



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรในกระบวนการผลิต : กรณีศึกษา โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์

Development of programs for machine maintenance system in the production process : a case study of Kraft paper manufacturing

ธิติพันธ์ เกษกาญจน์* กิตติชัย อธิกุลรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถนนประชาชื่น 1 แขวง
วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Thitipan Ketkran* Kittichai Athikulrat

Department of Materials Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology
North Bangkok, Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok, Thailand, 10800

* Corresponding author.

E-mail: Thitipanketkran@gmail.com; Telephone: 0-61581-3999

วันที่รับบทความ 1 กุมภาพันธ์ 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 18 มีนาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 24 พฤษภาคม 2565

วันที่ตอบรับบทความ 2 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโรงงานผลิตกระดาษคราฟท์ การศึกษาพบว่า เวลาซ่อมเครื่องจักรจากการชำรุดกะทันหัน ในกระบวนการผลิตใช้เวลานาน ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและยังไม่มีแผนงานการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ดังนั้นจึงได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ให้กับสายการผลิต STOCK คือ เครื่องจักร Hydra Pulper และสายการผลิต PAPER คือ เครื่องจักร Wire Section โดยนำหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้อง (MTBF) และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) สำหรับวางแผนการเปลี่ยนอะไหล่ก่อนการเกิดเหตุขัดข้อง เพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมสำหรับการใช้งานอยู่เสมอ โดยดัชนีความพร้อมใช้งาน (Availability) ของเครื่องจักรได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร สามารถสร้างแผนงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร Hydra Pulper ค่า MTBF สูงขึ้นจากเดิม 13,938 นาฬิกา เป็น 22,347 นาฬิกา ค่า MTTR ลดลงจากเดิม 78 นาฬิกา เป็น 53 นาฬิกา และเครื่องจักร Wire Section ค่า MTBF สูงขึ้นจากเดิม 19,081.8 นาฬิกา เป็น 22,371.2 นาฬิกา ค่า MTTR ลดลงจากเดิม 30.9 นาฬิกา เป็น 28.8 นาฬิกา ซึ่งทำให้อัตราการเสียของเครื่องจักรลดลง จึงมีความพร้อมใช้งานตลอดเวลา

คำสำคัญ

การวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์ ระบบการจัดการงานซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์

Abstract

The objective of this study was to develop a maintenance planning program which is used for machines in a kraft paper factory. The study found that it takes a long time to repair the machines which are suddenly broken down in the production process. This affects the production process and there has not been a preventive maintenance plan. Therefore, the preventive maintenance planning programs have been developed to maintain Hydra machines of STOCK production

line and to maintain Wire Section machines of PAPER production line. Applying the preventive maintenance principle is to find the mean time between failures (MTBF) and the mean time to repair (MTTR) for planning to replace parts of machines before the failure point occurs and machines are always ready for production. The machine availability index is in the defined target which is not less than 80%. The findings indicated that the maintenance planning program is able to create the preventive maintenance planning program for Hydra Pulper machines and Wire Section machines. For Hydra Pulper machines, MTBF increased from 13,938 minutes to 22,347 minutes and MTTR decreased from 78 minutes to 53 minutes. For Wire Section machines, MTBF increased from 19,081.8 minutes to 22,371.2 minutes and MTTR decreased from 30.9 minutes to 28.8 minutes. It results in reducing the rate of machine breakdown. Therefore, the machines are always available for production.

Keywords

Machinery maintenance plan; preventive maintenance; Kraft paper factory; computerized maintenance management system

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และมีการแข่งขันกันอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีหลากหลายมากขึ้น ทั้งด้านคุณภาพ มาตรฐานสินค้า การขนส่งและการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาเป็นอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต และสามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นเพื่อให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภค ประกอบกับปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายนำประเทศไทยก้าวเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 ซึ่งเป็นการพัฒนาเปลี่ยนเศรษฐกิจจากรูปแบบเดิมที่เป็นอุตสาหกรรมหนักไปสู่เศรษฐกิจยุคใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยรายละเอียดส่วนหนึ่งคือการวิจัยและพัฒนาคลัสเตอร์ดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว [1] ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิต คือ เครื่องจักร (Machine) เมื่อมีปริมาณความต้องการสินค้าเพิ่มมากขึ้น เครื่องจักรก็จะทำงานหนักต่อเนื่องไม่มีการหยุดพัก อย่างไรก็ตามเครื่องจักรมีขีดความสามารถในด้านอายุการใช้งาน โดยเฉพาะชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่อาจเกิดการเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหายจากการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานานย่อมส่งผลให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรสั้นลง รวมถึงประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลงไปด้วย ถึงแม้จะมีการควบคุมดูแลซ่อมบำรุงเครื่องจักรแล้วก็ตาม แต่ปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรยังคงเกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย ทั้งนี้ระบบการจัดการงานซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized

Maintenance Management System : CMMS) โดยใ้การควบคุมระบบ หรือซอฟต์แวร์ที่มีหน้าที่ในการสนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุงโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการ [2] ซึ่งระบบของ CMMS มีบทบาทในการจัดการงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเครื่องจักรจำเป็นต้องได้รับการดูแลเพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลาและระบบงานซ่อมบำรุงของโรงงานที่มีขนาดใหญ่จะมีความซับซ้อน ดังนั้นการนำระบบของ CMMS ไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อลดเวลาการขัดข้องของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตตัวรีเลย์ [3] ได้ศึกษาและจัดระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในส่วน of เครื่องจักรผลิตตัวรีเลย์ โดยได้พัฒนาวิธีการทำงานของฝ่ายซ่อมบำรุง เพื่อเข้ามาช่วยในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยให้ทุกคนมีส่วนร่วม ผลการวิจัยอัตราการขัดข้องของเครื่องจักรลดลงร้อยละ 69.07 และอัตราการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.01 การวิจัยเรื่องการบริหารการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อลดอัตราการเสียของอุปกรณ์เชื่อมต่อในสายการผลิตกล้องถ่ายภาพดิจิทัลกรณีศึกษา โรงงานผลิตกล้องถ่ายภาพดิจิทัล [4] ได้ศึกษาระบบการซ่อมบำรุงของโรงงานผลิตกล้องถ่ายภาพดิจิทัล โดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อวิเคราะห์แก้ไขปัญหาในระบบงานซ่อมบำรุง ผลการวิจัยพบว่าเวลาหยุดการทำงาน of เครื่องจักรจากการขัดข้องของอุปกรณ์เชื่อมต่อดิจิทัลในสายการผลิตกล้องดิจิทัลลดลง ซึ่งก่อน

ปรับปรุงมีเวลาสูญเสียเฉลี่ย 2,788 นาที คิดเป็น 46.47 ชั่วโมง หลังการปรับปรุงมีเวลาสูญเสียเฉลี่ย 547 นาที คิดเป็น 9.12 ชั่วโมง โดยคิดเฉลี่ย 3 เดือน ในส่วนงานวิจัยการลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยการประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสปริง [5] ได้ศึกษาเหตุขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตสปริง โดยมีการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันในการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและหาค่าระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้อง ผลการวิจัย จำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรลดลงร้อยละ 14.28 และระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 42.01 งานวิจัยเรื่องการบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องดื่ม [6] ได้ศึกษาปัญหาการขัดข้องและความเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างการผลิต โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการบำรุงรักษาตามสภาพเพิ่มค่าอัตราการเดินเครื่องจักร (Machine Availability) ของกระบวนการผลิต ผลการวิจัยพบว่าภายหลังจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าความพร้อมการใช้งานเครื่องจักร (Machine Availability) 84.57% ต่อเดือน เป็น 96.45% ต่อเดือน ค่าเวลาเฉลี่ยการซ่อมแซม (Mean Time to Repair : MTTR) ลดลง 20.06 ชั่วโมงต่อเดือน เป็น 4 ชั่วโมงต่อเดือน ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (Mean Time Between Failures : MTBF) ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 101.12 ชั่วโมงต่อเดือน เป็น 121.12 ชั่วโมงต่อเดือน สำหรับงานวิจัยสำหรับการพัฒนาระบบการซ่อมบำรุงกรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ในจังหวัดฉะเชิงเทรา [7] ได้ศึกษาปัญหาการซ่อมบำรุงเครื่องจักรจากการหยุดกะทันหันในหน่วยงานเป่าของแผนกพลาสติกใช้เวลาซ่อมเครื่องจักรนาน ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และไม่มีแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลการวิจัยได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในหน่วยงานเป่าของแผนกพลาสติก โดยการประยุกต์นำหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM) พบว่าค่าเวลาเฉลี่ยในการเกิดเหตุขัดข้อง (MTBF) เพิ่มขึ้นจาก 1,483.92 ชั่วโมง เป็น 2,522.16 ชั่วโมง และระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (MTTR) ลดลงจาก 26.63 ชั่วโมง เป็น 0 ชั่วโมง และยังสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรจากเดิมร้อยละ 66.52 เป็นร้อยละ 82.46 จากการศึกษางานวิจัยจะ

