดยลำดับและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วเลือกใช้กำหนดการผลิตแบบที่ดีที่สุด การใช้วิธีนี้อาจจำเป็นที่จะต้องพิจารณาการกำหนดการผลิตถึง (N!)M ครั้ง โดย N จำนวนงานที่จะต้องทำทั้งหมด M คือจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดเพื่อจะได้กำหนดการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งถ้าหากมีจำนวนของงานและจำนวนสถานีผลิตมากการคำนวณก็จะมีความซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

2) Mathematical Approach

วิธีนี้อาศัยคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ไขปัญหาวิธีที่ใช้ได้แก่ กำหนดการพลวัต กำหนดการเชิงกำลังสองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โครงข่ายการไหล วิธีลากรองซ์ และวิธีอื่น ๆ ซึ่งวิธีนี้สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ ต่าง ๆ ของการกำหนดการผลิตได้สะดวกและมีได้มาก แต่การคำนวณยุ่งยาก

3) Branch and Bound Approach

วิธีนี้ประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 2 ส่วน คือ Branching เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นส่วนปัญหาย่อยที่มากกว่า 2 ปัญหาย่อยขึ้นไป และ Bounding คือกระบวนการทางการคำนวณ Lower Bound ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับ Lower Bound ที่ดีซึ่งจะทำให้ผลที่ได้จะดีที่สุดวิธีนี้เหมาะกับการคำนวณสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

4) Heuristic Approach

วิธีนี้จะเป็นการพัฒนากลุ่มของกฎต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยในการค้นหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจหลาย ๆ วิธีของปัญหา และในวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจที่สุดนั้นไม่สามารถรับประกันว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด วิธีการนี้สามารถหาลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก โดยใช้การจัดลำดับความสำคัญพื้นฐานด้วยกฎต่าง ๆ ที่เป็นฮิวริสติกส์ (Heuristics) ดังต่อไปนี้

- SPT (Shortest Processing Time) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เวลาการทำงานน้อยสุดทำก่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- LPT (Longest Processing Time) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เวลาการทำงานมากสุดทำก่อน
- MWKR (Most Work Remaining) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีเวลาเหลืออยู่มากที่สุดทำก่อน
- FCFS (First Come First Served) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เข้ามาก่อนทำก่อน
- EDD (Earlier Due Date) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่กำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อน
- MST (Minimum Slack Time) กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีเวลาเหลือน้อยสุดทำก่อน
- Random กฎนี้เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานแบบสุ่ม

2.1.5 ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต (Constrain)

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิตคือ เงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการจัดตารางการผลิตซึ่งมีอยู่หลายเงื่อนไขด้วยกันเช่น

1) ลำดับการดำเนินการ (Precedence) งานแต่ละงานนั้นมีลำดับของขั้นตอนการทำงานอยู่ ดังนั้นในการจัดตารางการผลิตการทำงานแรกถูกกระทำก่อนการทำงานถัดไป โดยไม่สามารถจัดข้ามขั้นตอนได้

2) การทดแทนกันได้ของทรัพยากร (Resource Replacement) โดยทั่วไปในการผลิต จะมีทรัพยากรบางอย่างที่สามารถทดแทนกันได้ ดังนั้นการจัดตารางการผลิต ถ้าหากมีทรัพยากรบางตัวไม่ว่าง ก็สามารถนำทรัพยากรตัวอื่น ๆ ที่สามารถทดแทนได้และว่างอยู่มาทำงานแทน ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3) เงื่อนไขการแก้ปัญหาเมื่อเกิดการหยุดของทรัพยากร ในระหว่างการดำเนินการ (Resume/Repeat) เมื่อทรัพยากรเกิดการหยุดขึ้นมา งานที่ทรัพยากรนั้นทำอยู่ต้องเริ่มใหม่ (Repeat) หรือไม่ หรือว่าสามารถทำต่อได้เลย (Resume)

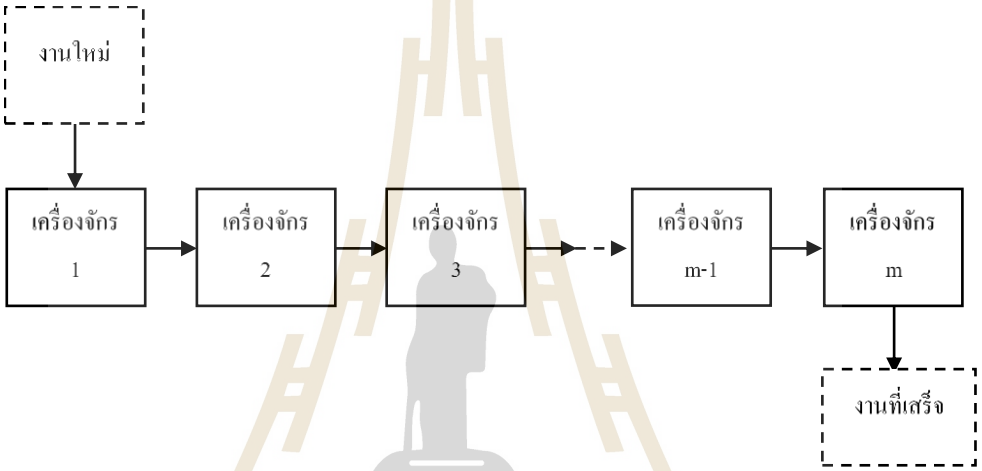
4) อื่น ๆ เช่นการอนุญาตให้สามารถขัดจังหวะการทำงานของทรัพยากรได้หรือไม่ (Preemption) เป็นต้น

2.1.6 การจำแนกปัญหาการจัดตารางการผลิตตามประเภทของการผลิต

ปัญหาการจัดตารางการผลิตสามารถจำแนกประเภทของการผลิตได้ 2 ประเภทหลัก ๆ คือ ประเภทการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow shop) และประเภทการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ (Job shop) โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) การผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow shop)

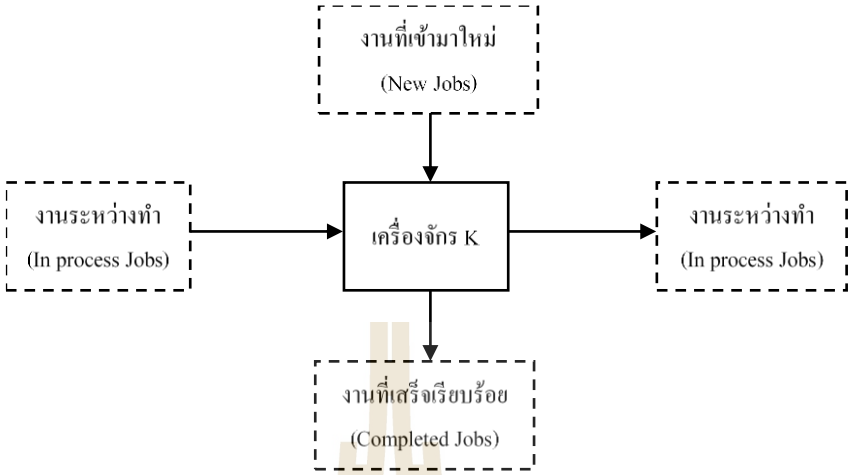
ลักษณะการผลิตแบบ Flow shop ประกอบด้วยเครื่องจักรหรือสถานีงานที่ทำงานต่อเนื่องกัน โดยลำดับขั้นตอนการทำงานของทุกงานเหมือนกัน ซึ่งหมายความว่างานเหล่านี้มีเส้นทางการไหลเหมือนกัน ปัญหาการจัดสรรตารางการผลิตแบบ Flow shop ประกอบด้วยเครื่องจักรที่แตกต่าง m เครื่อง และงานแต่ละงานประกอบด้วยจำนวนขั้นตอนการทำงาน m ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนการทำงานใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน มีลักษณะการผลิตดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Baker,1974)

2) การผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (Job shop)

เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลายตามความต้องการของลูกค้า โดยปริมาณการผลิตต่อครั้งเป็นล็อต มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อย และผลผลิตไม่มีมาตรฐานมากนัก เส้นทางการไหลของงานมีความแตกต่างกันไปตามชนิดงาน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ ประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนหนึ่งและงานหลาย ๆ ประเภท โดยงานแต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานหลาย ๆ ขั้นตอนซึ่งมีลำดับก่อน-หลังในการผลิตที่แน่นอน มีลักษณะการผลิตดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ (Baker,1974)

ข้อแตกต่างระหว่างระบบการผลิตแบบ Flow shop และ Job shop นั้นมีความแตกต่างกันในหลายด้าน เช่น ความแตกต่างกันในเรื่องทิศทางการไหลของงาน จำนวนและประเภทของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบคงคลัง สินค้าระหว่างผลิต สินค้าคงคลัง ความชำนาญของคนงานเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ และความยืดหยุ่นของกระบวนการอาจจะกล่าวได้ว่าระบบการผลิตแบบ Job shop มีความยืดหยุ่นและสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระบบการผลิตตามที่ต้องการ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองแบบปัญหา

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบปัญหา

Shannon (1975) ได้กล่าวไว้ว่า การจำลองแบบปัญหาหมายถึง กระบวนการการออกแบบและสร้างตัวแบบจำลอง (Model) ที่เลียนแบบขั้นตอนของการดำเนินงานหรือระบบการทำงานของระบบงานจริง เพื่อเรียนรู้พฤติกรรม (Behavior) ของระบบงานจริงหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ในการจำลองแบบปัญหาเราสามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาทำการเลียนแบบหรือจำลองขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำงานในระบบงานจริง โดยเราจะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทำงานที่เราสนใจหรือต้องการตรวจสอบหลังจากนั้นสมมติฐานต่าง ๆ เหล่านั้นจะถูกแทนในรูปความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์หรือตรรกศาสตร์เพื่อนำไปศึกษาวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมการทำงานของระบบและหาแนวทางในการพัฒนาให้ดีขึ้น หรือแก้ไขระบบงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ การจำลองแบบปัญหาจัดเป็นระเบียบวิธี ที่จำเป็นในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาสำหรับปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบงานจริง

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2532) ได้กล่าวว่าการจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ที่ได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่าง ๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้นเป็นผลเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

Chung (2007) ได้กล่าวว่าการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์แบบจำลองเป็นกระบวนการของการสร้างและทดลองกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ของระบบทางกายภาพ โดยทั่วไปแล้วความแตกต่างมีดังนี้ การจำลองแบบดั้งเดิมนั้นใช้สำหรับการวิเคราะห์ระบบและทำการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานหรือนโยบายทรัพยากร เครื่องมือจำลองการฝึกอบรมใช้สำหรับผู้ใช้ในการฝึกอบรมเพื่อการตัดสินใจที่ดีขึ้นหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการแต่ละรายการ

2.2.2 ประเภทแบบจำลอง (Classification of Simulation Models)

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา นอกจากจะสามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงานงานที่มันเป็นตัวแทนอยู่แล้ว ยังมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแบบจำลองซึ่งทำให้มันสามารถจำแนกประเภทออกไปตาม คุณลักษณะพิเศษดังนี้

1) แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือทั้งสามมิติ ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง แบบจำลองของส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ลม แบบจำลองผังโรงงาน รูปแสดงการเกาะเกี่ยวของอะตอม ฯลฯ

2) แบบจำลองอนาล็อก (Analog Models) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ อนาล็อกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงควบคุมบอกให้รู้ถึงการ เคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่วัดค่าได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิต ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ขนาดความยาวของเส้นกราฟแสดงค่าของเงินหรือจำนวนสินค้า การใช้แผนภูมิการจัดองค์กร (Organization Charts) เป็นแบบจำลองที่ใช้สี่เหลี่ยมรูปกล่องและเส้นแสดงความสัมพันธ์และหน้าที่รับ ผิดชอบของบุคลากรในระดับต่าง ๆ การใช้แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านขบวนการผลิต ฯลฯ

3) เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Models) ในกิจการต่าง ๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลถ้ามีการตัดสินใจแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรมแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

5) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่น ใช้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

2.2.3 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหาไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่การใช้แบบจำลองปัญหาในปัจจุบันมักใช้กับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึง ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1) การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่าง ๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน

2) การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3) การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4) การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5) การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลอง ที่ได้นั้น สามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6) การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7) การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นแต่เพียงการบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสมกล่าวคือ ได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ในราคาที่เหมาะสม

8) การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9) การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไรและการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10) การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลองเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11) การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลองโครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ ฯลฯ

2.2.4 สาเหตุของการใช้การจำลองแบบปัญหา

การใช้การจำลองแบบปัญหาแทนการทำงานด้วยระบบงานจริงนั้นเกิดจากสาเหตุหรือความจำเป็นหลายประการได้แก่

1) ระบบงานจริงไม่สามารถหยุดการทำงานได้

2) การทดลองกับระบบงานจริงจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

3) การทดลองกับระบบงานจริงเสียเวลามากเท่ากับเวลาจริง

4) การทดลองกับตัวแบบจำลองสามารถได้ผลการทดลองทันตามความต้องการ

5) การใช้ตัวแบบจำลองสามารถทำได้กับหลาย ๆ สถานการณ์

2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นเครื่องมือซึ่งใช้บอกผลต่าง ๆ อันจะเกิดจากระบบงานภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ผลที่จะได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรง

หรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นวิธีการหนึ่งในหลาย ๆ วิธีที่อาจใช้ช่วยแก้ปัญหาใน การดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้น เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้น ๆ เสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า เครื่องมือนั้น ๆ เหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา

ข้อดีของการใช้แบบจำลอง

- สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อน และไม่สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้
- ความก้าวหน้าของซอฟต์แวร์ที่ใช้งานง่าย และมีความสามารถในการวิเคราะห์ทางสถิติเทียบกับต้นทุนที่ยอมรับได้
- สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้เนื่องด้วยปัจจัยประกอบต่าง ๆ

ข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

- เนื่องจากตัวแบบจำลองผู้สร้างตัวแบบเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ
- ผลที่ได้จากการจำลองมักจะเป็นค่าประมาณ
- เป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์ และไม่ใช่เป็นเพียงเครื่องมือเพื่อใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) โดยไม่สนใจผลลัพธ์

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางการผลิต ปาเมศ ชุติมา (2545) ได้ศึกษาการจัดหาระบบการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม สำหรับโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนงานปั๊มขึ้นรูป (Press Part) ในการประกอบผลิตภัณฑ์คอมเพรสเซอร์โดยวิธีการทางฮิวริสติคส์ ในการทดลองเพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมได้นำฮิวริสติคส์ 7 วิธีคือ SPT, LPT, WSPT, SDT, LDT, SMT และ LMT นำมาทดสอบกับข้อมูลการผลิตจริง พบว่าการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติคส์แบบ LPT มีค่าประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตดีที่สุด ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบลดลง 11.5% และกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพรองลงมาคือ WSPT และ SPT ตามลำดับ การจัดตารางด้วยวิธีการที่นำเสนอให้ค่าเฉลี่ยเวลางานสาย (Mean Lateness) เป็นลบเนื่องจากใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบย้อนกลับ (Backward Scheduling) ซึ่งจะไม่ทำให้มีงานเสร็จสายเลย

ธัญญารัตน์ ลิมอิสริยะพงศ์ (2554) ได้ศึกษาการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิตเพื่อลดจำนวนงานล่าช้า รวมทั้งเพิ่มผลิตภาพในการจัดตารางการผลิต ให้แก่โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งมีรูปแบบการผลิตแบบ Make to order โดยได้นำโปรแกรม IPSS และโปรแกรมวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในการการเลือกวิธีจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตจะพิจารณาจากตัววัดผลของจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) และสถานีงานล่าช้าโดยกฎและวิธีการการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในการทดลองมี 7 วิธี ได้แก่ ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ EDD, LWKR, MWKR, MOPNR, SMT, SPT และ STPT ผลจากการใช้โปรแกรม IPSS กฎการจัดตะรางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด คือ ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ STPT เป็นกฎที่ใช้ในการจัดตารางที่มีผลต่อ Number of Tardy Jobs จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนมีค่า P-Value เท่ากับ 0.010 โดยสามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้ 8.04% และผล IPSS สามารถลดเวลาการว่างการผลิตได้ 50%

ยอดดวงใจ นาคปฐม (2555) ได้ศึกษาและหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานย้อมผ้า โดยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) เพื่อลดจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) เนื่องจากมีปัญหาการส่งมอบล่าช้าจำนวน สาเหตุมาจากความขัดแย้งในการจัดลำดับการผลิต ทำให้ตารางการผลิตมีการสลับเฉดสีไปมาและต้องเสียเวลาในการทำความสะอาดเครื่องย้อมหรือเสียเวลาในการเตรียมเครื่องบ่อย ผู้วิจัยจึงทำการจัดลับงานใหม่ในแต่ละเครื่องจักร โดยวิธีการทางฮิวริสติกส์ ได้แก่ FCFS, EDD, SPT, LPT, MST, EDD+LPT, EDD+MST เพื่อให้งานล่าช้าน้อยที่สุด จากผลการศึกษาพบว่าการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ ผสมผสาน EDD+LPT โดยให้ผลจำนวนงานล่าช้าลดลงจาก 166 งาน เป็น 78 งาน ซึ่งลดลงจากเดิม 53.01% และจำนวนครั้งในการทำความสะอาดเครื่องย้อมผ้าลดลงจาก 117 ครั้ง เหลือ 98 ครั้ง คิดเป็นลดลงจากเดิม 16.24%

สมโภช น้อยปลอด และ ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน (2562) ได้ศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการจัดตารางการผลิตเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้กับบริษัทกรณีศึกษาซึ่งประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนทางอากาศยาน ในงานศึกษานี้ได้ทำการออกแบบวิธีการจัดตารางการผลิต โดยการจัดลำดับงานด้วยกฎ 4 กฎ (FCFS, SPT, EDD, LPT) กิจกรรมการตรวจสอบการเตรียมความพร้อมก่อนการผลิต ส่วนตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตในครั้งนี้ ในการศึกษาได้ใช้ค่าเวลาล่าช้ารวมเฉลี่ย และอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร สุดท้ายคือผลสรุปจากการทดลองจัดตารางการผลิตกับข้อมูลตัวอย่างผลที่ได้จากการจัดลำดับงานในแต่ละกฎจะให้คำตอบที่ตายตัว ผู้ศึกษาได้นำเสนอให้เลือกใช้กฎ EDD ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาในเรื่องการส่งงานล่าช้ากว่ากำหนดการส่งได้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต สิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และ สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์ (2553) ได้เพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิต โดยลดความคลาดเคลื่อนของการวางแผนการผลิตที่เทียบกับการผลิตจริง และเพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยที่สุด สำหรับการผลิตแผงวงจรชนิดอ่อน (Flex Cable Circuit) จากการวางแผนการผลิตเทียบกับการผลิตจริงมีมากกว่า 20% และปัญหาการจัดลำดับงานที่ยังไม่มีความเหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดการรอคอยเครื่องจักรในแต่ละสถานีงาน และเวลาปิดงานของระบบมีระยะเวลานาน ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองการผลิต (Simulation) ด้วยโปรแกรมอารีนาให้สอดคล้องกับการผลิตจริง เพื่อใช้เป็นตัวแบบในการหาเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนเวลาปิดงานในการวางแผนการผลิตได้และหาวิธีจัดลำดับการผลิต ด้วยวิธีฮิวริสติก 3 วิธีคือ Palmer, Gupta และ CDS (Campbell, Dudek and Smith) เปรียบเทียบกับการจัดลำดับงาน ด้วยวิธีเดิม เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ซึ่งให้เวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถช่วยให้การวางแผนการผลิต มีความถูกต้องโดยสามารถลดความคลาดเคลื่อนจาก 12.80% เป็น 5.04% และนอกจากนั้นยังพบว่าวิธีการจัดลำดับการผลิตของ CDS เป็นวิธีที่ให้ผลดีกว่าเทคนิคอื่น ที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบลดลงจากวิธีเดิมที่ระดับนัยสำคัญ 95%

สโรชา เกษแก้ว และ อุดม จันทร์จรัสสุข (2559) ได้ศึกษาการหาแนวทางแก้ปัญหาการผลิตไม่ทันตามวันที่กำหนดและการส่งมอบงานล่าช้าในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป เนื่องจากผู้ผลิตจัดตารางการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ และระบบมีความไม่แน่นอนของเวลาการผลิต และการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาพฤติกรรมของระบบการผลิต,และแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ 4 วิธี ได้แก่เข้าก่อนออกก่อน (First Come First Serve, FCFS) เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (Earliest Due Date, EDD) เวลาปฏิบัติงานน้อยสุด (Shortest Processing Time) การหาค่าที่เหมาะสมอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยที่สุด และเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) มีค่าน้อยที่สุด ในกรณีที่มีการกำหนด ผลการวิจัยพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมเมื่อให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเป็นอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 โดยสามารถลดเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานจากเดิมเท่ากับ 4.74% และ 73.99% ตามลำดับ

F Shrouf, J Ordieres-Mere, A Garcia-Sanchez and M Ortega-Mier (2014) ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงานสำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องเดียวระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อกำหนดเวลา "เปิดเครื่อง" และ "ปิด" โดยวิธี ฮิวริสติกส์ (Heuristics)

มาพิจารณาว่า ทางเลือกใดมีต้นทุนต่ำสุดและกำหนดเวลาที่ดีที่สุด ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดต้นทุนพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญโดยหลีกเลี่ยงช่วงราคาพลังงานสูง กระบวนการย่อขนาดนี้ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการลดการใช้พลังงานในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

Schulze Marco, Rieck Julia, Seifi Cinna and Zimmermann Jürgen (2016) ได้ศึกษาปัญหาการตั้งเวลาที่เกิดขึ้นในการทำเหมืองโปแตชซึ่งจะต้องลำดับการขุดบล็อกโดยคำนึงถึงเครื่องจักรใต้ดินจำนวนจำกัด รวมถึงข้อจำกัด ด้านความปลอดภัย เป้าหมายคือเพื่อลดระยะเวลาการขุดให้เสร็จสมบูรณ์สูงสุดเช่น แท่นขุด ปัญหาที่เกิดขึ้นมีการนำเสนอแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมและอินสแตนซ์ขนาดเล็กได้รับการแก้ไขด้วย CPLEX เพื่อจัดการกับอินสแตนซ์ขนาดกลางและขนาดใหญ่แบบ heuristically ขั้นตอนวิธีพื้นฐานและขั้นสูงแบบหลายขั้นตอนได้รับการพัฒนาขึ้นอยู่กับขั้นตอนการก่อสร้างตามกฎลำดับความสำคัญ นอกจากนี้ยังมีการใช้ขั้นตอน Giffler และ Thompson การทดลองเชิงคำนวณจะดำเนินการในกรณีที่เกิดปัญหาที่ได้มาจากข้อมูลในโลกแห่งความจริงเพื่อประเมินผลการปฏิบัติงานของวิธีการแก้ปัญหาที่นำเสนอ

Youlong Lv, Jie Zhang and Wei Qin (2018) ได้ศึกษาแนวทางในการจำลองสถานการณ์ของสายการประกอบเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อลดภาระงานเกินที่บางสถานีงาน งานวิจัยนี้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์และการปรับปรุงเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตที่มีประสิทธิภาพของสายการผลิตและการประเมินผลสถานีงานที่มีภาระงานเกินโดยใช้อัลกอริทึม Monte Carlo มีการวัดผลด้วยเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ในกรณีศึกษานี้พบว่าประสิทธิภาพของแนวทางที่นำเสนอนั้นให้ผลที่ดีกว่าวิธีการเดิม

Barkany Abdellah, Abbassi Ikram, Jabri Abdelouahhab and Darcherif Abdel Moumen (2019) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในอุตสาหกรรมที่รวมการวางแผนและการกำหนดเวลาไว้ วัตถุประสงค์หลักคือสร้างโมเดลและเปรียบเทียบผลลัพธ์ของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ยา ด้วยเหตุผลนี้และเพื่อประหยัดเวลาทีมผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แบบจำลองโดยรวบรวมข้อเกี่ยวกับวิธีการทำงานของสายการผลิต โดยผลลัพธ์ที่ได้คือค่า Makespan ทีมผู้วิจัยดำเนินการค้นหาลำดับผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ ค่า Makespan ที่น้อยที่สุดและต้นทุนการผลิตทั้งหมด จากนั้นนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตจริง

จากการรวบรวมวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่าปัญหาการจัดตารางการผลิตและลำดับการผลิต เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยมีการคิดค้นวิธีใหม่ ๆ ในการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นมีการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตและหาทางเลือกที่เหมาะในการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® มาประยุกต์ใช้กับการจัดลำดับการผลิตในกระบวนการผสมแร่ธาตุ โดยสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขที่โรงงานกำหนด และนำแบบจำลองมาทดลองเพื่อหาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

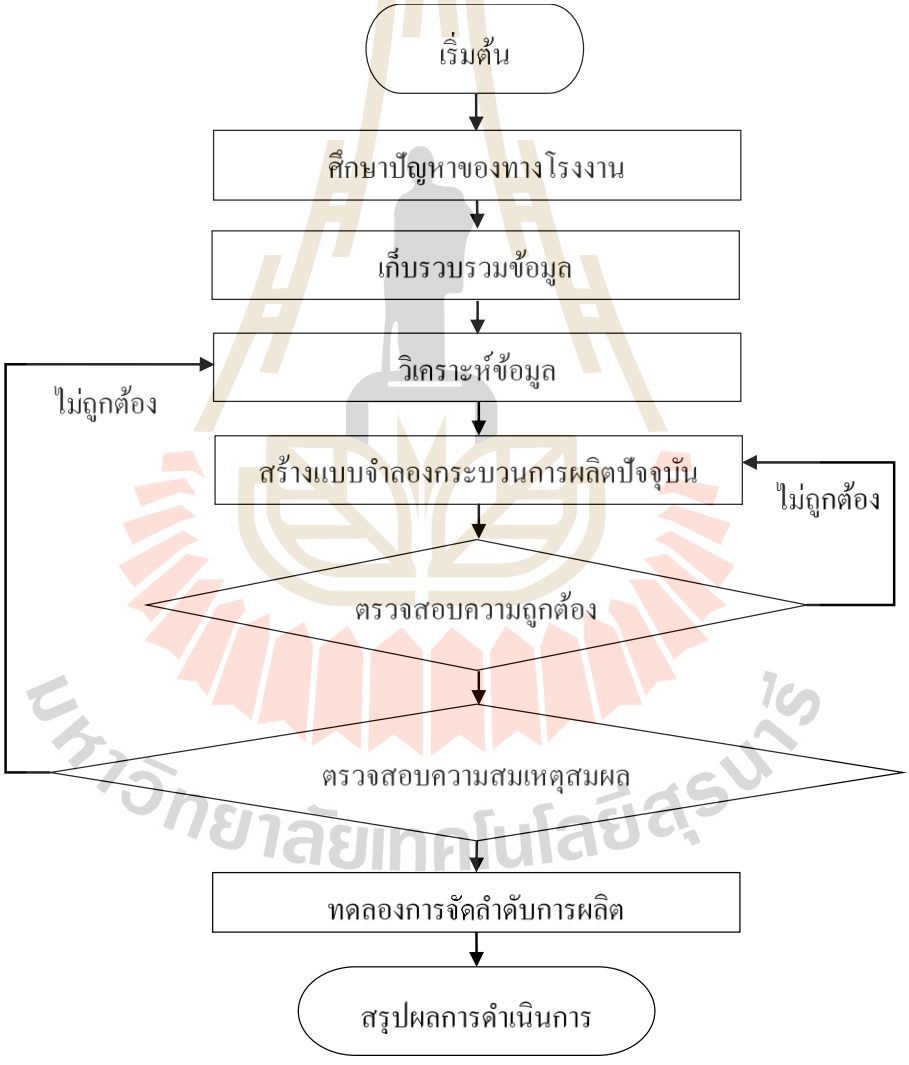
ตารางที่ 2.1 สรุปการปริทัศน์วรรณกรรม

ลำดับ	ชื่อผู้วิจัย	เรื่องที่ทำการวิจัย	เป้าหมาย	ทฤษฎีที่ใช้						ตัววัดผล				
				Scheduling				Simulation Technique	Etc.	Flow Time	Makespan Time	Due Date	Tardy Jobs	Etc.
				Rule										
				SPT	FCFS	EDD	Etc.							
1	ปารเมศ ชุติมา	การจัดตารางการผลิต	ตารางการผลิตที่เหมาะสม	×		×	×			×				
2	สิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และ สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์	เพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิต	ลดความคลาดเคลื่อนของการวางแผนการผลิต				×	Arena			×			
3	ธัญญารัตน์ ลิมอิสริยะพงศ์	การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต	ลดการส่งมอบล่าช้า	×		×	×		IPSS				×	
4	ยอดดวงใจ นาคปฐม	การจัดตารางการผลิต	ลดจำนวนงานล่าช้า	×	×	×	×						×	
5	สโรชา เกษแก้ว และ อุดม จันทร์จรัสสุข	ปรับปรุงการจัดตารางการผลิต	ลดการผลิตไม่ทันและการส่งมอบงานล่าช้า	×	×	×	×	Arena			×			Tardiness
6	สมโภช น้อยปลอด และ ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน	ปรับปรุงการจัดตารางการผลิต	ลดการส่งมอบล่าช้า	×	×	×	×							Tardiness Utilized
7	F Shrouf, J Ordieres-Mere, A Garcia-Sanchez and M Ortega-Mier	การจัดตารางการผลิต	เพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงาน	×	×	×	×	Math Model			×			
8	Schulze Marco Rieck Julia Seifi Cinna Zimmermann Jürgen	ศึกษาปัญหาการตั้งเวลาที่เกิดขึ้นในการทำเหมือง	เพื่อลดระยะเวลาการขุด					Math Model			×			
9	Youlong Lv Jie Zhang Wei Qin	พัฒนาวิธีการวิเคราะห์และการปรับปรุง	เพื่อลดภาระงานเกินที่บางสถานีงาน				×	Arena			×			
10	Barkany Abdellah Abbassi Ikram Jabri Abdelouahhab Darcherif Abdel Moumen	ประยุกต์ใช้แบบจำลอง	วางแผนและกำหนดเวลา				×	Math Model			×			ต้นทุนการผลิตรวม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาคือ การศึกษาข้อมูลทั่วไป ข้อมูลกระบวนการผลิต และข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

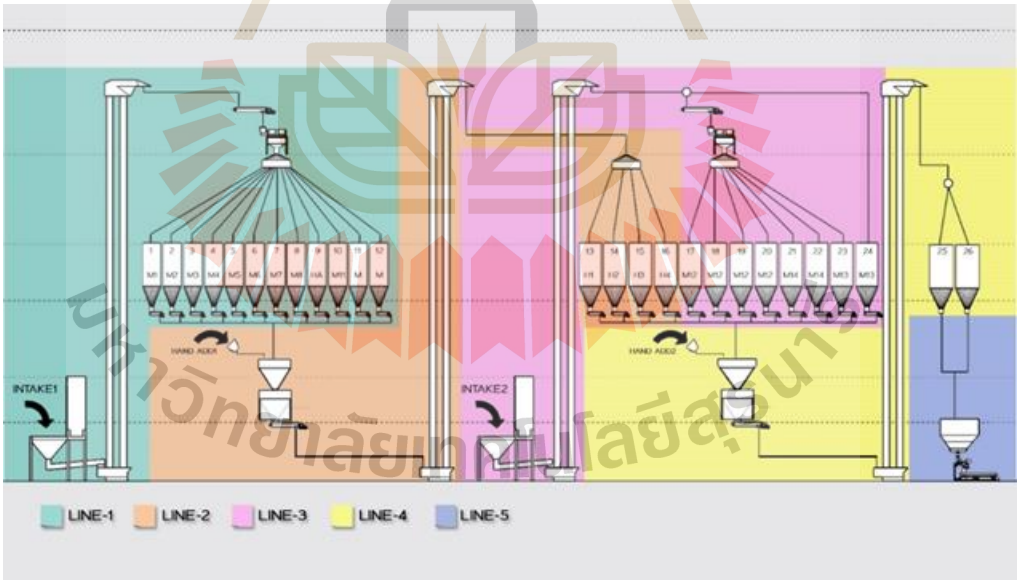
บริษัทกรณีศึกษาเป็นธุรกิจขนาดกลาง โดยดำเนินงานเกี่ยวกับการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม ตั้งอยู่ในพื้นที่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันระบบการผลิตได้ปรับปรุงและพัฒนาเป็นแบบต่อเนื่อง โดยมีวันทำงาน คือ วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น.

