

## บทที่ 4

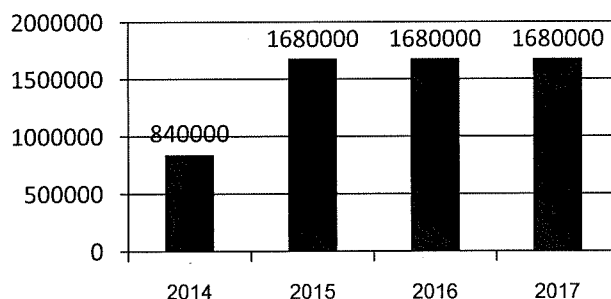
### ผลการวิจัย

ผลการจำลองแบบระบบการขนถ่ายสินค้าประเภทไม้สับ (Wood Chips) ของท่าเรือเอกชนแห่งหนึ่ง โดยวิเคราะห์การดำเนินการด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ของระบบด้วยโปรแกรม Arena และแสดงผลการเปรียบเทียบรูปแบบการปฏิบัติงาน (Operation Model) ต่าง ๆ ที่นำเสนอ ผลการวิจัยแบ่งได้ 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการขนถ่ายสินค้าประเภทไม้สับ (Wood Chips)
2. แบบจำลองทางความคิด
3. ผลการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า
4. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
5. ผลของแบบจำลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ
6. ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิด กับแบบจำลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ

#### กระบวนการขนถ่ายสินค้าประเภทไม้สับ (Wood Chips)

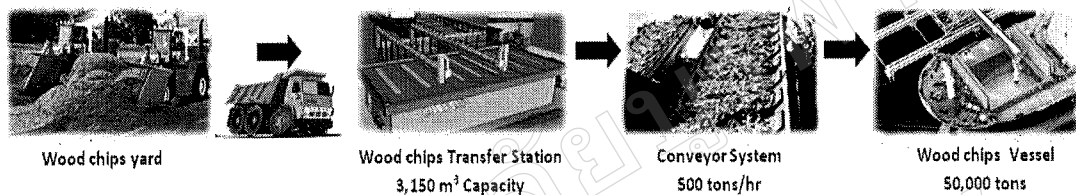
ตามประมาณการปริมาณสินค้าและขนาดของเรือที่คาดการณ์ในอนาคต อ้างอิงตามแผนธุรกิจและโครงการของท่าเรือท่าเรือเอกชน เพื่อให้รูปแบบการขนถ่ายสินค้ามีความคล่องตัว สะดวก และขยายโอกาสด้านการตลาด พร้อมทั้งลดปริมาณการจราจรบนท่าเรือเนื่องจากประมาณการสินค้าไม้สับจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 840,000 ตัน ในปี ค.ศ.2014 และ 1,680,000 ตันในปี 2015 - 2017 ตามลำดับ



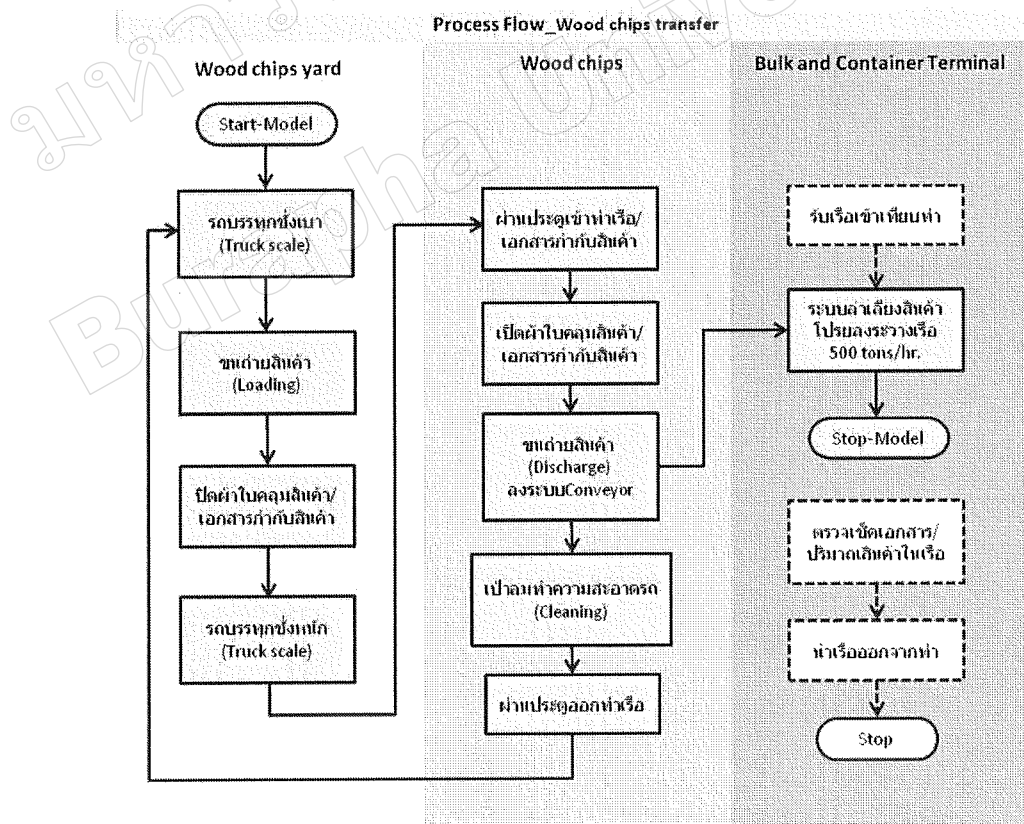
ภาพที่ 4-1 ประมาณการปริมาณสินค้าไม้สับ (Wood Chips) ปี 2014 - 2017

จากการศึกษากระบวนการการขนถ่ายสินค้าไม้สับ ที่เริ่มตั้งแต่กระบวนการการขนถ่ายไม้สับเข้าสู่บริเวณท่าเรือ ประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับกระบวนการ โดยให้สามารถขนถ่ายไม้สับลงสู่ลำเรือด้วยอัตราการขนถ่าย 500 ตันต่อชั่วโมงตามความต้องการของลูกค้า ประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ ดังนี้

- สถานีขนถ่ายไม้สับ พร้อมระบบ Conveyor
- ระบบสายพานลำเลียงจากสถานีขนถ่ายสู่ท่าเรือ
- อุปกรณ์การลำเลียงไม้สับสู่เรือ (Ship Loader)



ภาพที่ 4-2 โครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ขนถ่ายไม้สับ



ภาพที่ 4-3 กระบวนการปฏิบัติการสินค้าประเภทไม้สับ

จากภาพที่ 4-3 ได้แสดงถึงกระบวนการปฏิบัติการสินค้าประเภทไม้สับ โดยการลำเลียงไม้สับเพื่อส่งออกทางเรือ 24,000 ตันต่อลำเรือ โดยรถบรรทุกจะขนไม้สับจากลานกองไม้สับมายังสถานีขนถ่ายไม้สับในปริมาณที่ขยวละ 12 ตัน ซึ่งลานกองไม้สับกับสถานีขนถ่ายมีระยะทางห่างประมาณ 5 กิโลเมตร และเชื่อมต่อกับระบบสายพานลำเลียงความยาว 600 เมตร จากสถานีขนถ่ายอุปกรณ์เพื่อลำเลียงไม้สับสู่เรือด้วยอุปกรณ์ (Ship Loader)

#### สถานีขนถ่ายและคลังสินค้าไม้สับ

แม้ว่าจะมีพื้นที่สำหรับกองและขนถ่ายไม้สับที่อยู่ห่างจากท่าเรือระยะทางประมาณ 5 กม. แต่จากการคำนวณปริมาณการจราจรของรถบรรทุกขึ้นท่าของสินค้าประเภทไม้สับที่อัตราการขนถ่าย 500 ตันต่อชั่วโมง โดยที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกไม้สับได้ 12 ตันต่อเที่ยว ซึ่งต้องให้รถบรรทุกวิ่งขนส่งประมาณ 2,000 เที่ยว ทำให้ต้องมีจำนวนรถบรรทุกที่ต้องขึ้นท่าเรือเพื่อขนถ่ายสินค้าลงเรือถึง 40 คันต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากประมาณการปริมาณสินค้าผ่านท่าในช่วงเริ่มแรกของการดำเนินการตามโครงการ ในปีแรกของการส่งออกไม้สับในปี 2014 ความหนาแน่นและปริมาณลำเรือยังมีไม่มากนัก ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาในการเตรียมพร้อมเพื่อก่อสร้างและลงทุนกับโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการขนถ่ายไม้สับและพร้อมรับกับปริมาณไม้สับที่เพิ่มขึ้นในปีต่อ ๆ มา ซึ่งสามารถคำนวณระยะเวลาการขนถ่ายไม้สับในปีแรกได้ ดังนี้

$$\text{ปริมาณไม้สับที่ส่งออกเฉลี่ยต่อเดือน} = 840,000 / 12 = 70,000 \text{ ตัน}$$

$$\text{ปริมาณไม้สับที่ส่งออกต่อลำเรือ} = 24,000 \text{ ตัน}$$

$$\text{ดังนั้นปริมาณไม้สับที่ส่งออกเฉลี่ยต่อเดือน} = 70,000 / (24,000) = 2.9 \text{ คิดเป็น 3 ลำเรือต่อเดือน}$$

ตามข้อมูลประมาณการปริมาณไม้สับที่จะส่งออกมีเพิ่มขึ้นและทำให้ส่งผลกระทบต่อปฏิบัติการของท่าเรือ เพื่อเป็นการลดผลกระทบในด้านต่าง ๆ จึงได้มีแนวคิดในการออกแบบสถานีขนถ่ายไม้สับบริเวณลาน Container Yard ของท่าเรือ เพื่อเป็นสถานีสำหรับให้รถบรรทุกขนไม้สับมากองไว้และขนถ่ายไปยังท่าเรือด้วยสายพานลำเลียงไปยังท่าเทียบเรือและขนถ่ายสู่เรือด้วย Ship Loader ต่อไป

สถานีขนถ่ายไม้สับมีลักษณะเป็นอาคารปิดขนาดกว้าง 32 เมตร ยาว 70 เมตร สูง 15 เมตร ตั้งอยู่ติดกับอาคารสำนักงาน หลักการทำงานของสถานีขนถ่ายไม้สับ รถบรรทุกจะสามารถขนถ่ายสินค้ามากองในสถานีขนถ่าย ซึ่งมีการออกแบบให้เป็น Walking Floor ให้ไม้สับหล่นลงไปยังพื้นที่ด้านล่าง ที่มีสายพานลำเลียงรองรับไว้ เพื่อขนถ่ายไม้สับไปยังท่าเรือและขนถ่ายสู่ลำเรือและออกแบบไว้สำหรับเป็นสถานีขนถ่ายสินค้าเพื่อลดปริมาณรถบรรทุกที่ขึ้นสู่ท่าเรือ และยังทำหน้าที่เป็นคลังสินค้าในช่วงที่ไม่มีเรือเข้าเทียบท่า โดยอาคารจะประกอบด้วยพื้นที่ถนนภายในอาคาร