เห็นได้ว่าการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร และการพัฒนาระบบซ่อมบำรุงจะมีการมุ่งเน้นในส่วนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีการประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาระบบการซ่อมบำรุงในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผลิตกระดาษkraft (Kraft Paper) พบว่าปัญหาระบบการผลิต ขั้นตอนการปั่นเยื่อกระดาษใช้เครื่องจักร Hydra Pulper มีการหยุดกะทันหัน สาเหตุเกิดจากลูกปืนชุดใบกวนเสีย และขั้นตอนการขึ้นรูปใช้เครื่องจักร Wire Section มีการหยุดกะทันหัน สาเหตุเกิดจากลูกปืนเฟืองขับเสีย ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวมีความสำคัญเนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษายังไม่มีการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร และการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรจะซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุดขัดข้องเท่านั้น ลักษณะของเครื่องจักร Hydra Pulper และ เครื่องจักร Wire Section ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 เครื่องจักร Hydra Pulper



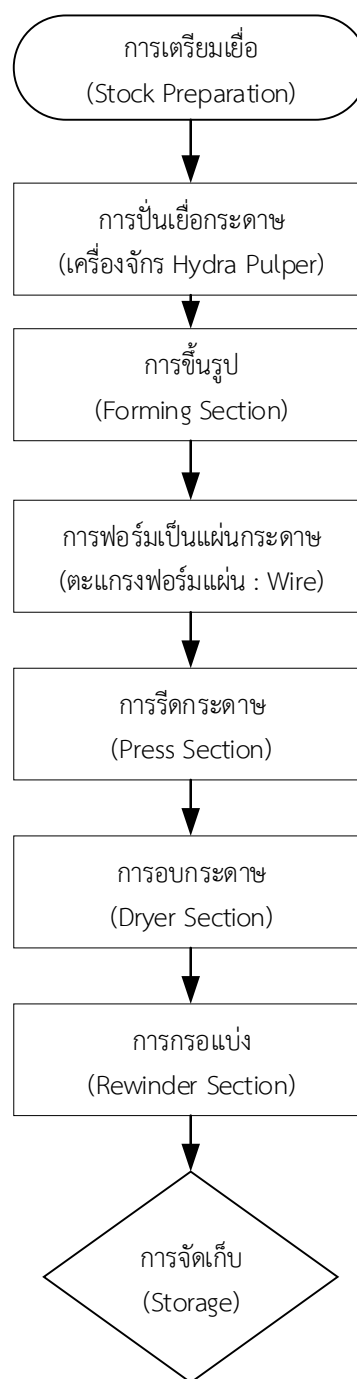
รูปที่ 2 เครื่องจักร Wire Section

ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเป็นกระดาษคราฟท์หรือกระดาษเหนียว ซึ่งใช้เป็นวัสดุสำหรับการบรรจุ โดยเฉพาะในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูกและหีบห่อใช้สำหรับบรรจุสินค้าเพื่อการขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper)

กระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์ มีลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4 จากที่กล่าวมาข้างต้น เครื่องจักรทั้ง 2 มีความสำคัญมาก เนื่องด้วยเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง และอยู่ลำดับขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิต เมื่อเกิดการหยุดกะทันหัน (Breakdown) ของเครื่องจักรนี้ ทำให้ขั้นตอนของกระบวนการผลิตลำดับถัดไปต้องหยุดด้วย



รูปที่ 4 กระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อลดจำนวนครั้งของการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักร ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้นำ CMMS มาประยุกต์ร่วมกับระบบสารสนเทศสนับสนุนงานวางแผนซ่อมบำรุง เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาสามารถแจ้งเตือนและช่วยลด

ระยะเวลาหาเอกสารงานซ่อมบำรุง เวลาเฉลี่ยการเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure : MTBF) เวลาเฉลี่ยการซ่อมบำรุง (Mean Time To Repair : MTTR) ระบบการจัดการงานซ่อมบำรุงที่ประยุกต์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (CMMS) ด้านการบำรุงรักษาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้น ขณะเดียวกันก็ต้องการความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ เพื่อช่วยการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยการประยุกต์ใช้ระบบคอมพิวเตอร์นั้นมีวัตถุประสงค์สำหรับการเก็บข้อมูลงานซ่อมบำรุงและใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับงานวางแผนซ่อมบำรุง [8] การพัฒนาระบบการจัดการซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อรวบรวม จัดเก็บ และบริหารจัดการงานซ่อมบำรุง ทั้งนี้สามารถช่วยในการค้นหาข้อมูลงานซ่อมบำรุงได้ สะดวก รวดเร็วและยังลดเวลาของการซ่อมบำรุง รวมทั้งยังสามารถประเมินความสามารถของเครื่องจักรผ่าน ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) และสำหรับการตรวจสอบปริมาณอะไหล่ซ่อมบำรุง ของระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงโปรแกรมได้ด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ และระบบการแจ้งเตือนผ่านระบบจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) [9]

2. วิธีการวิจัย

ศึกษาข้อมูลในฝ่ายผลิตกระดาษคราฟต์แนวทางในการพัฒนาระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักร มุ่งเน้นในส่วนของการวางแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนอะไหล่ (Part Replacement : PR) โดยประยุกต์ใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยบริหารจัดการงานซ่อมบำรุง (CMMS) ร่วมกับระบบสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินงานซ่อมบำรุง ซึ่งจะเป็ระบบการแจ้งเตือนข้อความไปยังแผนกซ่อมบำรุงและผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุงเพื่อให้ดำเนินการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนของเครื่องจักร-อุปกรณ์ที่ผ่านการใช้งานตามที่กำหนดไว้ออก และนำอะไหล่หรือชิ้นส่วนใหม่ใส่เข้าไปแทนที่เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักร-อุปกรณ์จะอยู่ในสภาพดี สามารถใช้งานต่อไปโดยไม่เกิดปัญหา จนครบรอบกำหนดการถอดเปลี่ยนอะไหล่ครั้งต่อไป

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงดำเนินการศึกษารวบรวมข้อมูลและความต้องการจากผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับผู้บริหารฝ่ายผลิตระดับหัวหน้างาน จนถึงระดับผู้ปฏิบัติงาน และเมื่อทราบความต้องการของระบบวางแผนงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (PM) โดยการประยุกต์ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาระบบการจัดการงานซ่อมบำรุงสำหรับบริษัทกรณีศึกษา โดยมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 5

2.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ทำการวางแผนการดำเนินงานและกำหนดรูปแบบการดำเนินงานการพัฒนากระบวนการจัดการงานซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ ดำเนินการทดสอบข้อมูลตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ประเมินผลการใช้งานโปรแกรมวางแผนการซ่อมบำรุง และระบบฐานข้อมูลของงานซ่อมบำรุง สรุปผลการดำเนินงาน