3.1.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาคือ แร่ธาตุเสริมสำหรับโคทุกขนาดอายุ สรรพคุณ เสริมแร่ธาตุสำหรับโคนม ปัจจุบันทางโรงงานผลิตจำหน่ายและจำหน่าย 4 สูตร รวมทั้งยังรับจ้างผลิตอีกด้วย

3.1.3 ข้อมูลกระบวนการผลิตและขั้นตอนการผลิต

บริษัทกรณีศึกษามีกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยมีแผนภาพแสดงกระบวนผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.2 และขั้นตอนการผลิตแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

จากรูปที่ 3.2 การศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งกระบวนการผลิตได้เป็นกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตหัวแร่

กระบวนการนี้ คือ กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตหัวแร่ โดยวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตหัวแร่มี 12 ตัว โดยจะลำเลียงเข้ามาเก็บในถังเก็บเพื่อรอผสม

2) กระบวนการผลิตหัวแร่

กระบวนการนี้ คือ กระบวนการผลิตหัวแร่ โดยจะทำการดึงวัตถุดิบออกมาจากถังเก็บเพื่อมาผสมเป็นหัวแร่ โดยดึงวัตถุดิบคราวละ 1 ชนิด จนปริมาณได้ครบตามสูตรของทางโรงงานที่กำหนดไว้

3) กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตแร่ธาตุ

กระบวนการนี้ คือ กระบวนการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตแร่ธาตุ โดยวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตแร่ธาตุมี 4 ชนิด โดยจะลำเลียงเข้ามาเก็บในถังเก็บเพื่อรอผสม

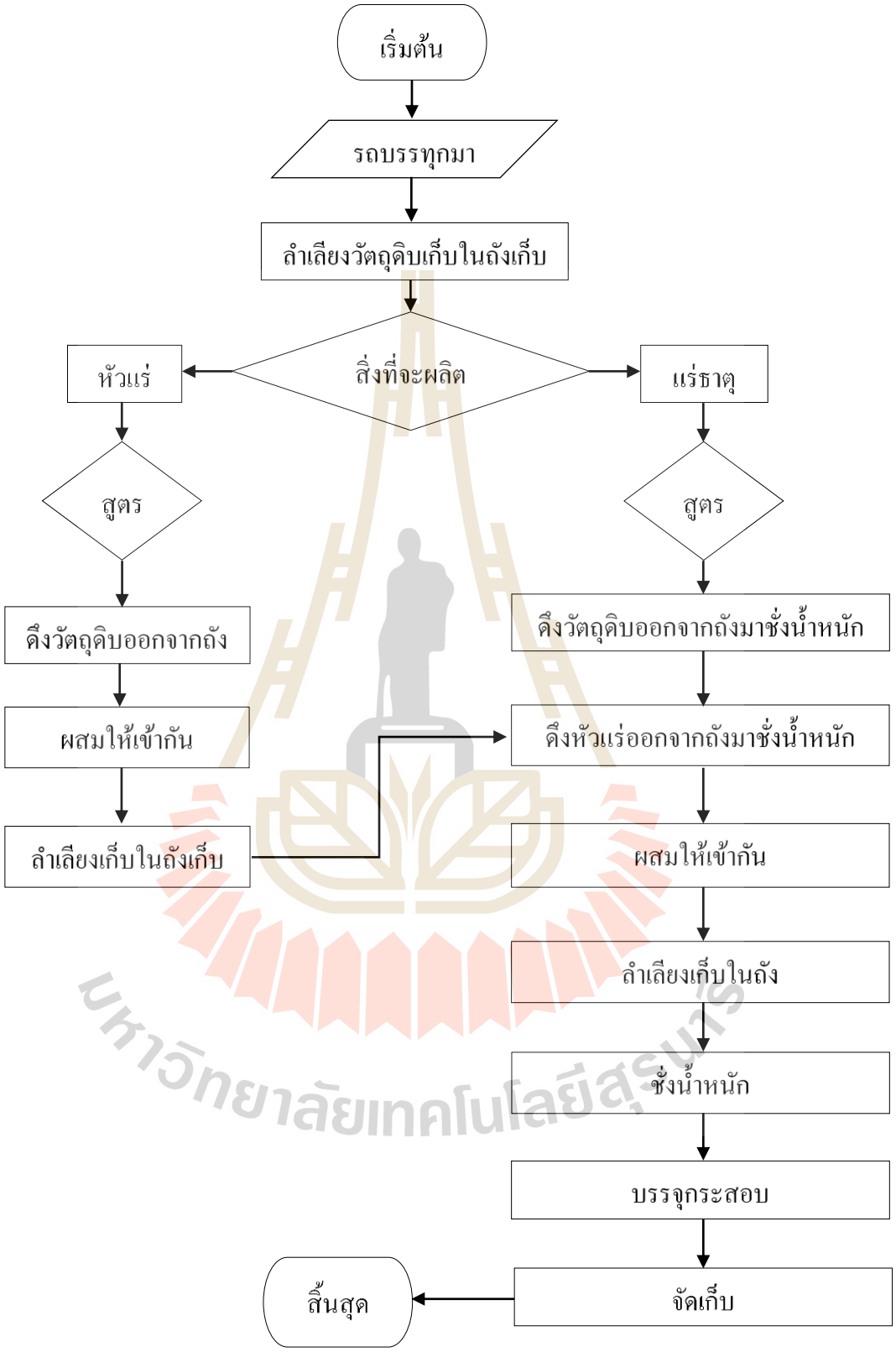
4) กระบวนการผลิตแร่ธาตุ

กระบวนการนี้ คือ กระบวนการผลิตแร่ธาตุโดยจะทำการดึงหัวแร่ และวัตถุดิบอื่นๆออกมาจากถังเก็บเพื่อมาผสมเป็นแร่ธาตุ โดยดึงวัตถุดิบคราวละ 1 ชนิด จนปริมาณได้ครบตามสูตรของทางโรงงานที่กำหนดไว้

5) กระบวนการบรรจุถุง

กระบวนการนี้ คือ กระบวนการที่พนักงานจะทำการแบ่งบรรจุแร่ธาตุลงถุง โดยมีขั้นตอนในการบรรจุ 3 ขั้นตอน คือ กรอกลงถุง เย็บปิดปากถุง และจัดเรียงลงพาเลทเพื่อทำการจัดส่งให้แก่ลูกค้าต่อไป

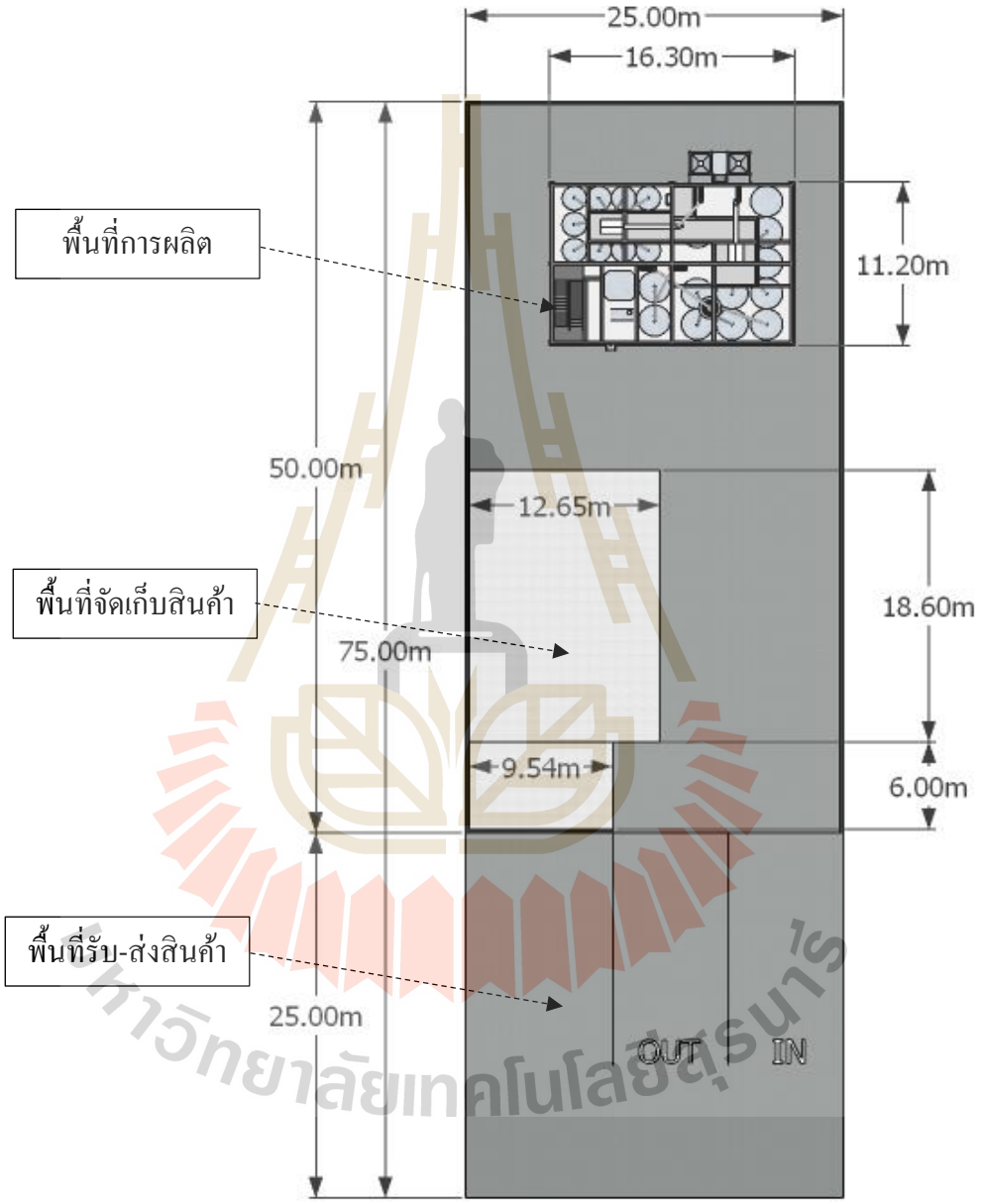
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

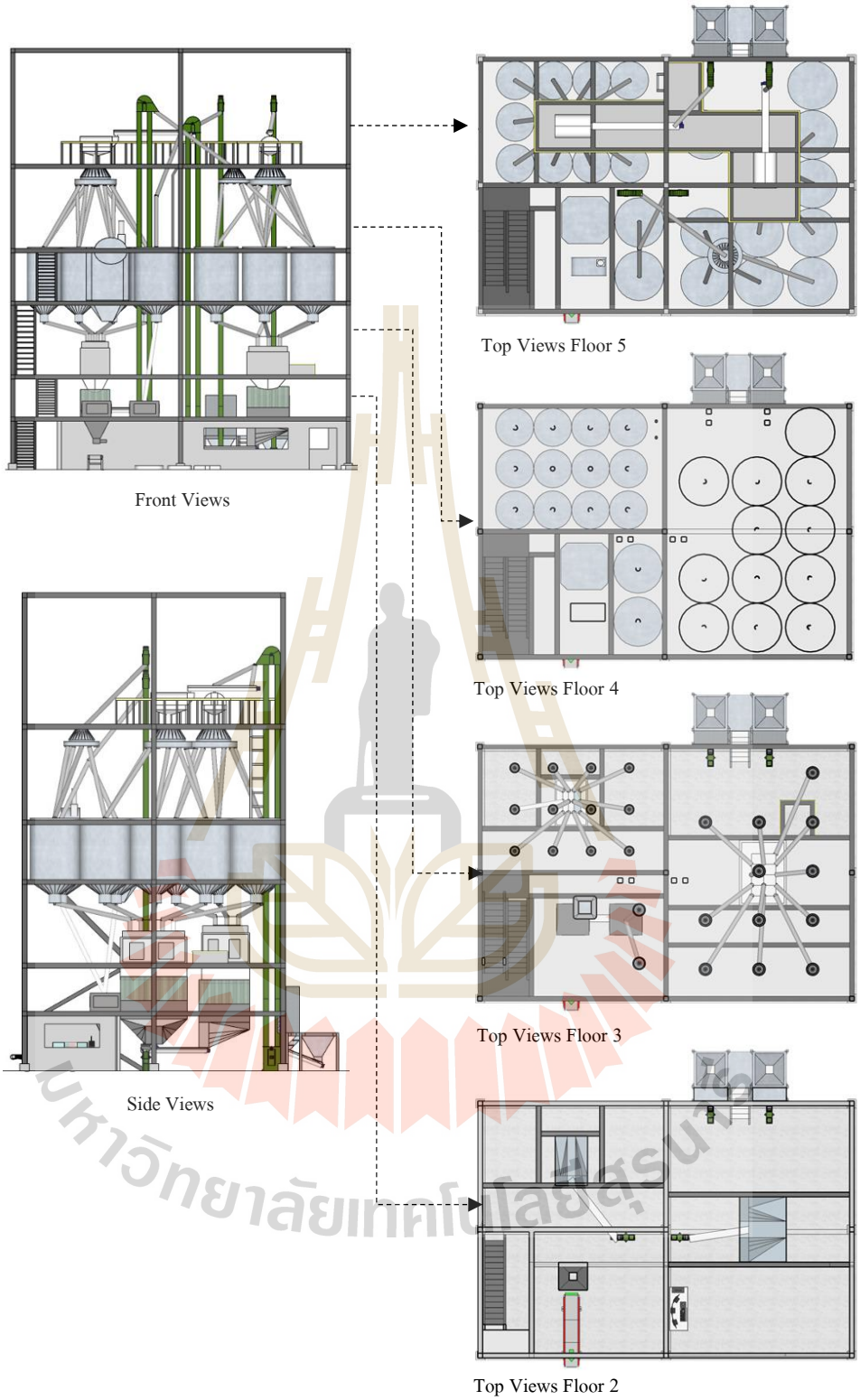
3.1.4 ข้อมูลการวางแผนผังโรงงาน

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา มีการวางแผนผังโรงงานและมีลักษณะพื้นที่ในการผลิตดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ลักษณะการวางแผนผังโรงงานของโรงงานกรณีศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.5 ลักษณะพื้นที่ในการผลิต

3.1.5 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

จากการศึกษาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนมของโรงงานกรณีศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1) ถังกรวยรับวัตถุดิบ (Intake Hopper) ทำหน้าที่ในการรับวัตถุดิบเพื่อนำเข้าสู่ระบบการผลิตของโรงงานต่อไปโดยมีก้นถังมีรูที่เอาไว้เชื่อต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการลำเลียง

2) สกรูลำเลียง (Screw Conveyor) เป็นอุปกรณ์ลำเลียงเอนกประสงค์ ผลิตจากเหล็กกล้าไร้สนิมเคลือบผิวชนิดพิเศษเพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้งาน อีกทั้งยังมีฝารางที่ยึดน็อตนอกจากนี้สกรูลำเลียงมาพร้อมกับมอเตอร์ฟันเฟืองที่เหมาะแก่การใช้งาน สกรูลำเลียง สามารถใช้งานสำหรับงานหนักขนาดเบาและงานหนักขนาดกลางทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะลำเลียง

3) กระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) เป็นเครื่องลำเลียงชนิดหนึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานกับการลำเลียงวัสดุในแนวดิ่ง ได้แก่ แป้งและมีลักษณะแห้ง, เป็นผงแป้ง, ไม่คม, วัสดุที่ไม่อัดตัวที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก โดยวัสดุจะถูกลำเลียงไปยังถังพักซึ่งอยู่ติดตั้งอยู่ในส่วนล่าง จากจุดดังกล่าววัสดุจะถูกตักขึ้นไปโดยลูกกระพ้อลำเลียง ซึ่งหมุนวนตั้งแต่ส่วนล่างไปจนกระทั่งส่วนบนของวงล้อวงกลม กระพ้อจะจ่ายวัสดุผ่านทางช่องทางออกในส่วนบนด้วยแรงเหวี่ยงหลังจากวัสดุได้ลำเลียงผ่านวงล้อมวงกลมในส่วนบนสุดแล้ว

4) หัวจ่ายวัตถุดิบ (Turn Head) ทำหน้าที่เป็นวาล์วควบคุมทิศทางการไหลของวัตถุดิบที่ลำเลียงผ่านท่อและมาบรรจบกันเป็นทางแยกเพื่อไหลไปยังปลายทางที่แตกต่างกันออกไป

5) เครื่องกรองวัตถุดิบ (Feed Clearer Machine) ทำหน้าที่กรองหรือดักสิ่งแปลกปลอมในส่วนอินพุตของการจัดเก็บและการถ่ายโอนในสายการผลิต เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายต่อเครื่องจักรในการทำงาน สิ่งนี้ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานของโรงงานผลิตทั้งหมดการใช้ส่วนประกอบที่มีคุณภาพสูงทำให้เครื่องทนทานต่อการสึกหรอ เพื่อลดความต้องการการบำรุงรักษาและเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องกรองสิ่งแปลกปลอม

6) ถังเก็บ (Bins) ทำหน้าที่เป็นจุดพักและกักเก็บของวัตถุดิบไว้สำหรับรอการผลิต ถังโดยทั่วไปจะใช้เก็บวัตถุแห้งเช่นปูนซีเมนต์หรือเมล็ดพืช เนื่องจากลักษณะแห้งของวัสดุที่เก็บไว้สามารถจัดการได้ง่ายขึ้นโดยการติดตั้งอุปกรณ์ขนถ่ายที่ใต้ถัง

7) ถังกรวยชั่งน้ำหนัก (Hopper Scales) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นถังกรวยมีระบบชั่งน้ำหนักอยู่ภายใน เพื่อชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการ

8) เครื่องผสม (Mixer) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นถังกรวยมีแกนหมุนพร้อมใบพายที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์สำหรับตีผสมอยู่ภายใน เพื่อผสมวัตถุดิบต่าง ๆให้เป็นเนื้อเดียวกัน

9) ท่อลำเลียง (Pipe) เป็นท่อโลหะที่ทำหน้าที่เป็นเส้นทางการลำเลียงของวัตถุดิบในแนวดิ่งจากด้านบนลงมาด้านล่าง

10) เครื่องบรรจุ (Filler Machine) เป็นเครื่องที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ถังกรวยชั่งน้ำหนัก เครื่องเย็บกระสอบ สายพาน เป็นต้น ทำงานโดยการชั่งน้ำหนัก แล้วเย็บปิดปากกระสอบและสายพานทำการลำเลียงออก

11) เครนติดผนังแบบวิ่งตามราง (Wall Cranes) เป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ช่วยในการขนย้ายวัตถุดิบจากจุดเก็บวัตถุดิบมายังจุดเทวัตถุดิบเข้าระบบการผลิต โดยจะติดตั้งอยู่ที่กำแพงในระดับเหนือศีรษะ และเลื่อนไป-มาได้ตามล่างที่ติดอยู่ที่กำแพง

3.2 ศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

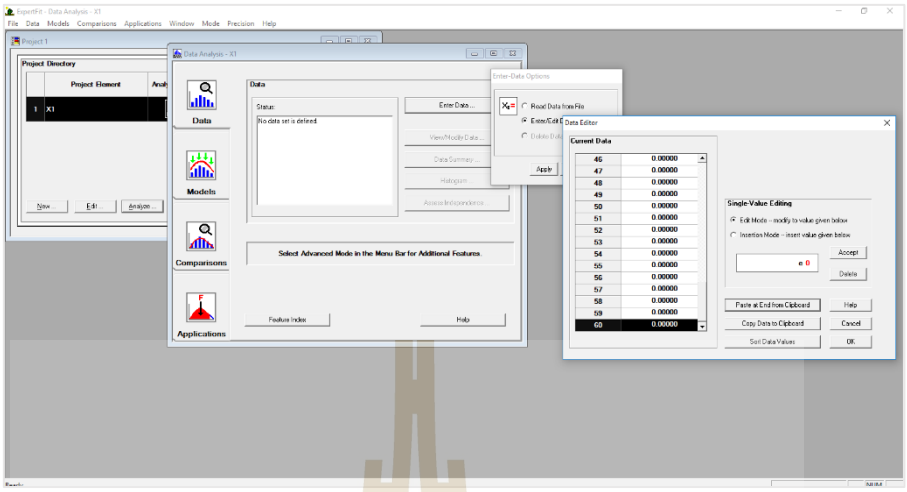
จากการศึกษาสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้สามารถสรุปปัญหาต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.2.1 โรงงานวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงานและการจัดลำดับการผลิตเป็นส่วนใหญ่ไม่ได้อาศัยกฎเกณฑ์ทางทฤษฎีใด ๆ

3.2.2 การวางแผนการใช้ทรัพยากรและเตรียมการทำได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบปริมาณการใช้ทรัพยากรที่แท้จริงในแต่ละวัน

3.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ขั้นตอนนี้มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ โปรแกรม Expert Fit® ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยกำหนดและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ชุดข้อมูลว่ามีการกระจายความน่าจะเป็นแบบใดที่เป็นตัวแทนของชุดข้อมูล



รูปที่ 3.6 โปรแกรม Expert Fit®

3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต

เริ่มดำเนินการโดยการประชุมกับโรงงาน จากนั้นทำการวัดพื้นที่และแผนผังโรง รวมไปถึงเก็บข้อมูลรูปร่าง เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต นำข้อมูลที่ได้มาวาดในโปรแกรม Sketch Up 2015 ซึ่งจะได้ แผนผังโรงงาน และ รูปร่าง 3 มิติของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตจริง เก็บข้อมูลเวลาการผลิต ข้อมูลเครื่องจักร ข้อมูลอัตราการไหลของวัตถุดิบและได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์การกระจายตัวทางสถิติในโปรแกรม Expert Fit® โดยข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตก่อนนำไปวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1 และรูปผลทดสอบการกระจายตัวทางสถิติแสดงในภาคผนวก ก และข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหลแสดงในภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลความต้องการแร่ธาตุ (ข้อมูลตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน)

Arrival	Customer Name	Order	Type	Quantity (Tons)	Due (Day)
Arrival1	Customer 1	1	1	20	15
Arrival2	Customer 2	2	2	10	25
Arrival3	Customer 3	3	3	35	28
Arrival4	Customer 4	4	4	6	35
Arrival5	Customer 5	5	2	10	40
Arrival6	Customer 6	6	2	10	35
Arrival7	Customer 7	7	1	30	15
Arrival8	Customer 8	8	3	40	45
Arrival9	Customer 9	9	3	10	45
Arrival10	Customer 10	10	3	30	40
Arrival11	Customer 11	11	3	50	30
Arrival12	Customer 12	12	3	40	30
Arrival13	Customer 13	13	3	20	23
Arrival14	Customer 14	14	1	10	12
Arrival15	Customer 15	15	3	30	25
Arrival16	Customer 16	16	3	10	35
Arrival17	Customer 17	17	3	30	30
Arrival18	Customer 18	18	1	20	45
Arrival19	Customer 19	19	3	10	20
Arrival20	Customer 20	20	3	20	30
Arrival21	Customer 21	21	3	30	45
Arrival22	Customer 22	22	3	10	24
Arrival23	Customer 23	23	3	10	20
Arrival24	Customer 24	24	3	25	25
Arrival25	Customer 25	25	4	4	10
Total				520	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตก่อนนำไปวิเคราะห์

ครั้ง	เวลาแต่ละขั้นตอนการผลิต (หน่วย: วินาที)					
	ผสมหัวแร่	ผสมแร่ธาตุ	บรรจุลงถุง	เย็บปากถุง	Unload Time	Load Time
1	901	1214	42	11.2	14.2	8.26
2	958	1287	41	16.09	11.66	4.80
3	939	1211	31	12.48	11.42	5.13
4	912	1258	41	15.84	13.22	7.34
5	922	1226	41	15.59	12.71	6.59
6	944	1218	34	17.87	11.54	5.30
7	904	1312	38	13.71	13.64	3.44
8	934	1272	45	15.45	14.68	7.26
9	936	1232	48	18.74	11.34	8.61
10	943	1308	40	14.63	12.52	3.86
11	935	1311	34	12.58	14.6	8.14
12	930	1296	44	12.39	11.23	8.43
13	908	1248	33	15.21	11.39	3.47
14	946	1248	35	11.08	13.49	7.76
15	937	1214	46	11.65	14.04	7.37
16	903	1292	48	10.76	15.35	6.57
17	960	1213	40	10.11	13.54	7.40
18	943	1259	44	11.47	15.22	4.63
19	900	1283	49	11.53	10.32	3.52
20	949	1249	50	16.19	12.57	4.64
21	924	1245	41	16.25	13.1	7.10
22	925	1308	41	10.43	15.33	4.27
23	921	1276	37	16.39	12.4	3.22
24	935	1231	33	14.41	10.28	6.16
25	952	1310	39	15.5	10.69	7.38
26	930	1219	32	11.18	13.41	8.30
27	946	1272	50	15.23	15.7	7.51
28	914	1245	50	12.22	15.44	5.23
29	926	1274	36	13.27	12.34	7.17
30	933	1204	34	12.36	10.72	3.70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Expert Fit ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยกำหนดและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ชุดข้อมูล มีขั้นตอนการใช้งานดังรูปที่ 3.7

Step 1 เมื่อเปิดโปรแกรม Expert Fit แล้วให้กด New เพื่อสร้าง Project

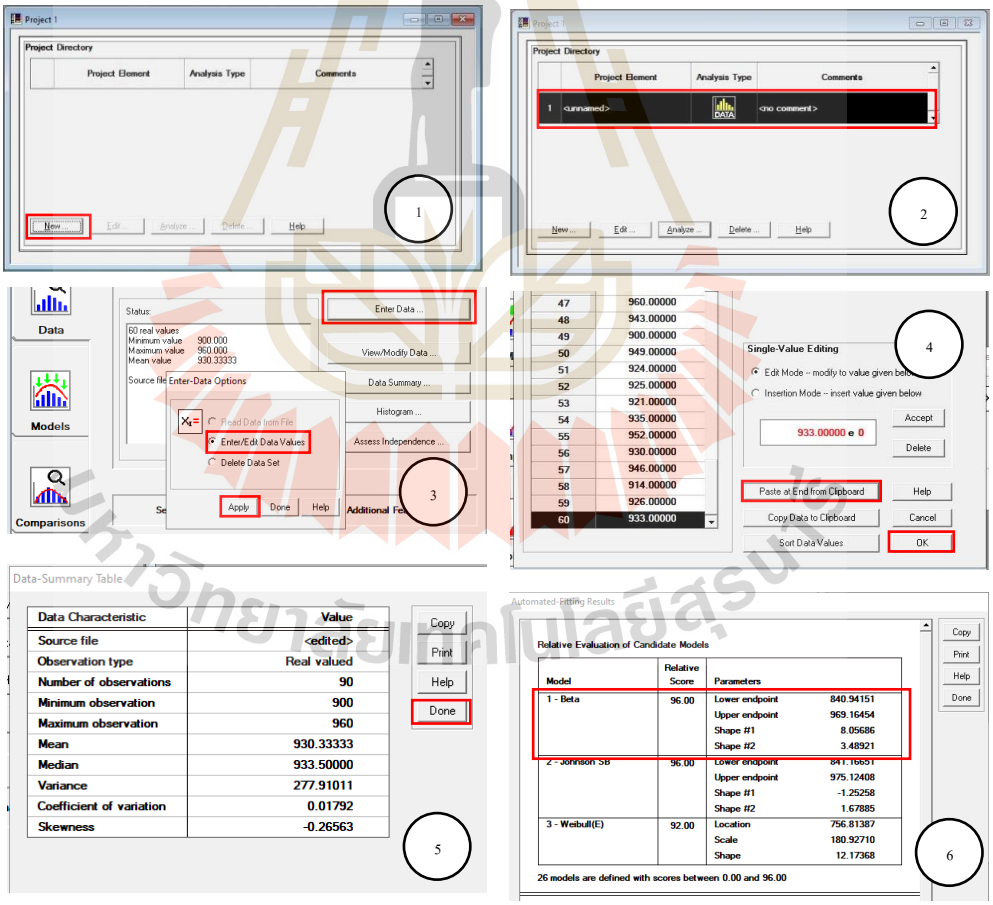
Step 2 ตั้งชื่อโปรเจค > กด OK > ดับเบิลคลิกที่ Project ที่สร้างขึ้นมา > เลือก Enter Data

Step 3 เลือก Enter/Edit Data Values > กด Apply

Step 4 คัดลอกชุดข้อมูลมา > เลือก Paste at End from Clipboard > กด OK

Step 5 โปรแกรมจะแสดง Data-Summary Table ขึ้นมา > กด Done

Step 6 เลือกแทบ Models > Automated Fitting จะได้รูปแบบการกระจายตัวทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการผลิตดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Expert Fit

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลรูปแบบการกระจายตัวทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการผลิต

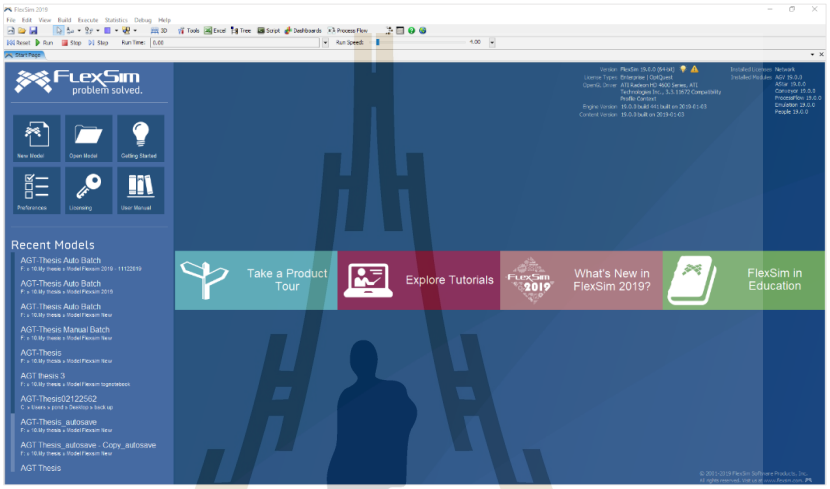
ขั้นตอน	ข้อมูลการกระจายตัว		
ผสมหัวแร่	รูปแบบ	johnson (1202.66789, 1317.90983, 0.07686, 0.56672)	
		Min: 1202.66789	Max: 1317.90983
		Shape1: 0.07686	Shape2: 0.56672
ผสมแร่ธาตุ	รูปแบบ	beta (840.94151, 967.88737, 7.77193, 3.25202)	
		Min: 840.94151	Max: 967.88737
		Shape1: 7.77193	Shape2: 3.25202
บรรจุลงถุง	รูปแบบ	beta (30.80677, 51.37129, 1.04589, 1.16804)	
		Min: 30.80677	Max: 51.37129
		Shape1: 1.04589	Shape2: 1.16804
เย็บปากถุง	รูปแบบ	johnson (9.9169, 19.16951, 0.35020, 0.70885)	
		Min: 9.9169	Max: 19.16951
		Shape1: 0.35020	Shape2: 0.70885
Unload จัดลงพาเลท	รูปแบบ	beta (10.19585, 15.79093, 0.95866, 0.99604)	
		Min: 10.19585	Max: 15.79093
		Shape1: 0.95866	Shape2: 0.99604
Load จัดลงพาเลท	รูปแบบ	johnson (3.07983, 8.64569, -0.12756, 0.51468)	
		Min: 3.07983	Max: 8.64569
		Shape1: -0.12756	Shape2: 0.51468

จากตารางที่ 3.3 คือรูปแบบการกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุดที่โปรแกรมวิเคราะห์และเลือกแบบ Automated Fitting โดยข้อมูลรูปแบบการกระจายตัวจะประกอบไปด้วย รูปแบบลักษณะการกระจายตัว (ค่าMinของข้อมูล, ค่าMaxของข้อมูล, ค่าShape1, ค่า Shape2)

3.4 การสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตปัจจุบัน

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติการแสดงผลแบบ 3 มิติแบบ Real Time สามารถจำลองระบบได้ครอบคลุมสายห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) อาทิ ใช้เพื่อ

ออกแบบคลังสินค้า (Warehouse) และระบบการจัดเก็บสินค้าแบบอัตโนมัติ (AS/RS) สามารถใช้วิเคราะห์การรับและจ่ายสินค้าได้ (Input/output Analysis) พร้อมทั้งแสดงการจำลองเพื่อวางแผนในการควบคุมวัสดุคงคลัง (Inventory Control) การวิเคราะห์ Performance ของสายการผลิตได้อย่างหลากหลาย เช่น OEE, Utilization, WIP, Throughput, Productivity และอื่น ๆ อีกมากมาย

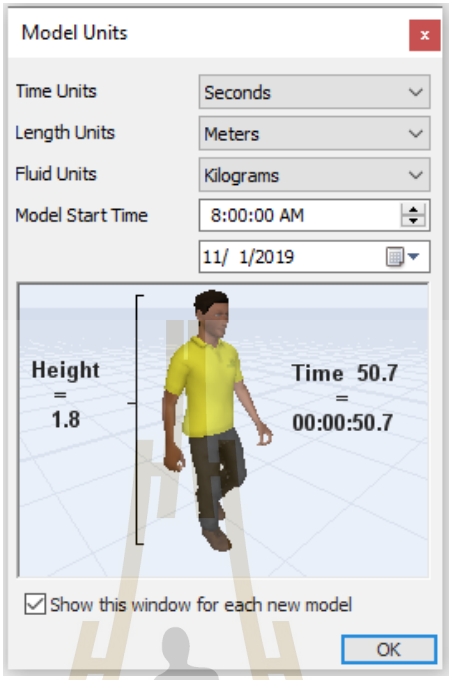


รูปที่ 3.8 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim®

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนมนี้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim 2019 Version 19.0.0 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและใช้ในการทดลองมีรายละเอียดของเครื่องดังนี้ CPU Intel(R) Core(TM) i7-7500 (2.70 GHz-2.90 GHz), Ram 8.00 GB, การ์ดจอ Redeon (TM) R7 M445 และใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 Home X64

3.4.1 การกำหนดค่าพื้นฐานของแบบจำลอง

เป็นการกำหนดค่าพื้นฐานที่จะใช้ในแบบจำลองนี้ โดยในแบบจำลองนี้จะกำหนดหน่วยเวลาเป็นวินาที ความยาวหน่วยเป็นเมตร ของไหลหน่วยเป็นกิโลกรัม เวลาเริ่มแบบจำลองคือ 08.00 น. วันที่ 1 พฤศจิกายน 2562 แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 หน้าต่างกำหนดค่าพื้นฐานของแบบจำลอง

3.4.2 การสร้างเค้าโครงของพื้นการผลิต

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดการวางผังโรงงานของแบบจำลอง ให้มีความสมจริงมากที่สุดทั้งในลักษณะพื้นที่การทำงานและระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุ วัตถุดิบ สินค้า เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการสร้างเค้าโครงของแบบจำลองดังนี้

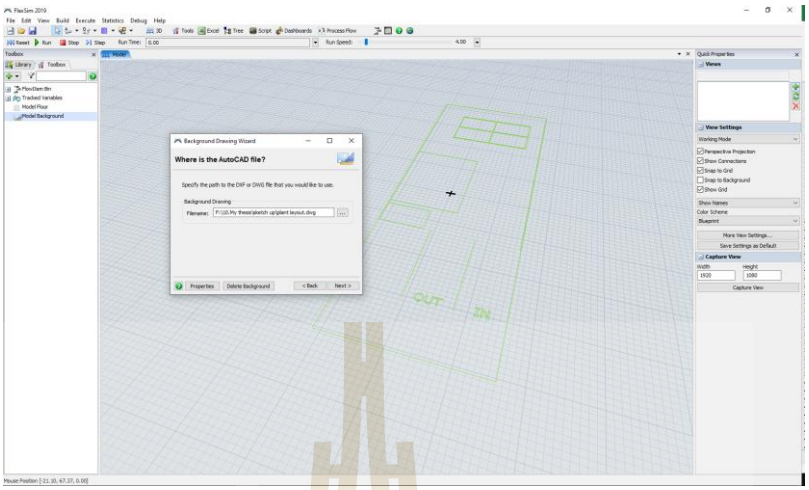
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแผนผังโรงงาน

Step 1 เลือกแทบ Toolbox ที่อยู่ทางด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม

Step 2 เลือก Visual > Model Background

Step 3 เลือกประเภทของไฟล์ Background > เลือกแผนผังโรงงานที่วาดเตรียมไว้

Step 4 ปรับแต่งตำแหน่งผัง > ปรับแต่งลักษณะสีของเส้นตามต้องการ เมื่อเสร็จแล้วจะได้แผนผังโรงงานดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 หน้าต่างการกำหนดแผนผังโรงงาน

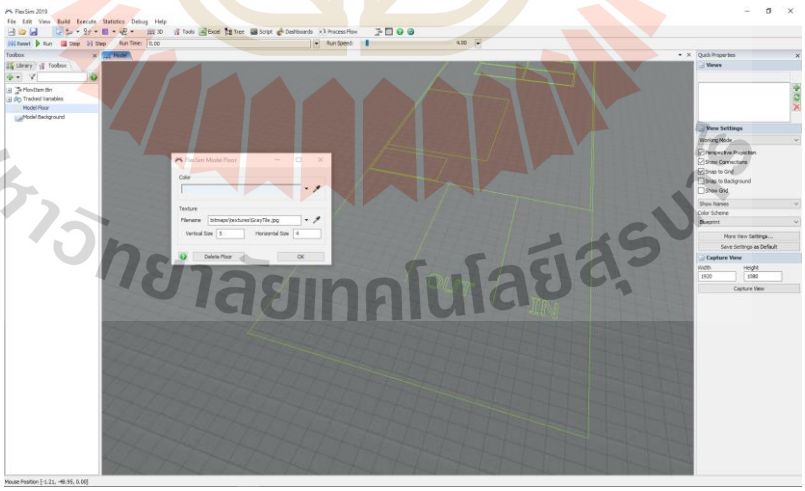
ขั้นตอนที่ 2 การสร้างพื้นหลังให้แบบจำลอง

Step 1 เลือกแทบ Toolbox

Step 2 เลือก Visual > Flexsim Model Floor

Step 3 เลือก Color > เลือก Texture > เลือก Gray Tile

Step 4 ปรับแต่งขนาดของ Texture เมื่อเสร็จแล้วจะได้พื้นหลังลักษณะดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 หน้าต่างการกำหนดพื้นหลังให้แบบจำลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างโครงสร้างหลักของพื้นที่การผลิต

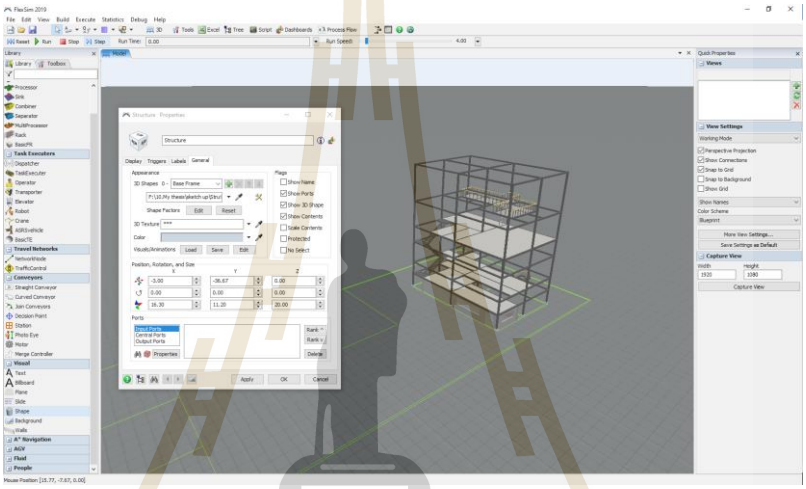
Step 1 เลือกแทบ Library

Step 2 เลือก Visual > Shape

Step 3 เปิดหน้าต่างของ Shape ที่สร้างขึ้นมา > เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น Structure

Step 4 เลือกแทบ General > เลือก Add a new shape frame > เลือกไฟล์ 3 D ที่เตรียมไว้

Step 5 กด Apply > กด OK จะได้โครงสร้างหลักของพื้นการผลิตดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 หน้าต่างการกำหนดโครงสร้างหลักของพื้นที่การผลิต

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างโครงสร้างหลักอื่น ๆ ของโรงงาน

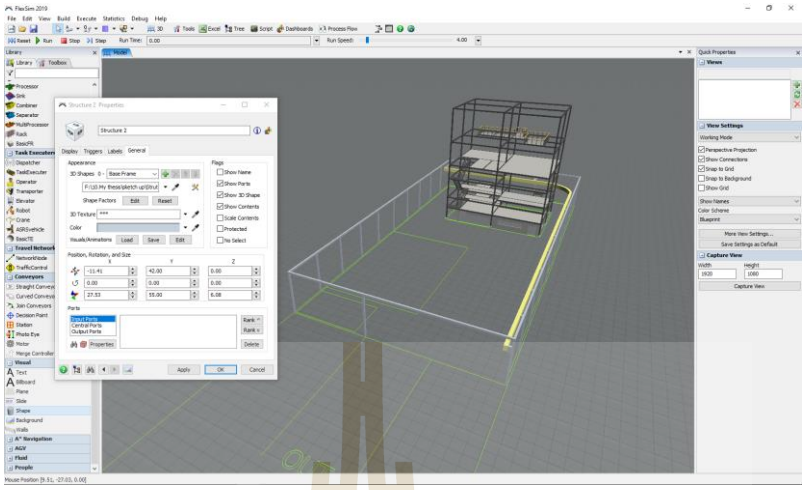
Step 1 เลือกแทบ Library

Step 2 เลือก Visual > Shape

Step 3 เปิดหน้าต่างของ Shape ที่สร้างขึ้นมา > เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น Structure 2

Step 4 เลือกแทบ General > เลือก Add a new shape frame > เลือกไฟล์ 3 D ที่เตรียมไว้

Step 5 กด Apply > กด OK จะได้โครงสร้างหลักอื่น ๆ ของโรงงานดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 หน้าต่างการกำหนดโครงสร้างอื่น ๆ ของโรงงาน

3.4.3 การเลือกและกำหนด Object ในแบบจำลองที่ใช้แทนเครื่องจักร

ขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกและกำหนด Object ที่ทำหน้าที่เหมาะสม ลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องจักรจริงมากที่สุด รวมทั้งเลือก Object ที่มีการตั้งค่าต่าง ๆ ที่ตรงกับความต้องการที่จะใช้งานมากที่สุด โดยมีการเลือกและกำหนดการใช้ Object ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเลือกและกำหนด Object ในแบบจำลองที่ใช้แทนเครื่องจักร

เครื่องจักรในระบบจริง	Object ในแบบจำลอง
ถังกรวยรับวัตถุดิบ (Intake Hopper)	Item to Fluid
สกรูลำเลียง (Screw Conveyor)	Fluid Pipe
กระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator)	Fluid Pipe
ท่อลำเลียง (Pipe)	Fluid Pipe
เครื่องกรองวัตถุดิบ (Feed Clearer Machine)	Fluid Processor
หัวจ่ายวัตถุดิบ (Turn Head)	Fluid Processor
ถังเก็บ (Bins)	Fluid Tank
ถังกรวยชั่งน้ำหนัก (Hopper Scales)	Fluid Mixer
เครื่องผสม (Mixer)	Fluid Processor
เครื่องบรรจุ (Filler Machine)	Fluid to Item

3.4.4 การสร้าง Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

ขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้าง Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เป็นการใช้ Object ที่สร้างขึ้นมาทำหน้าที่เสมือนเครื่องจักรที่ใช้ในระบบการผลิตจริง โดยมีขั้นตอนการสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

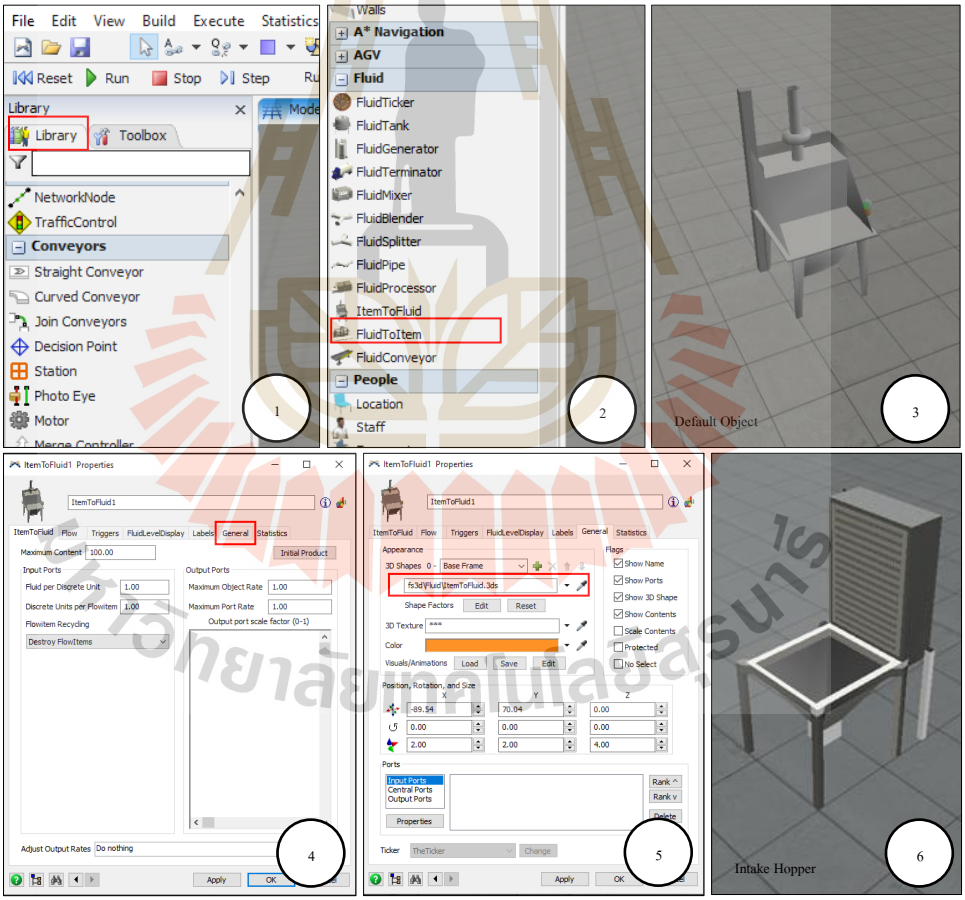
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Processor

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Processor

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes เครื่องกรองวัตถุดิบ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object เครื่องกรองวัตถุดิบ



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังกรวยรับวัตถุดิบ

ถังเก็บวัตถุดิบ (Bins) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.15

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

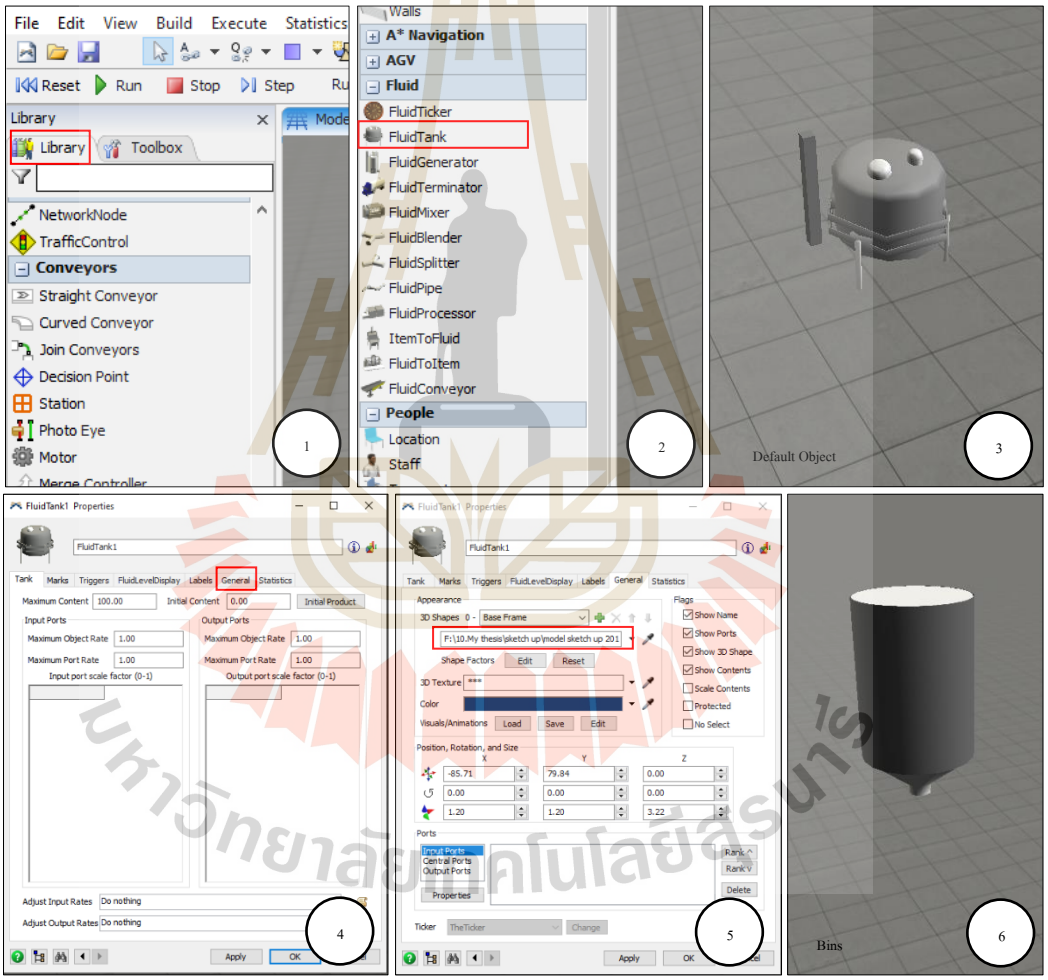
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Tank

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Tank

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes ถังเก็บวัตถุดิบ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object ถังเก็บวัตถุดิบ



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังเก็บวัตถุดิบ

เครื่องกรองวัตถุดิบ (Feed Clearer Machine) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.16

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

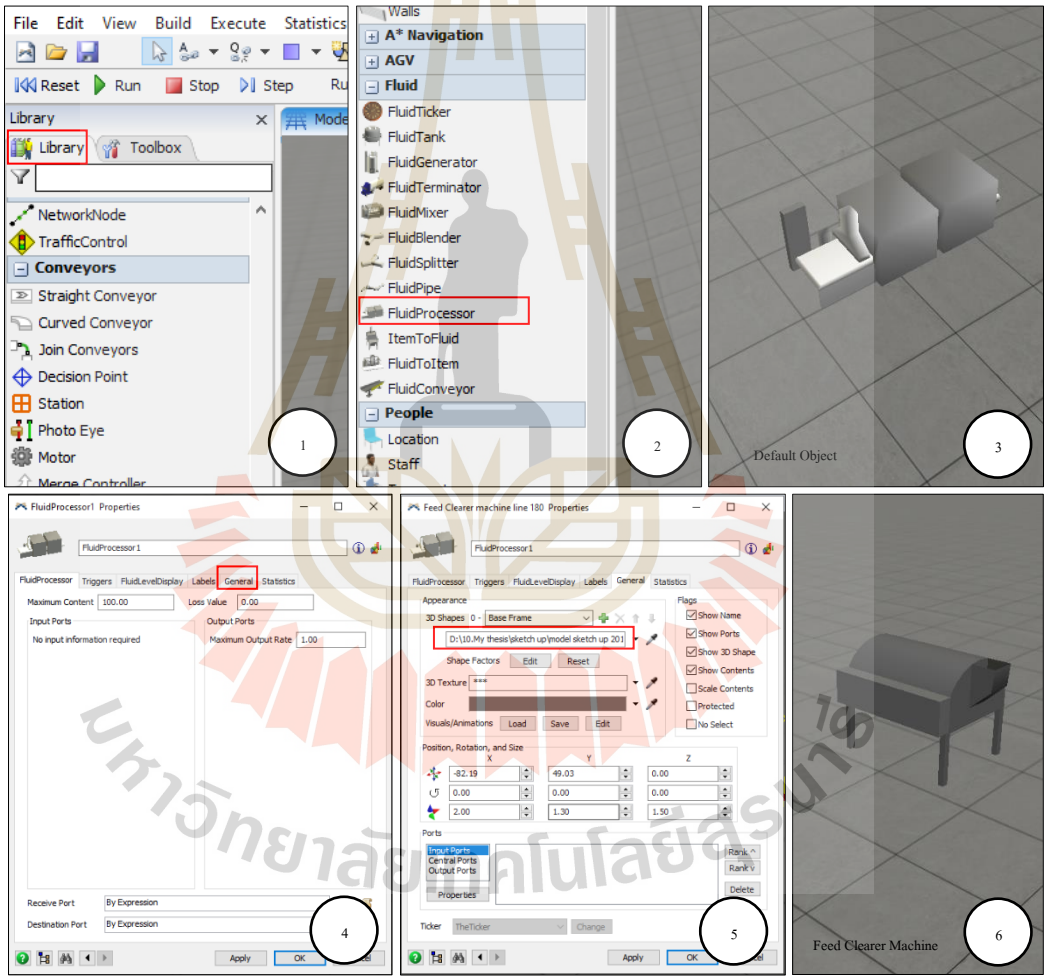
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Processor

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Processor

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes เครื่องกรองวัตถุดิบ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object เครื่องกรองวัตถุดิบ



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการสร้าง Object เครื่องกรองวัตถุดิบ

หัวจ่ายวัตถุดิบ (Turn Head) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.17

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

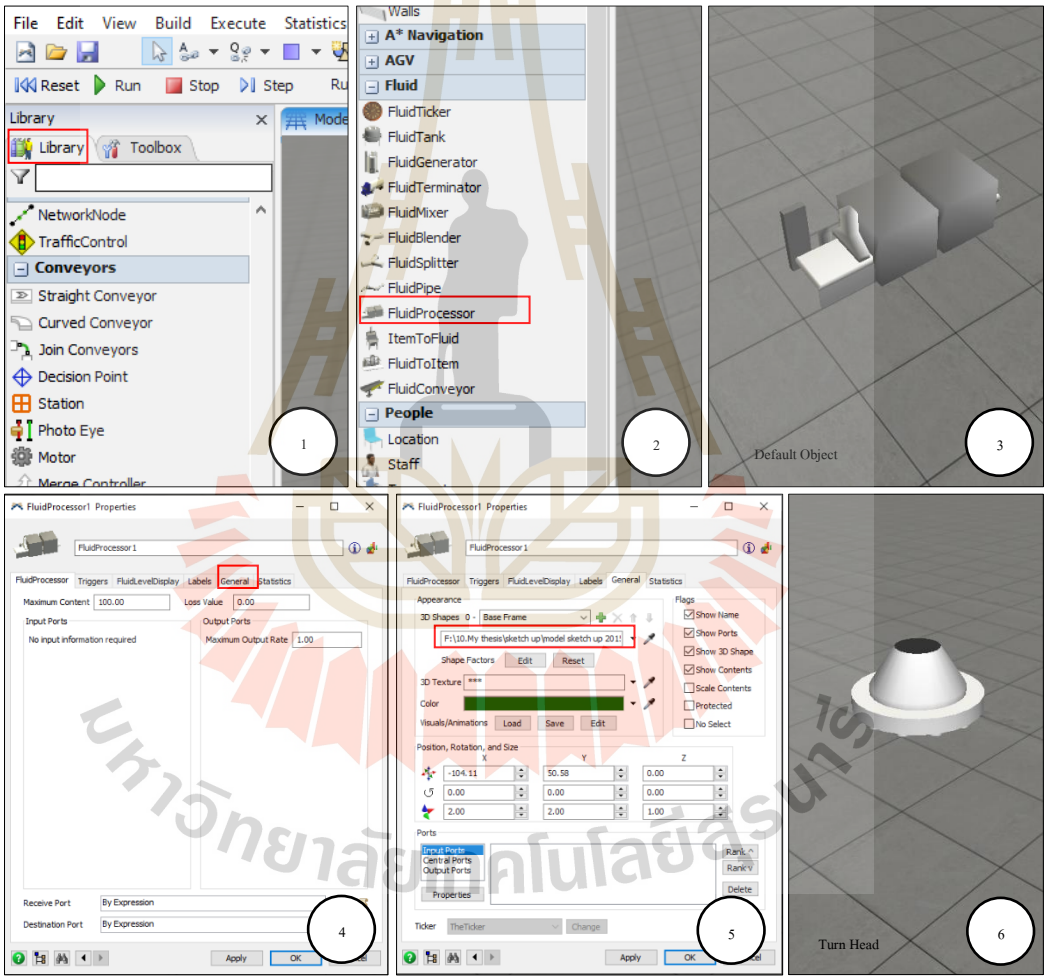
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Processor

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Processor

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes หัวจ่ายวัตถุดิบ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object หัวจ่ายวัตถุดิบ



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการสร้าง Object หัวจ่ายวัตถุดิบ

ท่อลำเลียง (Pipe) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.18

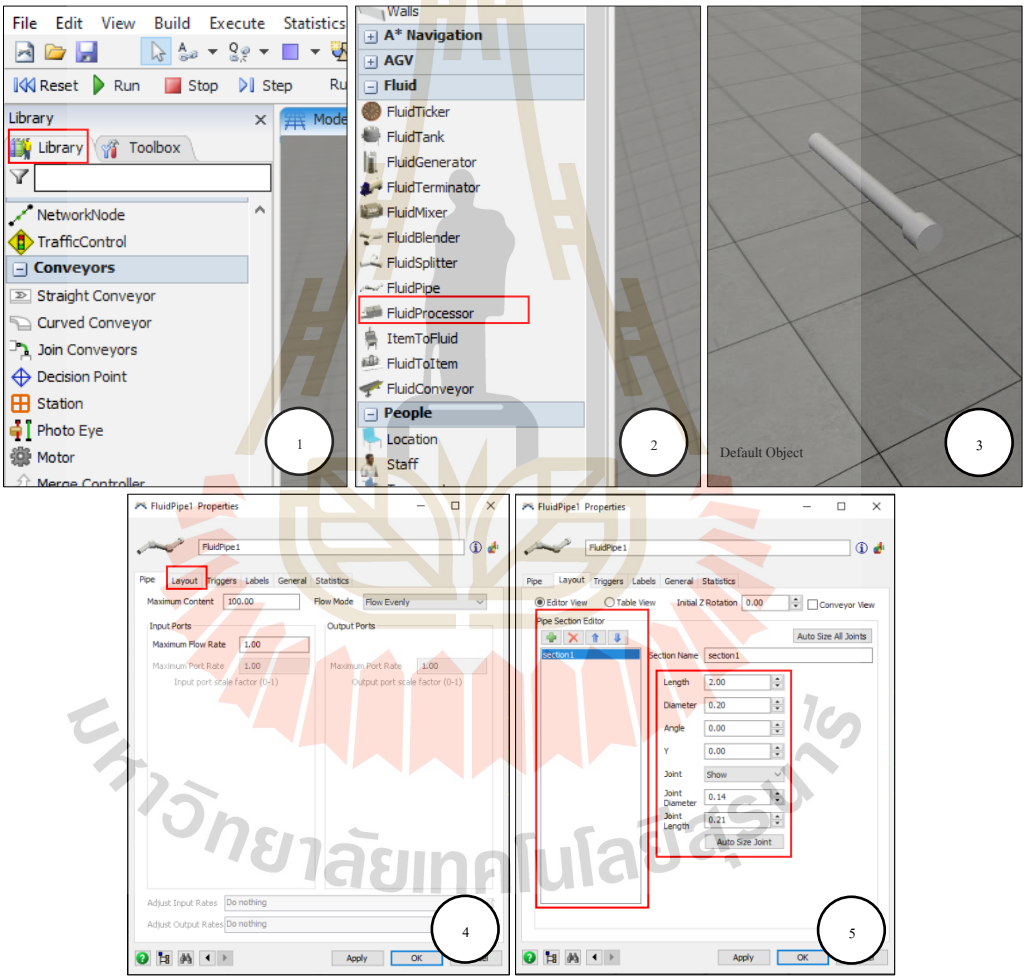
Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Pipe