สำหรับรถบรรทุก พื้นที่สำหรับการเทไม้สับลงสู่สายพาน และพื้นที่สำหรับการจัดเก็บไม้สับ โดยจัดให้มีลานสำหรับกองไม้สับเพื่อเก็บไม้สับไว้ในสถานีขนถ่าย ซึ่งสามารถเก็บไม้สับได้สูงสุด 3,150 ตัน เทียบเท่ากับการขนถ่ายสินค้าลงเรือได้ 6.3 ชั่วโมง คิดเป็น 12.6 เปอร์เซ็นต์ของเรือ 1 ลำ เพื่อ Support กรณีเกิดเหตุขัดข้องของการปฏิบัติงานบนท่าเรือ ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่สำหรับกองไม้สับ} &= 70 \text{ เมตร} \times (30-12) \\ &= 1,260 \text{ ตารางเมตร}\end{aligned}$$

คำนวณปริมาตรกองไม้สับ

$$\begin{aligned}\text{โดยการคำนวณปริมาตรสามเหลี่ยมมุมฉาก ความสูงของกอง 10 เมตร} \\ &= \frac{1}{2} \times 18 \times 10 \times 70 \\ &= 6,300 \text{ ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

คำนวณตามค่าความหนาแน่นของไม้สับที่ 0.5 ตันต่อลูกบาศก์เมตร

$$\text{ดังนั้นไม้สับที่จะกองเก็บได้ตามน้ำหนัก (6,300 \times 0.5) = 3,150 \text{ ตัน}}$$

**สายพานลำเลียงไม้สับจากสถานีขนถ่ายไปยังท่าเรือ**

ระบบสายพานลำเลียงไม้สับจากสถานีขนถ่ายและคลังสินค้าใช้ระบบ Screw อยู่ภายใต้ Walking Floor เพื่อลำเลียงไม้สับไปสู่ระบบสายพานลำเลียงขนาดใหญ่

ระบบสายพานลำเลียงไม้สับในคลังสินค้าเริ่มจากรถบรรทุกไม้สับ โดยรถบรรทุกเทกองในสถานีขนถ่ายไม้สับ โดยเทลงบนตะแกรงรองรับ ไม้สับจะหล่นผ่านตะแกรงลงมายัง Walking Floor หรือ Screw Conveyor ด้านล่าง ซึ่งมีอัตราการขนถ่าย 500 ตันต่อชั่วโมง การคำนวณปริมาณรถเมื่อเทไม้สับเข้าสู่สถานีขนถ่าย ดังนี้

$$\text{ปริมาณรถบรรทุกต่อรอบของการเท} = 1 \text{ คัน}$$

$$\text{น้ำหนักไม้สับต่อรถบรรทุก 1 คัน} = 12 \text{ ตัน}$$

$$\text{น้ำหนักไม้สับที่ขนถ่ายเข้าสู่สถานีขนถ่ายต่อรอบของการเท} = 12 \text{ ตัน}$$

$$\text{ระยะเวลาการเทต่อรอบประมาณ} = 2.9 \text{ นาที}$$

$$\text{ปริมาณไม้สับที่ขนถ่ายสู่สถานีขนถ่ายต่อชั่วโมง (12 \times (60/2.9))} = 248 \text{ ตันต่อชั่วโมง}$$

ซึ่งน้อยกว่าอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ 500 ตันต่อชั่วโมง

อัตราความเร็วของสายพานคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{อัตราการขนถ่ายไม้สับลงเรือ} = 500 \text{ ตันต่อชั่วโมง หรือ}$$

$$8.33 \text{ ตันต่อนาที หรือ}$$

$$0.139 \text{ ตันต่อวินาที}$$

$$\text{ปริมาตร ของไม้สับต่อสายพาน 1 เมตร} = \text{พื้นที่หน้าตัดสายพาน} \times \text{ความยาว 1 เมตร}$$

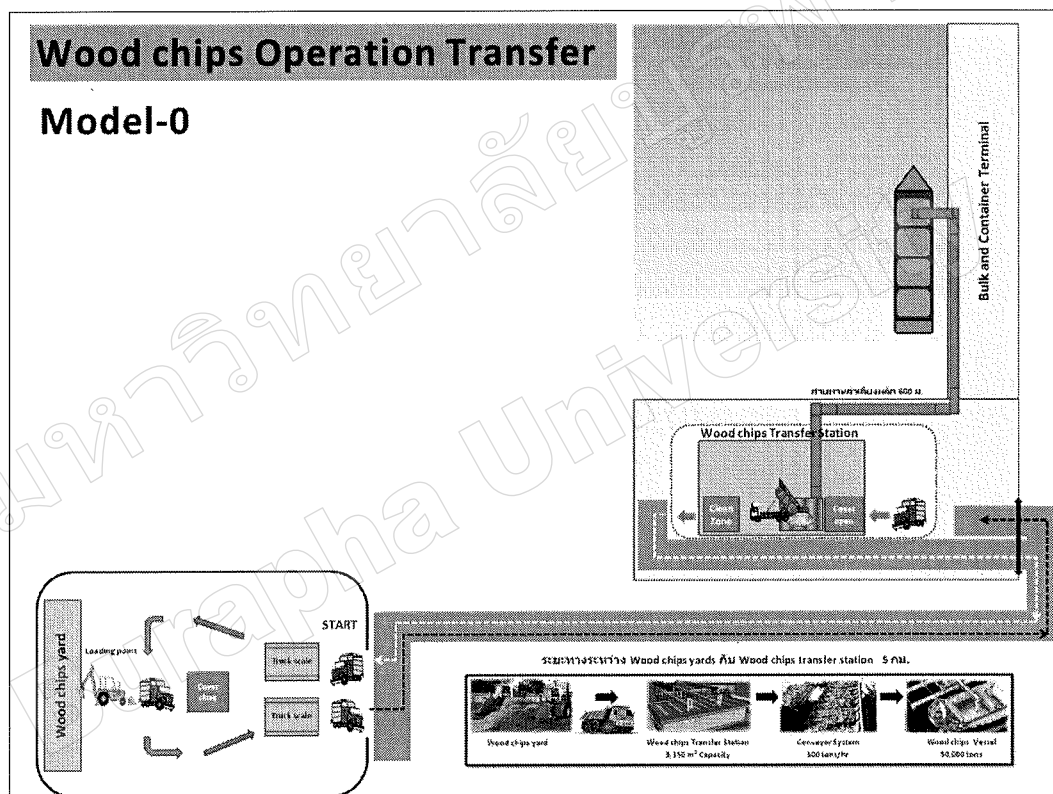
$$= 0.252 \times 1 = 0.252 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{น้ำหนักของไม้สับบนสายพานต่อเมตร} = 0.252 \times 0.5 = 0.126 \text{ ตัน}$$

$$\text{คำนวณความเร็วสายพานที่เหมาะสม} = 0.139 / 0.126 = 1.103 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

### แบบจำลองทางความคิด

จากการศึกษารูปแบบของระบบปฏิบัติการขนถ่ายไม้สับ สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิด Model - 0 ได้ดังนี้



ภาพที่ 4-4 Wood Chips Operation Transfer Model - 0

รูปแบบของระบบปฏิบัติการขนถ่ายไม้สับ (Wood Chips) ปริมาณ 24000 ตัน โดยรถบรรทุก (บรรทุกเที่ยวละ 12 ตัน) จาก Yard มายัง Wood Chips Station Transfer ตาม Process ต่าง ๆ และขนถ่ายต่อไปยังเรือ โดย Conveyor ความยาว 600 เมตร (Flow Rate 500 ตัน/ ชม.) เพื่อส่งออก Wood Chips ปริมาณ 24000 ตัน ทางเรือ

### แบบโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์

1. สถานีขนถ่ายไม้สับบนลาน CY เดิม พร้อมระบบ Screw Conveyor
2. ระบบสายพานลำเลียงจากสถานีขนถ่ายสู่ท่าเรือ อัตราการขนถ่าย 500 ตัน/ ชม.
3. อุปกรณ์การลำเลียงไม้สับสู่เรือ (Ship Loader)
4. อุปกรณ์เป่าลม ทำความสะอาดรถบรรทุกหลังการขนถ่ายสินค้า
5. เครื่องชั่งน้ำหนักสินค้า
6. รถตักสินค้าขึ้นรถบรรทุก
7. รถบรรทุกสินค้าระหว่าง Wood Chips Yard กับ Station Transfer

คำนวณปริมาณการขนถ่ายไม้สับ ต่อเรือ 1 Shipment

ปริมาณไม้สับที่ส่งออกเฉลี่ยต่อเดือน = 70,000 ตัน

ปริมาณไม้สับที่ส่งออกต่อลำเรือ = 24,000 ตัน

น้ำหนักสุทธิของรถบรรทุกไม้สับ = 12.5 ตันต่อคัน

หมายเหตุ: เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างบน โปรแกรม Arena จะระบุเลขจำนวนเต็ม โดยอัตโนมัติ ดังนั้นในการจำลองสถานการณ์ผู้วิจัยจึงขอกำหนดปริมาณไม้สับ เท่ากับ 12 ตันต่อคัน

### ผลการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า

การสร้างตัวแบบจำลองนั้น จำเป็นต้องมีการนำข้อมูลรับเข้าใส่ให้กับระบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบ แต่เนื่องจากกรณีศึกษานี้ เป็นการออกแบบระบบใหม่ จึงยังไม่มีข้อมูลจริง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลของขั้นตอนต่าง ๆ จากระบบปฏิบัติการขนถ่ายสินค้าอื่น ๆ ที่มีลักษณะการปฏิบัติการที่คล้ายคลึงกัน และนำมาวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลดังกล่าว โดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer เพื่อทดสอบค่าการแจกแจง

และใช้รูปแบบการแจกแจงที่ได้นั้น มาใช้ในการสร้างกลุ่มข้อมูลแบบสุ่ม โดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer > Generate New จากนั้น โปรแกรม Arena จะสร้างข้อมูลดิบที่มีการแจกแจงตามที่ได้วิเคราะห์นั้น ทำให้เราได้กลุ่มข้อมูลที่จะรับเข้าใส่ในระบบจำลองการปฏิบัติการขนถ่ายไม้สับ แต่การแจกแจงที่ได้นั้นจะเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลหรือไม่ ต้องมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบค่า P - Value ที่ได้ว่ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือไม่

ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐาน ดังนี้

$H_0$ : ข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

$H_1$ : ข้อมูล ไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

โปรแกรม Arena มีวิธีทดสอบสมมติฐานการแจกแจงตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) 2 วิธีด้วยกัน คือ

- วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ - สเมียร์นอฟ (Kolmogorov - Smirnov Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

- วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi - Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

สำหรับกรณีศึกษานี้มีข้อมูลมากกว่า 50 ข้อมูล ผู้วิจัยจึงเลือกทดสอบด้วยวิธีการทดสอบไคสแควร์ ผลจากการทดสอบได้ค่า P - Value มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  ได้ แสดงว่าข้อมูลที่นำเข้ามีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ และใช้ข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลอง

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลเวลาในแต่ละกระบวนการปฏิบัติการขนถ่ายไม้สับ Model - 0

| Operation Model-0   |            |          |         |            |              |          |            |          |         |  |         |          |            |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
|---|------------|----------|---------|------------|--------------|----------|------------|----------|---------|--|---------|----------|------------|----------|--------------|------------|---------|----------|------------|--------------|-------|------------|---------|--|
| ปริมาณการรับขนถ่ายไม้สับ ปี 2014<br>ปริมาณขนถ่ายไม้สับ ต่อเรือขนาด 50,000 DWT.<br>ระยะเวลาจากWood chips yard - Transfer station<br>Time(avg.) |            |          |         |            |              |          |            |          |         | 840,000 ต้นต่อปี<br>24,000 ต้นต่อShipment<br>5 km. ความเร็วเฉลี่ย 30 Km/hr |         |          |            |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29<br>1  |            |          |         |            | 0:01:00<br>2 |          |            |          |         | 0:02:01<br>3   |         |          |            |          | 0:00:30<br>4 |            |         |          |            | 0:01:57<br>5 |       |            |         |  |
| 82:44:10  |            | 82:44:10 |         | 82:44:10   |              | 82:44:10 |            | 82:44:10 |         | 82:44:10   |         | 82:44:10 |            | 82:44:10 |              | 82:44:10   |         | 82:44:10 |            | 82:44:10     |       |            |         |  |
| Truck   | Time (min) | Model-0  | Truck   | Time (min) | Model-0      | Truck    | Time (min) | Model-0  | Truck   | Time (min)   | Model-0 | Truck    | Time (min) | Model-0  | Truck        | Time (min) | Model-0 | Truck    | Time (min) | Model-0      | Truck | Time (min) | Model-0 |  |
| 0:02:31   | 1          | 1        | 8:00:00 | 0:02:31    | 8:02:31      | 0:01:00  | 8:03:31    | 0:02:00  | 8:05:31 | 0:00:30  | 8:06:01 | 0:01:57  | 8:07:55    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:30   | 2          | 2        | 8:02:31 | 0:02:30    | 8:05:01      | 0:01:00  | 8:06:01    | 0:02:00  | 8:08:06 | 0:00:30  | 8:08:36 | 0:02:01  | 8:10:37    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:31   | 3          | 3        | 8:05:01 | 0:02:31    | 8:07:32      | 0:01:00  | 8:08:32    | 0:02:00  | 8:10:31 | 0:00:30  | 8:11:01 | 0:01:51  | 8:12:52    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:25   | 4          | 4        | 8:07:32 | 0:02:25    | 8:09:57      | 0:01:00  | 8:10:57    | 0:02:00  | 8:12:59 | 0:00:30  | 8:13:29 | 0:01:55  | 8:15:24    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:32   | 5          | 5        | 8:09:57 | 0:02:32    | 8:12:30      | 0:01:00  | 8:13:30    | 0:02:00  | 8:15:35 | 0:00:30  | 8:16:05 | 0:02:08  | 8:18:13    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29   | 6          | 6        | 8:12:30 | 0:02:29    | 8:14:58      | 0:01:00  | 8:15:58    | 0:02:00  | 8:18:00 | 0:00:30  | 8:18:30 | 0:02:01  | 8:20:31    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29   | 7          | 7        | 8:14:58 | 0:02:29    | 8:17:29      | 0:01:00  | 8:18:29    | 0:02:00  | 8:20:31 | 0:00:30  | 8:21:01 | 0:01:53  | 8:22:54    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:31   | 8          | 8        | 8:17:29 | 0:02:25    | 8:19:58      | 0:01:00  | 8:20:58    | 0:02:00  | 8:23:00 | 0:00:30  | 8:23:30 | 0:01:52  | 8:25:22    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:31   | 9          | 9        | 8:19:58 | 0:02:31    | 8:22:29      | 0:01:00  | 8:23:29    | 0:02:00  | 8:25:30 | 0:00:30  | 8:26:00 | 0:01:47  | 8:27:47    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:30   | 10         | 10       | 8:22:29 | 0:02:30    | 8:24:59      | 0:01:00  | 8:25:59    | 0:02:00  | 8:28:03 | 0:00:30  | 8:28:33 | 0:02:02  | 8:30:35    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:26   | 11         | 11       | 8:24:59 | 0:02:26    | 8:27:25      | 0:01:00  | 8:28:25    | 0:02:00  | 8:30:27 | 0:00:30  | 8:30:57 | 0:01:55  | 8:32:52    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29   | 12         | 12       | 8:27:25 | 0:02:29    | 8:29:54      | 0:01:00  | 8:30:54    | 0:02:00  | 8:32:53 | 0:00:30  | 8:33:23 | 0:01:58  | 8:35:20    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 13         | 13       | 8:29:54 | 0:02:28    | 8:32:22      | 0:01:00  | 8:33:22    | 0:01:57  | 8:35:19 | 0:00:30  | 8:35:49 | 0:01:59  | 8:37:48    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:27   | 14         | 14       | 8:32:22 | 0:02:27    | 8:34:49      | 0:01:00  | 8:35:49    | 0:01:59  | 8:37:48 | 0:00:30  | 8:38:18 | 0:01:56  | 8:40:14    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:27   | 15         | 15       | 8:34:49 | 0:02:27    | 8:37:17      | 0:01:00  | 8:38:17    | 0:02:00  | 8:40:19 | 0:00:30  | 8:40:49 | 0:01:59  | 8:42:48    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:27   | 16         | 16       | 8:37:17 | 0:02:27    | 8:39:44      | 0:01:00  | 8:40:44    | 0:02:00  | 8:42:45 | 0:00:30  | 8:43:15 | 0:01:52  | 8:45:07    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:27   | 1          | 17       | 8:39:44 | 0:02:27    | 8:42:11      | 0:01:00  | 8:43:11    | 0:02:00  | 8:45:12 | 0:00:30  | 8:45:42 | 0:01:56  | 8:47:38    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 2          | 18       | 8:42:11 | 0:02:28    | 8:44:39      | 0:01:00  | 8:45:39    | 0:02:00  | 8:47:40 | 0:00:30  | 8:48:10 | 0:01:59  | 8:50:09    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29   | 3          | 19       | 8:44:39 | 0:02:29    | 8:47:08      | 0:01:00  | 8:48:08    | 0:02:00  | 8:50:09 | 0:00:30  | 8:50:39 | 0:02:07  | 8:52:45    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:30   | 4          | 20       | 8:47:08 | 0:02:30    | 8:49:38      | 0:01:00  | 8:50:38    | 0:01:56  | 8:52:34 | 0:00:30  | 8:53:04 | 0:02:02  | 8:55:06    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 5          | 21       | 8:49:38 | 0:02:28    | 8:52:06      | 0:01:00  | 8:53:06    | 0:02:00  | 8:55:09 | 0:00:30  | 8:55:39 | 0:01:51  | 8:57:31    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:27   | 6          | 22       | 8:52:06 | 0:02:27    | 8:54:33      | 0:01:00  | 8:55:33    | 0:02:00  | 8:57:36 | 0:00:30  | 8:58:06 | 0:01:56  | 9:00:02    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:33   | 7          | 23       | 8:54:33 | 0:02:33    | 8:57:05      | 0:01:00  | 8:58:05    | 0:02:00  | 9:00:11 | 0:00:30  | 9:00:41 | 0:01:55  | 9:02:36    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:26   | 8          | 24       | 8:57:05 | 0:02:26    | 8:59:31      | 0:01:00  | 9:00:31    | 0:02:00  | 9:02:31 | 0:00:30  | 9:03:01 | 0:02:04  | 9:05:05    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:26   | 9          | 25       | 8:59:31 | 0:02:26    | 9:01:58      | 0:01:00  | 9:02:58    | 0:02:00  | 9:04:59 | 0:00:30  | 9:05:29 | 0:01:51  | 9:07:20    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 10         | 26       | 9:01:58 | 0:02:28    | 9:04:26      | 0:01:00  | 9:05:26    | 0:02:00  | 9:07:27 | 0:00:30  | 9:07:57 | 0:01:55  | 9:09:52    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:29   | 11         | 27       | 9:04:26 | 0:02:29    | 9:06:55      | 0:01:00  | 9:07:55    | 0:02:00  | 9:09:56 | 0:00:30  | 9:10:26 | 0:01:53  | 9:12:24    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 12         | 28       | 9:06:55 | 0:02:28    | 9:09:23      | 0:01:00  | 9:10:23    | 0:01:59  | 9:12:22 | 0:00:30  | 9:12:52 | 0:01:56  | 9:14:48    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 13         | 29       | 9:09:23 | 0:02:29    | 9:11:52      | 0:01:00  | 9:12:52    | 0:02:00  | 9:14:53 | 0:00:30  | 9:15:23 | 0:02:01  | 9:17:24    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:32   | 14         | 30       | 9:11:52 | 0:02:32    | 9:14:24      | 0:01:00  | 9:15:24    | 0:02:00  | 9:17:23 | 0:00:30  | 9:17:53 | 0:02:07  | 9:20:00    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 15         | 31       | 9:14:24 | 0:02:28    | 9:16:51      | 0:01:00  | 9:17:51    | 0:01:58  | 9:19:49 | 0:00:30  | 9:20:19 | 0:02:05  | 9:22:24    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |
| 0:02:28   | 16         | 32       | 9:16:51 | 0:02:28    | 9:19:19      | 0:01:00  | 9:20:19    | 0:02:00  | 9:22:19 | 0:00:30  | 9:22:49 | 0:01:59  | 9:24:47    |          |              |            |         |          |            |              |       |            |         |  |

ในการจำลองระบบจริงนั้น ข้อมูลแต่ละประเภทที่ใช้มีข้อมูลที่ไม่แน่นอน ไม่มากนักน้อยดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4-1 ดังนั้น สิ่งที่ขาดไม่ได้ในการสร้างแบบจำลอง คือ ข้อมูลที่มีค่าไม่แน่นอน หรือ ข้อมูลนำเข้าแบบสุ่ม เช่น เวลาระหว่างการเข้ามาใช้บริการของลูกค้า ปริมาณความต้องการ หรือ เวลาการให้บริการ ซึ่งตัวที่ใช้ในการระบุข้อมูลสุ่มดังกล่าวมี

แจกแจงแบบใด คือ การแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งในตารางที่ 4-2 แสดงถึงผลการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer และได้ผลจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ด้วยวิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi - Square Test)