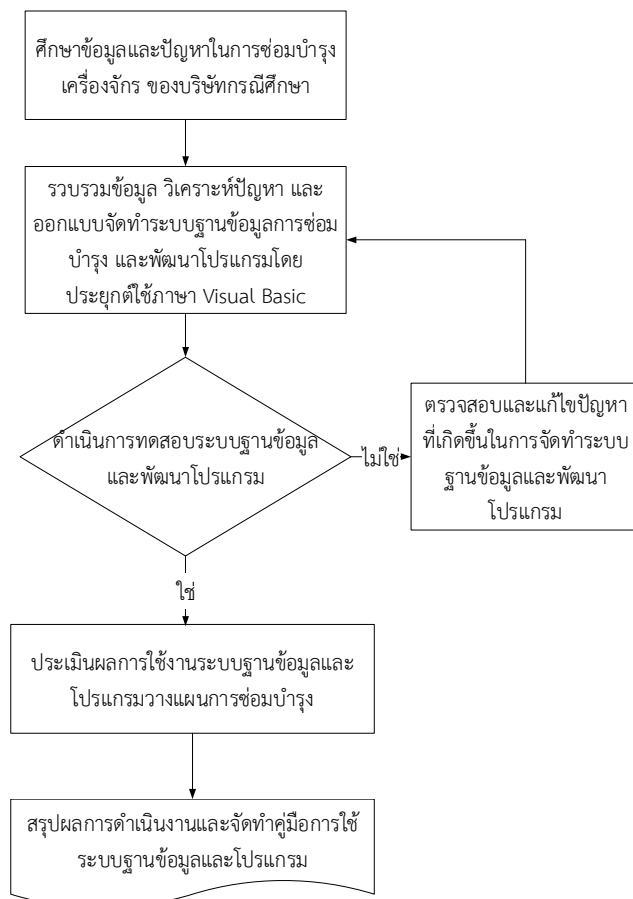
2.1.1 ศึกษาข้อมูลของกระบวนการจัดการงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรก่อนปรับปรุงดำเนินการศึกษาขั้นตอนกระบวนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบัน ตั้งแต่การแจ้งซ่อมเครื่องจักร การวิเคราะห์ข้อมูลการซ่อมบำรุง บันทึกข้อมูลอะไหล่หรือชิ้นส่วนสำหรับการซ่อมบำรุง บันทึกเวลาการซ่อมบำรุง เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนกระบวนการซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง ในกระบวนการผลิตกระดาษคราฟต์ของบริษัทกรณีศึกษา

2.1.2 รวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ปัญหากระบวนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในปัจจุบัน การเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของบริษัทกรณีศึกษา สำหรับการพัฒนากระบวนการจัดการงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยการประยุกต์ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงรวมทั้งข้อมูลสถิติของการแจ้งซ่อมบำรุงเครื่องจักรและข้อมูลอะไหล่หรือชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับการซ่อมบำรุง สำหรับการวัดผล โดยวิธีการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการซ่อมบำรุง เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของระบบการแจ้งเตือนสำหรับงานซ่อมบำรุง รวมถึงระบบรายงานผลการแจ้งการซ่อมบำรุง

2.1.3 การปรับปรุงกระบวนการแจ้งซ่อมบำรุง โดยนำข้อมูลความต้องการของระบบการแจ้งเตือน สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรวิธีใหม่ ซึ่งได้ออกแบบกระบวนการซ่อมบำรุงพร้อมนำเสนอผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบงานซ่อมบำรุง

2.1.4 การพัฒนาโปรแกรม การออกแบบโครงสร้างระบบข้อมูลให้สอดคล้องกับความต้องการและระบบการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Visual Basic 6 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม และสร้างระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดการเกี่ยวกับงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งประยุกต์ระบบให้มีคุณสมบัติออนไลน์ โดยใช้เครือข่ายไร้สายผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับแจ้งเตือนข้อความอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทาง LINE Notify รวมทั้งยังสามารถพิมพ์รายงานการใช้งานของเครื่องจักรเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปวางแผนดำเนินการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันต่อไป

2.1.5 สรุปผล การนำโปรแกรมวางแผนการซ่อมบำรุงไปใช้งาน โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ 5 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.2 การวิเคราะห์ปัญหาการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

การวิเคราะห์ปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ในกระบวนการผลิต เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2563 พบว่าเครื่องจักร Hydra Pulper เกิดจากลูกปืนชุดใบกวนเสีย เวลาซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง เท่ากับ 1,170 นาที และเครื่องจักร Wire Section เกิดจากลูกปืนชุดเฟืองขับเสีย เวลาซ่อมบำรุงก่อนปรับปรุง เท่ากับ 340 นาที สำหรับค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง และค่าดัชนีความพร้อมใช้งาน คำนวณได้ดังนี้

1. เวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (Mean Time Between Failures: MTBF)

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n BF_i}{n} \quad (1)$$

โดยที่ $MTBF$ คือ ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด

BF_i คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน

n คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

2. เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (Mean Time To Repair: MTTR)

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (2)$$

โดยที่ $MTTR$ คือ ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด

T_i คือ ระยะเวลาที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร

n คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

3. ค่าดัชนีความพร้อมการใช้งาน (Availability)

$$A = \frac{O}{L} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ A คือ ค่าดัชนีความพร้อมใช้งาน

O คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงาน

L คือ เวลาให้บริการงาน

สำหรับการหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ข้อมูลก่อนปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดขัดข้อง และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง ของเครื่องจักร Hydra Pulper และเครื่องจักร Wire Section ก่อนปรับปรุง เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2563

เครื่องจักร	ก่อนปรับปรุง				
	เวลาทำงาน (นาท)	เวลาซ่อม (นาท)	ชำรุด (ครั้ง)	MTBF (นาท)	MTTR (นาท)
Hydra Pulper	210,240	1,170	15	13,938	78
Wire Section	210,240	340	11	19,081.8	30.90

จากตารางที่ 1 ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดของเครื่องจักร Hydra Pulper ก่อนปรับปรุง เท่ากับ 13,938 นาท

ตารางที่ 2 เครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่พบปัญหาการชำรุดเสียหายมากที่สุด ตั้งแต่ เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2563

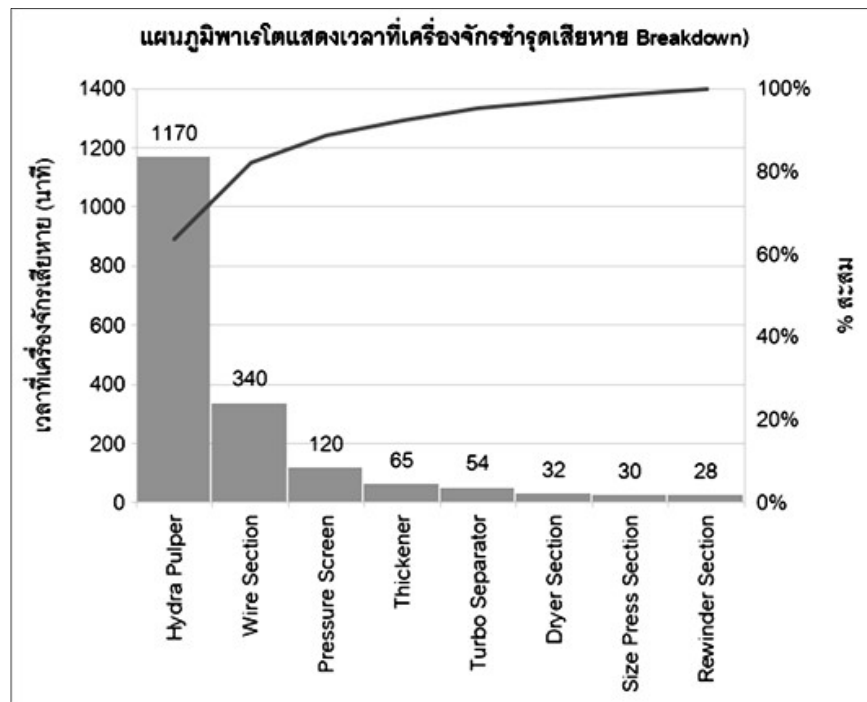
ลำดับที่ No.	ประเภทเครื่องจักร (Machine Type)	เวลาที่เครื่องจักรเสีย (นาท) (Breakdown Time)	ความถี่การชำรุด (ครั้ง)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
1	Hydra Pulper	1,170	15	63.62	63.62
2	Wire Section	340	11	18.49	82.11
3	Pressure Screen	73	3	3.97	86.08
4	Thickener	65	1	3.53	89.61
5	Turbo Separator	54	2	2.94	92.55
6	Pressure Screen	47	1	2.56	95.11
7	Dryer Section	32	1	1.74	96.85
8	Size Press Section	30	1	1.63	98.48
9	Rewinder Section	28	1	1.52	100.00
รวม		1,839	36	100%	-

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร Hydra Pulper และเครื่องจักร Wire Section ด้วยแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เนื่องจากสาเหตุปัญหาการชำรุดของเครื่องจักรทั้งสอง มีสาเหตุส่วนใหญ่คล้ายกัน

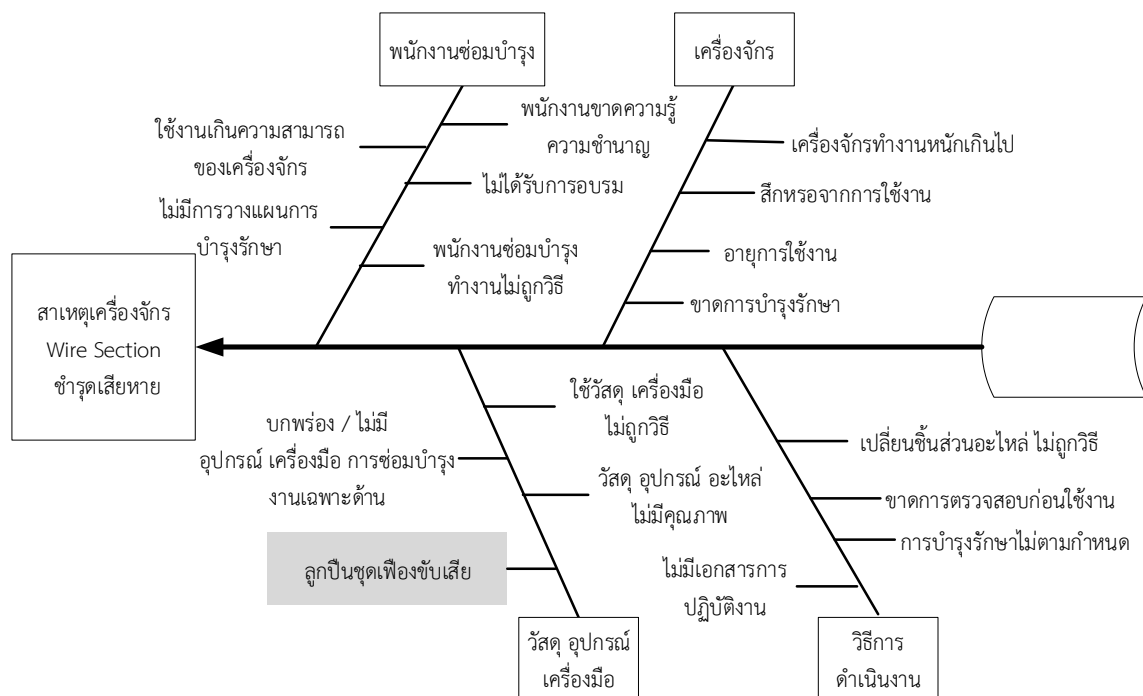
และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักร Hydra Pulper เท่ากับ 78 นาท ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดของเครื่องจักร Wire Section ก่อนปรับปรุงเท่ากับ 19,081.8 นาท และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักร Wire Section เท่ากับ 30.90 นาท

ปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร Hydra Pulper และเครื่องจักร Wire Section เกิดจากลูกปืนชำรุดเสียหายเนื่องจากอายุการใช้งานตามระยะเวลา สำหรับข้อมูลเวลาที่เครื่องจักรเสียจากการชำรุดกะทันหัน และความถี่จากการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าเครื่องจักร Hydra Pulper เวลาการชำรุดเสียหาย 1,170 นาท หรือ 63.62% และเครื่องจักร Wire Section เวลาการชำรุดเสียหาย 340 นาท หรือ 18.49% ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวเป็นเครื่องจักรที่มีความถี่ของการชำรุดสูงสุด โดยส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตกระดาษคราฟท์ และเพื่อแสดงให้เห็นจำนวนของเวลาการหยุดเครื่องจักร ด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสาเหตุของการเสื่อมสภาพของลูกปืนเกิดจากการใช้งาน

แตกต่างกันเฉพาะชุดของลูกปืน จึงขอยกตัวอย่าง การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เฉพาะเครื่องจักร Wire Section ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโตแสดงเวลาที่เครื่องจักรชำรุดเสียหาย ตั้งแต่ เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2563



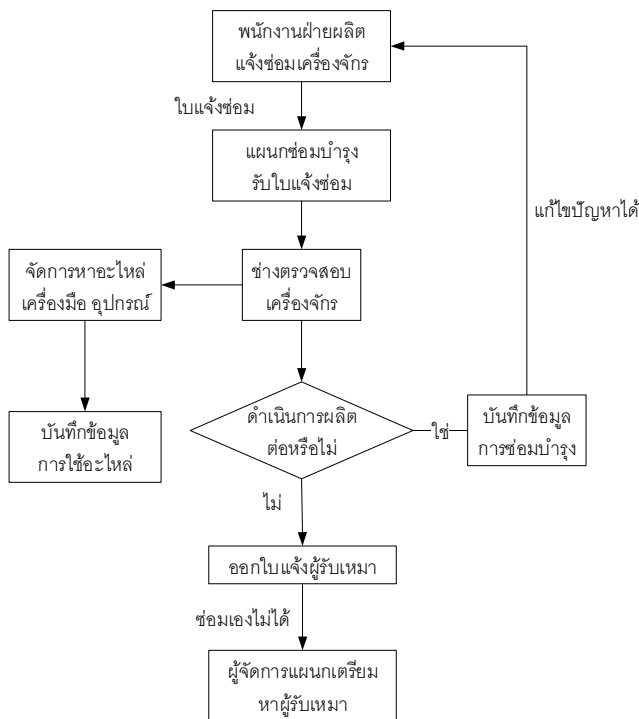
รูปที่ 7 แผนผังก้างปลาสำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุการชำรุดเสียหายของเครื่องจักร Wire Section

จากรูปที่ 7 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผัง
ก้างปลา โดยการระดมสมองร่วมกับผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้จัดการ
ฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายผลิต วิศวกรซ่อมบำรุง เพื่อค้นหาสาเหตุ
ของปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

3.1.1 ผลการศึกษาข้อมูลและกระบวนการจัดการงานซ่อม
บำรุงเครื่องจักรของบริษัทผลิตกระดาษคราฟท์ ที่สามารถ
เขียนเป็นแผนผังกระบวนการซ่อมบำรุง ก่อนปรับปรุง ดังแสดง
ในรูปที่ 8



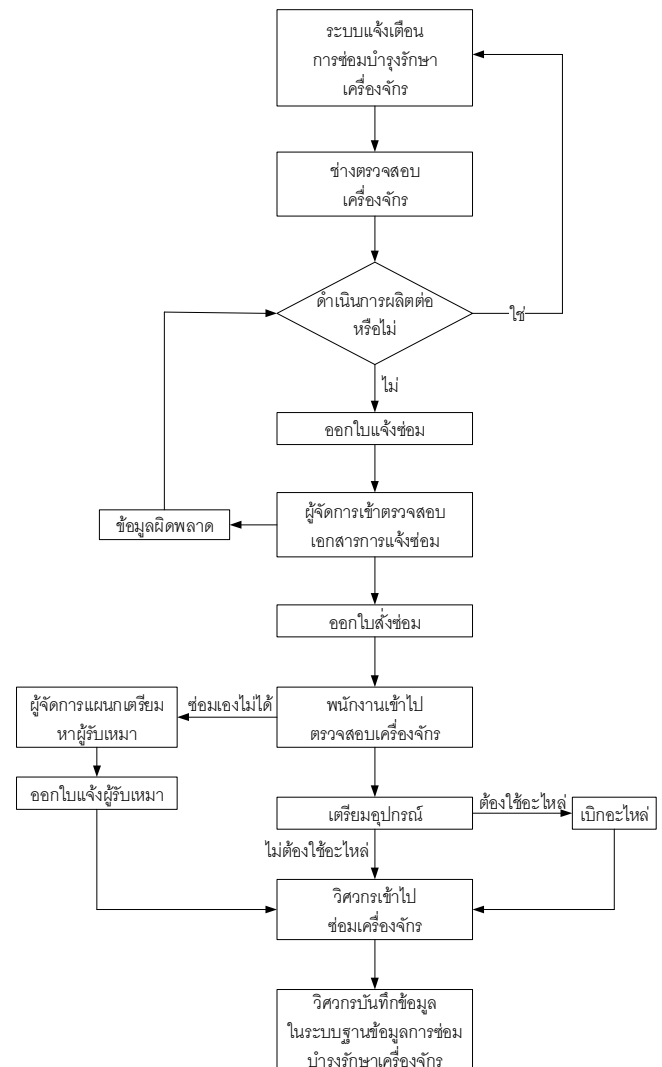
รูปที่ 8 แผนผังของกระบวนการซ่อมบำรุง ก่อนการปรับปรุง

3.1.2 ผลการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาการซ่อม
บำรุงเครื่องจักร ร่วมกับทางผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายผลิต หัวหน้า
ฝ่ายซ่อมบำรุง วิศวกรซ่อมบำรุง วิศวกรซ่อมบำรุง โดยรวบรวม
ความต้องการจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรม เพื่อ
สรุปความต้องการของระบบวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่
ต้องการ ซึ่งสรุปความต้องการข้อมูลระบบดังแสดงในตารางที่

3 และแผนผังกระบวนการซ่อมบำรุง หลังปรับปรุง ดังแสดงใน
รูปที่ 9

ตารางที่ 3 สรุปความต้องการของข้อมูลระบบวางแผนซ่อมบำรุง

ระดับบริหาร	ระดับหัวหน้างาน	ระดับพนักงาน
1. สถิติการซ่อมบำรุง เครื่องจักร	1. ข้อมูลการซ่อม บำรุง ชิ้นส่วนหรืออะไหล่	1. ระบบแจ้งเตือนการ ซ่อมบำรุงเครื่องจักร
2. ประสิทธิภาพ	2. รายงานการซ่อม บำรุงเครื่องจักร	2. ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ สำหรับการซ่อมบำรุง



รูปที่ 9 แผนผังของกระบวนการซ่อมบำรุง หลังการปรับปรุง

3.1.3 ผลการศึกษาการพัฒนาโปรแกรมโปรแกรมวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ออกแบบไว้เพื่อให้ผู้ใช้งาน ได้แก่ ฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุง ได้ทำการบันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรในการผลิตกระดาษคราฟท์ พร้อมทั้งบันทึกประวัติข้อมูลการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรแต่ละประเภท โดยเครื่องจักร Hydra Pulper และเครื่องจักร Wire Section ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่เกิดปัญหาการชำรุดเสียหายมากที่สุด สำหรับในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร 2 ประเภทนี้ พร้อมกับบันทึกประวัติการซ่อม การเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ ลงในระบบฐานข้อมูลของการซ่อมบำรุงเพื่อให้สามารถดำเนินการวางแผนซ่อมบำรุงในครั้งต่อไปได้อย่างถูกต้อง

การออกแบบโปรแกรมสำหรับวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษา โดยแบ่งโครงสร้างของโปรแกรมวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร ให้มีคำสั่งการใช้งานโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 หน้าจอการใส่ Username และ Password เพื่อเข้าสู่ระบบ

หน้าจอเมนูหลักประกอบไปด้วย 8 เมนู การทำงานตามรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 11

1. เมนูบันทึกการทำงานของเครื่องจักร
2. เมนุรายงานการใช้เครื่องจักร
3. เมนุระยะเวลาการใช้เครื่องจักร
4. เมนูซ่อมบำรุงเครื่องจักร

5. เมนุรายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักร
6. เมนุข้อมูลเครื่องจักร
7. เมนุแจ้งเตือนซ่อมบำรุงเครื่องจักร
8. เมนุการเปลี่ยนรหัสผ่าน

การเข้าสู่ระบบการใช้โปรแกรม ผู้ใช้งานต้องใส่ชื่อผู้ใช้งาน (Username) และรหัสผ่าน (Password) เพื่อทำการป้องกันผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือ ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้งาน



รูปที่ 11 หน้าจอเมนูหลัก เมื่อเข้าสู่ระบบโดย Username

จากรูปที่ 11 แสดงหน้าจอเมนูหลักของโปรแกรมวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร โดยการประยุกต์ระบบคอมพิวเตอร์ (CMMS) เพื่อพัฒนาระบบการวางแผนงานซ่อมบำรุงสำหรับกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดการใช้งานแต่ละเมนูหลัก ดังนี้

1. เมนูบันทึกการทำงานของเครื่องจักร ประกอบด้วย ข้อมูลชื่อสายการผลิต (Production Line) ชื่อเครื่องจักร (Machine) วันที่บันทึกการทำงานของเครื่องจักร เวลาเริ่ม-เวลาสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณเวลารวมการทำงานของเครื่องจักร หลังจากบันทึกเวลาสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักร และกดปุ่มบันทึกข้อมูล ตัวอย่างเช่น วันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564 สายการผลิต STOCK ใช้เครื่องจักร Hydra Pulper เริ่มการผลิตเวลา 08.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. ซึ่งรวมเวลาการใช้งานเครื่องจักร Hydra Pulper เท่ากับ 9 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 เมนูบันทึกการทำงานของเครื่องจักร

2. เมนูรายงานการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วยข้อมูล วันที่เครื่องจักรทำงาน เวลาเริ่มต้น-เวลาสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักร รหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักรและเวลารวมการทำงานของเครื่องจักรแต่ละประเภท ทั้งนี้สามารถเลือกดูรายงานการใช้เครื่องตามวันที่ได้ เช่น ข้อมูลเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564 สายการผลิต STOCK ใช้เครื่องจักร

Hydra Pulper จะถูกบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูลรายงานการใช้เครื่องจักร และรวมเวลาของการใช้เครื่องจักรในแต่ละวันหรือวันที่ 4 มกราคม พ.ศ.2564 สายการผลิต STOCK มีการใช้เครื่องจักร Turbo Separator รวมเวลาการใช้เครื่องจักรเท่ากับ 21 ชั่วโมง กับ 7 นาที ดังแสดงในรูปที่ 13

รายงานการใช้เครื่องจักร						
☒ ดูทุกวัน ☐ ดูตามวันที่ ตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2564 ถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2564 รหัส/ชื่อเครื่อง						
วันที่ทำงาน	เวลาเริ่ม	เวลาสิ้นสุด	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	รวม(ชั่วโมง)	(นาที)
04/02/2021	08:00	17:00	S001	HYDRA PULPER	9	0
05/01/2564	12:12	20:18	S001	HYDRA PULPER	8	6
04/01/2564	01:11	22:18	S002	TUBO SEPARATOR	21	7
04/01/2564	01:06	22:24	S001	HYDRA PULPER	21	18
04/01/2021	12:12	21:16	S001	HYDRA PULPER	9	4
03/01/2564	06:11	10:18	S001	HYDRA PULPER	4	7
03/01/2564	10:04	11:57	S001	HYDRA PULPER	1	53
03/01/2564	08:12	20:15	S001	HYDRA PULPER	12	3
03/01/2564	12:12	15:18	S001	HYDRA PULPER	3	6
03/01/2564	05:11	16:17	S006	PRESS SECTION	11	6
03/01/2564	12:12	16:15	S001	HYDRA PULPER	4	3

รูปที่ 13 เมนูรายงานการใช้เครื่องจักร

3. เมนูระยะเวลาการใช้เครื่องจักร เมนูระยะเวลาการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วยข้อมูลชื่อเครื่องจักร ชื่อสายการผลิต (Production Line) วันที่เริ่มใช้งานเครื่องจักร รวมเวลาสะสมการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง กำหนดเวลาการแจ้งเตือนให้ซ่อมบำรุงเมื่อเครื่องจักรทำงานครบ ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ เช่น สายการผลิต STOCK เริ่มใช้เครื่องจักร Hydra Pulper ดำเนินการผลิต หลังจากมีการซ่อมบำรุงครั้งล่าสุดและ

เริ่มดำเนินการผลิตใหม่ในวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2563 โปรแกรมจะเริ่มต้นคำนวณเวลาสะสมของการทำงานเครื่องจักรใหม่ โดยเริ่มต้นจากวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2563 เป็นต้นไป เมื่อดำเนินการผลิตถึงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564 และได้บันทึกเวลาการทำงานของเครื่องจักรแล้ว ทำให้เวลารวมการใช้งานเครื่องจักร Hydra Pulper เท่ากับ 65 ชั่วโมง 31 นาที ดังแสดงในรูปที่ 14 โดยระบบโปรแกรม จะส่งข้อความแจ้งเตือน

ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ทาง LINE Notify ไปยัง วิศวกรซ่อมบำรุง ช่างซ่อมบำรุง เพื่อเข้าตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร หรือทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนหรืออะไหล่ของเครื่องจักร ที่เกิดการชำรุดเสียหายบ่อย ๆ ที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งการแจ้งเตือนจะกำหนดเวลาให้แจ้งเตือน ก่อน

ครบจำนวนชั่วโมงการทำงานที่ชิ้นส่วนหรืออะไหล่เกิดการชำรุดเสียหาย ทั้งนี้ เครื่องจักร Hydra Pulper กำหนดให้แจ้งเตือนเพื่อดำเนินการตรวจเช็ค เมื่อเครื่องจักรทำงานครบ 20 ชั่วโมง

ระยะเวลาการใช้งานเครื่องจักร								
รหัส/ชื่อเครื่องจักร								
รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	LINE	วันที่เริ่มใช้งาน	สะสมรวม(ชั่วโมง)	(นาฬิกา)	แจ้งเตือน(ชั่วโมง)	ใช้งาน(ชั่วโมง)	(นาฬิกา)
S001	HYDRA PULPER	STOCK	16/12/2020	65	31	20	47	28
S002	TUBO SEPARATOR	STOCK	16/12/2020	21	7	20	21	7
S003	PRESSURE SCREEN	STOCK	16/12/2020	0	0	20	0	0
S004	THICKENER	STOCK	16/12/2020	0	0	50	0	0
S005	WIRE SECTION	PAPER	16/12/2020	0	0	20	0	0
S006	PRESS SECTION	PAPER	16/12/2020	0	0	50	0	0
S007	DRYER SECTION	PAPER	16/12/2020	0	0	20	0	0
S008	SIZE PRESS SECTION	PAPER	16/12/2020	0	0	20	0	0
S009	REWINDER SECTION	PAPER	16/12/2020	0	0	20	0	0

รูปที่ 14 เมนูระยะเวลาการใช้งานเครื่องจักร

4. เมนูรายการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมนูรายการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ประกอบด้วยข้อมูลรายการซ่อมบำรุง ชื่อเครื่องจักร และข้อมูลการชำรุดเสียหาย ตัวอย่างเช่น เครื่องจักร Hydra Pulper เมื่อวิศวกรซ่อมบำรุงดำเนินการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร เมื่อวันที่ 10 ธันวาคม พ.ศ.2564 พบว่าลูกปืนชุดใบกวนเสีย จึงดำเนินการเปลี่ยนอะไหล่ คือ ชุดลูกปืนใบกวน 1 ชุด พร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง แล้วบันทึกรายการ

ซ่อมบำรุงลงในระบบฐานข้อมูล โดยสามารถเพิ่มรายการข้อมูลซ่อมบำรุง ดังแสดงในรูปที่ 15 เมื่อดำเนินการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว วิศวกรซ่อมบำรุงหรือพนักงานซ่อมบำรุงสามารถพิมพ์ใบรายการซ่อมบำรุงเครื่องจักร สำหรับเป็นเอกสารให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่มีการเบิกชิ้นส่วนหรืออะไหล่เครื่องจักร ใบรายการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 16

รหัสรายการ

000001

วันที่

10 ธันวาคม 2564

LINE

STOCK

เครื่องจักร

HYDRA PULPER

จำนวนเวลาในการซ่อม

3

ชม.

28

นาที

ข้อมูลการชำรุดเสียหายเบื้องต้น

ลูกปืนชุดใบกวนเสีย

อะไหล่

จำนวน

1

อะไหล่

ลูกปืนชุดใบกวนเสีย

จำนวน

1

เปิดดูข้อมูล

บันทึกข้อมูล

ลบข้อมูล

ยกเลิก

พิมพ์ข้อมูล

รูปที่ 15 เมนูรายงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ใบซ่อมบำรุงเครื่องจักร

STARCKAFT INDUSTRY CO.,LTD.
รหัสบิล 000004
วันที่ 11/12/2021
LINE STOCK
เครื่องจักร S001 HYDRA PULPER
เวลาในการซ่อม 51 นาที

อาการชำรุดเสียหายเบื้องต้น
ลูกปืนชุดใบกวนเสีย

ลำดับ	อะไหล่	จำนวน
1	ลูกปืนชุดใบกวนเสีย	1

ผู้ส่งซ่อม
วันที่ _____

ผู้รับรายการ
วันที่ _____

เปิดบิลซ่อม
บันทึกบิล
ลบบิล
ยกเลิก
พิมพ์บิล

รูปที่ 16 ใบรายการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

5. เมนูรายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมนูรายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ประกอบด้วยรหัสบิล วันที่ทำการซ่อมบำรุง รหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร และอาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรที่ตรวจพบ โดยวิศวกรซ่อมบำรุง พนักงานซ่อมบำรุง สามารถทำการเพิ่มหรือแก้ไขรายละเอียดอาการการ

ชำรุดเสียหายของเครื่องจักร ทั้งนี้สามารถดูข้อมูลการซ่อมบำรุงย้อนหลัง ตามช่วงของวันที่ต้องการสืบค้นประวัติการซ่อมบำรุง ตั้งแต่เครื่องจักรเริ่มติดตั้งใช้งานจนถึงปัจจุบันได้ ดังแสดงในรูปที่ 17

6. เมนูข้อมูลเครื่องจักร เมนูข้อมูลเครื่องจักรประกอบด้วยฐานข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น รหัสเครื่องจักร S001 ชื่อเครื่องจักร Hydra Pulper หน้าที่เครื่องจักร ใช้สำหรับปั่นหรือการตีเศษกระดาษในน้ำที่ระดับ

ความเข้มข้น 5% ทำให้ได้เนื้อเยื่อเหลวและเส้นใยออกจากกัน ทั้งนี้รายละเอียดข้อมูลเครื่องจักร Hydra Pulper ใช้งานอยู่ในสายการผลิต (Production Line) STOCK ติดตั้งเครื่องจักรเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2563 และเริ่มใช้งานเครื่องจักร วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2563 และสามารถกำหนดเวลาการแจ้งเตือนให้วิศวกรซ่อมบำรุง เข้าตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร หลังจากเครื่องจักรได้ดำเนินการผลิตไปแล้วรวมจำนวนเวลา เท่ากับ 20 ชั่วโมง โดยการกำหนดระยะเวลาแจ้งเตือน ให้ตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้น ขึ้นอยู่กับปัญหาการชำรุดเสียหายที่พบบ่อย ที่เป็นสาเหตุให้เครื่องจักรหยุดกะทันหัน (Breakdown) ทั้งนี้ข้อมูลเครื่องจักรสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิตเครื่องจักร Hydra Pulper ชื่อผู้ติดต่อบริษัทผู้ผลิต เบอร์โทรศัพท์และรูปเครื่องจักรแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 18

รายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักร					
☒ ดูทุกวัน ☐ ดูตามวันที่ ตั้งแต่วันที่ 11 ธันวาคม 2564 ถึงวันที่ 11 ธันวาคม 2564 รหัส/ชื่อเครื่อง					
รหัสบิล	วันที่	LINE	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	อาการชำรุดเสียหายเบื้องต้น
000004	11/12/2021	STOCK	S001	HYDRA PULPER	ลูกปืนชุดใบกวนเสีย
000003	11/12/2021	PAPER	S005	WIRE SECTION	ลูกปืนชุดเพื่องขับเคลื่อน
000002	11/12/2021	PAPER	S005	WIRE SECTION	ลูกปืนชุดเพื่องขับเคลื่อน
000001	10/12/2021	STOCK	S001	HYDRA PULPER	ลูกปืนชุดใบกวนเสีย

รูปที่ 17 ใบรายงานการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ข้อมูลเครื่องจักร

จัดการข้อมูล

รหัสเครื่องจักร:

ชื่อเครื่องจักร:

LINE:

ผู้ผลิต:

ผู้ติดต่อ:

เบอร์โทร:

Fax:

หน้าทำการใช้งาน:

สถานที่ตั้ง:

วันที่ติดตั้ง:

วันที่เริ่มใช้งาน:

ระยะเวลาตรวจเช็ก: ชั่วโมง

รูปเครื่องจักร



ค้นหา

รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	LINE	ผู้ผลิต	ผู้ติดต่อ	เบอร์โทร	Fax.	หน้าทำการใช้งาน	สถานที่ติดตั้ง
S001	HYDRA PULPER	STOCK						
S002	TUBO SEPARATOR	STOCK						
S003	PRESSURE SCREEN	STOCK						
S004	THICKENER	STOCK						
S005	WIRE SECTION	PAPER						
S006	PRESS SECTION	PAPER						
S007	DRYER SECTION	PAPER						
S008	SIZE PRESS SECTION	PAPER						
S009	REWINDER SECTION	PAPER						

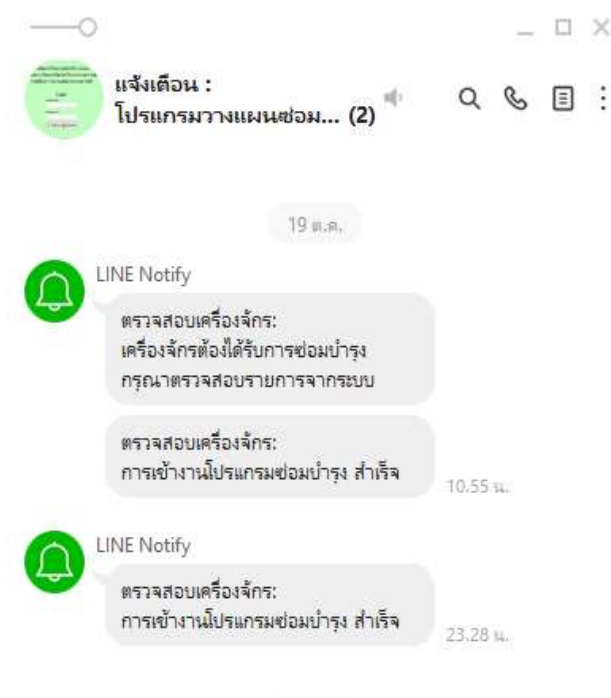
รูปที่ 18 ข้อมูลเครื่องจักร

7. เมนูแจ้งเตือนซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมนูแจ้งเตือนซ่อมบำรุงเครื่องจักร ประกอบด้วยข้อมูลรหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร สายการผลิตที่เครื่องจักรติดตั้งใช้งาน วันที่เริ่มใช้งานเครื่องจักร ตัวอย่างเช่น รหัสเครื่องจักร S002 ชื่อเครื่องจักร Turbo Separator เริ่มติดตั้งใช้งานวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2563 มีจำนวนรวมชั่วโมง การใช้งานเครื่องจักร ถึงวันที่ทำการสืบค้นข้อมูล เท่ากับ 21 ชั่วโมง 7 นาที กำหนดให้ระบบแจ้งเตือนเมื่อเครื่องจักร มีจำนวนชั่วโมงการทำงานผ่านไป 20 ชั่วโมง ซึ่งรวมชั่วโมงการใช้งานของเครื่องจักรหลังการซ่อมบำรุงครั้งล่าสุด เท่ากับ 21 ชั่วโมง 7 นาที โดยจะส่งข้อมูลการแจ้งเตือนให้วิศวกรซ่อมบำรุง หรือ

พนักงานซ่อมบำรุง เข้าตรวจสอบสภาพเครื่องจักรแต่ละเครื่อง นั้น โดยกำหนดให้ระบบแจ้งเตือนเข้าตรวจสอบสภาพเครื่องจักรนั้น ช่วงเวลาไหนขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของเครื่องจักร ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ ข้อมูลการแจ้งเตือนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 19 และระบบจะแจ้งเตือนเป็นข้อความอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทาง LINE Notify โดยข้อความการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มไลน์ (LINE Group) แจ้งเตือน : โปรแกรมวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งสมาชิกในกลุ่มประกอบด้วย ผู้ที่เกี่ยวข้องงานซ่อมบำรุง ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง และวิศวกรซ่อมบำรุง ดังแสดงในรูปที่ 20

แจ้งเตือนเครื่องจักรซ่อมบำรุง								
รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	LINE	วันที่เริ่มใช้งาน	สะสมรวม(ชั่วโมง)	(นาที)	แจ้งเตือน(ชั่วโมง)	ใช้งาน(ชั่วโมง)	(นาที)
S001	HYDRA PULPER	STOCK	16/12/2020	65	31	20	47	28
S002	TUBO SEPARATOR	STOCK	16/12/2020	21	7	20	21	7

รูปที่ 19 แจ้งเตือนเครื่องจักรซ่อมบำรุง



รูปที่ 20 แจ้งเตือนเครื่องจักรซ่อมบำรุง

8. เมนูการเปลี่ยนรหัสผ่าน ประกอบด้วยข้อมูลรหัสผ่านเดิม และข้อมูลรหัสผ่านใหม่ที่ต้องการแก้ไข เพื่อใช้เข้าระบบโปรแกรมวางแผนซ่อมบำรุงในครั้งใหม่ เมื่อกำหนดรหัสผ่านใหม่เรียบร้อยแล้ว กดปุ่มบันทึกเปลี่ยนรหัสผ่าน และครั้งต่อไปก็สามารถเข้าใช้งานระบบโปรแกรมด้วยรหัสผ่านใหม่ได้ เมนูการเปลี่ยนรหัสผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 21

รูปที่ 21 เปลี่ยนรหัสผ่าน

3.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุง

เครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษากลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษคราฟท์ โดยได้ประยุกต์ระบบการจัดการงานซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ (CMMS) ร่วมกับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System; MIS) สำหรับระบบการแจ้งเตือนออนไลน์ผ่านทาง LINE Notify และฐานข้อมูลของอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุง

ผลการทดสอบโปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่ได้พัฒนาขึ้นให้กับสายการผลิต STOCK และสายการผลิต PAPER สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม พบว่าโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น ช่วยลดความถี่การชำรุดขัดข้องหรือหยุดกะทันหันของเครื่องจักรในสายการผลิต STOCK และ PAPER ได้ สำหรับข้อมูลเวลาซ่อมเครื่องจักรจากการชำรุดกะทันหัน ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาซ่อมเครื่องจักรจากการชำรุดกะทันหันและความถี่ของการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักร Hydra Pulper และ Wire Section ก่อนปรับปรุง ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2563 และหลังปรับปรุง ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2564

เครื่องจักร	เวลาซ่อมเครื่องจักร (นาฬิกา)			ความถี่การชำรุด (ครั้ง)		
	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
Hydra Pulper	1,170	361	ลดลง 809 (69.15%)	15	6	ลดลง 9 (60.00%)
Wire Section	340	84	ลดลง 256 (75.29%)	11	3	ลดลง 8 (72.73%)
รวม	1,510	445	ลดลง 1,065 (70.53%)	26	9	ลดลง 17 (65.38%)

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล หลังจากการทดลองใช้โปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ในสายการผลิต STOCK กับเครื่องจักร Hydra Pulper พบว่า เวลาสูญเสียจากการซ่อมเครื่องจักรลดลง 809 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 69.15 ความถี่การชำรุดขัดข้องลดลง 9 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 60.00 และในสายการผลิต PAPER กับเครื่องจักร Wire Section เวลาสูญเสียจากการซ่อมลดลง 256 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 75.29 ความถี่การชำรุดขัดข้องลดลง 8 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.73 สำหรับหลังการปรับปรุงเมื่อ

พิจารณา ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) ของเครื่องจักร Hydra Pulper เพิ่มขึ้น 8,409 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 60.33 ค่าเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ลดลง 25 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 32.05 และเครื่องจักร Wire Section ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) เพิ่มขึ้น 3,289.4 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 17.24 ค่าเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ลดลง 2.1 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 6.79 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักร และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงของเครื่องจักร Hydra Pulper และ Wire Section ก่อนปรับปรุง-หลังปรับปรุง

เครื่องจักร	MTBF (นาฬิกา)			MTTR (นาฬิกา)		
	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง
Hydra Pulper	13,938.0	22,347.0	เพิ่มขึ้น 8,409.0 (60.33%)	78.0	53.0	ลดลง 25 (32.05%)
Wire Section	19,081.8	22,371.2	เพิ่มขึ้น 3,289.4 (17.24%)	30.9	28.8	ลดลง 2.1 (6.79%)
รวม	33,019.8	44,718.2	เพิ่มขึ้น 11,698.4 (35.43%)	108.9	81.8	ลดลง 27.1 (24.89%)

จากตารางที่ 5 พบว่าเครื่องจักร Hydra Pulper และ Wire Section มีค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดขัดข้อง (MTBF) เพิ่มขึ้นโดยรวม 11,698.4 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 35.43 และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ลดลง 27.1 นาฬิกา คิดเป็นร้อยละ 24.89 ซึ่งส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพความพร้อมการใช้งาน (Availability) ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

การคำนวณค่าดัชนีความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักรหลังปรับปรุง จากสมการที่ 3 ที่กล่าวไว้ข้างต้น ตัวอย่างเช่น ค่าความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร Hydra Pulper หลังปรับปรุง คำนวณได้ ดังนี้

$$A = \frac{O}{L} \times 100$$

$$A = \frac{(134,400 - 318)}{134,400} \times 100$$

$$A = 99.76\%$$

สำหรับข้อมูลค่าดัชนีความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร Hydra Pulper และ Wire Section ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร Hydra Pulper และเครื่องจักร Wire Section ก่อนปรับปรุง-หลังปรับปรุง

เครื่องจักร	เวลา ทำงาน (นาฬิกา)	เวลา ซ่อม (นาฬิกา)	ค่าดัชนี		
			ความพร้อมการใช้งาน		
			ก่อน	หลัง	ผลต่าง
Hydra Pulper	134,400	318	99.44	99.76	เพิ่มขึ้น 0.32%
Wire Section	134,400	173	99.84	99.87	เพิ่มขึ้น 0.03%

จากตารางที่ 6 ค่าดัชนีความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร Hydra Pulper หลังปรับปรุง เพิ่มขึ้นเท่ากับ 99.76 คิดเป็นร้อยละ 0.32 และ Wire Section หลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 99.87 คิดเป็นร้อยละ 0.03

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษารวบรวม เมื่อนำโปรแกรมที่พัฒนาแล้วไปทดสอบการใช้งานจริง สามารถลดความถี่การชำรุดเสียหายของเครื่องจักรและลดเวลาการแก้ไขปัญหาการชำรุด มีอัตราการเสียของเครื่องจักรลดลง โดยเครื่องจักร Hydra Pulper ก่อนปรับปรุง จำนวนครั้งเครื่องจักรชำรุด เท่ากับ 15 ครั้ง เวลาการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เท่ากับ 1,170 นาฬิกา เวลาการซ่อมบำรุงโดยเฉลี่ย คือ 78 นาทีต่อครั้ง และ Wire Section ก่อนปรับปรุง จำนวนครั้งเครื่องจักรชำรุด เท่ากับ 11 ครั้ง เวลาการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เท่ากับ 340 นาฬิกา เวลาการซ่อมบำรุงโดยเฉลี่ย คือ 30.90 นาทีต่อครั้ง สำหรับหลังการปรับปรุงเครื่องจักร Hydra Pulper จำนวนครั้งเครื่องจักรชำรุด เท่ากับ 6 ครั้ง เวลาการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เท่ากับ 361 นาฬิกา เวลาการซ่อมบำรุงโดยเฉลี่ย คือ 60.16 นาทีต่อครั้ง และ Wire Section หลังปรับปรุง จำนวนครั้งเครื่องจักรชำรุด เท่ากับ 3

ครั้ง เวลารวมการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เท่ากับ 84 นาที เวลาการซ่อมบำรุงโดยเฉลี่ย คือ 28 นาทีต่อครั้ง

โดยค่าความพร้อมการใช้งานของเครื่องจักร Hydra Pulper คิดเป็นร้อยละ 99.76 และเครื่องจักร Wire Section คิดเป็นร้อยละ 99.87 ซึ่งได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ซึ่งทำให้อัตราการเสียของเครื่องจักรลดลง จึงมีความพร้อมใช้งานตลอดเวลา และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้เก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลการเบิกอะไหล่ซ่อมบำรุง ทำให้สามารถสืบค้นประวัติการซ่อมบำรุงได้ง่าย ทำให้ลดเวลาในการแก้ปัญหา สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บไปใช้ในการตรวจสอบและทำการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ลดความผิดพลาด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงที่ได้พัฒนาขึ้น ในงานวิจัยนี้ สามารถประยุกต์ใช้กับกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นที่ลักษณะเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตคล้ายกับบริษัท กรณีศึกษา และฝ่ายซ่อมบำรุงควรจัดบันทึกข้อมูลเวลาซ่อมบำรุงเครื่องจักร สาเหตุการชำรุดขัดข้อง รวมทั้งข้อมูลการเปลี่ยนอะไหล่เครื่องจักร เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงต่อไป

สำหรับการวิจัยในอนาคตศึกษาพัฒนาโปรแกรมให้แจ้งเตือนข้อมูลการเบิกอะไหล่ซ่อมบำรุง เมื่อวิศวกรซ่อมบำรุง ได้บันทึกใบแจ้งซ่อมในระบบเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลการเบิกอะไหล่จะแจ้งเตือนไปยังกลุ่มไลน์ (LINE Group) แผนกสต็อกของฝ่ายงานซ่อมบำรุง เพื่อเตรียมอะไหล่ที่ได้รับแจ้งเตือนจากระบบไว้ให้กับวิศวกรซ่อมบำรุง ซึ่งประเด็นที่ศึกษา คือ การลดเวลาในการเบิกอะไหล่ ลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ทำให้การบริหารงานในการซ่อมบำรุงมีความเป็นระบบมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งผู้บริหาร วิศวกรซ่อมบำรุง และพนักงานซ่อมบำรุงของบริษัทผลิตกระดาษ

กราฟฟ ที่สละเวลาเพื่อให้ข้อมูลและความร่วมมือเป็นอย่างดี พร้อมข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. *คู่มือการลงทุนในเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ*. เข้าถึงได้จาก: http://www.treasury.go.th/download/article/article_20170802121819.pdf. [เข้าถึงเมื่อ พฤศจิกายน 2563].
- [2] วรณวิสา ถาวร. *การวางแผนบำรุงรักษาอาคารด้วยระบบ CMMS กรณีศึกษาสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท [วิทยานิพนธ์]*. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [3] เกษม รุ่งเรือง. *การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์ [วิทยานิพนธ์]*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2552.
- [4] ประโยชน์ ยลวิลาส. *การนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อลดอัตราการเสียของอุปกรณ์เชื่อมต่อในสายการผลิตกล้องถ่ายรูปดิจิทัล [วิทยานิพนธ์]*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2555.
- [5] ณัฐธีร์ วิจิตรศิริกุล. *การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันกรณีศึกษาโรงงานผลิตสบู่ [วิทยานิพนธ์]*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2553.
- [6] ธีระศักดิ์ พรหมเสน. *การบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม [วิทยานิพนธ์]*. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.
- [7] วิศรุต สุวรรณไตรย์, นุชสรา เกรียงกรกฎ. การพัฒนาระบบการซ่อมบำรุงของโรงงานบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ในจังหวัดฉะเชิงเทรา. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.* 2557; 7(2): 23 – 33.
- [8] กิตติชัย อธิกุลรัตน์, ลลิตา นาคพรหม, ฤชดา ม่วงขาว. การพัฒนาระบบการจัดการซ่อมบำรุงด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา บริษัทผลิตถุงมียาง. *วารสารวิชาการ*

วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา. 2562; 4(2): 7-15.

- [9] ภัคมน จิตชาณวิชัย. การออกแบบกระบวนการและ
ระบบสารสนเทศสนับสนุนการดำเนินงานของระบบการ
ซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรมการผลิต [วิทยานิพนธ์].
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร;
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.