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Pipe

Step 4 เลือกแถบ Layout

Step 5 ปรับเพิ่มหรือลด Section ของท่อได้ที่ Pipe Section Editor > ปรับรายละเอียดของท่อลำเลียงแต่ละ Section ได้ที่ Editor ของ Section นั้น ๆ > Apply > OK



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการสร้าง Object ท่อลำเลียง

กระพ้อลำเลียง (Bucket Elevator) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.19

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

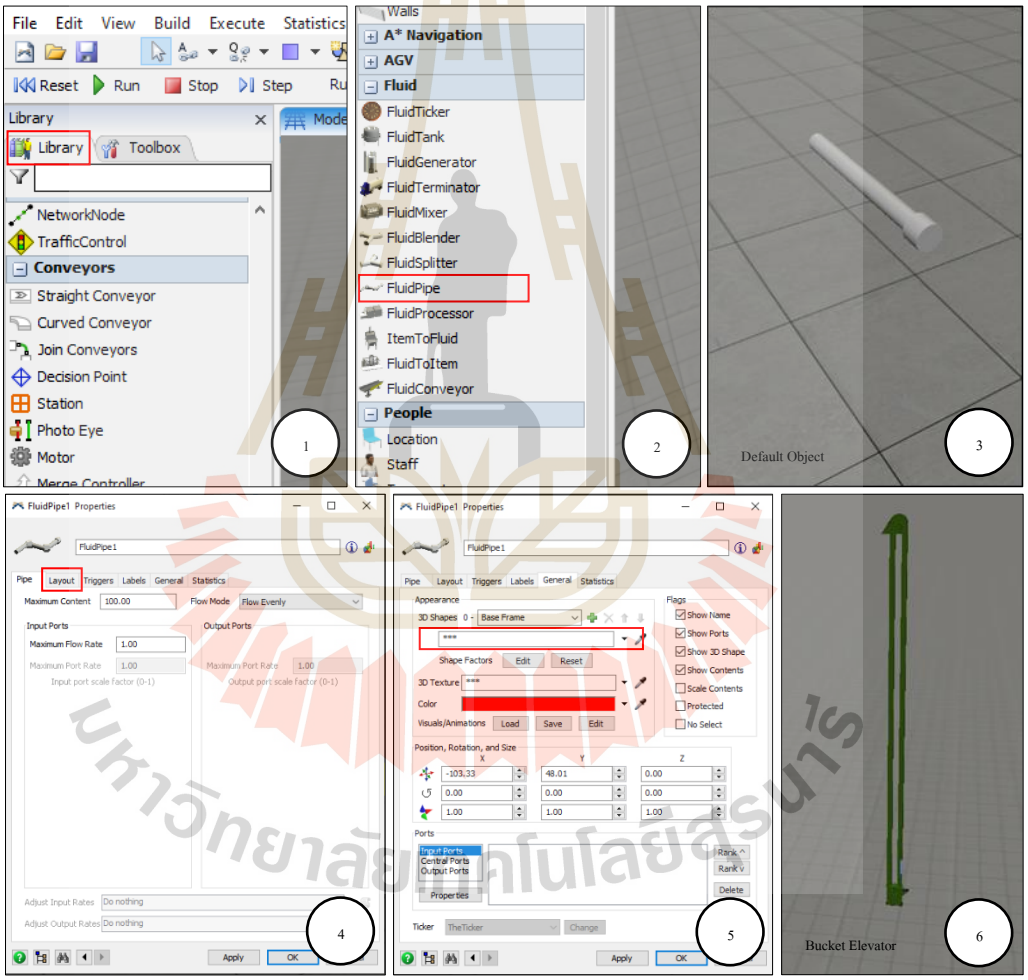
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Pipe

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Pipe

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes กระพ้อลำเลียง > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object กระพ้อลำเลียง



รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการสร้าง Object กระพ้อลำเลียง

สกรูลำเลียง (Screw Conveyor) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.20

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

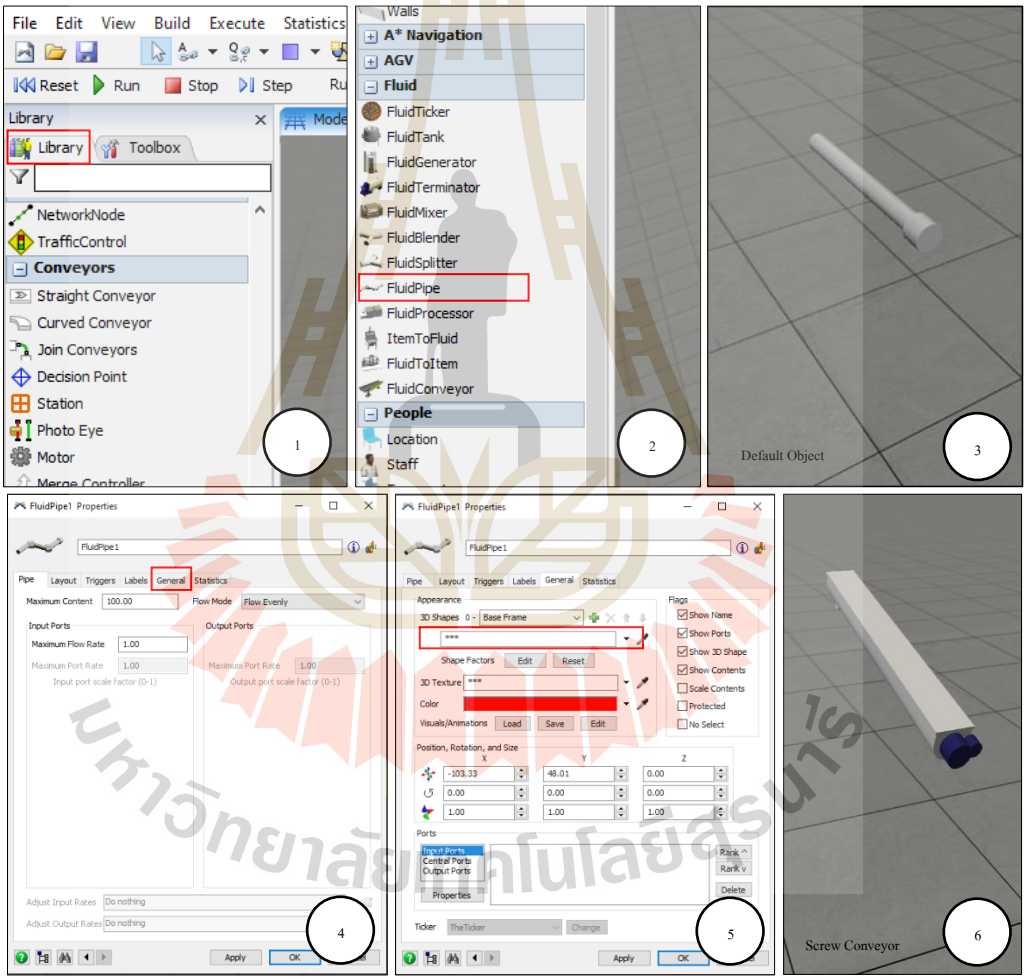
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Pipe

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Pipe

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes สกรูลำเลียง > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object สกรูลำเลียง



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการสร้าง Object สกรูลำเลียง

ถังกรวยชั่งน้ำหนัก (Hopper Scales) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.21

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

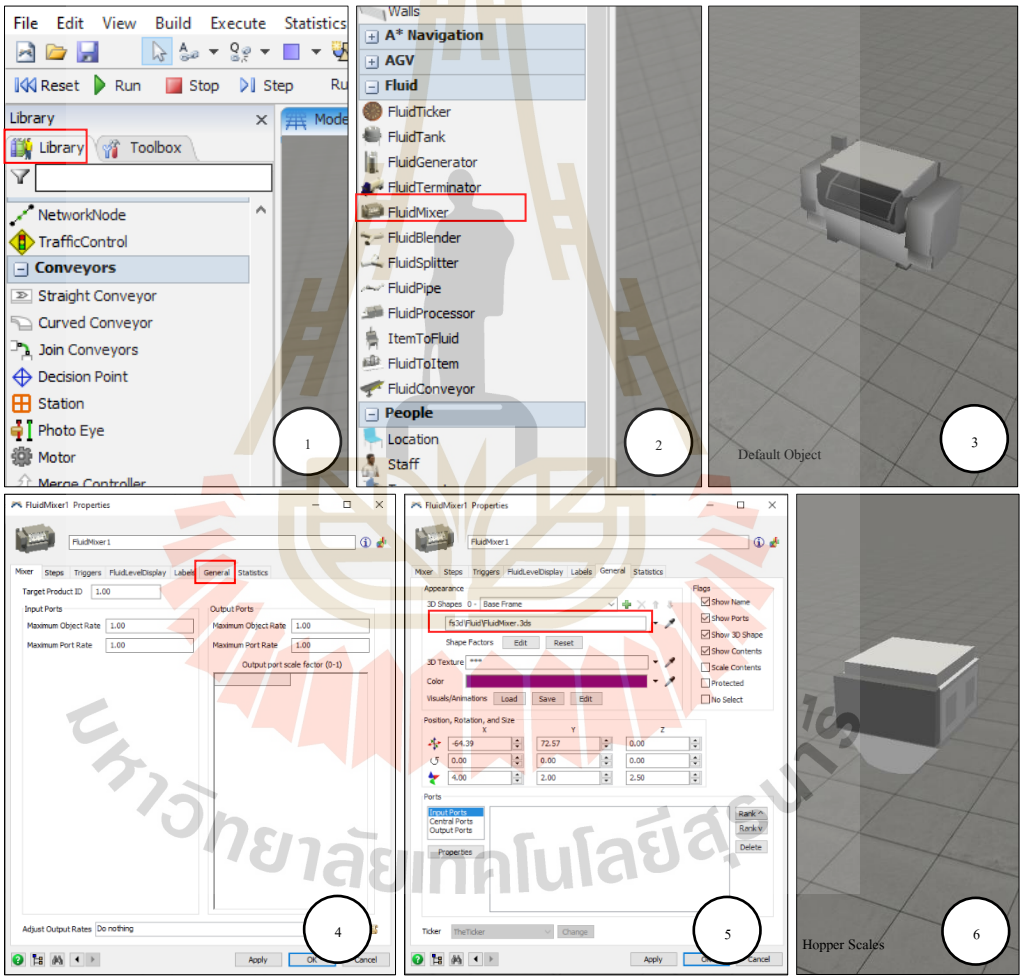
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Mixer

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Mixer

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes ถังกรวยชั่งน้ำหนัก > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.21 ขั้นตอนการสร้าง Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก

เครื่องผสม (Mixer) มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.22

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

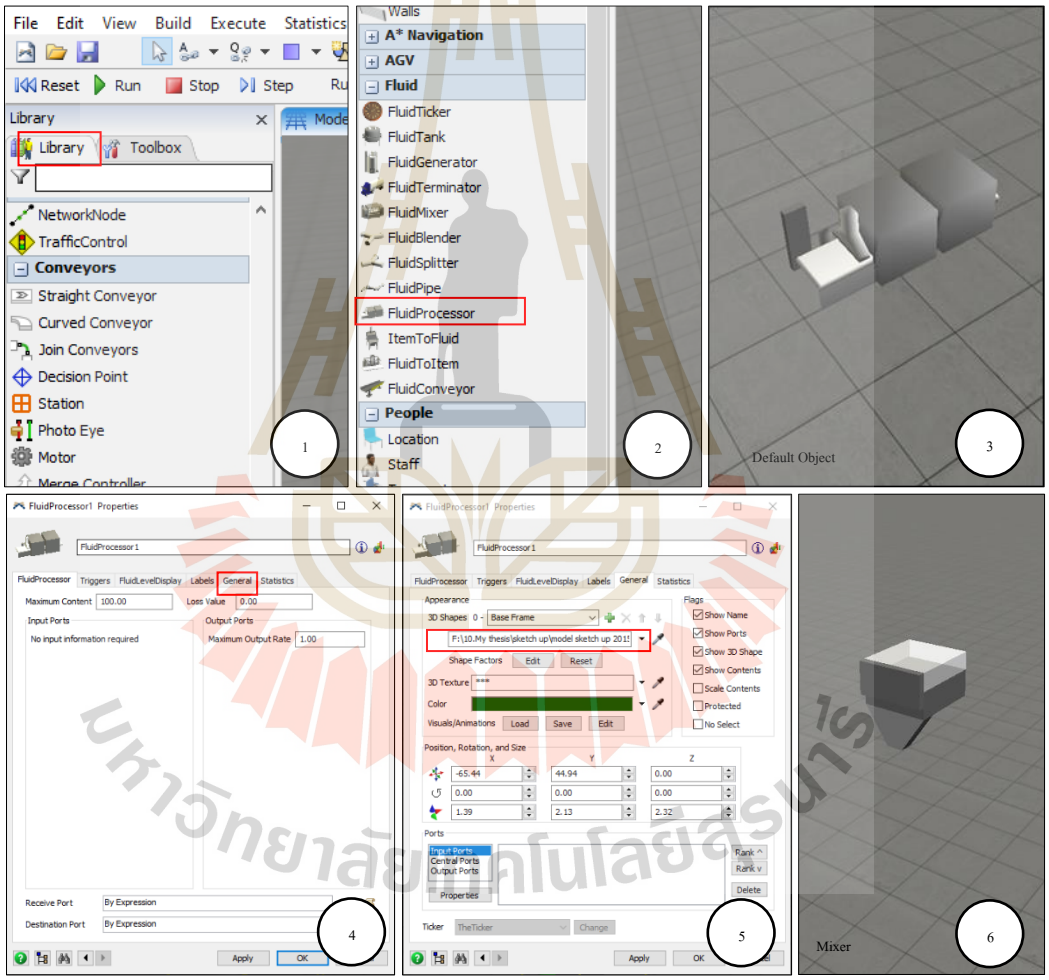
Step 2 เลือกแทบของ Fluid > เลือก Fluid Processor

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Fluid Processor

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes เครื่องผสม > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object เครื่องผสม



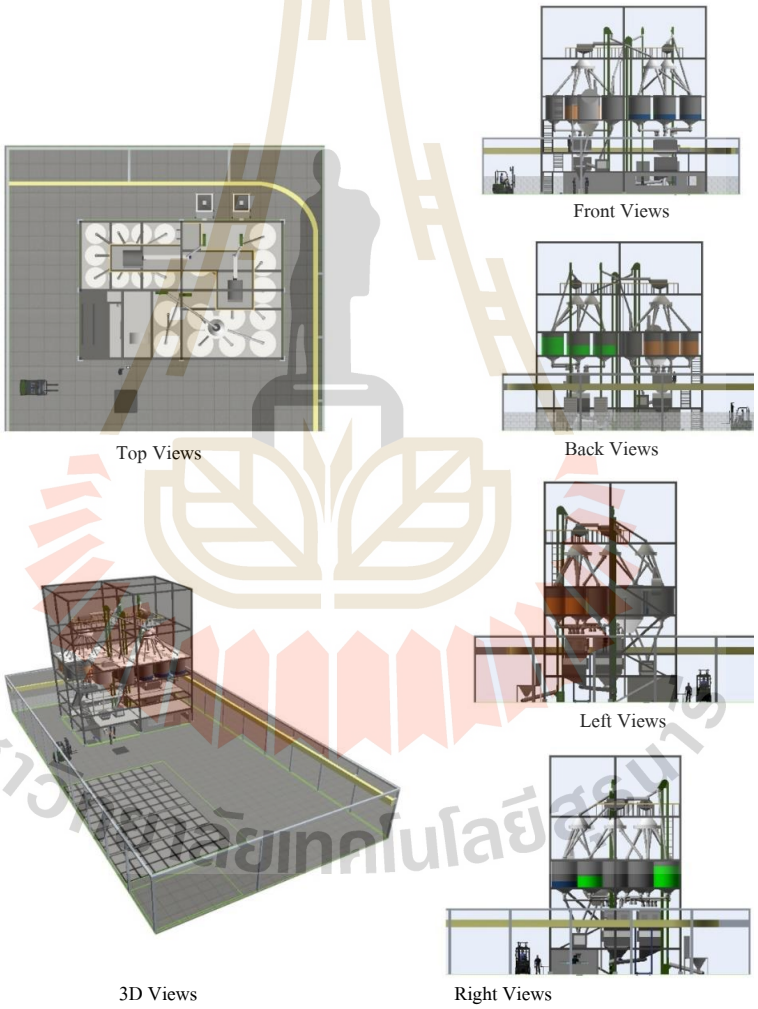
รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการสร้าง Object เครื่องผสม

3.4.5 การสร้างกระบวนการผลิต

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนหลังจากการสร้าง Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแล้วโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การประกอบและจัดเรียง

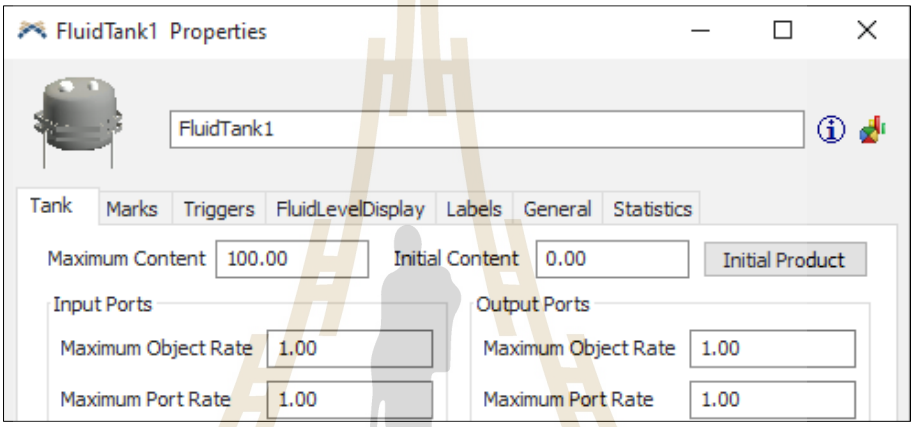
เริ่มจากนำ Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตที่สร้างขึ้นมาจัดเรียงลงไปยังตำแหน่งในพื้นการผลิต เมื่อจัดเรียงลงไปยังตำแหน่งในพื้นการผลิตเสร็จแล้วจะได้แบบจำลองกระบวนการผลิตที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.23



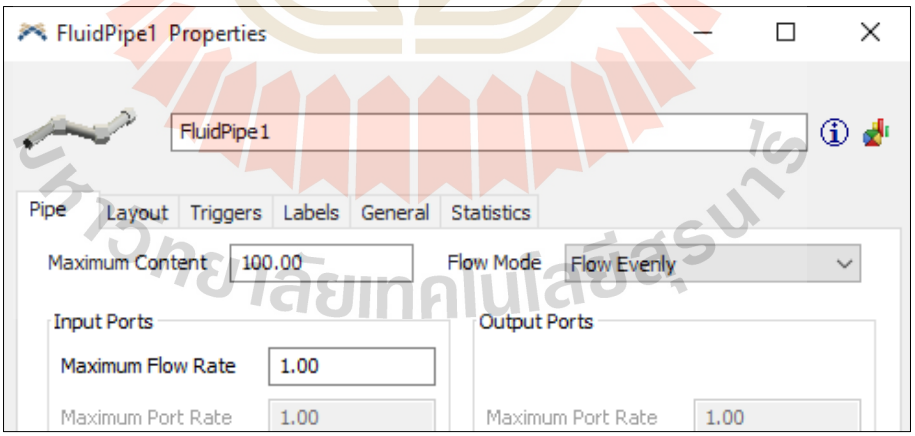
รูปที่ 3.23 แบบจำลองกระบวนการผลิต

2) การตั้งค่า Parameter พื้นฐาน

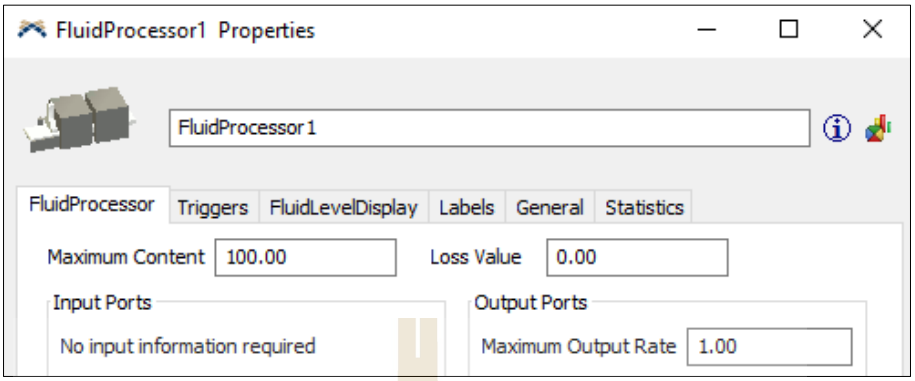
หลังจากการการจัดเรียง Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตจนได้แบบจำลองกระบวนการผลิตแล้ว จะดำเนินการตั้งค่า Parameter พื้นฐานให้กับ Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต โดยอาศัยข้อมูลจากการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตจริง ข้อมูลที่ได้แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 นำข้อมูลมาใช้ในการตั้งค่าพื้นฐานของ Object โดยจะมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.24 ถึงรูปที่ 3.29



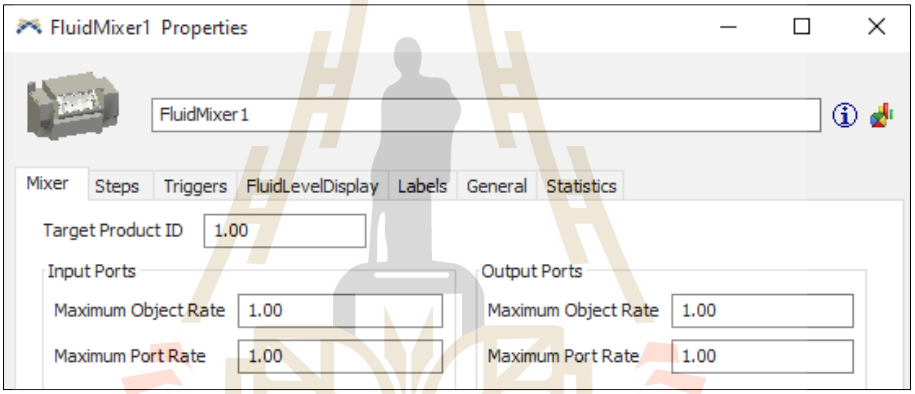
รูปที่ 3.24 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Tank



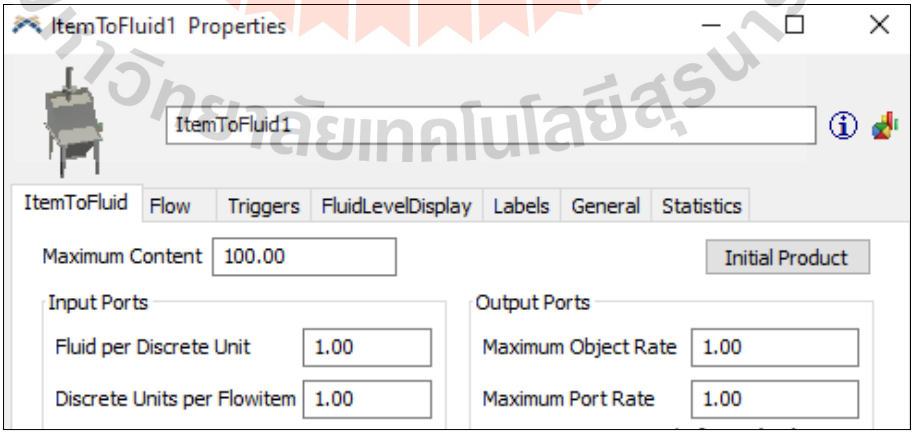
รูปที่ 3.25 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Pipe



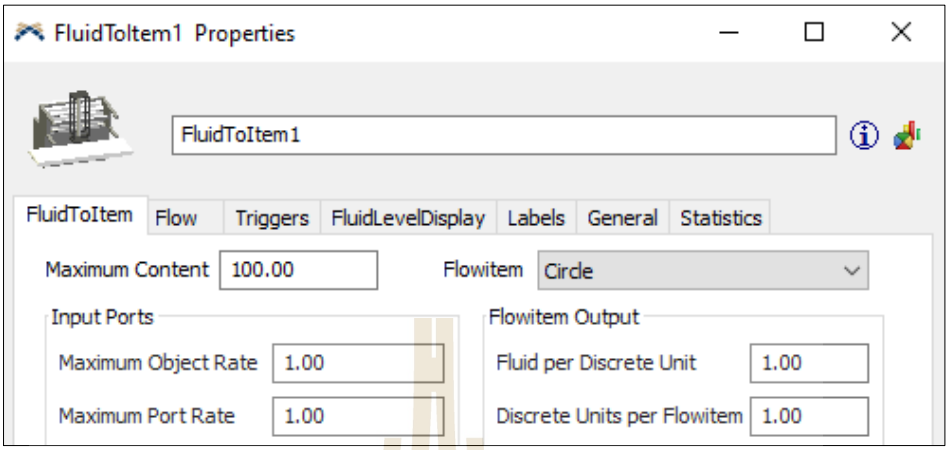
รูปที่ 3.26 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Processor



รูปที่ 3.27 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid Mixer



รูปที่ 3.28 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Item to Fluid



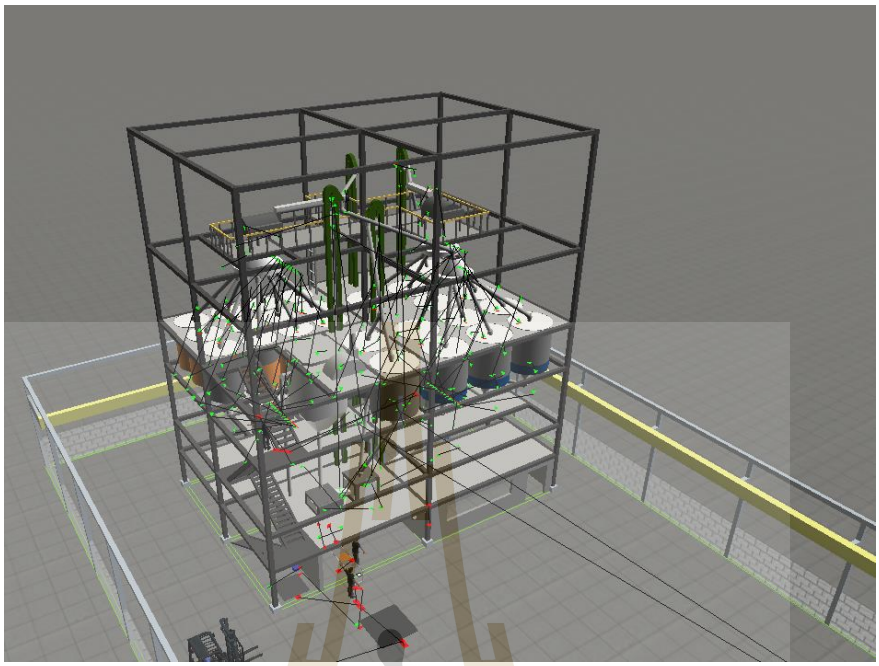
รูปที่ 3.29 หน้าต่างการตั้งค่าพื้นฐาน Fluid to Item

การตั้งค่า Parameter พื้นฐานให้กับ Object ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีรายละเอียดในการตั้งค่าดังนี้

- Maximum Content คือการกำหนดปริมาณของวัสดุสูงสุดที่ Object ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตนี้บรรจุได้
- Initial Content คือการกำหนดจำนวนวัสดุที่อยู่ในObject ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเมื่อมีการรีเซ็ตแบบจำลอง
- Input Ports และ Output Ports คือการกำหนดค่าที่เกี่ยวกับการรับและส่งวัสดุผ่าน Object ของเครื่องจักร หรือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

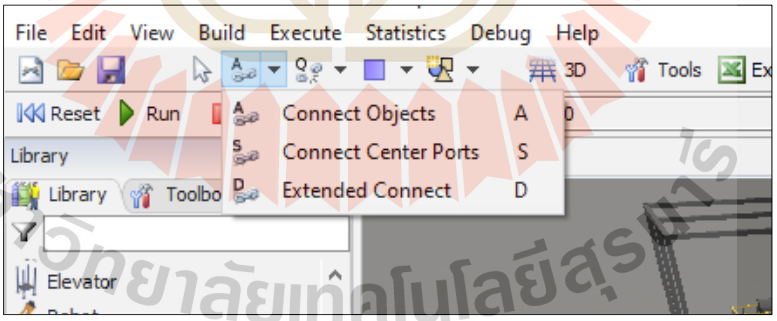
3) การเชื่อมต่อพอร์ต

หลังจากการจัดเรียงและตั้งค่าพื้นฐานแล้วจะเป็นการเชื่อมต่อพอร์ตให้ Object เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำงานเป็นระบบได้ มีการรับส่งข้อมูล คำสั่งระหว่าง Object ภายในแบบจำลอง และเป็นการกำหนดแนวทิศทางการไหลของ Flow Item ภายในแบบจำลองหากมีการเชื่อมต่อที่ผิดพลาด เช่น การเชื่อมต่อผิดปลายทาง การเลือกประเภทการเชื่อมต่อผิด การเชื่อมต่อผิดลำดับ เป็นต้น ความผิดพลาดเหล่านี้จะทำให้การทำงานของแบบจำลองมีความผิดพลาดขึ้นได้ โดยการเชื่อมต่อพอร์ตภายในแบบจำลองกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การเชื่อมต่อพอร์ตภายในแบบจำลองกระบวนการผลิต

การเชื่อมต่อพอร์ตประเภทต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับประเภทของ Object ที่กำลังจะเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยประเภทของการเชื่อมต่อมีดังรูปที่ 3.31



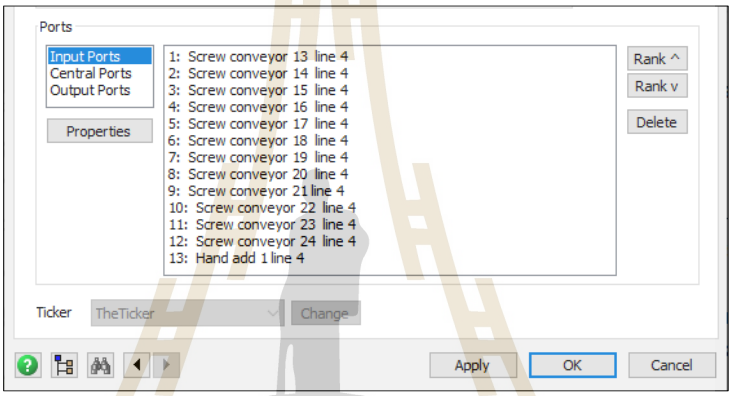
รูปที่ 3.31 ประเภทของการเชื่อมต่อพอร์ต

โดยการเชื่อมต่อพอร์ตประเภทต่าง ๆ มีความหมายของการเชื่อมต่อดังนี้

- Input / Output Ports (A-Connects) เป็นชนิดการเชื่อมต่อพอร์ตที่พบมากที่สุด มักจะใช้เพื่อเชื่อมต่อ Object ประเภทเดียวกัน