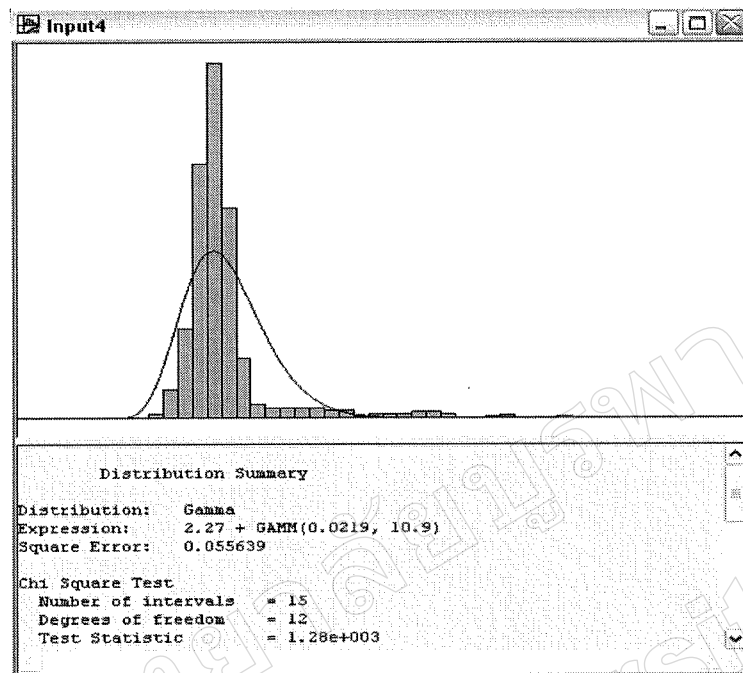
ตารางที่ 4-2 รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลเวลาในแต่ละ Process (Model - 0)

| Process flow                             | Distribution           | Chi Square Test |
|--|------------------------|-----------------|
| 1 Truck arrival time                     | Gamma (0.0219 , 10.9)  | P-value < 0.005 |
| 2 Truck scale process time(in)           | Weibull (0.163 , 6.23) | P-value = 0.079 |
| 3 Truck scale to Loading station         | Cont (1 minute)        |                 |
| 4 Loading process time                   | Beta (7.54 , 8.93)     | P-value > 0.75  |
| 5 Loading station to Truck scale         | Cont (1 minute)        |                 |
| 6 Truck scale process time(out)          | Weibull (0.163 , 6.23) | P-value = 0.079 |
| 7 Truck scale to Cover station           | Cont (0.5 minute)      |                 |
| 8 Cover(close) station process time      | Beta (5.86 , 5.06)     | P-value = 0.305 |
| 9 Cover station to Gate in               | Normal (9.99 , 0.104)  | P-value > 0.75  |
| 10 Gate in/Document process time         | Weibull (0.266 , 6.12) | P-value = 0.126 |
| 11 Gate in to Conveyor mc                | Cont (0.8 minute)      |                 |
| 12 Cover(open) station process time      | Beta (5.86 , 5.06)     | P-value = 0.305 |
| 13 Discharge station process time        | Gamma (0.0428 , 6.81)  | P-value = 0.22  |
| 14 Discharge station to Cleaning station | Cont (0.6 minute)      |                 |
| 15 Cleaning station process time         | Beta (0.285 , 5.75)    | P-value = 0.298 |
| 16 Cleaning station to Gate out          | Cont (1.4 minute)      |                 |
| 17 Gate out                              | Cont (0.08 minute)     |                 |
| 18 Gate out to Wood chips yard           | Weibull (0.445 , 5.97) | P-value = 0.295 |

จากตารางที่ 4-2 เป็นผลจากการใช้เครื่องมือ Input Analyzer ในการสร้างตัวเลขสุ่มของการแจกแจง และทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบค่า P - Value ที่ได้ว่ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือไม่ และสามารถแสดงกราฟของผลการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงข้อมูลนำเข้าของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการจำลองไม้สับใน Arena Model - 0 ดังนี้

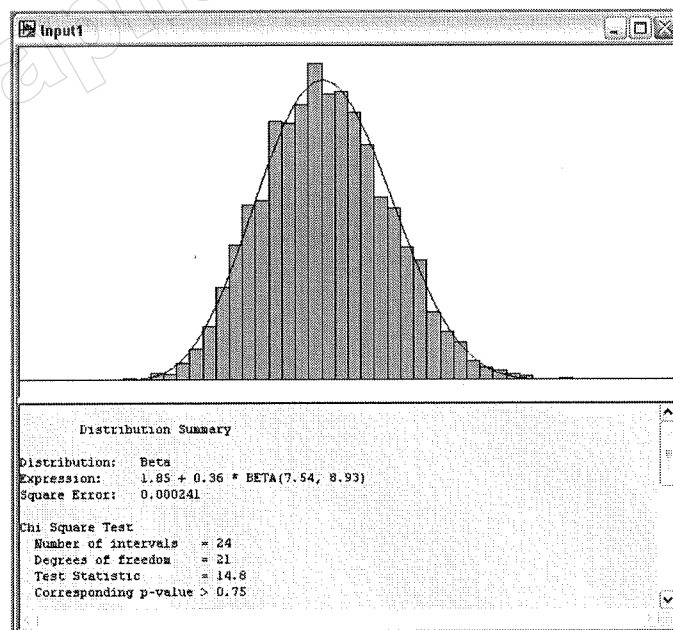


## 1. Truck Arrival Time



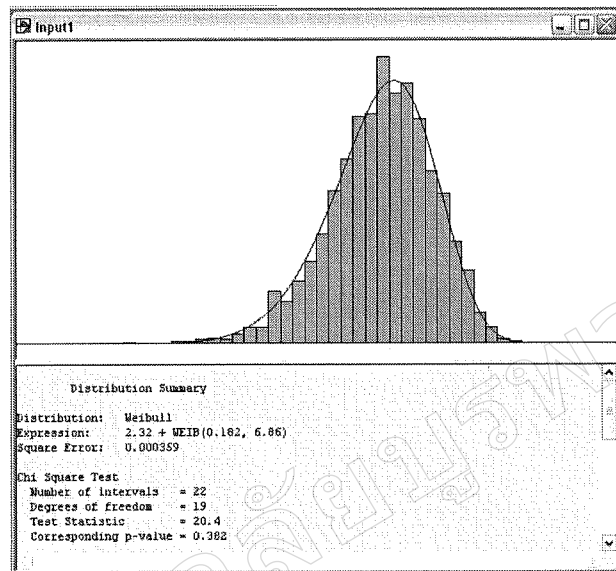
ภาพที่ 4-5 รูปแบบการแจกแจงแบบ Gamma ของข้อมูล Truck Arrival Time

## 2. Loading Process Time



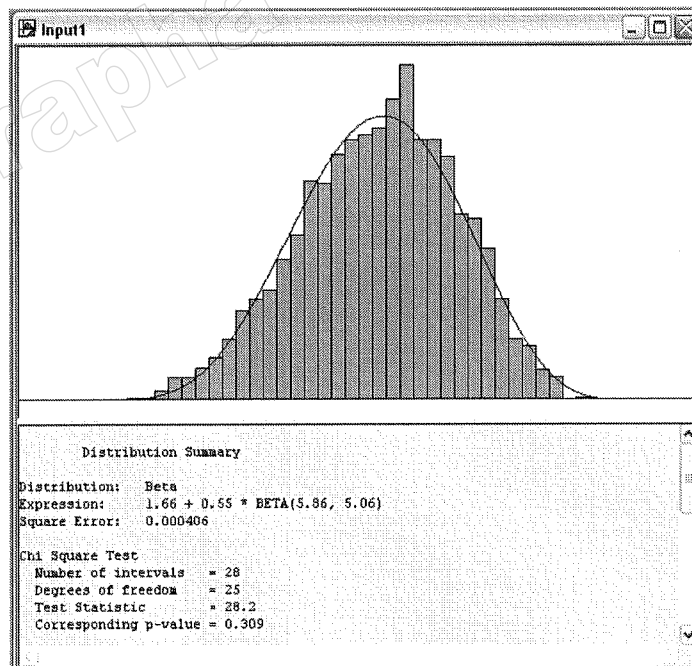
ภาพที่ 4-6 รูปแบบการแจกแจงแบบ Beta ของข้อมูล Loading Process Time

### 3. Truck Scale Process Time



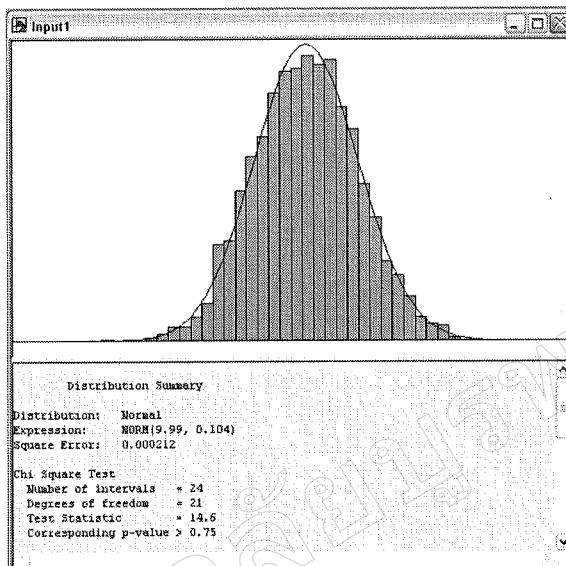
ภาพที่ 4-7 รูปแบบการแจกแจงแบบ Weibull ของข้อมูล Truck Scale Process Time

### 4. Cover (Close) Station Process Time



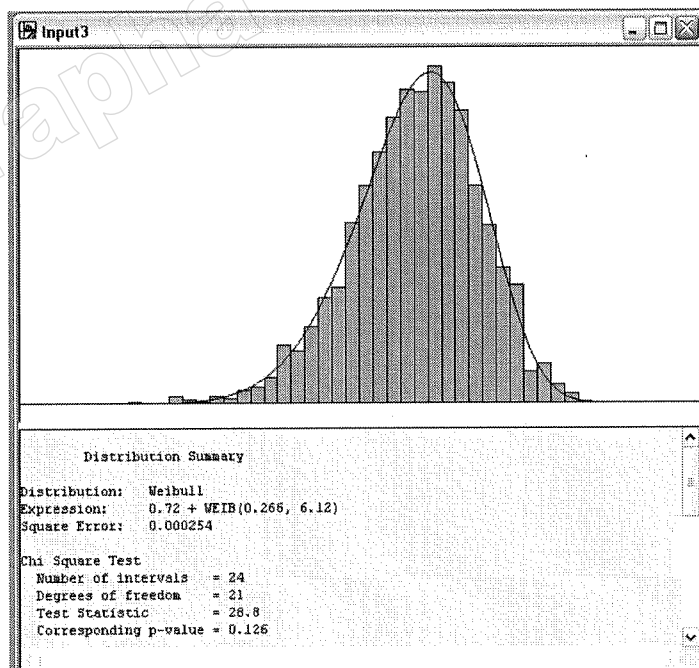
ภาพที่ 4-8 รูปแบบการแจกแจงแบบ Beta ของข้อมูล Cover (Close) Station Process Time

