

การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

นางสาวชนิดา อัมรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

นางสาวชนิดา อัมรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

โดย นางสาวชนิดา อัมรี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ปรเมษฐานุวัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑน์ วงศ์ษา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุดดาจันทร์)

..... กรรมการภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา)

ชื่อ : นางสาวชนิดา อัมรี
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม
สาขาวิชา : วิศวกรรมการจัดการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑน์ วงศ์ษา
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

ภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทสำคัญต่อการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกิจกรรมสนับสนุนการผลิต เช่น การจัดการวัสดุคงคลังและการดำเนินงานในคลังสินค้า เป็นแหล่งของการใช้พลังงานทางอ้อมโดยเฉพาะวัสดุสิ้นเปลืองประเภทฉลากบรรจุภัณฑ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบคัมบังแบบอิเล็กทรอนิกส์ในการบริหารจัดการวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม และประเมินผลกระทบด้านการใช้พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้ออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคโนโลยี HTML, PHP, JavaScript และฐานข้อมูล MySQL ซึ่งมีฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การคำนวณความต้องการวัสดุจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (BOM) การใช้ QR Code สำหรับการตัดสต๊อกและอัปเดตข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบแจ้งเตือนตามหลัก Min/Max Stock Level และแดชบอร์ดสำหรับแสดงข้อมูลภาพรวมของคลังสินค้า ระบบดังกล่าวได้ถูกนำไปทดสอบใช้งานในโรงงานกรณีศึกษา โดยเลือกศึกษาตัวอย่างวัสดุเป็นฉลากบรรจุภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดการใช้กระดาษได้ร้อยละ 84.07 เพิ่มอัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลังจาก 4.8 เป็น 7.5 รอบต่อปี และลดการสูญเสียวัสดุฉลากได้ร้อยละ 30.43 นอกจากนี้ การลดกิจกรรมการขนย้ายและการใช้พื้นที่คลังสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การใช้พลังงานทางอ้อมลดลงร้อยละ 17.90 และสามารถหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 18 tCO_2e ต่อปี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานเข้ากับการบริหารจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ และสนับสนุนความยั่งยืนของภาคอุตสาหกรรมในระยะยาว

(มีจำนวนทั้งสิ้น 79 หน้า)

คำสำคัญ : ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์, การจัดการพลังงาน, ก๊าซเรือนกระจก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Miss Chanida Ammaree

Thesis Title : Application of an Electronic Kanban System for Energy and Environmental Management of Packaging Label Inventory in Industrial Plants

Major Field : Engineering Management
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Thesis Advisor : Associate Professor Dr. Jittimon Wongsa

Academic Year : 2025

ABSTRACT

The industrial sector significantly contributes to energy consumption and greenhouse gas emissions, with supporting activities such as inventory management and warehouse operations playing a key role in indirect energy use, particularly for consumable materials like packaging labels. This study implements an electronic Kanban (e-Kanban) system to manage packaging label inventory and evaluates its impacts on energy consumption and greenhouse gas emissions. A web-based e-Kanban application was developed using HTML, PHP, JavaScript, and a MySQL database. Key functionalities include material requirements planning based on the bill of materials (BOM), QR code-based real-time stock updates, Min/Max stock level alerts, and a dashboard for inventory visualization. The system was deployed in a case study factory. Results show reductions in paper consumption by 84.07%, increased inventory turnover from 4.8 to 7.5 cycles per year, and a 30.43% decrease in material losses. Additionally, improved material handling and warehouse utilization reduced indirect energy consumption by 17.90%, avoiding approximately 18 tCO2e per year. The findings demonstrate that e-Kanban effectively enhances operational efficiency while supporting energy and environmental management, contributing to long-term industrial sustainability.

(Total 79 Pages)

Keywords: Electronic Kanban, Energy Management, Greenhouse Gases

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ประกอบการโรงงานผลิตฉลากบรรจุภัณฑ์ในจังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลองใช้งานระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล อันเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างเป็นรูปธรรม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิวาลัย จินเจือ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ หัวข้อเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการจัดการสต๊อกบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบคัมบัง ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะอย่างใกล้ชิดตลอดการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณ นายศิรชัช ศรีเกษม และนายธนพนธ์ แจ้งสนธิ์ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและสนับสนุนงานด้านระบบสารสนเทศ ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธณัฏฐ์ยศ สมใจ ที่ให้คำปรึกษาด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี นำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากร บุดดาจันทร์ คณบดีคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ปรเมษฐานุวัฒน์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑน์ วงศ์ษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้การสนับสนุน กำกับดูแล และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บังคับบัญชา หัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงาน ที่ให้การสนับสนุนด้านเวลาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนขอขอบพระคุณครอบครัว ซึ่งเป็นกำลังใจสำคัญและให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ชนิดา อัมรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 3

1.3 ขอบเขตของโครงการ 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 การจัดการวัสดุคงคลัง 5

2.2 ระบบคัมบังและระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ 6

2.3 ระบบโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 7

2.4 เทคโนโลยี QR Code 8

2.5 เทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล 8

2.6 การแสดงผลข้อมูลแบบแดชบอร์ด 10

2.7 ก๊าซเรือนกระจกและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 12

3.1 การศึกษางานและเก็บรวบรวมข้อมูล 12

3.2 การออกแบบระบบใหม่ 13

3.3 การพัฒนาต้นแบบระบบ 33

3.4 การทดลองใช้งานระบบ 35

3.5 การประเมินผลและปรับปรุง 36

3.6 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 38

3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 39

3.8 การเก็บรวบรวมข้อมูล 40

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล 41

3.10 การวิเคราะห์และประเมินผลด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม 42

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 44

4.1 ผลการพัฒนาระบบและรายละเอียดการทำงานของโปรแกรม 44

4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลัง 70

4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านกิจกรรมคลังสินค้าและการใช้พลังงานทางอ้อม 71

4.4 ผลการวิเคราะห์ด้านการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 72

4.5 สรุปค่าใช้จ่ายและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สามารถลดได้
จากการปรับปรุงระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75

5.1 สรุปผลการวิจัย 75

5.2 ข้อเสนอแนะ 76

บรรณานุกรม 77

ประวัติผู้เขียน 79

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย (Emission Factor).....43

4-1 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดด้านการจัดการวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์
ก่อนและหลังการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์.....71

4-2 ค่าตัวแปรสำหรับการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อมจาก
กิจกรรมคลังสินค้าก่อนและหลังการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์.....72

4-3 ผลการประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์.....73

4-4 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ.....74

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่

1-1 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบคลังสินค้าแบบเดิม 2

3-1 Data Flow Diagram Level 0 13

3-2 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลพนักงาน.....14

3-3 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลวัสดุในคลัง 15

3-4 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการขอเบิกวัสดุ 15

3-5 Data Flow Diagram Level 1การจัดการ BOM.....16

3-6 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลการผลิต 16

3-7 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลการสั่งซื้อวัสดุ.....17

3-8 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการหน่วยนับ 17

3-9 แผนภาพ ER Diagram เว็บแอปพลิเคชันการจัดการสต๊อกบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบคัมบัง ...18

3-10 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของ admin.....19

3-11 แสดงการออกแบบหน้าจอการจัดการ BOM ของ admin 19

3-12 แสดงการออกแบบหน้าจอการจัดการเพิ่มรายการ BOM ของ admin 20

3-13 แสดงการออกแบบหน้าจอเมื่อกดปุ่มเพิ่ม BOM ของ admin 20

3-14 แสดงการออกแบบหน้าจอสรุปข้อมูล BOM ของ admin 21

3-15 แสดงการออกแบบหน้าจอยืนยันการเพิ่ม BOM ของ admin 21

3-16 แสดงการออกแบบหน้าจอประวัติการเข้าสู่ระบบของ admin.....22

3-17 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของผู้บริหาร.....22

3-18 แสดงการออกแบบหน้าจอเมื่อกดที่ icon รูปคน.....23

3-19 แสดงการออกแบบหน้าจอสู่ระบบ 23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

3-20 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกวางแผน....24

3-21 แสดงการออกแบบหน้าจอการสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน....24

3-22 แสดงการออกแบบหน้าจอการกรอกข้อมูลสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน....25

3-23 แสดงการออกแบบหน้าจอการคำนวณวัสดุของแผนกวางแผน....25

3-24 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน....26

3-25 แสดงการออกแบบหน้าจอการติดตามการผลิตของแผนกวางแผน....26

3-26 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกผลิต....27

3-27 แสดงการออกแบบหน้าจองานทั้งหมดของแผนกผลิต....27

3-28 แสดงการออกแบบหน้าจออัพเดทความคืบหน้างานของแผนกผลิต....28

3-29 แสดงการออกแบบหน้าจอการเริ่มงานของแผนกผลิต....28

3-30 แสดงการออกแบบหน้าจอการขอเบิกวัสดุของแผนกผลิต....29

3-31 แสดงการออกแบบหน้าจอการสรุปวัสดุที่ต้องการเบิกของแผนกผลิต....29

3-32 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันการขอเบิกของแผนกผลิต....30

3-33 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกคลัง....30

3-34 แสดงการออกแบบหน้าจอการอนุมัติขอเบิกของแผนกคลัง....31

3-35 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันอนุมัติขอเบิกของแผนกคลัง....31

3-36 แสดงการออกแบบหน้าจอการตรวจสอบวัสดุของแผนกคลัง....32

3-37 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของผู้บริหาร....32

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-1 หน้าจอเข้าสู่ระบบ 44
4-2 หน้าจอผู้ใช้งานและผู้ดูแล 45
4-3 หน้าจอแสดงข้อมูลพนักงาน 45
4-4 หน้าจอสำหรับการเพิ่มข้อมูลพนักงาน 46
4-5 หน้าจอแสดงการลบข้อมูลพนักงาน....46
4-6 หน้าจอแสดงการจัดการวัสดุ 47
4-7 หน้าจอแสดงการเพิ่มวัสดุใหม่....47
4-8 หน้าจอแสดงการแก้ไขข้อมูลของวัสดุ....48
4-9 หน้าจอแสดงรายละเอียดวัสดุ 48
4-10 หน้าจอแสดงการลบวัสดุ....49
4-11 หน้าจอแสดงการจัดการหน่วยนับ 49
4-12 หน้าจอแสดงการเพิ่มหน่วยนับ 50
4-13 หน้าจอแสดงรายละเอียดของหน่วยนับ 50
4-14 หน้าจอแสดงการแก้ไขหน่วยนับ 51
4-15 หน้าจอแสดงการลบหน่วยนับ....51
4-16 หน้าจอแสดงการจัดการ BOM....52
4-17 หน้าจอแสดงการเพิ่ม BOM....52
4-18 หน้าจอแสดงปุ่มสำหรับเพิ่มวัสดุใน BOM....52
4-19 หน้าจอแสดงรายละเอียดภายใน BOM....53
4-20 หน้าจอแสดงการลบ BOM....53

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-21 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายวางแผน 54
4-22 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานการผลิต 54
4-23 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอเริ่มงาน 55
4-24 หน้าจอแสดงสถานะกำลังผลิต 55
4-25 หน้าจอแสดงสถานะงานที่เสร็จสิ้นแล้ว 55
4-26 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ 56
4-27 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการกรอกข้อมูล 56
4-28 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการคำนวณวัสดุ 56
4-29 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการยืนยันการสร้างงาน 57
4-30 หน้าจอแสดงการยืนยันการสร้างงาน 57
4-31 หน้าจอแสดงการยืนยันการสร้างงานสำเร็จ 58
4-32 หน้าจอแสดงการจัดการคำสั่งซื้อวัสดุ 58
4-33 หน้าจอแสดงรายละเอียดคำขอสั่งซื้อ 59
4-34 หน้าจอแสดงการอนุมัติคำขอสั่งซื้อ 59
4-35 หน้าจอแสดงขั้นตอนหลังจากอนุมัติคำขอสั่งซื้อ 60
4-36 หน้าจอแสดงการยืนยันการสั่งซื้อ 60
4-37 หน้าจอแสดงขั้นตอนหลังจากยืนยันคำสั่งซื้อ 61
4-38 หน้าจอแสดงการยืนยันการรับวัสดุ 61
4-39 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายคลัง 62

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-40 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายผลิต 62
4-41 หน้าจอแสดงการขอเบิกวัสดุ 63
4-42 หน้าจอแสดงรายละเอียดคำขอเบิกวัสดุ 63
4-43 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายคลัง 64
4-44 หน้าจอแสดงรายละเอียดงานทั้งหมด 64
4-45 หน้าจอแสดงการอัพเดทความคืบหน้า 65
4-46 หน้าจอแสดงคำขอเบิกวัสดุ 65
4-47 หน้าจอแสดงการสร้างคำขอเบิกวัสดุ 65
4-48 หน้าจอแสดงรายละเอียดการสร้างคำขอเบิกวัสดุใหม่ 66
4-49 หน้าจอแสดงรายละเอียดผู้ใช้งาน ผู้บริหาร 66
4-50 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานสถานการณ์ผลิต 67
4-51 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติคำขอเบิกวัสดุ 67
4-52 หน้าจอแสดงรายละเอียดการกระทำของคำขอเบิกวัสดุ 68
4-53 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติคำขอสั่งซื้อวัสดุ 68
4-54 หน้าจอแสดงรายละเอียดการกระทำของคำขอสั่งซื้อ 69
4-55 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติการเข้าออกสต็อก 69
4-56 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานสถานะสต็อกวัสดุ 70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าทีมีบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่าย การจัดการวัสดุบรรจุภัณฑ์ เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อเสถียรภาพในกระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิต ปัจจุบันการนับวัตถุดิบคงคลังของฝ่ายผลิต , คลังสินค้า และฝ่ายวางแผน ยังคงใช้วิธีแบบระบบแมนนวล เช่น การเขียนใบเบิกจ่ายวัตถุดิบ และบันทึกลงในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง จึงทำให้เกิดการสูญเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ยังใช้งานได้

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ตามคำร้องขอของลูกค้า ทางฝ่ายวิศวกรรมจะต้องทำการตรวจสอบและคำนวณวันบังคับใช้ บรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่อย่างแม่นยำ โดยอ้างอิงจากวัตถุดิบคงคลังคงเหลือของบรรจุภัณฑ์รูปแบบเดิม หากข้อมูลไม่ถูกต้อง อาจทำให้ต้องทิ้งบรรจุภัณฑ์เดิมทั้งหมด หรือย้อนวันแพ็คสินค้า ซึ่งทำให้ส่งผลเสียต่อเสถียรภาพในกระบวนการผลิตและต้นทุนการผลิต

ในด้านพลังงานภาคอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่มีการใช้พลังงานและทรัพยากรในปริมาณสูง และมีส่วนสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศและระดับโลก แม้ว่ามาตรการด้านการจัดการพลังงานส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการผลิตหลักและประสิทธิภาพของเครื่องจักร แต่กิจกรรมสนับสนุนการผลิต เช่น การจัดการวัสดุคงคลัง การจัดเก็บ และการขนย้ายภายในคลังสินค้า ก็เป็นแหล่งของการใช้พลังงานทางอ้อมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ควรถูกมองข้าม โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้วัสดุสิ้นเปลืองและบรรจุภัณฑ์ประกอบการผลิตในปริมาณมาก (ชุติเดช และชณิชา, 2566) วัสดุฉลากหรือสติกเกอร์ติดบรรจุภัณฑ์ (Labeling Paper) จัดเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิตและโลจิสติกส์ของโรงงานอุตสาหกรรม การจัดการวัสดุคงคลังของวัสดุฉลากที่อาศัยกระบวนการแบบดั้งเดิม เช่น การใช้บัตรกระดาษ การเบิกจ่ายด้วยเอกสาร และการบันทึกข้อมูลด้วยแรงงานคน มักก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ความล่าช้าในการสื่อสารระหว่างหน่วยงาน และการสูญเสียวัสดุจากการหมดอายุหรือการปรับเปลี่ยนรูปแบบ การเบิกผิดพลาด รวมถึงการจัดเก็บเกินความต้องการ (จิราวรรณ, 2568) ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน แต่ยังนำไปสู่การใช้พลังงานทางอ้อมที่เพิ่มขึ้นจากการจัดเก็บ การสูญเสียพื้นที่จัดเก็บ การขนย้ายซ้ำซ้อนที่มากเกินจำเป็น และการผลิตทดแทนจากความผิดพลาดและผลิตภัณฑ์เสื่อมอายุ ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Molina-Besch, et al., 2019



ภาพที่ 1-1 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบคลังสินค้าแบบเดิม

แนวคิดคัมบัง (Kanban) เป็นเครื่องมือสำคัญในระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่ช่วยควบคุมการไหลของวัสดุและลดความสูญเปล่า อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้คัมบังแบบดั้งเดิมที่อาศัยบัตรกระดาษยังมีข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่น ความถูกต้องของข้อมูล และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้กระดาษในปริมาณมาก การพัฒนาระบบคัมบังแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Kanban: e-Kanban) ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีดิจิทัลและระบบสารสนเทศ จึงเป็นแนวทางที่สามารถยกระดับการจัดการวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ให้มีความแม่นยำและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Bayır, et al., 2022)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา งานวิจัยด้านการบริหารจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ให้ความสนใจกับการประเมินการใช้พลังงานทางอ้อมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมสนับสนุนการผลิตมากขึ้น เช่น กิจกรรมคลังสินค้าและโลจิสติกส์ภายในโรงงาน ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแผนพลังงานชาติและแผนปฏิบัติการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อมและแนวคิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อาจเกิดขึ้นจะช่วยสนับสนุนเป้าหมายของประเทศในการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ใน

ระยะยาว (Younes, et al., 2025) รวมถึงการจัดทำบัญชีและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรภายใต้มาตรฐานสากล เช่น ISO 14064 และกรอบการรายงานความยั่งยืนด้าน ESG ซึ่งภาครัฐไทยให้ความสำคัญและส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้อย่างเป็นรูปธรรม

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการนำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบคัมบังแบบอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยบูรณาการระบบการคำนวณความต้องการวัสดุจาก Bill of Materials (BOM) และเทคโนโลยี QR Code เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลแบบเรียลไทม์ ลดการใช้กระดาษ และลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานทางอ้อม พร้อมทั้งประเมินผลลัพธ์เชิงประจักษ์ในมิติของการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) อย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาจะช่วยชี้ให้เห็นบทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนการบริหารจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมในภาคอุตสาหกรรม และเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบการผลิตที่มุ่งสู่ความยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการจัดการการเบิกจ่ายและติดตามวัสดุคงคลังในรูปแบบดิจิทัล

1.2.2 เพื่อลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ ลดความสูญเสียของวัสดุบรรจุภัณฑ์ ประเมินผลกระทบด้านการใช้พลังงานทางอ้อมจากกิจกรรมคลังสินค้า และประเมินศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นกำหนดสิทธิ์การใช้งานตามบทบาทของผู้ใช้งานจำนวน 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ ฝ่ายวางแผน ฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า ผู้ดูแลระบบ และผู้บริหาร

1.3.2 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะคำนวณความต้องการวัสดุอัตโนมัติ จากโครงสร้าง Bill of Materials (BOM)

1.3.3 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะใช้เทคโนโลยี QR Code สำหรับวัสดุแต่ละรายการ เพื่อรองรับการตัดสต็อกแบบเรียลไทม์ และพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อวัสดุคงคลังต่ำหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

1.3.4 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะทดลองและเก็บข้อมูลโดยใช้ตัวอย่างการทดลองเป็นฉลากบรรจุภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการวัสดุคงคลัง โดยสามารถติดตามการเบิกจ่ายวัสดุได้แบบเรียลไทม์ ลดความล่าช้าและข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลแบบเดิม ส่งผลให้การวางแผนและควบคุมสต๊อกมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.4.2 ช่วยลดการใช้กระดาษจากระบบเอกสารแบบเดิม และลดความสูญเสียของวัสดุบรรจุภัณฑ์จากการจัดเก็บหรือเบิกจ่ายที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ต้นทุนวัสดุลดลง

1.4.3 ช่วยลดการใช้พลังงานทางอ้อมจากกิจกรรมคลังสินค้า เช่น การขนย้ายวัสดุและการใช้พื้นที่จัดเก็บ อีกทั้งสามารถประเมินและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นระบบ สนับสนุนแนวทางการดำเนินงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการวัสดุคงคลัง (Inventory Management)

การจัดการวัสดุคงคลัง (Inventory Management) เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการผลิตและโลจิสติกส์ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีบทบาทในการควบคุมปริมาณวัสดุให้เหมาะสมกับความต้องการของกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนการจัดเก็บ (holding cost) ต้นทุนการสั่งซื้อ (ordering cost) และลดความเสี่ยงจากการขาดแคลน (stockout) หรือการสูญเสียวัสดุจากการเสื่อมสภาพและหมดอายุ (Becerra, et al., 2022) การจัดการวัสดุคงคลังที่มีประสิทธิภาพส่งผลโดยตรงต่อระดับการให้บริการ (service level) ความต่อเนื่องของการผลิต และประสิทธิภาพโดยรวมขององค์กร

โดยทั่วไป ระบบการจัดการวัสดุคงคลังสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ ระบบผลัก (Push System) ซึ่งอาศัยการพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้า และระบบดึง (Pull System) ซึ่งอาศัยความต้องการจริงจากกระบวนการถัดไป เช่น ระบบคัมบัง (Kanban System) ที่ใช้สัญญาณในการควบคุมการไหลของวัสดุให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง เพื่อลดปริมาณสินค้าคงคลังส่วนเกินและความสูญเปล่าในระบบ นอกจากนี้ ยังมีเทคนิคและแบบจำลองที่ใช้ในการควบคุมวัสดุคงคลัง เช่น แบบจำลองปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) การกำหนดจุดสั่งซื้อ (Reorder Point: ROP) และการกำหนดระดับสินค้าคงคลังขั้นต่ำ-สูงสุด (Min/Max Stock Level) ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนการเติมเต็มวัสดุได้อย่างเหมาะสมและลดความไม่แน่นอนในระบบ

ในบริบทของอุตสาหกรรมสมัยใหม่ การจัดการวัสดุคงคลังได้ถูกพัฒนาไปสู่รูปแบบดิจิทัล โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น ระบบฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ การใช้รหัส QR Code หรือ RFID สำหรับการติดตามวัสดุ และระบบแดชบอร์ดเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งช่วยเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล ลดความซ้ำซ้อนของการทำงาน และเพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบ และยิ่งไปกว่านั้น แนวคิดการจัดการวัสดุคงคลังในปัจจุบันยังเชื่อมโยงกับการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยการลดปริมาณสินค้าคงคลังส่วนเกินสามารถช่วยลดการใช้พื้นที่จัดเก็บ การขนย้าย และกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานทางอ้อม รวมถึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในห่วงโซ่อุปทานได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น การจัดการวัสดุคงคลังที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นพื้นฐานสำคัญก่อนการนำเทคโนโลยี เช่น ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) มาประยุกต์ใช้ เพื่อยกระดับการดำเนินงานให้สอดคล้องกับแนวคิดอุตสาหกรรมสีเขียวและความยั่งยืน

2.2 ระบบคัมบังและระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (Kanban and e-Kanban System)

คัมบัง (Kanban) เป็นคำในภาษาญี่ปุ่นหมายถึง ป้ายหรือ สัญญาณ ซึ่งเป็นวิธีการกำหนดตารางการผลิต และการติดต่อสื่อสารระหว่างกระบวนการ เพื่อหลีกเลี่ยงการผลิตที่มากเกินไป (Overproduction) และสินค้าคงคลังที่มากเกินไป (Overstock) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่บริษัทโตโยต้ามอเตอร์ ประเทศญี่ปุ่น การเลือกใช้สัญญาณ Kanban ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติใช้ เช่น การ์ดคัมบัง (Kanban Card) การมองเห็น (Look-see) การส่งอีเมล์ (E-mail) และคัมบังแบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) เป็นต้น โดยระบบคัมบัง เป็นเครื่องมือสำคัญที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการไหลของวัสดุและงานระหว่างกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการจริง (Just-in-Time: JIT) ผ่านการใช้สัญญาณ (signal) ในการสั่งผลิตหรือเบิกจ่ายวัสดุ (Dwijayanto, et al., 2025) หลักการสำคัญของคัมบังคือการใช้ระบบดึง (Pull System) ซึ่งกระบวนการถัดไปจะเป็นผู้กำหนดความต้องการของกระบวนการก่อนหน้า ช่วยลดปริมาณสินค้าคงคลังส่วนเกิน ลดระยะเวลารอคอย และลดความสูญเปล่า (waste) ในระบบการผลิต

ในระบบคัมบังแบบดั้งเดิม มักใช้บัตรกระดาษ (Kanban Card) หรือป้ายสัญญาณในการสื่อสารข้อมูล เช่น ประเภทวัสดุ ปริมาณ และจุดจัดเก็บ โดยบัตรจะเคลื่อนที่ไปตามลำดับขั้นตอนการผลิต ซึ่งช่วยให้สามารถมองเห็นสถานะของงานได้อย่างชัดเจน (visual management) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวมีข้อจำกัดในด้านความล่าช้าของข้อมูล ความผิดพลาดจากมนุษย์ (human error) และความยากในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหลายหน่วยงานหรือหลายสถานที่ โดยเฉพาะในระบบการผลิตที่มีความซับซ้อนสูง (แพรวจิต และคณะ 2569)

ระบบคัมบังแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Kanban: e-Kanban) จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว โดยเป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาประยุกต์ใช้แทนบัตรกระดาษ เช่น ระบบฐานข้อมูล ระบบเครือข่าย และอุปกรณ์ระบุอัตโนมัติ ได้แก่ QR Code หรือ RFID เพื่อสนับสนุนการติดตามและควบคุมการไหลของวัสดุแบบเรียลไทม์ (Rahman and Kirby, 2024) ระบบ e-Kanban สามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติ ตั้งแต่การเบิกจ่ายวัสดุ การอัปเดตสถานะคงคลัง ไปจนถึงการแจ้งเตือนเมื่อระดับสินค้าคงคลังต่ำกว่าค่าที่กำหนด (Min/Max Stock Level) ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาการดำเนินงาน เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล และลดความสูญเสียจากการดำเนินงานที่ไม่จำเป็น นอกจากนี้ ระบบยังสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านแดชบอร์ด (dashboard) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารในเชิงกลยุทธ์และเชิงปฏิบัติการ

ในบริบทของอุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0) ระบบ e-Kanban ถือเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (digital transformation) ที่ช่วยยกระดับความสามารถของห่วงโซ่อุปทาน (supply chain visibility) และเพิ่มความยืดหยุ่นในการตอบสนองต่อความต้องการที่

เปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยการลดการใช้กระดาษ ลดกิจกรรมการขนย้าย และลดปริมาณสินค้าคงคลังส่วนเกิน ซึ่งส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานทางอ้อมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตและคลังสินค้า (Younes, et al., 2025)

ดังนั้น ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการบูรณาการการบริหารจัดการวัสดุคงคลังเข้ากับเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ควบคู่กับการลดผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ

2.3 ระบบโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials: BOM)

โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials: BOM) เป็นรายการที่แสดงรายละเอียดของส่วนประกอบทั้งหมด (components) วัตถุดิบ (raw materials) และชิ้นส่วนย่อย (subassemblies) ที่จำเป็นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย โดยระบุปริมาณ ความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้น และโครงสร้างการประกอบของแต่ละองค์ประกอบอย่างชัดเจน BOM ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในระบบการวางแผนการผลิตและการจัดการวัสดุคงคลัง เช่น ระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirements Planning: MRP) และระบบการผลิตแบบลีน โดยทั่วไป BOM สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท เช่น Engineering BOM (E-BOM) ซึ่งใช้ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ และ Manufacturing BOM (M-BOM) ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตจริง โดย M-BOM จะมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับลำดับขั้นตอนการผลิต เครื่องจักร และการจัดการวัสดุในสายการผลิต โครงสร้างของ BOM มักอยู่ในรูปแบบลำดับชั้น ซึ่งประกอบด้วยระดับของผลิตภัณฑ์ และส่วนประกอบย่อยที่เชื่อมโยงกันในลักษณะต้นไม้ (tree structure) ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการใช้วัสดุได้อย่างเป็นระบบ

บทบาทสำคัญของ BOM คือการใช้เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณความต้องการวัสดุ (material requirements) ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนการจัดซื้อ การผลิต และการจัดเก็บวัสดุได้อย่างเหมาะสม ลดปัญหาการขาดแคลนหรือการสั่งซื้อเกินความจำเป็น นอกจากนี้ BOM ยังช่วยสนับสนุนการควบคุมต้นทุนการผลิต การติดตามย้อนกลับ (traceability) และการจัดการการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม ในบริบทของการจัดการวัสดุคงคลังและระบบดิจิทัล BOM มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบต่างๆ เช่น ระบบคลังสินค้า ระบบการผลิต และระบบสารสนเทศองค์กร โดยเฉพาะเมื่อมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) จะช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณการเบิกจ่ายวัสดุได้อย่างอัตโนมัติและแม่นยำตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์จริง ส่งผลให้ลดความผิดพลาดในการจัดการวัสดุ และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการผลิต นอกจากนี้ การบูรณาการ BOM กับเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ระบบฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ และระบบติดตามวัสดุ (เช่น QR Code หรือ RFID) ยังช่วยเพิ่มความโปร่งใสและความถูกต้องของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน ทำให้สามารถประเมินการใช้ทรัพยากร พลังงาน และ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

2.4 เทคโนโลยี QR Code

เทคโนโลยี QR Code (Quick Response Code) เป็นรูปแบบของรหัสสองมิติที่สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับบาร์โค้ดแบบหนึ่งมิติ และสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็วจากหลายทิศทาง QR Code ถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและเข้าถึงข้อมูล โดยสามารถบรรจุข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อความ ตัวเลข URL หรือรหัสระบุเฉพาะของวัสดุ

ในบริบทของการจัดการวัสดุคงคลัง เทคโนโลยี QR Code ถูกนำมาใช้เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างวัสดุจริงในคลังสินค้ากับข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบสารสนเทศ โดยวัสดุแต่ละรายการจะมี QR Code เฉพาะที่ผูกกับรหัสชิ้นส่วน (Part Code) หรือรหัสวัสดุ ซึ่งช่วยให้สามารถระบุและติดตามสถานะของวัสดุได้อย่างแม่นยำ พนักงานสามารถใช้เครื่องสแกนหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น สมาร์ตโฟน เพื่ออ่าน QR Code และเข้าถึงข้อมูลวัสดุได้ทันที เช่น รายละเอียดสินค้า ตำแหน่งจัดเก็บ และปริมาณคงคลัง

การประยุกต์ใช้ QR Code ในกระบวนการคลังสินค้า เช่น การเบิกจ่าย รับเข้า และการตรวจนับ (stock counting) ช่วยให้สามารถบันทึกข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ (real-time) ลดความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลด้วยมือ และเพิ่มความรวดเร็วในการดำเนินงาน นอกจากนี้ ระบบยังสามารถบันทึกประวัติการทำรายการในรูปแบบ Audit Log ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบย้อนหลัง (traceability) และเพิ่มความโปร่งใสในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อบูรณาการร่วมกับระบบสารสนเทศ เช่น ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์หรือระบบฐานข้อมูลกลาง เทคโนโลยี QR Code จะช่วยสนับสนุนการอัปเดตข้อมูลวัสดุคงคลังโดยอัตโนมัติ และเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงานได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้สามารถควบคุมการไหลของวัสดุได้อย่างแม่นยำและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

นอกจากนี้ การใช้ QR Code ยังสอดคล้องกับแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 และการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (digital transformation) โดยช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน และสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ รวมถึงช่วยลดการใช้เอกสารกระดาษและกิจกรรมที่ไม่จำเป็น ซึ่งมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานทางอ้อมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.5 เทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล

การพัฒนาระบบสารสนเทศในอุตสาหกรรมปัจจุบันมีแนวโน้มไปสู่รูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรืออินทราเน็ต โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมในเครื่องผู้ใช้งาน ส่งผลให้เกิดความยืดหยุ่นในการใช้งาน การ

บำรุงรักษาระบบ และการอัปเดตข้อมูลแบบรวมศูนย์ ซึ่งสถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชันโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนติดต่อผู้ใช้ (Front-end) ส่วนประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Back-end) และระบบฐานข้อมูล (Database) ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อรองรับการจัดเก็บ ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ในส่วนของ Front-end เทคโนโลยีหลักที่ใช้ ได้แก่ HTML (HyperText Markup Language) ซึ่งทำหน้าที่กำหนดโครงสร้างของเนื้อหาในหน้าเว็บ และ CSS (Cascading Style Sheets) ซึ่งใช้สำหรับจัดรูปแบบและตกแต่งการแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน รวมถึงรองรับการแสดงผลแบบตอบสนอง (Responsive Design) บนอุปกรณ์ที่หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และสมาร์ตโฟน [10] นอกจากนี้ JavaScript เป็นภาษาที่ใช้เพิ่มความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน (client-side interaction) เช่น การตรวจสอบข้อมูลก่อนส่ง (form validation) และการอัปเดตข้อมูลแบบไม่ต้องรีเฟรชหน้าเว็บ (asynchronous communication) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสบการณ์ของผู้ใช้งาน และในส่วนของ Back-end ภาษา PHP (Hypertext Preprocessor) เป็นภาษาสคริปต์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ที่นิยมใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เนื่องจากสามารถประมวลผลข้อมูล สร้างเนื้อหาแบบไดนามิก และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย PHP มีบทบาทสำคัญในการจัดการตรรกะของระบบ (business logic) เช่น การควบคุมการเบิกจ่ายวัสดุ การอัปเดตข้อมูลคงคลัง และการจัดการสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้งาน

สำหรับระบบฐานข้อมูล MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System: RDBMS) ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบตาราง (table) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันผ่านคีย์หลักและคีย์นอก ฐานข้อมูลมีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลวัสดุ โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (BOM) และประวัติการเคลื่อนไหวของวัสดุคงคลัง ซึ่งช่วยให้สามารถเรียกใช้และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

นอกจากนี้ เครื่องมือพัฒนาโปรแกรม เช่น Visual Studio Code (VSCode) ซึ่งเป็นโปรแกรมแก้ไขโค้ดแบบโอเพนซอร์ส (open-source code editor) มีบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนา โดยรองรับหลายภาษาโปรแกรมและมีส่วนขยาย (extensions) ที่ช่วยในการตรวจสอบข้อผิดพลาด (debugging) การจัดรูปแบบโค้ด และการเชื่อมต่อกับระบบควบคุมเวอร์ชัน (version control) การบูรณาการเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลดังกล่าวช่วยให้สามารถพัฒนาระบบสารสนเทศที่รองรับการทำงานแบบเรียลไทม์ มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนต่าง ๆ ขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) และการจัดการวัสดุคงคลังในยุคอุตสาหกรรมดิจิทัล

2.6 การแสดงผลข้อมูลแบบแดชบอร์ด (Dashboard Visualization)

การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ด (Dashboard Visualization) เป็นเครื่องมือสำคัญในการนำเสนอข้อมูลเชิงวิเคราะห์ (analytical data) โดยใช้รูปแบบภาพ (visual representation) เช่น กราฟ (charts) แผนภูมิ (graphs) และตาราง (tables) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แดชบอร์ดมีบทบาทในการสรุปข้อมูลสำคัญและแสดงตัวชี้วัดหลักที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานขององค์กรในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

ในบริบทของการจัดการวัสดุคงคลังและระบบการผลิต แดชบอร์ดช่วยให้ผู้ใช้งานและผู้บริหารสามารถมองเห็นภาพรวมของสถานะวัสดุคงคลังและกระบวนการผลิตได้แบบเรียลไทม์ เช่น ปริมาณวัสดุคงเหลือ (inventory level) วัสดุที่ใกล้ถึงจุดสั่งซื้อ (reorder point) อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (inventory turnover) และสถิติการใช้วัสดุในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการวางแผนการผลิตและการควบคุมต้นทุน โดยหลักการออกแบบแดชบอร์ดที่มีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงความชัดเจน ความกระชับ และความสามารถในการตีความข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยการเลือกใช้รูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมกับประเภทของข้อมูล เช่น การใช้กราฟแท่งสำหรับเปรียบเทียบปริมาณ การใช้กราฟเส้นสำหรับแสดงแนวโน้ม และการใช้สีเพื่อเน้นสถานะสำคัญ เช่น การแจ้งเตือนระดับสินค้าคงคลังต่ำ

นอกจากนี้ แดชบอร์ดยังสามารถพัฒนาให้มีลักษณะโต้ตอบได้ (interactive dashboard) โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลเฉพาะส่วนหรือเจาะลึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจทั้งในระดับปฏิบัติการและระดับกลยุทธ์ และเมื่อบูรณาการแดชบอร์ดเข้ากับระบบสารสนเทศ เช่น ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) และระบบฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ จะช่วยให้ข้อมูลมีความทันสมัยและสะท้อนสถานการณ์จริงของระบบการผลิตและคลังสินค้า ส่งผลให้สามารถตอบสนองต่อปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนวัสดุหรือการมีสินค้าคงคลังส่วนเกิน ดังนั้น การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการบริหารจัดการข้อมูลเชิงลึกและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานขององค์กรในยุคดิจิทัล

2.7 ก๊าซเรือนกระจกและคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases; GHGs) ได้แก่ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และฟลูออโรคาร์บอน มีคุณสมบัติในการดูดซับและปลดปล่อยรังสีความร้อนในบรรยากาศ ส่งผลให้สมดุลพลังงานของโลกเปลี่ยนแปลงและนำไปสู่ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งได้รับการยืนยันอย่างเป็นระบบโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2023) การเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์เป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับโลก แนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรม กระบวนการผลิต หรือการดำเนินงานของบุคคลและองค์กร โดยแปลงผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent: CO_2e) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและสื่อสารผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นมาตรฐาน (ชุติเดช และชณิชา, 2566) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงมีบทบาทสำคัญในการระบุแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม และเป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำรายงานความยั่งยืน และการสนับสนุนเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กรและระดับประเทศ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทาน ไม่เพียงเฉพาะจากกระบวนการผลิตหลักเท่านั้น แต่ยังรวมถึงกิจกรรมสนับสนุนการผลิต เช่น การใช้กระดาษ การจัดเก็บวัสดุ และการใช้พลังงานทางอ้อมจากการขนย้ายและการดำเนินงานในคลังสินค้า แนวคิดการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถหลีกเลี่ยงได้จากการปรับปรุงกระบวนการทำงานหรือการบริหารจัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การลดการใช้ทรัพยากร การลดการสูญเสียวัสดุ และการลดการใช้พลังงานทางอ้อมจากกิจกรรมสนับสนุน แนวคิดดังกล่าวช่วยให้สามารถตีความผลของการปรับปรุงระบบการจัดการวัสดุคงคลังในมิติด้านสิ่งแวดล้อม โดยเชื่อมโยงการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานเข้ากับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมขององค์กร ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกรอบในการประเมินผลด้านสิ่งแวดล้อม การรายงานความยั่งยืน (Younes, et al., 2025)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษางานและเก็บข้อมูล

3.1.1 การศึกษากระบวนการทำงานเดิม

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อศึกษากระบวนการจัดการวัสดุบรรจุภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการเบิกจ่ายวัสดุ การจัดเก็บ การติดฉลาก และการบันทึกข้อมูลวัสดุคงคลังในระบบเดิม รวมถึงศึกษารูปแบบการสื่อสารและการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนกวางแผนการผลิต (Planning) แผนกผลิต (Production) แผนกคลังสินค้า (Store) และแผนกวิศวกรรม เพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการทำงานและความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานอย่างชัดเจน

3.1.2 การวิเคราะห์ปัญหาที่พบจากการศึกษางาน

จากการศึกษากระบวนการทำงานเดิม พบปัญหาหลักที่เป็นจุดคอขวด (Bottleneck) และก่อให้เกิดความสูญเปล่า (Waste) ในหลายด้าน ดังนี้

3.1.2.1 ด้านการจัดการข้อมูล พบว่าการนับและบันทึกข้อมูลสต๊อกยังคงใช้วิธีแบบแมนนวล เช่น การเขียนใบเบิกจ่ายด้วยกระดาษและการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม Microsoft Excel ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและไม่สามารถติดตามสถานะวัสดุได้แบบเรียลไทม์

3.1.2.2 ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม พบการใช้เอกสารกระดาษในปริมาณมาก รวมถึงการสูญเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์จากการหมดอายุหรือการเบิกจ่ายผิดพลาด

3.1.2.3 ด้านพลังงาน พบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลนำไปสู่กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม เช่น การเคลื่อนย้ายวัสดุซ้ำซ้อนด้วยรถขนย้ายในคลังสินค้า ซึ่งถือเป็นแหล่งของการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อม (Indirect Energy) ที่สูญเปล่า

3.1.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษางาน ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและสะท้อนสภาพการทำงานจริง ได้แก่ การสัมภาษณ์พนักงานผู้ปฏิบัติงานในฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า ฝ่ายวางแผน และฝ่ายวิศวกรรม เพื่อรับทราบปัญหาเชิงลึก ความต้องการ และข้อจำกัดของระบบเดิม และการทบทวนเอกสาร จากรายงานวัสดุคงคลัง ใบบันทึกการประชุม แบบฟอร์มใบเบิกจ่ายวัสดุ และข้อมูลสต๊อกที่จัดเก็บอยู่ในระบบ Microsoft Excel เดิม

3.1.4 การเก็บข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้วัดผล (Baseline Data Collection)

เพื่อให้สามารถประเมินผลลัพธ์ของโครงการได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในมิติด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของระบบเดิมไว้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) สำหรับใช้เปรียบเทียบก่อนและหลังการนำระบบใหม่ไปใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย

3.1.4.1 ปริมาณการใช้กระดาษก่อนเริ่มโครงการ เฉลี่ย 565 กิโลกรัมต่อเดือน

3.1.4.2 ปริมาณวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่สูญเสียจากการเสียรูปหรือการตกรุ่น เฉลี่ย 690 กิโลกรัมต่อเดือน

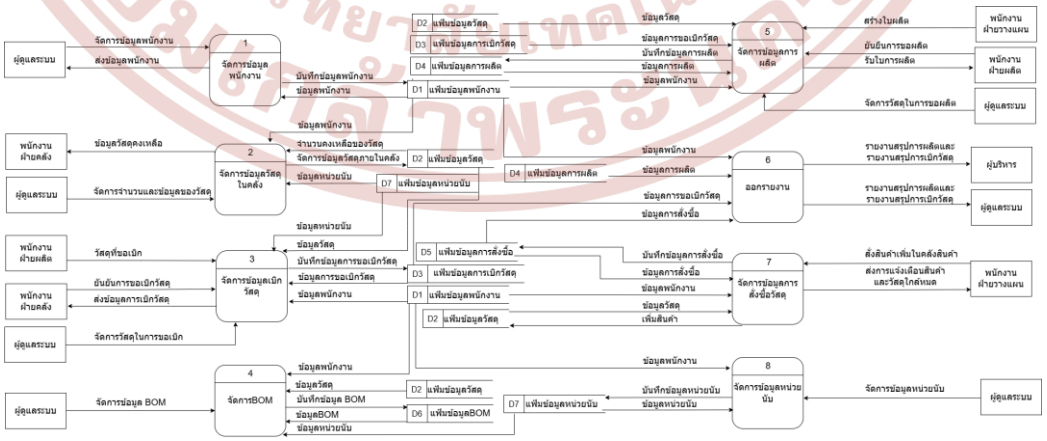
3.1.4.3 ประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า โดยอัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (Inventory Turnover) เดิมอยู่ที่ 4.8 รอบต่อปี

3.1.4.4 ข้อมูลด้านพลังงานทางอ้อม ได้แก่ ชั่วโมงการทำงานของรถขนย้ายวัสดุเฉลี่ย 400 ชั่วโมงต่อเดือน และพื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง 1,150 ตารางเมตรซึ่งนำไปคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมประมาณ 1,620 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบผลลัพธ์หลังการปรับปรุงระบบ

3.2 การออกแบบระบบใหม่

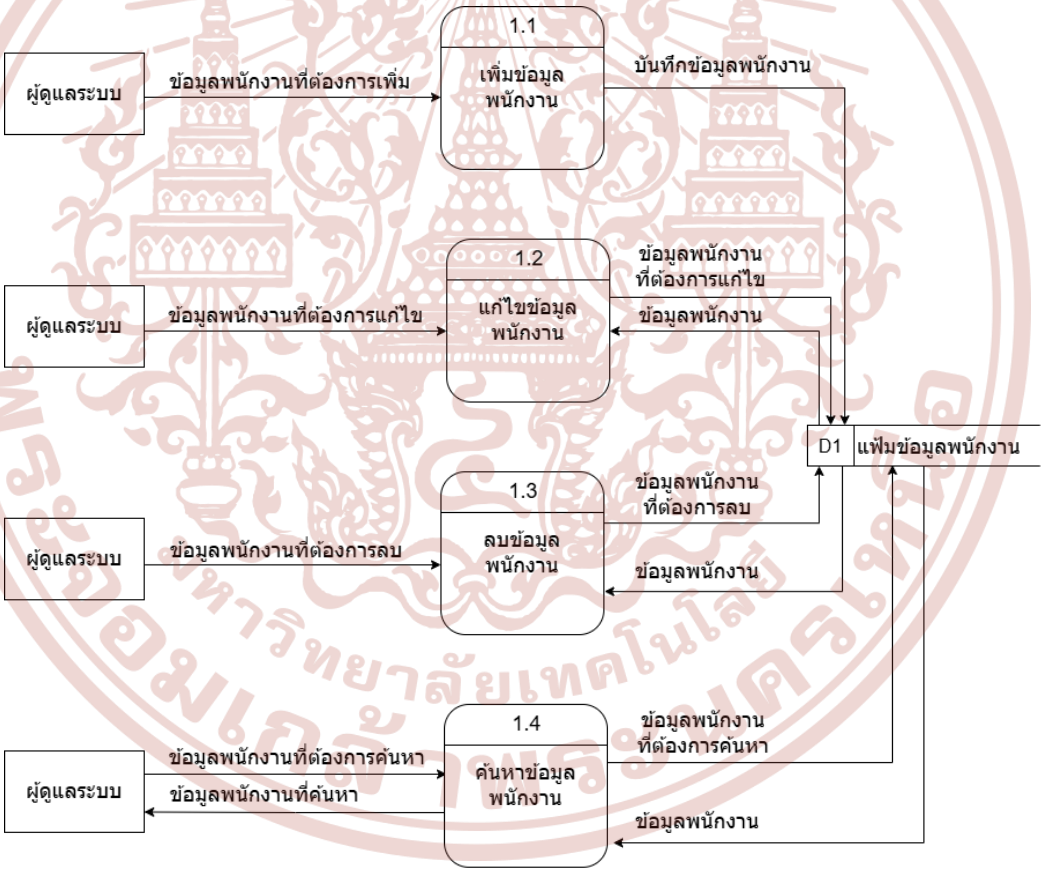
3.2.1 การออกแบบกระบวนการทำงานและการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)

การออกแบบกระบวนการทำงานและการไหลของข้อมูล ของระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความสัมพันธ์และการไหลของข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยได้แบ่งการออกแบบออกเป็นหลายระดับตามหลักการของ Data Flow Diagram (DFD)

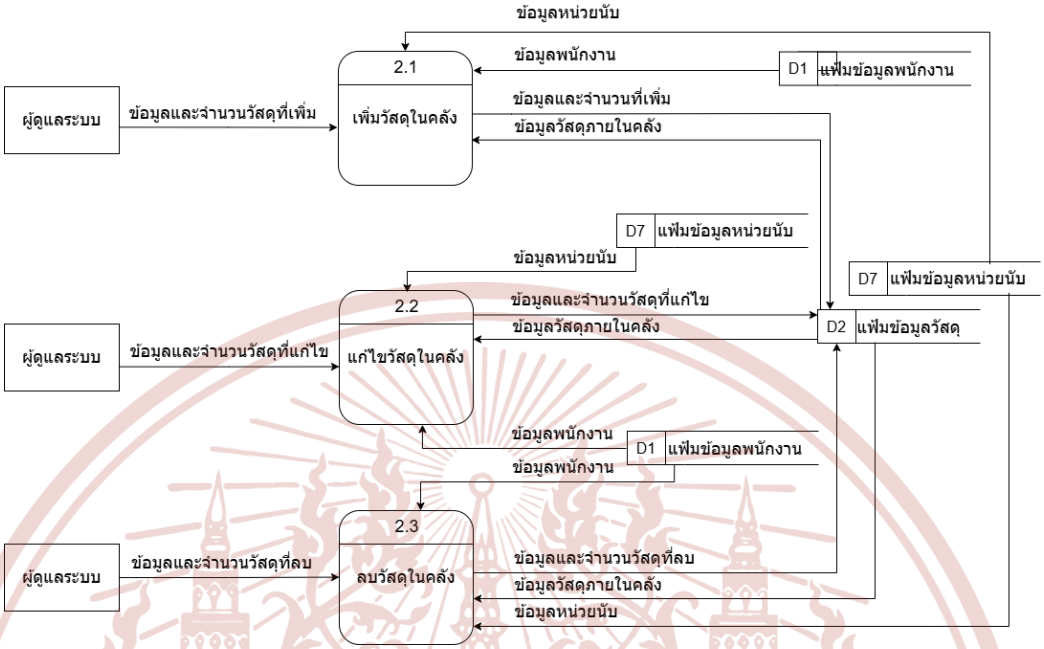


ภาพที่ 3-1 Data Flow Diagram Level 0

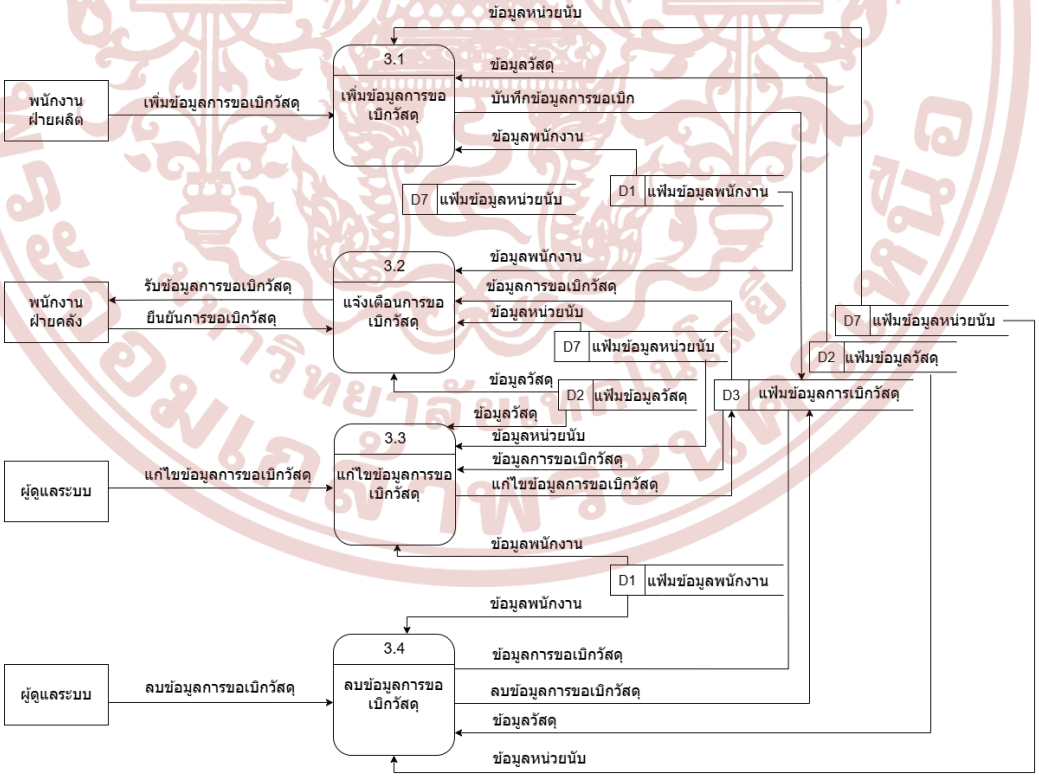
ในระดับ Context Diagram (Level 0) ระบบเว็บแอปพลิเคชันทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับ–ส่งข้อมูล โดยมีผู้ใช้งานที่โต้ตอบกับระบบทั้งหมด 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ พนักงานฝ่ายวางแผนการผลิต พนักงานฝ่ายผลิต พนักงานฝ่ายคลังสินค้า ผู้ดูแลระบบ และผู้บริหาร ซึ่งแต่ละกลุ่มมีบทบาทและรูปแบบการใช้งานที่แตกต่างกัน พนักงานฝ่ายวางแผนมีหน้าที่สร้างใบสั่งผลิต รับการแจ้งเตือนวัสดุใกล้หมด และจัดทำใบขอสั่งซื้อวัสดุ พนักงานฝ่ายผลิตทำหน้าที่รับใบสั่งผลิตและยืนยันการขอเบิกวัสดุ ขณะที่พนักงานฝ่ายคลังสินค้ารับข้อมูลการเบิกวัสดุ สแกนยืนยันการจ่าย และอัปเดตยอดคงเหลือในระบบ ผู้ดูแลระบบรับผิดชอบการจัดการข้อมูลพื้นฐาน เช่น ข้อมูลพนักงาน รายการวัสดุ โครงสร้าง BOM และหน่วยนับ ส่วนผู้บริหารสามารถเข้าถึงรายงานสรุปการผลิต รายงานการเบิกวัสดุ และแดชบอร์ดภาพรวมของระบบ



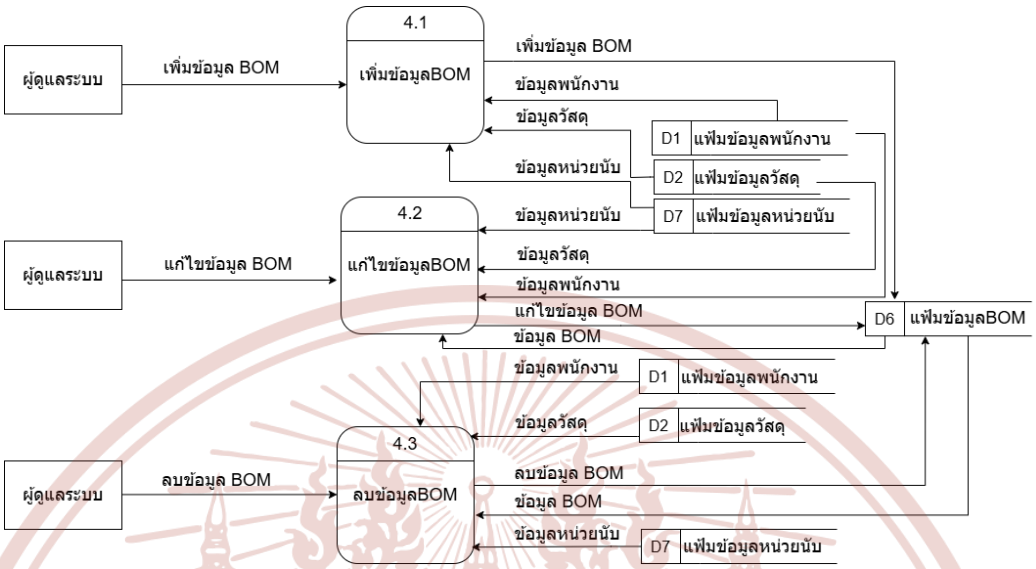
ภาพที่ 3-2 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลพนักงาน



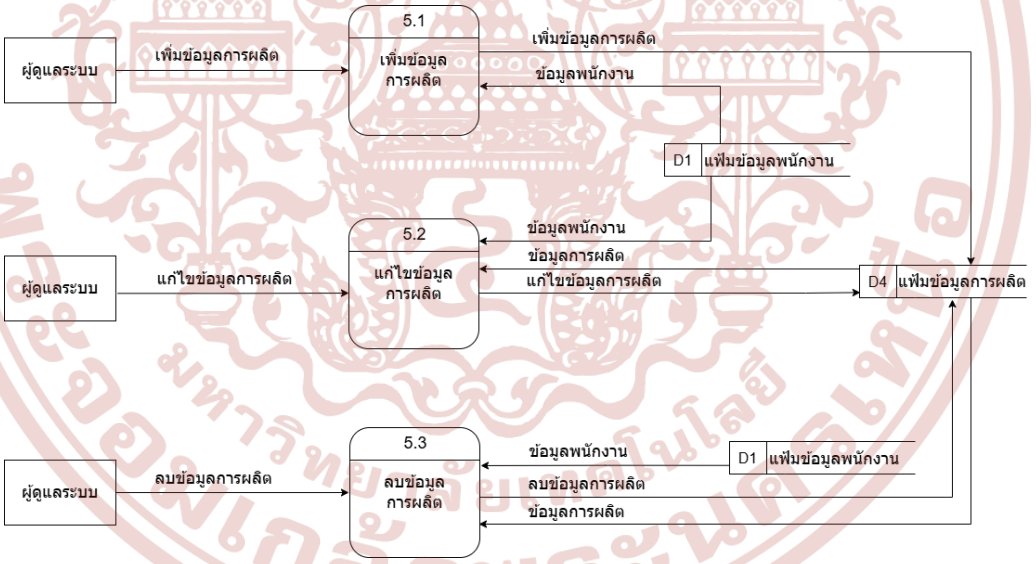
ภาพที่ 3-3 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลวัสดุในคลัง



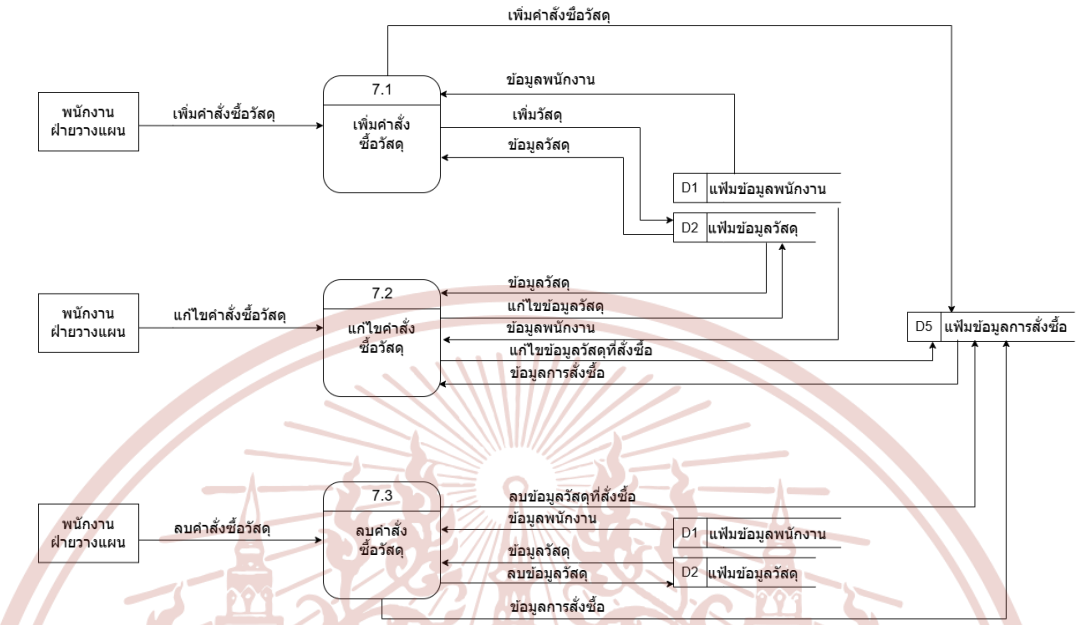
ภาพที่ 3-4 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการขอเบิกวัสดุ



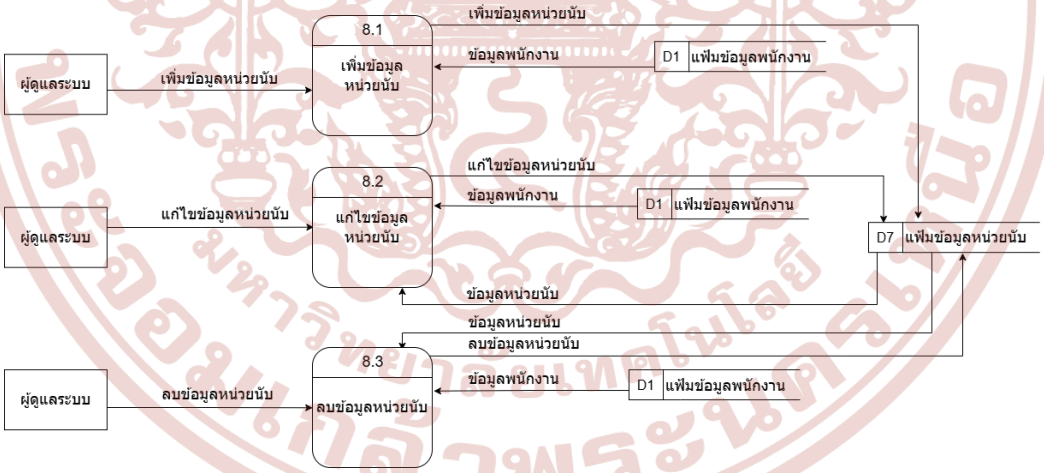
ภาพที่ 3-5 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการ BOM



ภาพที่ 3-6 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลการผลิต



ภาพที่ 3-7 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการข้อมูลการสั่งซื้อวัสดุ

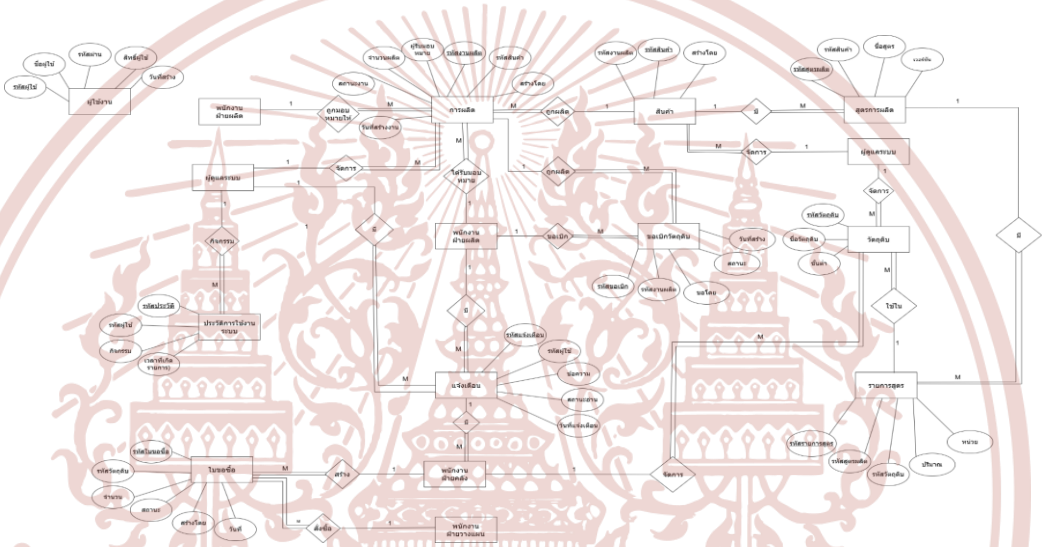


ภาพที่ 3-8 Data Flow Diagram Level 1 การจัดการหน่วยนับ

ในระดับ Data Flow Diagram (Level 1) ระบบถูกแจกแจงการทำงานออกเป็น 8 กระบวนการหลัก ได้แก่ การจัดการข้อมูลพนักงาน การจัดการข้อมูลวัสดุในคลัง การจัดการคำขอเบิกวัสดุ การจัดการโครงสร้าง BOM การจัดการข้อมูลการผลิต การออกรายงาน การจัดการข้อมูลการสั่งซื้อวัสดุ (Purchase Request: PR) และการจัดการหน่วยนับ ซึ่งช่วยให้สามารถอธิบายการทำงานของระบบในแต่ละส่วนได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ

3.2.2 การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design and ER Diagram)

การจัดเก็บข้อมูลของระบบใช้ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ด้วยระบบ MySQL โดยได้ออกแบบแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ER Diagram) เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตารางต่าง ๆ แบบเรียลไทม์ ฐานข้อมูลของระบบประกอบด้วยตารางหลักจำนวน 14 ตาราง ซึ่งครอบคลุมข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทั้งหมด

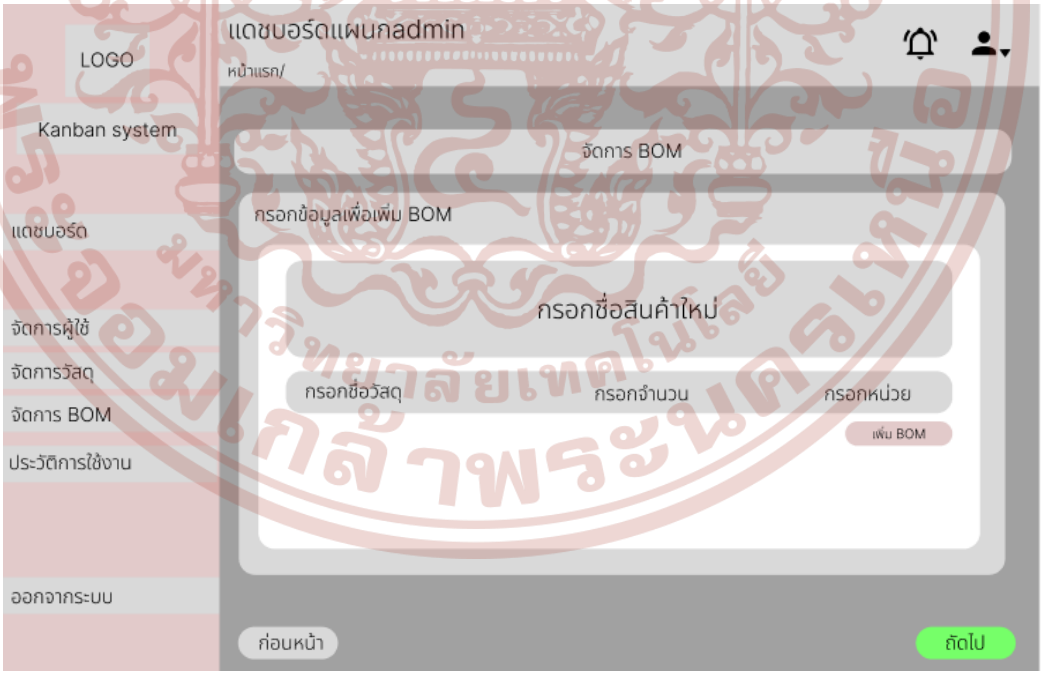


ภาพที่ 3-9 แผนภาพ ER Diagram เว็บแอปพลิเคชันการจัดการสต๊อกบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบคัมบัง

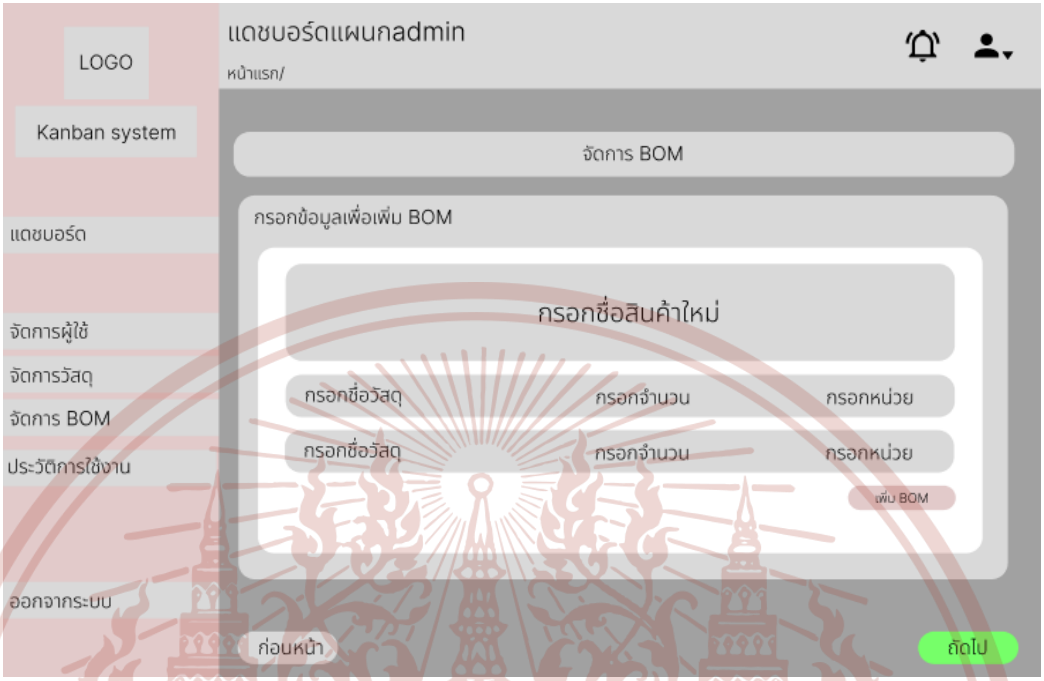
ตารางที่มีความสำคัญ ได้แก่ ตาราง users สำหรับจัดเก็บข้อมูลพนักงาน สิทธิ์การใช้งาน และบทบาทของผู้ใช้ในแต่ละแผนก ตาราง materials สำหรับจัดเก็บข้อมูลวัสดุ รหัสชิ้นส่วน ปริมาณสต๊อกปัจจุบัน รวมถึงการกำหนดจุดสั่งซื้อขั้นต่ำและสต๊อกสูงสุด ตาราง bom_header และ bom_detail สำหรับจัดเก็บโครงสร้างสูตรการผลิตและรายละเอียดการใช้วัสดุในแต่ละผลิตภัณฑ์ ตารางproduction_jobs สำหรับจัดเก็บข้อมูลใบสั่งผลิต จำนวนที่วางแผน และสถานะการผลิต นอกจากนี้ ยังมีตาราง inventory_transactions ซึ่งใช้บันทึกรายการเคลื่อนไหวของสต๊อกทั้งการรับเข้าและจ่ายออก เพื่อใช้ในการตรวจสอบย้อนหลัง และตาราง audit_logs สำหรับบันทึกประวัติการใช้งานระบบของผู้ใช้งานแต่ละราย เพื่อเพิ่มความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือของข้อมูล



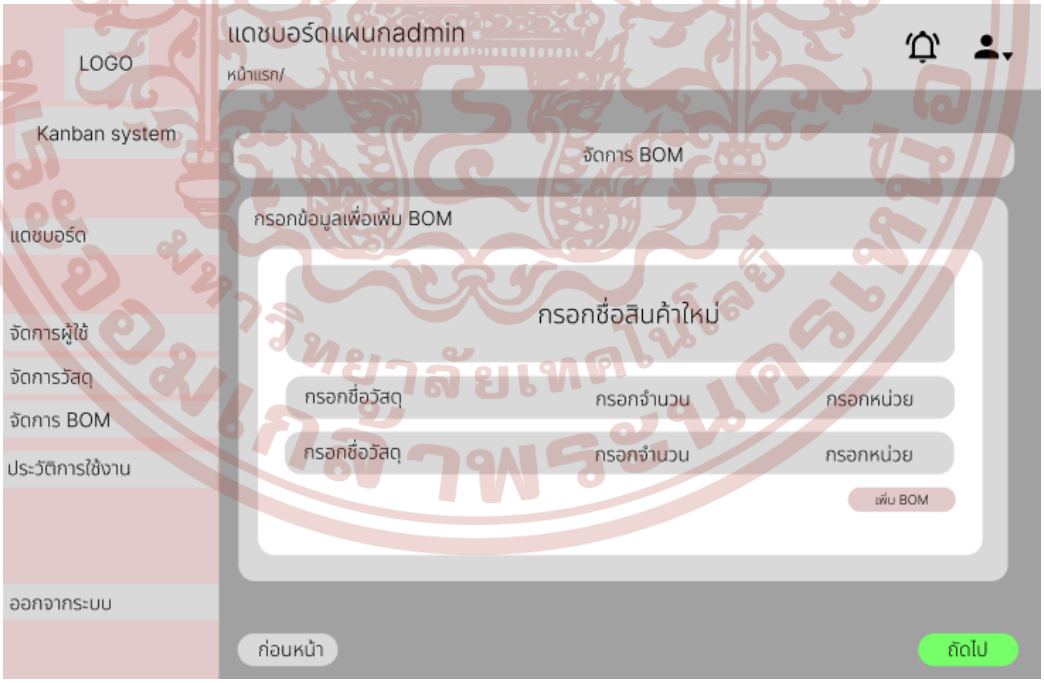
ภาพที่ 3-10 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของ admin



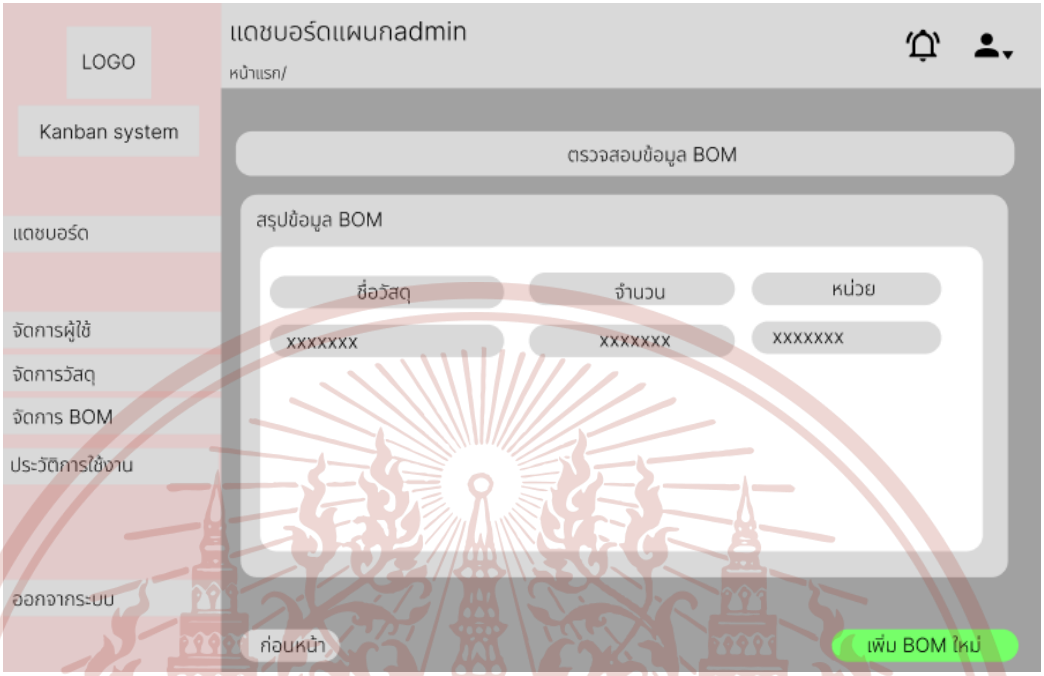
ภาพที่ 3-11 แสดงการออกแบบหน้าจอการจัดการ BOM ของ admin



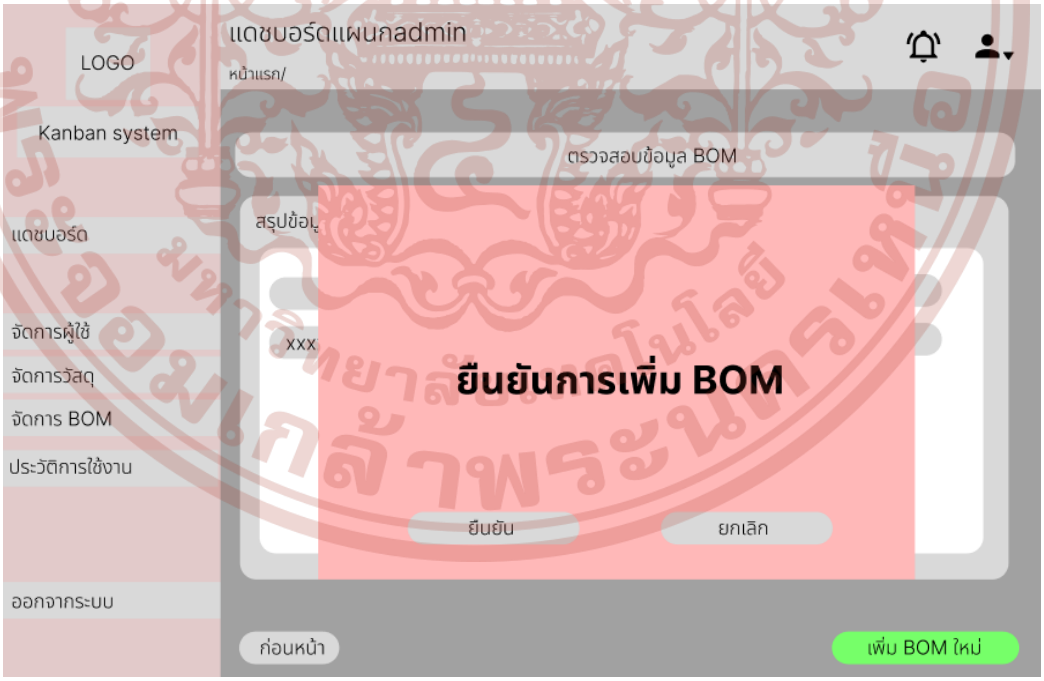
ภาพที่ 3-12 แสดงการออกแบบหน้าจอการจัดการเพิ่มรายการ BOM ของ admin



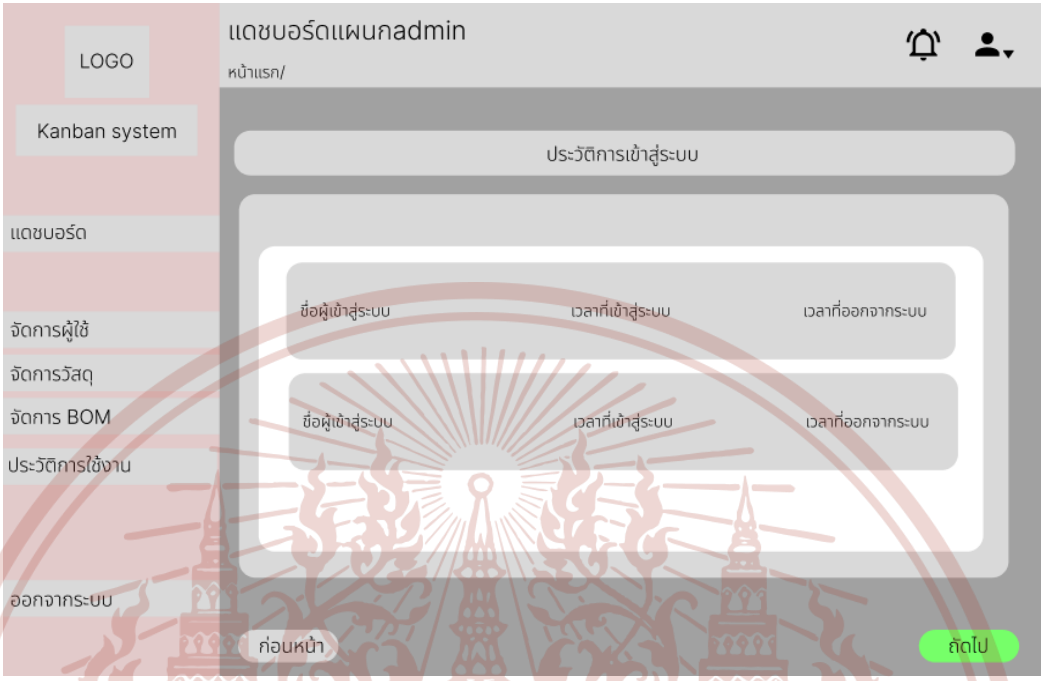
ภาพที่ 3-13 แสดงการออกแบบหน้าจอเมื่อกดปุ่มเพิ่ม BOM ของ admin



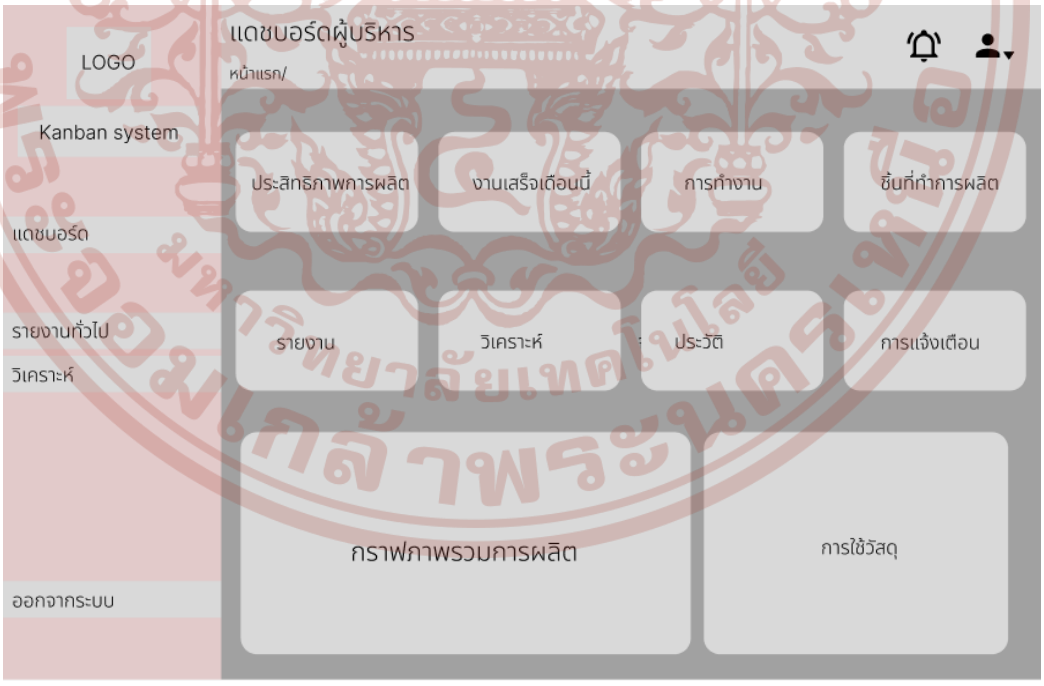
ภาพที่ 3-14 แสดงการออกแบบหน้าจอสรุปข้อมูล BOM ของ admin



ภาพที่ 3-15 แสดงการออกแบบหน้าจอยืนยันการเพิ่ม BOM ของ admin



ภาพที่ 3-16 แสดงการออกแบบหน้าจอประวัติการเข้าสู่ระบบของ admin



ภาพที่ 3-17 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของผู้บริหาร



ภาพที่ 3-18 แสดงการออกแบบหน้าจอเมื่อกดที่ icon รูปคน

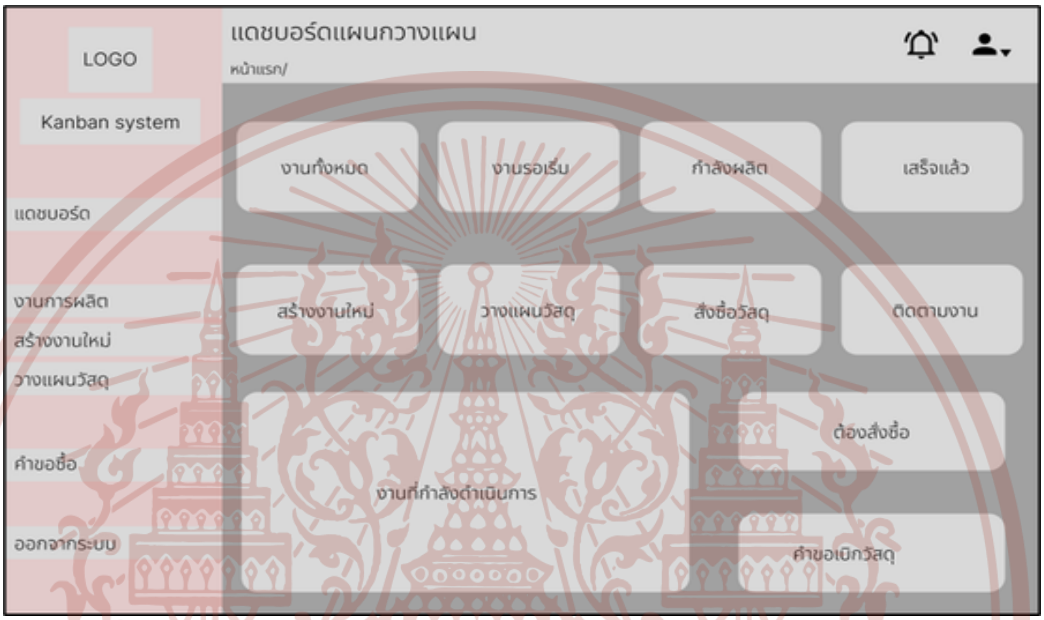
3.2.3 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface and Dashboard Design)

การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มุ่งเน้นให้ระบบสามารถใช้งานได้สะดวกและรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย โดยใช้แนวคิด Responsive Design เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เคลื่อนที่ รูปแบบการแสดงผลของหน้าจอถูกออกแบบให้แตกต่างกันตามสิทธิ์การใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม

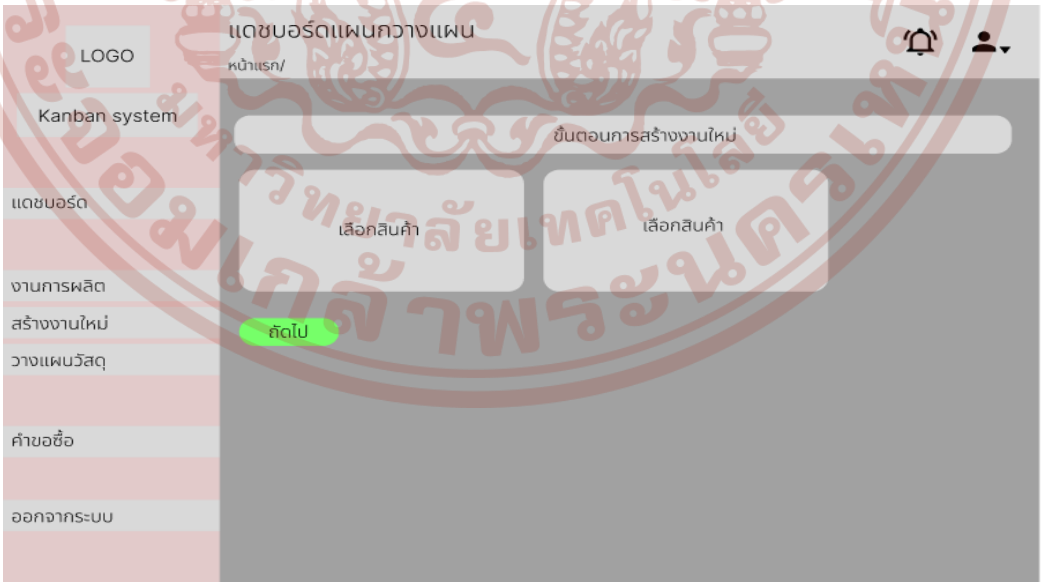


ภาพที่ 3-19 แสดงการออกแบบหน้าจอสู่ระบบ

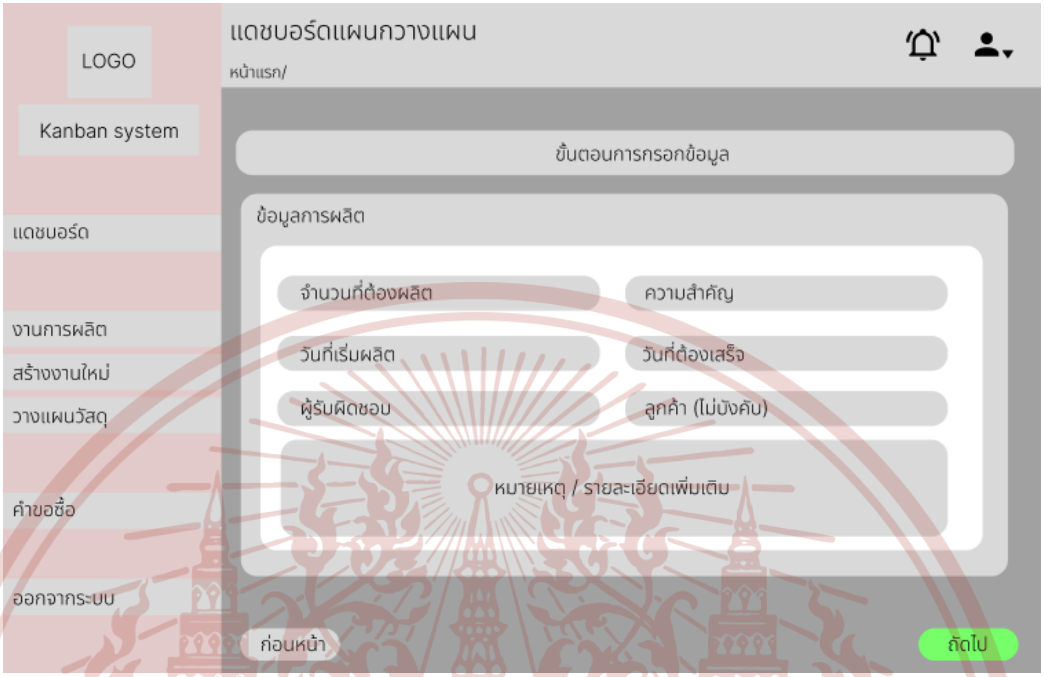
สำหรับฝ่ายวางแผนการผลิต หน้าจอจะแสดงแดชบอร์ดสำหรับการสร้างใบสั่งผลิตใหม่ การติดตามสถานะการผลิต การคำนวณความต้องการวัสดุจาก BOM และการแจ้งเตือนเมื่อวัสดุถึงจุดสั่งซื้อ เพื่อให้สามารถเปิดใบขอสั่งซื้อได้ทันที



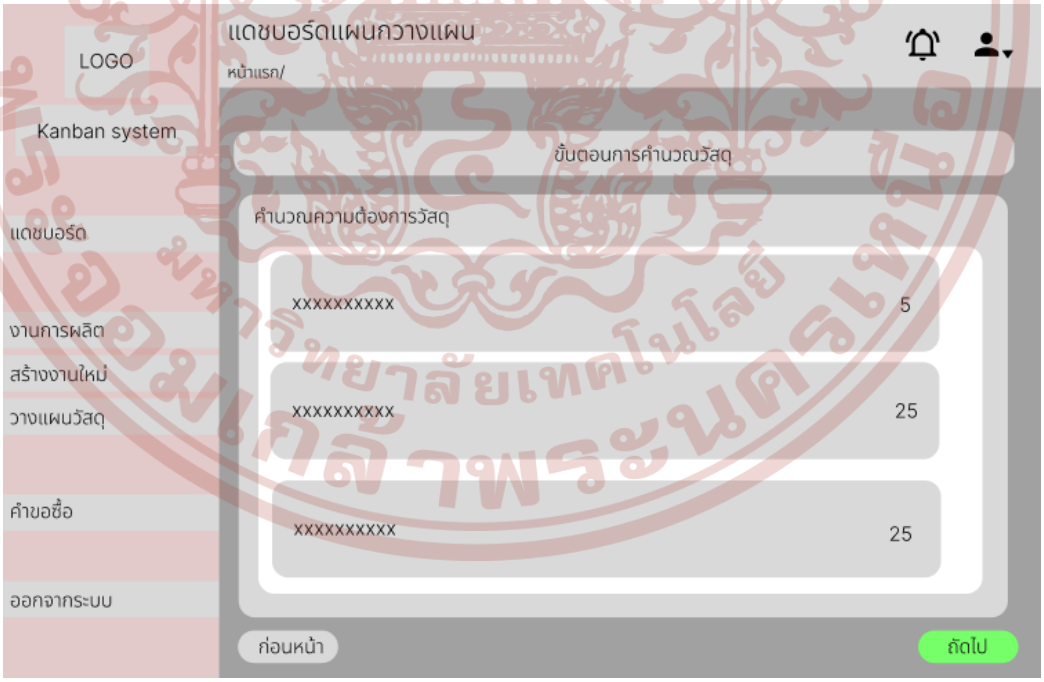
ภาพที่ 3-20 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกวางแผน



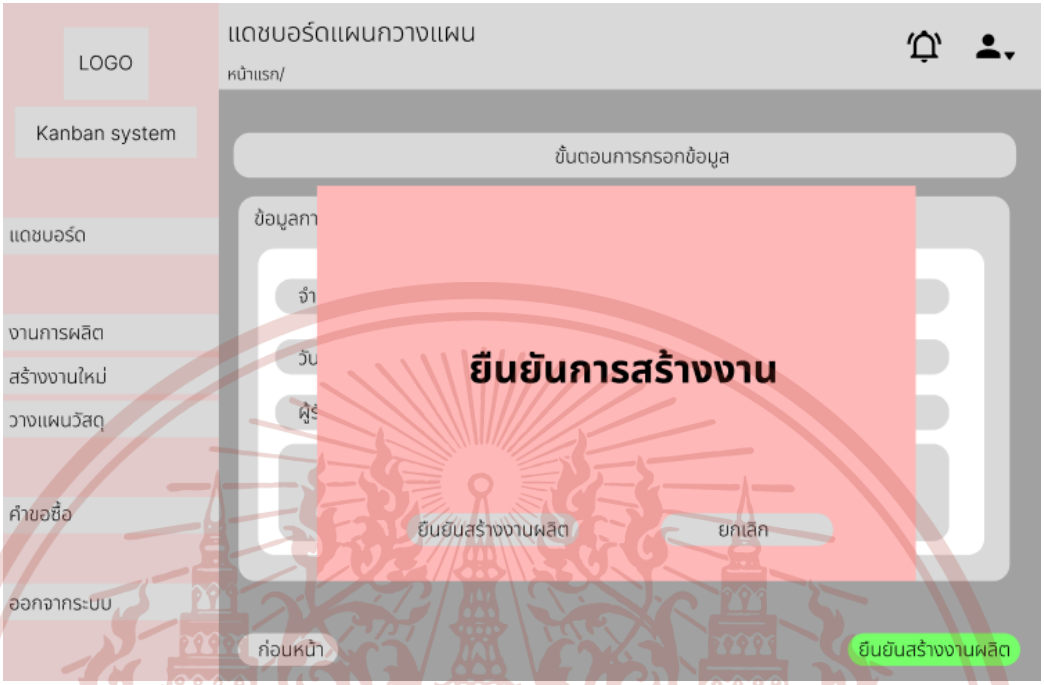
ภาพที่ 3-21 แสดงการออกแบบหน้าจอการสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน



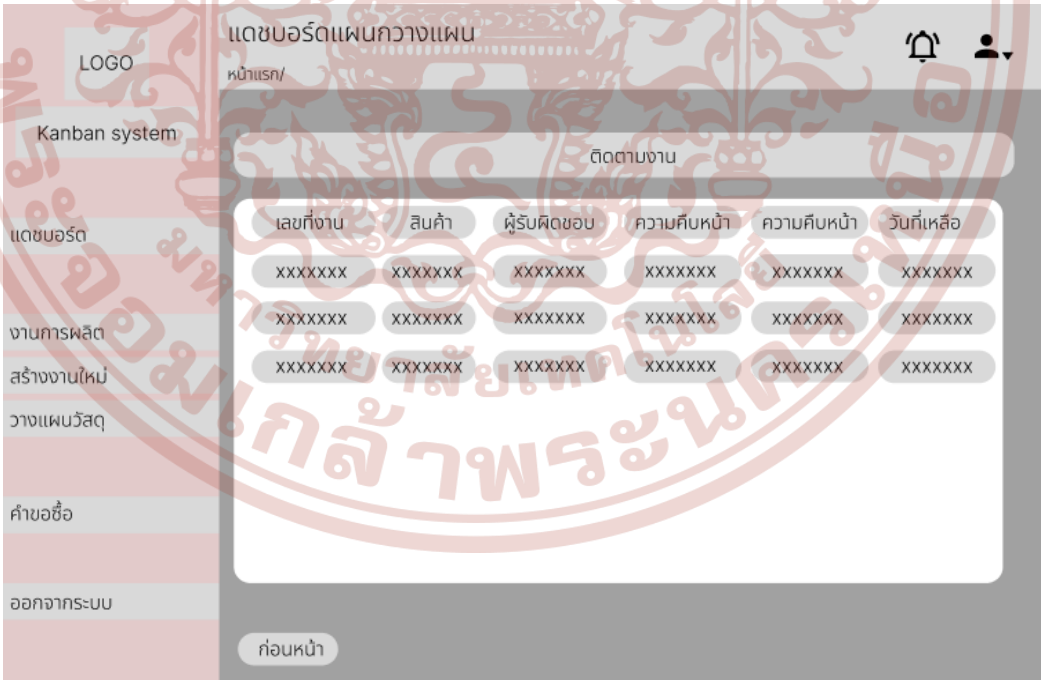
ภาพที่ 3-22 แสดงการออกแบบหน้าจอการกรอกข้อมูลสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน



ภาพที่ 3-23 แสดงการออกแบบหน้าจอการคำนวณวัสดุของแผนกวางแผน

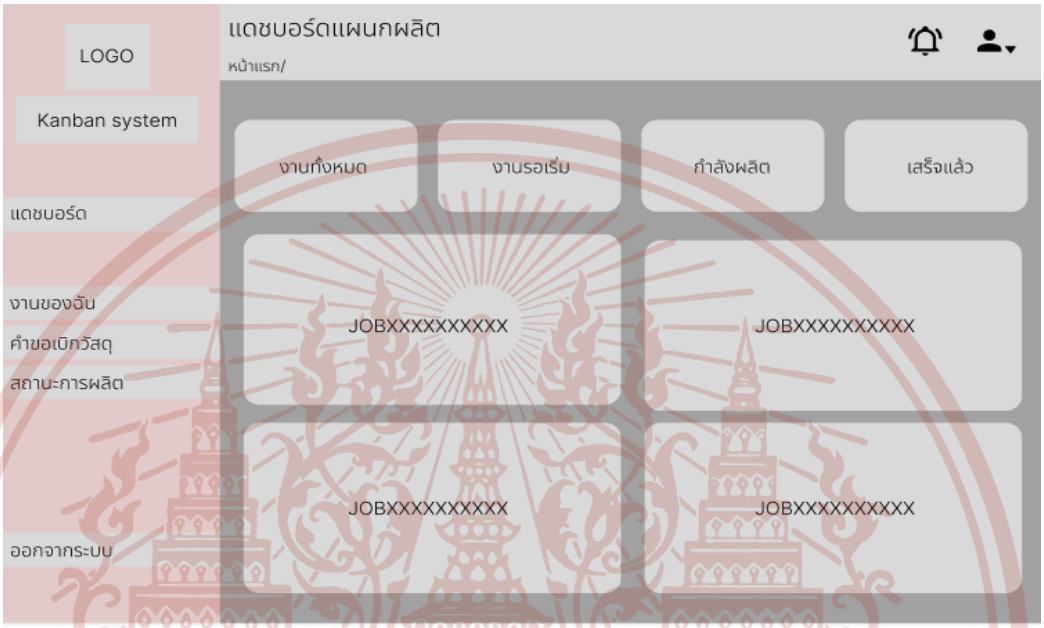


ภาพที่ 3-24 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันสร้างงานใหม่ของแผนกวางแผน



ภาพที่ 3-25 แสดงการออกแบบหน้าจอการติดตามการผลิตของแผนกวางแผน

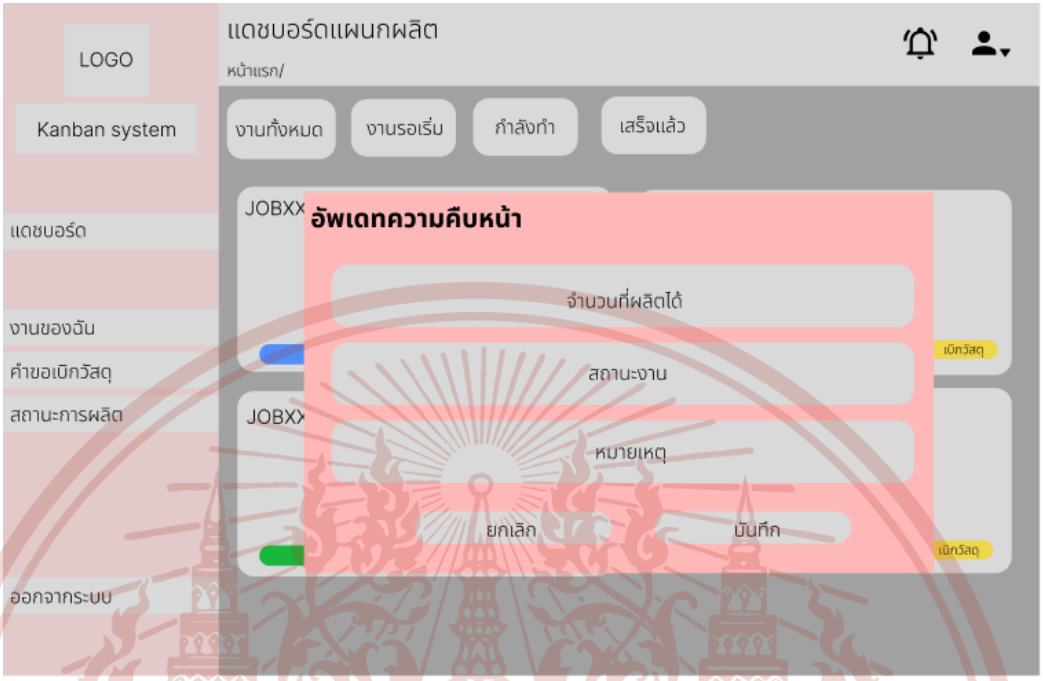
ฝ่ายผลิตจะมีหน้าจอสำหรับรับงานผลิต การอัปเดตความคืบหน้าของงาน และการสร้างคำขอเบิกวัสดุส่งไปยังฝ่ายคลังสินค้า



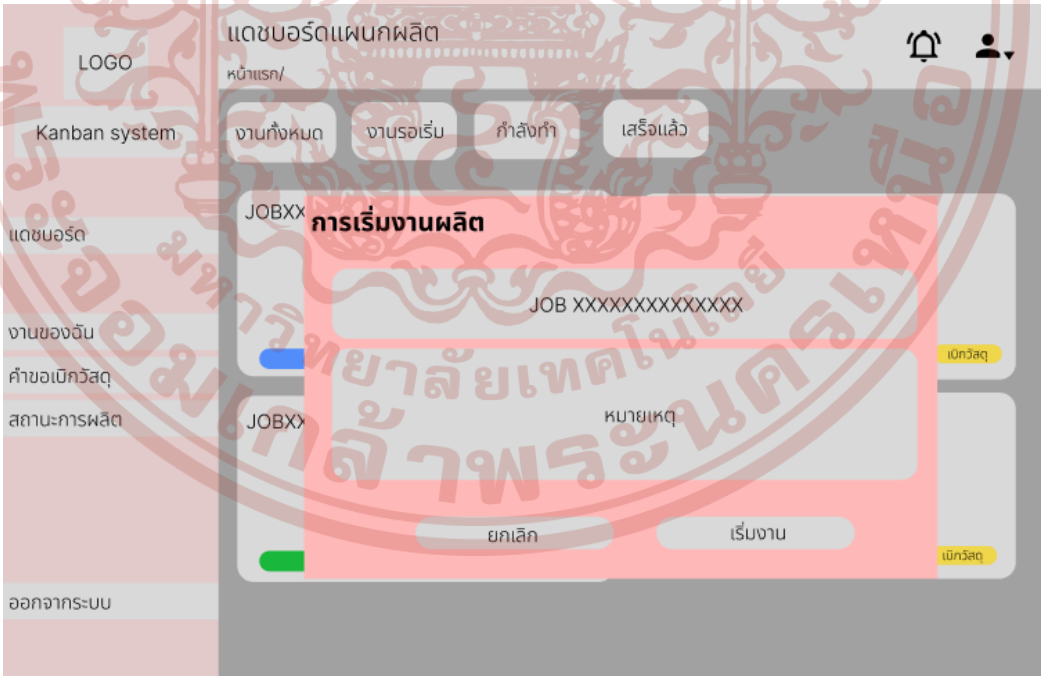
ภาพที่ 3-26 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกผลิต



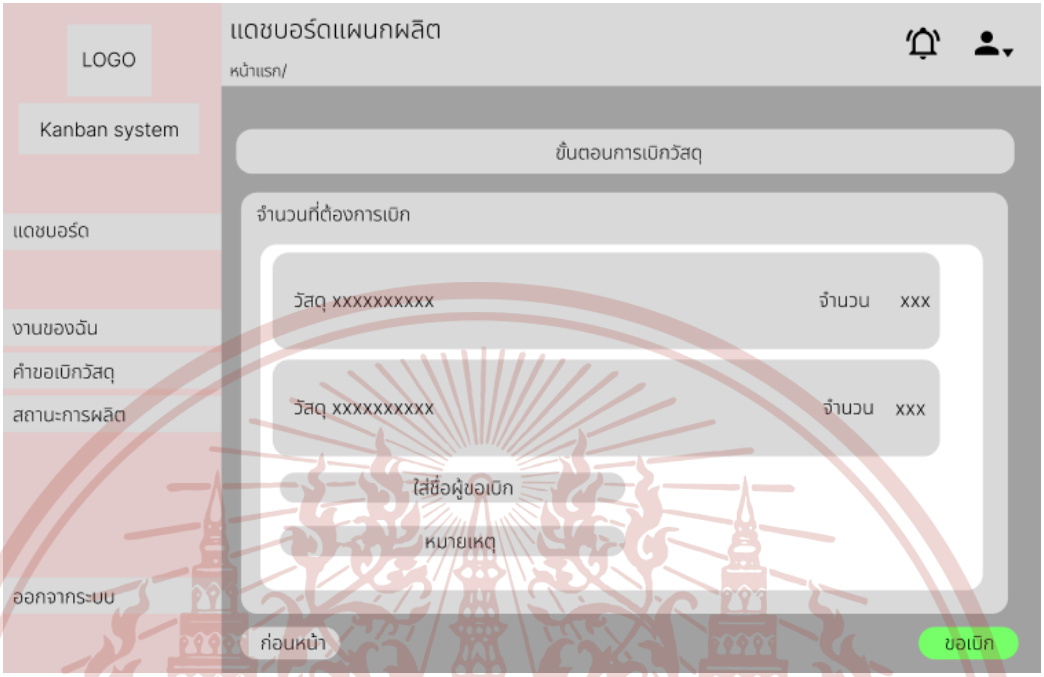
ภาพที่ 3-27 แสดงการออกแบบหน้าจองานทั้งหมดของแผนกผลิต



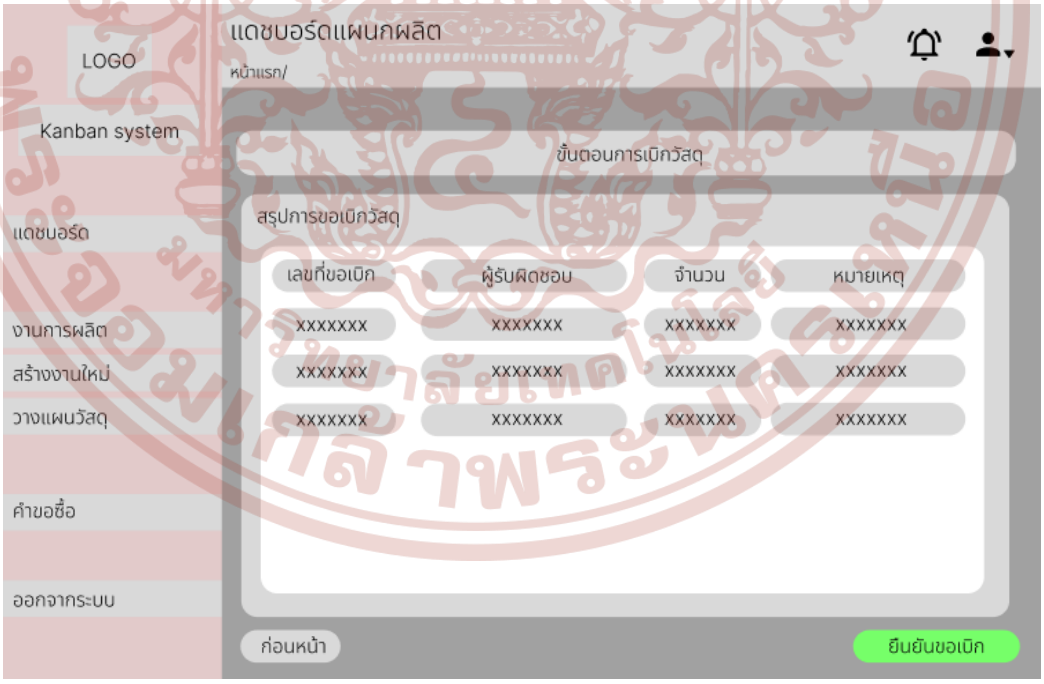
ภาพที่ 3-28 แสดงการออกแบบหน้าจออัพเดทความคืบหน้างานของแผนกผลิต



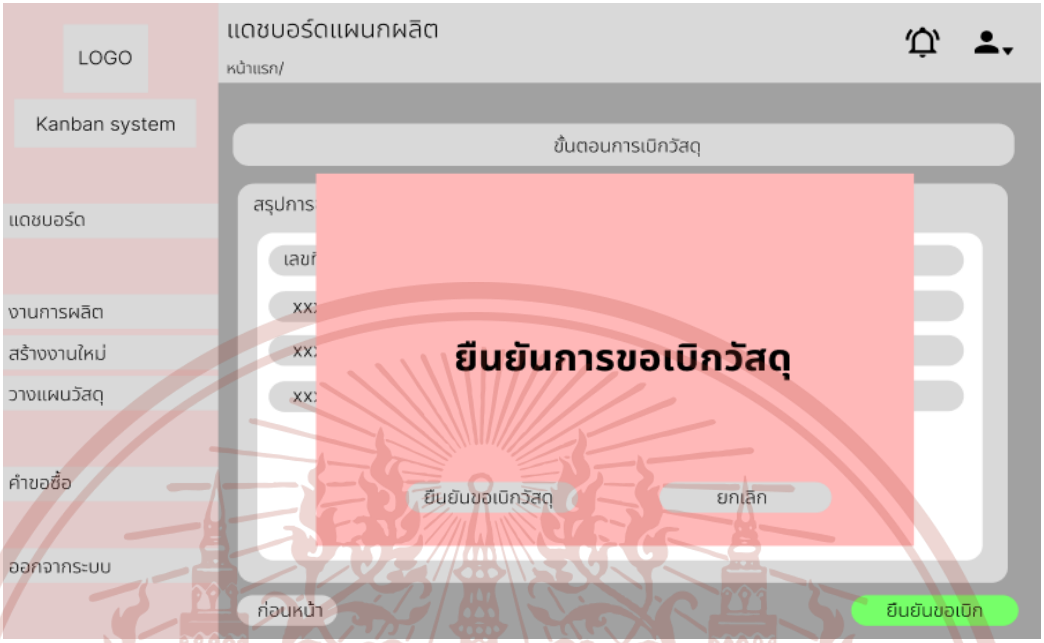
ภาพที่ 3-29 แสดงการออกแบบหน้าจอการเริ่มงานของแผนกผลิต



ภาพที่ 3-30 แสดงการออกแบบหน้าจอการขอเบิกวัสดุของแผนกผลิต



ภาพที่ 3-31 แสดงการออกแบบหน้าจอการสรุปวัสดุที่ต้องการเบิกของแผนกผลิต

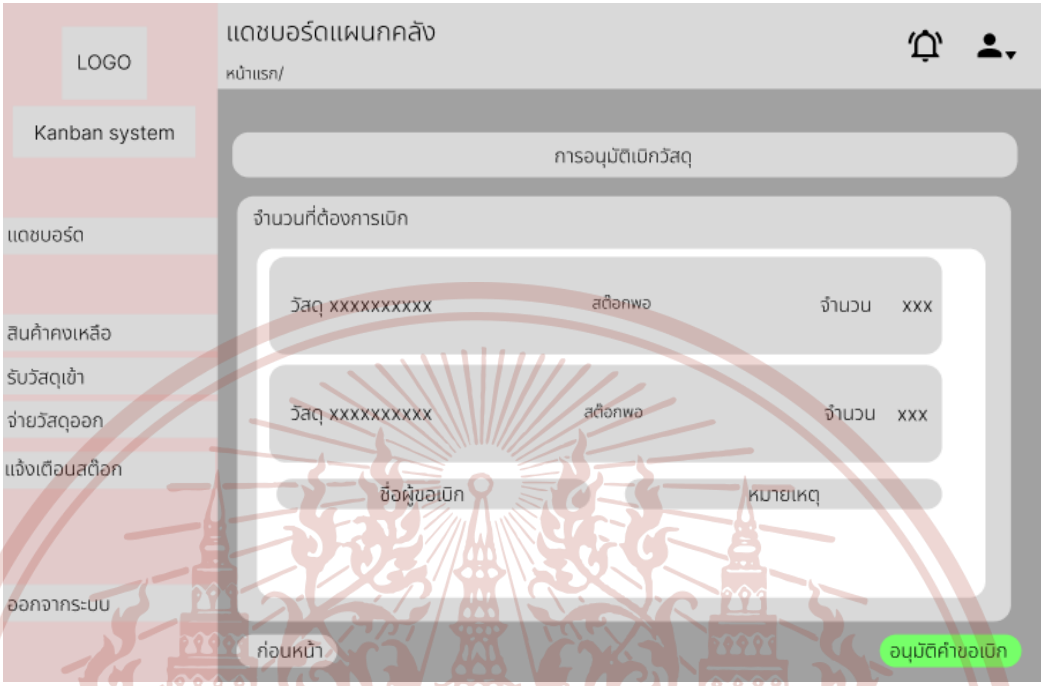


ภาพที่ 3-32 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันการขอเบิกของแผนกผลิต

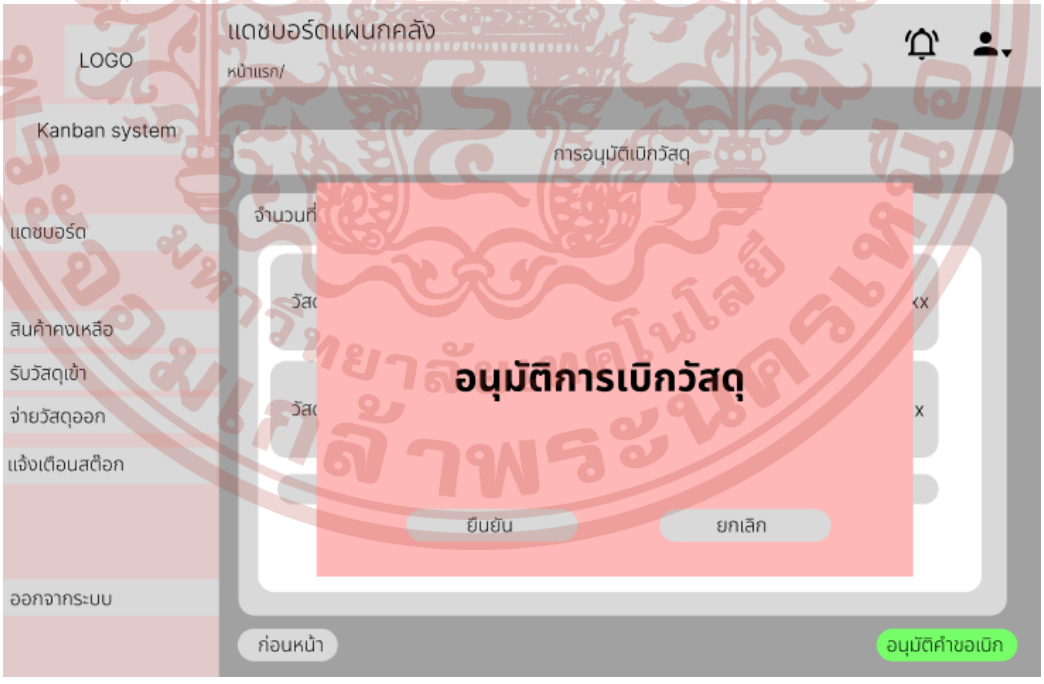
ส่วนฝ่ายคลังสินค้าจะมีแดชบอร์ดที่แสดงรายการคำขอเบิกที่รอการดำเนินการ ปุ่มสำหรับรับเข้าและจ่ายออกวัสดุ รวมถึงการแสดงระดับสต๊อกในรูปแบบสีเพื่อให้สามารถประเมินสถานะวัสดุได้อย่างรวดเร็ว



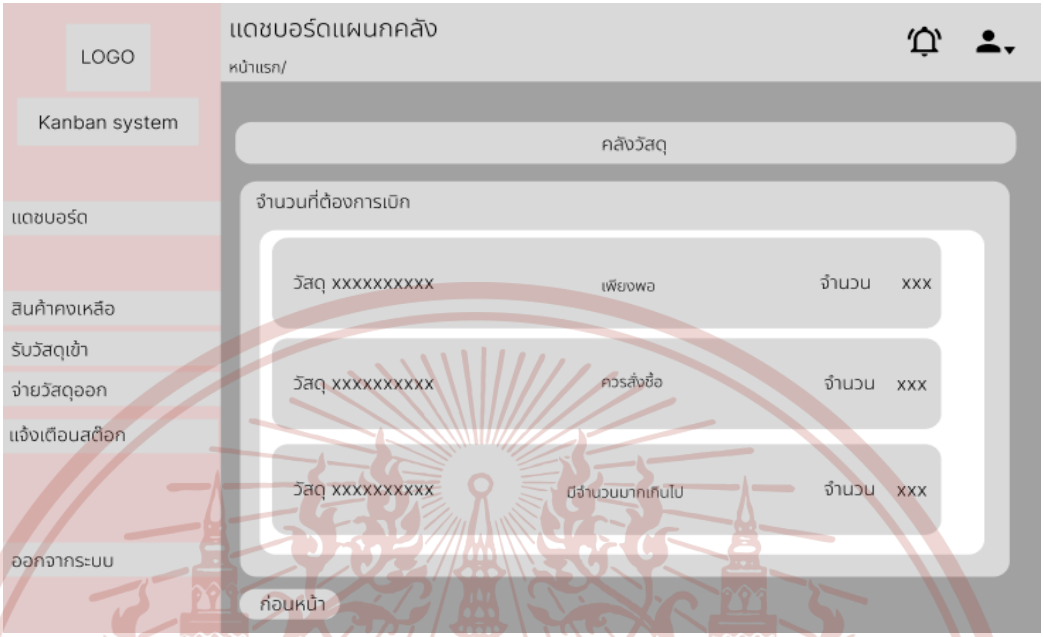
ภาพที่ 3-33 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของแผนกคลัง



ภาพที่ 3-34 แสดงการออกแบบหน้าจอการอนุมัติขอเบิกของแผนกคลัง



ภาพที่ 3-35 แสดงการออกแบบหน้าจอการยืนยันอนุมัติขอเบิกของแผนกคลัง



ภาพที่ 3-36 แสดงการออกแบบหน้าจอการตรวจสอบวัสดุของแผนกคลัง

สำหรับผู้บริหาร หน้าจอจะแสดงข้อมูลเชิงวิเคราะห์ เช่น กราฟสรุปผลการผลิตย้อนหลัง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงาน และแดชบอร์ดภาพรวมของระบบ



ภาพที่ 3-37 แสดงการออกแบบหน้าจอหลักของผู้บริหาร

3.2.4 การออกแบบกระบวนการทำงานหลักของระบบ

เพื่อให้ระบบสามารถทดแทนการทำงานของคัมบังแบบกระดาษได้อย่างสมบูรณ์ จึงได้มีการออกแบบกระบวนการทำงานหลักของระบบในรูปแบบอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลไกสำคัญ

กลไกแรกคือ การประมวลผลคำสั่งผลิตและการตัดสต๊อกด้วย BOM เมื่อฝ่ายวางแผนสร้างคำสั่งผลิต ระบบจะดึงข้อมูลสูตรการผลิตจากฐานข้อมูล BOM มาคำนวณความต้องการวัสดุทั้งหมดโดยอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปเป็นคำขอเบิกวัสดุให้กับฝ่ายคลังสินค้า เมื่อฝ่ายคลังทำการสแกน QR Code เพื่อยืนยันการจ่ายวัสดุ ระบบจะปรับปรุงยอดคงเหลือในฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ทันที

กลไกที่สองคือ ระบบแจ้งเตือนคัมบังตามหลัก Pull System โดยเมื่อมีการตัดสต๊อก ระบบจะนำยอดวัสดุคงเหลือไปเปรียบเทียบกับค่าระดับสต๊อกขั้นต่ำที่กำหนดไว้ หากพบว่าวัสดุคงเหลือต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับที่กำหนด ระบบจะสร้างสัญญาณแจ้งเตือนคัมบังไปยังฝ่ายวางแผนทันที เพื่อให้ดำเนินการเปิดใบขอสั่งซื้อวัสดุจากซัพพลายเออร์ ช่วยลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนวัสดุและสนับสนุนการทำงานตามหลักการผลิตแบบดึงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 การพัฒนาต้นแบบระบบ (Prototype Development)

การพัฒนาต้นแบบระบบในโครงงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาและการออกแบบระบบ มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการสต๊อกบรรจุภัณฑ์ด้วยระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) ให้สามารถใช้งานได้จริง โดยมีเป้าหมายเพื่อทดแทนกระบวนการทำงานแบบแมนนวลและการใช้การ์ดสีในรูปแบบกระดาษอย่างเป็นรูปธรรม

3.3.1 เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาต้นแบบระบบอาศัยโปรแกรม Visual Studio Code เป็นเครื่องมือหลักในการเขียนและจัดการโค้ด โดยใช้เทคโนโลยีและภาษาคอมพิวเตอร์ที่ครอบคลุมทั้งส่วนการพัฒนาหน้าบ้าน (Front-end) และส่วนหลังบ้าน (Back-end) ในส่วนของการพัฒนาหน้าบ้าน ได้ใช้ภาษา HTML และ CSS สำหรับสร้างโครงสร้างและรูปแบบการแสดงผลของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ให้มีความเป็นระเบียบและสอดคล้องกับการใช้งานจริง ขณะที่ภาษา JavaScript ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้งานและทำให้ระบบสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้แบบไดนามิก

สำหรับส่วนหลังบ้าน ระบบถูกพัฒนาด้วยภาษา PHP เพื่อทำหน้าที่รับ–ส่งข้อมูล ประมวลผลตรรกะการทำงานของระบบ เช่น การตัดสต๊อกวัสดุ และการควบคุมสิทธิ์การใช้งาน

โดยเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล MySQL ซึ่งทำหน้าที่จัดเก็บและจัดการข้อมูลทั้งหมดของระบบแบบเรียลไทม์

3.3.2 การพัฒนาฟังก์ชันและโมดูลหลักของระบบ

ต้นแบบระบบถูกออกแบบและพัฒนาให้สามารถทดแทนกระบวนการทำงานแบบแมนนวลและการใช้การ์ดสีแบบดั้งเดิม โดยมีการพัฒนาฟังก์ชันและโมดูลสำคัญหลายส่วน ได้แก่

3.3.2.1 ระบบการ์ดสีดิจิทัลและการบันทึกข้อมูลคงคลัง ซึ่งทำหน้าที่จำลองการ์ดคัมบังในรูปแบบดิจิทัล เพื่อแสดงข้อมูลชื่อ ประเภท และสถานะของวัสดุบรรจุภัณฑ์แต่ละรายการ ช่วยให้สามารถติดตามสถานะวัสดุคงคลังได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

3.3.2.2 ระบบประมวลผลความต้องการวัสดุอัตโนมัติ (BOM Auto-Calculation) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อคำนวณจำนวนวัสดุย่อยที่ต้องใช้ในการผลิตโดยอัตโนมัติ โดยอ้างอิงจากโครงสร้างสูตรการผลิต (Bill of Materials: BOM) ทันทีที่แผนกวางแผนสร้างใบงานการผลิต ช่วยลดภาระการคำนวณด้วยมือและลดความผิดพลาดในการวางแผนการใช้วัสดุ นอกจากนี้ ระบบได้มีการผสานเทคโนโลยี QR Code โดยสร้าง QR Code แบบ Dynamic สำหรับวัสดุแต่ละชนิดที่อ้างอิงตามรหัสชิ้นส่วน (Part Code) เพื่อให้พนักงานฝ่ายคลังสินค้าสามารถใช้โทรศัพท์มือถือหรือเครื่องอ่าน QR Code ในการสแกนเพื่อยืนยันการรับเข้า–จ่ายออก และตัดลดจำนวนวัสดุในฐานข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ รวมถึงรองรับการทำงานในกรณีที่ไม่มีสัญญาณเครือข่าย (Offline Mode)

3.3.2.3 ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติแบบคัมบัง (Kanban Alert) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสร้างสัญญาณเตือนเมื่อปริมาณวัสดุคงเหลือลดลงถึงระดับสต๊อกขั้นต่ำ (Min Stock Level) หรือเมื่อเกิดการจัดเก็บเกินระดับที่กำหนด (Max Stock Level) โดยระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังแผนกวางแผนเพื่อให้ดำเนินการเปิดใบขอสั่งซื้อวัสดุ (Purchase Request: PR) ได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาโมดูลติดตามกระบวนการสั่งซื้อวัสดุ เพื่อแสดงสถานะของการสั่งซื้อตั้งแต่ขั้นตอนการเปิดคำขอ การอนุมัติ การจัดส่งจากซัพพลายเออร์ จนถึงการรับเข้าคลังสินค้า รวมถึงระบบแดชบอร์ดและรายงาน ซึ่งนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟและตาราง แสดงภาพรวมการผลิต สถิติวัสดุคงเหลือ และประวัติการเคลื่อนไหวของวัสดุ (Audit Log) เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบและการตัดสินใจของผู้บริหารและผู้ดูแลระบบ

3.3.3 การแบ่งสิทธิ์ผู้ใช้งานและการรองรับอุปกรณ์

ต้นแบบระบบถูกออกแบบให้มีการแบ่งสิทธิ์การใช้งานตามบทบาทหน้าที่ของผู้ใช้อย่างชัดเจน ครอบคลุมผู้ใช้งานหลัก 5 กลุ่ม ได้แก่ แผนกวางแผนการผลิต แผนกผลิต แผนกคลังสินค้า ผู้ดูแลระบบ และผู้บริหาร โดยแต่ละกลุ่มสามารถเข้าถึงฟังก์ชันและข้อมูลที่สอดคล้องกับหน้าที่รับผิดชอบของตน ในด้านการแสดงผล ระบบถูกพัฒนาให้รองรับการใช้งานแบบ Responsive Design เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น

โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน ซึ่งเอื้อต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่คลังสินค้าจริง และสนับสนุนแนวทางการทำงานแบบไร้กระดาษ (Paperless) อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.4 การทดสอบระบบเบื้องต้น

หลังจากการพัฒนาต้นแบบและการเชื่อมต่อโมดูลทั้งหมดเสร็จสิ้น ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบเบื้องต้น (Unit Testing) เพื่อทำการตรวจสอบและปรับปรุงข้อบกพร่องของระบบ จากนั้นจึงนำเว็บแอปพลิเคชันไปทดสอบการทำงานในสภาพแวดล้อมจริงของโรงงานกรณีศึกษา (System Testing) เพื่อประเมินความพร้อมของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง

3.4 การทดลองใช้งานระบบ (System Testing)

การทดลองใช้งานระบบในโครงงานและงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการนำเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบที่พัฒนาเสร็จแล้วไปทดสอบการทำงานทั้งในสภาพแวดล้อมจำลองและในสถานที่ใช้งานจริง เพื่อประเมินความถูกต้องของฟังก์ชันต่าง ๆ ความเหมาะสมต่อการใช้งาน และประสิทธิภาพของระบบ ก่อนนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการบริหารจัดการวัสดุคงคลังอย่างเต็มรูปแบบ

3.4.1 สถานที่ ระยะเวลา และกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ

3.4.1.1 ระบบถูกนำไปทดลองใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานผลิตฉลากบรรจุภัณฑ์ในจังหวัดชลบุรี โดยกำหนดระยะเวลาในการทดลองใช้งานและเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเวลา 3 เดือน เพื่อให้สามารถสะท้อนผลลัพธ์การใช้งานระบบในสถานการณ์ใกล้เคียงกับการทำงานจริงมากที่สุด

3.4.1.2 กลุ่มผู้ทดสอบถูกคัดเลือกโดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 4 คน ซึ่งเป็นตัวแทนจากหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุคงคลังโดยตรง ได้แก่ ฝ่ายวางแผน ฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า และฝ่ายวิศวกรรม เพื่อให้การทดสอบครอบคลุมกระบวนการทำงานในทุกมิติของระบบ

3.4.2 กระบวนการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบ (Functional Testing)

3.4.2.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบดำเนินการโดยการจำลองสถานการณ์การทำงานจริง ให้พนักงานแต่ละฝ่ายทดลองปฏิบัติงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันตามบทบาทหน้าที่ของตน โดยมุ่งเน้นการทดสอบในประเด็นสำคัญ ได้แก่ การบันทึกข้อมูลการรับเข้าและการจ่ายออกวัสดุบรรจุภัณฑ์ผ่านระบบ การดึงการ์ดสีดิจิทัลของฝ่ายผลิต และการตรวจสอบจำนวนการ์ดสีโดยฝ่ายคลังสินค้า เพื่อประเมินความสอดคล้องของระบบกับกระบวนการทำงานจริง

3.4.2.2 การทดสอบความถูกต้องของการคำนวณความต้องการวัสดุอัตโนมัติจากโครงสร้างสูตรการผลิต (BOM) โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบเว็บแอปพลิเคชันกับ

ข้อมูลที่บันทึกไว้ในระบบ Microsoft Excel เดิม เพื่อยืนยันความแม่นยำของการประมวลผลข้อมูลของระบบ

3.4.2.3 ระบบแจ้งเตือนคัมบัง (Kanban Alert) ถูกนำมาทดสอบในสถานการณ์ที่ปริมาณวัสดุคงเหลือลดลงจนถึงระดับสต็อกขั้นต่ำ (Min Stock Level) เพื่อประเมินความถูกต้องของการแจ้งเตือนข้ามแผนก และทดสอบความสามารถของระบบในการสนับสนุนการทำงานตามหลักการดึง (Pull System) นอกจากนี้ ยังมีการทดสอบโมดูลติดตามคำสั่งซื้อวัสดุ ตั้งแต่ขั้นตอนการเปิดใบขอสั่งซื้อ (PR) การอนุมัติ ไปจนถึงการรับวัสดุเข้าคลัง เพื่อประเมินความถูกต้องและความต่อเนื่องของข้อมูลตลอดกระบวนการ

3.4.3 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลองใช้งาน (Data Collection)

นอกเหนือจากการตรวจสอบข้อบกพร่องของระบบ ช่วงระยะเวลา 3 เดือนของการทดลองใช้งานยังถูกใช้เป็นช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างก่อนและหลังการใช้งานระบบ โดยการประเมินผลความสำเร็จของโครงการพิจารณาใน 2 มิติหลัก

3.4.3.1 มิติด้านประสิทธิภาพและการจัดการวัสดุ ซึ่งประกอบด้วยการตรวจวัดการลดลงของปริมาณการใช้กระดาษ อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลังที่เพิ่มขึ้น และปริมาณการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์ที่ลดลงจากการจัดการที่มีความแม่นยำมากขึ้น

3.4.3.2 มิติด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ขนย้ายวัสดุที่ลดลง และพื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการประเมินการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อม และนำไปใช้ในการคำนวณศักยภาพการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) ของโครงการในขั้นตอนถัดไป

3.5 การประเมินผลและปรับปรุง (Evaluation and Improvement)

การประเมินผลและการปรับปรุงระบบเป็นขั้นตอนสำคัญในการวัดระดับความสำเร็จของโครงงานและงานวิจัย หลังจากนำเว็บแอปพลิเคชันระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) ไปทดลองใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมของโรงงานกรณีศึกษา โดยการประเมินผลมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อสะท้อนประสิทธิภาพของระบบและกำหนดแนวทางการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

3.5.1 การประเมินด้านประสิทธิภาพและการจัดการโลจิสติกส์

การประเมินในมิตินี้เริ่มจากการเก็บข้อมูลการใช้งานระบบในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงาน อัตราการสูญเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์ และประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลัง ก่อนและหลังการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งาน ผลการเปรียบเทียบดังกล่าวช่วยสะท้อนถึงการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการทำงานแบบเดิม

นอกจากนี้ ได้มีการนำข้อมูลสารสนเทศที่ถูกบันทึกไว้ในระบบมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น ความถี่ของการแจ้งเตือนวัสดุคงคลังระดับต่ำ จำนวนรอบการเบิกจ่ายวัสดุ แนวโน้มการใช้วัสดุในแต่ละช่วงเวลา และการลดปริมาณวัสดุคงคลังที่จัดเก็บเกินความจำเป็น ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินความคุ้มค่าด้านต้นทุนและประสิทธิภาพของการบริหารจัดการโลจิสติกส์ ในด้านการประเมินเชิงคุณภาพ ได้มีการรวบรวมความคิดเห็นจากพนักงานผู้ใช้งานจริงผ่านแบบสอบถาม เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจต่อระบบในประเด็นด้านความง่ายในการใช้งาน ความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล และความแม่นยำของข้อมูลที่ระบบแสดงผล ซึ่งช่วยสะท้อนมุมมองของผู้ใช้งานต่อความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้จริง

3.5.2 การประเมินผลด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลในมิติด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมใช้ดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อมเป็นตัวชี้วัดหลัก เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานจากกิจกรรมสนับสนุนภายในคลังสินค้า โดยการประเมินมุ่งเน้นการคำนวณศักยภาพการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) จากแหล่งสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมจากอุปกรณ์และรถขนย้ายวัสดุ รวมถึงการลดพื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง การลดการใช้กระดาษจากการเปลี่ยนกระบวนการทำงานสู่รูปแบบดิจิทัล และการลดการสูญเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์จากความแม่นยำในการเบิกจ่ายที่เพิ่มขึ้น

ข้อมูลเชิงปริมาณที่ลดลงจากแต่ละแหล่งถูกนำมาคำนวณร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เพื่อแปลงผลลัพธ์เป็นศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สามารถใช้สะท้อนผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการได้อย่างเป็นรูปธรรม

3.5.3 การสรุปผลและกระบวนการปรับปรุงระบบ (Improvement)

หลังจากการประเมินผลการใช้งานระบบแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและอุปสรรคที่พบ พร้อมทั้งกำหนดแนวทางการปรับปรุงระบบเพื่อรองรับการใช้งานในระยะยาวและการพัฒนาต่อยอดในอนาคต ในด้านการจัดการฐานข้อมูล พบว่าเมื่อปริมาณข้อมูลธุรกรรมและประวัติการใช้งานระบบ (Audit Log) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบลดลง จึงมีแนวทางในการปรับปรุงโดยการนำเทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพของ

ฐานข้อมูล MySQL มาใช้ เช่น การกำหนดดัชนีข้อมูล (Index Strategy) และการแบ่งตารางข้อมูล (Partitioning) เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการเรียกใช้งานข้อมูล

นอกจากนี้ ยังได้มีการปรับปรุงกระบวนการนำเข้าข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials: BOM) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการคำนวณความต้องการวัสดุอัตโนมัติ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจส่งผลต่อกระบวนการเบิกจ่ายวัสดุ จึงกำหนดให้ผู้ดูแลระบบหรือหัวหน้างานต้องมีขั้นตอนในการตรวจสอบและอนุมัติความถูกต้องของข้อมูล BOM รวมถึงค่าระดับ Min/Max Stock ก่อนนำไปใช้งานจริง

3.6 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.6.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พนักงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุบรรจุภัณฑ์ภายในโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วยพนักงานจากหน่วยงานหลักจำนวน 4 แผนก ได้แก่ แผนกผลิต (Production) แผนกคลังสินค้า (Store) แผนกวางแผนการผลิต (Planning) และแผนกวิศวกรรม (Engineering) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีบทบาทโดยตรงต่อกระบวนการบันทึก ตรวจสอบ และควบคุมวัสดุคงคลังบรรจุภัณฑ์

3.6.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample Group)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้งานระบบและการประเมินผลในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยพนักงานจำนวน 4 คน โดยคัดเลือกเป็นตัวแทนจากแต่ละแผนกหลัก แผนกละ 1 คน เพื่อให้การทดสอบระบบครอบคลุมกระบวนการทำงานในทุกมิติ และสะท้อนการใช้งานจริงของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละบทบาทหน้าที่

3.6.3 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Method

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกที่สำคัญ คือ ผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวข้องกับการบันทึก การตรวจสอบ และการจัดการข้อมูลวัสดุคงคลังโดยตรง การเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ดังกล่าวช่วยให้มั่นใจได้ว่าผู้ที่เข้าร่วมทดสอบระบบเป็นผู้ปฏิบัติงานจริง ส่งผลให้ผลการประเมินและข้อเสนอแนะที่ได้รับมีความถูกต้อง สอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง และสามารถสะท้อนปัญหาในกระบวนการจัดการวัสดุคงคลังได้อย่างแม่นยำ

3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการดำเนินโครงงานและงานวิจัยนี้ ได้มีการใช้เครื่องมือที่ครอบคลุมทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาและทดสอบระบบ รวมถึงเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์และการประเมินผลการใช้งานระบบอย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.7.1 เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับการเขียนโปรแกรม พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ทดสอบการทำงานของระบบ และจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน นอกจากนี้ ยังใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนในการทดสอบการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบ Responsive Design เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถรองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงใช้สำหรับทดสอบฟังก์ชันการสแกน QR Code ในกระบวนการรับเข้าและจ่ายออกวัสดุในคลังสินค้า

3.7.2 เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์และเทคโนโลยีการพัฒนาระบบ (Software and Development Technology)

การพัฒนาระบบใช้โปรแกรม Visual Studio Code ซึ่งเป็นโปรแกรม Code Editor แบบ Open Source เป็นเครื่องมือหลักในการเขียน แก้ไข และปรับปรุงโค้ดของเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ครอบคลุมทั้งส่วนหน้าบ้านและส่วนหลังบ้าน

ในส่วนของการพัฒนาหน้าบ้าน (Front-end) ใช้ภาษา HTML สำหรับสร้างโครงสร้างของเว็บเพจ ภาษา CSS สำหรับจัดรูปแบบและตกแต่งการแสดงผล และภาษา JavaScript สำหรับเพิ่มความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้งานและการทำงานแบบไดนามิก ขณะที่ส่วนหลังบ้าน (Back-end) ใช้ภาษา PHP สำหรับประมวลผลตรรกะการทำงานของระบบ การจัดการข้อมูลการเบิกจ่าย และการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

สำหรับการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูล ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลสำคัญของระบบแบบเรียลไทม์ เช่น ข้อมูลวัสดุคงคลัง ข้อมูลการรับเข้าและจ่ายออกวัสดุ รวมถึงข้อมูลโครงสร้างสูตรการผลิต (Bill of Materials: BOM)

3.7.3 เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินผล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินผลการดำเนินงานของระบบ ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือสำหรับจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของกระบวนการทำงานเดิม (Baseline Data) และนำมาประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดำเนินงานก่อนและหลังการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งาน

นอกจากนี้ ยังใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากพนักงานผู้ปฏิบัติงานจริงในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า และฝ่ายวางแผน เพื่อศึกษาปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะในการใช้งานระบบ รวมถึงใช้ในการประเมินระดับความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบหลังจากการทดลองใช้งาน

3.8 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในโครงงานและงานวิจัยนี้ดำเนินการทั้งในช่วงก่อนและหลังการนำระบบเว็บแอปพลิเคชันคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้งานจริง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ ปัญหา ประเมินผลการดำเนินงาน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบได้อย่างเป็นระบบ โดยกระบวนการ เก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

3.8.1 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษากระบวนการทำงานและวิเคราะห์ปัญหา (ระบบเดิม)

ในระยะก่อนการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงกระบวนการ เพื่อทำความเข้าใจสภาพการทำงานจริงของระบบเดิม โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์พนักงานผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายผลิต ฝ่ายคลังสินค้า ฝ่ายวางแผน และฝ่ายวิศวกรรม เพื่อศึกษาปัญหา ข้อจำกัด และความต้องการที่แท้จริงในการจัดการวัสดุบรรจุภัณฑ์ภายในโรงงาน

นอกจากนี้ ยังได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การเบิกจ่ายวัสดุ การบันทึกข้อมูลวัสดุคงคลัง ตลอดจนรูปแบบการสื่อสารและการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ความซ้ำซ้อน และความล่าช้าที่เกิดขึ้นในระบบเดิม

ผู้วิจัยยังได้รวบรวมและตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบฟอร์มใบเบิกจ่ายวัสดุ รายงานการใช้งานวัสดุบรรจุภัณฑ์ และฐานข้อมูลสต็อกที่จัดเก็บอยู่ในระบบ Microsoft Excel เดิมของโรงงาน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบและพัฒนาระบบใหม่ให้สอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง

3.8.2 การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของระบบ (เปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งาน)

ภายหลังการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้งาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของระบบ โดยพิจารณาในหลายมิติ ดังนี้

3.8.2.1 ด้านประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า ได้มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณวัสดุคงคลัง อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง และจำนวนวัสดุหรือฉลากบรรจุภัณฑ์ที่สูญเสียจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการใช้งานระบบใหม่

3.8.2.2 ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษในกระบวนการทำงานแบบเดิม โดยแปลงข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline Data) สำหรับใช้ประเมินความสำเร็จของระบบในการลดการใช้ทรัพยากรจากการเปลี่ยนผ่านสู่กระบวนการทำงานในรูปแบบดิจิทัล

3.8.2.3 ด้านพลังงานทางอ้อม ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานภายในคลังสินค้า เช่น จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์หรือรถขนย้ายวัสดุ และขนาดพื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อม เพื่อประเมินผลกระทบด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมจากการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งาน

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในโครงงานและงานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้ครอบคลุมทั้งมิติด้านประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบสารสนเทศ และมิติด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อสะท้อนผลลัพธ์ของการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม โดยกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

3.9.1 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบเดิม

การวิเคราะห์ข้อมูลระบบเดิมเป็นการศึกษากระบวนการทำงานก่อนการปรับปรุงระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลฐาน (Baseline) สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์หลังการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งาน การวิเคราะห์ในส่วนนี้มุ่งเน้นการพิจารณาขั้นตอนการทำงานที่อาศัยการบันทึกข้อมูลด้วยมือ (Manual) หรือการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

นอกจากนี้ ได้มีการตรวจสอบความถี่ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน เช่น การเบิกวัสดุผิดประเภท การบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อน และการสูญเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์จากการจัดการที่ไม่แม่นยำ รวมถึงการวิเคราะห์ระยะเวลาและความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยรวมของระบบ อีกทั้งยังมีการประเมินต้นทุนความสูญเสียที่เกิดจากการเสื่อมสภาพหรือการทิ้งวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อสะท้อนผลกระทบด้านต้นทุนและทรัพยากรจากการใช้ระบบเดิม

3.9.2 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบใหม่ด้านประสิทธิภาพสารสนเทศและโลจิสติกส์

การวิเคราะห์ข้อมูลระบบใหม่เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์หลังจากนำเว็บแอปพลิเคชันระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้งานจริง โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการหลักก่อนและหลังการใช้งานระบบ เพื่อประเมินการลดความล่าช้าและการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

ข้อมูลสารสนเทศที่บันทึกไว้ในระบบ (System Data) ถูกนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น ความถี่ของการแจ้งเตือนวัสดุคงคลัง (Alerts) จำนวนรอบการเบิกวัสดุ และแนวโน้มการใช้งานวัสดุในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งช่วยสะท้อนความสามารถของระบบในการสนับสนุนการวางแผนและการควบคุมวัสดุคงคลังอย่างเป็นระบบ

ในด้านการประเมินประสิทธิภาพคลังสินค้า ได้มีการวิเคราะห์การลดลงของความสูญเปล่า (Waste) การลดปริมาณวัสดุคงคลังที่จัดเก็บเกินความจำเป็น และการเปรียบเทียบอัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (Inventory Turnover) ก่อนและหลังการใช้งานระบบ เพื่อประเมินผลด้านต้นทุนและประสิทธิภาพโลจิสติกส์ นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานผ่านแบบสอบถาม โดยพิจารณาประเด็นด้านความง่ายในการใช้งาน ความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล และความแม่นยำของข้อมูลที่ระบบแสดงผล เพื่อสะท้อนมุมมองของผู้ปฏิบัติงานต่อการใช้งานระบบในสถานการณ์จริง

3.10 การวิเคราะห์และประเมินผลด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ในมิติด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบเชิงบวกจากการนำระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งาน โดยใช้ดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อมเป็นตัวชี้วัดหลัก เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานจากกิจกรรมสนับสนุนในคลังสินค้า

การประเมินศักยภาพการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Avoided Emissions) ดำเนินการโดยนำผลการประหยัดที่ได้จาก 3 แหล่งหลักมาวิเคราะห์ ได้แก่ การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมจากการลดชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์และรถขนย้ายวัสดุ รวมถึงการลดพื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.5986 $kgCO_2e/kWh$ การลดการใช้กระดาษจากการเปลี่ยนกระบวนการทำงานสู่รูปแบบไร้กระดาษ (Paperless) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของกระดาษพิมพ์เขียนเท่ากับ 2.1020 $kgCO_2e/kg$ และการลดการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.56 $kgCO_2e/kg$

ข้อมูลปริมาณที่ลดได้จากแต่ละแหล่งถูกนำมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว เพื่อแปลงผลลัพธ์เป็นศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2e$) และตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (tCO_2e/ปี) ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จขององค์กรในมิติด้านความยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 3-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย (Emission Factor)

รายการ	**หน่วย**	**ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2e$ /หน่วย)**	**แหล่งข้อมูลอ้างอิง**
พลังงานไฟฟ้า (Electricity; grid mix)	kWh	0.5986	Thai National LCI Database*
กระดาษพิมพ์เขียนแบบไม่เคลือบผิว	kg	2.1020	Thai National LCI Database*
ฉลากบรรจุภัณฑ์ (Labeling Paper)	kg	1.56	CarbonCloud**

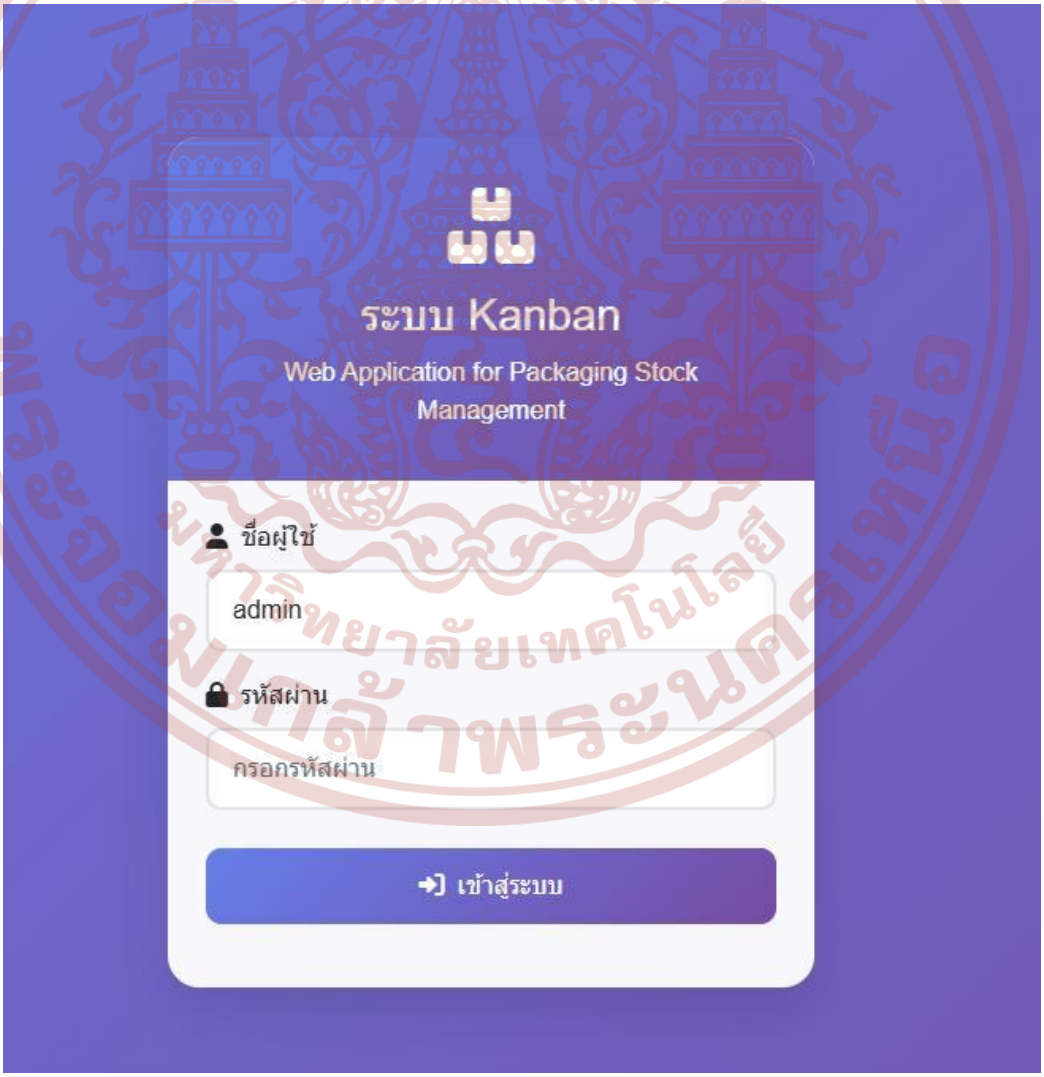
ที่มา : *องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565)
**CarbonCloud. (n.d.)

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบและรายละเอียดการทำงานของโปรแกรม

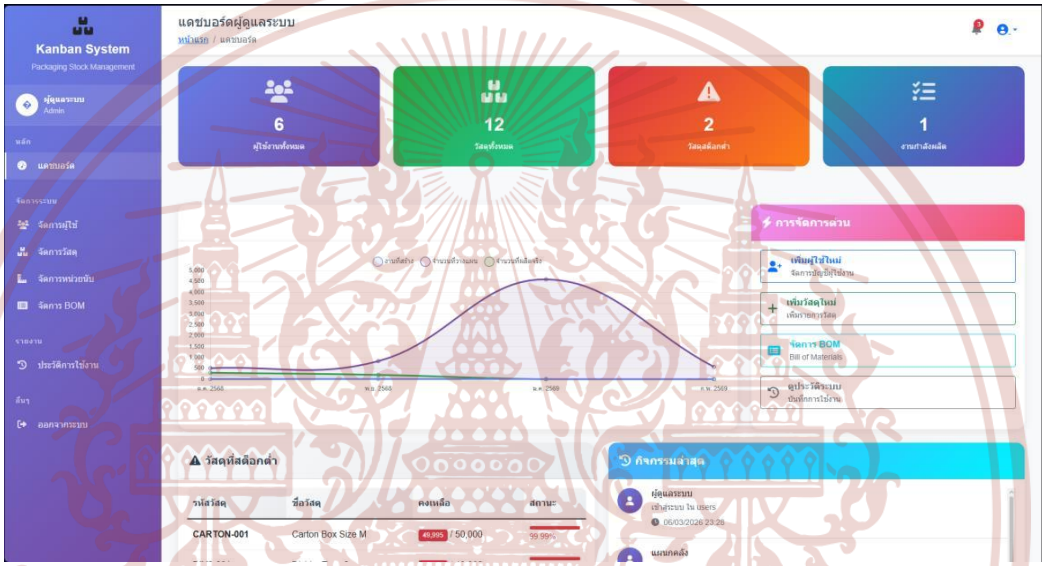
จากการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ (e-Kanban) สำหรับการจัดการสต๊อกบรรจุภัณฑ์ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยมีการแบ่งสิทธิ์ผู้ใช้งานอย่างชัดเจนตามบทบาทหน้าที่ และมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ที่รองรับการปฏิบัติงานของแต่ละแผนกได้อย่างเหมาะสม



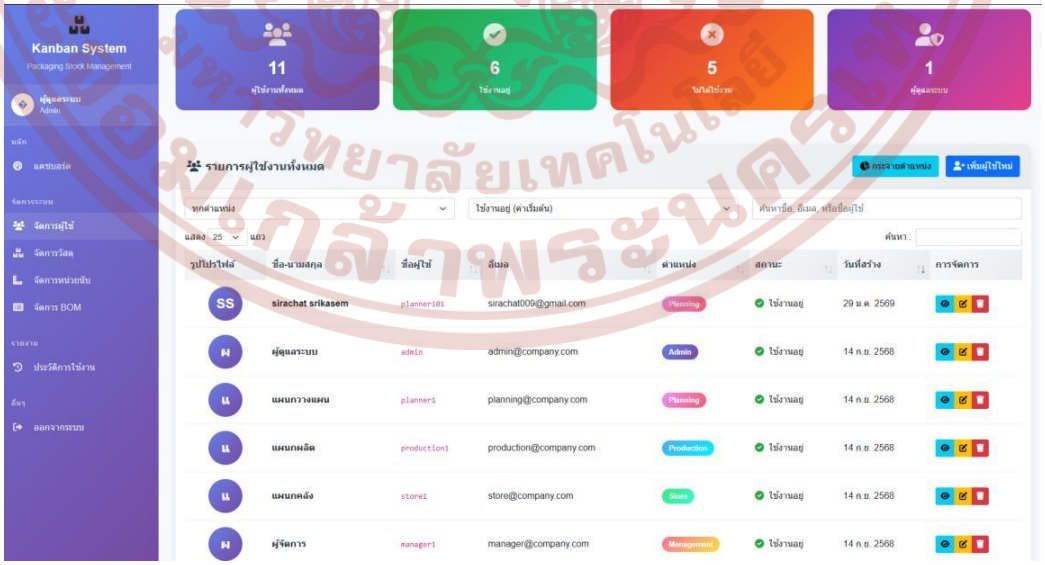
ภาพที่ 4-1 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

4.1.1 ผู้ดูแลระบบ (Admin)

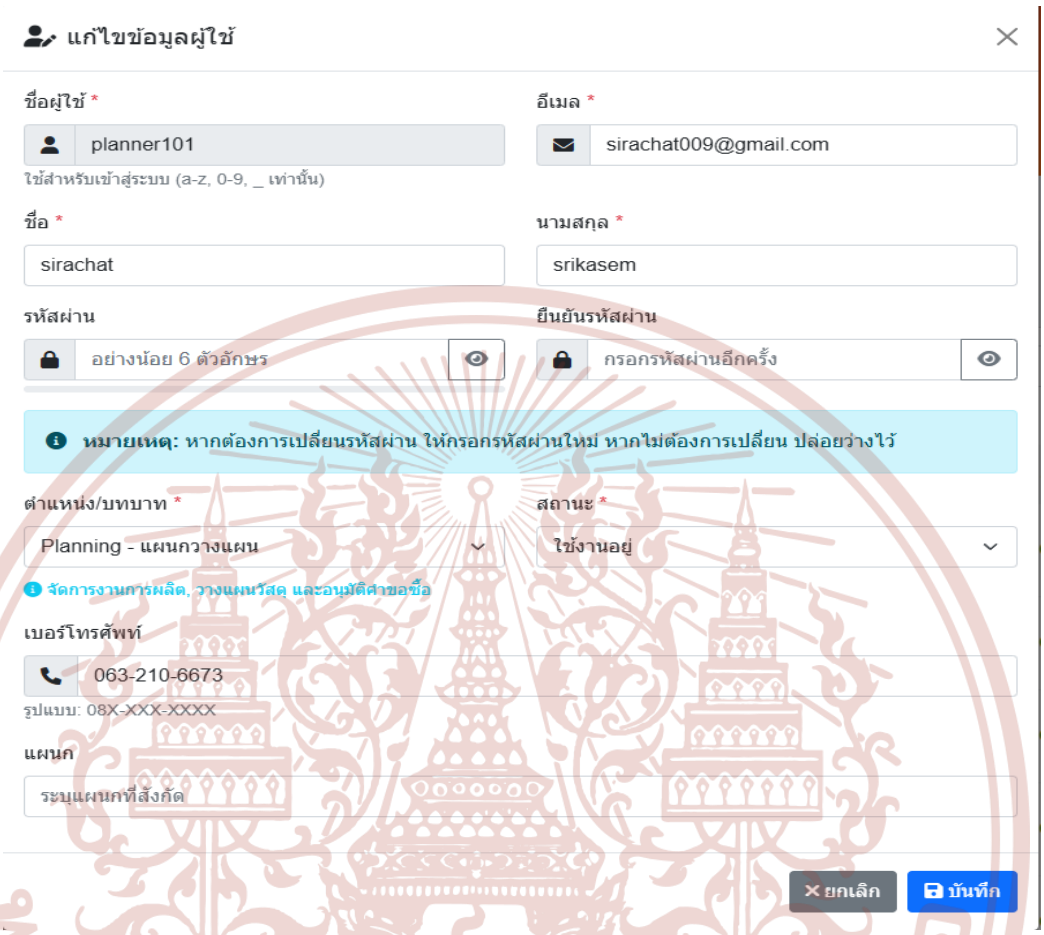
สามารถจัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบทั้งหมดผ่านหน้าแดชบอร์ด เช่น การเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลวัสดุในคลัง ข้อมูลหน่วยนับ และโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials: BOM) รวมถึงสามารถตรวจสอบประวัติการใช้งานระบบและบันทึกการทำรายการต่าง ๆ ผ่านระบบ Audit Log ได้



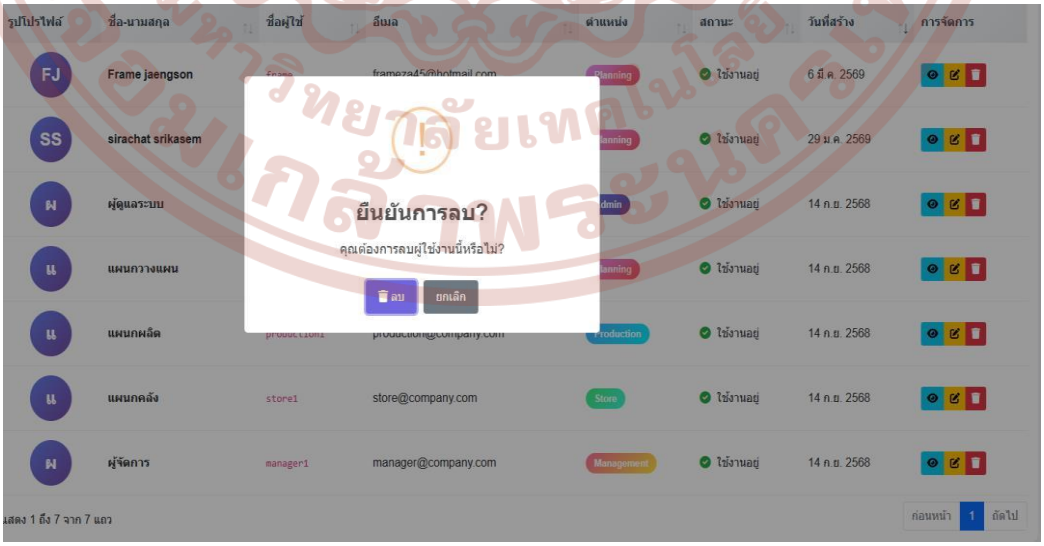
ภาพที่ 4-2 หน้าจอผู้ใช้งานและผู้ดูแล



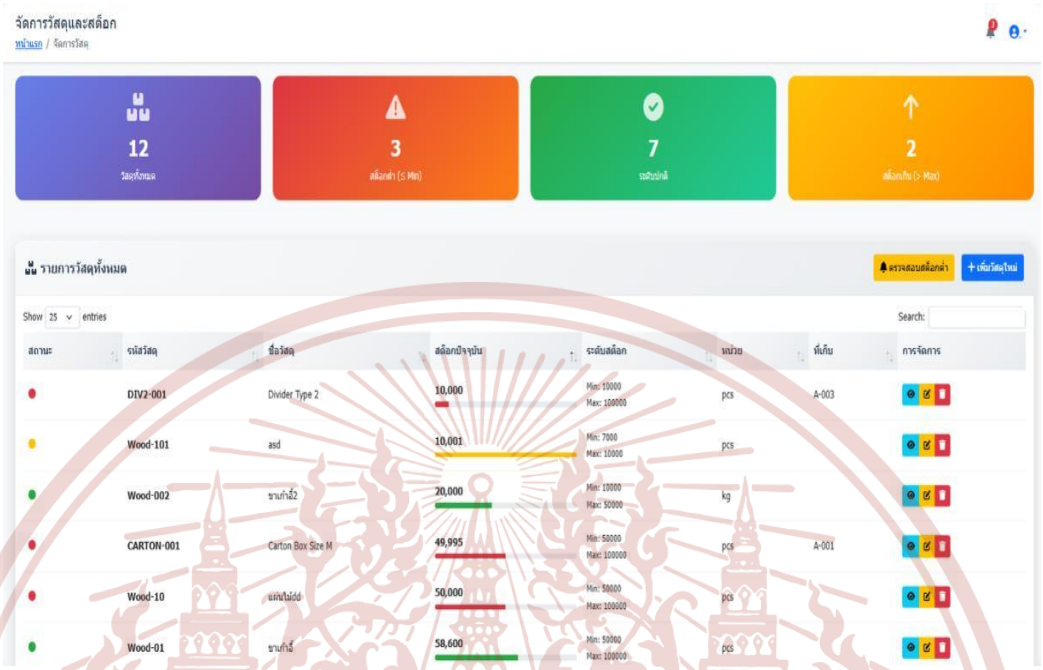
ภาพที่ 4-3 หน้าจอแสดงข้อมูลพนักงาน



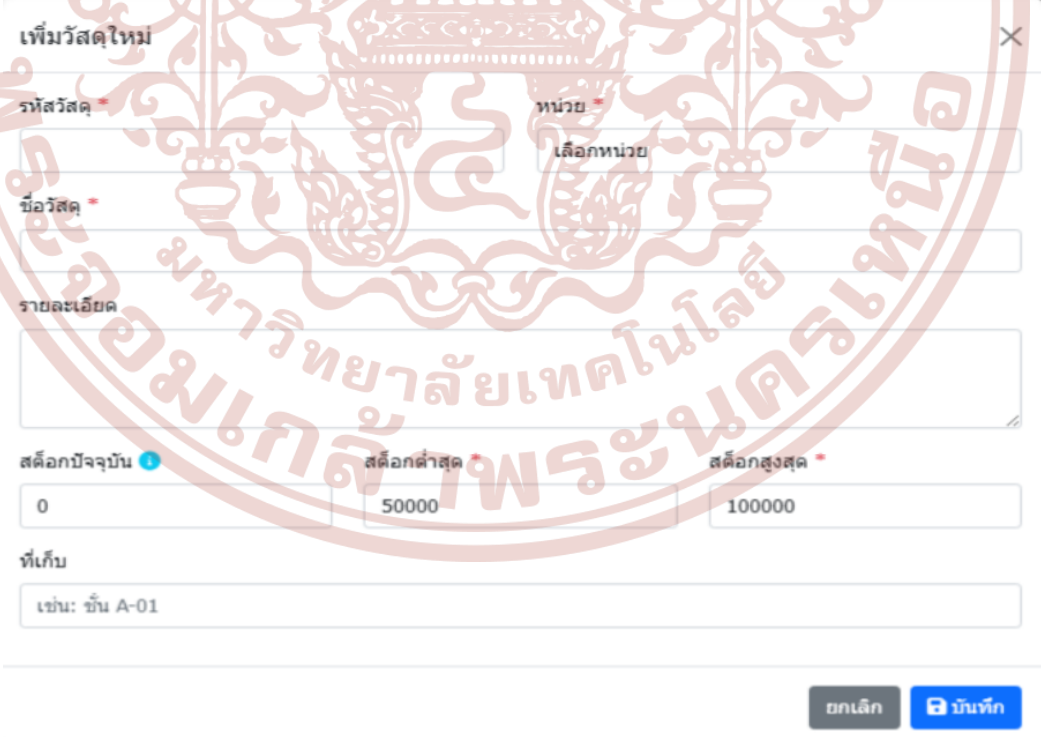
ภาพที่ 4-4 หน้าจอสำหรับการเพิ่มข้อมูลพนักงาน



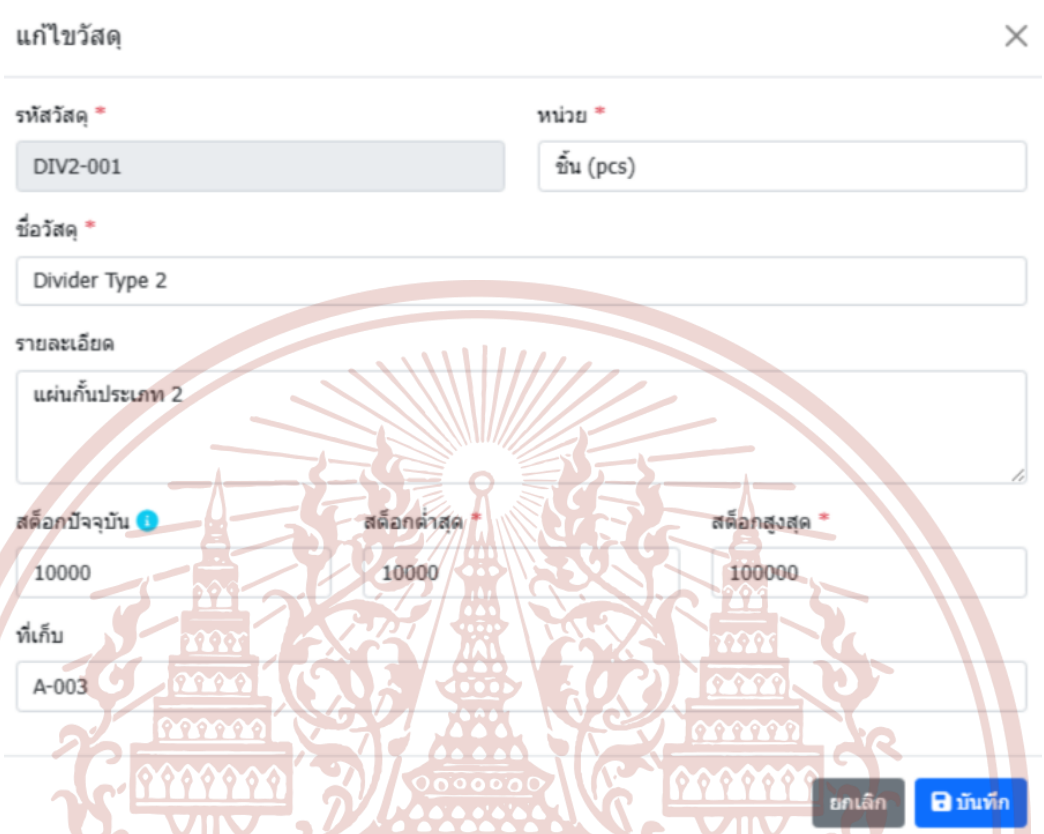
ภาพที่ 4-5 หน้าจอแสดงการลบข้อมูลพนักงาน



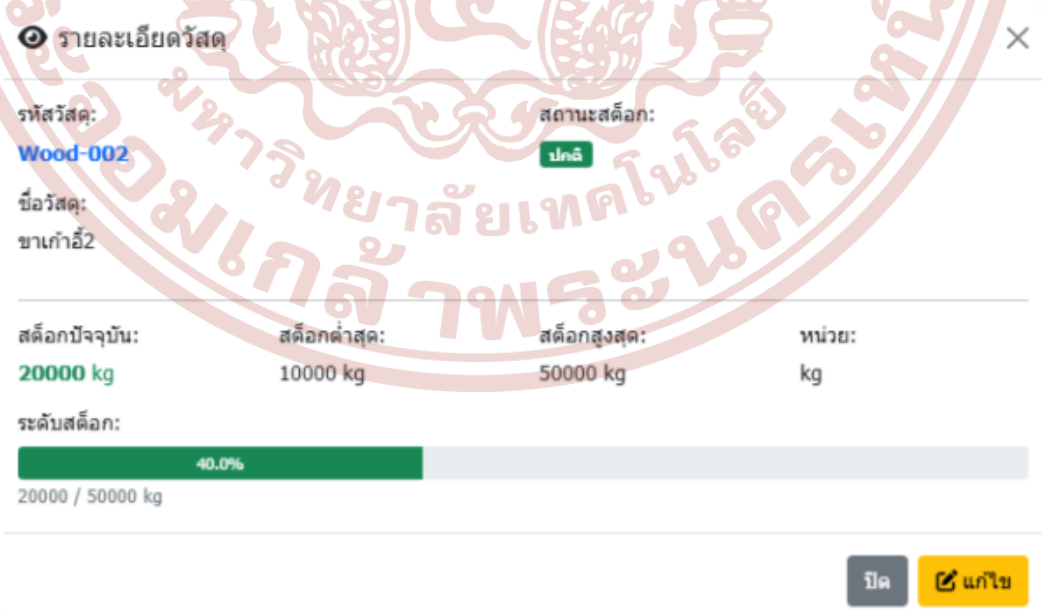
ภาพที่ 4-6 หน้าจอแสดงการจัดการวัสดุ



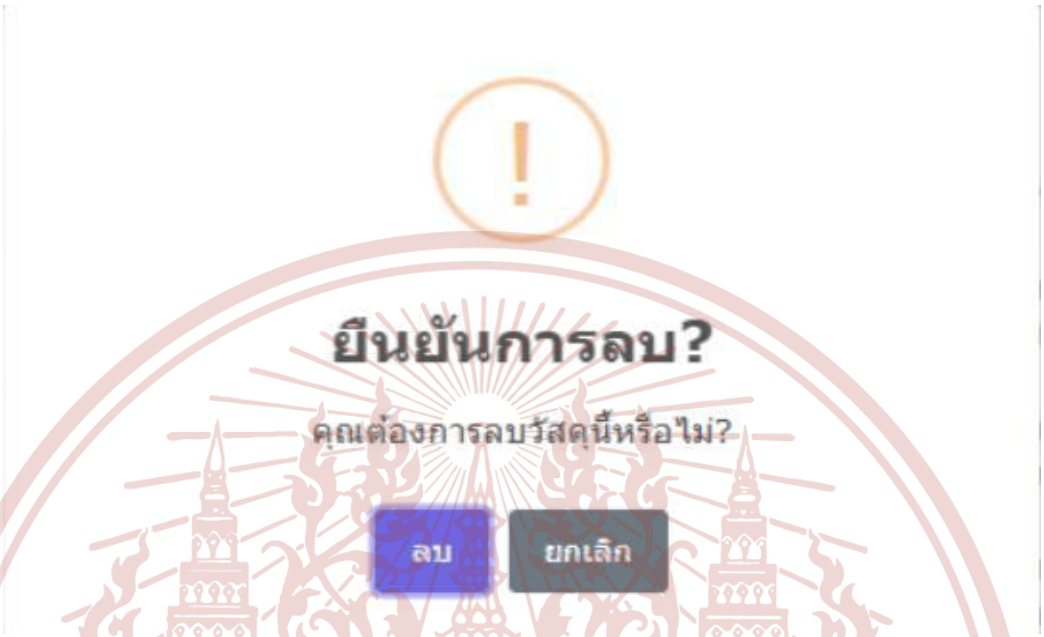
ภาพที่ 4-7 หน้าจอแสดงการเพิ่มวัสดุใหม่



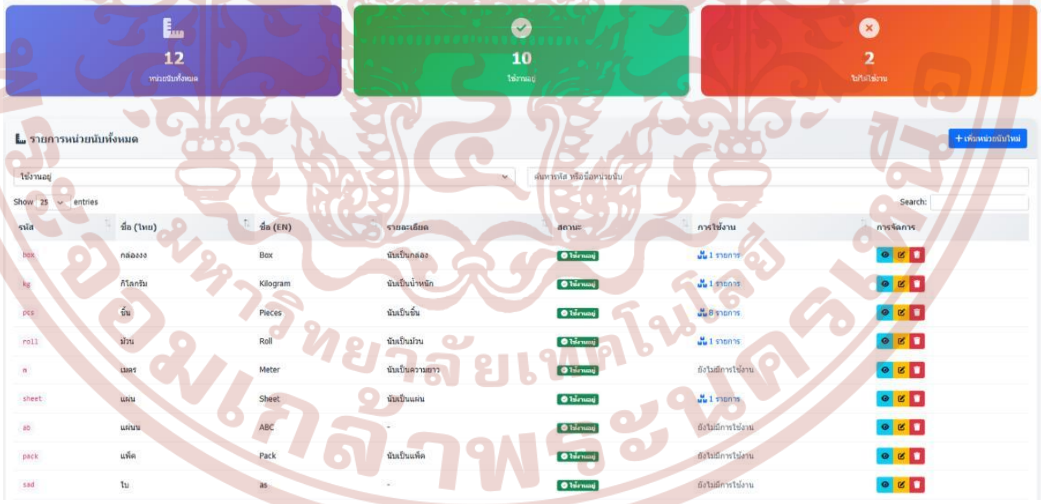
ภาพที่ 4-8 หน้าจอแสดงการแก้ไขข้อมูลของวัสดุ



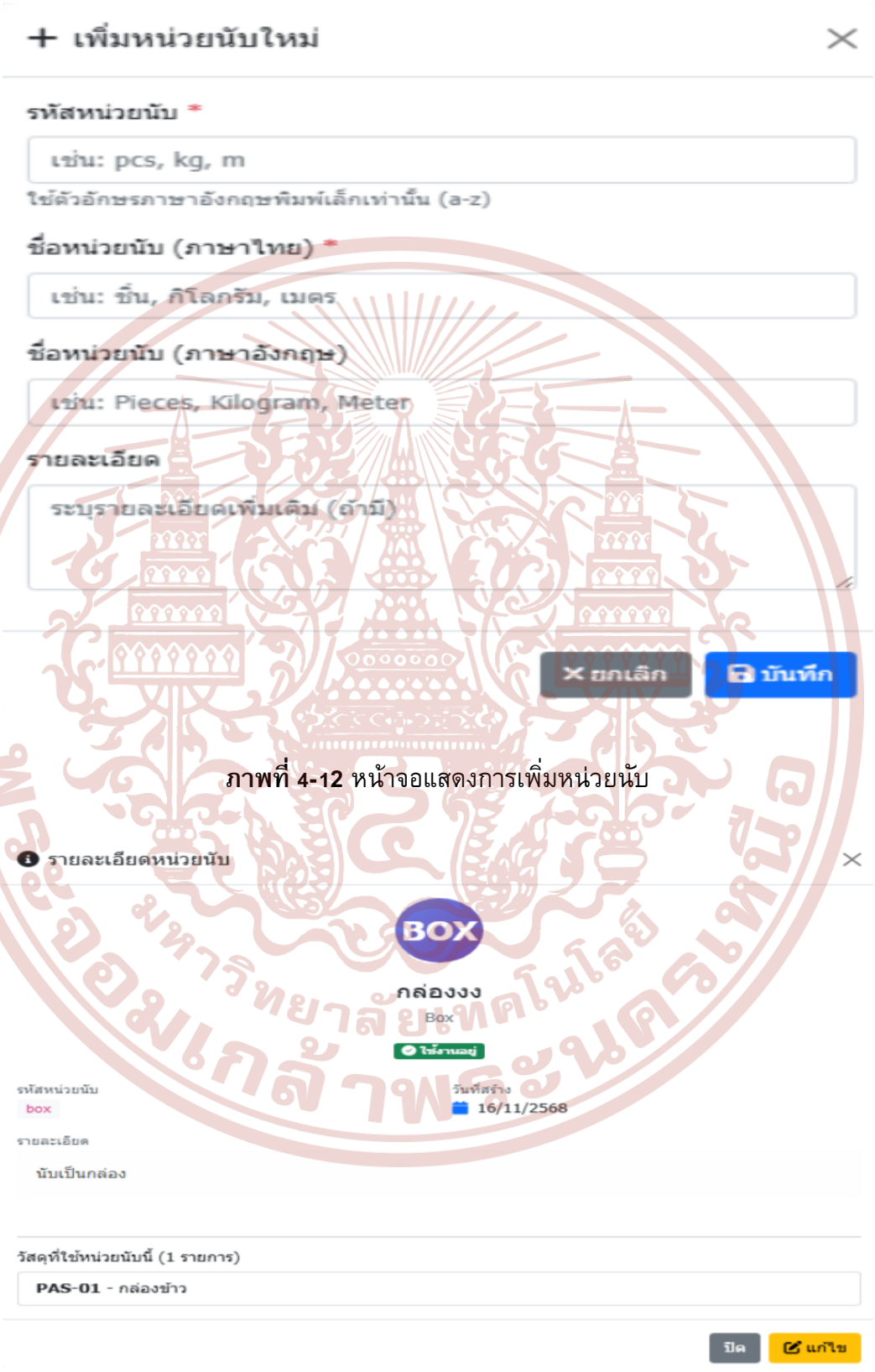
ภาพที่ 4-9 หน้าจอแสดงรายละเอียดวัสดุ



ภาพที่ 4-10 หน้าจอแสดงการลบวัสดุ

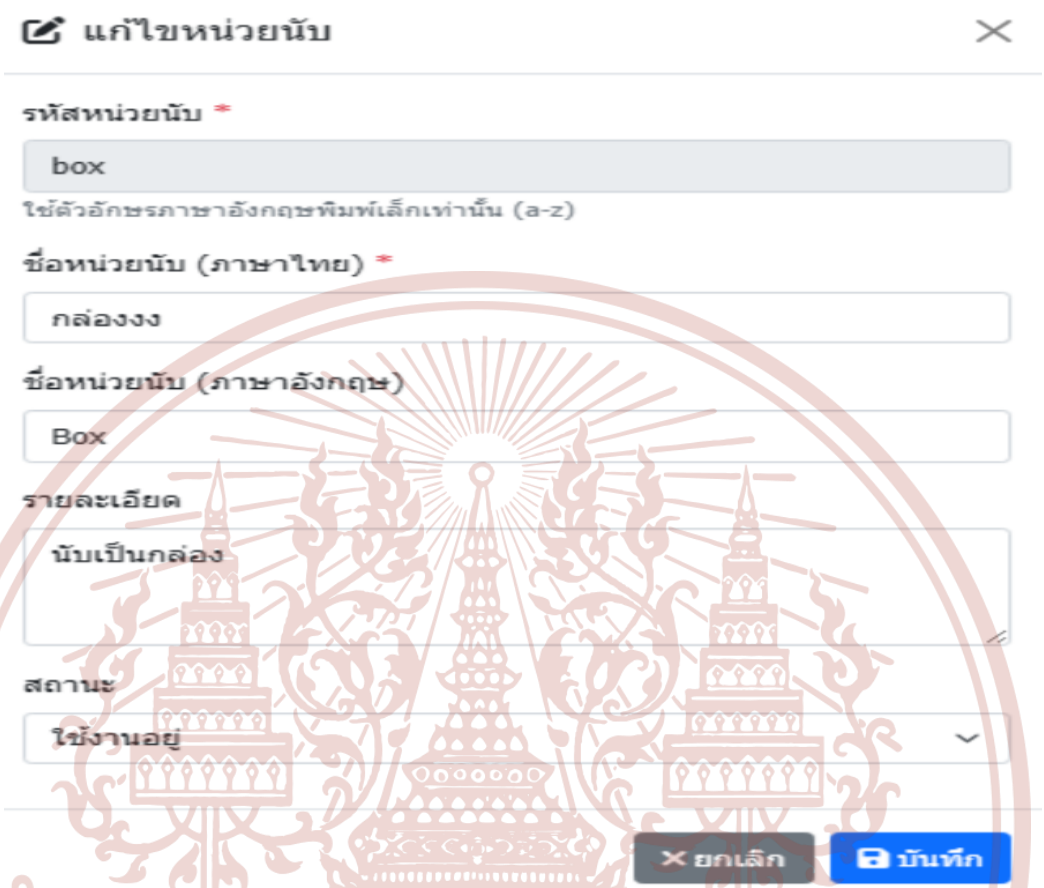


ภาพที่ 4-11 หน้าจอแสดงการจัดการหน่วยนับ

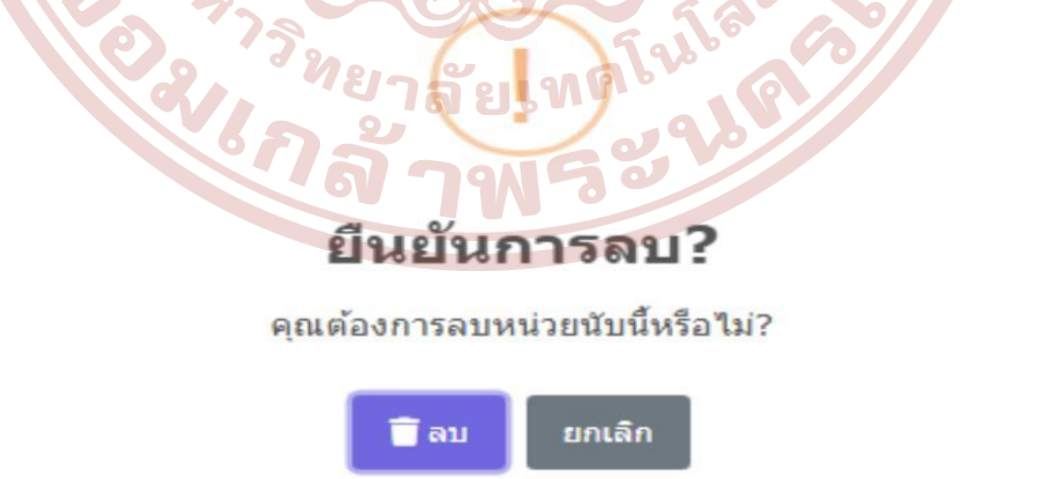


ภาพที่ 4-12 หน้าจอแสดงการเพิ่มหน่วยนับ

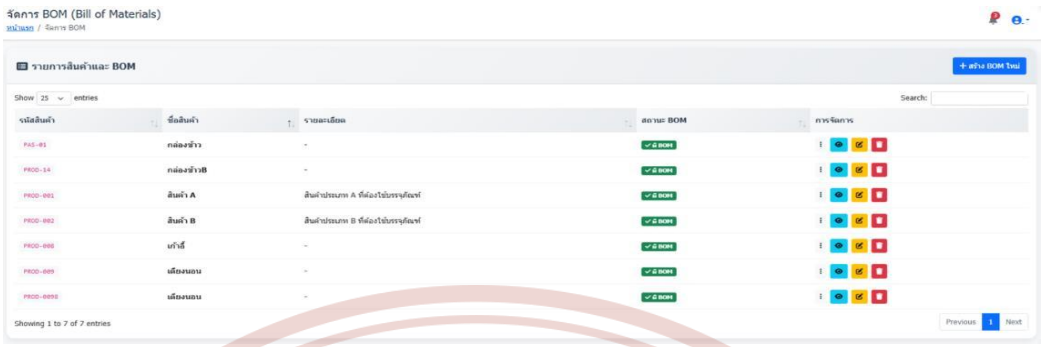
ภาพที่ 4-13 หน้าจอแสดงรายละเอียดของหน่วยนับ



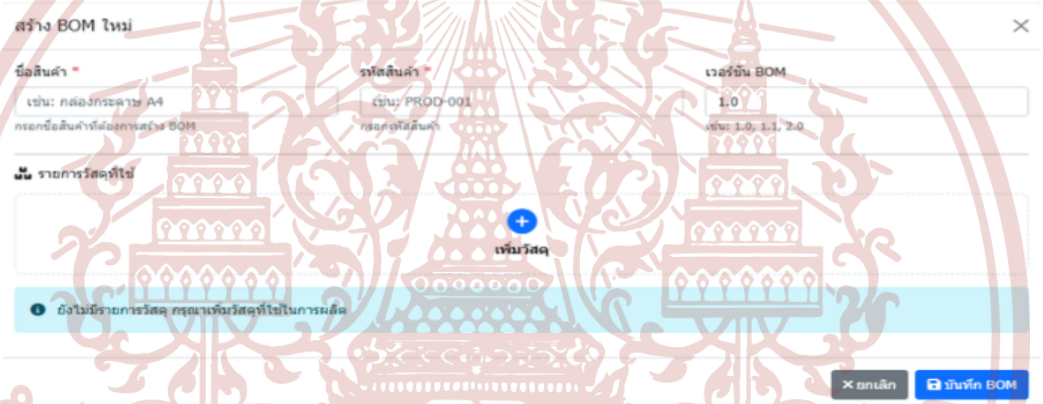
ภาพที่ 4-14 หน้าจอแสดงการแก้ไขหน่วยนับ



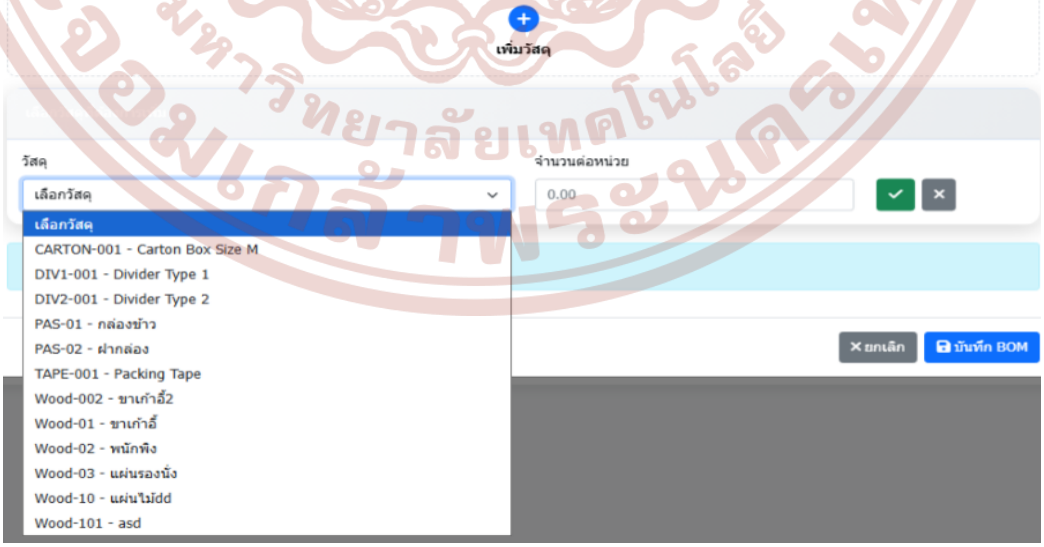
ภาพที่ 4-15 หน้าจอแสดงการลบหน่วยนับ



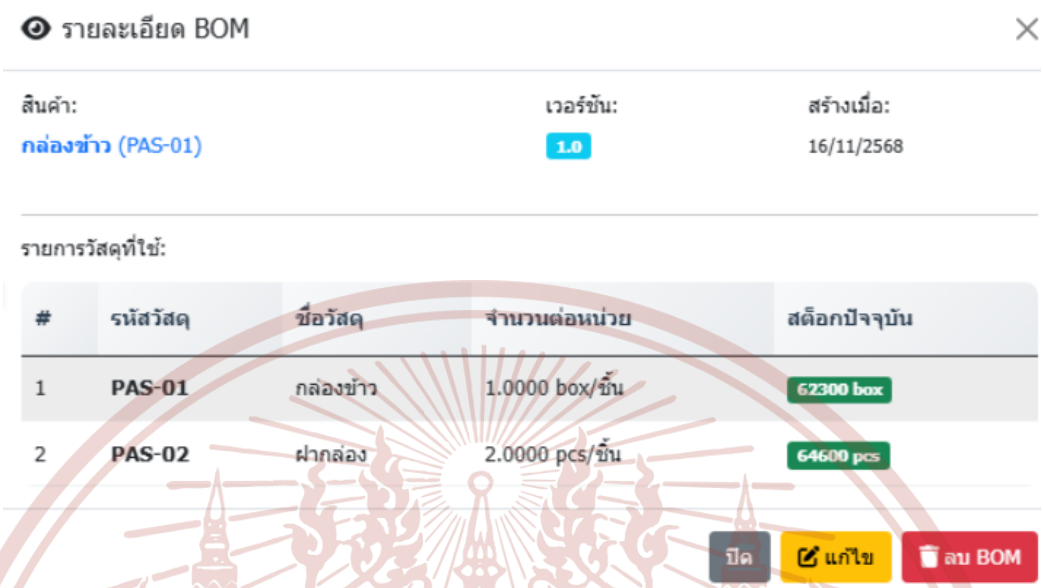
ภาพที่ 4-16 หน้าจอแสดงการจัดการ BOM



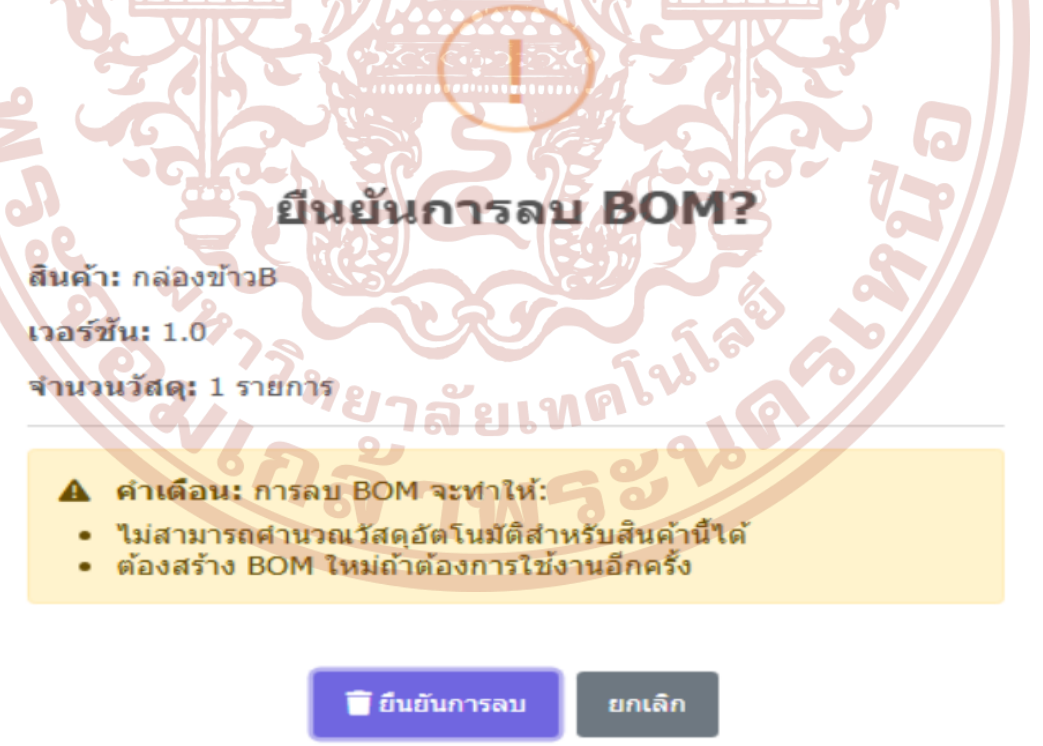
ภาพที่ 4-17 หน้าจอแสดงการเพิ่ม BOM



ภาพที่ 4-18 หน้าจอแสดงปุ่มสำหรับเพิ่มวัสดุใน BOM



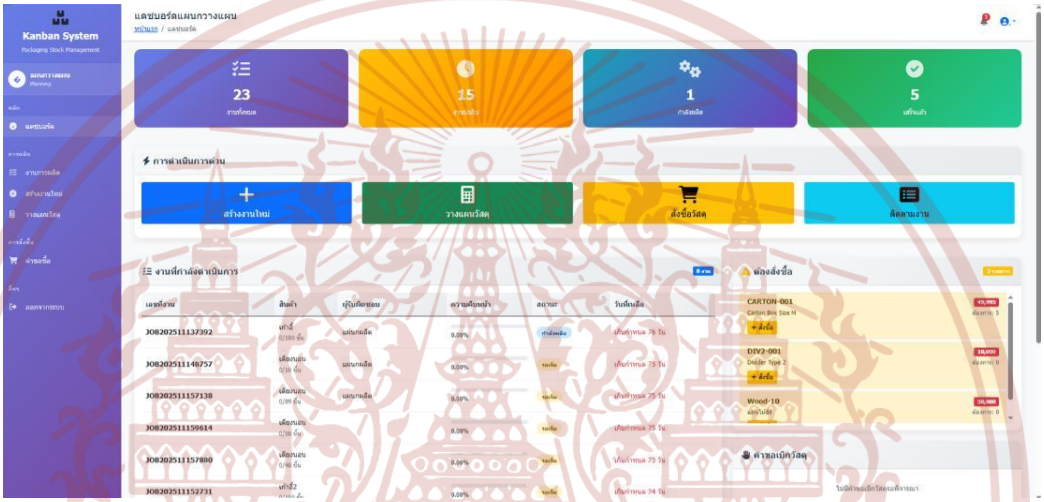
ภาพที่ 4-19 หน้าจอแสดงรายละเอียดภายใน BOM



ภาพที่ 4-20 หน้าจอแสดงการลบ BOM

4.1.2 แผนกวางแผน (Planning)

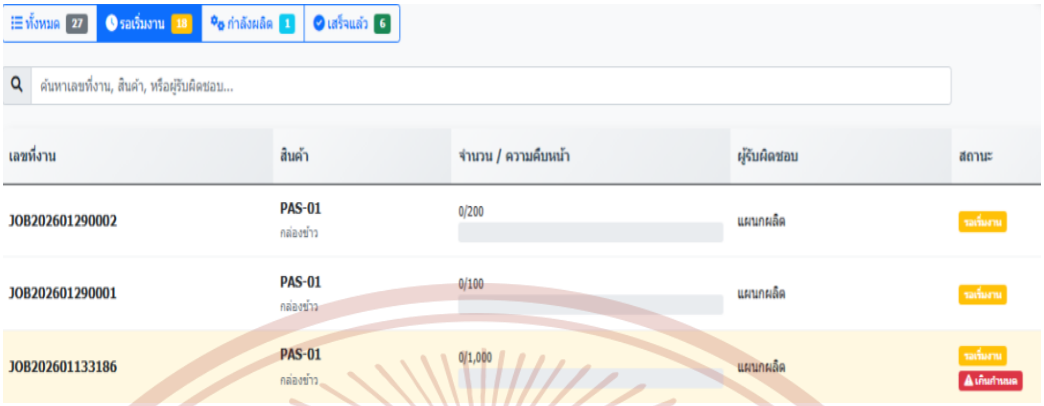
มีหน้าแดชบอร์ดสำหรับการสร้างใบงานการผลิต (Production Job) โดยเมื่อระบุชนิดสินค้าและจำนวนที่ต้องการผลิต ระบบจะคำนวณความต้องการวัสดุบรรจุภัณฑ์จากสูตร BOM ให้อัตโนมัติ นอกจากนี้ ยังสามารถจัดการคำขอสั่งซื้อวัสดุ (Purchase Request: PR) การอนุมัติ และติดตามสถานะการจัดส่งจากซัพพลายเออร์ได้อย่างเป็นระบบ



ภาพที่ 4-21 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายวางแผน



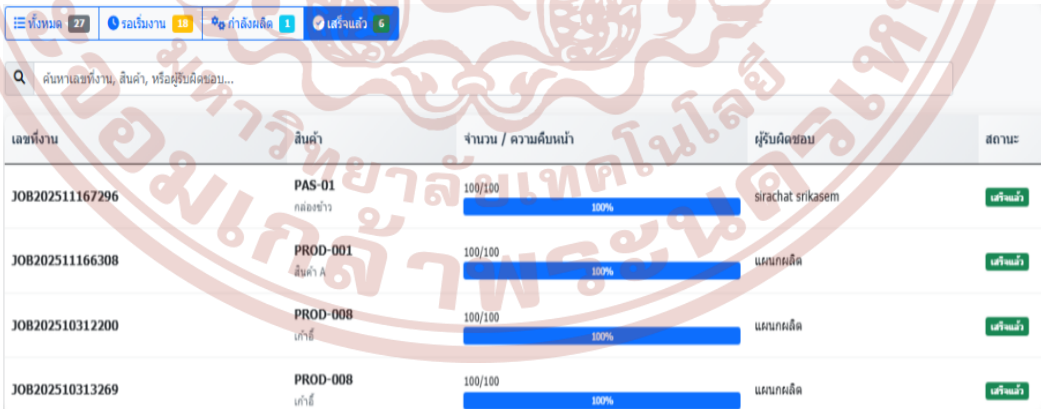
ภาพที่ 4-22 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานการผลิต



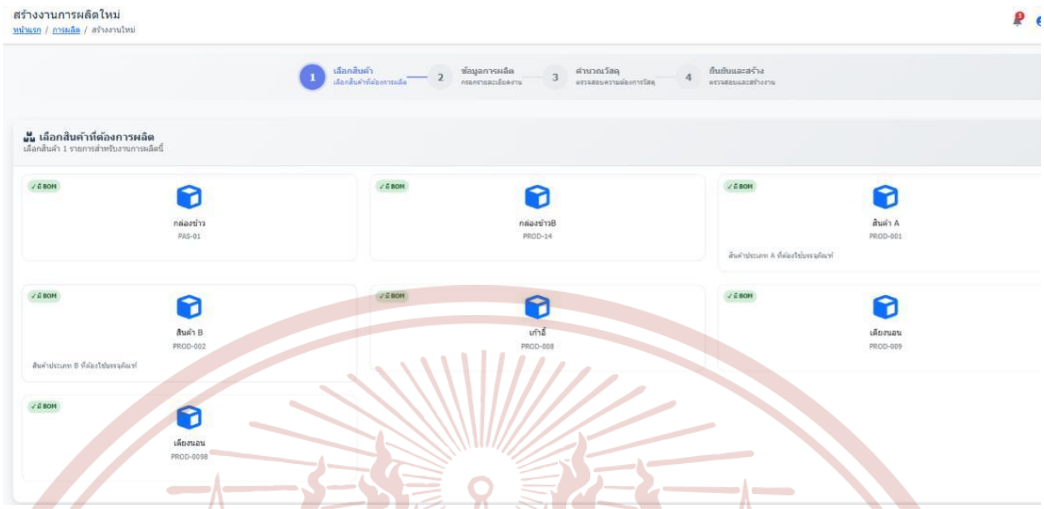
ภาพที่ 4-23 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอเริ่มงาน



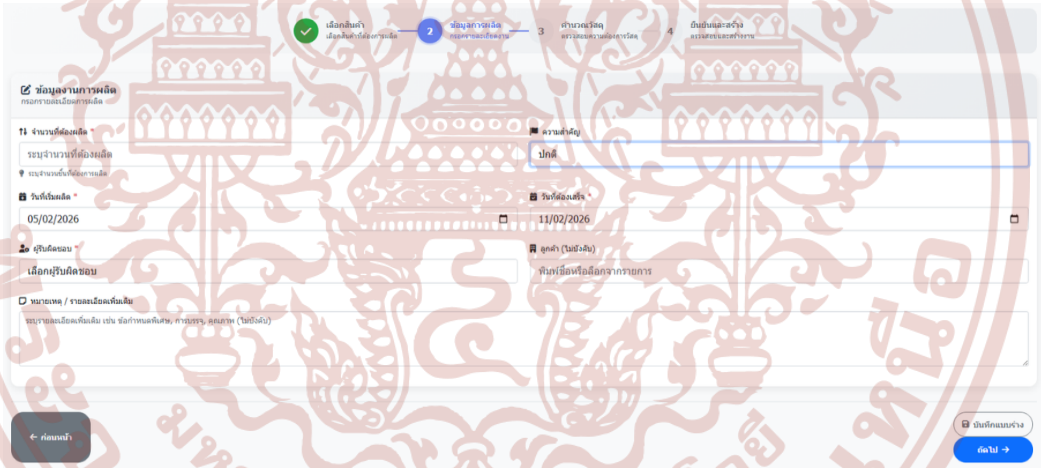
ภาพที่ 4-24 หน้าจอแสดงสถานะกำลังผลิต



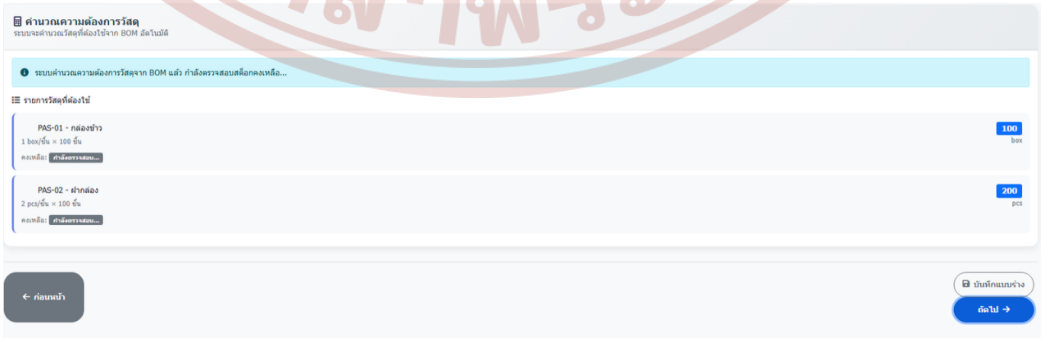
ภาพที่ 4-25 หน้าจอแสดงสถานะงานที่เสร็จสิ้นแล้ว



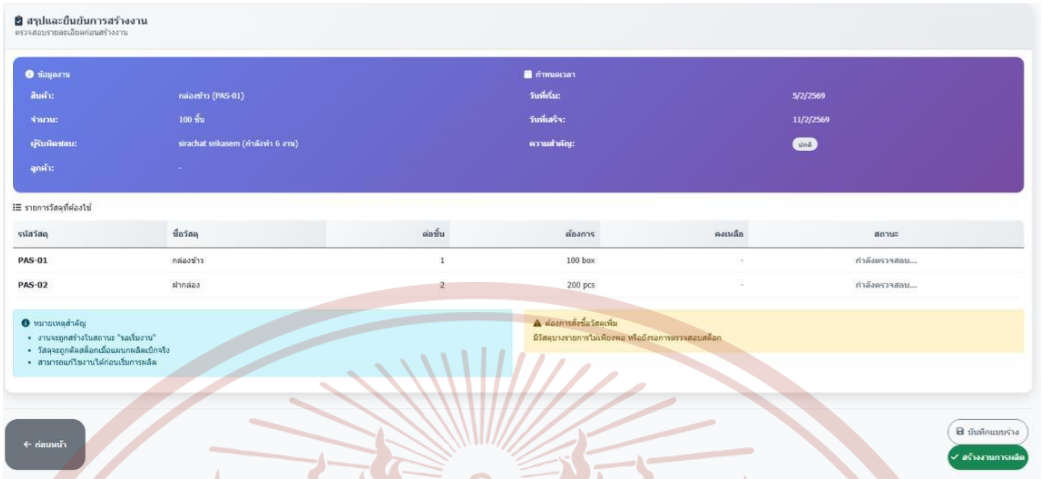
ภาพที่ 4-26 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่



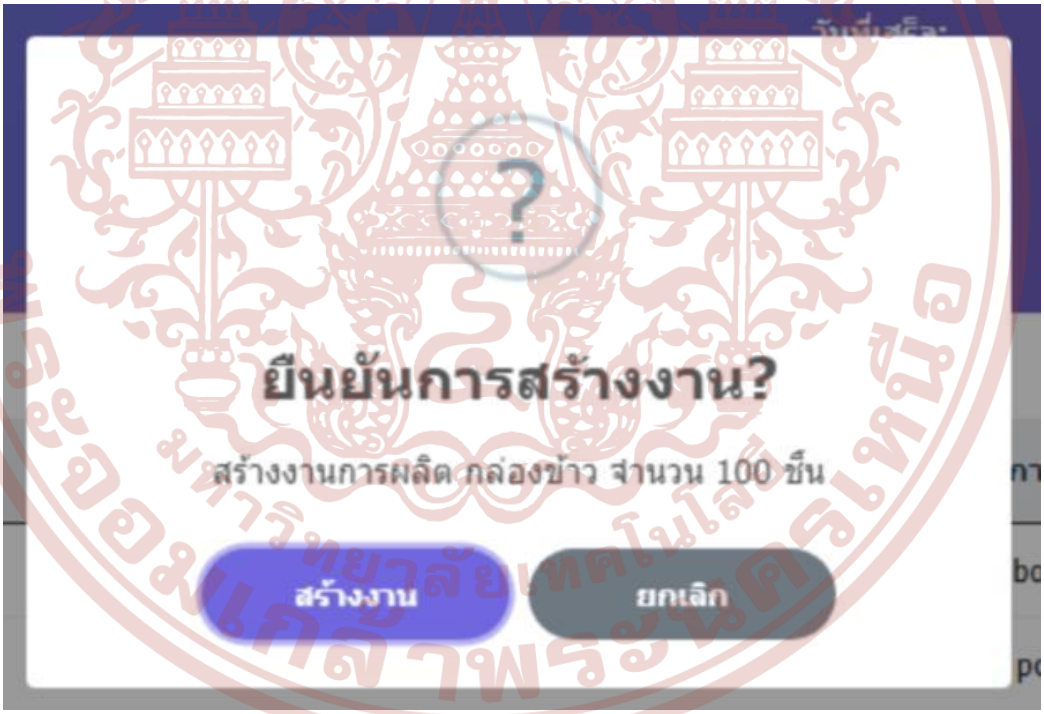
ภาพที่ 4-27 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการกรอกข้อมูล



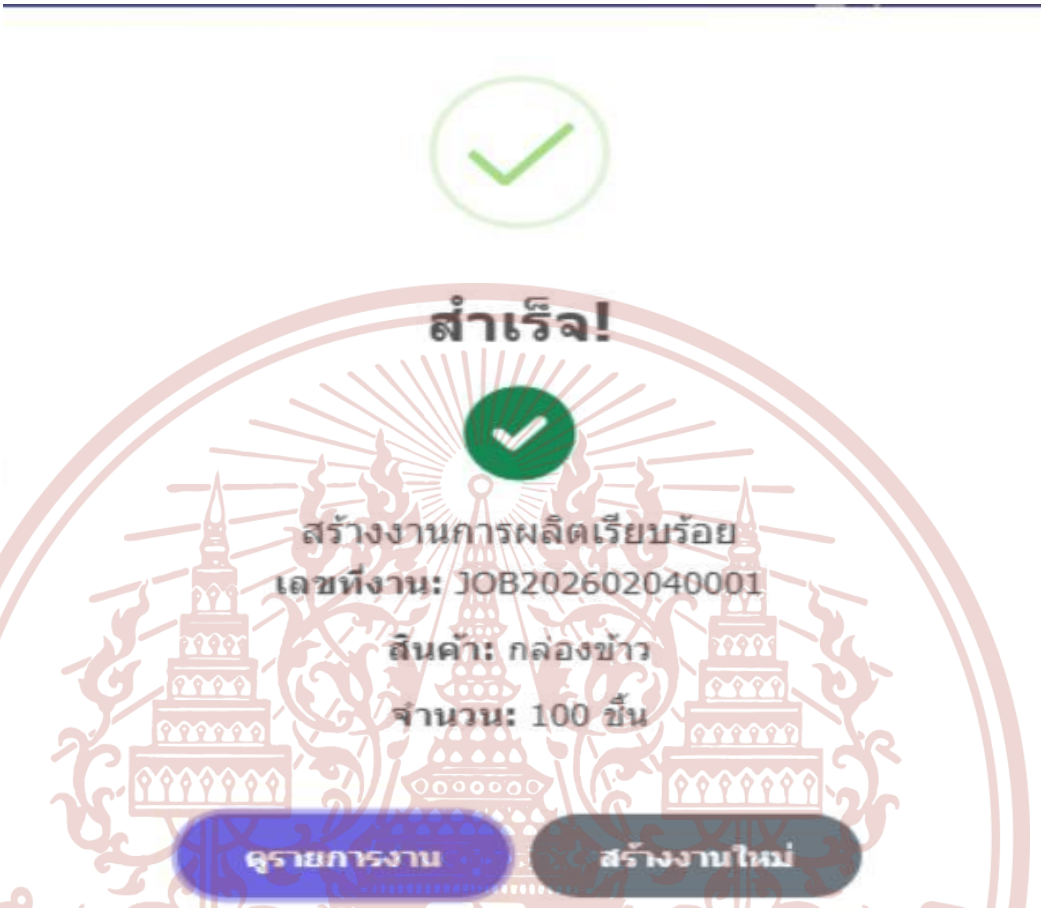
ภาพที่ 4-28 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการคำนวณวัสดุ



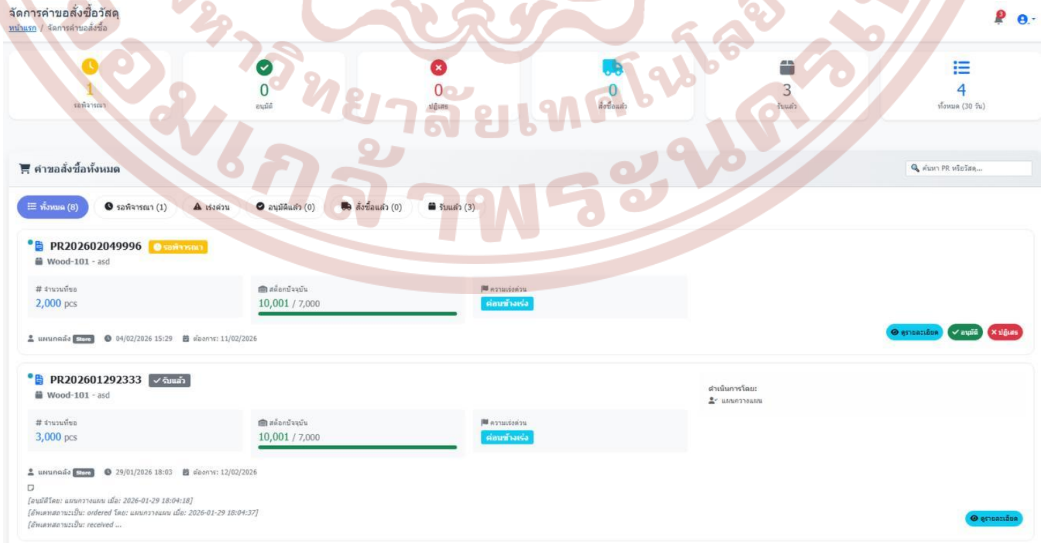
ภาพที่ 4-29 หน้าจอแสดงการสร้างงานการผลิตใหม่ในขั้นตอนการยืนยันการสร้างงาน



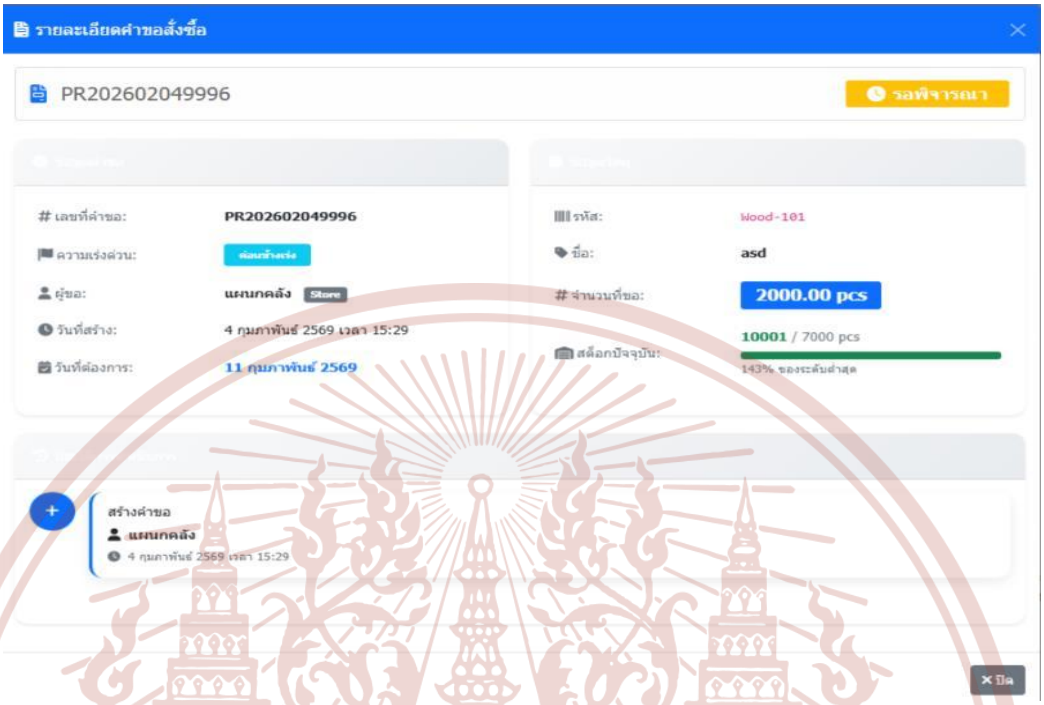
ภาพที่ 4-30 หน้าจอแสดงการยืนยันการสร้างงาน



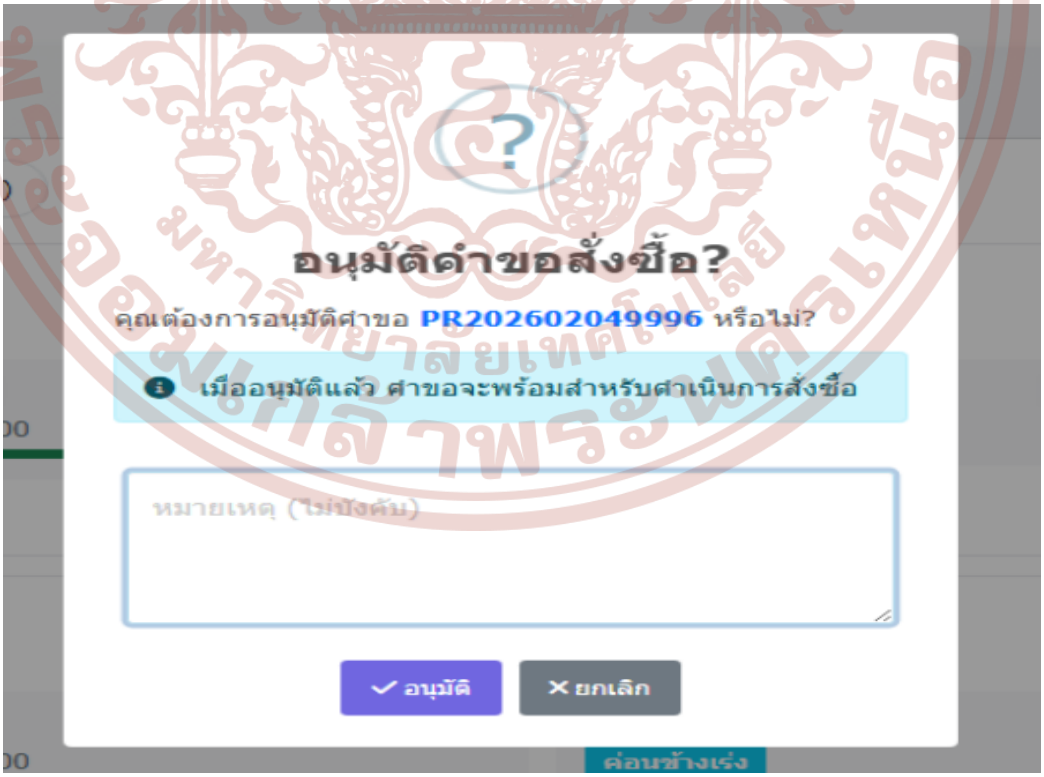
ภาพที่ 4-31 หน้าจอแสดงการยืนยันการสร้างงานสำเร็จ



ภาพที่ 4-32 หน้าจอแสดงการจัดการคำสั่งซื้อวัสดุ



ภาพที่ 4-33 หน้าจอแสดงรายละเอียดคำขอสั่งซื้อ



ภาพที่ 4-34 หน้าจอแสดงการอนุมัติคำขอสั่งซื้อ



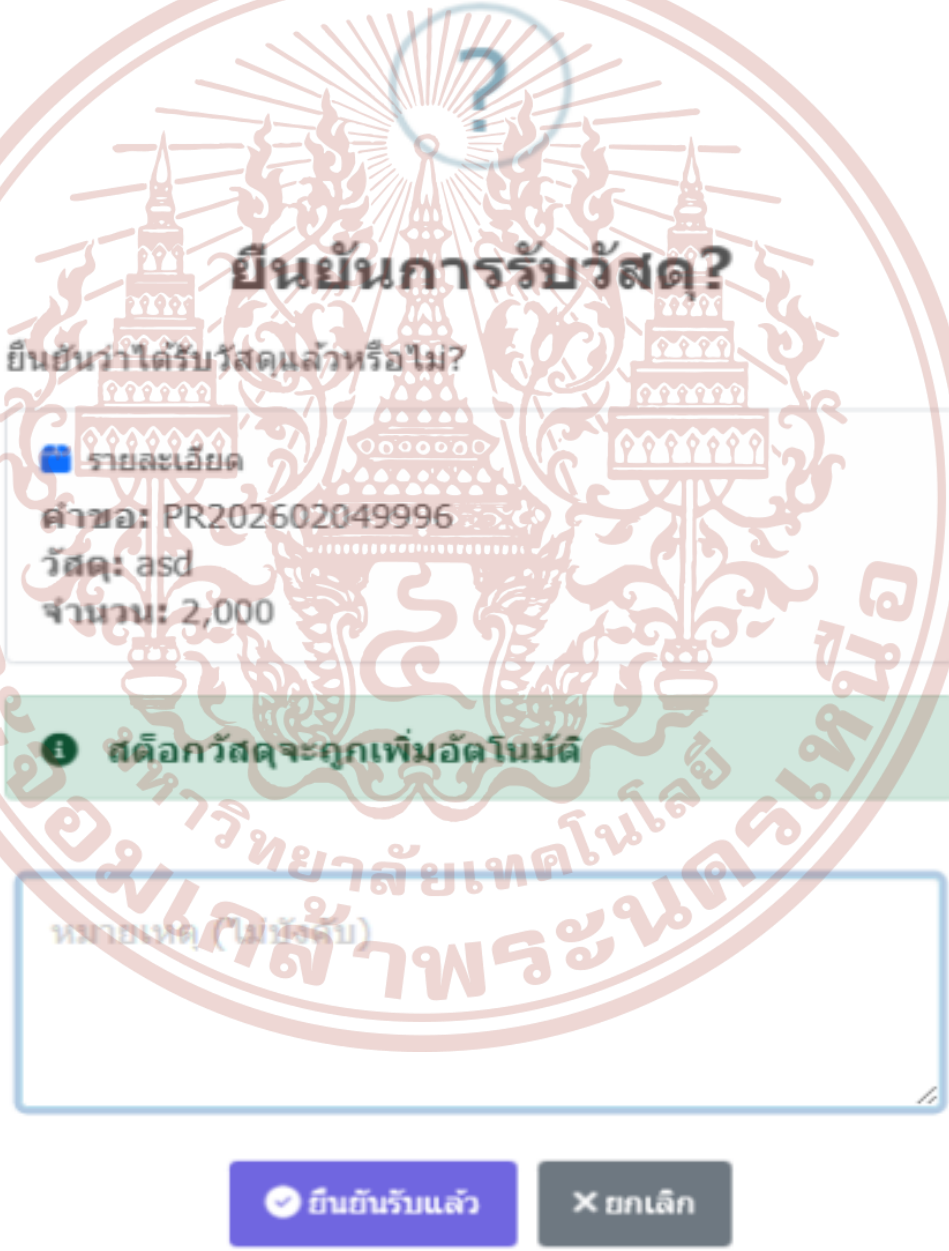
ภาพที่ 4-35 หน้าจอแสดงขั้นตอนหลังจากอนุมัติคำขอสั่งซื้อ



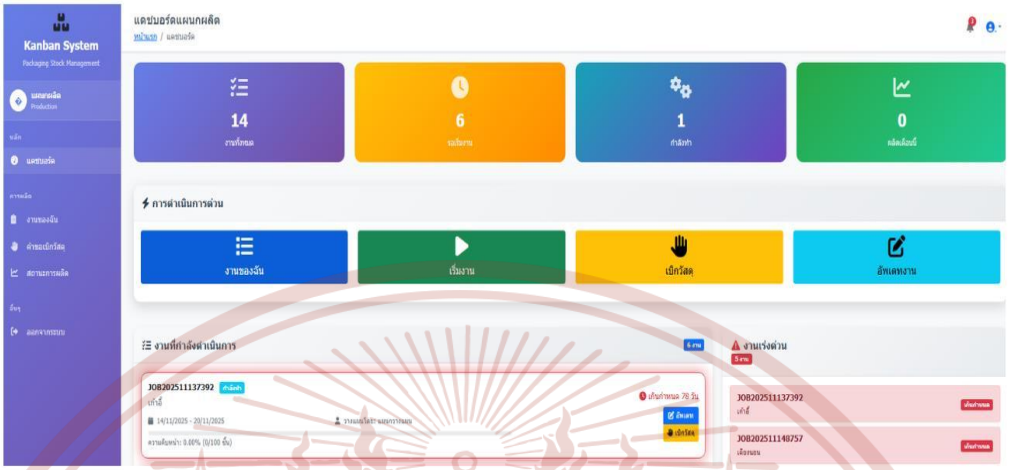
ภาพที่ 4-36 หน้าจอแสดงการยืนยันการสั่งซื้อ



ภาพที่ 4-37 หน้าจอแสดงขั้นตอนหลังจากยืนยันคำสั่งซื้อ



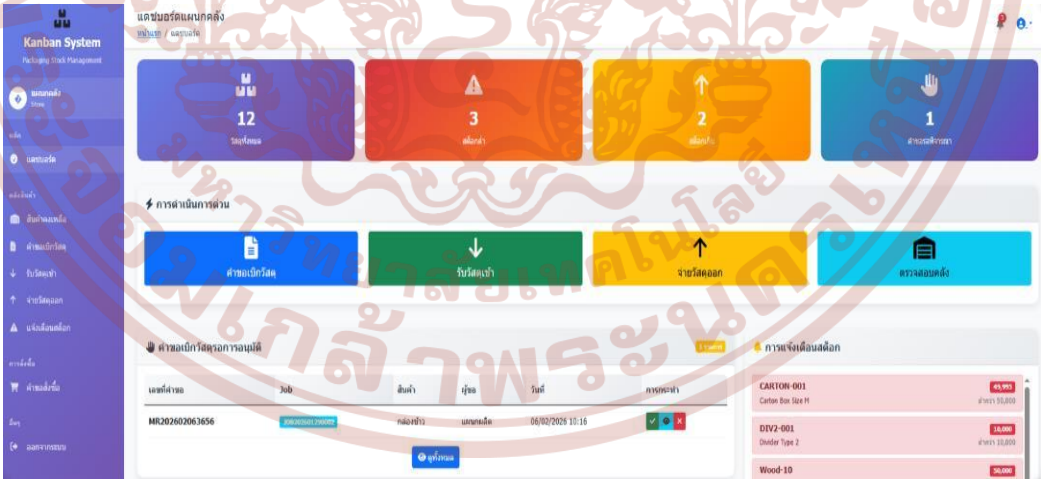
ภาพที่ 4-38 หน้าจอแสดงการยืนยันการรับวัสดุ



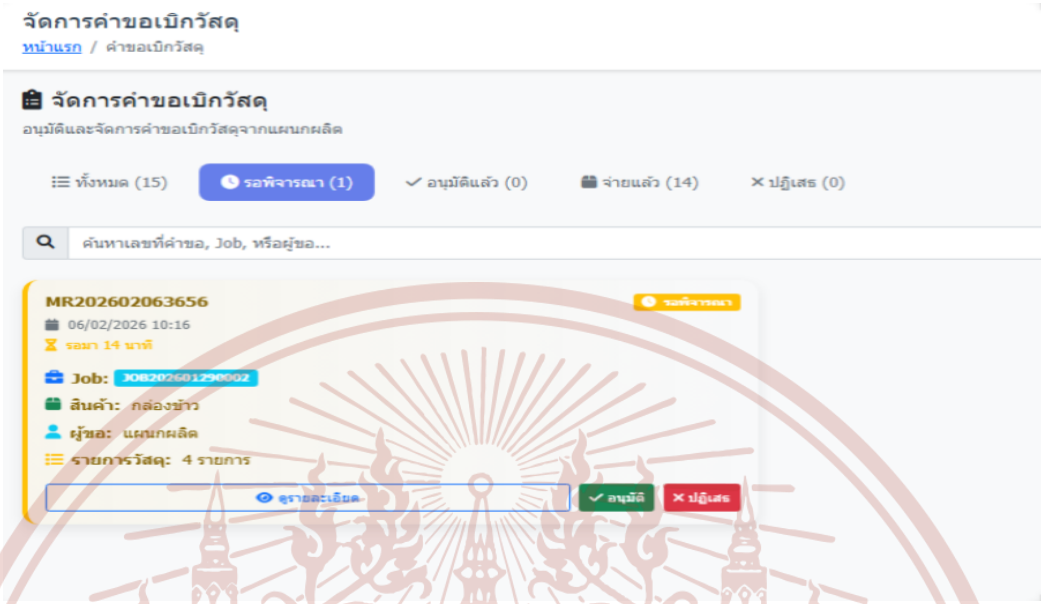
ภาพที่ 4-39 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายคลัง

4.1.3 แผนกผลิต (Production)

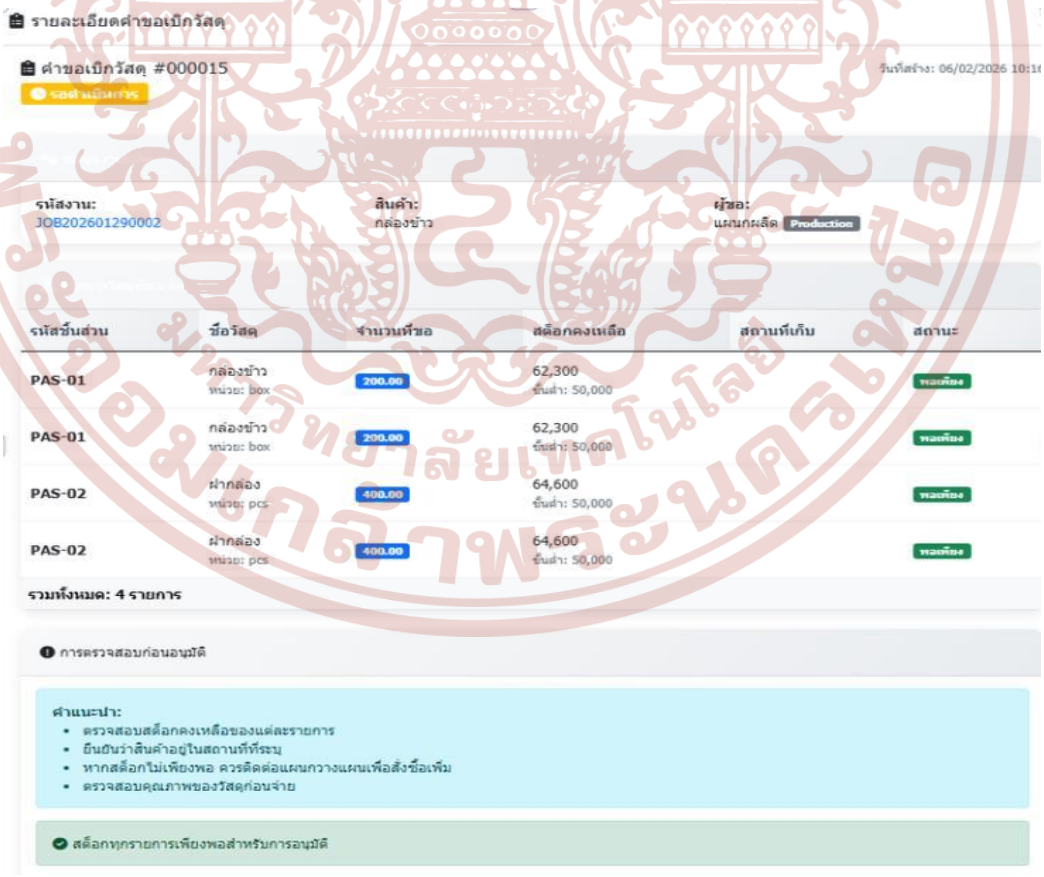
สามารถติดตามสถานะงานที่ได้รับมอบหมาย เช่น งานรอเริ่ม งานระหว่างการผลิต และงานที่เสร็จสิ้นแล้ว รวมถึงสามารถอัปเดตจำนวนที่ผลิตได้จริง และสร้างคำขอเบิกวัสดุ (Material Request: MR) ส่งไปยังแผนกคลังสินค้าได้โดยตรงผ่านระบบ



ภาพที่ 4-40 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายผลิต



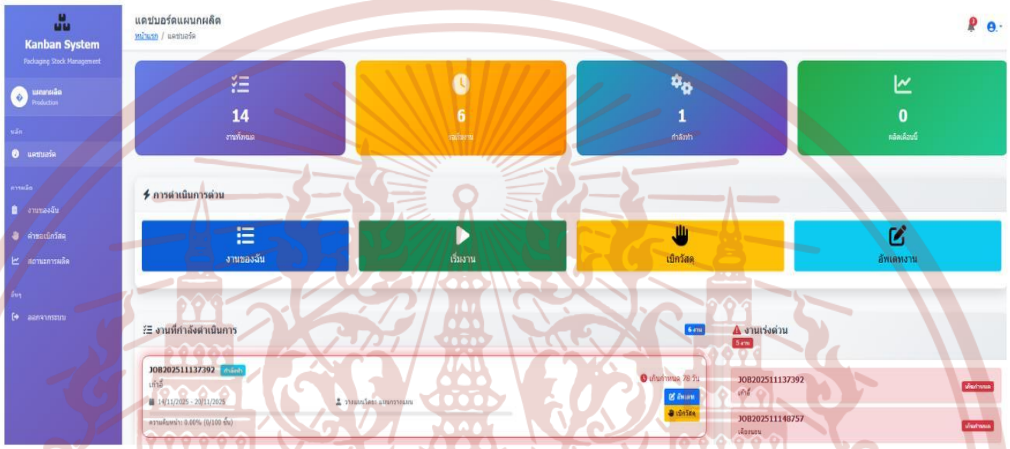
ภาพที่ 4-41 หน้าจอแสดงการขอเบิกวัสดุ



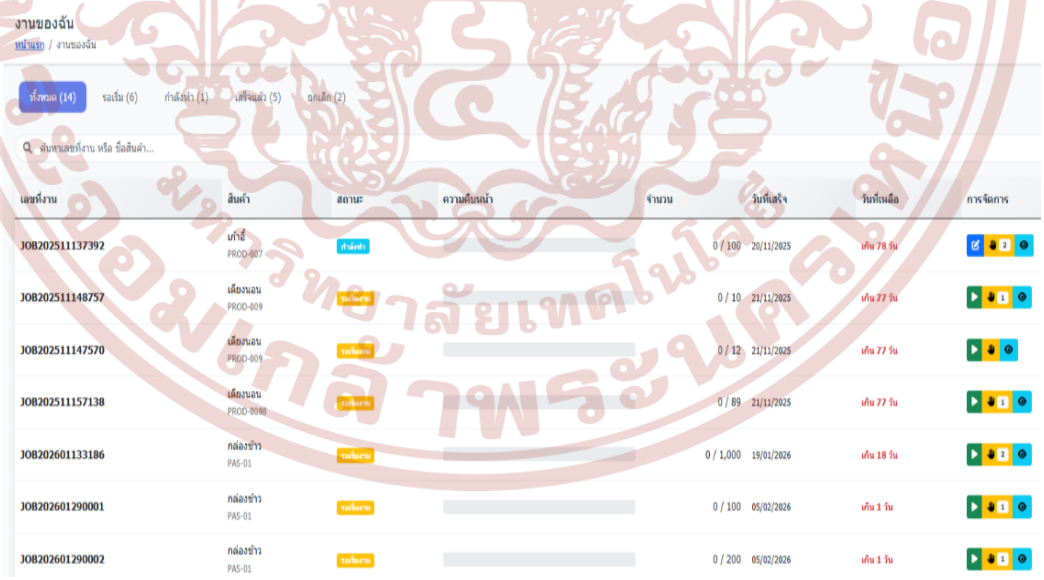
ภาพที่ 4-42 หน้าจอแสดงรายละเอียดคำขอเบิกวัสดุ

4.1.4 แผนกคลังสินค้า (Store)

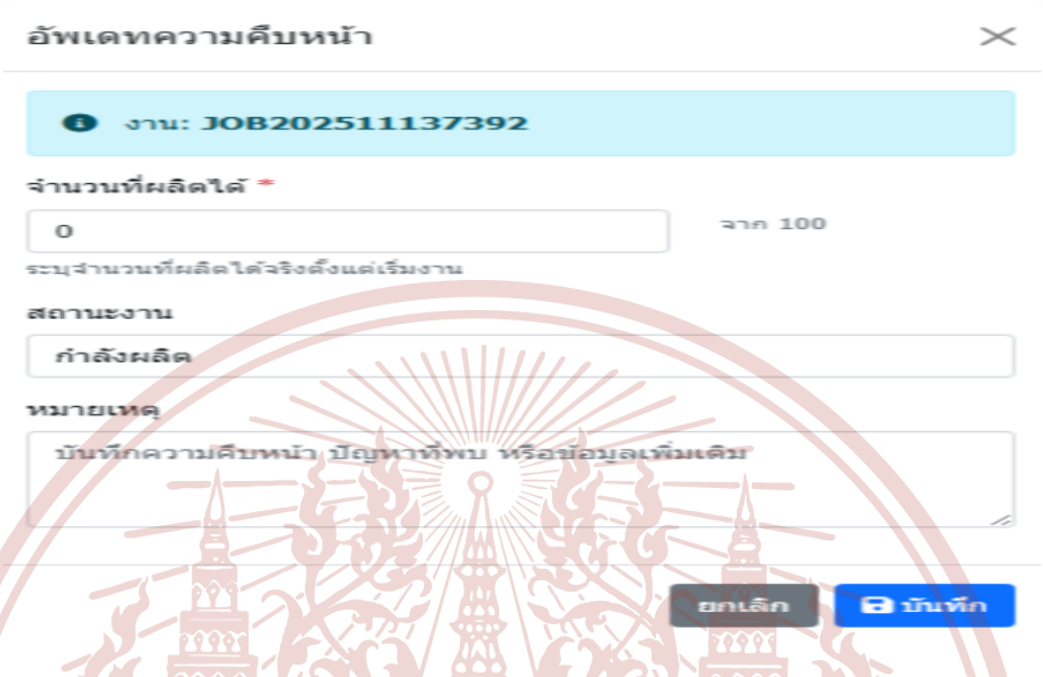
มีหน้าแดชบอร์ดที่แสดงรายการคำขอเบิกวัสดุที่รอการดำเนินการ สถานะระดับสต๊อกในรูปแบบแยกสี (สต๊อกต่ำ ปกติ และสต๊อกเกิน) และสามารถยืนยันการรับเข้าและจ่ายออกวัสดุ ซึ่งระบบจะทำการตัดยอดคงเหลือในฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ทันที



ภาพที่ 4-43 หน้าจอแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ ฝ่ายคลัง



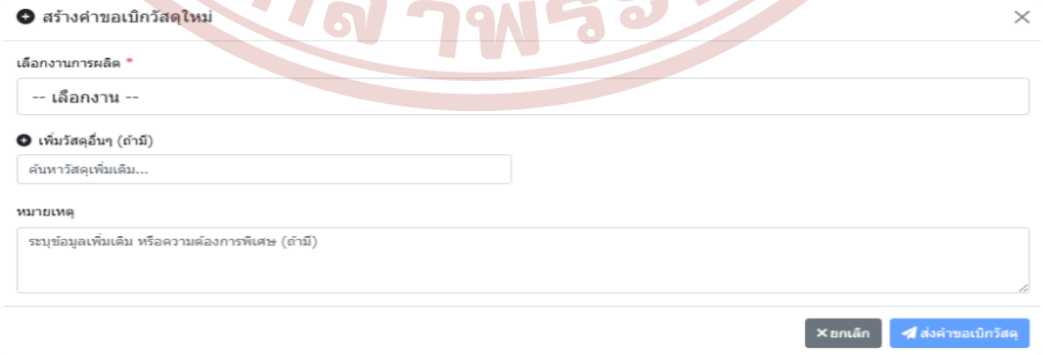
ภาพที่ 4-44 หน้าจอแสดงรายละเอียดงานทั้งหมด



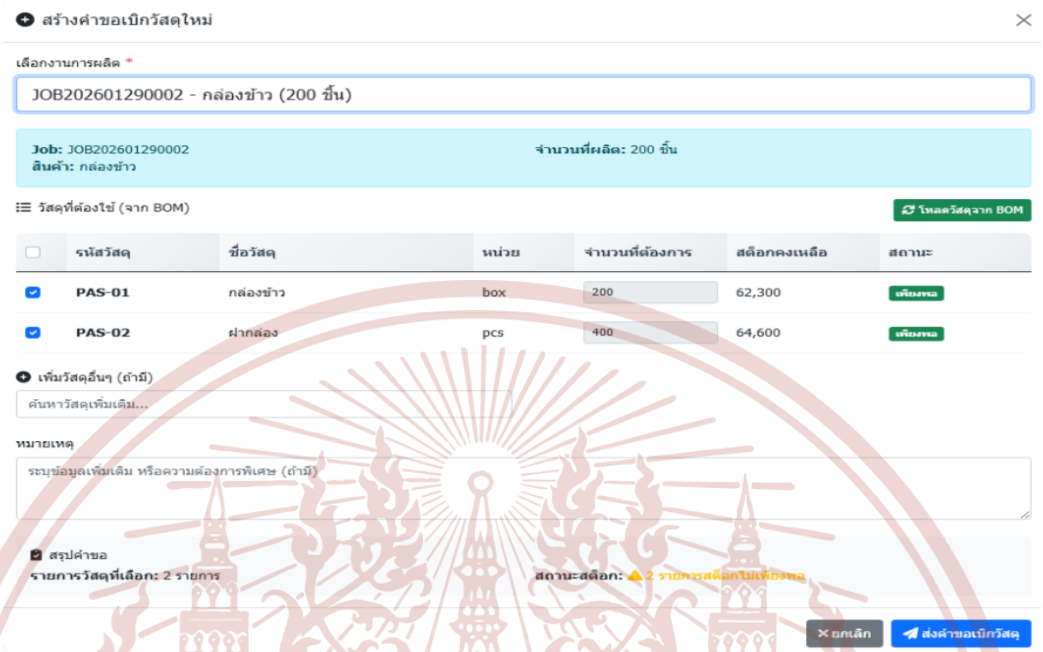
ภาพที่ 4-45 หน้าจอแสดงการอัพเดทความคืบหน้า



ภาพที่ 4-46 หน้าจอแสดงคำขอเบิกวัสดุ



ภาพที่ 4-47 หน้าจอแสดงการสร้างคำขอเบิกวัสดุ



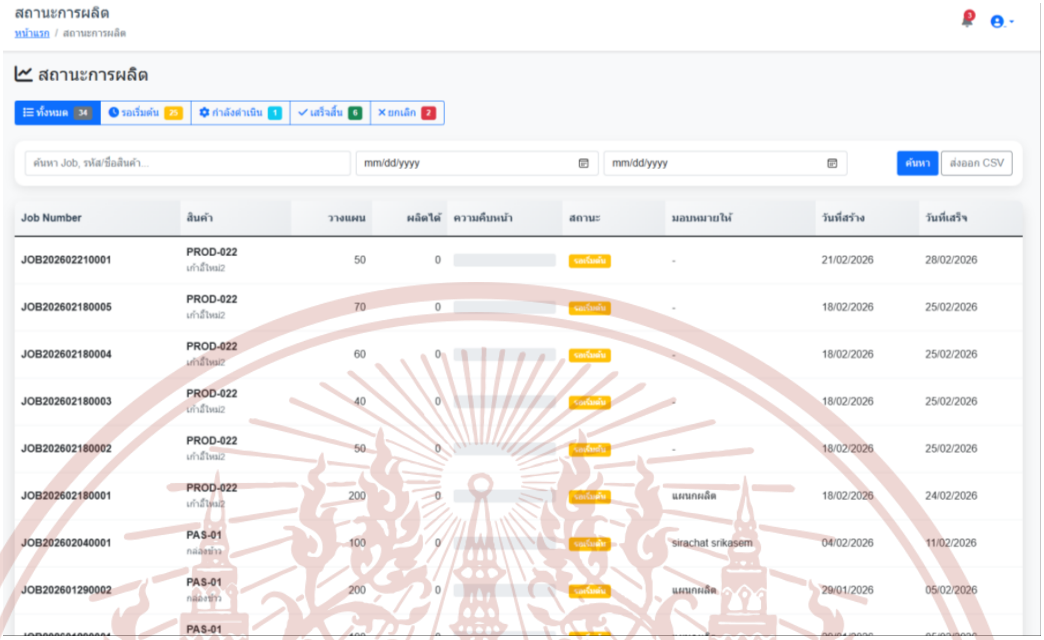
ภาพที่ 4-48 หน้าจอแสดงรายละเอียดการสร้างคำขอเบิกวัสดุใหม่

4.1.5 ผู้บริหาร (Executive)

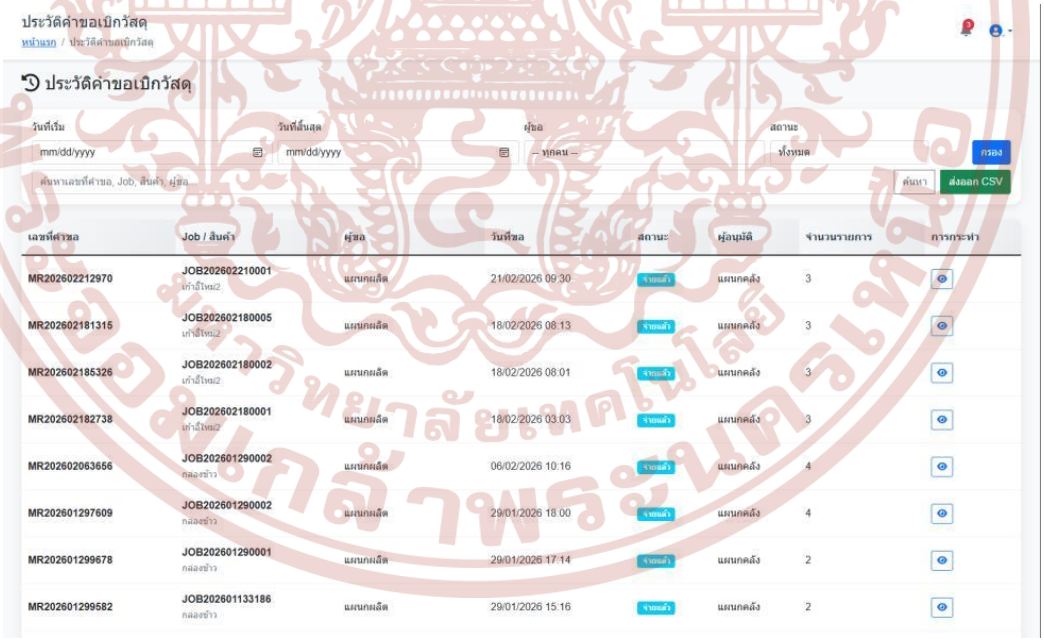
ระบบมีหน้าแดชบอร์ดสำหรับแสดงสถิติและรายงานภาพรวม เช่น ประสิทธิภาพการผลิต รายงานประวัติคำขอเบิกวัสดุ รายงานคำสั่งซื้อ และประวัติการเคลื่อนไหวของสต๊อก (Audit Log) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหารและเพิ่มความโปร่งใสในการดำเนินงาน



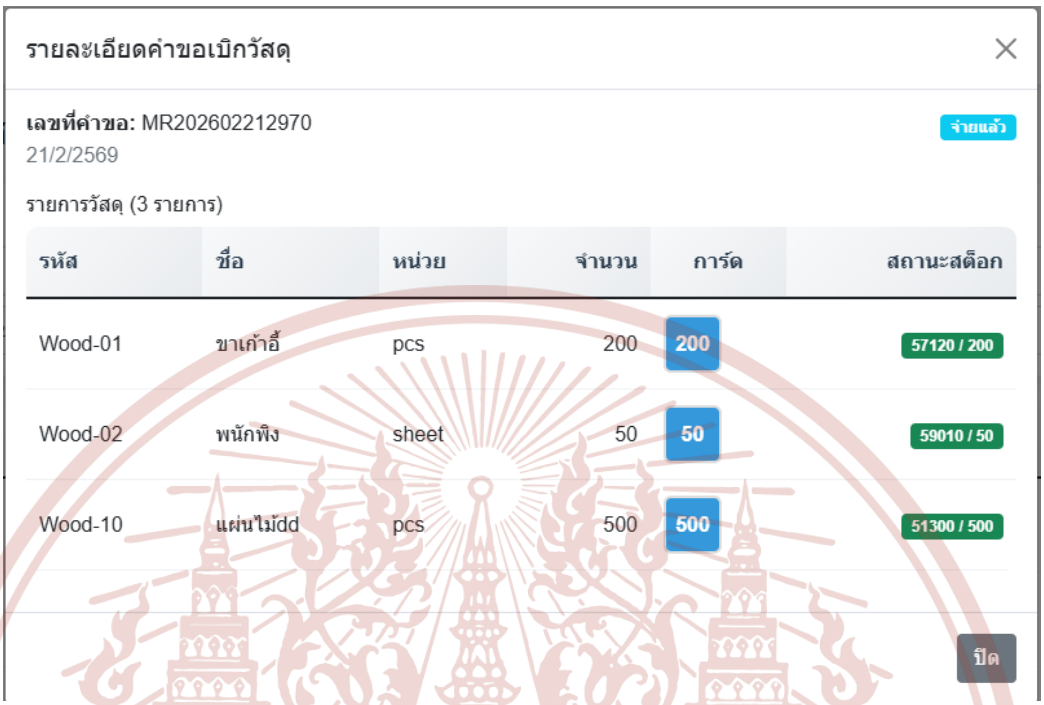
ภาพที่ 4-49 หน้าจอแสดงรายละเอียดผู้ใช้งาน ผู้บริหาร



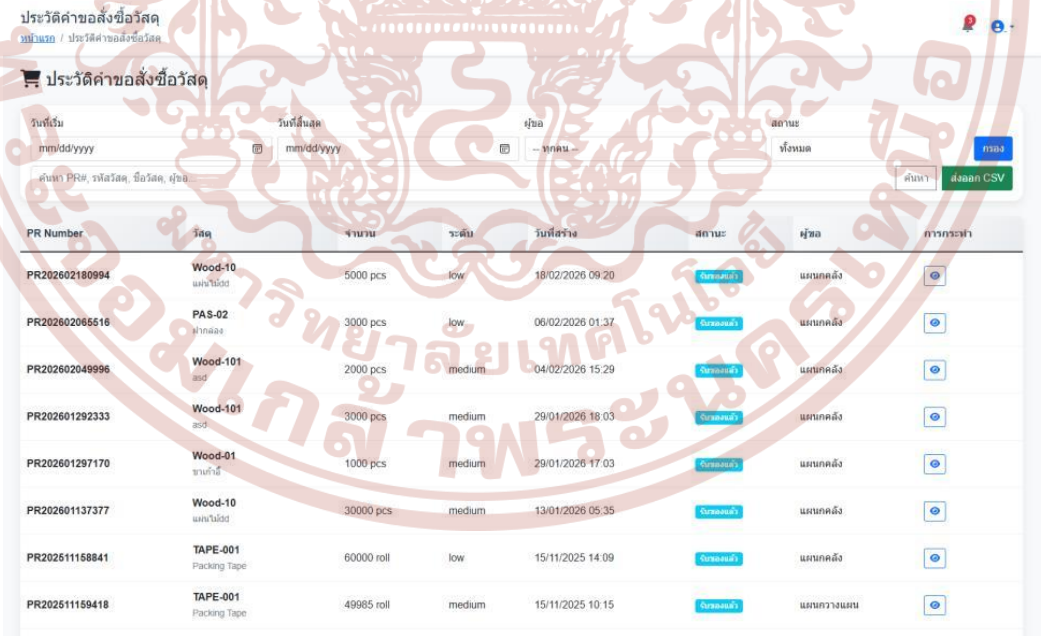
ภาพที่ 4-50 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานสถานการณ์ผลิต



ภาพที่ 4-51 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติคำขอเบิกวัสดุ



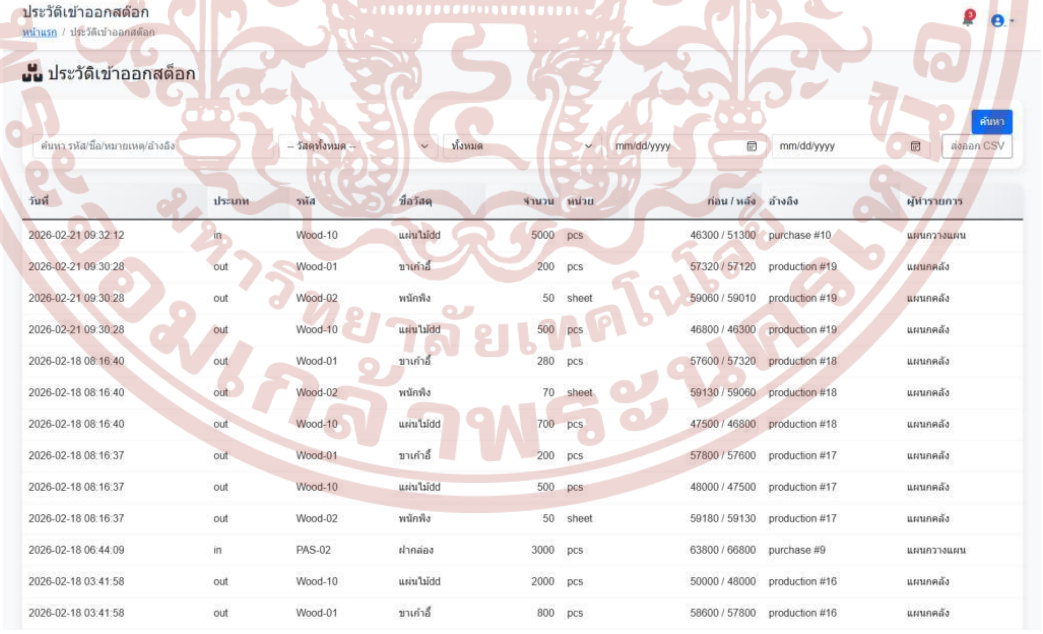
ภาพที่ 4-52 หน้าจอแสดงรายละเอียดการกระทำของคำขอเบิกวัสดุ



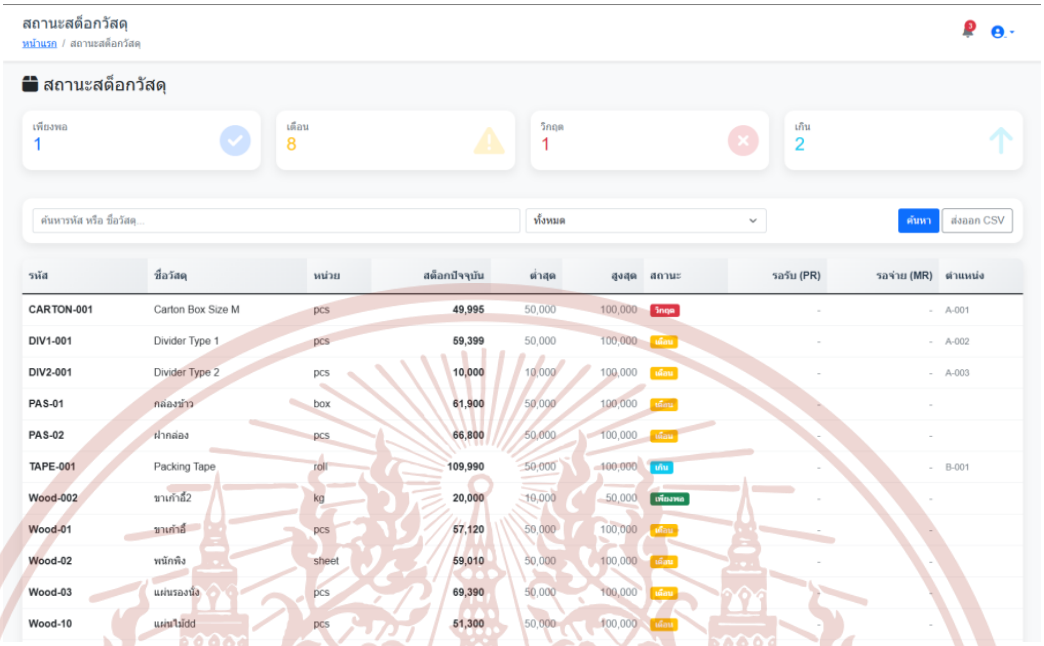
ภาพที่ 4-53 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติคำขอสั่งซื้อวัสดุ



ภาพที่ 4-54 หน้าจอแสดงรายละเอียดการกระทำของคำขอสั่งซื้อ



ภาพที่ 4-55 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานประวัติการเข้าออกสต๊อก



ภาพที่ 4-56 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายงานสถานะสต็อกวัสดุ

4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลัง

จากการนำระบบ e-Kanban ไปทดลองใช้งานจริงในโรงงานกรณีศึกษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าการบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ช่วยลดปัญหาความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เกิดจากการใช้เอกสารและแรงงานคนในระบบเดิม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลังดีขึ้นอย่างชัดเจน

ระบบช่วยลดการใช้ทรัพยากรกระดาษจากค่าเฉลี่ยเดิม 565 กิโลกรัมต่อเดือน เหลือเพียง 90 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 84.07 จากการเปลี่ยนกระบวนการทำงานสู่รูปแบบดิจิทัลแบบไร้กระดาษ (Paperless) ในด้านประสิทธิภาพคลังสินค้า ระบบแจ้งเตือนระดับคงคลังขั้นต่ำและสูงสุด (Min–Max Stock Level) ช่วยให้สามารถวางแผนการเติมวัสดุได้อย่างเหมาะสม ลดการจัดเก็บสต๊อกเกินความจำเป็น ส่งผลให้อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นจาก 4.8 รอบต่อปี เป็น 7.5 รอบต่อปี หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 56.25

นอกจากนี้ ปริมาณการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์ลดลงจาก 690 กิโลกรัมต่อเดือน เหลือ 480 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 30.43 ซึ่งเป็นผลจากการใช้ข้อมูลคงคลังแบบเรียลไทม์และระบบแจ้งเตือนระดับคงคลัง ช่วยลดการสูญเสียจากการหมดอายุหรือการปรับเปลี่ยนรูปแบบฉลาก การเบิกจ่ายที่ผิดพลาด รวมถึงการจัดเก็บเกินความต้องการ ส่งผลให้สามารถเบิกจ่ายวัสดุได้ตรงตามความต้องการของสายการผลิตมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษากรณีของระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบริหารคลังยาในโรงพยาบาลภูเขียวเฉลิมพระเกียรติ โดยพบว่าการนำ ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพใน

หลายด้าน ได้แก่ การลดจำนวนรายการขาด สัดส่วนการได้รับครบตามใบเบิกที่สูงขึ้น ลดมูลค่าคลังยาที่หมดอายุ และเพิ่มอัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (แพรวจิต และคณะ 2569) โดยผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการผลิตแบบลีนที่มุ่งลดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการสนับสนุนการผลิต

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดด้านการจัดการวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์

ตัวชี้วัด	ก่อนใช้งาน	หลังใช้งาน	การเปลี่ยนแปลง
ปริมาณการใช้กระดาษ (กิโลกรัม/เดือน)	565	90	ลดลง 84.07%
อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (รอบ/ปี)	4.8	7.5	เพิ่มขึ้น 56.25%
ปริมาณการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์ (กิโลกรัม/เดือน)	690	480	ลดลง 30.43%

4.3 ผลการวิเคราะห์ด้านกิจกรรมคลังสินค้าและการใช้พลังงานทางอ้อม

ความถูกต้องและความเป็นปัจจุบันของข้อมูลวัสดุคงคลังจากระบบ e-Kanban ช่วยลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Non-value-added Activities) เช่น การค้นหาวัสดุและการเคลื่อนย้ายซ้ำซ้อน รวมถึงลดการจัดเก็บวัสดุเกินความจำเป็น

ผลการประเมินพบว่าชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ขนย้ายวัสดุลดลงจาก 400 ชั่วโมงต่อเดือน เหลือ 330 ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 17.50 ขณะเดียวกัน พื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริงลดลงจาก 1,150 ตารางเมตร เหลือ 980 ตารางเมตร หรือร้อยละ 14.78

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อม โดยพิจารณาจากอัตราการใช้พลังงานของอุปกรณ์ขนย้ายวัสดุ (1.5 kWh/ชั่วโมง) และพื้นที่คลังสินค้า (0.87 kWh/ตารางเมตร) พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมลดลงจาก 1,620 kWh ต่อเดือน เหลือ 1,330 kWh ต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 17.90 การลดชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ขนย้ายวัสดุสะท้อนถึงการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non-value-added Activities) ในคลังสินค้า (Lewczuk, et al., 2021) ซึ่งไม่เพียงช่วยลดการใช้พลังงานทางอ้อม แต่ยังช่วยลดการสึกหรอของอุปกรณ์ ลดภาระงานของพนักงาน และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบโลจิสติกส์ภายในโรงงาน (Rahman and Kirby, 2024)

ตารางที่ 4-2 ค่าตัวแปรสำหรับการคำนวณดัชนีการใช้พลังงานทางอ้อมจากกิจกรรมคลังสินค้าก่อนและหลังการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์

รายการ	ก่อน ใช้งาน	หลัง ใช้งาน	การ เปลี่ยนแปลง
การทำงานอุปกรณ์ขนย้าย (ชั่วโมง/เดือน)	400	330	ลดลง 17.50%
พื้นที่คลังสินค้าที่ใช้งานจริง (ตารางเมตร)	1,150	980	ลดลง 14.78%
การใช้พลังงานทางอ้อม (kWh/เดือน)	1,620	1,330	ลดลง 17.90%

4.4 ผลการวิเคราะห์ด้านการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการลดการใช้ทรัพยากรและพลังงาน ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์มาประเมินในรูปของดัชนีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เพื่อคำนวณศักยภาพการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 3 แหล่งหลัก

การลดการใช้กระดาษจำนวน 5,700 กิโลกรัมต่อปี เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 2.1020 $kgCO_2e$ ต่อกิโลกรัม สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 11,981.40 $kgCO_2e$ ต่อปี

การลดการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์จำนวน 2,520 กิโลกรัมต่อปี เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 1.56 $kgCO_2e$ ต่อกิโลกรัม สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 3,931.20 $kgCO_2e$ ต่อปี

การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมจำนวน 3,480 kWh ต่อปี เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 0.5986 $kgCO_2e$ ต่อ kWh สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2,083.13 $kgCO_2e$ ต่อปี

เมื่อรวมผลจากทั้งสามแหล่ง พบว่าโครงการสามารถช่วยให้องค์กรหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้รวม 17,995.73 $kgCO_2e$ ต่อปี หรือประมาณ 18 tCO_2e ต่อปี ผลการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นอย่างเป็นรูปธรรมว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการระบบคงคลัง ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิตเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนเป้าหมายด้านความยั่งยืน (ESG) และแนวทางความเป็นกลางทางคาร์บอนของภาคอุตสาหกรรมได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์

แหล่งผลกระทบ	ปริมาณที่ลดลง	ปัจจัยการปล่อย (EF)	ลดการปล่อย ($kgCO_2e$/ปี)
การลดการใช้พลังงานทางอ้อม	3,480 kWh/ปี	0.5986 $kgCO_2e$/kWh	2,083.13
การลดการใช้กระดาษ	5,700 kg/ปี	2.1020 $kgCO_2e$/kg	11,981.40
การลดการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์	2,520 kg/ปี	1.56 $kgCO_2e$/kg	3,931.20
รวมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	–	–	17,995.73

4.5 สรุปค่าใช้จ่ายและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สามารถลดได้จากการปรับปรุงระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์

เพื่อให้เห็นผลของการปรับปรุงระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ในเชิงค่าใช้จ่ายอย่างเป็นรูปธรรม การวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงนำเสนอผลลัพธ์ในรูปของมูลค่าเงินที่สามารถลดได้จากการปรับปรุงในแต่ละส่วนของระบบคลังสินค้า โดยพิจารณาทั้งด้านการจัดการสินค้าคงคลัง ต้นทุนการถือครอง และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าทางอ้อมที่เกิดจากกิจกรรมภายในคลังสินค้า เช่น การจัดเก็บ การขนย้าย และการใช้พื้นที่จัดเก็บ วัตถุประสงค์ของการนำเสนอในรูปแบบดังกล่าวเพื่อสะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มอัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลังไม่ได้ส่งผลเฉพาะต่อประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์เท่านั้น แต่ยังช่วยลดภาระด้านต้นทุนและการใช้พลังงานควบคู่กันไป โดยตารางที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังการปรับปรุงระบบจากข้อมูลสมมติซึ่งใช้เป็นกรณีตัวอย่างเพื่ออธิบายแนวโน้มและผลกระทบเชิงระบบ มิได้เป็นข้อมูลค่าใช้จ่ายจริงของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

ส่วนที่ได้รับการปรับปรุง	ก่อนปรับปรุงระบบ	หลังปรับปรุงระบบ	ค่าใช้จ่าย/ผลกระทบที่ลดลง
ต้นทุนการใช้ฉลากบรรจุภัณฑ์	2,500,000 บาท/ปี	2,500,000 บาท/ปี	ไม่เพิ่ม
อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง	4.8 รอบ/ปี	7.5 รอบ/ปี	การหมุนเวียนดีขึ้น
มูลค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ย	520,833 บาท	333,333 บาท	ลดลง 187,500 บาท
ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง	104,167 บาท/ปี	66,667 บาท/ปี	ลดลง 37,500 บาท/ปี
ระยะเวลาการจัดเก็บเฉลี่ย (Days Inventory)	~76 วัน	~49 วัน	ลดลง ~27 วัน
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าทางอ้อมในคลังสินค้า*	23,150 บาท/ปี	14,800 บาท/ปี	ลดลง 8,350 บาท/ปี
การใช้เงินทุนหมุนเวียน	เงินทุนผูกในสต็อกสูง	เงินทุนคล่องตัวขึ้น	ปลดเงินทุน 187,500 บาท

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าทางอ้อมประเมินจากผลของการลดมูลค่าสินค้าคงคลังและระยะเวลาการจัดเก็บ ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมในคลังสินค้า เช่น การใช้แสงสว่าง การขนย้าย และการใช้พื้นที่จัดเก็บลดลง โดยสมมติอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.5 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดเป็นข้อมูลสมมติ ใช้เพื่อแสดงแนวโน้มและการตีความผลลัพธ์ มิได้เป็นข้อมูลจริงของโรงงานกรณีศึกษา

จากตารางสรุปผลข้างต้นจะเห็นได้ว่า การปรับปรุงระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ไม่เพียงช่วยลดมูลค่าสินค้าคงคลังและต้นทุนการถือครองเท่านั้น แต่ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าทางอ้อมในคลังสินค้าได้อีกส่วนหนึ่ง สะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านต้นทุนพลังงาน และการใช้ทรัพยากรโดยรวมของระบบคลังสินค้า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงงานได้อย่างครบถ้วน โดยสามารถสรุปผลลัพธ์ที่สำคัญได้ดังนี้

5.1.1 ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทดแทนการใช้การ์ดคัมบังแบบกระดาษและกระบวนการบันทึกข้อมูลแบบแมนนวลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผนกต่าง ๆ แบบเรียลไทม์ ระบบประกอบด้วยฟังก์ชันสำคัญ ได้แก่ การคำนวณความต้องการวัสดุอัตโนมัติจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (BOM) ระบบแจ้งเตือนเมื่อปริมาณวัสดุคงคลังถึงระดับขั้นต่ำ (Min Stock Level) และแดชบอร์ดสำหรับผู้บริหารในการติดตามภาพรวมการผลิตและสถานะวัสดุคงคลัง ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยแรงงานคนและเพิ่มความโปร่งใสในการจัดการข้อมูล

5.1.2 ด้านประสิทธิภาพการจัดการวัสดุคงคลัง

การบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเบิกจ่ายและควบคุมวัสดุ ส่งผลให้อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นจาก 4.8 เป็น 7.5 รอบต่อปี ลดการใช้กระดาษลงได้ ร้อยละ 84.07 และลดการสูญเสียวัสดุฉลากบรรจุภัณฑ์ลงได้ ร้อยละ 30.43 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.1.3 ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ความถูกต้องของข้อมูลวัสดุคงคลังช่วยลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า เช่น การขนย้ายวัสดุซ้ำซ้อนและการใช้พื้นที่คลังสินค้าเกินจำเป็น ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมลดลง ร้อยละ 17.90 เมื่อพิจารณาผลรวมจากการลดการใช้กระดาษ การลดการสูญเสียวัสดุ และการลดการใช้พลังงานทางอ้อม พบว่าระบบสามารถสนับสนุนการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้รวมประมาณ 18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ($tCO_2e/year$)

ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่า การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการสนับสนุนการผลิต ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานขององค์กรเท่านั้น แต่ยังสามารถเชื่อมโยงไปสู่การบริหารจัดการด้านพลังงานและความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรจัดทำคู่มือการใช้งานและจัดการฝึกอบรมบุคลากรในทุกแผนก เพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการทำงานใหม่และสามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.2 ควรมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ตัวชี้วัดสำคัญ เช่น ระยะเวลาในการเบิกจ่ายวัสดุ ความถี่ของการเกิดภาวะสินค้าขาดสต๊อก และแนวโน้มการใช้วัสดุ เพื่อปรับระดับสต๊อกให้เหมาะสมกับสภาพการผลิตจริง

5.2.3 ในมิติด้านความยั่งยืน ข้อมูลการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากระบบสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดทำบัญชีคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร และรายงานความยั่งยืน (ESG) เพื่อสนับสนุนเป้าหมายด้านความเป็นกลางทางคาร์บอนขององค์กรในอนาคต

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บรรณานุกรม

จิราวรรณ เนียมสกุล. การปรับปรุงกระบวนการทำงานภายในคลังสินค้าเพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลสินค้าคงคลัง: กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์แห่งหนึ่ง. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี, ปีที่ 21 ฉบับที่ 4 ตุลาคม–ธันวาคม 2568, หน้า 197–212.

แพรวจิต ฤทธิ์ไธสง, นุศราพร เกษสมบูรณ์ และวัชราวุธ หงอกภิลัย. การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์ในการจัดการคลังยาของโรงพยาบาลภูเขียวเฉลิมพระเกียรติ. วารสารเภสัชกรรมไทย, ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม–มีนาคม 2569, หน้า 19–35.

ชุติเดช มั่นคงธรรม และชณิชา หมอยาดี. การสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม–ธันวาคม 2566, หน้า 115–129.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor CFP) กรกฎาคม 2565. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://thaicarbonlabel.tgo.or.th

Becerra, P., Mula, J., & Sanchis, R. (2022). Sustainable inventory management in supply chains: Trends and further research. Sustainability, 14, 2613.

Dwijayanto, M. R., & Irjayanti, M. (2025). Analysis of lean manufacturing efficiency and effectiveness using a digital Kanban system. ASEAN International Journal of Business, 5(1), 52–65.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, pp. 35–115.

Lewczuk, K., Kłodawski, M., & Gepner, P. (2021). Energy consumption in a distributional warehouse: A practical case study for different warehouse technologies. Energies, 14, 2709.

Younes, S., Adedokun, M. W., Alzubi, A. B., & Aljuhmani, H. Y. (2025). Impact of supply chain management on energy transition and environmental sustainability: The role of knowledge management and green innovations. Sustainability, 17, 9249.

CarbonCloud. (ไม่ปรากฏปี). Kraft paper packaging, direct solid food contact: Labeling paper climate footprint. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2568 จาก https://apps.carboncloud.com

Bayır, E., Bulca, M., Selim, S., Karabulut, E., Özçetin, K. N., & Kılıç, B. (2022). Research the impact of the electronic Kanban system on the performance of manufacturing processes developed with the digital transformation approach. Orclever Proceedings of Research and Development, 1(1), 82–93.

Molina-Besch, K., Wikström, F., & Williams, H. (2019). The environmental impact of packaging in food supply chains—Does life cycle assessment of food provide the full picture? The International Journal of Life Cycle Assessment, 24, 37–50.

Rahman, M. A., & Kirby, E. D. (2024). The lean advantage: Transforming e-commerce warehouse operations for competitive success. Logistics, 8(4), 129.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวชนิดา อัมรี
ชื่อวิทยานิพนธ์	: การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของวัสดุคงคลังฉลากบรรจุภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติ	เกิดวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ.2538 ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