- Center Ports (S-Connects) โดยทั่วไปมักจะใช้เพื่อเชื่อมต่อ Object ในแถบ Task Executers กับ Object ในแถบอื่น ๆ

การเชื่อมต่อสามารถทำได้โดยกด A เพื่อเชื่อมต่อแบบ A-Connects หรือกด S เพื่อเชื่อมต่อแบบ S-Connects ที่แป้นพิมพ์ค้างไว้ แล้วคลิกที่ Object ต้นทางแล้วคลิกที่ Object ปลายทาง เมื่อทำการเชื่อมต่อพอร์ตแล้วสามารถตรวจสอบการเชื่อมต่อได้ โดยการดับเบิลคลิกที่ Object ที่ต้องการตรวจสอบการเชื่อมต่อแล้วเข้าไปดูที่แถบ General ของ Object Properties จะปรากฏชื่อ Object ที่ได้เชื่อมต่อเข้าด้วยกันแล้วแสดงดังรูปที่ 3.32

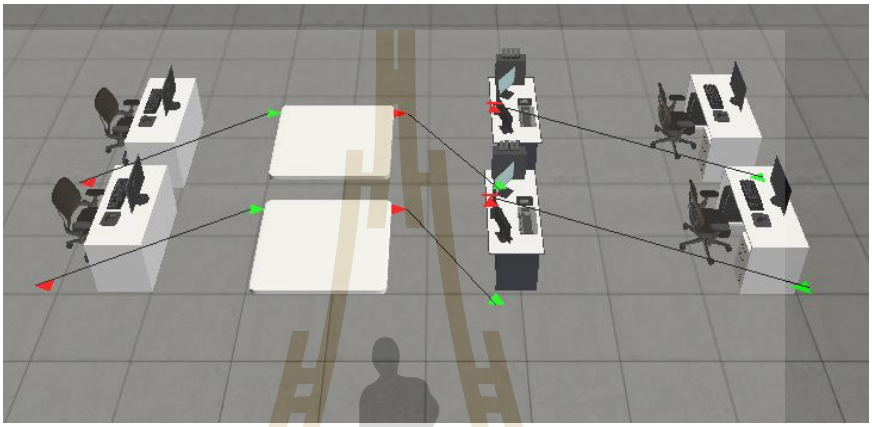


รูปที่ 3.32 การตรวจสอบการเชื่อมต่อพอร์ต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4.6 การสร้างส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง

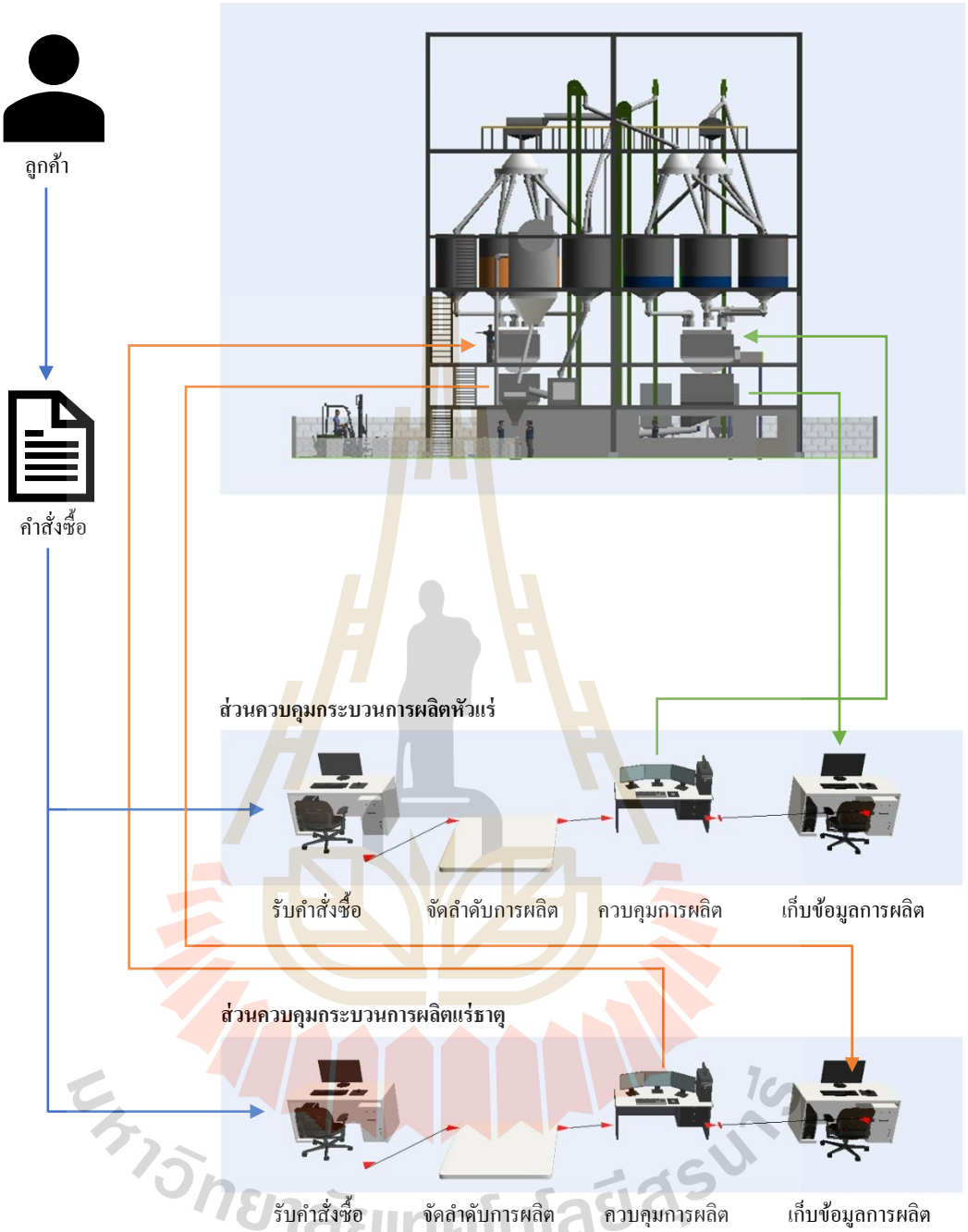
การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการสร้าง Object สำหรับทำหน้าที่เสมือนเป็นคอมพิวเตอร์ควบคุมทำหน้าที่รับคำสั่งผลิตและควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ลักษณะส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง

ส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง มีลักษณะเป็นกระบวนการสั้น ๆ สองกระบวนการ มีขั้นตอนการทำงานเหมือนกันแต่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตแยกกัน คือ กระบวนการผลิตหัวแร่และกระบวนการผลิตแร่ธาตุ โดยมีลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.34 การทำงานของส่วนควบคุมกระบวนการผลิตของแบบจำลอง

คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.35

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

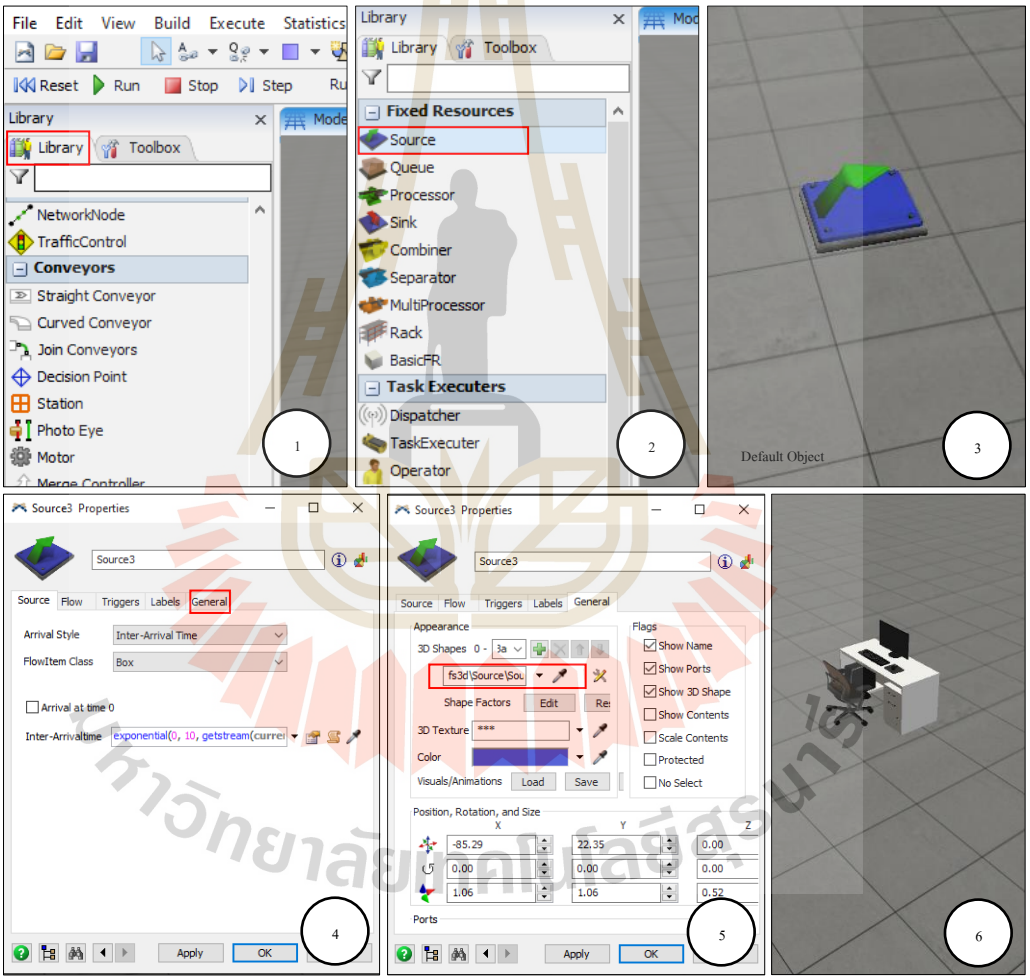
Step 2 เลือกแทบของ Fixed Resource > เลือก Source

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Source

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Browse 3D Shapes คอมพิวเตอร์ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต



รูปที่ 3.35 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต

Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.36

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

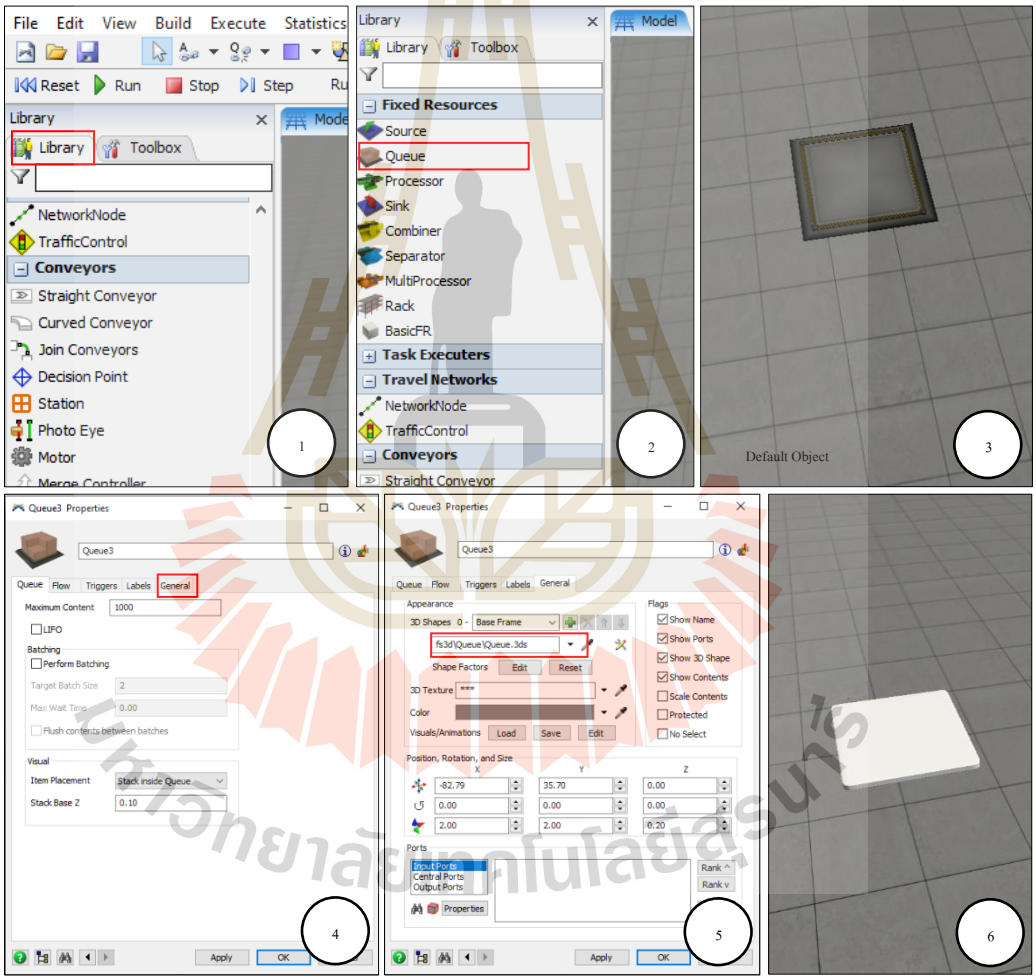
Step 2 เลือกแทบของ Fixed Resource > เลือก Queue

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Queue

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก > 3D Shapes > Drop Down List > Browse 3D Shapes > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต



รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการสร้าง Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต

คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.37

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

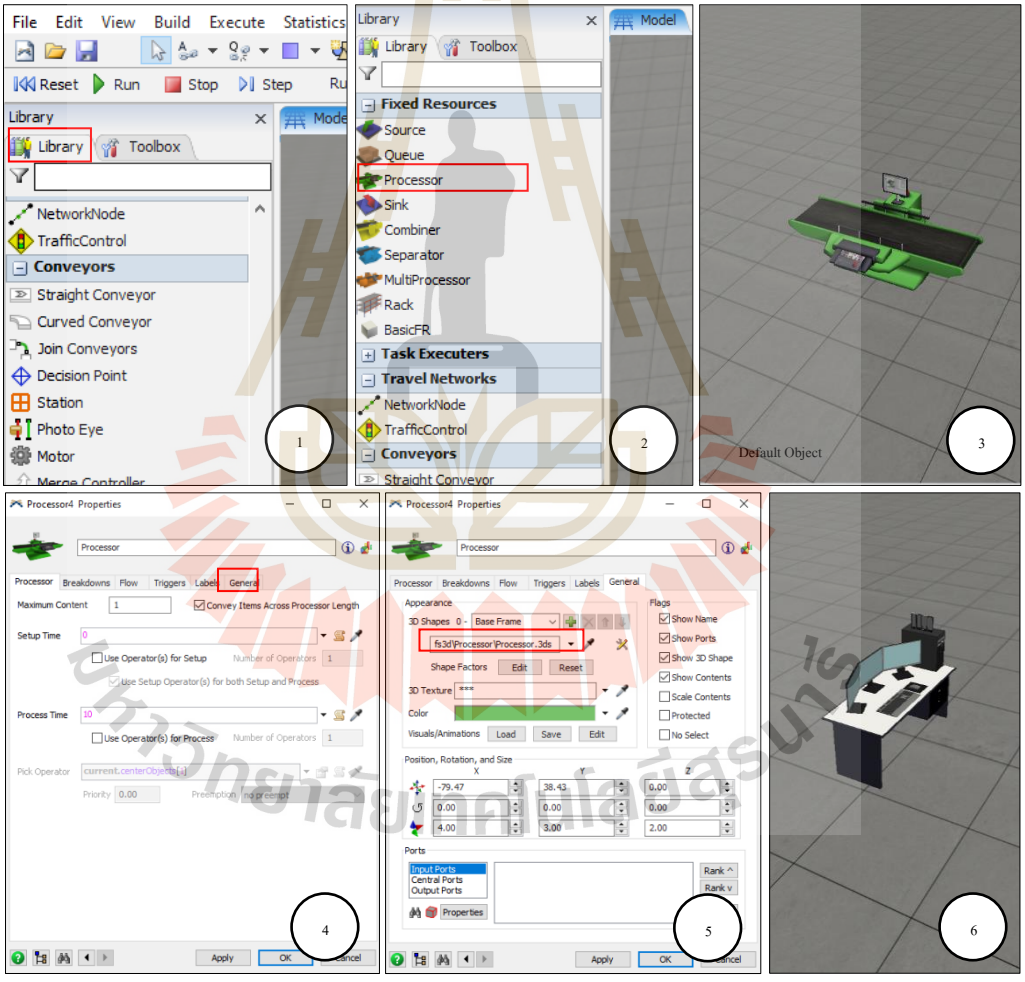
Step 2 เลือกแทบของ Fixed Resource > เลือก Source

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Source

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Drop Down List > Browse 3D Shapes คอมพิวเตอร์ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต



รูปที่ 3.37 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต

คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการผลิต มีขั้นตอนการสร้างแสดงดังรูปที่ 3.38

Step 1 เลือกแทบ Library ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม

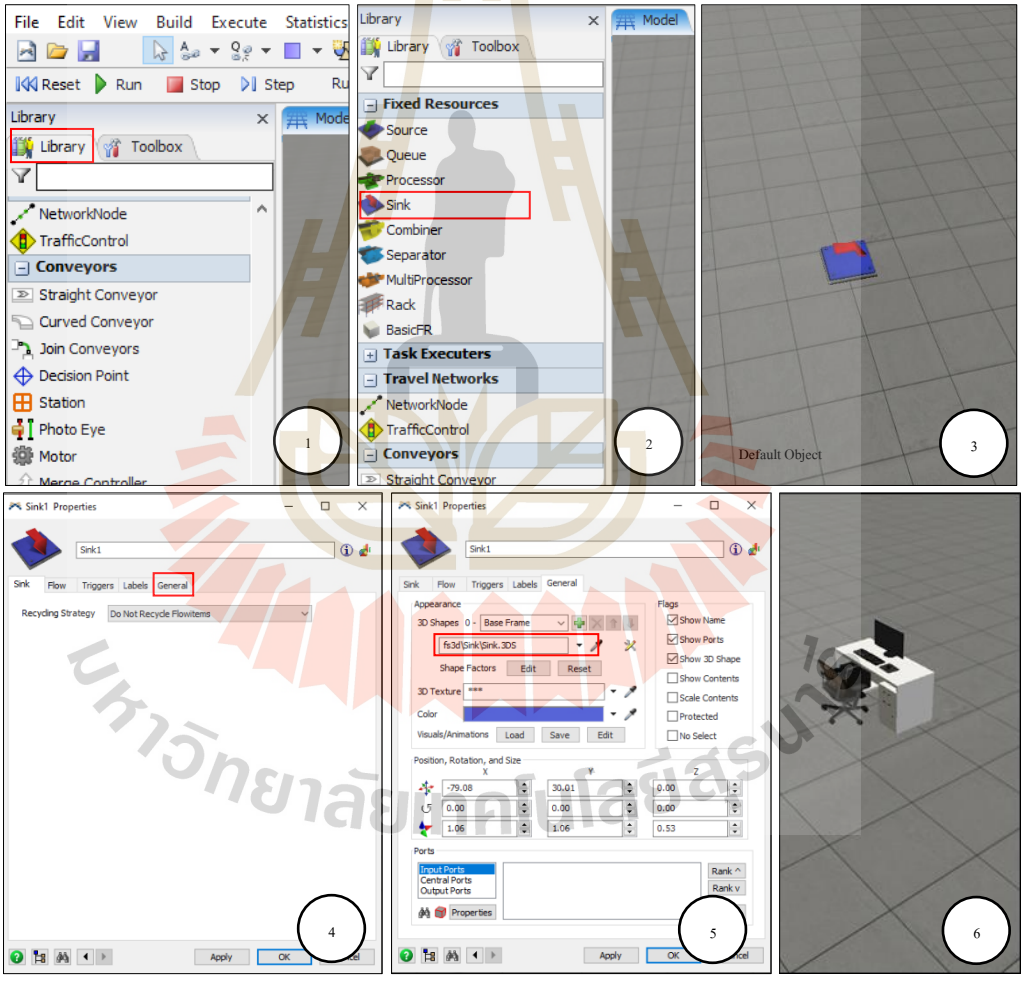
Step 2 เลือกแทบของ Fixed Resource > เลือก Sink

Step 3 ดับเบิลคลิกที่ Default Object ของ Sink

Step 4 เลือกแถบ General

Step 5 เลือก 3D Shapes > Drop Down List > Browse 3D Shapes คอมพิวเตอร์ > Apply > OK

Step 6 จะได้ Object คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการผลิต



รูปที่ 3.38 ขั้นตอนการสร้าง Object คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการผลิต

หลังจากสร้าง Object แล้ว จึงเริ่มเชื่อมต่อพอร์ตด้วยการเชื่อต่อแบบ Input / Output Ports (A-Connects) โดยมีลำดับการเชื่อมต่อดังนี้ คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต > Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต > คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต > คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลการผลิต สร้างและเชื่อมต่อพอร์ตทั้งหมด 2 ชุด

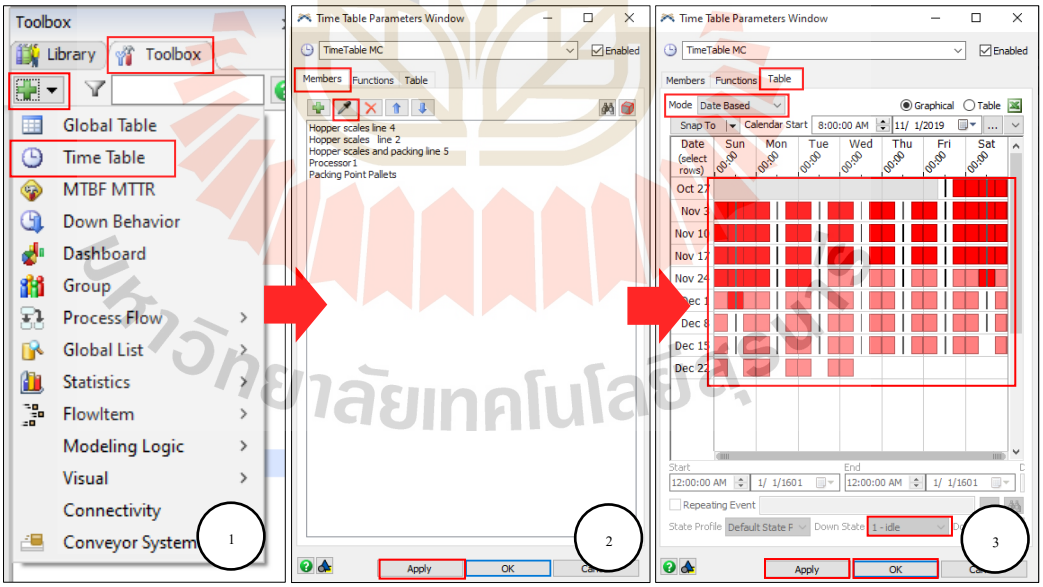
3.4.7 การกำหนดตารางเวลาการทำงานของแบบจำลอง

ตารางเวลาใช้เพื่อกำหนดเวลาการเปลี่ยนแปลงสถานะเช่น เวลาทำงาน เวลาหยุดทำงาน เวลาพักเที่ยง เป็นต้นแต่ละตารางเวลาอาจควบคุม Object มากกว่าหนึ่งชนิดและแต่ละ Object อาจถูกควบคุมด้วยตารางเวลามากกว่าหนึ่งตาราง แบบจำลองสามารถมีได้หลายตารางเวลา โดยมีขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาการทำงานของแบบจำลองดังรูปที่ 3.39

Step 1 เลือกแทบ Toolbox ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม > เลือกที่เครื่องหมายบวก > เลือกที่ Time Table

Step 2 เพิ่ม Members > เลือกที่เครื่องหมาย Dropper > นำ Dropper ไปเลือก Object > Apply

Step 3 เลือกแถบ Table > เลือก Mode เป็น Date Based > กำหนดเวลาใน Table > เลือกกิจกรรมที่จะให้ทำในช่วงเวลานั้น ๆ ในแถบ Down State > Apply > Ok



รูปที่ 3.39 ขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาการทำงานของแบบจำลอง

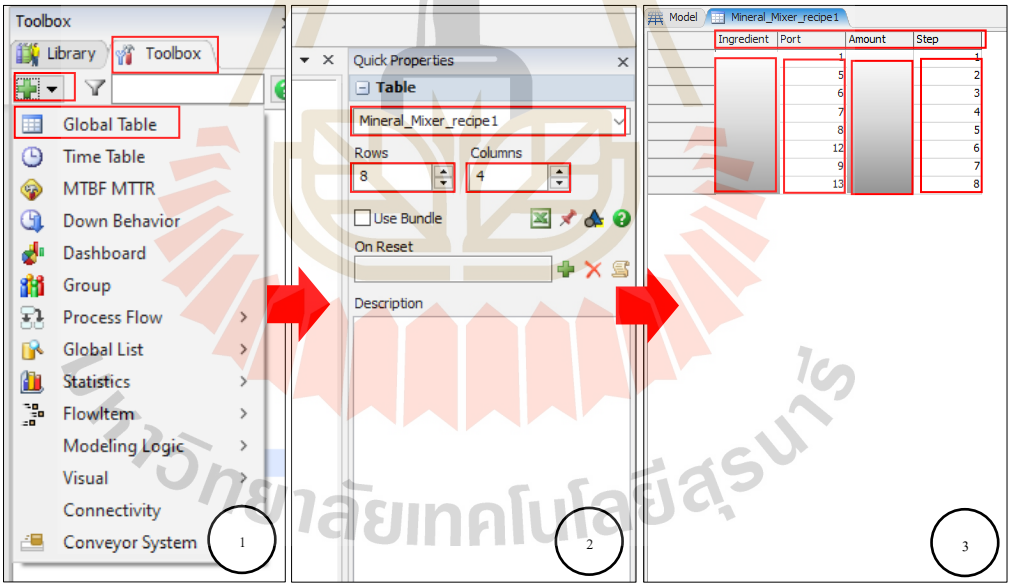
3.4.8 การกำหนดตารางสูตรการผลิตหัวแร่และแร่ธาตุ

ตารางสูตรการผลิตใช้เพื่อกำหนด ชนิดวัตถุดิบและปริมาณที่จะต้องใช้เพื่อผลิต โดยหนึ่งตารางจะสามารถบันทึกได้หนึ่งสูตรเท่านั้น มีขั้นตอนการกำหนดตารางสูตรการผลิตของแบบจำลองดังนี้ (แบบจำลองในงานวิจัยนี้มีตารางสูตรทั้งหมด 8 ตาราง แบ่งเป็นสูตรผสมหัวแร่ 4 ตารางและสูตรผสมแร่ธาตุ 4 ตาราง) โดยมีขั้นตอนการกำหนดตารางสูตรการผลิตดังรูปที่ 3.40

Step 1 เลือกแทบ Toolbox ที่อยู่ทางด้านซ้ายของโปรแกรม > เลือกที่เครื่องหมายบวก > เลือกที่ Global Table

Step 2 กำหนดชื่อตารางสูตร > กำหนด Rows เท่ากับ 8 > กำหนด Columns เท่ากับ 4

Step 3 กำหนดชื่อหัว Rows แต่ละ Rows > ลงข้อมูลพอร์ตตามที่ได้เชื่อมต่อไว้ในแต่ละถังเก็บใน Rows Port (ที่มาของวัตถุดิบ) > ลงข้อมูลลำดับการดึงวัตถุดิบใน Rows Step > ลงรายละเอียดของส่วนผสมลงในตารางใน Rows Ingredient > ลงรายละเอียดของปริมาณส่วนผสมลงในตารางใน Rows Amount



รูปที่ 3.40 ขั้นตอนการกำหนดตารางสูตรการผลิต

3.4.9 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object

เมื่อสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตแล้ว แบบจำลองจะยังไม่สามารถทำงานได้เหมือนกระบวนการผลิตจริง ต้องมีการตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object โดยอ้างอิงจากพฤติกรรมของกระบวนการผลิตจริง

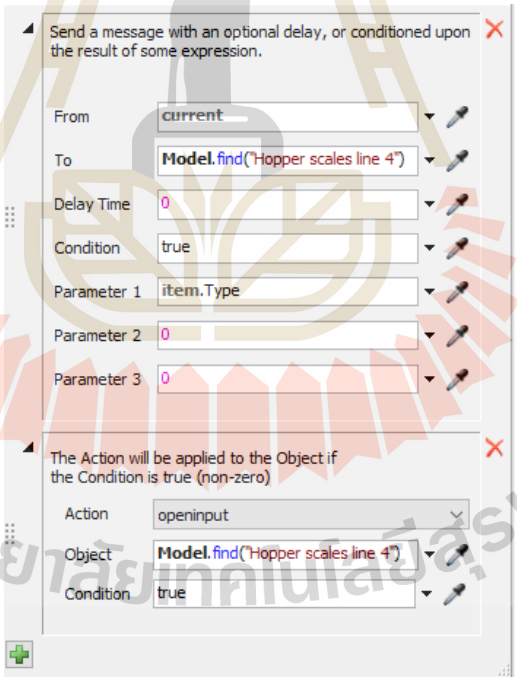
การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต

Step 2 เลือกแถบ Triggers

Step 3 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Exit > Control > Send Message > เลือกจุดหมายที่จะส่ง Message เป็น ถังกรวยชั่งน้ำหนัก > เลือกให้ส่งค่า Parameter 1 เป็น item.Type

Step 4 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Exit > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Open input > เลือก Object เป็น ถังกรวยชั่งน้ำหนัก > เลือก Condition เป็น True > เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขในการทำงานเสร็จจะได้ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต

การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต

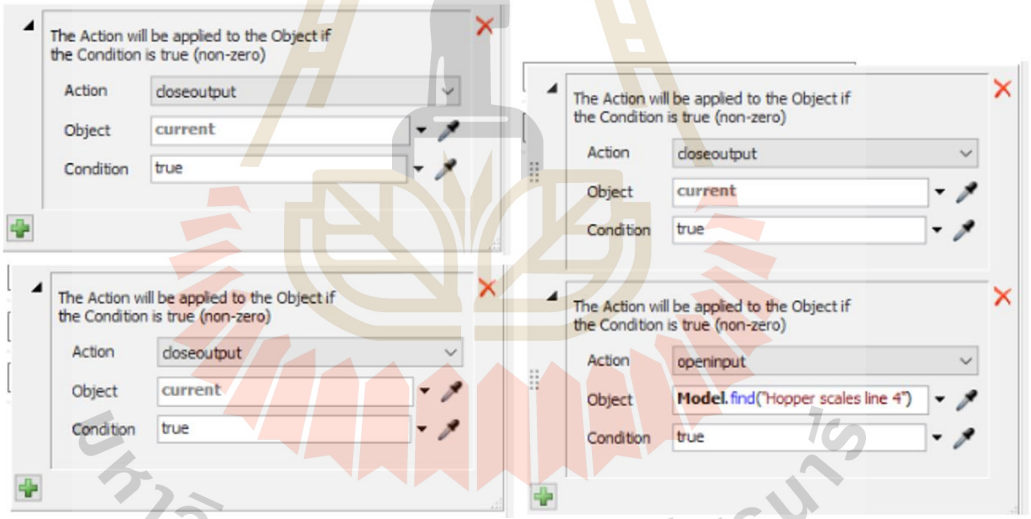
Step 2 เลือกแถบ Triggers

Step 3 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Entry > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Output > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 4 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Reset > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Output > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 5 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Exit > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Output > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 6 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Exit > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Open Input > เลือก Object เป็น ถังกรวยชั่งน้ำหนัก > เลือก Condition เป็น True > เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขในการทำงานเสร็จจะได้ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต

การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก

Step 2 เลือกแถบ Triggers

Step 3 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Reset > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Input > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 4 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Empty > Control > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Input > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 5 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Clear out object's content > เลือก Object เป็น Current

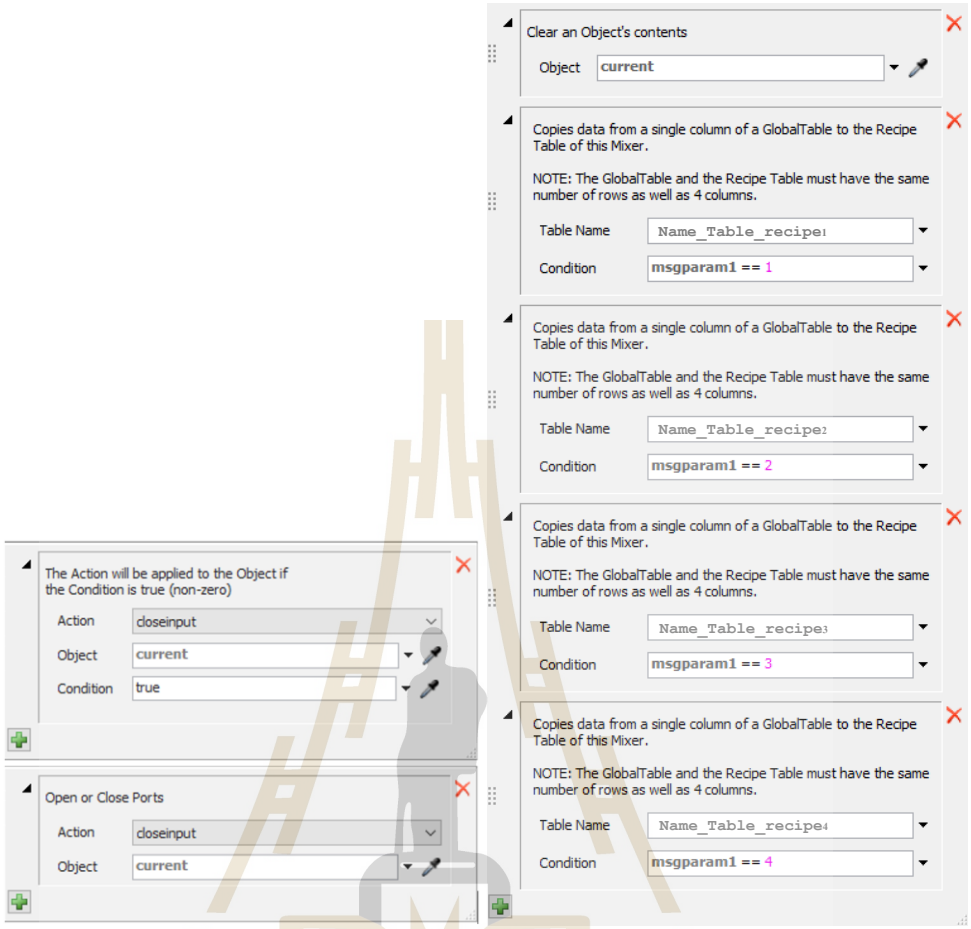
Step 6 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Update Recipe Table > Table Name เลือก ชื่อตารางสูตรที่ 1 > Condition เลือก msgparam1 == 1

Step 7 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Update Recipe Table > Table Name เลือก ชื่อตารางสูตรที่ 2 > Condition เลือก msgparam1 == 2

Step 8 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Update Recipe Table > Table Name เลือก ชื่อตารางสูตรที่ 3 > Condition เลือก msgparam1 == 3

Step 9 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Update Recipe Table > Table Name เลือก ชื่อตารางสูตรที่ 4 > Condition เลือก msgparam1 == 4 > เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขในการทำงานเสร็จจะได้ดังรูปที่ 3.43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.43 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object ถังกรวยชั่งน้ำหนัก

การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงานให้ Object เครื่องผสม

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object เครื่องผสม

Step 2 เลือกแถบ Triggers

Step 3 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Reset > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Output > เลือก Object เป็น Current > เลือก Condition เป็น True

Step 4 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Message > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Open Output > เลือก Object เป็น Current

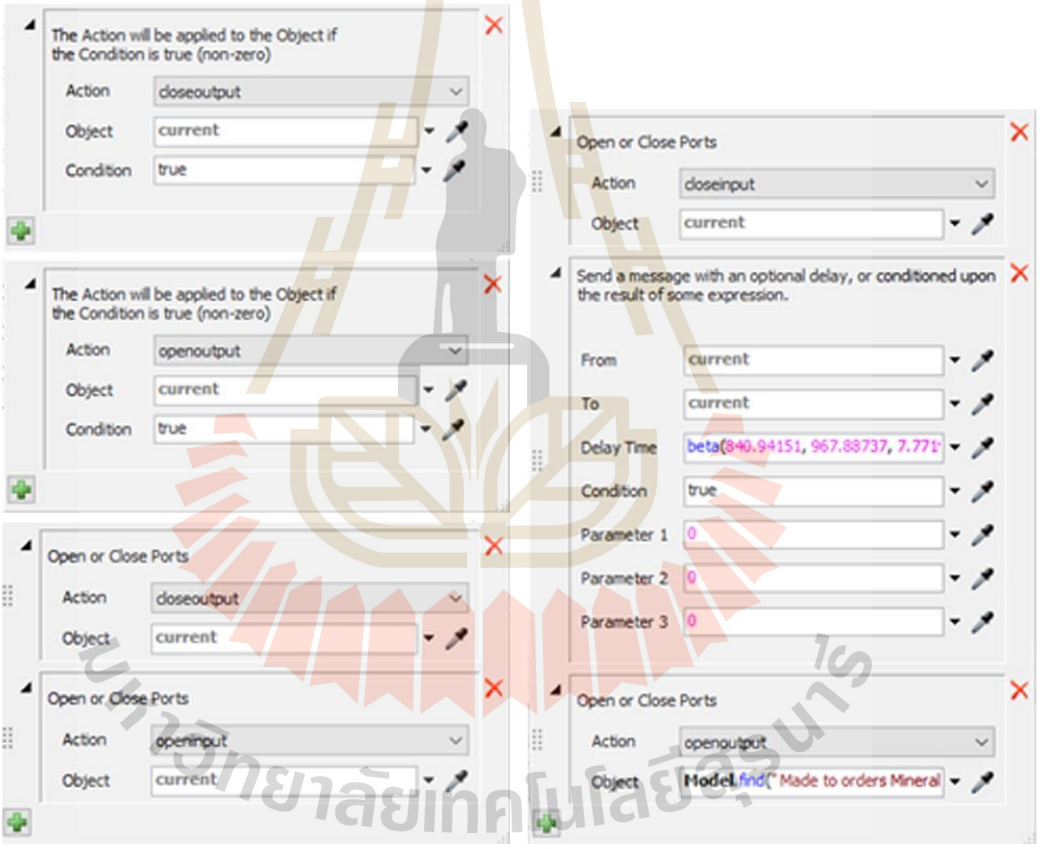
Step 5 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Empty > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Output > เลือก Object เป็น Current

Step 6 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Empty > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Open Input > เลือก Object เป็น Current

Step 7 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Full > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Close Input > เลือก Object เป็น Current

Step 8 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Full > Send Message > From: current > To: current > Delay Time: (ใส่ค่าลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเวลาผสม) > Condition: 0 > Parameter 1: 0 > Parameter 2: 0 > Parameter 3: 0

Step 9 เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Full > Close and Open Port > เลือก Action เป็น Open Output > เลือก Object เป็น Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต > เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขในการทำงานเสร็จจะได้ดังรูปที่ 3.44



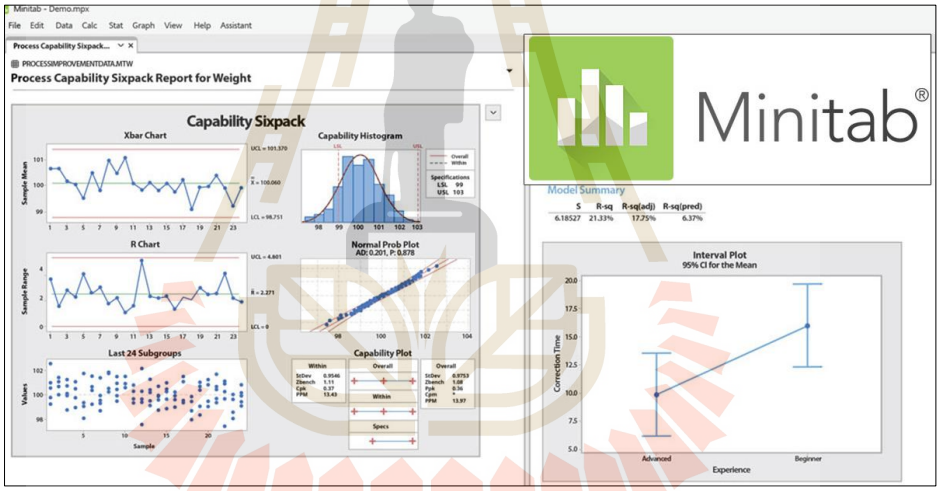
รูปที่ 3.44 การตั้งค่าเงื่อนไขการทำงาน Object เครื่องผสม

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification)

เมื่อทำการทดสอบการทำงานของแบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม แบบจำลองสามารถทำงานได้โดยไม่มีการแจ้งเตือนความผิดพลาดจากโปรแกรม และพฤติกรรมในแบบจำลองสามารถทำงานได้ถูกต้อง ตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา

3.6 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation)

ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนมนี้ ใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผลด้วยโปรแกรม Minitab® ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป หรือเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะถูกเก็บในรูปแบบของ worksheet สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายประเภทดังรูปที่ 3.45

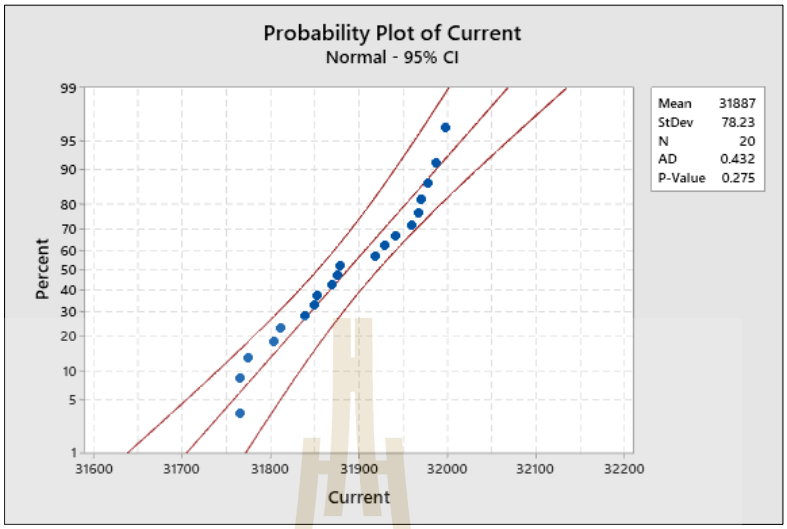


รูปที่ 3.45 โปรแกรม Minitab®

3.6.1 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล

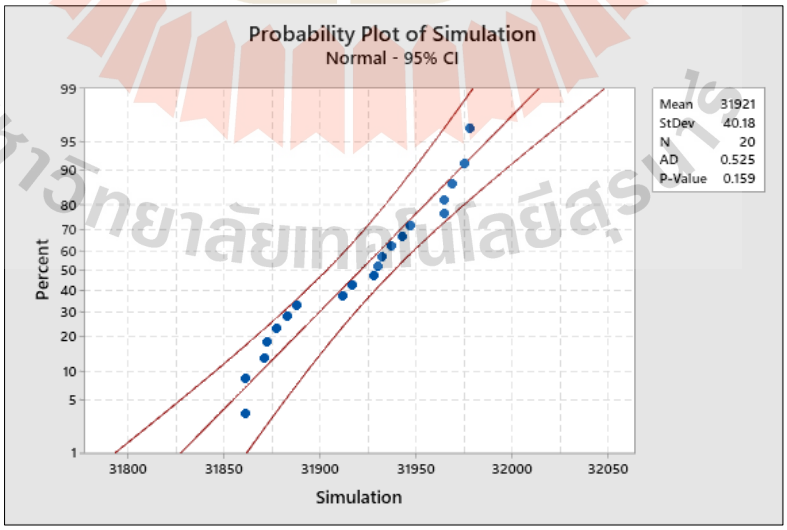
ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองกระบวนการผลิต เริ่มด้วยการทดสอบ Normality Test ในโปรแกรม Minitab โดยใช้ข้อมูลเวลาการผลิตปัจจุบันจำนวน 20 ตัวอย่าง และข้อมูลเวลาการผลิตจากแบบจำลองจำนวน 20 ตัวอย่าง นำมาการทดสอบจะได้กราฟแสดงความน่าจะเป็น (Probability Plot) และทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อดูว่าชุดข้อมูลนั้นมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะได้กราฟความน่าจะเป็นแสดงดังรูปที่ 4.46 และ รูปที่ 4.47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.46 ผลการทดสอบการกระจายตัวของกระบวนการผลิตปัจจุบัน

จากรูปที่ 3.46 ผลการทดสอบ Normality Test พบว่าข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นลักษณะเส้นตรง อาจจะมีจุดที่ออกนอกเส้นตรงบ้างแต่ยังอยู่ในขอบเขตของช่วงความเชื่อมั่น โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.275 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 และค่าสถิติ Anderson-darling มีค่าเท่ากับ 0.432 จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดข้อมูลของกระบวนการผลิตปัจจุบันมีการกระจายตัวแบบปกติ



รูปที่ 3.47 ผลการทดสอบการกระจายตัวของแบบจำลองกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 3.47 ผลการทดสอบ Normality Test พบว่าข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นลักษณะเส้นตรง อาจจะมีจุดที่ออกนอกเส้นตรงบ้างแต่ยังอยู่ในขอบเขตของช่วงความเชื่อมั่น โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.159 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 และค่าสถิติ Anderson-darling มีค่าเท่ากับ 0.525 จึงสามารถสรุปได้ว่าชุดข้อมูลของแบบจำลองกระบวนการผลิตมีการกระจายตัวแบบปกติ

3.6.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริง

เมื่อผ่านการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลแล้ว จะทำการนำชุดข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบกันระหว่างแบบจำลองกระบวนการผลิตกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน ว่าแบบจำลองกระบวนการผลิตนี้สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการผลิตปัจจุบันได้หรือไม่ ด้วยการทดสอบ Paired T-Test แสดงดังรูปที่ 4.48

H_0 = แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตปัจจุบันได้

H_1 = แบบจำลองไม่สามารถเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตปัจจุบันได้

Test

Null hypothesis	H_0:μ_difference = 0
Alternative hypothesis	H_1: μ_difference $\neq$ 0

T-Value	P-Value
1.91	0.151

รูปที่ 3.48 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริง

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกระบวนการผลิตกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน ด้วยการทดสอบ Paired T-Test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.151 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองกระบวนการผลิตสามารถเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตปัจจุบันได้

3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดลำดับการผลิต

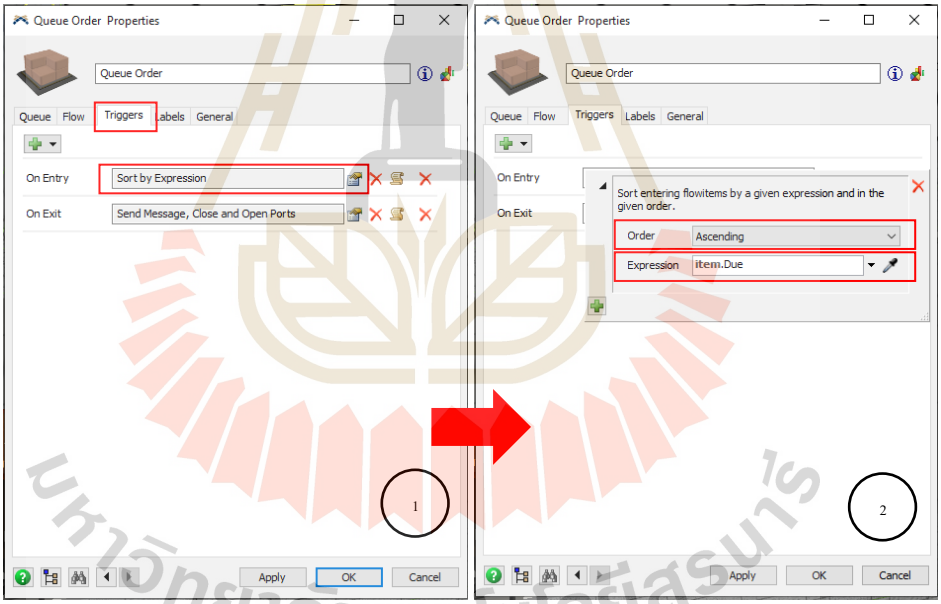
เมื่อผ่านขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองแล้ว แบบจำลองสามารถสามารถเป็นตัวแทนกระบวนการผลิตปัจจุบันได้ จึงทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ด้วยการตั้งค่าแบบจำลองเพิ่มเติมในส่วนควบคุมการผลิตเพื่อให้โปรแกรมมีการสลับและจัดลำดับการผลิตใหม่ให้อัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการตั้งค่าแบบจำลองกระบวนการผลิตให้มีการจำลองสถานการณ์การผลิตแบบ EDD, LPT, FCFS มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.7.1 การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD

การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ EDD มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.49

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต > เลือกแถบ Triggers > เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Entry > Control > Sort by Expression

Step 2 เลือก Order เป็น Ascending > เลือก Expression เป็น item.Due > Apply > Ok



รูปที่ 3.49 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ EDD

จากรูปที่ 3.49 เมื่อตั้งค่าโปรแกรมให้แบบจำลองมีการลำดับการผลิตแบบ EDD โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลกำหนดวันส่งมอบจากใบคำสั่งซื้อสังเกตุจาก item.Due และนำค่า Due มาเรียงแบบ Ascending

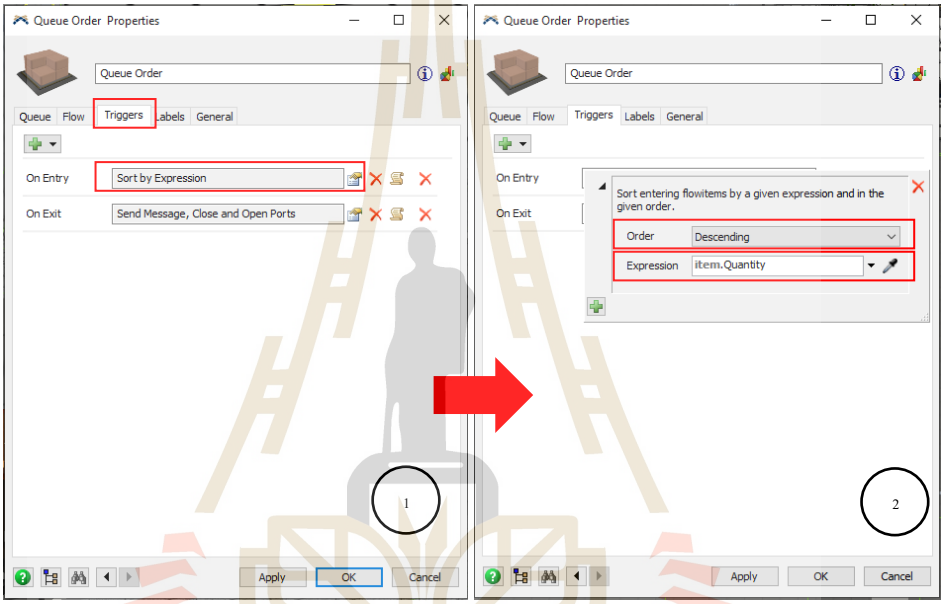
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7.2 การจัดลำดับการผลิตแบบ LPT

การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ LPT มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.50

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต > เลือกแถบ Triggers > เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Entry > Control > Sort by Expression

Step 2 เลือก Order เป็น Descending > เลือก Expression เป็น item.Quantity > Apply > Ok



รูปที่ 3.50 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ LPT

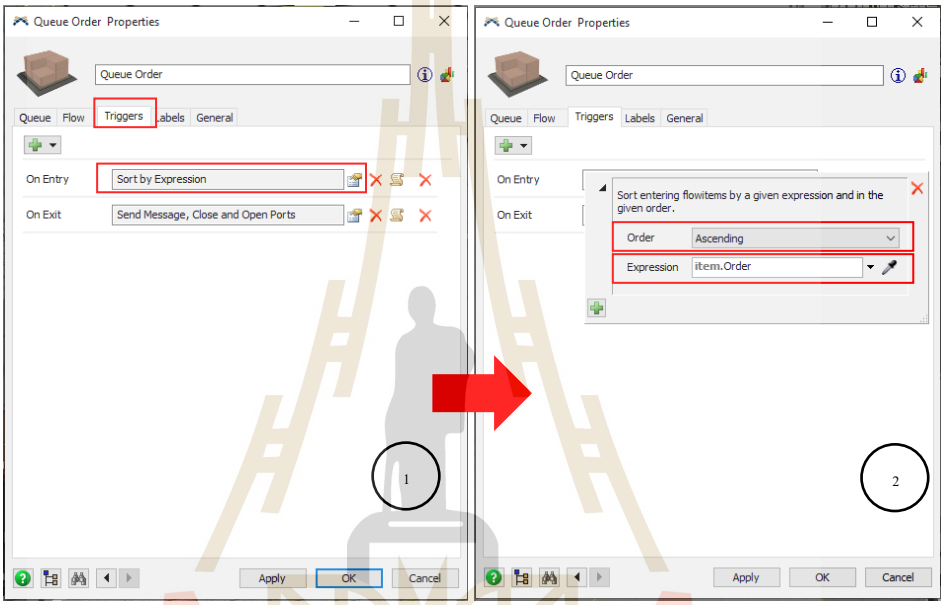
จากรูปที่ 3.50 เมื่อตั้งค่าโปรแกรมให้แบบจำลองมีการลำดับการผลิตแบบ LPT โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลปริมาณที่สั่งผลิตจากใบคำสั่งซื้อสังเกตุจาก item. Quantity และนำค่า Quantity มาเรียงแบบ Descending

3.7.3 การจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS

การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ FCFS มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.51

Step 1 ดับเบิลคลิกที่ Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต > เลือกแถบ Triggers > เลือกที่เครื่องหมายบวก > On Entry > Control > Sort by Expression

Step 2 เลือก Order เป็น Ascending > เลือก Expression เป็น item.Order > Apply > Ok



รูปที่ 3.51 การตั้งค่าแบบจำลองให้มีการลำดับการผลิตแบบ FCFS

จากรูปที่ 3.51 เมื่อตั้งค่าโปรแกรมให้แบบจำลองมีการลำดับการผลิตแบบ FCFS โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลเลขลำดับใบสั่งซื้อจากใบคำสั่งซื้อสังเกตุจาก item. Order และนำค่า Order มาเรียงแบบ Ascending

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาเรื่องการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม มีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนดังนี้

4.1 วิเคราะห์วิธีการทำงานของแบบจำลอง

4.1.1 วิเคราะห์การเข้ามาของคำสั่งซื้อ

เมื่อมีการป้อนคำสั่งซื้อจากนั้นนำเข้าคำสั่งซื้อมาที่ Object คอมพิวเตอร์สำหรับรับคำสั่งผลิต ในคำสั่งซื้อจะมีข้อมูลคือ เลขที่คำสั่งซื้อ สูตรที่สั่งซื้อ จำนวนที่สั่งผลิตและวันที่ต้องจัดส่งโดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.1 และตัวอย่างค่า Parameter ในใบคำสั่งซื้อแสดงดังรูปที่ 4.2

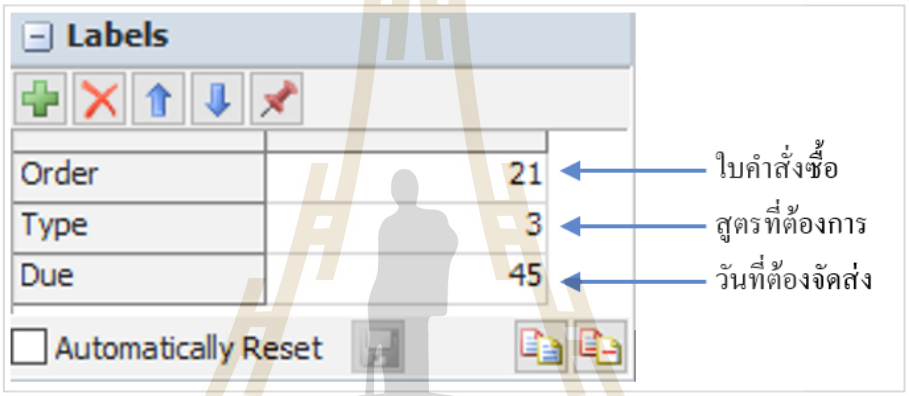
	Customer	Quantity (Ton)	Order	Type	Due (Day)
Arrival1	Customer 1	20	1	1	15
Arrival2	Customer 2	10	2	2	25
Arrival3	Customer 3	35	3	3	28
Arrival4	Customer 4	6	4	4	35
Arrival5	Customer 5	10	5	2	40
Arrival6	Customer 6	10	6	2	35
Arrival7	Customer 7	30	7	1	15
Arrival8	Customer 8	40	8	3	45
Arrival9	Customer 9	10	9	3	45
Arrival10	Customer 10	30	10	3	40
Arrival11	Customer 11	50	11	3	30
Arrival12	Customer 12	40	12	3	30
Arrival13	Customer 13	20	13	3	23
Arrival14	Customer 14	10	14	1	12
Arrival15	Customer 15	30	15	3	25
Arrival16	Customer 16	10	16	3	35
Arrival17	Customer 17	30	17	3	30
Arrival18	Customer 18	20	18	1	45
Arrival19	Customer 19	10	19	3	20
Arrival20	Customer 20	20	20	3	30
Arrival21	Customer 21	30	21	3	45
Arrival22	Customer 22	10	22	3	24
Arrival23	Customer 23	10	23	3	20
Arrival24	Customer 24	25	24	3	25
Arrival25	Customer 25	4	25	4	10

Apply OK Cancel

รูปที่ 4.1 ตารางกำหนดการเข้ามาของคำสั่งซื้อ

จากรูปที่ 4.1 ตารางกำหนดการเข้ามาของคำสั่งซื้อ ที่สร้างในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® มีรายละเอียดดังนี้

- Columns Customer คือ ข้อมูลชื่อของลูกค้า
- Columns Quantity คือ ปริมาณที่สั่งผลิต (หน่วย: ตัน)
- Columns Order คือ เลขที่ของคำสั่งซื้อ
- Columns Type คือ เลขที่สูตรการผลิต
- Columns Due คือ กำหนดส่งมอบสินค้า (หน่วย: วัน)



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างค่า Parameter ในใบคำสั่งซื้อ

4.1.2 วิเคราะห์การลำดับการผลิต

เมื่อมีการรับคำสั่งซื้อแล้ว ข้อมูลคำสั่งซื้อจะเข้ามาใน Object Queue สำหรับจัดการลำดับการผลิต จากนั้น Object Queue จะทำการจัดลำดับคำสั่งซื้อที่เข้ามาในระบบโดยโปรแกรมจะจัดเรียงตามที่ตั้งค่าไว้ และจะส่งข้อมูลไปที่ Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต

การตั้งค่าแบบจำลองให้ลำดับการผลิตแบบ EDD โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลจากคอลัมน์ Due (กำหนดวันส่งมอบจากใบคำสั่งซื้อ) และนำค่า Due มาเรียงแบบ Ascending

การตั้งค่าแบบจำลองให้ลำดับการผลิตแบบ LPT โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลจากคอลัมน์ Quantity (ปริมาณที่สั่งผลิตจากใบคำสั่งซื้อ) และนำค่า Quantity มาเรียงแบบ Descending

การตั้งค่าแบบจำลองให้ลำดับการผลิตแบบ FCFS โปรแกรมจะมีการสลับการจัดลำดับการผลิตในแบบจำลองใหม่ โดยการอาศัยข้อมูลเลขจากคอลัมน์ Order (ลำดับใบสั่งซื้อจากใบคำสั่งซื้อ) และนำค่า Order มาเรียงแบบ Ascending