## 5. Cover Station (Wood Chips Yard) to Gate in (Station Transfer)



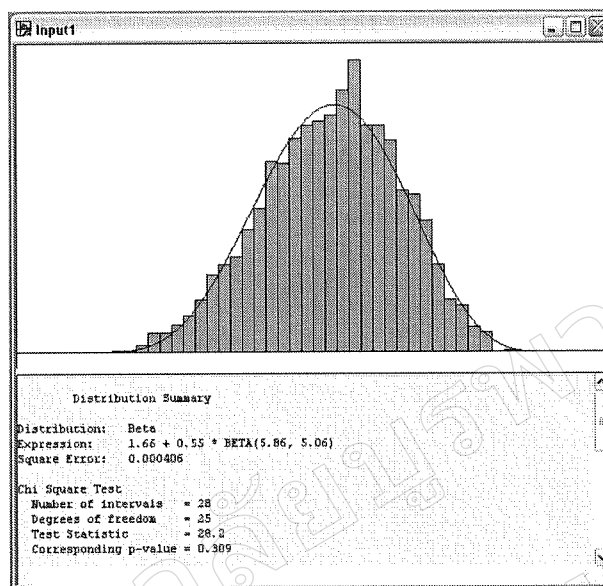
ภาพที่ 4-9 รูปแบบการแจกแจงแบบ Normal ของข้อมูล Cover (Close) Station to Gate In

## 6. Gate In/ Document Process Time



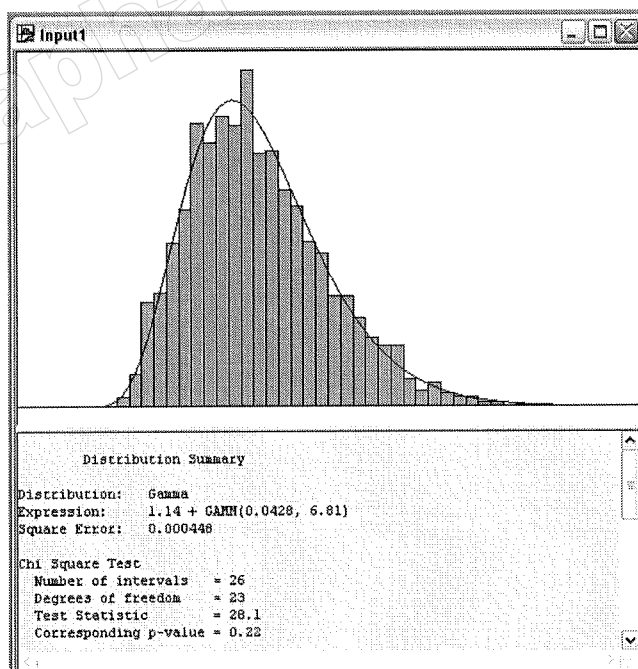
ภาพที่ 4-10 รูปแบบการแจกแจงแบบ Weibull ของข้อมูล Gate In Process Time

## 7. Cover (Open) Station Process Time



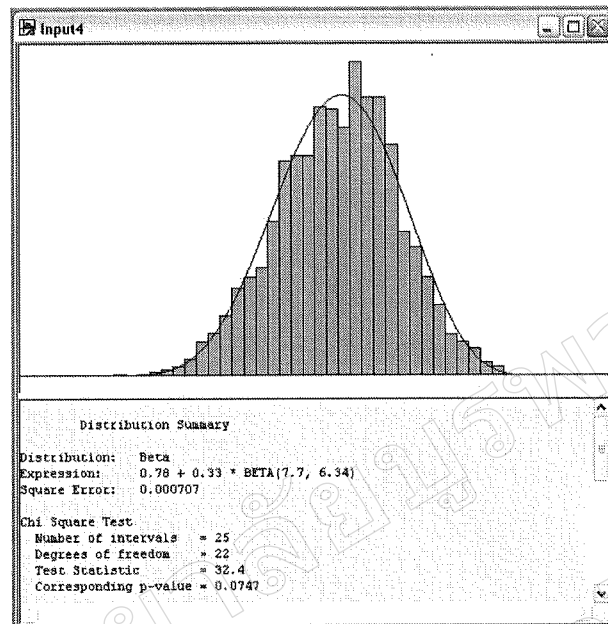
ภาพที่ 4-11 รูปแบบการแจกแจงแบบ Beta ของข้อมูล Cover (Open) Station Process Time

## 8. Discharge Station Process Time



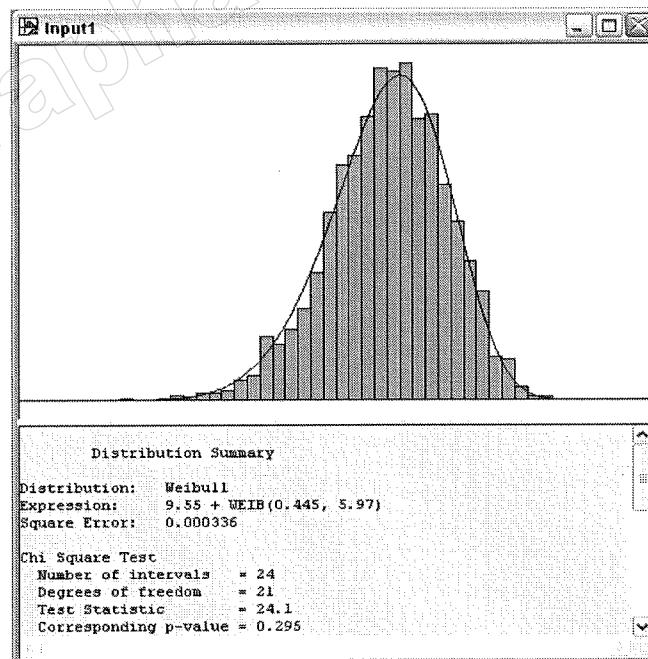
ภาพที่ 4-12 รูปแบบการแจกแจงแบบ Gamma ของข้อมูล Discharge Station Process Time

## 9. Cleaning Station Process Time



ภาพที่ 4-13 รูปแบบการแจกแจงแบบ Beta ของข้อมูล Cleaning Process Time

## 10. Gate Out to Wood Chips Yard



ภาพที่ 4-14 รูปแบบการแจกแจงแบบ Weibull ของข้อมูล Gate Out to Wood Chips Yard

### ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification) โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) กับแบบจำลองทางความคิด (Conceptual Model) เพื่อดูว่าแบบจำลองคอมพิวเตอร์ถูกสร้างอย่างถูกต้องหรือไม่ ข้อมูลนำเข้าถูกป้อนในแบบจำลองอย่างถูกต้องหรือไม่ และตรรกะของแบบจำลองถูกสร้างขึ้นตรงตามเงื่อนไขที่ควรจะเป็นหรือไม่ สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าที่ใช้หรือไม่ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบด้วยวิธีการดังนี้

- ให้ผู้เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
- ดูจากรายงานผลลัพธ์ในมิติต่าง ๆ และวิเคราะห์โปรแกรมว่าสามารถสร้างข้อมูลนำเข้าได้ออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลจริง
- ตรวจสอบว่าผลลัพธ์สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าที่ใช้หรือไม่

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองทางความคิดกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

| ผลการรันแบบจำลอง                                       | Conceptual Model - 0 | Arena Model - 0 |
|--|----------------------|-----------------|
| <b>ข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ (Entities)</b>       |                      |                 |
| ปริมาณ Wood Chips เข้าในระบบ (ตัน)                     | 24,000               | 24,000          |
| ปริมาณ Wood Chips ออกจากระบบ (ตัน)                     | 24,000               | 24,000          |
| จำนวนรถบรรทุกเข้าในระบบ (คัน)                          | 16                   | 16              |
| จำนวนรถบรรทุกออกจากระบบ (คัน)                          | 16                   | 16              |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว (ตัน)                      | 12                   | 12              |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก (เที่ยว)                        | 2,000                | 2,000           |
| <b>ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ Process ต่าง ๆ (Resources)</b> |                      |                 |
| Loading Machine  | 1                    | 1               |
| Truck Scale  | 1                    | 1               |
| Cover (Close) Point                                    | 1                    | 1               |
| Cover (Open) Point                                     | 1                    | 1               |
| Discharge Point  | 1                    | 1               |
| Cleaning Point   | 1                    | 1               |

จากตารางที่ 4-3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Arena Model - 0) กับแบบจำลองทางความคิด (Conceptual Model - 0)

แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองคอมพิวเตอร์ Model - 0 ถูกสร้างอย่างถูกต้อง และตรรกะของแบบจำลองถูกสร้างขึ้นตรงตามเงื่อนไขที่ควรจะเป็น สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าที่ใช้

## ผลของแบบจำลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ

### 1. Wood Chips Transfer Arena Model - 0 (Conceptual Model)

ผู้วิจัยได้สร้างรถบรรทุกเข้าวิ่งขนส่งไม้สับในระบบรวม 16 คัน ในแบบจำลองสถานการณ์ Arena Model - 0 เพื่อให้สอดคล้องกับ Conceptual Model ซึ่งมีเวลารวมที่รถแต่ละเที่ยวใช้ต่อหนึ่งรอบการวิ่งประมาณ 39 นาทีต่อ 1 รอบ จากการคำนวณใน Excel เพื่อให้รถเข้ามาในกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง รถคันแรกจะวิ่งกลับมารับ Wood Chips ที่ลานกอง เมื่อรถบรรทุกเข้าระบบไปแล้ว 16 คัน และกำหนดให้ มี Resource Process ละ 1 สอดคล้องกับ Conceptual Model และทำการรันแบบจำลองทั้งหมด 10 รอบ

#### ผลจากการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 0

ข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ

|                                    |        |        |
|------------------------------------|--------|--------|
| ปริมาณ Wood Chips เข้า/ ออกจากระบบ | 24,000 | ตัน    |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว        | 12     | ตัน    |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก             | 2,000  | เที่ยว |
| จำนวนรถบรรทุกเข้า/ ออกจากระบบ      | 16     | คัน    |

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลจำนวนและสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากร Arena Model - 0

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Truck Scale_in                        | 1             | 5.2%                    |
| Loading Machine                       | 1             | 15.88%                  |
| Cover (Close) Point                   | 1             | 18.60%                  |
| Truck Scale_out                       | 1             | 5.26%                   |
| Gate_in                               | 1             | 8.58%                   |
| Cover (Open) Point                    | 1             | 18.55%                  |
| Discharge Point                       | 1             | 10.11%                  |
| Cleaning Point                        | 1             | 1.62%                   |
| Gate_out                              | 1             | 2.78%                   |

ตารางที่ 4-5 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 0 (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Entities Report)          | Arena Model - 0 |
|---|-----------------|
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาที)                 | 5,188.76        |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (นาที)     | 2,294.37        |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (นาที) | 2,894.39        |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาที)                       | 19.446          |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาที)                       | 35              |
|   | 35.675          |

ตารางที่ 4-6 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 0 (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) | Arena Model - 0                              |       |
|--|--|-------|
| Process truck scale_in. Queue                | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.318 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2     |
| Process Loading Queue                        | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.045 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 4.338 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 9     |
| Process truck scale_out. Queue               | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.020 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1     |
| Process cover_close. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.052 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 2.625 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 5     |
| Process gate_in. Queue                       | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.341 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2     |
| Process cover_open. Queue                    | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.052 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 1.330 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3     |
| Process discharging. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.471 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2     |



## ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) |  | Arena Model - 0 |
|--|--|-----------------|
| Process cleaning. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.419           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process gate_out. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.108           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |

**Wood Chips Transfer Arena Model - 1**

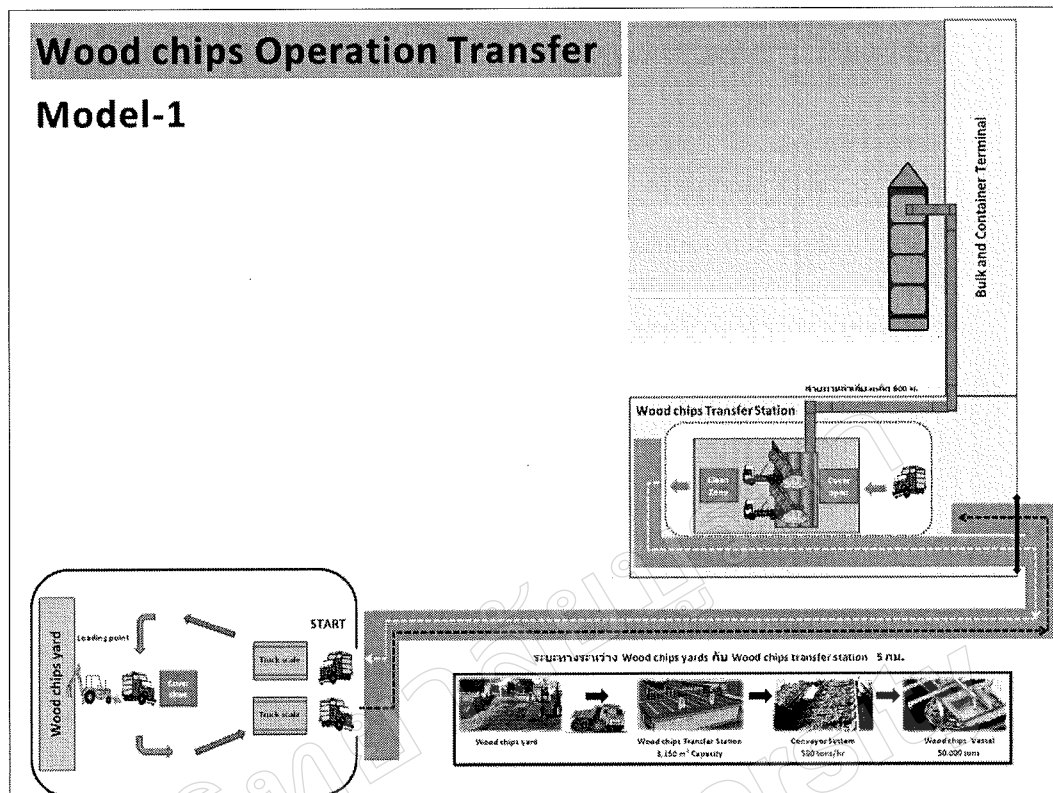
จาก Concept Model (Arena Model - 0) ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยสร้างรถบรรทุกเข้าในระบบ 16 คัน วิ่งต่อเนื่อง โดยคำนวณจากระยะเวลาในการวิ่งของรถบรรทุกต่อเที่ยว ใช้เวลาประมาณ 39 นาทีต่อรอบการวิ่ง 1 รอบ โดยมีคนขับรถ 2 คนต่อคัน ทำงานแปดชั่วโมง พักแปดชั่วโมงสลับเปลี่ยนกัน ซึ่งผู้วิจัยยังไม่ได้พิจารณาถึงเรื่องเวลาที่รถต้องหยุดเพื่อเติมน้ำมันเชื้อเพลิง หรือกรณีเกิดอุบัติเหตุในขณะทำงาน หรือรถเสียไม่ทำให้ไม่สามารถวิ่งได้ ดังนั้นจึงควรที่จะเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในระบบเพิ่มขึ้นอีก 25% รวมเป็น 20 คัน และเพิ่ม Discharge Point จาก 1 จุดเป็น 2 จุด เพื่อให้สอดคล้องกับการคำนวณปริมาณรถเมื่อเทไม้สับเข้าสู่สถานีขนถ่าย ดังนี้

กำหนดปริมาณรถบรรทุกต่อรอบของการเทเท่ากับ 2 คัน บรรทุก 12 ตัน/ คัน

น้ำหนักไม้สับที่ขนถ่ายเข้าสู่สถานีขนถ่ายต่อรอบของการเท = 24 ตัน

ระยะเวลาการเทต่อรอบเฉลี่ยประมาณ = 2.9 นาที

ปริมาณไม้สับที่ขนถ่ายสู่สถานีขนถ่ายต่อชั่วโมงประมาณ  $(24 \times (60/2.9)) = 496$  ตัน



ภาพที่ 4-15 Wood Chips Operation Transfer Model - 1

**ผลจากการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 1**

ข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| ปริมาณ Wood Chips เข้า/ ออกจากระบบ | 24,000 ตัน   |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว        | 12 ตัน       |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก             | 2,000 เที่ยว |
| จำนวนรถบรรทุกเข้า/ ออกจากระบบ      | 20 คัน       |

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลจำนวนและสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากร Arena Model - 1

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Truck Scale_in                        | 1             | 5.26%                   |
| Loading Machine                       | 1             | 15.88%                  |
| Cover (Close) Point                   | 1             | 18.63%                  |
| Truck Scale_out                       | 1             | 5.26%                   |
| Gate_in                               | 1             | 8.58%                   |
| Cover (Open) Point                    | 1             | 18.66%                  |
| Discharge Point                       | 2             | 5.06%                   |
| Cleaning Point                        | 1             | 1.64%                   |
| Gate_out                              | 1             | 2.78%                   |

ตารางที่ 4-8 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 1 (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Entities Report)            | Arena Model - 1 |
|---|-----------------|
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาทีก)                  | 4,736.79        |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาทีก)     | 1,842.41        |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาทีก) | 2,894.38        |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาทีก)                        | 21.984          |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาทีก)                        | 35.655          |

ตารางที่ 4-9 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 1 (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) | Arena Model - 1                               |       |
|--|---|-------|
| Process truck scale_in. Queue                | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.002 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.201 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 1     |
| Process Loading Queue                        | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.064 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 4.820 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 11    |

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

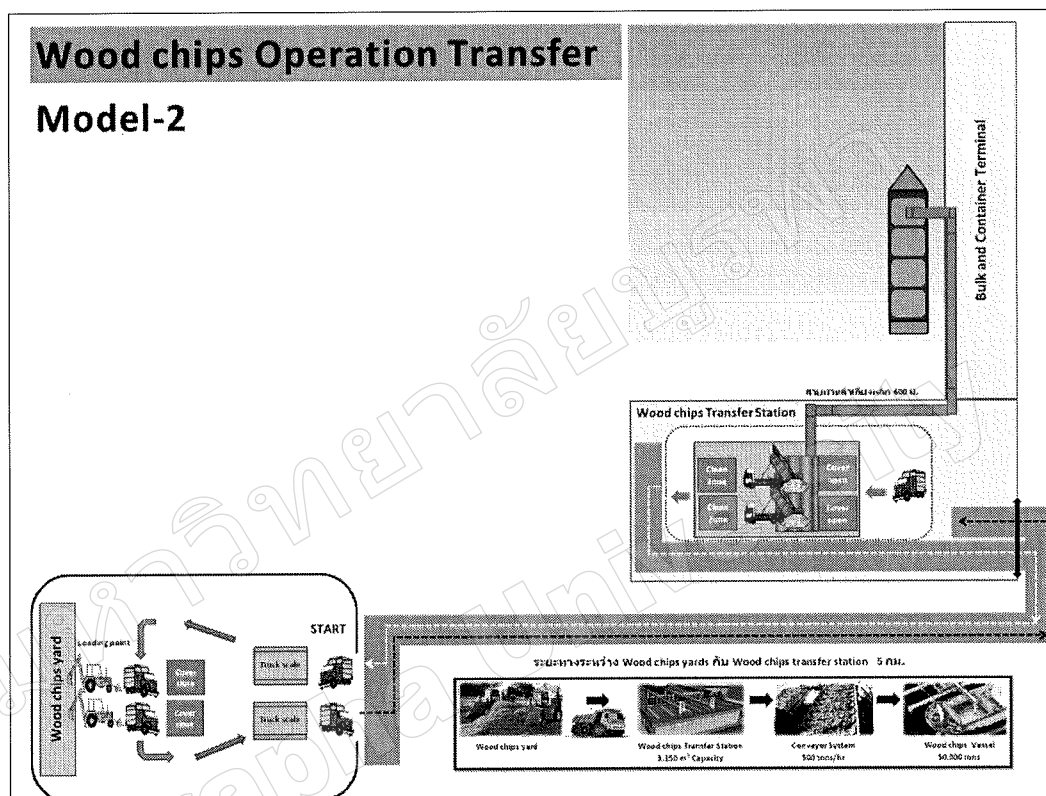
| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) |  | Arena Model - 1 |
|--|--|-----------------|
| Process truck scale_out. Queue               | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.060           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process cover_close. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.078           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 2.964           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 6               |
| Process gate_in. Queue                       | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.317           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |
| Process cover_open. Queue                    | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.071           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 2.176           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 4               |
| Process discharging. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 0               |
| Process cleaning. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.428           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process gate_out. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.080           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |

จากผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 1 หลังจากที่ถูกผู้วิจัยได้ปรับแบบจำลองโดยเพิ่มจำนวนรถและ Resource ต่าง ๆ เข้าในระบบตามตารางที่ 4-7 เป็นผลทำให้เกิดคิวและเวลารอคอยใน Process ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจาก Arena Model - 0 ตามตารางที่ 4-9 และเวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ยก็เพิ่มขึ้นจาก 19.47 นาที เป็น 21.99 นาที ตามตารางที่ 4-8

#### Wood chips transfer Arena Model - 2

จากผลการรัน Arena Model - 1 ผู้วิจัยจึงได้ปรับแบบจำลองใหม่เป็น Arena Model - 2 ตามตารางที่ 4-10 โดยการเพิ่ม Resource ต่าง ๆ เข้าไปใน Process ที่มีปัญหาปัญหาเวลารอคอยในคิวและจำนวนวัตถุในคิวที่เกิดขึ้นใน Process ยกเว้น Process Truck scale\_in/ out และ Process

Gate\_in/ out เนื่องจากการเพิ่ม Truck Scale ต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก เมื่อเทียบกับเวลาเฉลี่ยในการทำงานของเครื่องชั่ง (%Utilization - Resources) ต่อเวลาทั้งระบบ ซึ่ง Utilize ไม่ถึง 50% จึงยังไม่พิจารณาเพิ่มเครื่องชั่งน้ำหนักดังกล่าว และส่วน Process Gate\_in/ out สาเหตุที่ไม่พิจารณาปรับเพิ่มเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่และ Layout ของท่าเรือ



ภาพที่ 4-16 Wood Chips Operation Transfer Model - 2

#### ผลจากการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 2

ข้อมูลวัตถุดิบที่เคลื่อนที่ในระบบ

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| ปริมาณ Wood Chips เข้า/ ออกจากระบบ | 24,000 ตัน   |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว        | 12 ตัน       |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก             | 2,000 เที่ยว |
| จำนวนรถบรรทุกเข้า/ ออกจากระบบ      | 20 คัน       |

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลจำนวนและสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากร Arena Model - 2

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Truck Scale_in                        | 1             | 5.25%                   |
| Loading Machine                       | 2             | 7.94%                   |
| Cover (Close) Point                   | 2             | 9.28%                   |
| Truck Scale_out                       | 1             | 5.26%                   |
| Gate_in                               | 1             | 8.58%                   |
| Cover (Open) Point                    | 2             | 9.29%                   |
| Discharge Point                       | 2             | 5.06%                   |
| Cleaning Point                        | 2             | 0.84%                   |
| Gate_out                              | 1             | 2.78%                   |

ตารางที่ 4-11 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 2 (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Entities Report)            | Arena Model - 2 |
|---|-----------------|
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาทีก)                  | 4,723.78        |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาทีก)     | 1,829.46        |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาทีก) | 2,894.32        |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาทีก)                        | 9.302           |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาทีก)                        | 18.148          |

ตารางที่ 4-12 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 2 (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) | Arena Model - 2                               |       |
|--|---|-------|
| Process truck scale_in. Queue                | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.010 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.010 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2     |
| Process Loading Queue                        | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.008 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.467 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 3     |

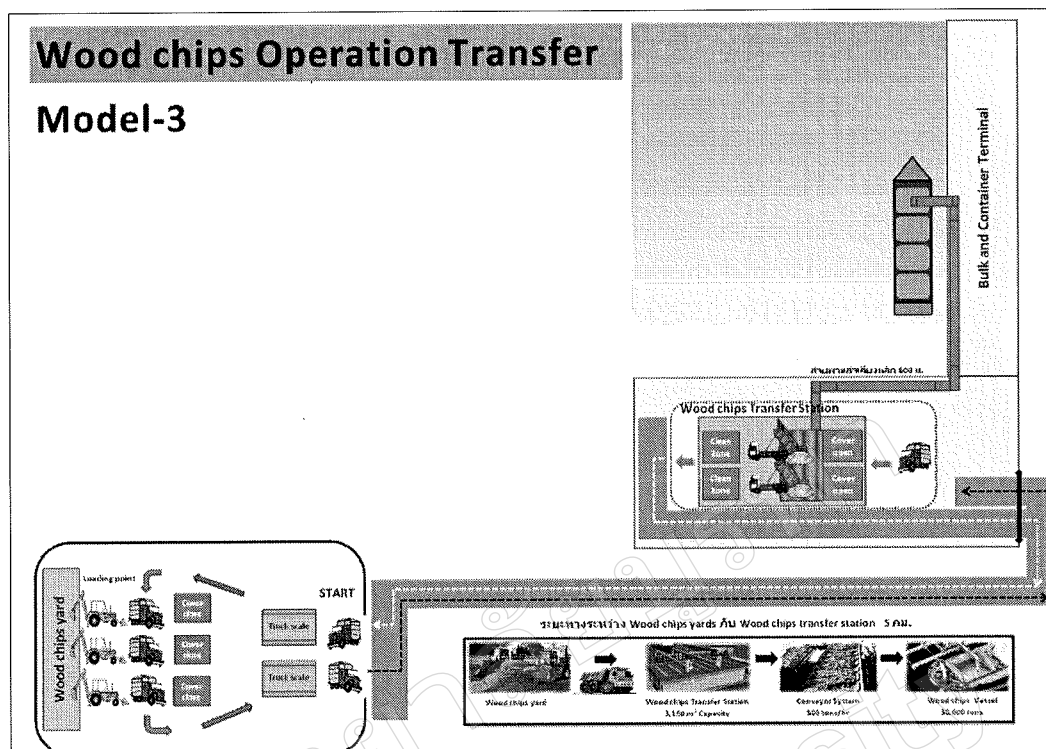
## ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) |  | Arena Model - 2 |
|--|--|-----------------|
| Process truck scale_out. Queue               | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.010           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.253           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |
| Process cover_close. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.018           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 1.117           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 4               |
| Process gate_in. Queue                       | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.032           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.613           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3               |
| Process cover_open. Queue                    | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.012           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.808           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3               |
| Process discharging. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.331           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |
| Process cleaning. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.074           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process gate_out. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.151           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |

จากผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 2 หลังจากที่ถูกผู้วิจัยได้ปรับแบบจำลองโดยเพิ่ม Resource ต่าง ๆ เข้าในระบบตามตารางที่ 4-10 แล้วนั้น เป็นผลทำให้คิวและเวลารอคอยใน Process ต่าง ๆ ลดลงจากแบบจำลอง Arena Model - 1 ตามตารางที่ 4-12 และเวลารอคอยของรถบรรทุก เฉลี่ยก็ลดลงเหลือ 9.30 นาที ตามตารางที่ 4-11

### Wood Chips Transfer Arena Model - 3

จากผลการรัน Arena Model - 2 ผู้วิจัยจึงได้ปรับแบบจำลองใหม่เป็น Arena Model - 3 ตามตารางที่ 4-13 โดยการเพิ่ม Resource เข้าไปใน Process ที่มีปัญหาปัญหาเวลารอคอยในคิว และจำนวนวัตถุในคิวที่เกิดขึ้น ได้แก่ Process Loading และ Process Cover Close



ภาพที่ 4-17 Wood Chips Operation Transfer Model - 3

### ผลจากการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 3

ข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ

|                                    |        |        |
|------------------------------------|--------|--------|
| ปริมาณ Wood chips เข้า/ ออกจากระบบ | 24,000 | ตัน    |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว        | 12     | ตัน    |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก             | 2,000  | เที่ยว |
| จำนวนรถบรรทุกเข้า/ ออกจากระบบ      | 20     | คัน    |

ตารางที่ 4-13 ข้อมูลจำนวนและสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากร Arena Model - 3

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Truck Scale_in                        | 1             | 5.26%                   |
| Loading Machine                       | 3             | 5.30%                   |
| Cover (Close) Point                   | 3             | 6.22%                   |
| Truck Scale_out                       | 1             | 5.25%                   |
| Gate_in                               | 1             | 8.58%                   |



ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Cover (Open) Point                    | 2             | 9.29%                   |
| Discharge Point                       | 2             | 5.03%                   |
| Cleaning Point                        | 2             | 0.81%                   |
| Gate_out                              | 1             | 2.78%                   |

ตารางที่ 4-14 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 3 (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Entities Report)           | Arena Model - 3 |
|--|-----------------|
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาทีก)                 | 4,723.72        |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (นาทีก)     | 1,829.62        |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (นาทีก) | 2,894.1         |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาทีก)                       | 9.507           |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาทีก)                       | 18.411          |

ตารางที่ 4-15 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 3 (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) | Arena Model - 3                               |       |
|--|---|-------|
| Process truck scale_in. Queue                | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.012 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.340 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2     |
| Process Loading Queue                        | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.000 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.187 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 1     |
| Process truck scale_out. Queue               | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.014 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.337 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2     |
| Process cover_close. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.002 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.463 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2     |

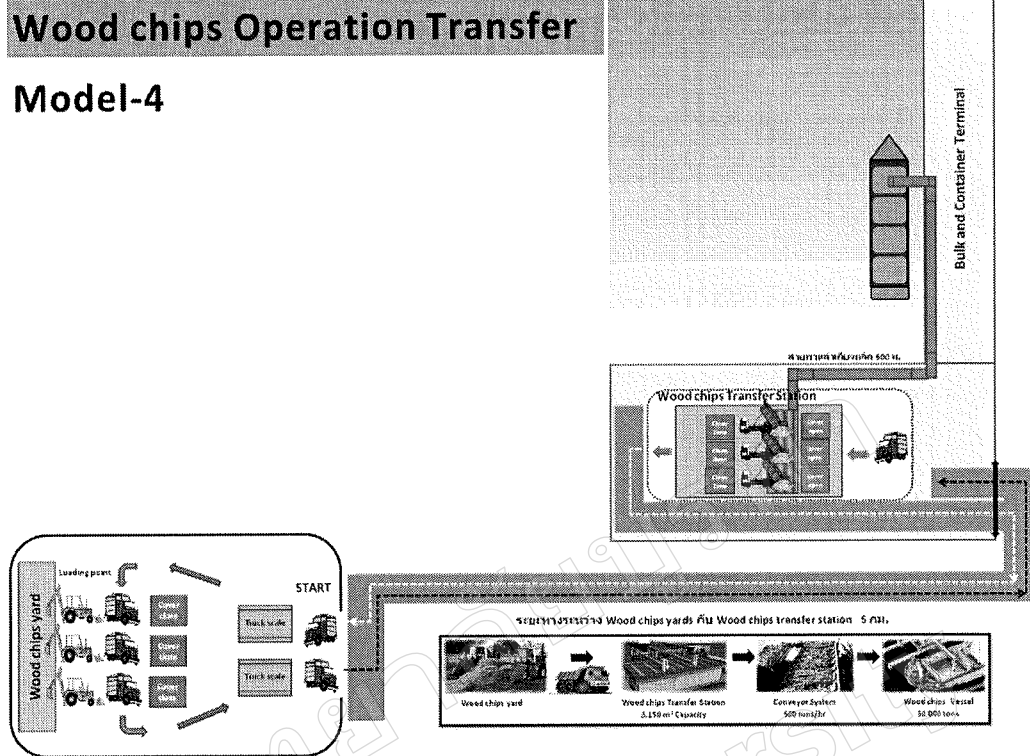
ตารางที่ 4-15 (ต่อ)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) |  | Arena Model - 3 |
|--|--|-----------------|
| Process gate_in. Queue                       | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.045           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.957           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 4               |
| Process cover_open. Queue                    | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.018           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.703           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3               |
| Process discharging. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.287           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process cleaning. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.122           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process gate_out. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.136           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |

จากการปรับแบบจำลองโดยการเพิ่ม Loading Machine เป็น 3 เครื่อง และเพิ่มจุดในการคลุมผ้าใบปิดใน Process cover\_close เป็น 2 จุด เป็นผลให้จำนวนรถที่อยู่ในคิวสูงสุดของ Process Loading ลดลงจาก 3 คัน เหลือ 1 คัน และ Process cover\_close ลดลงจาก 4 คัน เหลือ 2 คัน ตามตารางที่ 4-15 แต่เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 9.507 นาที ตามตารางที่ 4-14

#### Wood Chips Transfer Arena Model - 4

จากผลการรัน Arena Model - 3 ผู้วิจัยจึงได้ปรับแบบจำลองใหม่เป็น Arena Model - 4 โดยการเพิ่ม Resource เข้าไปใน Process Cover\_open, Process Discharging และ Process Cleaning เนื่องจากในอาคาร Wood Chips Transfer Station มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่รอคิวของรถบรรทุก ซึ่ง Process Cover\_open เกิดจำนวนวัตถุในคิวสูงสุดเกิน 1 คิว ตามตารางที่ 4-16



ภาพที่ 4-18 Wood Chips Operation Transfer Model - 4

#### ผลจากการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 4

ข้อมูลวัตถุดิบเคลื่อนที่ในระบบ

|                                    |        |        |
|------------------------------------|--------|--------|
| ปริมาณ Wood Chips เข้า/ ออกจากระบบ | 24,000 | ตัน    |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว        | 12     | ตัน    |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก             | 2,000  | เที่ยว |
| จำนวนรถบรรทุกเข้า/ ออกจากระบบ      | 20     | คัน    |

ตารางที่ 4-16 ข้อมูลจำนวนและสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากร Arena Model - 4

| ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ | จำนวนทรัพยากร | % Utilization Resources |
|---------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Truck Scale_in                        | 1             | 5.26%                   |
| Loading Machine                       | 3             | 5.29%                   |
| Cover (Close) Point                   | 3             | 6.20%                   |
| Truck Scale_out                       | 1             | 5.25%                   |
| Gate_in                               | 1             | 8.58%                   |
| Cover (Open) Point                    | 3             | 6.20%                   |
| Discharge Point                       | 3             | 3.37%                   |
| Cleaning Point                        | 3             | 0.55%                   |
| Gate_out                              | 1             | 2.78%                   |

ตารางที่ 4-17 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 4 (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Entities Report)           | Arena Model - 4 |
|--|-----------------|
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาที)                  | 4,723.35        |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (นาที)      | 1,829.23        |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาที) | 2,894.12        |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาที)                        | 8.998           |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาที)                        | 18.708          |

ตารางที่ 4-18 ผลการรันแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ Arena Model - 4 (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) | Arena Model - 4                              |       |
|--|--|-------|
| Process truck scale_in. Queue                | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.015 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.400 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3     |
| Process Loading Queue                        | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001 |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.214 |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2     |

ตารางที่ 4-18 (ต่อ)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Queues Report) |  | Arena Model - 4 |
|--|--|-----------------|
| Process truck scale_out. Queue               | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.015           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.372           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3               |
| Process cover_close. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.003           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.450           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2               |
| Process gate_in. Queue                       | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.052           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 1.009           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 5               |
| Process cover_open. Queue                    | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.201           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process discharging. Queue                   | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.142           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1               |
| Process cleaning. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.000           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 0               |
| Process gate_out. Queue                      | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.004           |
|  | เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.172           |
|  | จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 3               |

จากการปรับแบบจำลองโดยการเพิ่ม Resource เข้าไปใน Process Cover\_open, Process Discharging และ Process Cleaning Loading Machine เป็น Process ละ 3 เป็นผลให้จำนวนรถที่อยู่ในคิวสูงสุดของ Process ดังกล่าวมีจำนวนไม่เกิน 1 คิว และเวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ยลดลง เป็น 8.998 นาที ตามตารางที่ 4-18

## ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิด กับแบบจำลองตามสถานการณ์ต่าง ๆ

ตารางที่ 4-19 การเปรียบเทียบผลการรันแบบจำลอง Arena Model ต่าง ๆ

| ผลการรันแบบจำลอง                                     | Arena<br>Model-0 | Arena<br>Model-1 | Arena<br>Model-2 | Arena<br>Model-3 | Arena<br>Model-4 |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>ข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ในระบบ (Entities)</b>     |                  |                  |                  |                  |                  |
| ปริมาณ Wood Chips เข้าในระบบ (ตัน)                   | 24,000           | 24,000           | 24,000           | 24,000           | 24,000           |
| ปริมาณ Wood Chips ออกจากระบบ (ตัน)                   | 24,000           | 24,000           | 24,000           | 24,000           | 24,000           |
| Truck Capacity ต่อ 1 เที่ยว (ตัน)                    | 12               | 12               | 12               | 12               | 12               |
| จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก (เที่ยว)                      | 2,000            | 2,000            | 2,000            | 2,000            | 2,000            |
| จำนวนรถบรรทุกเข้าในระบบ (คัน)                        | 16               | 20               | 20               | 20               | 20               |
| จำนวนรถบรรทุกออกจากระบบ (คัน)                        | 16               | 20               | 20               | 20               | 20               |
| <b>ข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ใน Process ต่าง ๆ (Point)</b> |                  |                  |                  |                  |                  |
| Truck Scale_in                                       | 1                | 1                | 1                | 1                | 1                |
| Loading Machine                                      | 1                | 1                | 2                | 3                | 3                |
| Cover (Close) Point                                  | 1                | 1                | 2                | 3                | 3                |
| Truck Scale_out                                      | 1                | 1                | 1                | 1                | 1                |
| Gate_in  | 1                | 1                | 1                | 1                | 1                |
| Cover (Open) Point                                   | 1                | 1                | 2                | 2                | 3                |
| Discharge Point                                      | 1                | 2                | 2                | 2                | 3                |
| Cleaning Point                                       | 1                | 1                | 2                | 2                | 3                |
| Gate_out   | 1                | 1                | 1                | 1                | 1                |
| <b>Utilization Resources Report (%)</b>              |                  |                  |                  |                  |                  |
| Truck Scale_in                                       | 5%               | 5%               | 5%               | 5%               | 5%               |
| Loading Machine                                      | 16%              | 16%              | 8%               | 5%               | 5%               |
| Cover (Close) Point                                  | 19%              | 19%              | 9%               | 6%               | 6%               |
| Truck Scale_out                                      | 5%               | 5%               | 5%               | 5%               | 5%               |
| Gate_in  | 9%               | 9%               | 9%               | 9%               | 9%               |
| Cover (Open) Point                                   | 19%              | 19%              | 9%               | 9%               | 6%               |
| Discharge Point                                      | 10%              | 5%               | 5%               | 5%               | 3%               |
| Cleaning Point                                       | 2%               | 2%               | 1%               | 1%               | 1%               |
| Gate_out   | 3%               | 3%               | 3%               | 3%               | 3%               |

ตารางที่ 4-20 การเปรียบเทียบผลการรันแบบจำลอง Arena Model ต่าง ๆ (Entities Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Report)                    | Arena Model-0 | Arena Model-1 | Arena Model-2 | Arena Model-3 | Arena Model-4 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Entities Report</b>                                   |               |               |               |               |               |
| เวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบ (นาที)                  | 5,188.76      | 4,736.79      | 4,723.78      | 4,723.72      | 4,723.35      |
| เวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาที)     | 2,294.37      | 1,842.41      | 1,829.46      | 1,829.62      | 1,829.23      |
| เวลารวมทั้งหมดที่ Wood Chips อยู่ในระบบ โดยเฉลี่ย (นาที) | 2,894.39      | 2,894.38      | 2,894.32      | 2,894.1       | 2,894.12      |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกเฉลี่ย (นาที)                        | 19.446        | 21.984        | 9.302         | 9.507         | 8.998         |
| เวลารอคอยของรถบรรทุกสูงสุด (นาที)                        | 35.675        | 35.655        | 18.148        | 18.411        | 18.708        |

ตารางที่ 4-21 การเปรียบเทียบผลการรันแบบจำลอง Arena Model ต่าง ๆ (Queues Report)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Report)        | Arena Model-0 | Arena Model-1 | Arena Model-2 | Arena Model-3 | Arena Model-4 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Queues Report</b>                         |               |               |               |               |               |
| Process truck scale_in. Queue                |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.001         | 0.002         | 0.010         | 0.012         | 0.015         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.318         | 0.201         | 0.010         | 0.340         | 0.400         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 2             | 1             | 2             | 2             | 3             |
| Process Loading Queue                        |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.045         | 0.064         | 0.008         | 0.000         | 0.001         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 4.338         | 4.820         | 0.467         | 0.187         | 0.214         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 9             | 11            | 3             | 1             | 2             |
| Process truck scale_out. Queue               |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.000         | 0.000         | 0.010         | 0.014         | 0.015         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 0.020         | 0.060         | 0.253         | 0.337         | 0.372         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 1             | 1             | 2             | 3             | 3             |
| Process cover_close. Queue                   |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาที) | 0.052         | 0.078         | 0.018         | 0.002         | 0.003         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาที) | 2.625         | 2.964         | 1.117         | 0.463         | 0.450         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)        | 5             | 6             | 4             | 2             | 2             |

ตารางที่ 4-21 (ต่อ)

| ข้อมูลรายงานผลการรันแบบจำลอง (Report)         | Arena Model-0 | Arena Model-1 | Arena Model-2 | Arena Model-3 | Arena Model-4 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Queues Report</b>                          |               |               |               |               |               |
| Process gate_in. Queue                        |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.003         | 0.003         | 0.032         | 0.045         | 0.052         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.341         | 0.317         | 0.613         | 0.957         | 1.009         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2             | 2             | 3             | 4             | 5             |
| Process cover_open. Queue                     |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.052         | 0.071         | 0.012         | 0.018         | 0.000         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 1.330         | 2.176         | 0.808         | 0.703         | 0.201         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 3             | 4             | 3             | 3             | 1             |
| Process discharging. Queue                    |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.003         | 0.000         | 0.001         | 0.001         | 0.000         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.471         | 0.000         | 0.331         | 0.287         | 0.142         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2             | 0             | 2             | 1             | 1             |
| Process cleaning. Queue                       |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.000         | 0.001         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.419         | 0.428         | 0.074         | 0.122         | 0.000         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 1             | 1             | 1             | 1             | 0             |
| Process gate_out. Queue                       |               |               |               |               |               |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกเฉลี่ยต่อคัน (นาทีก) | 0.000         | 0.000         | 0.003         | 0.003         | 0.004         |
| เวลารอคอยในคิวของรถบรรทุกสูงสุดต่อคัน (นาทีก) | 0.108         | 0.080         | 0.151         | 0.136         | 0.172         |
| จำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวสูงสุด (คัน)         | 2             | 1             | 2             | 2             | 3             |

จากการวิเคราะห์การดำเนินการด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์และได้ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ผู้วิจัยมีความเห็นว่าแบบจำลอง Arena Model - 4 เป็นรูปแบบการปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับระบบการขนถ่ายสินค้าประเภทไม้สับ โดยที่สามารถลดเวลารวมทั้งหมดที่รถบรรทุกอยู่ในระบบโดยเฉลี่ยจาก 2,294.37 นาที ตามสถานการณ์ Arena Model - 0 หรือ Conceptual Model เหลือเพียง 1,829.23 นาที โดยการปรับแบบจำลอง เพิ่มจำนวนรถเข้าในระบบอีก 25% รวมเป็น 20 คัน เพื่อให้การขนถ่ายมีความต่อเนื่องกรณีเกิดรถเสียหรือต้องไปเติมน้ำมันเชื้อเพลิง และใน Arena Model - 4 นี้ได้เพิ่ม Resource เข้าไปใน Process ต่าง ๆ ตามตารางที่ 4-19 ทำให้มีจำนวนรถบรรทุกที่อยู่ในคิวตาม Process ต่าง ๆ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยเฉพาะ Process ที่อยู่ในอาคารขนถ่ายไม้สับ (Wood Chips Transfer Station) ควรมีคิวไม่เกิน 1 คิว เนื่องจากมี



ข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่จอกรอ อย่างไรก็ตามการเพิ่ม Resource ต่าง ๆ เข้าไปใน Process ต้องคำนึงถึงพื้นที่หรือ Layout ในการจัดวางตามลักษณะของพื้นที่จริงด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา  
Burapha University