4.1.3 วิเคราะห์การดำเนินการผลิต

เมื่อ Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิต ได้รับคำสั่งผลิตแล้วจะส่งข้อมูลไปที่ระบบการผลิตให้ดำเนินการผลิต โดย Object คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการผลิตรับคำสั่งผลิต ดำเนินการอ่านค่า Parameter ในใบคำสั่งผลิต จากนั้นส่งค่า Parameter ที่อยู่ในใบคำสั่งผลิตไปยัง Object Hopper scales เมื่อ Object Hopper scales รับค่า Parameter ที่อยู่ในใบคำสั่งผลิต จะเปลี่ยนปริมาณและสูตรในการผลิตตามค่า Parameter ที่ได้รับ โดยถ้าได้รับค่า msgparam1 == 1 ผลิตแร่ธาตุสูตรที่ 1, msgparam1 == 2 ผลิตแร่ธาตุสูตรที่ 2, msgparam1 == 3 ผลิตแร่ธาตุสูตรที่ 3 และ msgparam1 == 4 ผลิตแร่ธาตุสูตรที่ 4 เมื่อ Object Hopper scales ดึงวัตถุดิบครบตามสูตรการผลิตแล้ว จะปล่อยวัตถุดิบลงใน Object Mixer จากนั้น Object Mixer จะทำการผสมวัตถุดิบด้วยการหน่วงเวลาให้ครบตามค่าการกระจายตัวของข้อมูล เมื่อผสมเสร็จแล้วจะลำเลียงไปเก็บไว้ในถังรอบรรจุ เพื่อดำเนินการบรรจุถุงต่อไป เมื่อบรรจุถุงเรียบร้อยแล้วจะมีการนำมาจัดเรียงลงพาเลทที่ Object Packing Point Pallets ที่ Object นี้จะเป็นจุดที่มีการเก็บข้อมูลของสินค้าโดยใช้คำสั่ง Add Row and Data to Global Table จากนั้นจะลำเลียงพาเลทสินค้าออกไปยัง Sink โดยใช้ Object Transporter เพื่อเป็นการกำจัด Flow Item ออกไปจากระบบของแบบจำลอง

4.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง

4.2.1 ผลการทดลองจากแบบจำลอง

การทดลองการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม จำนวนคำสั่งซื้อที่นำมาทดลองคือ 25 คำสั่งซื้อ จำนวนการผลิตรวม 520 ตัน เริ่มการทดลองด้วยการป้อนคำสั่งซื้อเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์และทดลองจัดลำดับการผลิต Pegden (1995) กล่าวว่าจำนวนของการทดลองซ้ำที่นิยมใช้ที่สุดในการทดลองคือ 10 ครั้ง แต่ในงานวิจัยนี้ดำเนินการทดลอง Run แบบจำลองซ้ำวิธีละ 30 ครั้ง ซึ่งมากกว่าจำนวนของการทดลองซ้ำที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เพื่อให้สามารถประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้มากขึ้น โดยตัวอย่างบันทึกการทดลองและผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างบางส่วนจากบันทึกผลการทดลองต่อ Replicates ที่ได้จากแบบจำลอง

No	Customer	Order	Type	Due Time	Model Time	Finish Time	Date Finish
56	Customer 7	7	1	15	348623.8	8:50:23	5-Nov-19
57	Customer 7	7	1	15	349743.39	9:09:03	5-Nov-19
58	Customer 7	7	1	15	350772.36	9:26:12	5-Nov-19
59	Customer 7	7	1	15	351817.96	9:43:37	5-Nov-19
60	Customer 7	7	1	15	352869.83	10:01:09	5-Nov-19
61	Customer 7	7	1	15	353972.4	10:19:32	5-Nov-19
62	Customer 7	7	1	15	355115.86	10:38:35	5-Nov-19
63	Customer 7	7	1	15	356160.64	10:56:00	5-Nov-19
64	Customer 7	7	1	15	357249.3	11:14:09	5-Nov-19
65	Customer 19	19	3	20	358351.71	11:32:31	5-Nov-19
66	Customer 19	19	3	20	359453.83	11:50:53	5-Nov-19
67	Customer 19	19	3	20	364100.35	13:08:20	5-Nov-19
68	Customer 19	19	3	20	364906.58	13:21:46	5-Nov-19
69	Customer 19	19	3	20	365757.31	13:35:57	5-Nov-19
70	Customer 19	19	3	20	366808.83	13:53:28	5-Nov-19
71	Customer 19	19	3	20	367872.01	14:11:12	5-Nov-19
72	Customer 19	19	3	20	368945.72	14:29:05	5-Nov-19
73	Customer 19	19	3	20	369998.96	14:46:38	5-Nov-19

จากตารางที่ 4.1 การบันทึกผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลองกระบวนการผลิต ที่สร้างด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim® มีรายละเอียดการของบันทึกผลการทดลองดังนี้

- Columns No คือ ลำดับการผลิต
- Columns Customer คือ ข้อมูลชื่อของลูกค้า
- Columns Order คือ เลขที่ของคำสั่งซื้อ
- Columns Type คือ เลขที่สูตรการผลิต
- Columns Due Time คือ กำหนดส่งมอบสินค้า (หน่วย: วัน)
- Columns Model Time คือ เวลาที่ผลิตสินค้าเสร็จทุก ๆ 1 ตัน (หน่วย: วินาที)
- Columns Finish Time คือ เวลาที่ผลิตเสร็จแต่ละตัน แสดงในรูปแบบเวลาจริง
- Columns Date Finish คือ วันที่ดำเนินการผลิตเสร็จ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ EDD

Replications	Process Time (Hour)	End Time Model (Second)	Finish Time	Date Finish
1	164.4258	2438733.04	13:25:33	29-Nov-19
2	162.9316	2429753.81	10:55:53	29-Nov-19
3	163.9651	2433474.28	11:57:54	29-Nov-19
4	164.1667	2437800.11	13:10:00	29-Nov-19
5	163.6544	2432355.86	11:39:15	29-Nov-19
6	163.3298	2431187.32	11:19:47	29-Nov-19
7	163.9466	2433407.78	11:56:47	29-Nov-19
8	164.6811	2439651.88	13:40:51	29-Nov-19
9	163.6225	2432240.86	11:37:20	29-Nov-19
10	164.8417	2440230.17	13:50:30	29-Nov-19
11	163.9272	2433337.94	11:55:37	29-Nov-19
12	164.2152	2437974.77	13:12:54	29-Nov-19
13	164.4637	2438869.34	13:27:49	29-Nov-19
14	164.5369	2439132.74	13:32:12	29-Nov-19
15	163.6576	2432367.24	11:39:27	29-Nov-19
16	163.6888	2432479.63	11:41:19	29-Nov-19
17	165.2245	2441608.13	14:13:28	29-Nov-19
18	163.6746	2432428.61	11:40:28	29-Nov-19
19	164.2514	2438105.12	13:15:05	29-Nov-19
20	164.8368	2440212.62	13:50:12	29-Nov-19
21	165.4213	2442316.64	14:25:16	29-Nov-19
22	163.9811	2433532.08	11:58:52	29-Nov-19
23	164.4258	2438733.04	13:25:33	29-Nov-19
24	164.2421	2438071.63	13:14:31	29-Nov-19
25	164.1764	2437834.86	13:10:34	29-Nov-19
26	163.9107	2433278.61	11:54:38	29-Nov-19
27	163.9798	2433527.43	11:58:47	29-Nov-19
28	164.4420	2438791.21	13:26:31	29-Nov-19
29	163.6122	2432203.99	11:36:43	29-Nov-19
30	164.8652	2440314.57	13:51:54	29-Nov-19

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ LPT

Replications	Process Time (Hour)	End Time Model (Second)	Finish Time	Date Finish
1	166.7536	2447113.03	15:45:13	29-Nov-19
2	165.8174	2443742.71	14:49:02	29-Nov-19
3	165.4559	2442441.38	14:27:21	29-Nov-19
4	166.1090	2444792.46	15:06:32	29-Nov-19
5	166.7230	2447002.86	15:43:22	29-Nov-19
6	166.0323	2444516.15	15:01:56	29-Nov-19
7	166.3884	2445798.15	15:23:18	29-Nov-19
8	167.3100	2449115.92	16:18:35	29-Nov-19
9	166.9854	2447947.60	15:59:07	29-Nov-19
10	165.7907	2443646.62	14:47:26	29-Nov-19
11	166.0564	2444602.96	15:03:22	29-Nov-19
12	165.8541	2443874.59	14:51:14	29-Nov-19
13	167.2475	2448890.82	16:14:50	29-Nov-19
14	166.0561	2444602.07	15:03:22	29-Nov-19
15	166.6518	2446746.50	15:39:06	29-Nov-19
16	166.4535	2446032.56	15:27:12	29-Nov-19
17	166.1659	2444997.16	15:09:57	29-Nov-19
18	166.9897	2447962.77	15:59:22	29-Nov-19
19	166.3522	2445668.03	15:21:08	29-Nov-19
20	166.9970	2447989.25	15:59:49	29-Nov-19
21	167.0407	2448146.62	16:02:26	29-Nov-19
22	167.2519	2448906.86	16:15:06	29-Nov-19
23	167.6359	2450289.27	16:38:09	29-Nov-19
24	166.6407	2446706.39	15:38:26	29-Nov-19
25	166.9992	2447997.10	15:59:57	29-Nov-19
26	166.4194	2445909.74	15:25:09	29-Nov-19
27	166.7199	2446991.78	15:43:11	29-Nov-19
28	165.8105	2443717.91	14:48:37	29-Nov-19
29	166.3987	2445835.15	15:23:55	29-Nov-19
30	167.2314	2448833.17	16:13:53	29-Nov-19

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS

Replications	Process Time (Hour)	End Time Model (Second)	Finish Time	Date Finish
1	162.6433	2428715.75	10:38:35	29-Nov-19
2	162.7732	2429183.61	10:46:23	29-Nov-19
3	163.3333	2431199.72	11:19:59	29-Nov-19
4	162.9763	2429914.67	10:58:34	29-Nov-19
5	164.3610	2438499.54	13:21:39	29-Nov-19
6	162.1730	2427022.63	10:10:22	29-Nov-19
7	162.6111	2428599.93	10:36:39	29-Nov-19
8	164.6462	2439526.25	13:38:46	29-Nov-19
9	164.3980	2438632.97	13:23:52	29-Nov-19
10	164.6619	2439582.98	13:39:42	29-Nov-19
11	163.7304	2432629.52	11:43:49	29-Nov-19
12	162.6208	2428634.84	10:37:14	29-Nov-19
13	163.3449	2431241.48	11:20:41	29-Nov-19
14	164.3395	2438422.28	13:20:22	29-Nov-19
15	163.3873	2431394.31	11:23:14	29-Nov-19
16	164.0771	2437477.71	13:04:37	29-Nov-19
17	162.6213	2428636.75	10:37:16	29-Nov-19
18	163.3254	2431171.30	11:19:31	29-Nov-19
19	164.3810	2438571.55	13:22:51	29-Nov-19
20	163.0025	2430008.94	11:00:08	29-Nov-19
21	165.6296	2439466.69	13:37:46	29-Nov-19
22	164.1002	2437560.75	13:06:00	29-Nov-19
23	163.7024	2432528.71	11:42:08	29-Nov-19
24	164.0686	2437446.92	13:04:06	29-Nov-19
25	163.6920	2432491.07	11:41:31	29-Nov-19
26	163.4707	2431694.44	11:28:14	29-Nov-19
27	163.3712	2431336.35	11:22:16	29-Nov-19
28	163.6870	2432473.04	11:41:13	29-Nov-19
29	163.7061	2432541.85	11:42:21	29-Nov-19
30	164.3800	2438567.85	13:22:47	29-Nov-19

ตารางที่ 4.5 จำนวนงานล่าช้าจากการทดลองจัดลำดับการผลิต

Category	Number of Completed on Time	Number of Tardy Jobs
EDD	520 Tons	0 Tons
LPT	446 Tons	74 Tons
FCFS	461 Tons	59 Tons

4.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลองจากแบบจำลองกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม มีการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การทดสอบ Duncan's Multiple Range Test เพื่อวิเคราะห์ผลการจัดลำดับการผลิต โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการทดลองที่มีช่วงความมั่นใจ 95%

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	alpha (Modified)	Significant
LPT vs FCFS	2.904	17.623	2.092	< 0.0001	0.098	Yes
LPT vs EDD	2.375	14.409	1.988	< 0.0001	0.050	Yes
EDD vs FCFS	0.530	3.214	1.988	0.002	0.050	Yes

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับการผลิต

Category	Mean	Standard error	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)	Groups		
LPT	166.545	0.117	166.313	166.777	A		
EDD	164.170	0.117	163.939	164.402		B	
FCFS	163.641	0.117	163.409	163.872			C

บทที่ 5
สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการจัดลำดับการผลิตด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม สามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปการทดลอง

การศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ฝ่ายผลิตวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำงานซึ่งพิจารณาจากกำหนดวันส่งมอบและจำนวนสินค้าสำเร็จรูปที่มีอยู่ การวางแผนการใช้ทรัพยากรและเตรียมการทำได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบปริมาณการใช้ทรัพยากรที่แท้จริงในแต่ละวัน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการหาการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ด้วยการใช้กฎการจัดลำดับงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดตารางการผลิตมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง 2) เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการจัดลำดับงาน 3) เพื่อศึกษาการจัดลำดับงานที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อทดลองหาวิธีจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม โดยการป้อนคำสั่งซื้อ 25 คำสั่งซื้อ จำนวนการผลิตรวม 520 ตัน เข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นทดลองจัดลำดับการผลิตแบบ Earliest Due Date (EDD), Longest Processing Time (LPT) และ First Come First Serve (FCFS) โดยดำเนินการทดลองซ้ำวิธีละ 30 ครั้ง การวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 164.170 ชั่วโมงและไม่มีงานเสร็จล่าช้า การจัดลำดับการผลิตแบบ LPT ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 166.545 ชั่วโมงและมีจำนวนงานเสร็จล่าช้า 74 ตัน การจัดลำดับการผลิตแบบ FCFS ใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 163.641 ชั่วโมงและมีจำนวนงานเสร็จล่าช้า 59 ตัน จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากเวลาทั้งหมดในการดำเนินงานที่มีค่าต่ำที่สุดกับจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด การจัดลำดับการผลิตแบบ EDD มีความเหมาะสมที่สุดโดยใช้เวลาทั้งหมดในการดำเนินงาน 164.170 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดเป็นลำดับที่ 2 และไม่มีจำนวนงานเสร็จล่าช้าซึ่งเป็นจำนวนงานล่าช้าที่น้อยที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบการจัดลำดับการผลิต

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดลำดับการผลิต ทำให้เราสามารถทดลองเงื่อนไขในการผลิตแบบต่าง ๆ ได้โดยไม่กระทบต่างระบบการผลิตจริงและสามารถคาดการณ์ วัน เวลา ที่สินค้าจะดำเนินการผลิตเสร็จ ทำให้มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตมากขึ้น จะเห็นได้ว่าเทคนิคการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ซับซ้อนและต้องใช้เวลาในการหาคำตอบ การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ในแต่กรณีด้วย

5.2 ข้อจำกัดของแบบจำลอง

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ในกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนมมีข้อจำกัดในการหาคำตอบหากจำนวนสินค้าที่ผลิตมีมากจะต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบยาวนานขึ้นตามจำนวนของคำสั่งผลิตที่ใส่ลงไปในแบบจำลองสถานการณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

การการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ในกระบวนการผลิตแร่ธาตุสำหรับโคนม ถือว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งแบบจำลองนี้เป็นการศึกษาการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการจัดลำดับงานเพื่อหาการจัดลำดับงานที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษา สำหรับข้อเสนอแนะในการพัฒนาในแบบจำลองสถานการณ์นี้ คือ การพัฒนาวิธีการใส่ข้อมูลลงไปในแบบจำลอง เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการพัฒนาให้การกำหนดชนิดของ Flow Item ในแบบจำลองง่ายขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือให้กับแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

ธัญญารัตน์ ลิมอิสริยะพงศ์. (2554). **การจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิตเพื่อลดปัญหาการส่งมอบล่าช้า: กรณีศึกษาโรงงานเฟอร์นิเจอร์.** (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพฯ.

ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การจัดตารางการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานผลิต คอมเพรสเซอร์.** (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ยอดดวงใจ นาคปฐม. (2555). **การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ.** (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2553). **การกำหนดตารางการผลิตและการควบคุม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2532). การจำลองแบบปัญหา Simulation (2 ed.). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532: [ม.ป.ท. : ม.ป.พ.], 2532.

สโรชา เกษแก้ว และอุดม จันทร์จรัสสุข. (2559). **การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง.** วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย, 5(1).

สมโภช น้อยปลอด และดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน. (2562). **การปรับปรุงการจัดตารางการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางอากาศยาน.** วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 7(1).

สิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และสันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. (2553). **การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและเทคนิคการจำลองแบบฟัญหาในอุตสาหกรรม ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.** วารสารวิศวกรรมคาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 55-62.

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. (2561). **รายงานประจำปี 2561.** สำนักงานใหญ่ 160 ถนนมิตรภาพ ตำบลมิตรภาพ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี 18180.

Baker, K. R. (1974). **Introduction to sequencing and scheduling.** New York: John Wiley & Sons.

Barkany Abdellah, A. I., Jabri Abdelouahhab,Darcherif Abdel Moumen (2019). **Planning and scheduling of production system in conditioning line: Industrial application, optimization and simulation approach.** Management & Production Engineering Review (MPER). 10(4),3-10. doi:10.24425/mper.2019.131440

C. Dennis Pegden, R. P. S., Robert E. Shannon. (1995). **Introduction to Simulation Using Siman (2 ed.):** McGraw-Hill Companies; Internat.2r.e. edition (1995).

Christopher A. Chung. (2007). **Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach:** CRC Press; 1 edition (April 17, 2007).

Dan Trietsch. (2009). **Principles of Sequencing and Scheduling. Canada:**A John Wiley & Sons,Inc., Hoboken, New Jersey.

F Shrouf, J. O.-M., A Garcia-Sanchez and M Ortega-Mier (2014). **Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs.** Journal of Cleaner Production, 67, 197-207.

Schulze Marco, R. J., Seifi Cinna, Zimmermann Jürgen (2016). **Machine scheduling in underground mining: an application in the potash industry.** OR Spectrum, 38(2) , 365-403. doi:10.1007/s00291-015-0414-y

Shannon, R. E. (1975). **Systems Simulation: The Art and Science.**Englewood Cliffs, N. J. : Prentice Hall (June 1, 1975).

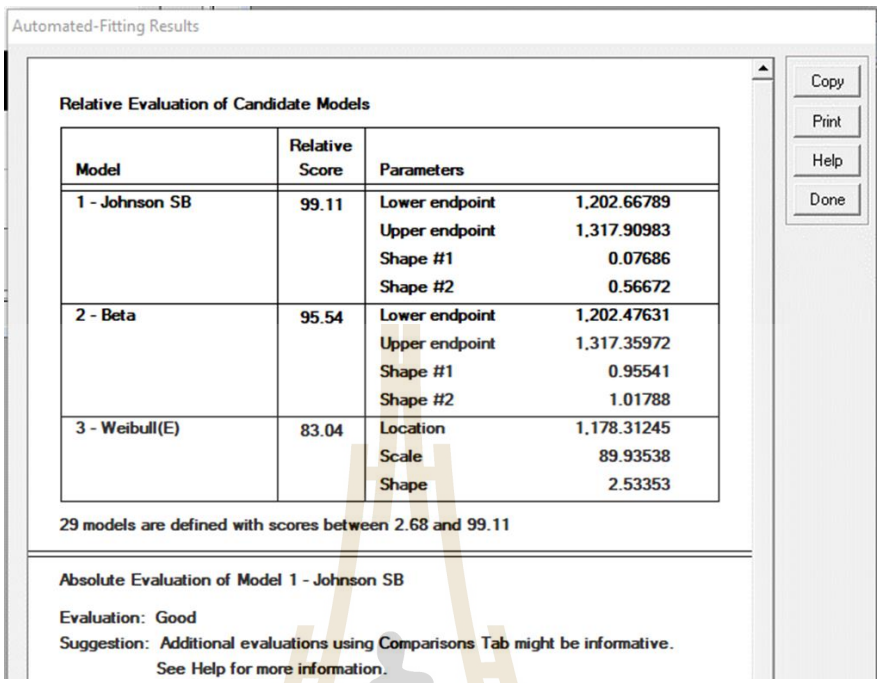
Youlong Lv, J. Z. a. W. Q. (2018). **Simulation-based production analysis of mixed-model assembly lines with uncertain processing times.** Journal of Simulation, 13,2019(1), 44-54.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

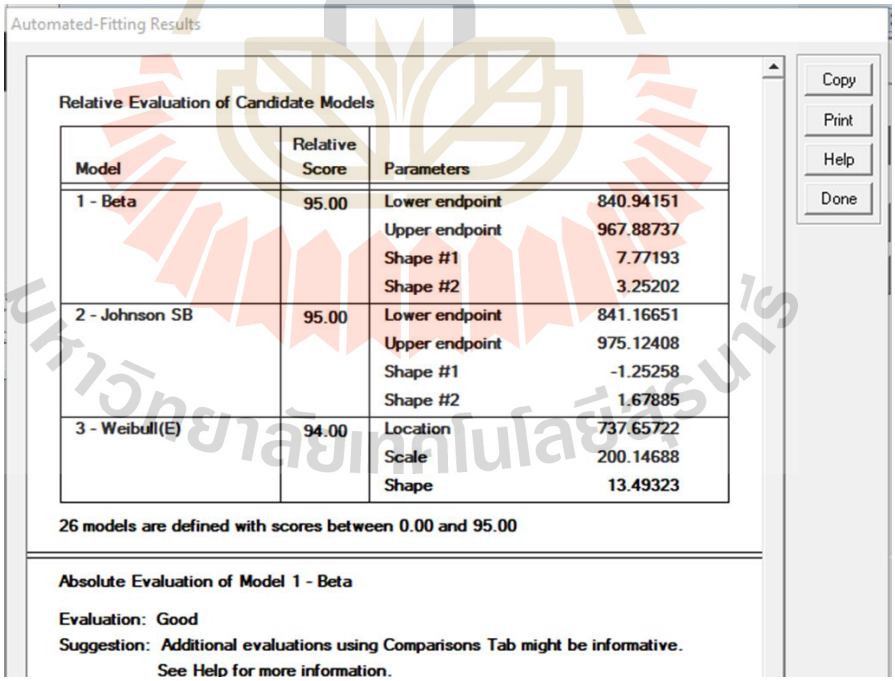
ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวเวลาการผลิต

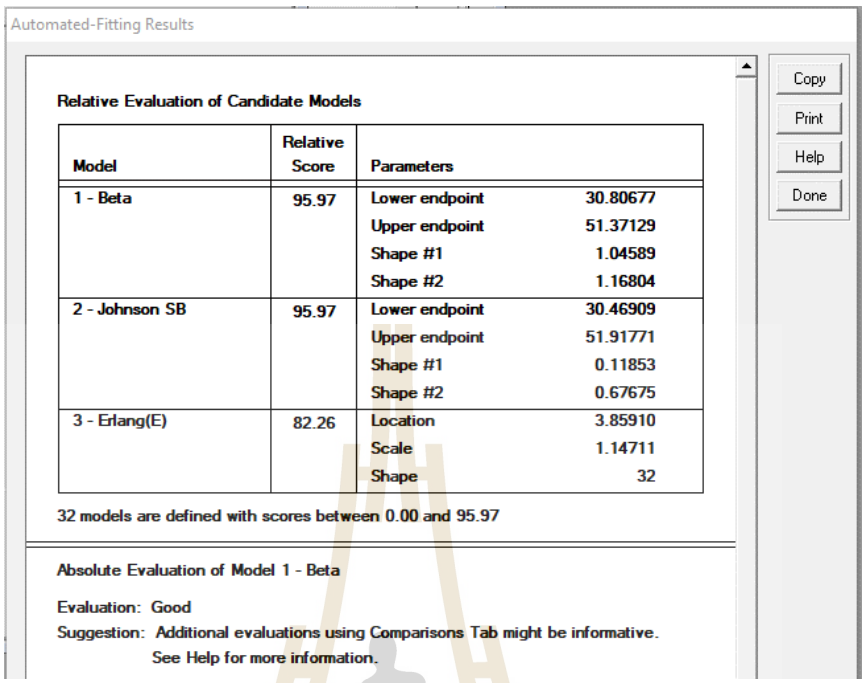
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



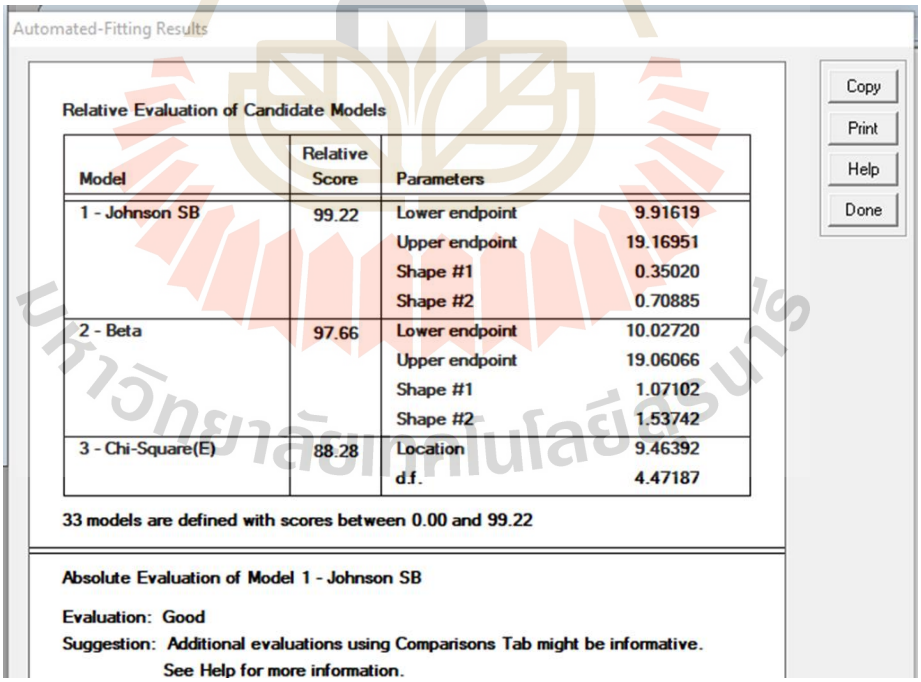
รูปที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์เวลาการผสมหัวแร่



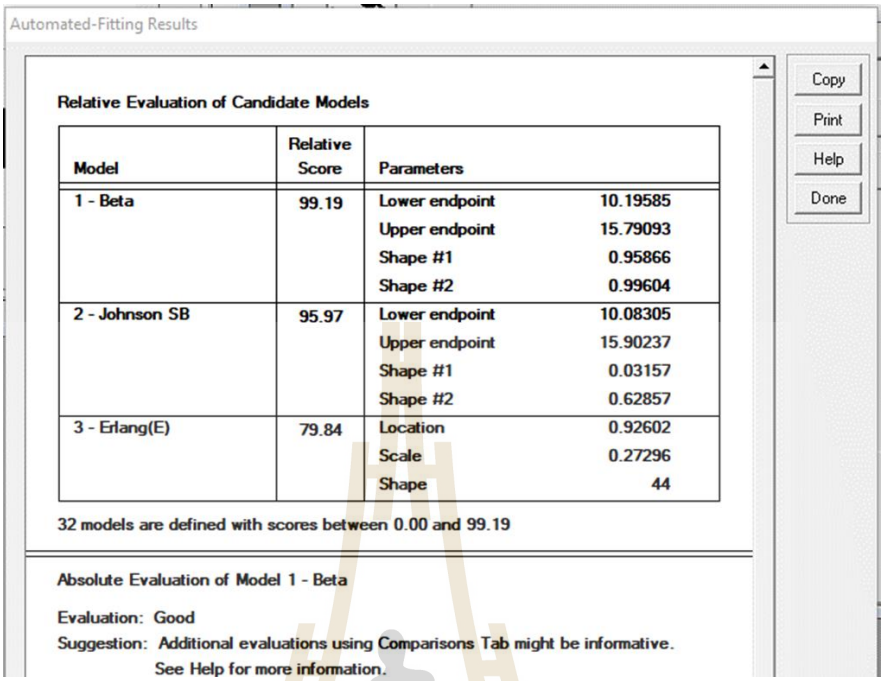
รูปที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์เวลาการผสมแร่ธาตุ



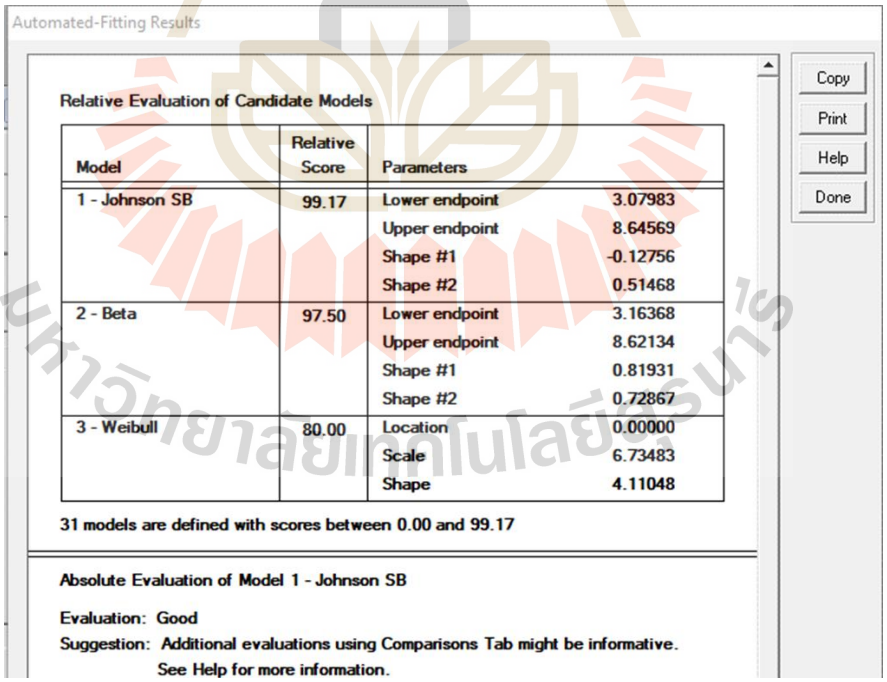
รูปที่ ก.3 ผลการวิเคราะห์เวลาการบรรจุลงถุง



รูปที่ ก.4 ผลการวิเคราะห์เวลาการเย็บถุง



รูปที่ ก.5 ผลการวิเคราะห์เวลา Unload Time การจัดลงพาเลท



รูปที่ ก.6 ผลการวิเคราะห์เวลา Load Time การจัดลงพาเลท

ภาคผนวก ข

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหล

No	Machine and equipment	Distance Unit: meters	Maxcontent Unit: KG	Maxflowrate Unit: KG/Second
1	Hopper intake line 1	–	1000.00	3.00
2	Screw conveyor1 intake line 1	2.50	79.00	3.00
3	Buket Elevetor line 1	17.00	100.00	6.00
4	Pipe intake line 1	2.00	64.00	6.00
5	Screw conveyor2 intake line 1	2.00	63.00	3.00
6	Feed Clearer machine line 1	–	100.00	3.00
7	pipe Drum sieve machine line 1	1.00	100.00	6.00
8	Turn Heads intake line 1(12 Way)	–	100.00	3.00
9	Pipe 1 line 1	3.50	112.00	5.00
10	Pipe 2 line 1	3.00	96.00	5.00
11	Pipe 3 line 1	3.50	112.00	5.00
12	Pipe 4 line 1	2.70	86.00	5.00
13	Pipe 5 line 1	2.50	80.00	5.00
14	Pipe 6 line 1	2.70	86.00	5.00
15	Pipe 7 line 1	2.70	86.00	5.00
16	Pipe 8 line 1	2.50	80.00	5.00
17	Pipe 9 line 1	2.70	86.00	5.00
18	Pipe 10 line 1	3.50	112.00	5.00
19	Pipe 11 line 1	3.00	96.00	5.00
20	Pipe 12 line 1	3.50	112.00	5.00
21	Bin 1 line 1	–	3500.00	–
22	Bin 2 line 1	–	3500.00	–
23	Bin 3 line 1	–	3500.00	–
24	Bin 4 line 1	–	3500.00	–
25	Bin 5 line 1	–	3500.00	–
26	Bin 6 line 1	–	3500.00	–
27	Bin 7 line 1	–	3500.00	–
28	Bin 8 line 1	–	3500.00	–
29	Bin 9 line 1	–	3500.00	–
30	Bin 10 line 1	–	3500.00	–

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหล (ต่อ)

No	Machine and equipment	Distance Unit: meters	Maxcontent Unit: KG	Maxflowrate Unit: KG/Second
31	Bin 11 line 1	—	3500	—
32	Bin 12 line 1	—	3500	—
33	Screw conveyor 1 line 2	2.5	79	0.18
34	Screw conveyor 2 line 2	2	79	0.23
35	Screw conveyor 3 line 2	2.5	79	—
36	Screw conveyor 4 line 2	1.7	53	0.65
37	Screw conveyor 5 line 2	0.5	16	0.39
38	Screw conveyor 6 line 2	1.7	53	0.16
39	Screw conveyor 7 line 2	1.7	53	0.28
40	Screw conveyor 8 line 2	0.5	16	1.06
41	Screw conveyor 9 line 2	1.7	53	0.82
42	Screw conveyor 10 line 2	2.5	79	0.96
43	Screw conveyor 11 line 2	2	63	—
44	Screw conveyor 12 line 2	2.5	79	—
45	Hopper scales line 2	—	200	—
46	Hopper Mixer line 2	—	200	—
47	Screw conveyor line 2	2.9	91	4.00
48	Buket Elevetor line 2	17	100	6.00
49	Pipe line 2	5.5	176	2.00
50	Turn Heads line 2	—	100	5.00
51	Pipe 13 line 2	4.2	134	6.00
52	Pipe 14 line 2	3.2	102	6.00
53	Pipe 15 line 2	3	96	6.00
54	Pipe 16 line 2	3	96	6.00
55	Bin 13 line 2	—	5000	—
56	Bin 14 line 2	—	5000	—
57	Bin 15 line 2	—	5000	—
58	Bin 16 line 2	—	5000	—
59	Hopper intake line 3	—	1000.00	3.00
60	Screw conveyor1 intake line 3	2.50	79.00	3.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหล (ต่อ)

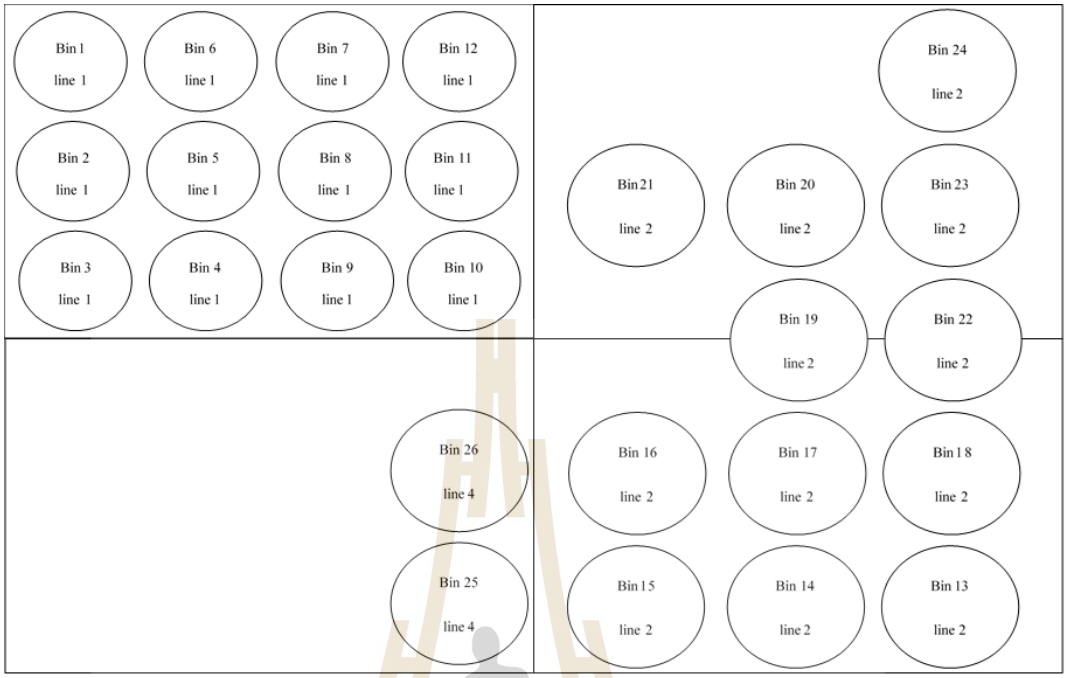
No	Machine and equipment	Distance	Maxcontent	Maxflowrate
		Unit: meters	Unit: KG	Unit: KG/Second
61	Buket Elevetor line 3	17	100	6.00
62	Two way B line 3	—	100	3.00
63	Pipe 24 line 3	7	220	7.00
64	Bin 24 line 3	—	4000	—
65	Pipe intake line 3 B	1	32	2.00
66	Screw conveyor2 intake line 3	1.5	47	3.00
67	Feed Clearer machine line 3	—	100	3.00
68	pipe Drum sieve machine line 3	1	100	6.00
69	Turn Heads (7 Way) line 3	—	100	3.00
70	Pipe 17 line 3	3.2	102	5.00
71	Pipe 18 line 3	3.8	120	5.00
72	Pipe 19 line 3	2.8	90	5.00
73	Pipe 20 line 3	3.2	102	5.00
74	Pipe 21 line 3	3.8	120	5.00
75	Pipe 22 line 3	3	96	5.00
76	Pipe 23 line 3	3.5	112	5.00
77	Bin 17 line 3	—	5000	—
78	Bin 18 line 3	—	5000	—
79	Bin 19 line 3	—	5000	—
80	Bin 20 line 3	—	5000	—
81	Bin 21 line 3	—	5000	—
82	Bin 22 line 3	—	5000	—
83	Bin 23 line 3	—	5000	—
84	Bin 24 line 3	—	4000	—
85	Screw conveyor 13 line 4	4	126	2.27
86	Screw conveyor 14 line 4	3.5	110	3.18
87	Screw conveyor 15 line 4	4	126	2.27
88	Screw conveyor 16 line 4	2.5	79	3.18
89	Screw conveyor 17 line 4	1.7	53	2.34
90	Screw conveyor 18 line 4	2.5	79	2.34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการลำเลียงและอัตราการไหล (ต่อ)

No	Machine and equipment	Distance	Maxcontent	Maxflowrate
		Unit: meters	Unit: KG	Unit: KG/Second
91	Screw conveyor 19 line 4	0.5	16	2.34
92	Screw conveyor 20 line 4	1.5	47	2.34
93	Screw conveyor 21 line 4	2.5	79	3.45
94	Screw conveyor 22 line 4	1.7	53	3.45
95	Screw conveyor 23 line 4	2	63	3.45
96	Screw conveyor 24 line 4	3.5	110	3.17
97	Hopper scales line 4	—	1000	—
98	Hopper Mixer line 4	—	1000	—
99	Screw conveyor under mix line 4	2.5	79	7.00
100	Buket Elevetor line 4	16	80	7.00
101	Pipe line 4	4.5	90	7.00
102	Two way line 4	—	100	7.00
103	Pipe 25 line 4	2	40	7.00
104	Pipe 26 line 4	2	40	7.00
105	Bin 25 line 4	—	5000	—
106	Bin 26 line 4	—	5000	—
107	Pipe 25 B line 5	3.5	112	6.00
108	Pipe 26 B line 5	3.5	112	6.00
109	Screw conveyor line 5	1.5	47	3.00
110	Hopper scales and packing line 5	—	50	—
111	packing line 5	—	—	—

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ข.1 แผนผังตำแหน่งถังเก็บ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Pramot Thongman, Ploypailin Phumkhokrak and Nara Samattapapong (2019). **Design and Layout Planning for Logistics Management Within Cows Mineral and Vitamin Factory.** Proceedings of the 14th International Congress on Logistics and SCM Systems, August 19-22, Taiwan, pp.119-126.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Proceedings of the 14th International Congress on Logistics and SCM Systems

Design and Layout Planning for Logistics Management Within Cows Mineral and Vitamin Factory

Pramot Thongman[1]
Department of Industrial engineering
Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, Thailand
Email: pramote.thongman@gmail.com

Ploypailin Phumkhokrak[2]
Department of Industrial engineering
Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, Thailand
Email: polly_polinaa@hotmail.com

Nara Samattapapong[3]
Department of Industrial engineering
Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, Thailand
Email: nara@sut.ac.th

Abstract. The objective of the research is to design and layout planning to manage logistics within the factory that is suitable for the company case study. Under the limit spacing, the giving space is 659.12 square meters (38.50 meters x 17.12 meters) by allocating machines and equipment follow the process direction flow. The position of each machine and equipment are considered by the Relationship Chart and existing production process flow. Layouts are generated to 3 alternative models each model gives a different distance in from-to chart. The best model that should implement is alternative model number 3 that giving a short distance is 262.50 meter for total pipe length of the materials handling system. Use the area of installation of machinery and equipment 222.46 square meters and the time spent in the production of mineral and victim, the least production is 58. 12 minutes and 101.00 minutes.

Keywords: Layout Design, Optimal Layout, Alternative Model

1. INTRODUCTION

The current businesses in the manufacturing industry are relatively high competition. Whether it's a quick process with the increased production rate, or to compete on quality in the production of goods in order to increase productivity and the use of resources is restricted to maximum benefit. Researchers have been aware of the problem from the operator and the operator's needs. From exploring the issue and found that the company's needs.

1. Need to increase productivity
2. Need to change the format from production workers to use as an automatic production system.
3. Need to control the quality of products with specific characteristics.

Therefore, the design and planning is an especially important factory in the production area, the management of industrial plants. The proper alignment, with the machinery and equipment and support to enhance productivity and create competitive advantage. Can reduce production costs both directly and indirectly.

2. LITERARY REVIEW

2.1 Plant layout

Fred E. Meyers. and Matthew P. Stephens. (2005). Proposed the definition of plant layout has been defined as Plant layout is physical management within the plant which involves machinery and equipment, production, work stations, people, areas for placing and storing materials for production Material transporting routes and materials for material handling.

Somsak Trisat. (2012).Proposed the definition of plant layout has been defined as: Plant layout is a plan for placing equipment, machines, workers, equipment, raw materials, and facilities. Convenient and support in the production of the factory in the appropriate location or area to make the operation.Production is safe Economical and most effective.

Chaiyan Srisupanon. (1978). Proposed the definition of plant planning is an activity related to the determination positioning or space allocation for various production factors, such as the position of machines, tools Space for storing raw materials, etc. in order to ensure the product is the safe and highest efficiency

2.2 Plant planning theory

The layout of the plan means the placement of machinery. People equipment Facilities and production support to be in the right position in order to provide the most efficient performance in accordance with the goals set by the plant layout. There are 6 basic goals. Avoid using more than the third level for heading.

1) Principles of activity integration
2) Principles of short-term movement
3) Principles of material flow, plant layout
4) Principles of using space
5) Principles of making workers satisfied and safe
6) Principles of flexibility, plant layout

Factors to consider in plant layout

1) Demand for products
2) Risk of obsolete machinery
3) Quality of output
4) Maintenance costs

2.3 Guidelines for plant layout

1) Mobility in moving materials, tools, and equipment
2) Coordination for each department must have good coordination and consistency.
3) Utilization of space in all parts of the factory area must be used for the most benefit
4) Easiest access or can be used. Equipment, tools, machinery must be accessible via easy access and should not be obstructed
5) Clearly visible Machines should be organized in a proportioned and orderly manner to help reduce accidents that may occur.
6) Less mobility avoids moving raw materials and products during production unnecessarily and should choose the equipment for loading and unloading to suit the job characteristics.
7) Move one-way material in the production process should be the same path should not be opposite. Because it may cause confusion, delays
8) The shortest distance in moving raw materials and to make production operations is possible to consistently which will save and reduce production costs
9) Work safety must be considered safe. Which is a very important issue first in work
10) Good environment Create a good working environment Workers are satisfied with their work.

2.4 Type of plant layout

General plant layout is divided into 3 types, namely plant layout according to product type. Plant layout according to the production process and plant layout according to the position of the job with the following details.

2.4.1 Product Layout (Product Layout)

The layout of the product type is suitable for production with a single product or less type is mass production and is a continuous production. Production line placement is clearly the production that has a lot of volumes. With the use of production lines, belt-style characteristics, transmission Raw material via belt or pipe with production all the time, production preparation will take a long time.

2.4.2 Process Layout

Production process planning is a layout based on the product type planning according to the group of Functional or function of the machine. There is a clear division of work.

2.4.3 Fixed Position Layout

This kind of production plan, the products that are produced are relatively large, not easy to move products. Production is complete. Most products are usually located or may be difficult to move. This type of layout is planned by providing the work piece that will be produced with or produced parts of the work is an important component from the outside to be assembled.

2.5 Analyze and create activity relationship charts

Relationship chart represents the relationship of each activity by using the score as an indicator Relationship level which activities are much related Give high priority scores, On the other hand, any activities that have little relationship give a low priority score this chart is more practical than other methods and is a useful tool for plant layout. And is also a good way for gathering production support as well for the relationship level to be used in analyzing the relationships of these activities are divided into 6 levels: A, E, I, O, U and X. There is a direct meaning in English.

- A: Absolutely Necessary: It's the perfect relationship level. And is an activity partner must be adjacent or close to each other, the highest level of relationship.
- E: Especially Improvement: is a special relationship level but less than the A-level relationship.
- I: Important: is an important level of complete relationship but less than level E or have a relationship

level

- O: Ordinary: is a normal relationship less than the relationship level I or having a low level of relationship
- U: Unimportant: is a relationship that is not important with the least degree of relationship or almost no relationship or independently.

Relationship charts can help find relationships. Especially in organizations that have a lot of activities, cannot calculate the relationship.

2.6 Analysis of alternative plant layout results

Plant layout is divided into 3 types, namely plant layout according to product type. Plant layout according to the production process and plant layout according to the position of the job with the following details.

3. CASE STUDY

3.1 Explore problems and needs

1) To increase the current production capacity to support the needs of the market within the future.
2) Product quality control is not good enough.
3) To develop the establishment into an automated system

3.2 Basic factory data collection

1) The current plant layout information is used to collect data by measuring the actual size and area. And draw the factory plan using Auto CAD program as shown in Figure 1

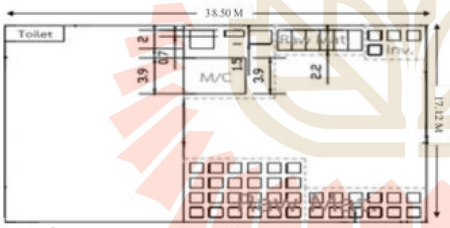


Figure 1: Current factory area size.

2) The size of the factory that will make the plant layout alternative. The company has decided to Change the production pattern from the original to be an automated system by installing all new machinery and production equipment Replace the original plant layout. Which has a total area of 659.12 square meters (38.50 meters x 17.12 meters)

3) In the operation of the factory, the preliminary is divided into 2 main products, namely vitamins and minerals, which are sequenced to work as shown in the process. In the process flow diagram as shown in Figure 2

Figure 2: Current production process

3.3 Size of equipment and machinery

The size of the equipment and machinery of the Company case study has determined the size of the equipment and the production machinery. As shown in Table 1, showing the size and number of machinery equipment in the production line of minerals and Table 2 shows the size and number of machinery equipment in the production line of vitamins.

Table 1: Data of machinery for the production of minerals.

Machinery / equipment	Amount	Area size (length x width) (meters)	Area per 1 unit (square meters)
20-ton silo	3	2.57 x 2.57	6.60
1-ton silo	7	1.20 x 1.20	1.44
250 kg silo	6	1.00 x 1.00	1.00
Mineral head mixer	1	3.00 x 3.00	9.00
Mineral mixers	1	3.00 x 3.00	9.00
Filling machine	1	3.00 x 3.00	9.00
Mechanical arm for placing products	1	1.00 x 1.00	1.00

Table 2: Data of machinery for the production of vitamin.

Machinery / equipment	Amount	Area size (length x width) (meters)	Area per 1 unit (square meters)
20-ton silo	2	2.57 x 2.57	6.60
Vitamin mixer	1	3.00 x 3.00	9.00
Filling machine	1	3.00 x 3.00	9.00

3.4 Analyze the relationship of each process area using Relationship Chart

In the position of the machine and each part of the work must be a sequence of relationships by using the relationship chart as follows.

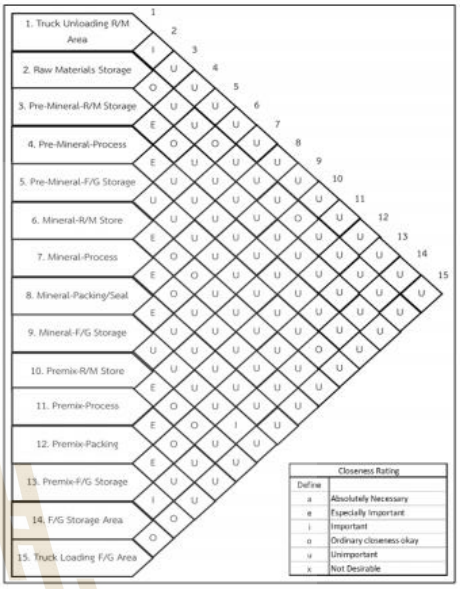


Figure 3: Represents the relationship of the process area

3.5 Alternative plant layout design

Designing 3 alternative plant layouts using the Auto CAD program to write alternative forms in 2D format.

3.5.1 Alternative Model 1

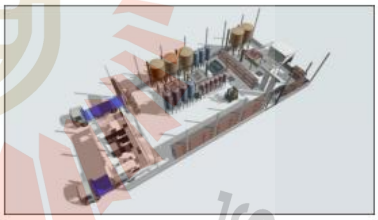


Figure 4: Layout of alternative models 1 in 3 D format

Details of the alternative models 1

1. There is a production process for producing minerals produced in a straight line.
2. By separating the placement of silos used for the production of mineral heads with silos

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

used to contain raw materials for mineral production

3. Arrange the mineral mixers, mixers, minerals, packing machines, and mechanical arms to place the product. Between silos containing mineral heads and Silos contain raw materials for the production of minerals.
4. Separate production rooms for vitamin production to control, production quality.

3.5.2 Alternative Model 2

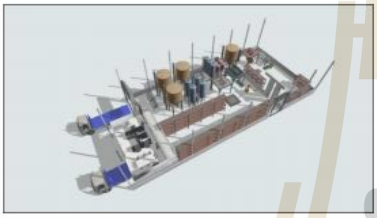


Figure 5: Layout of alternative models 2 in 3 D format

Details of the alternative models 2

1. The production process is laid out in the order of production.
2. The position of the silo used for the production of mineral heads with silos used to contain raw materials for mineral production has separate positions with the placement of silos in groups.
3. Place the mineral head mixer has been placed between groups of silos that are used to contain minerals and minerals.
4. Mineral mixers are placed next to a group of silos used to contain minerals.

3.5.3 Alternative Model 3

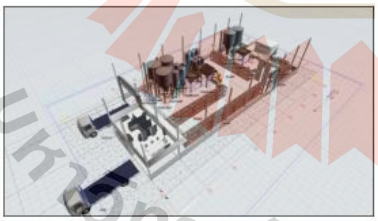


Figure 6: Layout of alternative models 3 in 3 D format

Details of the alternative models 3

1. The production process is laid out in the order of production.
2. 2. The position of the silo used for the production of mineral heads with silos used to contain raw materials for mineral production has separate positions with the placement of silos in groups.
3. Align the mineral mixers and mineral mixers. Have been placed between groups of silos that are used to contain minerals and minerals.
4. Packing machine and mechanical arm for placing products have a position next to the mineral mixer, respectively.
5. Separate production rooms for production vitamins for production quality control.

4. RESULTS

4.1 Areas used in the installation of machinery and equipment

Table 3: Data area for installation of alternative models 1

Process area	Area size (length X width)	Area (square meters)
Space for storage silos for mineral head production	(3.50 x 3.50) + (1.35 x 1.35)	14.07
Mineral head mixer	3.00 x 3.00	9.00
Mineral mixers	3.00 x 3.00	9.00
Filling machine	3.00 x 3.00	9.00
Mechanical arm, handle, packaging	1.00 x 1.00	1.00
Space for silos to store raw materials for the production of minerals	8.00 x 8.00	64.00
Space for the premix production process	8.83 x 17.13	151.25
Total area (square meters)		243.25

Alternative models 1: Use space for the installation of machinery and equipment totaling 243.25 square meters.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4: Data area for installation of alternative models 2

Process area	Area size (length X width)	Area (square meters)
Space for storage silos for mineral head production	11x1.65	18.15
Mineral head mixer	3.00 x 3.00	9.00
Mineral mixers	3.00 x 3.00	9.00
Filling machine	3.00 x 3.00	9.00
Mechanical arm, handle, packaging	1.00 x 1.00	1.00
Space for silos to store raw materials for the production of minerals	14.30 x 2.80	40.04
Space for the premix production process	8.83 x 17.13	151.25
Total area (square meters)		237.44

Alternative models 2: Use space for the installation of machinery and equipment totaling 237.44 square meters.

Table 5: Data area for installation of alternative models 3

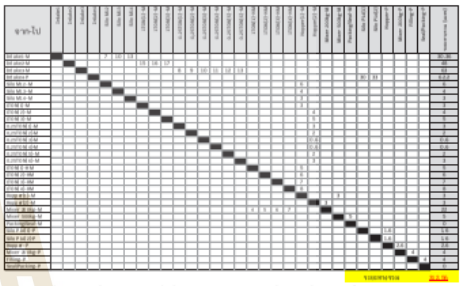
Process area	Area size (length X width)	Area (square meters)
Space for storage silos for mineral head production	3.60 x 3.60	12.96
Mineral head mixer	3.00 x 3.00	9.00
Mineral mixers	3.00 x 3.00	9.00
Filling machine	3.00 x 3.00	9.00
Mechanical arm, handle, packaging	1.00 x 1.00	1.00
Space for silos to store raw materials for the production of minerals	5.50 x 5.50	30.25
Space for the premix production process	8.83 x 17.13	151.25
Total area (square meters)		222.46

Alternative models 3: Use space for the installation of machinery and equipment totaling 222.46 square meters.

4.2 Transportation distance

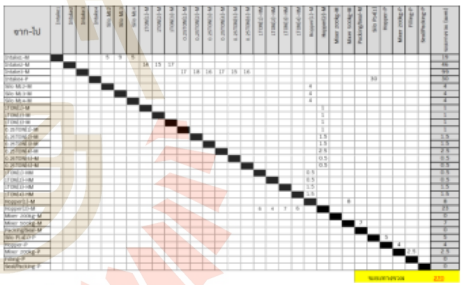
Analyze the transportation distance, the total extinguished objects of the plant layout, all three alternatives. To be compared with each factory layout by considering the distance of transportation Enter the values in the chart from - to then include the total distance. Show details of transportation distance of raw materials of the plant layout in each type are as follows.

Table 6: Total transportation distance of alternative models 1



Alternative models 1: From the chart from - to go. Alternative models 1 has a total distance of 312.56 meters.

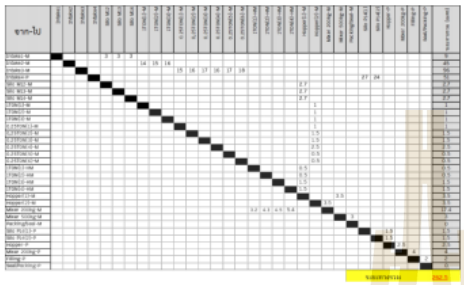
Table 7: Total transportation distance of alternative models 2



Alternative models 2: From the chart from - to go. Alternative models 1 has a total distance of 270.00 meters.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 8: Total transportation distance of alternative models 3



Alternative models 3: From the chart from - to go. Alternative models 1 has a total distance of 262.50 meters.

4.3 Production time

Table 9: Calculation of time spent in production.

Production reference time	Detail	
	Time (minute)	Volume(kg)
Time used to mix mineral head	20.00	200.00
Time used to mix minerals	20.00	500.00
Time spent in mixing vitamins	20.00	100.00

Take information from Table 9 can calculate the production time as shown in Table 10

Table 10: Calculation of time spent in production.

Comparison factor	Alternative models		
	Model1	Model 2	Model3
The time required to produce 200 kg of ore (min)	67.80	57.1 2	58.12
The right time to produce 500 kilograms of minerals (minutes)	120.00	155.00	101.00
Want to produce 6 tons of minerals to take production (Hour)	24.00	31.00	20.20

From table 10: shows that the alternative plant layout type 3 uses the minimum amount of time spent in the production of minerals and minerals, 58. 12 minutes and 101.00 minutes, respectively. Production 20.20 hours.

4.4 Compare results

Table 11: Compare information of alternative models.

Comparison factor	Alternative models		
	model1	model 2	model 3
Process area (square meters)	257.39	237.47	222.53
Total distance (meters)	312.56	270.00	262.50
Total process time (Hour) (produce 6 tons/day)	24.00	31.00	20.20

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

From the design and finding of the factory layout design, respectively, the production process of Company case study is designed to support the change from the original production model. To be an automated system Causing no data in production Therefore designing the plant layout for each alternative to compare Under the terms of the operator Which includes Area of the machine And the equipment that needs to be used and sequence up in the original production process.

5.1 Choosing the plant layout, the right choice

Selection of plant layouts The right choice of this research is selected from the total distance in the transportation of raw materials and the area used for the installation of machinery and equipment as follows.

1) Total distance in the transportation of raw materials within the process of the alternative models 3, with a transportation distance of 262.50 meters, less than alternative models 1 and 2 are 50.00 meters and 7.50 meters respectively.
2) The area used for the installation of machinery and equipment of the alternative models 3, with the area of 222.46 square meters for the installation of machinery and equipment, which is less than the alternative models 1 and 2 are 20.79 square meters and 14.98 square meters respectively.
3) Time spent in the production of minerals and minerals of the alternative models 3 uses the minimum production time of 58. 12 minutes and 101.00 minutes, respectively. Production time 20.20 hours.

Can, therefore, conclude that alternative models 3 is suitable for most production processes. The total distance of the internal raw material transportation is 262.50 meters. The total area of the machine and equipment installation is 222.53 square meters and the minimum production time is 58. 12 minutes and 101.00 minutes respectively. Production time is 20.20 hours.

5.2 Problems in organizing research work

Because it is a new system therefore unable to know the exact time for production make application applications computer to help in analysis unable to do it due to lack of data.

5.3 RECOMMENDATIONS

- This research is only a presentation of the success of the plant layout design, alternatives and factory layout selection.
- This research is not allowed to use the payback period and production time.
- Some information about the company that is considered confidential.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was accomplished well. Because receiving the kindness and help from

The advisor, Dr. Nara Sattathapaphong a counselor who has sacrificed time to explain Introduce principles and reasons Examining and correcting deficiencies for the organizer, which is especially useful for research studies

Miss Vipanan Phakawat-theerakun Owner of Company case study who have provided cooperation in providing important information for this research until accomplished well.

REFERENCES

Bumrungrat, N. (2009). Design and plant plan for the production of thin film solar cells *Master of Science Program. Bangkok; Dhurakij Pundit University*.

Chorpradap, P. (2013). Plant layout improvements to increase productivity. *the publishing industry. Journal of the World Science Year 13 (1)*, 120-125.

Fred E. Meyers., & Matthew P. Stephens. (2005). Plant layout. *Manufacturing Facilities Design and Material Handling, 3rd Edition*.

Jay Heizer., & Barry Render. (2012). . Production and Operations Management. *Pearson Education Indochina Company Limited, Bangkok, Thailand,* 171-190.

Kaewphan, P. (2011). Plant layout improvement, case study, Z Company Limited. *Industrial Engineering Network Conference, Thailand, October. 20-21, 2011*, 336-342.

Somphatsorn, U.-a., & Thanat, M. (2008). Plant layout improvements using Situation Model: Case Study of Ready Made Garment Factory. *Annual National Operations Research Conference (2008)*.

Somsak Trisat. (2012). Plant design and layout. Publishing Technology. *Promotion Association (Thailand-Japan), Bangkok*, 105-218.

Wattanawiraphong, N. (2016). Plant layout to increase productivity Case study of automotive parts manufacturing factory. *Research of Industrial Management Program Faculty of Industrial Technology Nakhon Ratchasima Rajabhat University*.

Yutharong, J., Nata, K., & Yodnapa, K. (2011). Increase productivity with a technical arrangement. Balanced production and plant layout case studies Cast iron stove factory. *academic conference Industrial Engineering Network, Thailand, October. 20-21*, 399-408.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ICLS
2019
Certificate of Participation
This is to certify that
Pramot Thongman
has participated with a paper entitled
Design and layout planning for logistics management within the cows mineral and vitamin factory
at the 14th International Congress of Logistics and SCM Systems (ICLS 2019)
on August 19 - 22, 2019 in Taipei, Taiwan.
Voratas Kachitvichyanukul
Chairman, IFLS
Vincent F. Yu
Chair, ICLS 2019
14th International Congress
on Logistics and SCM Systems
(ICLS 2019)
August 19~22, 2019
Taiwan Tech, Taipei, Taiwan

ประวัติผู้วิจัย

นายปราโมทย์ ทองมั่น เกิดเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2538 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนวัดดงข่อย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ที่โรงวัดศรีวิสุทธาราม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ที่โรงเรียนวัดจันตะวันออก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคเหนือ จังหวัดพิษณุโลก และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการจัดการ-การจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2561 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยขณะศึกษาปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอนปฏิบัติการรายวิชา SIMULATION SYSTEMS AND APPLICATIONS สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ช่วยโครงการวิจัย การออกแบบและพัฒนาต้นแบบรถเข็นแบบปรับยืน นั่ง และนอนได้ ในระหว่างกำลังศึกษาได้เข้าร่วมและนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานระดับนานาชาติครั้งที่ 14 ณ เมืองไทเป ประเทศไต้หวัน ระหว่างวันที่ 19 ถึง 22 สิงหาคม พ.ศ. 2562 เรื่อง Design and Layout Planning for Logistics Management Within Cows Mineral and Vitamin Factory

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี