

การพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบสลับเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2564

INCREASE PRODUCTION EFFICIENCY USING LEAN AUTOMATION OF STEEL WELDED
PIPE MANUFACTURING

Sanaphol Wongratanachokechai

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2021

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบสลับเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิต

ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

โดย

ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ดอน แก้วดก

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต สุขสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

..... กรรมการ

(ดร.อัทธนา เชนโต้ะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ดอน แก้วดก)

ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย : การพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบสลับเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ดอน แก้วดก, 88 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการผลิตแบบสลับและนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่าและเทคนิค ECRS เพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

จากการดำเนินงานวิจัย มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ลดการรอคอยในกระบวนการโดยการปรับไลน์การผลิตให้สมดุล (Line balancing) กำจัดความสูญเสียเปล่าจากกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม สามารถลดเวลานำของกระบวนการผลิต จาก 9.5 วัน เหลือ 8.5 วัน คิดเป็นร้อยละ 10.5 และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ร้อยละ 2 ผลลัพธ์โดยรวมจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปวางแผนอัตรากำลังคน ลดแรงงานในแต่ละสายการผลิตจาก 13 คน เหลือ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

SANAPHOL WONGRATANACHOKECHAI : INCREASE PRODUCTION EFFICIENCY
USING LEAN AUTOMATION OF STEEL WELDED PIPE MANUFACTURING.
ADVISOR : DR. DON KAEWDOOK, 88 PP.

This study aims to improve the efficiency of the steel welded pipe process by integrating the Lean concept and the internet of things (IoT), value stream mapping (VSM), and ECRS techniques. The results were improved production processes, reduced waiting by line balancing, and eliminated waste from the data entry process. After improving, Lead time was reduced from 9.5 days to 8.5 days and Overall Equipment Effectiveness (OEE) by 2%. Also, the number of necessary staff in each production line was reduced from 13 people to 10 people, representing 23.08%.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2021

Student's Signature.....
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาของอาจารย์ ดร.ดอน แก้วดก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำลูกศิษย์ด้วยความเมตตาและช่วยสร้างแรงบันดาลใจในการทำวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามแผนการศึกษาที่กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณท่านประธานกรรมการ รศ.ดร.บัณฑิต สุขสวัสดิ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน และดร.อัทนา เชนโตะ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาปรับปรุงผลงานการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณฐิติมา สมทอง เจ้าหน้าที่ประสานงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆให้นักศึกษาเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการศึกษาตามหลักสูตร และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ประโยชน์อันใดที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่เป็นผลจากความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากทุกท่าน ทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างสูงและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ศณพล วงศ์รัตนโชคชัย

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดการเพิ่มผลผลิตภาพการผลิต (Productivity)	4
2.2 ทฤษฎีและหลักการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing).....	9
2.3 แนวคิดการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management).....	17
2.4 แนวคิดการลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECRS.....	19
2.5 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตแบบลีน.....	20
2.6 แนวคิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT).....	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	42
3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	42
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	56
4.1 การศึกษากระบวนการผลิต.....	56
4.2 แนวทางการดำเนินการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตภาพการผลิต.....	59
4.3 ผลการดำเนินการปรับปรุง.....	69
4.4 สรุปผลการดำเนินการปรับปรุง.....	70
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	72
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	72
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก. การศึกษา VSM ของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บก่อนปรับปรุง	83
ภาคผนวก ข. การศึกษา VSM ของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บหลังปรับปรุง	86
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	88

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
4.1 ข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนการจากแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน(ก่อนปรับปรุง)..	60
4.2 ข้อมูลการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรก่อนปรับปรุง	67
4.3 ข้อมูลการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรหลังปรับปรุง	68
4.4 ข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนการจากแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต(หลังปรับปรุง)....	69
4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ก่อนและหลังปรับปรุง.....	70

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1	หลักพื้นฐานการผลิตแบบลีน 5 ประการ..... 9
2.2	แผนภาพตัวอย่างการเขียนแผนผังสายธารคุณค่า..... 11
2.3	ภาพและสัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนผังสายธารคุณค่า..... 12
2.4	ความสูญเปล่า 7 ประการ..... 15
2.5	การคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) 20
2.6	แนวคิดการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)..... 21
3.1	แนวคิดพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบลีนเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ.. 42
3.2	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 44
3.3	ภาพรวมของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บในปัจจุบัน..... 45
3.4	กระบวนการเป้าหมายที่จะดำเนินการปรับปรุง : กระบวนการรีดเหล็ก (Forming)..... 46
3.5	สัดส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่ทำการศึกษาวิจัย : ท่อเหล็กกลมขนาด 1 นิ้ว..... 46
3.6	บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3..... 49
3.7	บอร์ด Arduino รุ่น nano..... 49
3.8	ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino..... 50
3.9	ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม X-CTU..... 50
3.10	ภาพรวมการออกแบบ IoT 51
3.11	ผังการไหลข้อมูล (Data Flow)..... 52
3.12	การจัดเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์ IoT (Hardware)..... 53
3.13	การจัดเตรียมและติดตั้งโปรแกรม (Software)..... 54
3.14	การออกแบบหน้าจอแสดงผล Website Performance Monitoring..... 55
4.1	กระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ..... 56
4.2	แผนผังการผลิตที่ดำเนินการศึกษาวิจัย..... 57
4.3	แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็กปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง)..... 59
4.4	เวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละ Station ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กก่อนปรับปรุง..... 60
4.5	เวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละ Station ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กหลังปรับปรุง..... 61
4.6	IoT Diagram..... 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.7 อุปกรณ์ IoT.....	63
4.8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล Website Performance Monitoring.....	63
4.9 ตัวอย่างเอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึกค่าพารามิเตอร์.....	64
4.10 ตัวอย่างเอกสารที่ได้จากระบบฐานข้อมูลที่เก็บได้จากระบบ IoT.....	65
4.11 ตัวอย่างเอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึก (ก่อนปรับปรุง).....	66
4.12 หน้าจอ Monitor สำหรับบันทึกสาเหตุการหยุดเครื่อง (หลังปรับปรุง).....	66
4.13 เวลาการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรผลิต ก่อนปรับปรุงกระบวนการ.....	67
4.14 เวลาการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรผลิต หลังปรับปรุงกระบวนการ.....	68
4.15 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตต่อเหลือก่อนาคต (หลังปรับปรุง).....	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเหล็กเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ รองรับโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐ การลงทุนโครงการขนาดใหญ่และอุตสาหกรรมต่อเนื่องทั้งภาคผลิตและบริการ จากรายงานสถานการณ์ภาพรวมของอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทยปี 2564 มีปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล็ก 18.9 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 จากปี 2563 และคาดว่าจะเติบโตอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ในปี 2565 [1] แต่เนื่องจากการผลิตในประเทศไทยยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวได้ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าเหล็กจากต่างประเทศ ภาพรวมของตลาดเหล็กในประเทศไทยมีภาวะผันผวนทั้งด้านปริมาณและราคาตามกลไกตลาดเหล็กโลก การดำเนินธุรกิจจึงต้องปรับตัวและหาแนวทางการเพิ่มศักยภาพในการผลิต เพื่อตอบโต้กับวิกฤติการณ์การท่วมตลาดที่เกิดจากผู้ผลิตเหล็กจากต่างชาติ เช่น จีน ที่ใช้กลยุทธ์ราคาขจัดคู่แข่งและมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทยจึงร่วมกับสมาคมผู้ประกอบการและหน่วยงานภาครัฐ จัดทำแผนส่งเสริมอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทยเพื่อแก้ไขปัญหาในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านโครงสร้างการผลิตและการส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กที่ผลิตในประเทศ คณะรัฐมนตรีมีมติ เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563 ให้หน่วยงานภาครัฐจัดซื้อจัดจ้างวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง กำหนดให้ใช้เหล็กที่ผลิตในประเทศก่อน โดยต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของมูลค่าหรือปริมาณเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด [2] จากนโยบายและมาตรการดังกล่าว จะลดการพึ่งพาสินค้านำเข้า ช่วยเร่งการฟื้นตัวของอุตสาหกรรมเหล็กภายในประเทศและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ แต่ด้วยสถานการณ์เศรษฐกิจโลกและภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา(โควิด-19) และความผันผวน ความไม่แน่นอน ความซับซ้อนและความคลุมเครือของสถานการณ์โลก (VUCA World) [3] การปรับตัวในการดำเนินธุรกิจให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Disruption) แข่งขันด้านคุณภาพสินค้าบริการที่ตอบสนองความต้องการลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เมื่อต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นทำให้ดัชนีราคาผู้ผลิตสูงขึ้น กดดันความสามารถในการทำกำไรของผู้ประกอบการ[4] ต้นทุนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อขีดความสามารถในการแข่งขัน [5]

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นผู้ประกอบการผลิตท่อเหล็กในประเทศไทย กำลังประสบปัญหา ต้นทุนการผลิตสูงมีการแข่งขันทางด้านราคาทั้งในประเทศและเหล็กนำเข้าจากต่างประเทศ กระบวนการผลิตควรมีความรวดเร็วและมีข้อมูลในการบริหารจัดการที่รวดเร็วถูกต้องน่าเชื่อถือ และ

ยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดในประเทศตามนโยบายการสนับสนุนของภาครัฐและสร้างยอดขายให้เติบโตอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นองค์กรควรมุ่งเน้นการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและปรับตัวสู่อุตสาหกรรม 4.0 โดยเริ่มจากการวางแผนในการประยุกต์ใช้เครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ปรับแนวความคิดวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงต่างๆด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน(Lean) และนำเทคโนโลยีการเชื่อมโยงอุปกรณ์ส่งข้อมูลด้วยอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง(Internet of Things: IoT) มาใช้ในการบริหารจัดการกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล[6] เพื่อลดต้นทุน ลดความสูญเสีย กำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าให้เหลือน้อยที่สุดและทำให้เกิดขั้นตอนที่สร้างคุณค่ามากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

- 1.2.1 เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตสำหรับสายการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สำหรับสายการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ
- 1.2.3 เพื่อประเมินผลกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบลีนเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ โดยมุ่งเน้นการลดต้นทุน ลดเวลา ลดการสูญเสียระหว่างการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพด้านการจัดการข้อมูลการผลิต โดยมีขอบเขตการศึกษาและวิจัยดังนี้

- 1.3.1 กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อเหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร
- 1.3.2 กรณีศึกษากระบวนการผลิตสำหรับสายการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ขนาด 1 นิ้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สร้างเสริมกระบวนการเรียนรู้ในองค์กรเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตการผลิต (Productivity Improvement) และการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตตามหลักการผลิตแบบลีน

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการผลิต การหาแนวทาง มาตรการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดการสูญเสีย รวมทั้งการนำ IoT มาใช้ในการจัดการข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม ปรับปรุงกระบวนการและปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานการผลิตเพื่อหลีกเลี่ยงแบบมีตะเข็บ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แนวคิดและหลักการเพิ่มผลผลิตภาพ (Productivity)
2. ทฤษฎีและหลักการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)
3. แนวคิดการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management)
4. แนวคิดการลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS
5. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการผลิตแบบลีน
6. แนวคิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาใช้ในระบบการจัดการข้อมูลการวัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการด้านการผลิต
7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตภาพการผลิต ตามแนวคิดแบบลีน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตแบบลีน เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาความสูญเปล่า หาแนวทางการกำจัดความสูญเปล่า และการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาทดลองใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงกระบวนการการผลิตเพื่อหลีกเลี่ยงแบบมีตะเข็บ รวมทั้งแนวทางการพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลการผลิตแบบอัตโนมัติ ดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและหลักการเพิ่มผลผลิตภาพ (Productivity)

แนวคิดการเพิ่มผลผลิตภาพ (Productivity) เป็นหนึ่งในหลักการการบริหารที่สำคัญที่ส่งผลต่อการดำเนินงาน ผลประกอบการและภาพลักษณ์ขององค์กร โดยมีองค์ประกอบการเพิ่มผลผลิตภาพที่ควรคำนึงถึง ได้แก่ คุณภาพ (Quality) ต้นทุน (Cost) การส่งมอบ (Delivery) ความปลอดภัย (Safety) ขวัญกำลังใจในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน (Morale) สภาพแวดล้อม (Environment) และ จรรยาบรรณ (Ethics) การเพิ่มผลผลิตภาพหรือเพิ่มผลผลิตนี้จะช่วยยกระดับการพัฒนาอุตสาหกรรม

การผลิตและการบริการให้สูงขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและวัดการเติบโตทางธุรกิจ จึงเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศ

ความเป็นมาและแนวคิดเกี่ยวกับผลิตภาพ (Productivity) นั้น เริ่มต้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2454 โดยเฟรดเดอริก ดับบลิว เทย์เลอร์ (Frederick W. Taylor) วิศวกรชาวอเมริกัน ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งการบริหารเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความสิ้นเปลืองวัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการผลิตที่มีสาเหตุมาจากการที่คนงานปฏิบัติงานไม่ตรงกับความรู้ความสามารถและความถนัด ตลอดจนขาดขวัญกำลังใจในการทำงาน รวมถึงการบริหารงานที่ขาดประสิทธิภาพทำให้ผลิตภาพตกต่ำ Frederick W. Taylor เน้นหลักการบริหารแบบวิทยาศาสตร์ ต้องการเปลี่ยนแปลงทัศนคติของพนักงานและฝ่ายบริหาร ให้มองเห็นความจำเป็นในการนำหลักวิทยาศาสตร์มาใช้ในการบริหารงาน ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเวลาและการเคลื่อนไหวในการทำงานของคนงานและได้ประกาศแนวทางการบริหารเชิงวิทยาศาสตร์ในหนังสือชื่อ Principles of Scientific Management สรุปหลักการงานไว้ 4 ประการ ดังนี้ คือ

1. พัฒนาระบบการผลิตด้วยการหาวิธีที่ดีที่สุด
2. คัดเลือกและจัดคนเข้าทำงานให้เหมาะสมกับงาน
3. จัดหาสิ่งจูงใจในการทำงาน
4. เน้นความชำนาญเฉพาะอย่างและแบ่งงานกันทำ

2.1.1 ความหมายการเพิ่มผลิตภาพ (Productivity)

ผลิตภาพ (Productivity) คือ การวัดประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการผลิต (Production) ตลอดจนการทำงาน (Working) หรือการบริการ (Service) โดยมีปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น ของเสียที่เกิดจากการผลิต ต้นทุน รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตการเพิ่มผลิตภาพซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการผลิตจะแสดงถึงประสิทธิภาพจากการทำงานของแต่ละบุคคลและองค์กร ดังนี้

ผลิตภาพ (Productivity) = ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจากการผลิต

ผลลัพธ์ที่ได้จากการผลิต = ผลผลิต (Output) / ปัจจัยการผลิต (Input)

แนวทางการเพิ่มผลิตภาพในองค์กร ผู้บริหาร ผู้นำองค์กรต้องมีวิสัยทัศน์ นโยบายที่ชัดเจนในการมอบหมายภารกิจ กระจายกลยุทธ์และเป้าหมายสู่การปฏิบัติในรูปแบบแผนงาน โครงการ หรือกิจกรรมต่างๆ เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมในองค์กร สู่การปฏิบัติเพื่อให้ได้สินค้า บริการ หรืองานที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า โดยมีการการพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงานมีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและเลือกใช้เทคนิคการทำงานต่างๆ เพื่อลดต้นทุน ลดการสูญเสียทุกรูปแบบ [7] ในการ

ประกอบธุรกิจการเพิ่มผลิตภาพนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มกำไรให้กับผู้ประกอบการเมื่อผู้ประกอบการสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ทั้งทางด้านการการใช้วัตถุดิบและเวลาการผลิต และค่าจ้างแรงงาน ถึงแม้ว่าจะผลิตให้มีผลลัพธ์ออกมาเท่าเดิมก็ถือว่ามีการเพิ่มผลิตภาพขึ้นแล้ว เพราะใช้ปัจจัยในการผลิตน้อยลงหรือผู้ประกอบการมีการวิจัยและพัฒนา หาวีธีการผลิตใหม่ๆ ที่จะให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มยอดขายและลดต้นทุน กลยุทธ์หรือวิธีการในการเพิ่มผลิตภาพนั้นมีหลายแนวทาง เช่น การใช้วิธีการของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ซึ่งเป็นเทคนิคการปรับปรุงในแง่ของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และการกำหนดมาตรฐานของวัตถุดิบซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับการจัดซื้อ การออกแบบผลิตภัณฑ์และการหาวัสดุทดแทน คำว่า "คุณค่า" ในมุมมองของวิศวกรรมคุณค่า นั้น หมายถึง คุณค่าของผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่งผู้ใช้หรือลูกค้าคาดหวังหรือต้องการที่จะได้รับจากสินค้าหรือบริการนั้นๆ กระบวนการผลิตนับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะมีอิทธิพลต่อผลิตภาพ ประกอบด้วยความคล่องตัวในการผลิต การใช้ระบบอัตโนมัติ การออกแบบกระบวนการผลิตและการเลือกกรรมวิธีในการผลิต กรรมวิธีหรือกระบวนการในการผลิตจะเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ของการผลิต ถ้าผู้ประกอบการสามารถเลือกกระบวนการในการผลิตที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยๆ แต่ได้ผลิตภาพออกมาเท่าเดิม ก็จะเป็นการเพิ่มผลิตภาพได้วิธีหนึ่ง มีวิธีการหลายๆ วิธีในการที่จะเพิ่มผลิตภาพ เช่น การใช้ระบบอัตโนมัติแทนแรงงานคน ปรับปรุงการออกแบบโรงงานให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต หรือวิเคราะห์ความคล่องตัวในการผลิต รวมทั้งความสามารถในการผลิตและสินค้าคงคลัง จะมีผลโดยตรงต่อผลิตภาพ เพราะในการผลิตจะต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุน (break-even-point) ของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ที่ใด จำนวนเท่าไร (ต่อวัน ต่อเดือน ต่อปี) แล้วจะต้องพยายามผลิตตามนั้นเพื่อที่จะมีค่าเสียหายในการผลิตต่ำสุด เพราะถ้าผลิตมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าเสื่อมราคาของโรงงานและเครื่องจักร รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการบริหารงานสูงเกินความจำเป็น ในแง่ของสินค้าคงคลังก็จะมีส่วนในการเพิ่มหรือลดผลิตภาพเช่นกัน การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปจะมีผลทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น แต่ถ้ามีน้อยเกินไปอาจจะทำให้ยอดขายและปริมาณการผลิตลดลง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตต่อเหล็กในประเทศไทยนั้น กำลังแรงงานนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อต้นทุนในการผลิต โดยจะเริ่มตั้งแต่ กระบวนการสรรหา คัดเลือก จนถึงกระบวนการพัฒนาและรักษาบุคลากรที่มีคุณภาพ การบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์ในองค์กรให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กร ซึ่งแต่ละองค์กรต้องการทรัพยากรมนุษย์ในระดับใดเข้ามาทำงานในองค์กร ทรัพยากรมนุษย์จะเพิ่มผลิตภาพโดยผ่านการฝึกอบรม การมอบหมายงาน การประเมินผลงาน ความสามารถ การสื่อสารและการบังคับบัญชาที่ดี รวมทั้งการมีส่วนร่วมในการตั้งเป้าหมายในการทำงาน การบริหารค่าจ้าง สวัสดิการ และการให้รางวัลจะเป็นสิ่งจูงใจให้พนักงานเพิ่มผลิตภาพของตนเอง

2.1.2 ข้อควรคำนึงในการเพิ่มผลิตภาพ

การพัฒนาปรับปรุงผลิตภาพในธุรกิจและองค์กรต่างๆ ควรจัดทำเป็นแผนงาน โครงการ ต่างๆที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนมีการติดตามประเมินผลการเพิ่มผลิตภาพนั้นๆ โดย พิจารณาความสอดคล้องกันทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ

1. การพัฒนาเครื่องวัดหรือวิธีการวัดการเพิ่มผลิตภาพ
2. คนในองค์กรทุกคนจะต้องยอมรับและผูกพันในการเพิ่มผลิตภาพขององค์กร
3. การให้ข้อมูลย้อนกลับในผลของความสำเร็จ

2.1.3 ความจำเป็นในการเพิ่มผลิตภาพ

สภาพการแข่งขันทางการค้าในปัจจุบันมีความผันผวนและสภาวะวิกฤตทั้งด้าน ทรัพยากรที่ลดลงและการแข่งขันด้วยด้านราคา คุณภาพ และการบริการลูกค้า แม้ว่าภาครัฐจะมี นโยบายการสนับสนุนส่งเสริมส่งเสริมผู้ประกอบการที่ผลิตและค้าปลีกในประเทศ แต่ผู้ประกอบการ ก็ต้องมีการปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน จึงความจำเป็นที่ ต้องนำการเพิ่มผลิตภาพมาแก้ไขปัญหาและสร้างคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ ดังนี้

1. ทรัพยากรมีจำกัด การเพิ่มผลิตภาพเป็นเครื่องมือที่ทำให้การใช้ประโยชน์จาก ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสูญเสียน้อยที่สุด
2. การเพิ่มผลิตภาพเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพื่อวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน กำหนดผลิตภาพในสัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการ และกำจัด ส่วนเกิน หรือความสูญเปล่าของการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต
3. การแข่งขันสูงขึ้น ธุรกิจ กิจการ จะอยู่รอดได้ต้องมีการปรับปรุงตัวเองอยู่เสมอ การเพิ่มผลิตภาพจึงเป็นกระบวนการปรับปรุงอย่างไม่มีที่สิ้นสุด เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่ เกิดขึ้นตามสภาวะการณ์ในปัจจุบัน ทั้งการขับเคลื่อนสู่อุตสาหกรรม 4.0 และการนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

2.1.4 แนวทางความสำเร็จในการเพิ่มผลิตภาพการผลิต

การเพิ่มผลิตภาพการผลิตนั้นสามารถทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น การลดรอบเวลาใน การผลิต (Cycle time) การลดต้นทุนวัตถุดิบ การลดต้นทุนจากของเสียและการลดต้นทุนจากการ สูญเสีย ซึ่งการดำเนินการเพิ่มผลิตภาพ ควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้

1. การพัฒนามาตรการในการวัดผลิตภาพในทุกๆระดับขององค์กร มีเครื่องวัดที่ ได้รับการยอมรับจากพนักงานในทุกๆระดับ

2. ตั้งเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิตภาพ เป้าหมายเหล่านี้ควรจะเป็นรูปธรรม สามารถวัดและประเมินผลได้

3. พัฒนาแผนการดำเนินเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้บริหารระดับสูงจะต้องตัดสินใจว่าการที่จะบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้นั้นจะต้องใช้วิธีการใดแล้วนำมาพิจารณาความพร้อมด้านกำลังคนและอุปกรณ์ภายในองค์กร ส่วนด้านพนักงานอาจต้องมีการฝึกอบรมให้มีความรู้เพิ่มขึ้น ส่วนอุปกรณ์บางอย่างที่ยังขาดแคลนก็จัดหาเพิ่มเติม

4. ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ การลงมือปฏิบัตินี้ โดยเริ่มจากผู้บังคับบัญชาในแต่ละระดับก่อน เพราะแผนการเพิ่มผลผลิตภาพที่นำมาปฏิบัติแล้วได้ผลดี ควรเป็นแผนที่ผู้บังคับบัญชาและพนักงานมีส่วนร่วมในการดำเนินการวางแผนร่วมกัน

5. วัดผลการดำเนินงาน การวัดผลการดำเนินงานเป็นระยะ ๆ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทราบเป้าหมายแนวทางการดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่บรรลุเป้าหมาย แต่ถ้าต่ำกว่าเป้าหมายก็ต้องค้นหาสาเหตุว่าเป็นเพราะเหตุใด เพื่อทบทวนแผนและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

การเพิ่มผลผลิตภาพจะต้องอาศัยปัจจัยในการดำเนินงานข้างต้นแล้ว ยังต้องการเวลาและความพยายามอย่างมากด้วย บางครั้งก็ต้องใช้เงินจำนวนน้อยเพื่อจะได้ประหยัดเงินจำนวนมากไว้ ผลลัพธ์ของการเพิ่มผลผลิตภาพอาจจะต้องใช้เวลารอคอยนานพอสมควร อาจจะเป็นเดือนหรือเป็นปี และที่สำคัญที่สุด เมื่อพนักงานทุกคนร่วมมือร่วมใจกันเพิ่มผลผลิตภาพขึ้น ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับองค์กรทั้งในด้านยอดขายที่เพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายลดลง ผลกำไรมีมากขึ้นแล้ว ก็ควรนำย้อนกลับมาสู่พนักงานด้วยทั้งในรูปของค่าตอบแทนต่างๆ เสริมความมั่นคงในการทำงาน สร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานที่ดี เพื่อจะได้จูงใจให้พนักงานเห็นว่าเมื่อพวกเขาทำงานหนักมากขึ้นก็ได้ผลผลิตภาพเพิ่มขึ้นทั้งตัวเขาและองค์กรก็จะได้รับผลประโยชน์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น สถานประกอบการหรือองค์กรต่างๆ จะต้องพยายามหาวิธีการเพิ่มผลผลิตภาพ เพื่อที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการที่จะทำให้การผลิตสินค้าเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าและทำให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด

สรุปแนวคิดการเพิ่มผลผลิตภาพ (Productivity) คือ การเพิ่มปริมาณการผลิตที่แสวงหาวิธีการอย่างชาญฉลาด โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีวิธีการทำงานที่ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น เหลือล้นน้อยลง มีการใช้ทรัพยากรคุ้มค่าที่สุด ลดการสูญเสีย ลดความสิ้นเปลือง มีความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เพื่อสร้างประสิทธิผลการดำเนินงานให้บรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้การเพิ่มผลผลิตภาพขององค์กรก่อให้เกิดประโยชน์แก่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และสามารถแข่งขันได้ในตลาดการค้าโลก โดยผลที่ได้รับจากการเพิ่มผลผลิตภาพ เช่น ด้านกำไรขององค์กร ด้านความมั่นคงในการ

ทำงานและค่าจ้างพนักงาน ด้านคุณภาพสินค้าและบริการที่ดีให้กับลูกค้า ด้านภาษีและรายรับอื่นๆ แก่รัฐ ซึ่งผลประโยชน์เหล่านี้ทำให้ผู้ประกอบการ พนักงาน ลูกค้าและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

2.2 ทฤษฎีและหลักการผลิตแบบลีน

ทฤษฎีและหลักการการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ระบบการผลิตแบบลีนเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นระบบการผลิตที่สามารถลดต้นทุน ลดความสูญเปล่าและลดความสูญเปล่าโอกาสทางการผลิตได้ ทั้งยังเป็นระบบที่สร้างมาตรฐานและแนวคิดสำคัญในการผลิต รวมถึงส่งเสริมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ระบบการผลิตแบบลีนเป็นกระบวนการจัดการที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี โดยมุ่งเน้นที่การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า การลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น รวมทั้งมีการหาแนวทางการเพิ่มคุณค่าของกิจกรรมในกระบวนการ เพื่อผลิตสินค้าให้มีคุณภาพดีที่สุดในใช้เวลาและต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด

การเริ่มพิจารณาการกำจัดความสูญเปล่าทั้งหมดในกระบวนการผลิตในโรงงานผลิต โดยมีหลักการที่ทำให้เวลาการรอคอยเป็นศูนย์ (Zero waiting time) ลดขนาดของกลุ่ม (การไหลของกลุ่มผลิตภัณฑ์) การปรับสมดุลการผลิตและลดเวลาการผลิต การผลิตแบบลีนเป็นการติดตามความสูญเปล่าเพื่อกำจัดให้หมดไป แนวคิดเรื่องลีน ที่กล่าวในหนังสือวิธีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ โดยระบบการผลิตแบบลีนของเกียตติจอร์ โฆมานะสิน [8] มีหลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีนมี 5 ประการ คือ การนิยามคุณค่า การวิเคราะห์สายธารคุณค่า การไหล การสร้างระบบการดึงและความสมบูรณ์แบบ รวมทั้งการคำนึงถึงการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักพื้นฐานการผลิตแบบลีน 5 ประการ

2.2.1 การนิยามคุณค่า (Value definition)

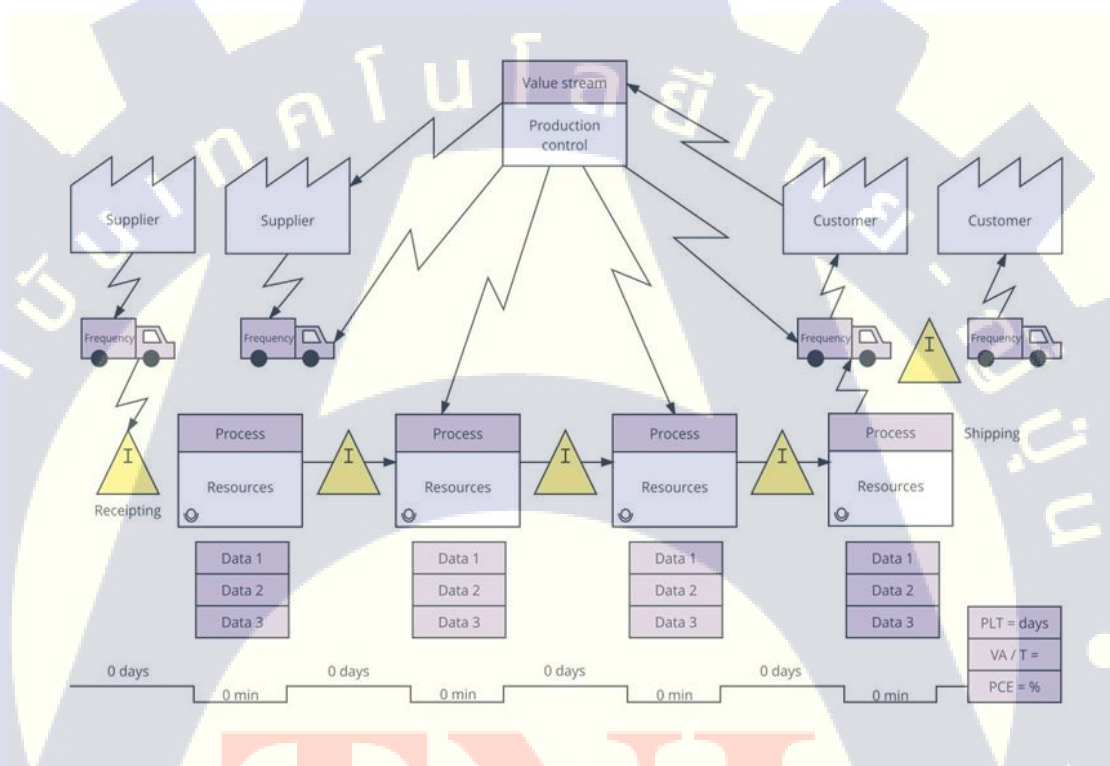
จุดเริ่มต้นที่สำคัญของลีน คือ คุณค่า (Value) การนิยามคุณค่า มุ่งเน้นการจัดการความสูญเปล่า ซึ่งคุณค่านี้สามารถกำหนดขึ้นได้โดยลูกค้าคนสุดท้ายเท่านั้นและมีความหมายก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดเท่านั้น การระบุคุณค่าอย่างแม่นยำ นับเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในแนวคิดแบบลีน ส่วนการผลิตสินค้าหรือการให้บริการที่ไม่ถูกต้อง แม้ด้วยวิธีการที่ถูกต้องก็ถือว่าเป็นความสูญเปล่า (Waste/Muda) ดังนั้นลีนจึงเป็นเครื่องมือในการจัดการกระบวนการที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้แก่องค์กร โดยการพิจารณาคุณค่าในการดำเนินงาน เพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งสร้างคุณค่าในตัวสินค้าและบริการ และกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจที่สุดในขณะเดียวกันก็ให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพควบคู่ไปด้วย ซึ่งการผลิตแบบลีนจะมีลักษณะดังนี้ [9]

- มีของเสียน้อย
- Lead time ในการผลิตสั้น
- พัสตูลิ้นค้าคงคลังมีปริมาณน้อย
- รุ่งการผลิตน้อยลง
- สายการผลิตแบบเฉพาะมีขนาดเล็กกว่า
- ความถี่ในการเปลี่ยนแปลงแผนต่ำกว่า
- ลดปริมาณ จำนวนการเกิดสภาพคอขวด
- ใช้พนักงานจำนวนน้อย แต่มีความชำนาญสูงกว่า
- เครื่องจักร เครื่องมือต่างๆมีความยืดหยุ่นมากกว่า
- ผู้รับช่วงการผลิตมีจำนวนน้อยราย แต่เชื่อถือได้มาก

ส่วนประกอบของระบบการผลิตแบบลีน มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับอาคาร ขั้นตอนการก่อสร้างเริ่มต้นจากแนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean thinking) เปรียบเสมือนการวางรากฐานของอาคารที่ก่อสร้างให้มีพื้นฐานแข็งแรงมั่นคง ก็จะช่วยให้เสาทุกต้นเป็นโครงสร้างของอาคารที่แข็งแรงเช่นกัน เสาแต่ละต้นเปรียบเสมือนเครื่องมือต่างๆในการดำเนินการลดหรือกำจัดสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการ ตลอดจนเน้นการสร้างคุณค่าในกระบวนการ ดังนั้นพนักงานทุกคนในองค์กรควรมีส่วนร่วมและเกิดความตระหนักถึงความสูญเปล่าสร้างงานที่เพิ่มคุณค่าและกำจัดงานที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ (Analysis tools) และจัดการความเปลี่ยนแปลงด้วยไคเซน (Kaizen) และนวัตกรรม (Kaikaku/Innovation) และการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ ศักยภาพในการจัดการกระบวนการสามารถดำรงอยู่ในสภาพปัจจุบันและอนาคตได้อย่างมั่นคง

2.2.2 การแสดงสายธารคุณค่าหรือแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping)

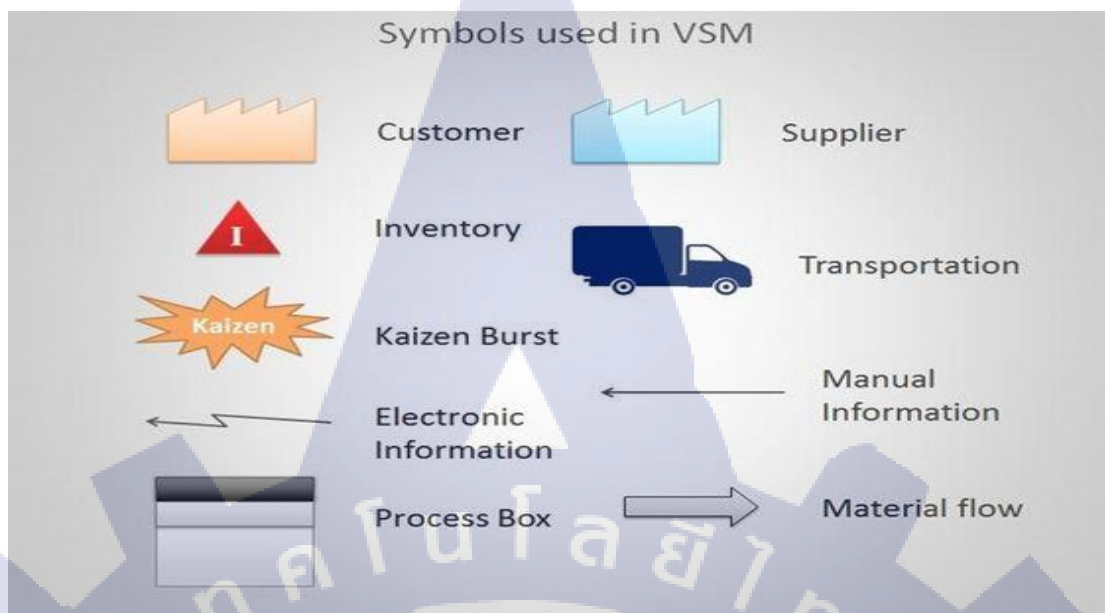
เป็นการแสดงเส้นทางการเดินทางของข้อมูลเพื่อให้ค้นพบความสูญเปล่า การจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เริ่มต้นด้วยการเขียนแผนผังกระบวนการ (Process mapping) ที่แสดงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศ แล้วทำการวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value stream analysis) โดยที่ Value stream นั้น คือ กิจกรรมงานทั้งหมด (สิ่งที่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มและไม่มีคุณค่าเพิ่ม) เพื่อกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุง และกำจัดกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่ม ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภาพตัวอย่างการเขียนแผนผังสายธารคุณค่า

การเขียนภาพหรือแผนผังสายธารคุณค่า ควรใช้สัญลักษณ์ในการสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่

2.3



รูปที่ 2.3 ภาพและสัญลักษณ์สำหรับการเขียนแผนผังสายธารคุณค่า

แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) จะแสดงกิจกรรมหรืองานทั้งหมด เพื่อแจกแจงว่ากิจกรรมใดที่สร้างคุณค่าเพิ่มและกิจกรรมใดไม่สร้างคุณค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบให้กับลูกค้าในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มก็หาแนวทางกำจัดออกไปจากกระบวนการ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการนั้นๆ ด้วยการใช้แผนผังสายธารคุณค่า Value Stream Mapping วิเคราะห์กระบวนการและกำหนดสายธารคุณค่า (Value stream) จากกิจกรรมทั้งหมดของกระบวนการที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์

กิจกรรมในกระบวนการมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท ดังนี้

1. กิจกรรมที่สร้างคุณค่าเพิ่ม (Value added) คือ กิจกรรมที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปร่างของวัตถุดิบหรือเปลี่ยนคุณสมบัติของชิ้นงานหรือเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า
2. กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มแต่จำเป็น (Non-value added but necessary) คือ กิจกรรมที่ใช้เวลา ทรัพยากร หรือพื้นที่แต่ไม่ได้ทำรูปร่างหรือคุณสมบัติของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป หรือไม่ได้เพิ่มมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์แต่ถ้าไม่ทำก็มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ได้ หรือถ้าไม่ทำก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่เสร็จสมบูรณ์ได้
3. กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (Non-value added/wastes) คือ กิจกรรมที่ใช้เวลาทรัพยากรหรือพื้นที่ แต่ไม่ได้ทำรูปร่างหรือคุณสมบัติของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป

หรือไม่ได้เพิ่มมูลค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์ถ้าไม่ทำก็ไม่ก่อให้เกิดผลเสียหาย เป็นกระบวนการที่สามารถกำจัดออกจากกระบวนการได้

ในการดำเนินกิจกรรมการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ในเวลาที่ลูกค้าต้องการนั้น จำเป็นที่จะต้องควบคุมเวลานำ (Lead time) ในกระบวนการผลิตให้อยู่ภายในเวลาที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งสายธารแห่งคุณค่า Value Stream Mapping ทำให้สามารถมองเห็นภาพรวม (Big picture) ของกระบวนการ การเชื่อมโยงการไหลของข้อมูล และวัตถุดิบ แหล่งกำเนิดของความสูญเปล่า (Source of waste) ซึ่งทำให้เห็นช่องทางการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และยังเป็นขั้นตอนต้นๆ สำหรับการดำเนินการระบบลีนอีกด้วย ดังนั้นถ้าองค์กรใดมีความต้องการลดต้นทุนในการดำเนินงานหรือหาแนวทางเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงต่างๆตามหลักการผลิตแบบ Lean จำเป็นต้องวิเคราะห์กระบวนการทั้งหมดของธุรกิจในปัจจุบัน โดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า หรือ Value Stream Mapping : VSM เพื่อแสดงภาพรวมทั้งหมดกิจกรรมทั้งหมดที่ธุรกิจดำเนินการ ทำการปรับปรุงกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ และเป็นแผนผังสายธารแห่งคุณค่าสำหรับอนาคต (Future State Value Stream)

2.2.3 การไหล (Flow)

ผลิตภัณฑ์มีการไหลผ่านกระบวนการเพิ่มคุณค่า (Value added) อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอปราศจากการรอคอย มุ่งเน้นการไหลแบบรวดเร็ว โดยการกำจัดอุปสรรคต่างๆหรือความสูญเปล่า การสร้างขั้นตอนการทำงานให้มีความไหลลื่นแบบต่อเนื่อง (Continuous flow) สร้างขั้นตอนการทำงานให้มีความไหลลื่นอย่างต่อเนื่อง ปราศจากการรอคอยหรือการขัดขวางให้หยุดสายการผลิตสามารถทำได้ดังนี้

1. เครื่องจักรต้องไม่ว่างงาน (Idle)
2. ลดการหยุดเครื่องจักร (Breakdown) เมื่อมีเครื่องจักรเสียต้องดำเนินการแก้ไขกลับสู่สภาวะปกติอย่างรวดเร็ว
3. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
4. การจัดกำลังการผลิตแต่ละกระบวนการให้มีความสมดุล (Line balancing)
5. ลดกิจกรรม ปริมาณการขนย้าย
6. ลดการเก็บงาน รอการผลิต (Waiting)
7. จัดผังโรงงาน (Line layout) ให้มีความเหมาะสม

2.2.4 สร้างระบบดึง (Pull)

การผลิตสินค้าตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการในช่วงเวลาที่ต้องการเพื่อเป็นการกำจัดสินค้าคงคลังในแนวคิดแบบลีน สินค้าคงคลังหรือวัสดุคงคลังจะถูกพิจารณาเป็นเรื่องของการสูญเสีย ฉะนั้นการผลิตสินค้าใดๆที่ขายไม่ได้จะเป็นการสูญเสียเปล่า ดังนั้น สิ่งสำคัญก็คือทำตามความต้องการของลูกค้าที่แท้จริงโดยการดึงผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบเริ่มจาก 3 หลักการแรกในการปรับปรุงหลักการนี้ เป็นการผลิตตามปริมาณที่เพียงพอในช่วงเวลาที่ต้องการวัตถุประสงค์ของการผลิตแบบทันเวลาพอดี คือการสร้างสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับความต้องการเพื่อกำจัดความสูญเสียเปล่าที่มากเกินไป แต่ในการปฏิบัติความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงได้นำ Takt time มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดสมดุลการไหล ซึ่งหลักการนี้มีความสำคัญมากเพราะการกำจัดความสูญเสียเปล่านี้จะทำในขั้นตอนที่ต้องเคลื่อนย้ายวัสดุคงคลังเหล่านี้ออกไป

2.2.5 ความสมบูรณ์แบบ (Perfection)

การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อความสมบูรณ์แบบ เริ่มจากเข้าใจความต้องการของลูกค้าและรู้คุณค่าของตัวผลิตภัณฑ์จัดทำแผนผังสายธารคุณค่า ขั้นต่อมาคือ การพยายามเพิ่มคุณค่า (Value) ให้กับสินค้าและบริการอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการค้นหาความสูญเสียเปล่า (Wastes) และทำการกำจัดออกไปจากระบบการอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษามุมมองของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) จะมุ่งเน้นไปที่การผลิตผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ลูกค้าต้องการ โดยทำความเข้าใจในกระบวนการผลิตและบ่งชี้ความสูญเสียเปล่าภายในกระบวนการ และกำจัดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการเหล่านั้นที่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง การนำมาประยุกต์ใช้ Lean thinking [10] เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าและบริการในมุมมองของลูกค้า ภายใต้กรอบแนวคิดของลีนกิจกรรมการผลิตทั้งหมดจะต้องได้รับการประเมินอย่างระมัดระวังเพื่อสร้างความมั่นใจว่ามีการส่งมอบคุณค่าให้ลูกค้าอย่างแท้จริง กิจกรรมใดที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าก็ควรถูกขจัดออกไป ซึ่งการขจัดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการจะส่งผลให้ต้นทุน (Cost) ขององค์กรลดลงและนำไปสู่การปฏิบัติงานที่ได้มาตรฐาน (Standardized work) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการแข่งขันขององค์กรให้สูงขึ้น ซึ่งความสูญเสียเปล่า 7 ประการ มีดังนี้



รูปที่ 2.4 ความสูญเสีย 7 ประการ

1. ความสูญเสียจากการผลิตของเสีย (Product defects) คือ สินค้าหรือชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตออกมาไม่ตรงกับข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ ที่เรียกว่า ของเสียจากการผลิต (Scrap) หรืองานที่ต้องแก้ไข (Defect) ผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพ ทำให้ต้องมาเสียเวลาในการแก้ไข เสียทรัพยากรทั้งวัสดุ แรงงาน ตามมา การทำงานผิดพลาดเกิดงานเสียเกิดขึ้น ต้องมาทำซ้ำใหม่ (Rework) ก็เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมากสำหรับผู้ผลิต เนื่องจากของเสียเหล่านั้นอาจถูกเพิ่มคุณค่าให้กับตัวมันไปหลายขั้นตอนแล้ว แต่ไม่สามารถนำมาจำหน่ายได้ ทำให้เกิดความสูญเสีย ของเสียจำนวนมากเกิดจากการตรวจสอบที่ผิดพลาดและละเลย ดังนั้นเมื่อการการผิดพลาดของกระบวนการใดก็ตาม ต้องรีบหาสาเหตุ (Problem solving process) และแก้ไขให้เสร็จสิ้นโดยเร็วก่อนการผลิตใหม่จะเริ่มขึ้น และควรกระตุ้นให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วม

2. ความสูญเสียจากการผลิตที่มากเกินไปจนความจำเป็น (Overproduction wastes) ความสูญเสียชนิดนี้เกิดจากความล้มเหลวในการวางแผนการผลิตมีการผลิตมากเกินไปความต้องการเกินกว่าความต้องการของลูกค้า ผู้ผลิตสินค้าต้องการผลิตสินค้าให้มีจำนวนมากพอที่จะขายให้กับลูกค้าได้และต้องไม่สูญเสียโอกาสในการขายสินค้าเมื่อลูกค้าต้องการ ดังนั้นการผลิตสินค้าเก็บรอไว้จำนวนมากเป็นสาเหตุของการผลิตที่มากเกินไป เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในเรื่องการเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปในคลังสินค้า ระบบทันเวลาพอดี (just in time: JIT) ซึ่งเป็นแนวทางในการปัญหาอย่างหนึ่ง เนื่องจากการผลิตด้วยจำนวนที่ถูกต้อง (right quantities) ตามปริมาณความต้องการของลูกค้า

3. ความสูญเปล่าจากการรอคอย (waste due to waiting) เป็นการรอคอยในงานระหว่างทำ (Work in process: WIP) ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพขององค์การการรอคอยจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อวัตถุดิบไม่ถูกใช้ในกระบวนการผลิต และถูกเก็บไว้นานก่อนจะถูกนำมาใช้ต่อไป เนื่องมาจากกระบวนการก่อนหน้าหรือขั้นตอนก่อนหน้า ความเร็วในการทำงานไม่สอดคล้อง ความสูญเปล่าจากการรอคอยมากเกินไปอาจเกิดเนื่องจากการไหลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตที่ไม่ดีพอ เกิดจากความไม่สมดุลของความเร็วการผลิตหรือเกิดความล่าช้าเกินไปในการผลิต (over-long production) การรอคอยอาจจัดการได้ด้วยการปรับสมดุลในด้านการผลิตให้มีความเร็วที่ใกล้เคียงกัน ทั้งด้านความสามารถของพนักงานในการผลิต การไหลวัตถุดิบที่ปราศจากอุปสรรค เวลาในการซ่อมเครื่องจักรที่รวดเร็วขึ้น และการเติมเต็มวัตถุดิบในคลังสินค้าได้อย่างพอดี การรอคอย (Waiting) โดยเฉพาะธุรกิจบริการจะเห็นได้ชัดเจน การรอคอยทำให้เกิดต้นทุนแฝงตามมา

4. ความสูญเปล่าเนื่องจากการมีสินค้าคงคลังมากเกินไปจนความจำเป็น (waste due to unnecessary inventory) การมีสินค้าคงคลังในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นก่อให้เกิดความสูญเปล่า เพราะสินค้าคงคลังเหล่านี้ต้องการพื้นที่จัดเก็บและต้นทุนการดูแลรักษา นอกจากนี้ยังรวมถึงความสูญเปล่าที่เกิดจาก วัตถุดิบในการผลิต วัตถุดิบระหว่างการผลิตและสินค้าสำเร็จรูป ที่ไม่ควรจะมีมากเกินไป เพราะการมีวัตถุดิบที่ไม่ได้ใช้ในกระบวนการเก็บอยู่ทำให้พื้นที่การทำงานลดลง โดยไม่เกิดคุณค่าขึ้นโดยเฉพาะวัตถุดิบระหว่างการผลิต (Work in process) ดังนั้นผู้ผลิตจึงควรวางแผนการผลิตและพยากรณ์การผลิตให้ดี โดยร่วมมือกับลูกค้าและคู่ค้า และการใช้เทคนิค Kanban มาช่วยเพื่อดึงวัตถุดิบมาผลิตอย่างพอดีตามความต้องการ

5. ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้ายและขนย้ายที่ไม่จำเป็น (waste resulting from transportation) ความสูญเปล่าชนิดนี้เกิดจากการรอคอยมีผลให้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ลดลงจากการขนย้ายมากเกินไป ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบทั้งก่อนและระหว่างกระบวนการที่มีระยะทางและเวลานานเกินไป อาจเกิดจากคลังสินค้าและโรงงานไม่ได้อยู่ใกล้กัน หรือที่ตั้งของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่อยู่ใกล้กันมากเกินไป หรือสืบเนื่องจากการผลิตที่มากเกินไปมักจะเป็นผลให้เกิดการเก็บสินค้ามากเกินไปจึงต้องเสียเวลาในการขนย้ายหรือค้นหาสินค้ามากขึ้น การจัดวางผังโรงงานที่ดี (Plant layout) เป็นหนึ่งในแนวทางแก้ไขปรับปรุงเพื่อลดการสูญเสียจากการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น

6. ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion waste) เป็นการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นในการทำงาน ซึ่งส่งผลทำให้ความสามารถในการทำงานมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่มากเกินไปเช่น การเคลื่อนย้ายสิ่งของโดยไม่ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมช่วย และการทำงานที่ขาดมาตรฐานการทำงาน ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมือนกันตลอดระยะเวลาการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ เกิดของเสียจำนวนมาก และใช้เวลาในการทำงานมากและไม่เท่ากันในแต่ละครั้งของการผลิต การใช้ Value Stream Mapping และ 5 ส

จะช่วยลดสิ่งเหล่านี้ได้ การเดิน เอื้อม หัน ซ้าย-ขวา หน้า-หลัง เสียเวลาในการทำงานทั้งนั้น ต้องหาวิธีการทำงานที่สะดวก รวดเร็ว ที่จะเคลื่อนไหวให้น้อยที่สุด

7. ความสูญเสียจากการมีกระบวนการมากเกินไป (Extra processing) เป็นความสูญเสียจากการมีขั้นตอนการทำงานมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น การมีกระบวนการมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่น การจัดกระบวนการใหม่ให้อยู่ใกล้กันมากขึ้นจนเป็นกระบวนการเดียวกัน (Manufacturing cell) เพื่อประโยชน์ในการใช้เครื่องมือร่วมกัน และสามารถช่วยเหลือกันได้ในเมื่อต้องการ หรือการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการทำงานแทนการทำงานที่ไม่ถูกวิธี สามารถแก้ไขโดยใช้สายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) มาช่วยลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าขึ้นในโรงงานได้ ขั้นตอนต่างๆ ไม่เคยมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง มาตรฐานทำมาอย่างไรก็เก็บไว้แบบนั้นไม่มีการศึกษาพัฒนาขั้นตอนการทำงานอย่างจริงจังหรือไม่ได้ค้นหาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้ทำงานได้ง่ายยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงสรุปแนวทางการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บตามระบบการผลิตแบบลีน ดังนี้

แนวคิดพื้นฐานการผลิตแบบลีนนั้นเป็นปรัชญาการบริหารการดำเนินงานและการปฏิบัติการที่มุ่งเน้นการลดการใช้ทรัพยากรทั้งหมดให้มีจำนวนน้อยลงรวมถึงเวลา โดยการใช้เครื่องมือในการผลิตรักษาระดับสินค้าคงคลังให้มีปริมาณน้อยและเหมาะสม ใช้พนักงานน้อย ใช้พื้นที่ไม่มาก ลดจำนวนซัพพลายเออร์และลดความผันแปรภายใน [11] หลักปฏิบัติของลีน (Lean principle) เน้นกำจัดความสูญเสียเพื่อสร้างคุณค่าส่งมอบให้ลูกค้าและเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการอย่างแท้จริงตาม โดยการนำกระบวนการและข้อมูลการผลิตจริงมาจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เพื่อใช้เป็นพิมพ์เขียวในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางพัฒนาปรับปรุงองค์กรให้เกิดผลในทางปฏิบัติจริง ในการปรับตัวสู่ระบบการผลิตใหม่ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 โดยเพิ่ม 2 องค์ประกอบที่สำคัญที่เข้ามาเติมเต็มและต่อยอดให้ลีนมีความก้าวหน้ามากขึ้นคือ Digital technology และ Data analytics เพื่อที่จะทำให้ Basic Lean พัฒนาต่อยอดกลายเป็น Digital Lean ในอนาคต เพื่อเป็นการสร้างคน พัฒนาอุตสาหกรรมและยกระดับความสามารถการแข่งขัน

2.3 แนวคิดการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management)

หลักการสำคัญในการทำให้กระบวนการทั้งหมดตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง มีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดไม่มีความสูญเสียสิ้นเปลือง(Wastes) ได้แก่ การผลิตบ่อย คอยนาน สต็อกเกินจำนวนมาก งานผลิตมีการผลิตเกินความต้องการ การเคลื่อนไหว พฤติกรรมลักษณะการทำงานมีการเดิน เอื้อมหรือหัน ขั้นตอนการทำงานไม่สร้างคุณค่า และการขาดทักษะความสามารถของผู้ปฏิบัติงานนำกระบวนการและข้อมูลการผลิตจริง เพื่อจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า (Value

Stream Mapping) [12] เพื่อใช้เป็นพิมพ์เขียวในการวิเคราะห์ต่อยอดพัฒนาปรับปรุงองค์กรให้เกิดผลในทางปฏิบัติจริง โดยการวางแผนผังดังกล่าวสรุปเป็นแนวทาง 10 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เข้าใจในคุณค่าที่ลูกค้าต้องการ (Understand value) โดยการกำหนดปัจจัยพื้นฐานแห่งการดำรงอยู่ในธุรกิจ (Order Qualifier Criteria - OQC) และปัจจัยสำคัญแห่งชัยชนะในธุรกิจ (Order to Winner Criteria - OWC) เพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งที่ลูกค้าคาดหวังกับสิ่งที่ส่งมอบนั้นตรงกัน

ขั้นตอนที่ 2 เลือกสินค้าหรือบริการที่ต้องการปรับปรุงให้ชัดจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product family) ที่องค์กรมีอยู่ โดยอาจแบ่งตามข้อกำหนดลูกค้า แบ่งตามปริมาณการผลิตสินค้าหรือแบ่งตามกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 3 ลงพื้นที่ สำรวจตรวจสอบ เก็บข้อมูลจริง สังเกตการณ์พื้นที่การผลิตจริง พูดคุยสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานและเก็บข้อมูล เช่น จำนวนสินค้าคงคลัง เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน จำนวนคน ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรและสภาพการผลิต

ขั้นตอนที่ 4 เริ่มที่ความต้องการลูกค้า เขียนแผนผังสายธารคุณค่า โดยเริ่มต้นจากขวามือสุดคือลูกค้า โดยระบุเงื่อนไข ระยะเวลา และความต้องการสินค้าและบริการ ผ่านช่องทางและวิธีการสื่อสาร ส่วนรับคำสั่งซื้อและแปลงเป็นแผนการผลิต (Production planning and control) ย้อนกลับไปที่ผู้รับจ้างช่วงภายนอก (Suppliers)

ขั้นตอนที่ 5 แสดงกระบวนการหลัก ด้วยแผนผังกระแสคุณค่า (Define the basic value stream) ในส่วนด้านล่างของแผนผังที่ครอบคลุมอยู่ในขั้นตอนที่ 4 ให้ระบุกระบวนการผลิตที่สำคัญ และสต็อกของสินค้าทั้งก่อนผลิต ระหว่างผลิต และหลังการผลิต รวมเรียกว่า Physical flow

ขั้นตอนที่ 6 ระบุเวลาที่ใช้ไปในแต่ละขั้นตอน (Fill in queue times) โดยนำเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการที่จัดเก็บมาได้ในขั้นตอนที่ 3 มาระบุลงในแผนผัง ได้แก่ รอบเวลาการผลิต เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งปรับตั้งเครื่อง เวลาเครื่องหยุด เสียซ่อม และเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 7 ระบุข้อมูลกระบวนการอื่นๆ (Fill in process data) นำข้อมูลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) คุณภาพชิ้นงานที่ถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก (First time quality) และลักษณะการเคลื่อนย้ายสินค้า (Batch or Box)

ขั้นตอนที่ 8 ระบุกำลังคนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ทั้งขั้นตอนที่ทำด้วยคนและทำด้วยเครื่องจักร โดยระบุจำนวนคนที่ใช้ในขั้นตอนนั้นๆ

ขั้นตอนที่ 9 จำแนกเวลาที่ใช้ในการสร้างคุณค่าแล้วคำนวณหาสัดส่วนต่อเวลารวม (Add the Value Added Percentage - %VA) นำเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง หาดด้วยเวลาการผลิต

รวมทั้งหมดและคูณด้วยร้อย จะทำให้เราเห็นได้ชัดว่าเวลาในการสร้างคุณค่าจริงๆ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละเท่าไรของเวลาทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 10 วิเคราะห์กระบวนการเดิม ค้นหาโอกาสการปรับปรุงใหม่ โดยนำแนวคิดและหลักการของลีนมาใช้เพื่อออกแบบกระบวนการใหม่ (redesign process) ให้มีอัตราส่วนมูลค่าเพิ่ม (%VA) สูงที่สุด มีความสูญเปล่าหรือเวลาที่ไม่สร้างคุณค่าน้อยที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการลดคอขวดในกระบวนการ การปรับเรียบการผลิต หรือสร้างสมดุลให้เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

จึงสรุปได้ว่าการวิเคราะห์และจัดทำสายธารคุณค่า (Value stream) นั้นเป็นการทำให้กระบวนการผลิตสามารถมองเห็นปัญหา ความสูญเปล่า วิเคราะห์หาสาเหตุ และค้นหาโอกาสในการปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยอาจจะเพิ่มเติมเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ทันสมัยทั้งที่เป็นระบบอัตโนมัติ และการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ รวมถึงการนำ IoT และ AI เข้ามาใช้สำหรับโรงงานที่จำเป็น จะช่วยพัฒนาศักยภาพขีดความสามารถขององค์กร เพื่อยกระดับจากอุตสาหกรรม 2.0 เป็น 3.0 และกลายเป็น 4.0 ได้ในอนาคต

2.4 แนวคิดการลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS

หลักการของ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่า หรือ MUDA ลงได้

1. การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือ การผลิตที่มากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไปและของเสีย

2. การรวมกัน (Combine) สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม การผลิตก็สามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนอีกด้วย เพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกันการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

3. การจัดใหม่ (rearrange) คือการจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือการรอคอย เช่น ในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 3 กับ 4 โดยทำขั้นตอนที่ 4 ก่อน 3 จะทำให้ระยะทางเคลื่อนที่ลดลง

4. การทำให้ง่าย (simplify) หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น [13]

2.5 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการผลิตแบบลีน

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตแบบลีน ด้วยการคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้ [14]

ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร Overall Equipment Effectiveness (OEE)

$$OEE = \frac{\text{อัตราการเดินเครื่อง}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \times \frac{\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง}}{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}} \times \frac{\text{อัตราคุณภาพ}}{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}$$

$$= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \times \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \times \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

รูปที่ 2.5 การคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร

$$OEE = A \times P \times Q$$

โดยที่ A-Availability Rate อัตราส่วนของเวลาที่เครื่องจักรนั้นปฏิบัติงานได้จริงต่อเวลาที่มีในการผลิต (% Run)

P-Performance Rate อัตราส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้จริง ต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นควรผลิตได้ตามกำลังผลิต

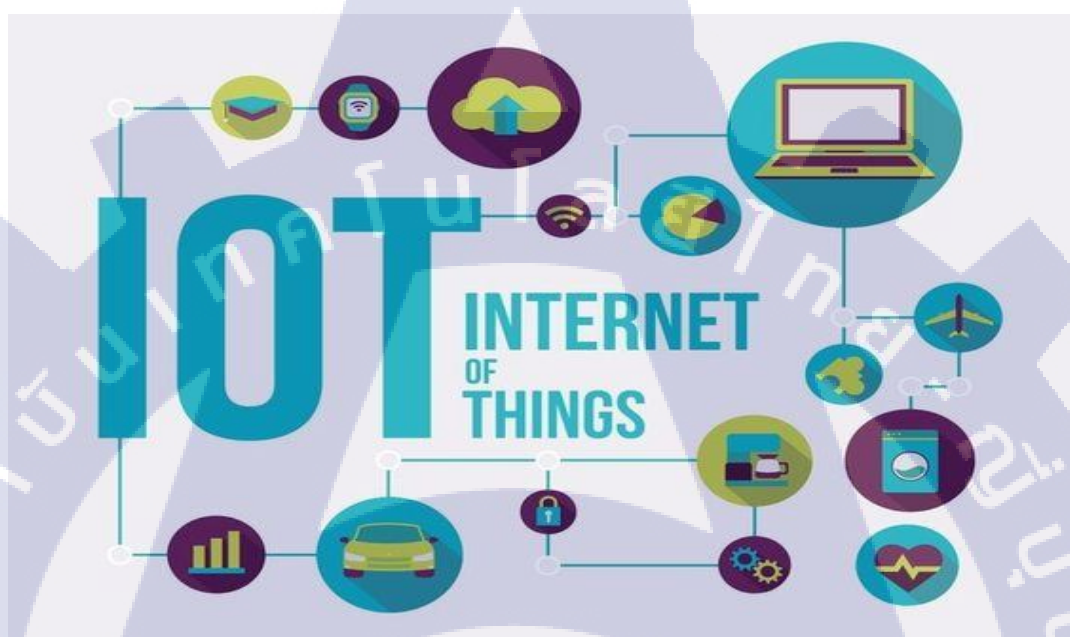
Q-Quality Rate อัตราส่วนของชิ้นงานดีที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ต่อจำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ทั้งหมด หรือ Yield

$$OEE = \frac{(\text{จำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรนั้นผลิตได้ทั้งหมด}) \times (\text{รอบเวลาของเครื่องจักร})}{\text{จำนวนเวลาที่เครื่องจักรนั้นใช้ในการผลิตจริง}}$$

2.6 แนวคิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาใช้ในระบบการจัดการข้อมูลการวัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการด้านการผลิต

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เป็นการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยสามารถเชื่อมโยงและสื่อสาร สั่งการระบบการทำงานของโปรแกรมหรือสั่งการระบบควบคุมการใช้อุปกรณ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [15] โดย Kevin Ashton ผู้บุกเบิกเทคโนโลยีชาวอังกฤษที่ร่วมก่อตั้ง Auto-ID Center ที่ Massachusetts

Institute of Technology ซึ่งสร้างระบบมาตรฐานระดับโลกสำหรับ RFID และเซ็นเซอร์อื่น ๆ เขาเป็นที่รู้จักในการบัญญัติคำว่า " Internet of Things: IoT " เพื่ออธิบายระบบที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับโลกทางกายภาพผ่านเซ็นเซอร์ที่แพร่หลาย จากแนวคิดนี้บริษัท Procter & Gamble ซึ่งเป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายสินค้าอุปโภค บริโภค ของสหรัฐอเมริกาได้นำไปใช้ในการเชื่อมโยงอุปกรณ์ และเครื่องใช้ทุกชนิดให้สามารถส่งรับและแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในตัวเอง



รูปที่ 2.6 แนวคิดการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

การประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ด้วยระบบโครงข่ายนี้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซ็นเซอร์และวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ระบบต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติ ส่งผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ จำนวนมากเข้ากับโครงข่าย จะช่วยให้สามารถวัดข้อมูลที่หลากหลายประเภทเป็นจำนวนมากและนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ แสดงผลแบบกราฟิกเพื่อช่วยในการวางแผนและตัดสินใจได้ เมื่อนำระบบดังกล่าวมาผนวกเข้ากับระบบ Big data จะช่วยการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากที่มีความซับซ้อนและเป็นปัจจุบันทันเหตุการณ์ (Real time)

อินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรม (Industrial Internet) คือ โครงข่ายข้อมูลขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องวัดและระบบการควบคุมในระบบอุตสาหกรรมเข้าด้วยกัน สามารถสั่งการ

ทำงานของโปรแกรมหรือสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายจะช่วยให้อุปกรณ์และระบบต่างๆมีทำงานที่แม่นยำ สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพเครื่องจักร อุณหภูมิ การสั่น การหมุนและตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องจักร หรือคาดการณ์เวลาที่จำเป็นต้องเปลี่ยนอะไหล่ของอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่โดยไม่จำเป็น นอกจากนี้ยังนำไปใช้เชื่อมต่อข้อมูลการขาย ระบบโลจิสติกส์กับโรงงาน ซึ่งจะช่วยให้สามารถบริหารการผลิต การกระจายสินค้าและนำไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการจากสูญเสียที่ไม่จำเป็น จะเห็นได้ว่าโครงข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายระดับและหลากหลาย จากการคาดการณ์ผลกระทบทางเศรษฐกิจของโครงข่าย IoT ของสถาบัน McKinsey Global ประเมินว่าปี 2568 จะมีมูลค่าเศรษฐกิจของ IoT ทั่วโลก อาจมีมูลค่าสูงระหว่าง 3.9-11.1 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี ซึ่งประมาณร้อยละ 70 เป็นผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นระหว่างธุรกิจกับธุรกิจ Business to Business (B2B) และอีกร้อยละ 30 จะเป็นผลประโยชน์จากผู้บริโภคที่ใช้งานแอปพลิเคชันต่างๆ นอกจากนี้ McKinsey Global ยังประเมินว่า ร้อยละ 40 ของค่าที่ประเมินไว้จะมาจากประเทศที่กำลังพัฒนานำโครงข่าย IoT มาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆมากมาย โดยในภาคธุรกิจโครงข่าย IoT จะมีส่วนสำคัญในการสร้างประสิทธิภาพในการผลิตและการดำเนินงานลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น [16]

แนวคิดของอุตสาหกรรม 4.0 มีอิทธิพลในการสร้างและกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านนวัตกรรมเพื่อเข้าสู่ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมแห่งอนาคต ซึ่งเป็นการบูรณาการการผลิตเข้ากับการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบ “ The Internet of Things (IoT) ” ทำให้กระบวนการผลิตตลอดทั้งซัพพลายเชนเชื่อมต่อกันบนโลกดิจิทัลได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและมีการนำเครื่องจักร ระบบการวิเคราะห์และคนมาทำงานร่วมกันผ่านโครงข่ายของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันด้วยเทคโนโลยีการสื่อสาร ส่งผลให้เกิดระบบที่สามารถติดตาม เก็บข้อมูล แลกเปลี่ยนและแสดงผลข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์เพื่อช่วยให้การวางแผนและตัดสินใจทางธุรกิจได้อย่างชาญฉลาดและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร ให้มีความยืดหยุ่น ประหยัดเวลา และประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางแผนลดต้นทุนการผลิตจากการบำรุงรักษาที่คาดการณ์ล่วงหน้า(Predictive maintenance) การตรวจสอบสถานะเครื่องจักร (Monitor) หลีกเลี่ยงการ Downtime ของระบบ การเพิ่มความปลอดภัยและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในส่วนอื่นๆ ระบบเครือข่าย Industrial Internet of Things (IIoT) สามารถเชื่อมต่อข้อมูลในแต่ละหน่วยงานภายในองค์กร เพื่อช่วยทำให้ผู้บริหารสามารถใช้ข้อมูลจาก IIoT ได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพซึ่งจะเป็นตัวแปรสำคัญไปสู่การตัดสินใจในอนาคต การเติบโตของ IIoT มีผลมาจากหลักการโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) และเทคโนโลยีการผลิตแบบอัตโนมัติขั้น ในประเทศเยอรมนีซึ่งเป็นผู้นำอุตสาหกรรม 4.0 และประเทศจีนที่ถือครองตลาดด้าน IIoT ที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่มเอเชียแปซิฟิก (Asia-Pacific : APAC) การนำระบบ

Internet of Things (IoT) [17] มาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้น จำเป็นต้องพัฒนาองค์ประกอบหลายประการ เช่น การออกแบบปรับปรุงกระบวนการ การปรับปรุงเครื่องจักรกลและอุปกรณ์แบบเดิมให้รองรับเทคโนโลยี IoT การเพิ่มอุปกรณ์การตรวจวัดและการเชื่อมต่อบริบบการทำงานเข้าด้วยกัน รวมถึงระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การควบคุมและจัดการข้อมูล การใช้สมาร์ทเซนเซอร์ในการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกล (Machine-to-Machine M2M Communication) ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เครื่องจักรกลสามารถประเมินสถานะการทำงานที่ดีที่สุดและจัดจำข้อมูล ตลอดจนลำดับขั้นตอนการผลิตได้ด้วยตนเองและการรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ที่ได้รับ (Big data) ด้วยระบบการประมวลผลการผลิตแบบเรียลไทม์ (Manufacturing Execution System – MES) เข้ามาควบคุมติดตามและบันทึกผลการผลิตผ่านอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันแพลตฟอร์มการทำงานของระบบ Industrial Internet of Things (IIoT) ประกอบด้วย 3 เทคโนโลยี ได้แก่

1. Sensors และ Sensor-driven computing เป็นด้านแรกในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการผลิตและส่งไปยังส่วนของ Processor ซึ่งตัวเซนเซอร์ทำให้อุปกรณ์สามารถรับรู้สถานะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน แรงดันไฟฟ้า การเคลื่อนไหวและด้านเคมี Sensor-driven computing จะแปลงการรับรู้เป็นข้อมูล (Insights) โดยใช้ Industrial analytics ในลำดับถัดไปที่ผู้ปฏิบัติงานและระบบสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้

2. Processor หรือ Industrial analytics เป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เพื่อเก็บข้อมูลหลายๆส่วนของเครื่องจักรในคราวเดียวกัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังเซนเซอร์ เป็นเสมือนเครือข่ายในการเชื่อมโยงข้อมูลทุกจุดให้สามารถทำงานได้ทันที (Real time)

3. Intelligent machine application ในอนาคตอันใกล้ผู้ผลิตเครื่องจักรจะไม่ผลิตเครื่องจักรจะไม่ผลิตเพียงแค่เครื่องจักรที่มีเฉพาะระบบกลไกเท่านั้นแต่จะรวมฟังก์ชัน Intelligence เพื่อควบคุมการผลิตอัตโนมัติผ่านซอฟต์แวร์ ผู้ใช้งานสามารถควบคุม แก้ไข จัดการตรวจสอบการทำงานผ่านแอปพลิเคชันได้รับการพัฒนา และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อไป

จากการทบทวนทฤษฎีและแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงออกแบบและกำหนดกรอบแนวคิดในการทำวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตตามหลักการแนวทางของสิน โดยมีนำใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาประยุกต์ใช้ เพื่อลดต้นทุน ลดการสูญเสีย เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในยุคที่การตลาดเป็นของลูกค้าและมีการแข่งขันสูงขึ้น เพราะลูกค้ามีทางเลือกในการตัดสินใจซื้อสินค้าได้หลากหลาย อีกทั้งผู้ผลิตมีจำนวนมากขึ้นเกิดอุปทานมากกว่าอุปสงค์หรือความสามารถในการผลิตสินค้าของผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าได้มากกว่า

ความต้องการของลูกค้า มีการแข่งขันด้านราคารุนแรงทำให้ขายสินค้าแพงขึ้นไม่ได้ จึงมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน โดยเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมและตามแนวคิดการผลิตแบบลีน โดยเริ่มจากการสร้างวัฒนธรรมองค์กรการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง มีแนวทางการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทีละเล็กทีละน้อยอย่างไม่มีที่สิ้นสุดหรือการทำไคเซ็น(Kaizen) เพื่อลดต้นทุนในอุตสาหกรรมการผลิต และพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตแบบลีน 4.0 (Lean Manufacturing 4.0) เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดความสูญเปล่าให้น้อยที่สุด เกิดการไหลของวัตถุดิบ ชำนาญ และผลิตภัณฑ์ รวมถึงข้อมูลอย่างต่อเนื่องทั้งภายในและภายนอกองค์กร เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในปริมาณและเวลาที่ลูกค้าต้องการ (Mass customization)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยสำหรับการประเมินสถานการณ์ขององค์กร ด้วยการวาดแผนผังสายธารคุณค่า เพื่อประกอบการวิเคราะห์สถานะองค์กรมีจุดแข็งที่ต้องทำให้ดีขึ้นและจุดอ่อนที่ต้องขจัด จากนั้นจึงกำหนดแผนการดำเนินงานและเลือกใช้เครื่องมือเทคนิคแบบลีน มาช่วยขับเคลื่อนกระแสคุณค่าให้เกิดประสิทธิภาพการผลิต มีการวิเคราะห์และวางแผนจัดการกระบวนการผลิตให้มีความไหลลื่น ลดการรอคอย หรือกำจัดกิจกรรมความสูญเปล่า ลดการสูญเสีย และมีการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ที่มีการดักของเสียตั้งแต่แหล่งกำเนิด ไม่รับของเสียเข้ามาในกระบวนการผลิต ไม่ผลิตของเสีย ไม่ส่งของเสียให้กระบวนการถัดไป ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 การรายงานข้อผิดพลาดสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วผ่านอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart devices) ในรูปแบบข้อความออนไลน์ ด้วยอีเมล (Email) ข้อความ (Short message service) หรือผ่านแผงควบคุมการผลิต (Production dashboard) รวมทั้งการเชื่อมต่อทางเครือข่ายของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สามารถส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ (Cloud computing) เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์และประมวลผลทำได้อย่างรวดเร็วและสะดวกมากยิ่งขึ้น ทำให้ทุกฝ่ายทราบถึงสถานะปัจจุบันของสายการผลิตได้ทันที [18]

ปัจจุบันภาคการผลิตในอุตสาหกรรมในยุค 4.0 จำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการบริหารจัดการกระบวนการผลิตให้มีความพร้อมในการปรับตัวและนำนวัตกรรมมาใช้ เพื่อพัฒนาไปสู่โรงงานอัจฉริยะแห่งอนาคต(Smart Factory) ที่ออกแบบกระบวนการและมีการนำ IoT มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยตัวเอง การทำงานโดยอัตโนมัติ การนำข้อมูลเรียลไทม์มาใช้ การคัดเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy) ตามแผนงานรัฐบาลที่จะผลักดันประเทศไทยให้ก้าวสู่ Thailand 4.0

ดังนั้นการเสริมสร้างความเข้มแข็งอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อหลักในประเทศไทยให้มีความพร้อมสู่การขับเคลื่อนสู่อุตสาหกรรม 4.0 ควรมีการปรับตัวและเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิธีการทำงานแบบเดิม และนำ IoT มาใช้พัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตและบริหารจัดการให้สามารถเผชิญกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (Disruptive technology) มีการวิเคราะห์ ออกแบบ และ

วางแผนการพัฒนาระบบการเชื่อมต่อทั้งหมด ให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์และคำนึงถึงการเก็บรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัย ลดต้นทุนและสร้างผลกำไรที่ดีกว่าในระยะยาว ในอันที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในอนาคตต่อไป

นิยามศัพท์

1. **แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)** หมายถึง กระบวนการและแนวคิดในการดำเนินงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยการลดความสูญเปล่าให้เหลือน้อยที่สุดและทำให้เกิดการไหลมากที่สุด โดยใช้ชุดเครื่องมือหรือเทคนิคการกำจัดความสูญเปล่า (Waste/Muda) ที่ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตแต่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์หรือสร้างคุณค่าให้กับลูกค้า และมีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
2. **ประสิทธิภาพ (Efficiency)** หมายถึง ความสามารถในการผลิต (Capability) ตลอดจนการทำงาน (Working) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ (Output) ที่มีคุณภาพ (Quality product) เกินจากความสามารถในการผลิต (Capability) พื้นฐานปกติ
3. **ผลิตภาพ (Productivity)** หมายถึง ตัวชี้วัดความสำเร็จที่เน้นทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น คุณภาพของผลผลิต ตลอดจนเวลาในการผลิต
4. **การจัดการสายธารคุณค่า (Value stream management)** หมายถึง แนวคิดและเครื่องมือของลีนที่มุ่งเน้นการลดสิ่งสูญเปล่า ซึ่งเป็นตัวการขัดขวางการไหลแบบต่อเนื่องที่มีอยู่ตลอดทั้งสายธารคุณค่าให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด ด้วยวิธีการวาดแผนผังสายธารคุณค่า (Value stream mapping) เพื่อนำเสนอการไหลของวัสดุและการไหลของสารสนเทศของการผลิตภัณฑ์ด้วยภาพสถานะแผนผังสายธารคุณค่าในปัจจุบันและแผนผังสายธารคุณค่าในอนาคต การแสดงสายธารคุณค่า (Value stream) ขึ้นตอนทั้งหมดที่เพิ่มคุณค่าและไม่เพิ่มคุณค่าเกี่ยวกับการขนย้ายผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งเป็นที่ยอมรับของลูกค้า
5. **การจัดสมดุลสายการผลิต (Line balancing)** หมายถึง กระบวนการที่มีการกระจายส่วนประกอบของงานออกเท่าๆกันตลอดทั้งสายธารคุณค่าเพื่อให้สามารถผลิตได้ตามค่า Takt time
6. **Takt time** หมายถึง การกำหนดจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้น เพื่อให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานในแต่ละสถานีควบคุมจังหวะการผลิตสิ่งของในแต่ละสถานีไม่ให้นานเกินเวลาที่กำหนด ปริมาณการผลิตเพียงพอและสามารถตอบสนองความต้องการลูกค้า Takt time คือ ความเร็วในการผลิตต่อวันสามารถคิดได้จาก เวลาทำงานสุทธิใน 1 วัน/จำนวนชิ้นงานที่ต้องการต่อวัน การคำนวณจะใช้จำนวนเวลาในการผลิตที่มีอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนด จะถูกหารด้วยความต้องการของลูกค้าโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาในวันทำงานหรือกะการทำงานนั้นๆ

7. **Lead time** หมายถึง ระยะเวลาการจัดเตรียมสินค้าและบริการ การผลิตในสต็อก การบริการสินค้าจากคลังระยะเวลาการรอคอยสินค้าน้อยที่สุด ความสำคัญของการนำ Lead time เป็นการวัดการจัดการและการส่งมอบคุณค่า เพราะการควบคุม Lead time ให้ต่ำ เพื่อให้อยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสม จะช่วยลดเวลา ลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า

8. **Cycle time** หมายถึง รอบเวลาในการทำการผลิต หมายถึง ระยะเวลาการผลิต 1 รอบ กระบวนการต่อสถานีงาน

9. **Processing time** หมายถึง ระยะเวลาจริงๆที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา ระหว่างที่ใช้ในการผลิตหรือประกอบชิ้นงานหนึ่งรอบกระบวนการ [19]

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

ชัยวัฒน์ ศรีไชยแสง [20] ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า วิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิสาเหตุและปัญหาและใช้เทคนิค ECRS เพื่อแก้ไขปัญหาและลดความสูญเสียเปล่า 7 ประการ ผลการวิจัยพบว่า สามารถประหยัดยอดการสั่งซื้อจากเดิมร้อยละ 52.18 ทำให้ระดับคลังสินค้าลดลงร้อยละ 82.57 และสมดุผลการผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 96.64 ชั่วโมงการผลิตลดลง ร้อยละ 48.41 และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.20

วาทัญญู ทศนเอี่ยม [21] ศึกษาเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการทำงานระหว่างแนวทางลีนและแนวทางลีน-ทีคิวเอ็ม ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยเปรียบเทียบหลักการตามแนวทางลีนที่มุ่งเน้นลดความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ กับแนวคิดลีน-ทีคิวเอ็มที่จะนำข้อเสนอพนักงานมาช่วยสนับสนุนในการปรับปรุง ผลการศึกษวิจัยพบว่า สามารถลดเวลาการผลิตได้ 44.16 ชั่วโมงต่อเดือน ลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรได้ร้อยละ 65.67 ส่วนการลดของเสียมีการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วย Why-Why Analysis และใช้หลักการ ECRS เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงพบว่า สามารถช่วยลดจำนวนของเสียได้ ร้อยละ 66.67

สุจิตตา อุ่นใจ [22] ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชาโดยลดความสูญเสียเปล่าในแผนผังสายธารคุณค่า : กรณีศึกษา บริษัท ชาอุยพง จำกัด ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตชาอู่หลงโดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า การวิเคราะห์สายธารคุณค่า สามารถปรับลดกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าเพิ่มได้ 2 กิจกรรม เวลารวมเฉลี่ยทั้งกระบวนการลดลง 4.81 ชั่วโมง

คณิษฐา ขามผาสา [23] ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานที่หน้างานในอุตสาหกรรมยา โดยการจัดการสายธารคุณค่า (Value Stream Management) ทำการวิเคราะห์กิจกรรมภายในกระบวนการผลิตยาเคลือบน้ำตาล และประยุกต์ใช้การเขียนแผนผังสายธารคุณค่า

ปัจจุบันและอนาคต เพื่อแสดงรากเหง้าของปัญหา ดำเนินการวิเคราะห์และปรับปรุง ทำให้ลดเวลาทั้งหมดของกระบวนการผลิตจนถึงกระบวนการส่งสินค้าสำเร็จรูปเข้าคลังสินค้า ลดลง ร้อยละ 49.48 และลดของเสียกระบวนการเคลือบน้ำตาล ร้อยละ 75.85

ชนาธิป กฤตสวนนท์ [24] ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของ Spindle motor โดยใช้หลักการ ECRS และการจำลองสถานการณ์ โดยศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและทำการปรับปรุงแก้ไขด้วย ECRS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยเฉพาะเจาะจงในสายการผลิต สปินเดิลมอเตอร์ ผลการศึกษาพบว่าบางกระบวนการยังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ มีการว่างงานของพนักงานระหว่างกระบวนการ ในบางกระบวนการเนื่องจากความไม่สมดุลของสายการผลิต จากการปรับปรุงด้วย ECRS สามารถลดจำนวนพนักงานจาก 44 คน เหลือ 34 คน คิดเป็นร้อยละ 22.27 และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตจากแบบจำลองเดิมร้อยละ 36.91 ค่าอรรถประโยชน์ของกระบวนการเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 81.51 เป็นร้อยละ 91.71 หรือร้อยละ 10.2 ผลการปรับปรุงสามารถเพิ่มผลิตภาพจากเดิมร้อยละ 8.88

นิวัฒน์ เดชอำไพ และกาญจนา เศรษฐนันท์ [25] ทำการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดชั้นในสตรีโดยประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน โดยทดลองนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้และวิเคราะห์จำแนกความสูญเสียเปล่าด้วย 7 Waste ปรับปรุงด้วยระบบดึงและใช้คัมบัง ผลการวิจัยพบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ تیمเย็บ BA1 ร้อยละ 15.63 และ تیم BA2 ร้อยละ 18.15 ผลิตภาพเพิ่มขึ้น ร้อยละ 17.13 และร้อยละ 20.00 ส่วนเวลาการนำการผลิตลดลง ร้อยละ 16.00 และร้อยละ 19.23 ตามลำดับ

พงศธร ตราโต [26] การปรับปรุงกำลังผลิตของกระบวนการผลิตลิปต์ โดยใช้หลักการ ECRS การศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องมือการจัดทำผังของสถานที่การทำงาน และจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิตเพื่อนำมาวิเคราะห์ ระบุความสูญเสียเปล่า 7 ประการ และใช้ Why-Why Analysis วิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัญหาแล้วนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้วย ECRS ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้วย ECRS ได้ถูกนำไปใช้เป็นมาตรฐานการทำงานและออกแบบระบบการผลิตใหม่ที่เป็นแบบไหลที่ละขั้นตอนและปรับปรุงแผนผังสถานที่การทำงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิตใหม่ ทำให้สามารถลดเวลาการทำงานได้ 165 วินาทีต่อชิ้น

รมิตา มุสิกพงศ์ [27] ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตพลาสติกฟิล์ม กรณีศึกษา บริษัท TPK จากการศึกษาวิจัย พบความสูญเสียเปล่าแฝงอยู่ทำให้เกิดต้นทุนโดยไม่จำเป็น เช่น ความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาการทำงานของเครื่องจักร จึงมีการนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยการใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมากยิ่งขึ้น จัดทำคู่มือการทำงานและเสนอให้มีการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ในการจัดการสินค้า

คงคลังเพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดจากวิธีการปฏิบัติงานจากการบันทึกจำนวนสินค้าคงคลังของพนักงานปฏิบัติงาน ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพ พบว่า เวลารวมของกระบวนการทำงานลดลงร้อยละ 6.27

ณัฐนันท์ อิศสระพงศ์ และคณะ [28] ทำการวิจัยการเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน กรณีศึกษาการผลิตยางเรเดียล ผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการตัดเส้นลวดฉนวนยางเพื่อเป็นชิ้นส่วนประกอบชิ้นรองหน้ายางเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนสูงสุด จึงใช้แผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดต้นทุนสูง ซึ่งพบว่าเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน เกิดต้นทุนการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน จึงนำแนวคิดแบบลีนเข้ามาปรับปรุงการทำงาน ด้วยการวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าด้านการรอคอย แล้วนำแนวทาง ECRS เข้ามาปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้สั้นลง ผลการปรับปรุงทำให้เวลาการผลิตลดลง 0.40 วินาทีต่อชิ้น และลดเวลาการผลิตได้ 2.23 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 23.80 ภาพรวมสามารถลดต้นทุนการผลิตในขั้นตอนตัดลวดฉนวนยางได้ร้อยละ 6 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด

กิตติชัย อธิกุลรัตน์ และภัทรพงษ์ ภาคภูมิ [29] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษาบริษัท ยู.พี.เอส.อุตสาหกรรม จำกัด โดยใช้การวาดสายธารคุณค่าในปัจจุบันและอนาคต โดยปรับปรุงการทำงาน ลดความสูญเสียเปล่าด้วย 5S ผลการวิจัยพบว่า สามารถเพิ่มกำลังผลิต ร้อยละ 28 และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานทำให้ลดระยะทางเคลื่อนย้ายงาน ร้อยละ 28.57

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และจุมพล บำรุงวงศ์ [30] ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มความสามารถการผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรตามความต้องการของลูกค้า โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี (QC Story) คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (Computer-Aided Manufacturing ; CAM) และหลักการวิเคราะห์ทางกระบวนการผลิต Cycle time & Takt time เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการที่เป็นคอขวดในสายการผลิต ผลการวิจัย พบว่า สามารถลดเวลาในขั้นตอนกัดชิ้นงานเพื่อลดรอบเวลาการผลิตของกระบวนการ CNC จาก 978 วินาที/ชิ้น เป็น 688 วินาที/ชิ้น เพิ่มความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร จาก 1,675 ชิ้น/เดือน เป็น 2,208 ชิ้น/เดือน ผลการเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถเพิ่มขีดความสามารถสูงสุดของกระบวนการถึง 2,350 ชิ้นต่อเดือน เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 40.1 และสามารถตอบสนองความต้องการชิ้นส่วนเครื่องจักรของลูกค้าในแต่ละเดือน

อดิگانต์ ม่วงเงิน [31] ศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน (ECRS+^{IT}) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานระบบตู้รับคืนหนังสืออัตโนมัติ สำนักบรรณสารการพัฒนา สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ผลการวิจัย สามารถลดจำนวนขั้นตอนของกระบวนการทำงานลงคิดเป็นร้อยละ 58.82 ลดรอบเวลาทั้งหมดของกระบวนการทำงานคิดเป็นร้อยละ 88.63 ลด

รอบเวลาการรอคอยทั้งหมดของกระบวนการคิดเป็นร้อยละ 89.50 เพิ่มเวลาของขั้นตอนที่มีคุณค่าทั้งหมดของกระบวนการ ร้อยละ 96.10 และลดเวลาของขั้นตอนที่ไม่มีคุณค่าทั้งหมดของกระบวนการทำงานคิดเป็นร้อยละ 100 ภาพรวมของผลลัพธ์การปรับปรุง ทำให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยลดเวลาของการรอคอยและรอบเวลาการทำงานและทำให้ผู้รับบริการได้รับข้อมูลการแจ้งเตือนการรับคืนหนังสือรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ลลนา สุวรรณ [32] ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดต้นทุนคลังบรรจุภัณฑ์ด้วยหลักการ ECRS กรณีศึกษาผู้ผลิตโคมไฟ ปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานด้วยการแนวคิดแบบลีนและใช้หลักการ ECRS เพื่อลดต้นทุนคลังบรรจุภัณฑ์สินค้าโดยการกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ การทำให้ง่าย โดยเน้นการมีส่วนร่วมของคนในองค์กรผลการวิจัยปรับปรุงคุณภาพของกระดาดทำกล่อง สามารถลดต้นทุนได้ร้อยละ 16 และมีการจัดกลุ่มขนาดกล่องที่มีความหลากหลายให้เหลือเพียง 6 กลุ่มทำให้สามารถบริหารจัดการการจัดซื้อและต่อราคาจากผู้ส่งมอบได้ประมาณ ร้อยละ 15-25 และสามารถจัดเรียงบนแท่นรองรับสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นลดต้นทุนได้ร้อยละ 12 และสามารถลดต้นทุนการสั่งซื้อแท่นรองรับสินค้า คิดเป็นร้อยละ 86 นอกจากนี้มีการปรับเปลี่ยนโดยใช้พลาสติกกันกระแทกแทนกระดาดกันกระแทกในการป้องกันสินค้าแตกหักเสียหาย ช่วยประหยัดเวลาในการออกแบบและสั่งผลิตทำให้สามารถลดต้นทุนได้ร้อยละ 66

เสขสัน นาคพ่วง และคณะ [33] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร พบว่า กระบวนการผลิตมีปัญหาขั้นตอนการผลิตที่ซ้ำซ้อน ทำให้เสียโอกาสในการขาย มีของเสียจากขวดแตกในกระบวนการผลิต และมีการหยุดซ่อมเครื่องจักร จึงดำเนินการปรับปรุงโดยนำแนวคิดการจัดการวิศวกรรม และประยุกต์เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC tools) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับสมดุลของขั้นตอนการผลิต (Line balance) เพื่อให้การผลิตอย่างต่อเนื่อง และใช้หลักการของลีนเพื่อตัดกระบวนการที่ซ้ำซ้อนและควรรวมเข้าด้วยกัน ผลการวิจัยพบว่า สามารถลดของเสียไม่มีขวดแตกและเพิ่มเวลาการผลิตได้ 780 นาทีต่อเดือน ลดการหยุดเครื่องจักร ร้อยละ 64 เพิ่มยอดการผลิตจากเดิมเกือบ 3 เท่า เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวม (OEE) เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 48.37 เป็นร้อยละ 92.70

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

D. Agarwal and A. Katiyar [34] ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้สายธารคุณค่านำมาวิเคราะห์กระบวนการผลิตของธุรกิจสลักลูกสูบ กรณีศึกษา บริษัท XYZ ในประเทศอินเดีย ทำให้พบความสูญเสียเปล่าแฝงอยู่ ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนโดยไม่จำเป็น เช่น การผลิตเกินความต้องการของลูกค้า ทำให้สินค้าคงคลังสูง จึงได้มีการเสนอให้มีการนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยเพื่อให้สามารถรู้ถึงความต้องการที่แท้จริง ผลการวิจัย พบว่า VSM เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสีย สามารถ

ลดสินค้าในคลังสินค้า ร้อยละ 82 ลด Product lead time ร้อยละ 82.84 Cycle time ร้อยละ 4.1 และลดอัตราค่าจ้าง ร้อยละ 18.18 นอกจากนี้ยังสามารถลดสินค้าคงคลังจาก 5,601 ชิ้น เหลือ 513 ชิ้น และลดรอบเวลาในการผลิต จาก 1,710 วินาที เหลือ 1,123 วินาที

J.M. Rohania and S.M. Zahraeea [35] ศึกษาการประยุกต์การผลิตแบบลีนในการผลิตสี โดยใช้เครื่องมือสายธารคุณค่ามาวิเคราะห์ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า station ที่ cycle time สูงสุด 2 อันดับแรกคือ Big Mixer และ Delpak Mixer โดยใช้เครื่อง 5ส, Kanban board และ Kaizen ในการปรับปรุง หลังจากการปรับปรุง ผลการวิจัยพบว่า Production Lead-time ลดลงจาก 8.5 วัน เหลือ 7 วัน และ value added time ลดลงจาก 68 นาที เหลือ 37 นาที

L. Mulugeta [36] การศึกษาแนวคิดแบบลีนนำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานผลิตเสื้อผ้า โดยการทำ work standard เทียบกับ cycle time พบว่าไม่สอดคล้องกันทำให้เกิด WIP ปริมาณมาก ระหว่าง station จึงได้มีการนำเครื่องมือ line balancing มาประยุกต์ใช้ในการปรับ layout ของการวางเครื่องจักรแต่ละ station ให้สอดคล้องกันมากขึ้นหลังจากปรับปรุง cycle time ลดลงเหลือ ร้อยละ 32.73

A. Gurumurthy and R. Kodali [37] การออกแบบการผลิตแบบลีนประยุกต์ใช้ VSM กับการจำลองระหว่างการผลิตแบบ กรณศึกษาขององค์กรที่ผลิตประตูและหน้าต่าง การใช้แบบจำลองการจำลองผลกระทบของการดำเนินการพื้นฐานด้วย LM tools เช่น line balancing, multi-machine activity, 5S และอื่นๆ วิเคราะห์เปรียบเทียบการวัดผลการปฏิบัติงานด้วย VSM ปัจจุบันและอนาคต ผลการวิจัย พบว่ามีการปรับปรุงเพิ่มผลิตภาพ สามารถลดสินค้าคงคลัง ลดรอบเวลาและค่าจ้างคน

P.V. Ramani and L.K. Lingam KSD [38] มุ่งเน้นการใช้เครื่องมือแบบลีนกับโครงการก่อสร้างแบบเรียลไทม์และการวัดผลลัพธ์ โดยเลือกใช้ VSM ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน ผลการวิจัย พบว่า สามารถกำจัดงานที่ไม่สร้างคุณค่าในการก่อสร้างโครงการ ทำให้ประหยัดเวลาและเพิ่มผลิตภาพได้ร้อยละ 30

S. Vinodh et al. [39] ศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติตามแนวคิดลีน โดยใช้เทคนิค VSM เพื่อแก้ปัญหาที่มีอยู่และปรับปรุงประสิทธิภาพ การศึกษาได้นำไปสู่การจำลองการปรับปรุงกระบวนการของสายการผลิตขององค์กร การนำ VSM มาใช้ในทางปฏิบัติเพื่อสร้างความมั่นใจในอุตสาหกรรมการผลิตและมีส่วนร่วมในการจัดการกลยุทธ์เพื่อสู่มาตรฐานสากล ได้แก่ การจัดการระบบคุณภาพ ISO และ TQM ผลลัพธ์ของการตรวจสอบเชิงปฏิบัติบ่งชี้ว่า VSM นำไปใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพองค์กรได้จริง สามารถลด lead time และ total cycle time ลดสินค้าระหว่างผลิตในคลังสินค้าและลดของเสีย ผลการปรับปรุงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการส่งมอบทันเวลา จากร้อยละ 70 เป็น ร้อยละ 85

A. K. Mishra et al. [40] เป็นการศึกษาวิจัยที่ใช้เทคนิคแบบลีนและVSM เป็นเครื่องมือหลักในการจำแนกและจัดปัญหาคอขวด วิเคราะห์ความแตกต่างของสถานการณ์ปัจจุบันและในอดีต ในมุมมองด้านจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค มีการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้แนวทางการจำลอง ช่วยทำให้องค์กรสามารถลดรอบเวลาอย่างมีนัยสำคัญโดยร้อยละ 30 ของระยะเวลาการผลิตทั้งหมด ลดจำนวนงานระหว่างทำโดยลดลงเฉลี่ยประมาณสิบขึ้น นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงเกี่ยวกับพารามิเตอร์ทางนิเวศวิทยาเช่น คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ลดลงเหลือ 83.7%

M. Pagliosa et al. [41] เป็นการศึกษาทิศทางในการทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสู่อุตสาหกรรม 4.0 และแนวคิดการผลิตแบบลีน พบว่าเป็นแนวทางที่ครอบคลุมแนวทางปฏิบัติด้านการผลิตที่หลากหลายโดยมุ่งเป้าลดความแปรผันของกระบวนการ การระบุและกำจัดของเสีย ตามสายธารแห่งคุณค่า

A. Ancarani et al. [42] ศึกษาเกี่ยวกับ การ Internet of Things (IoT) มาใช้ในอุตสาหกรรม 4.0 ที่ต้องมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่มีความท้าทายและความเสี่ยง เพราะ IoT มีเชื่อมต่อเครือข่ายทางกายภาพผ่านระบบฝังตัวซึ่งนำไปสู่เครือข่ายอุปกรณ์สื่อสารกับมนุษย์ตลอดจนอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีการขยายมากยิ่งขึ้น จนเป็นหนึ่งในเสาหลักของอุตสาหกรรม 4.0 ทำให้เกิดนวัตกรรมกระบวนการในด้านต่าง ๆ ของการดำเนินงาน ผลิตภัณฑ์ของบริษัท เกิดนวัตกรรมผ่านการฝังตัวในผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีพื้นฐาน IoT กำลังเปิดโอกาสสำหรับแอปพลิเคชันใหม่จำนวนมาก ทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพของกิจกรรมห่วงโซ่คุณค่าที่หลากหลาย ตั้งแต่สินค้าคงคลังระบบและโลจิสติกส์ ตลอดจนระบบการผลิตและการสนับสนุนลูกค้า นอกจากนี้การนำ IoT มาใช้ในโซลูชันต่างๆ จะช่วยเพิ่มความแม่นยำและความพร้อมใช้งานของข้อมูล การเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์

A. Herlambang and J. Hidayati [43] ศึกษานโยบายและกลยุทธ์ การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิภาพการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก ด้วยสภาวะการแข่งขันในตลาดเหล็กที่ตึงตัวมากขึ้นจึงจำเป็นต้องดำเนินการผลิตที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ถ้าองค์กรไม่สามารถดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายการผลิตที่ได้กำหนดไว้ ก็จะส่งผลกระทบต่อทางลบต่อองค์กร จึงจำเป็นต้องมีกลยุทธ์ที่ดีในการจัดทำนโยบายที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาภายในขององค์กร กลยุทธ์หนึ่งที่เหมาะสมและใช้ได้ดีคือการใช้ Lean โดยใช้การวิเคราะห์สมดุลและมาตรฐานการทำงาน สามารถใช้เครื่องมือบางอย่างในแบบลีนได้ปรับให้เข้ากับสถานการณ์และเงื่อนไขขององค์กร

B.Sahu et al. [44] ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือแบบลีนในอุตสาหกรรมต่างๆ หลายบริษัททั่วโลกถูกกดดันให้ลดต้นทุน และให้ความสำคัญกับความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น หลังจากวิกฤติที่เกิดขึ้นในช่วงเปลี่ยนศตวรรษที่สิบเอ็ด อุตสาหกรรมเล็งเห็นว่าการผลิตแบบลีนเป็นวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้มานานแล้วเพราะช่วยกำจัดของเสียโดยไม่ต้องเพิ่มทุนในสถานการณ์

ปัจจุบัน สรุปหลักการผลิตแบบลีน คือ แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพทรัพยากรในขณะที่ลดของเสีย ที่บริษัทโตโยต้าได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในเทคนิคการผลิตในการปรับปรุงประสิทธิภาพ เพิ่มความภักดีของลูกค้า และความสามารถในการแข่งขันขององค์กร

T. Kalsoom et al. [45] ศึกษาผลกระทบของ IoT กับอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อแก้ไขปัญหาการเปิดรับเพื่อนำไปใช้งานนั้นมีความท้าทายของแอปพลิเคชัน IoT แห่งอนาคตประโยชน์ พบว่า IoT มีความน่าสนใจใช้ในการผลิตยุคอุตสาหกรรม 4.0 โดยใช้แนวทาง SLR พบว่า ต้องมีการประสิทธิภาพของพนักงาน ทักษะการวิเคราะห์และการพัฒนาซอฟต์แวร์ แม้ว่าการสื่อสารด้วย IoT ดีขึ้น ก็ต้องเพิ่มประสิทธิภาพของอินเทอร์เน็ต โดยให้ความสำคัญกับปัญหาความปลอดภัยของข้อมูลและความเป็นส่วนตัว สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งปันข้อมูลระหว่างภาคส่วน แอปพลิเคชันและสิ่งต่างๆ ในอุตสาหกรรม 4.0 ระบบการผลิตอัตโนมัติและการดำเนินการควบคุมที่ได้รับการตรวจสอบจากระยะไกลกำลังช่วยอุตสาหกรรมการผลิตให้มีประสิทธิภาพการดำเนินงาน โดยลดข้อผิดพลาดของงาน สามารถนำเสนอวิธีการที่หลากหลาย สร้างประสบการณ์ที่ดึงดูดใจลูกค้าผ่านดิจิทัล เพื่อให้ลูกค้าบรรลุความพึงพอใจ

F. W. Mateo and A. Redchuk [46] ศึกษาการศึกษาแนวทางการนำ IA/ML IoT/IIoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทางอุตสาหกรรมสำหรับอุตสาหกรรม 4.0 พบว่าความทันสมัยของ IIoT หรือ IoT ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้สภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงอุตสาหกรรมการผลิตและตลอดห่วงโซ่คุณค่าทั้งหมด การวิเคราะห์ความซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับ IA/ML และ IIoT หรือ IoT ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีแนวทางอย่างเป็นระบบ ทั้งด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ ความซับซ้อนของการปรับใช้ และผลตอบแทนต่อการลงทุน (ROI)

A. Zainuddin et al. [47] ศึกษาวิจัยและใช้ IoT-Arduino สั่งการทำงานด้วยเสียง เพื่อการบูรณาการระหว่างเครื่องใช้ในบ้านและอินเทอร์เน็ตของ Things (IoT) สามารถใช้เทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยผู้บกพร่องด้านการเคลื่อนไหว ให้มีความสะดวกในการเข้าถึงแอปพลิเคชันและบริการต่างๆ ได้ง่ายขึ้น โดยการบูรณาการกระบวนการจดจำเสียงจาก Google เพื่อเป็นผู้ช่วยในกรอบการควบคุมบ้านอัจฉริยะผ่านการใช้ IFTTT และ Blynk แพลตฟอร์มสำหรับการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ การควบคุมหลอดไฟด้วยเสียง ผลการทดสอบเทคโนโลยี ได้รับการตรวจสอบระยะทางสูงสุด 24.5 เมตร ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้งานในแบบบ้านอัจฉริยะ

P. E. Morgan [48] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการด้วยการลดของเสียในอย่างเป็นระบบผลิตแบบลีน ซึ่งเป็นชุดของวิธีปฏิบัติในการจัดการที่ลดการใช้ทรัพยากรให้เหลือน้อยที่สุด ผู้วิจัยสรุปว่า ผู้นำมีส่วนทำให้ระบบการผลิตแบบลีนประสบความสำเร็จ และภาวะผู้นำยังสร้างการพัฒนาคนให้เติบโต ดังนั้นทักษะความเป็นผู้นำจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานในกิจกรรม

การปรับปรุงกระบวนการระดับสูง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ประเมินผลกระทบที่ได้รับในโรงงานผลิตแบบ
 ลื่นที่เป็นแบบอย่างโดยใช้การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเชิงสำรวจ การพิจารณาผลลัพธ์ของ
 ผู้ปฏิบัติงาน ความสัมพันธ์ระหว่างผู้นำ การออกแบบระบบ และการปฏิบัติงาน และผู้ปฏิบัติงาน
 แรงจูงใจในการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง มีความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ของกระบวนการ
 และทำให้พนักงานสามารถดำเนินการปรับปรุงระบบได้

A. Frandson [49] ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการวางแผนและปรับปรุงเวลา Takt time
 งานวิจัยนี้ใช้วิทยาศาสตร์การออกแบบ (โดยเฉพาะการวิจัยกรณีศึกษา) และการจำลองเพื่อบรรลุ
 วัตถุประสงค์และตอบคำถามการวิจัย กรณีศึกษาแต่ละกรณีเป็นตัวอย่างของ Takt time วิธีการ
 วางแผนเวลาสำหรับงานประเภทต่างๆ ขั้นตอนต่างๆ ของงาน และแตกต่างกันสมาชิกในทีมเพื่อทำ
 ความเข้าใจสถานะปัจจุบันของโครงการ ทดสอบวิธีการที่แตกต่างกันเงื่อนไขและทฤษฎีการผลิตขั้นสูง
 ผลการวิจัยพบว่า กรณีศึกษาที่หนึ่ง เป็นการตรวจสอบการพัฒนาและการดำเนินการตามแผนเวลา
 Takt time ระหว่างการตกแต่งภายในผลลัพธ์การติดตั้ง MEP ในผนังเพสของการก่อสร้างดีขึ้นตาม
 ระยะเวลาสัญญา 8 วันใน 37 วัน (ปรับปรุง 24%) กรณีศึกษาที่สอง เป็นการใช้การวางแผนเวลา
 Takt time เพื่อสร้างการตกแต่งภายในอาคาร ที่มีพื้นที่ จำนวนสมาชิกในทีม และข้อจำกัดด้าน
 โครงสร้างงานที่แตกต่างกัน ผลการดำเนินงานโครงการเสร็จสิ้นด้วย PPC 65% และได้รับการส่งมอบ
 สามเดือนหลังจากเสร็จสิ้นตามสัญญา ส่วนกรณีศึกษาที่สามนั้นมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาTakt timeใน
 การวางแผนการผลิตการตกแต่งภายในการก่อสร้างอาคารทดสอบการวางแผนเวลาTakt time ใน
 รูปแบบใหม่กับทีมที่ไม่คุ้นเคยกับแนวทางปฏิบัติของ Lean project delivery และสามารถสำเร็จตรง
 เวลาโดยมี PPC เฉลี่ย 76% ใช้งบประมาณการทำงานล่วงเวลาที่วางแผนไว้ 23% สามารถประหยัด
 วันทำงานได้ 20 วัน สรุปผลโครงการการก่อสร้างเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์บรรลุผลสำเร็จมีไหล
 อย่างต่อเนื่อง ตามแผนที่วางไว้ โครงสร้างงานมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบการผลิตของ
 โครงการ การใช้วิธีการจัดโครงสร้างการทำงานเพื่อปรับปรุงขั้นตอนการก่อสร้างเทคนิคต่างๆ เช่น
 Line of balance scheduling ช่วยรักษาการใช้ทรัพยากรอย่างต่อเนื่องของทีมผลิต การ
 เปลี่ยนแปลงนี้ยังช่วยปรับปรุงการวางแผนการผลิตอีกด้วย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผล
 ของวิธีการเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโครงการ เวลา ต้นทุน ความน่าเชื่อถือ และการใช้ทรัพยากรการ
 ไหลอย่างต่อเนื่องสำหรับกิจกรรมในช่วงเวลาที่เท่ากัน

Y. Gong et al. [50] ศึกษาวิจัยการออกแบบระบบตรวจสอบการด้วยเทคโนโลยีการ
 สื่อสารไร้สาย การออกแบบระบบโดยรวม เครื่องรับข้อมูลและการออกแบบโฮสต์คอมพิวเตอร์ผู้รับ
 ข้อมูลมีหน้าที่รับข้อมูลจากปลายทางการเก็บข้อมูลและการเลือกของโมดูลการสื่อสาร ระบบ
 ตรวจสอบเซ็นเซอร์เร่งความเร็วตามการใช้การเร่งความเร็วเซ็นเซอร์เพื่อบันทึกข้อมูลการเร่งความเร็ว

ของสายส่งและข้อมูลการเร่งความเร็ว การออกแบบโมดูลรับสัญญาณและโมดูลปรับสภาพสัญญาณ ส่วนการรับสัญญาณประกอบด้วยสองส่วนคือเซ็นเซอร์เร่งความเร็วและไจโรสโคป(gyroscope)

K.K. Sai et al. [51] การนำ IoT ไปใช้ในการพัฒนา Smart Farmer โครงการวิจัยทดลอง การติดตามการเจริญเติบโตของถั่วเขียวโดยใช้ Arduino จัดทำระบบนี้เพื่อตรวจสอบสภาพอากาศ สภาพอากาศ และปัจจัยภายนอก เช่น อากาศ ดิน แสง และอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลต่อพืชผลในประเทศ อินโดนีเซีย การเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ สภาพอากาศ และปัจจัยภายนอกเป็นอย่างมากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะให้ผลการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อรักษาการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี จำเป็นต้องตรวจสอบพืชผล เพื่อ ค้นหาว่าพืชเจริญเติบโตอย่างไร ผลการวิจัยและประเมินโครงการพบว่า การนำ Internet of Things (IoT) มาใช้ในการทำเกษตรสมัยใหม่นั้นมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเพิ่ม ผลิตภาพ จากการเลือกใช้ Arduino ทดลองเก็บข้อมูลจากต้นถั่วเขียวเพื่อบันทึกค่าพารามิเตอร์หรือ เป็นตัวแปร โดยใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับ Arduino ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมจาก Arduino จะถูก ส่งไปยัง Ubidots ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม IoT บนคลาวด์เพื่อจัดเก็บและแสดงผล โดย Arduino Uno ทำหน้าที่เป็นบอร์ดพัฒนาที่ใช้การจัดเก็บและส่งข้อมูล การเชื่อมต่อระหว่าง Arduino และเซ็นเซอร์ ทั้งหมดต้องทำโดยเสียบบอร์ดเซ็นเซอร์ทั้งหมดเข้ากับ Arduino เซ็นเซอร์ พบว่าสามารถรวบรวม ข้อมูลสภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองสรุปได้ว่า พืชที่เป็นถั่วเขียวมีมากมีสุขภาพดี และเหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาจากความชื้น อุณหภูมิ และความเข้มของแสง คุณภาพการเติบโตที่ดี ที่สุดของถั่วเขียวจากผลการทดลองเป็นเมล็ดที่มีอุณหภูมิอ่อน 27 องศา 50% ของความชื้นในอากาศ 45%ของความชื้นในดินและมีความเข้มแสงสูง สรุปได้ว่ายังความชื้นในอากาศและความเข้มของแสง มากเท่าไรก็ยิ่งดีสำหรับพืชจะเติบโตได้ดีกว่า

D.A.D. Audrey et al. [52] รัฐบาลอินเดียได้ดำเนินการที่จะลดมลพิษทางอากาศให้ เหลือน้อยที่สุด และนำ IoT มาใช้เพื่อสร้างแบบจำลองการเก็บข้อมูล โดยเลือกใช้ Arduino รวบรวม ข้อมูลอย่างต่อเนื่องก่อนที่จะบันทึกลงในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ สำหรับชุดข้อมูลใดๆ การ ประมวลผลล่วงหน้า การตั้งค่าทั้งหมดสามารถทำได้โดยอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำและ สามารถใช้เป็นอุปกรณ์พกพาได้ บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพที่ค่อนข้างดีของแบบจำลอง ผลการศึกษาวิจัย พบว่า การตั้งค่า Arduino ต้นทุนต่ำ ค่า PPM ที่แม่นยำในการคาดการณ์ จึงมีความคุ้มค่าในการ เลือกใช้ Arduino ตรวจจับเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศ (Air quality) โดยใช้เซ็นเซอร์ MQseries ตั้งค่า การตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมในการติดตั้งทั้งภายในและนอกอาคาร

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังกล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปวิธีการวิจัยและ ประโยชน์ที่ได้รับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
1	[20] ชัยวัฒน์ ศรีไชยแสง	2555	การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร	ใช้แผนผังสายธารคุณค่าวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิสาเหตุและปัญหาและใช้เทคนิค ECRS เพื่อแก้ไขปัญหาและลดความสูญเสียเปล่า 7 ประการ	แนวคิด วิธีการวิเคราะห์ และสร้างสมดุลการผลิตและใช้เทคนิค ECRS เพื่อแก้ไขและกำจัดความสูญเสียเปล่า ผลการวิจัยพบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ร้อยละ 43.20
2	[21] วาทัญญู ทศนเอี่ยม	2556	การเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการทำงานระหว่างแนวทางลีนและแนวทางลีน-ที่คิวเอ็มในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้	เป็นการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการนำลีนมาร่วมกับหลักการ TQM	การใช้หลักการลีนเพื่อลดความสูญเสียเปล่า และใช้ ECRS เป็นเครื่องมือในการปรับปรุง ผลการวิจัยสามารถลดจำนวนของเสียได้ร้อยละ 66.67 และลดเวลาการผลิตได้ 44.16 ชั่วโมงต่อเดือน
3	[22] สุจิตตา อุ่นใจ	2556	การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต	ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตโดยใช้ VSM ในการวิเคราะห์	ศึกษาแนวทางการใช้VSMเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลการวิจัยพบว่า และสามารถปรับลด

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
				ลดความสูญเสียเปล่าใน แผนผังสายธาร คุณค่า: กรณีศึกษา บริษัท ชาดูยฟง จำกัด	กิจกรรมที่ไม่สร้าง คุณค่าเพิ่มได้ 2 กิจกรรม ผลการ ปรับปรุงกระบวนการ สามารถลดเวลาลงได้ 4.81 ชั่วโมง
4	[23] คณิษฐา ขามผาลา	2556	การประยุกต์การ จัดการสายธาร คุณค่าเพื่อ ปรับปรุงผลผลิตภาพ ในอุตสาหกรรม ยา	การวิจัยประยุกต์ใช้ VSMเพื่อวิเคราะห์ กิจกรรมเพื่อค้นหา จุดที่ทำให้เกิดความ ล่าช้าเพื่อการ ปรับปรุงลดความ ล่าช้าและของเสีย	เรียนรู้การใช้เทคนิค การจัดการสายธาร คุณค่า เพื่อวิเคราะห์ กิจกรรมภายใน กระบวนการผลิต และเทคนิคการระดม สมองเพื่อค้นหา รากเหง้าของปัญหา ผลการวิจัย สามารถ ปรับปรุงกระบวนการ ลดเวลาทั้งหมดของ กระบวนการผลิตได้ ร้อยละ 49.48 และ ลดของเสียของ กระบวนการเคลือบ น้ำตาลร้อยละ 75.85
5	[24] ชนาธิป กฤตสวนนท์	2557	การเพิ่ม ประสิทธิภาพการ ผลิตของSpindle motor โดยใช้ หลักการ ECRS และการจำลอง สถานการณ์	งานวิจัยวิเคราะห์ ปัญหาและแก้ไขด้วย ECRS เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพสาย การผลิต Harddisk	ได้ศึกษาแนวทางการ ใช้ ECERS ในการ จำลองสถานการณ์ และสร้างสมดุล สายการผลิต

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
6	[25] นิวัฒน์ เดชอำไพและ กาญจนา เศรษฐนันท์	2557	การเพิ่ม ประสิทธิภาพ กระบวนการผลิต ชุดชั้นในสตรีโดย ประยุกต์ใช้ แนวคิดแบบลีน	งานวิจัยเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพโดย ประยุกต์ใช้การ จำแนกความสูญเสีย เปล่าและใช้ คัมบัง	ศึกษาวิธีการการใช้ เครื่องมือของลีนการ จำแนกความสูญเสีย เปล่า และเทคนิค การใช้คัมบังในการ ปรับปรุงกระบวนการ
7	[26] พงศธร ตราโต	2557	การปรับปรุงกำลัง ผลิตของ กระบวนการผลิต ลิฟท์โดยใช้ หลักการ ECRS	จัดทำแผนภูมิ กระบวนการผลิต และใช้เทคนิค 7QC tools เพื่อวิเคราะห์ ปัญหาสาเหตุ และ ความสูญเสียเปล่า 7 ประการใช้ Why- Why Analysis วิเคราะห์หาสาเหตุ และปรับปรุง ประสิทธิภาพการ ทำงานด้วยหลักการ ECRS	เรียนรู้ รูปแบบการ ปรับปรุงกระบวนการ สร้างมาตรฐาน การ ทำงาน และออกแบบ ระบบการผลิตใหม่ เป็นแบบไหลทีละชิ้น และปรับปรุงแผนผัง สถานที่ทำงานให้ สอดคล้องกับระบบ การผลิตใหม่ ทำให้ สามารถลดเวลา การ ทำงานได้ 165 วินาที ต่อชิ้น
8	[27] รมิตา มุกสิกพงศ์	2558	การประยุกต์ใช้ แผนภูมิสายธาร แห่งคุณค่าในการ ปรับปรุง กระบวนการการ ผลิตของธุรกิจ พลาสติกฟิล์ม กรณีศึกษา บริษัท TPK	ใช้แผนภูมิสายธาร แห่งคุณค่าในการ วิเคราะห์หาจุดที่เป็น คอขวดของ กระบวนการที่มีการ หยุดเนื่องจากความ ไม่พร้อมของ เครื่องจักร	แนวทางการประยุกต์ แผนภูมิสายธารแห่ง คุณค่าและใช้แผนภูมิ ก้างปลาเป็น เครื่องมือในการ วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุ และหาแนว ทางแก้ไข รวมทั้ง อบรมให้พนักงาน ตั้งค่าเครื่องจักร

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
9	[34] D. Agarwal and A. Katiyar	2018	Value stream Mapping: Literature Review and Implementatio n for an Assembly	ประยุกต์ใช้ VSM ใน การวิเคราะห์และ ปรับปรุงกระบวนการ ผลิต และพบความ สูญเสียเปล่าแฝงทำให้ เกิดต้นทุนโดยไม่ จำเป็นทำให้ผลิต สินค้าเกินความ ต้องการของลูกค้า และทำให้สินค้า คงคลังสูง	ศึกษารูปแบบ งานวิจัยและนำมา พัฒนาต่อยอด เกี่ยวกับการนำระบบ สารสนเทศเข้ามา ช่วยในการปรับปรุง ผลการวิจัย พบว่า VSMเป็นเทคนิคที่มี ประสิทธิภาพในการ ลดการสูญเสีย สามารถลดสินค้าใน คลังสินค้า ร้อยละ 82 ลด Product lead time ร้อยละ 82.84 Cycle time ร้อยละ 4.1และลด อัตรากำลังร้อยละ 18.18 นอกจากนี้ยัง สามารถลดสินค้าคง คลังจาก 5,601 ชิ้น เหลือ 513 ชิ้น และ ลดรอบเวลาการผลิต จาก 1,710 วินาที เหลือ 1,123 วินาที
10	[42] A. Ancarani et al.	2020	Internet of Things adoption: a typology of projects	การศึกษาเกี่ยวกับ การนำ IoT มาใช้เป็น เสาหลักสำคัญ สำหรับอุตสาหกรรม 4.0 และพัฒนา	ศึกษาแนวทางการ พัฒนาปรับปรุง ประสิทธิภาพด้วย การนำ IoT/ Application ใหม่ ๆ

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
				นวัตกรรมในกระบวนการต่างๆ	มาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพกิจกรรมห่วงโซ่คุณค่าทั้งในระบบคลังสินค้า โลจิสติกส์ รวมถึงระบบการผลิตและระบบสนับสนุนลูกค้า โดยใช้ IoT ใน Solution ต่างๆที่จะช่วยเพิ่มความแม่นยำและความพร้อมในการใช้งานของข้อมูลที่เคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์
11	[43] A. Herlambang and J. Hidayati	2019	Strategy and policy for increasing work productivity of operators in the steel industry through work improvement with lean method	การใช้แนวคิดและเครื่องมือการผลิตแบบลีน มาพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิตภาพในอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก	ศึกษาแนวทางการกำหนดกลยุทธ์การปรับปรุงการผลิตแบบลีนมาปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์และเงื่อนไขขององค์กรที่อยู่ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กเพื่อเพิ่มผลิตภาพการผลิต

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
12	[51] K.K. Sai et al.	2019	Low-cost IoT base Air Quality Monitoring setup Using Arduino and MQ Series Sensor with the dataset Analysis	การนำ IoT ไปใช้ในการพัฒนา Smart Farmer โครงการวิจัยทดลองการติดตามการเจริญเติบโตของถั่วเขียวโดยใช้ Arduino จัดทำระบบนี้เพื่อตรวจสอบสภาพอากาศ สภาพอากาศ และปัจจัยภายนอก เช่น อากาศ ดิน แสง และอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพืชผลในประเทศอินโดนีเซีย	จากการเลือกใช้ Arduino เพื่อบันทึกเป็นตัวแปรโดยเซ็นเซอร์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับ Arduino โดยข้อมูลที่รวบรวมจาก Arduino จะถูกส่งไปยัง Ubidots ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม IoT บนคลาวด์เพื่อจัดเก็บและแสดงผล Arduino ทำหน้าที่เป็นบอร์ดพัฒนาที่ใช้เก็บข้อมูล เชื่อมต่อระหว่าง Arduino และเซ็นเซอร์ทั้งหมดต้องทำการเสียบอุปกรณ์เซ็นเซอร์ทั้งหมดเข้ากับ Arduino เซ็นเซอร์ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ
13	[52] D.A.D.Audrey et al.	2021	Monitoring Mung Bean's Growth using Arduino	รัฐบาลอินเดียนได้ดำเนินการมาตรการที่จะลดมลพิษทางอากาศให้เหลือน้อยที่สุดและนำ IoT มาสร้าง	ศึกษารูปแบบการใช้งาน Arduino และฟังก์ชันการทำงาน การตั้งค่า Arduino และประมาณการ

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

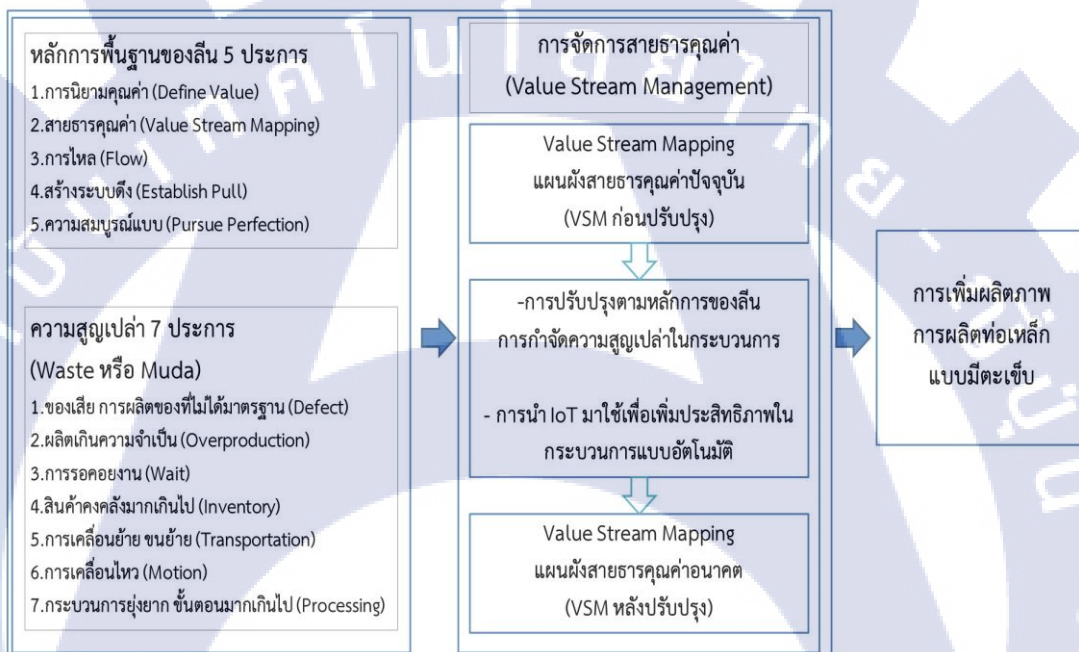
ลำดับ	ผู้วิจัย	(ปี)	ชื่องานวิจัย	แนวคิดวิธีการ	ประโยชน์ที่ได้รับ
				แบบจำลองการเก็บข้อมูล ประมวลผล โดยเลือกใช้ Arduino บันทึกลงในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์	งบประมาณในการตัดสินใจเลือกใช้ จากผลการวิจัยพบว่า Arduino มีต้นทุนต่ำ มีความคุ้มค่าในการใช้งานและมีความเหมาะสมในการติดตั้งทั้งภายในและภายนอกอาคาร

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บตามแนวคิดแบบลีนและการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



รูปที่ 3.1 แนวคิดพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบลีนเพื่อเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

จากกรอบแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ออกแบบการศึกษาวิจัยและเลือกใช้แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เป็นเครื่องมือเพื่อทำความเข้าใจภาพรวมองค์การนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาปรับปรุง จุดเด่นของแผนผังสายธารคุณค่า(VSM) คือ การแสดงให้เห็นภาพรวม (Big picture) ของกระบวนการ การเชื่อมโยงการไหลของข้อมูลและวัตถุดิบ ขั้นตอนการสร้างคุณค่า ค้นหาแหล่งกำเนิดของความสูญเปล่า (Source of waste) และกิจกรรมงานที่เป็นคอขวด (Bottle neck) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ แผนผังสายธารคุณค่า (VSM) นั้นนับว่าเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมและใช้เป็นเทคนิคที่สนับสนุนการพัฒนากลยุทธ์การผลิตแบบลีน

(Lean Manufacturing Strategy) มีการแสดงลำดับขั้นตอนของกิจกรรมต่างๆ ที่มุ่งเน้นการส่งมอบคุณค่าให้กับลูกค้า แนวคิดสายธารคุณค่า (Value stream thinking) จะทำให้เข้าใจภาพรวมของกระบวนการ (Overall process) เป็นการผสมผสานขั้นตอนของสิ่งที่จับต้องได้ทางกายภาพ (Physical flow) และข้อมูลข่าวสาร (Information flow) ที่มีการสื่อสารระหว่างกระบวนการในองค์กร เป็นภาพลำดับขั้นตอนงานพร้อมกับข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ เช่น จำนวนพนักงาน รอบเวลาการทำงาน (Cycle time) และประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นต้น

วัตถุประสงค์การใช้แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) วิเคราะห์กระบวนการที่มีความเชื่อมโยงระหว่างลูกค้า ผู้ส่งมอบ (Supplier) และกระบวนการภายในองค์กร เพื่อแยกแยะระหว่างกิจกรรมที่สร้างคุณค่า (Value) และความสูญเปล่า (Waste) โดยคำนึงถึงการส่งมอบคุณค่าและความพึงพอใจของลูกค้าตามหลักการของลีน การค้นหาเพื่อกำจัดความสูญเปล่า หรือประเด็นที่ต้องปรับปรุงทั้งหมดจะนำมาจัดลำดับความสำคัญ โดยประเมินจากความยาก-ง่าย และผลกระทบมากที่จะเกิดขึ้น นำไปสู่การจัดทำแผนปฏิบัติการ (Action plan) เพื่อการปรับปรุงให้ดีขึ้น

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบแนวคิดในการทำวิจัย เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิต (Productivity) ตามหลักพื้นฐานการผลิตแบบลีนโดยการวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value stream analysis) และวิเคราะห์ความสูญเปล่ากิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการผลิตเพื่อหลักแบบมีตะเข็บจากสภาพปัจจุบันและจัดทำแผนผังสายธารแห่งคุณค่าการไหลของคุณค่าของกิจกรรมงานทั้งหมด เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของกระบวนการผลิตทั้งหมดวิเคราะห์แยกแยะกระบวนการที่สร้างคุณค่าเพิ่ม (Value added) และกระบวนการที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม (Non-value added) จากนั้นจะทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าเพื่อนำไปสู่การขจัดความสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการนั้นๆ โดยนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตระบบอัตโนมัติแบบลีน แล้วจัดทำแผนผังสายธารคุณค่าใหม่ เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตามแนวคิดแบบลีน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิตโดยการลดความสูญเปล่า ลดเวลา ลดต้นทุนตามหลักการ ECRS ซึ่งประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ลดความสูญเปล่า (Muda หรือ Waste) จากการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดขั้นตอนการสร้างคุณค่าเพิ่มขึ้นและกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มและมีการติดตามวัดประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3 แนวคิดการดำเนินงานตามหลักการและเครื่องมือแบบลีน

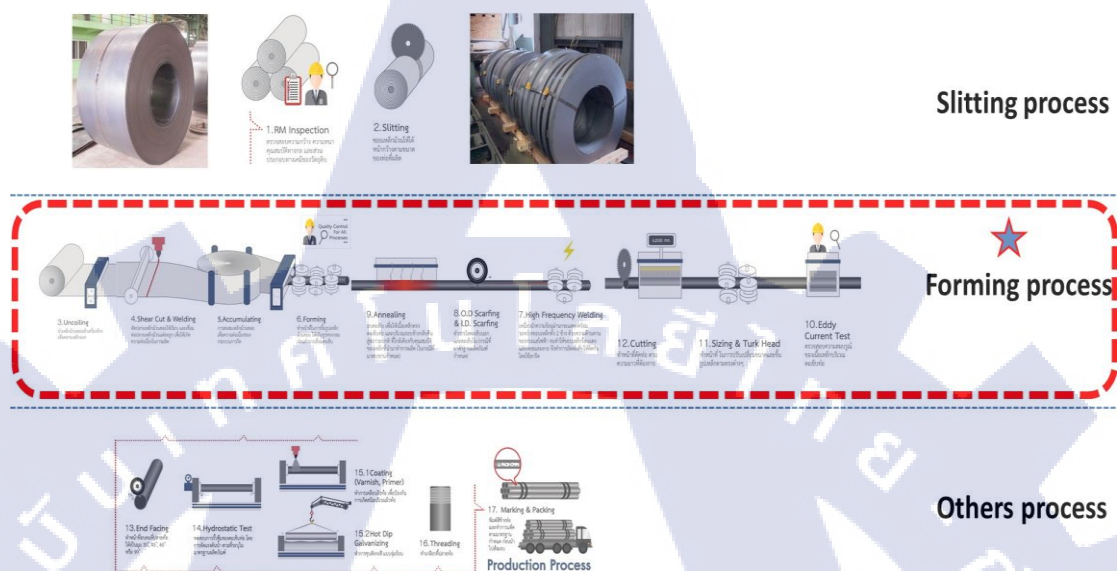
3.3.1 กำหนดเป้าหมายกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง

แนวคิดการปรับปรุงตามแนวคิดการผลิตแบบลีนและการประยุกต์ใช้ IoT มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยเลือกศึกษากระบวนการผลิตและลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว เพราะ เป็นสินค้าหลักที่มีสัดส่วนการผลิตสูงถึงร้อยละ 74 ของการผลิตทั้งหมด



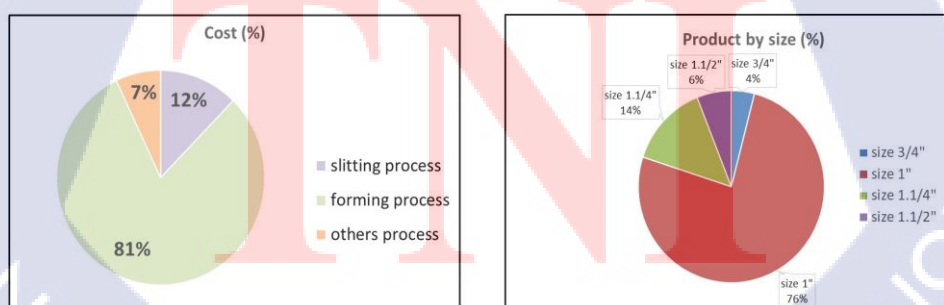
รูปที่ 3.3 ภาพรวมของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บในปัจจุบัน

กระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ



รูปที่ 3.4 กระบวนการเป้าหมายที่จะดำเนินการปรับปรุง: กระบวนการรีดเหล็ก (Forming)

กระบวนการผลิตท่อเหล็กกลม size 1 นิ้ว ในกระบวนการรีดท่อ (Forming)



Forming 81% of total cost

Size 1" 76% of total product

รูปที่ 3.5 สัดส่วนผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่ทำการศึกษาวิจัย: ท่อเหล็กกลม ขนาด 1 นิ้ว

3.3.2 จัดทำแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน

เพื่อสำรวจและวิเคราะห์กระบวนการ ระบุและคัดเลือกปัญหา สำหรับการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อหลักขนาด 1 นิ้ว โดยใช้เครื่องมือแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) โดยการวาดผังกระบวนการผลิตที่แสดงทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลตั้งแต่กระบวนการซอຍหลักม้วน จนถึงการจัดเก็บสินค้าและนำข้อมูลขึ้นระบบ

3.3.3 ดำเนินการจำแนกกิจกรรม

เพื่อจำแนกกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและกิจกรรมความสูญเปล่าที่ซ่อนเร้นอยู่ในกระบวนการ ที่เกิดความสูญเปล่าซึ่งหมายถึง กิจกรรม การกระทำใดๆก็ตามที่ใช้ทรัพยากร อันได้แก่ แรงงาน วัตถุดิบ พลังงาน เวลาหรืออื่นๆ แต่ไม่ได้ทำให้สินค้าหรือการบริการเกิดคุณค่าเพื่อส่งมอบให้ลูกค้าหรือเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยแบ่งลักษณะงาน หรือกิจกรรมการไหลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ

1. กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value Added: VA) คือ การดำเนินงานที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต ตั้งแต่วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ถือว่าการกระทำนั้นมีคุณค่าต่อตัวผลิตภัณฑ์
2. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value Added: NVA) คือ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ถือว่า การกระทำนั้นไม่มีคุณค่าต่อตัวผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
 - กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Necessary but Non Value Added: NNVA)
 - กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าและ没有必要จำเป็นต้องทำ (Non Value Added: NVA)

3.3.4 การเลือกเครื่องมือที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง

การเลือกใช้เครื่องมือตามหลักการของสิน จะพิจารณาคัดเลือกตามความเหมาะสมกับลักษณะงาน สถานการณ์ และปัญหาที่ต้องการแก้ไข ดังนี้

1. การวิเคราะห์ Takt time & Cycle time
2. การจัดทำ Line balancing
3. การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS
4. เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

3.3.5 จัดทำแผนผังสายธารแห่งคุณค่าของอนาคต

เพื่อคาดการณ์ผลของการปรับปรุงพัฒนากระบวนการตามแนวทางที่กำหนดไว้

3.3.6 ปรับปรุงพัฒนากระบวนการ

ตามแนวทางที่กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง (PDCA) และติดตามประเมินผล เปรียบเทียบ แผนผังสายธารแห่งคุณค่าของสภาพปัจจุบัน(ก่อนปรับปรุง)และแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต(หลังปรับปรุง)

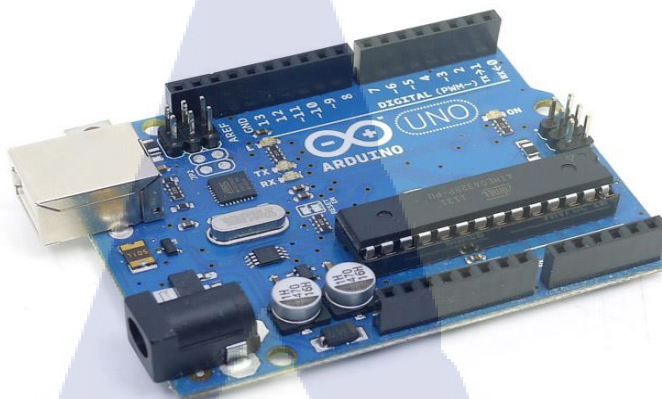
3.4 นำเทคโนโลยี IoT มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ

แนวทางการพัฒนาปรับปรุง โดยนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยมีการหาข้อมูลทางเทคนิคและคัดเลือก Hardware และ Software ที่มีคุณสมบัติและศักยภาพตรงกับความต้องการของกระบวนการที่จะนำไปประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย

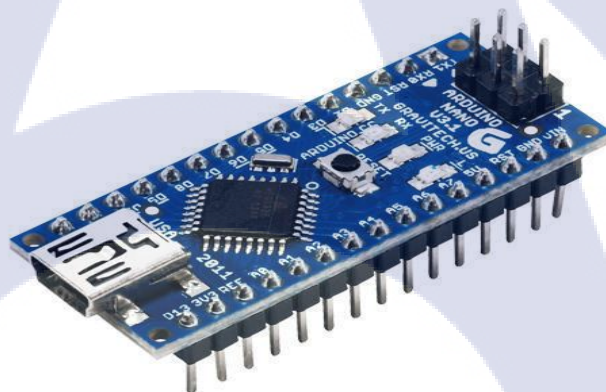
1. XBee เป็นโมดูลสื่อสารไร้สาย ความถี่ 2.4 เฮิร์ตซ์ ที่มีความสามารถเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตัว สามารถเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายโดยใช้โปรโตคอลสื่อสาร Zigbee ซึ่งผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้องประเมินคุณสมบัติและฟังก์ชันการใช้งานแล้วมีความเหมาะสมกับงบประมาณตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

2. Arduino เป็นแพลตฟอร์มต้นแบบด้านอิเล็กทรอนิกส์แบบโอเพนซอร์ส (Open-source software) ที่ได้รับความนิยมสูง ซึ่งใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ยืดหยุ่นและใช้งานง่าย เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนโค้ดควบคุม สามารถสร้างวัตถุเชิงโต้ตอบหรือสภาพแวดล้อม จากการศึกษาเรียนรู้การเขียนโค้ดโปรแกรมการควบคุมงานของ Arduinoแล้วมีความง่ายและยืดหยุ่นสูงและรองรับได้ทุกระบบปฏิบัติการ ทั้งระบบ macOS Windows และ Linux ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังนี้

3. ฮาร์ดแวร์(Hardware) เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ไม่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิ้นส่วนหลักประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องขนาดของบอร์ดและคุณสมบัติ เช่น จำนวนของขารับ-ส่งสัญญาณ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้และประสิทธิภาพของ MCU



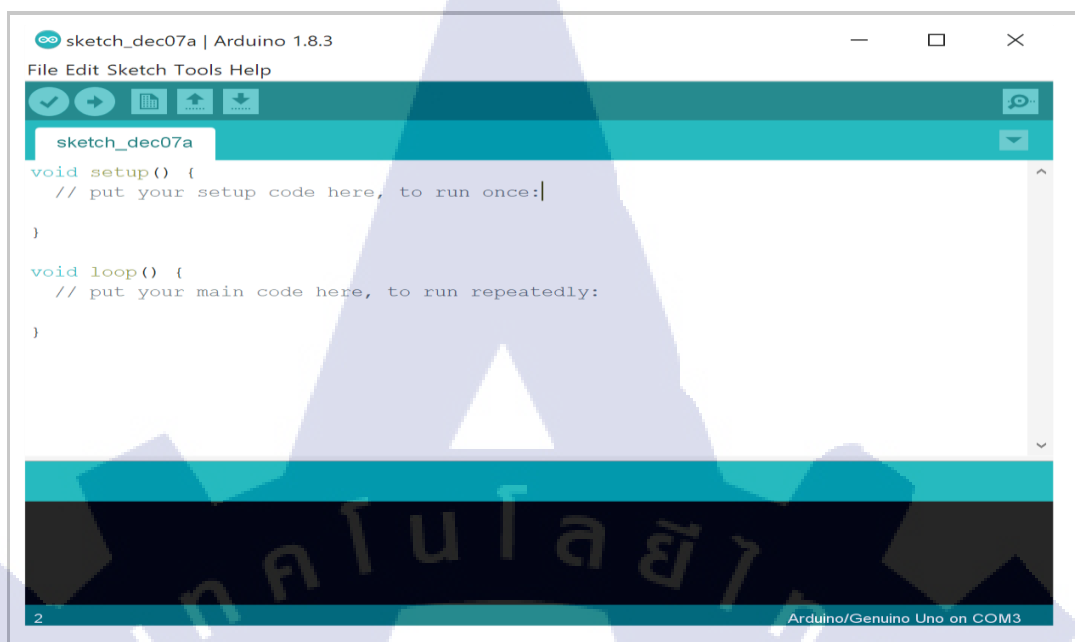
รูปที่ 3.6 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3



รูปที่ 3.7 บอร์ด Arduino รุ่น nano

4. ซอฟต์แวร์ (Software) ภาษาที่ใช้เขียนโค้ด ควบคุมบอร์ด

4.1 Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม ที่มีโครงสร้างแบบเดียวกับภาษา C/C++ และ Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดโปรแกรม การคอมไพล์โปรแกรม (การแปลงไฟล์ ภาษาซีให้เป็นภาษาเครื่อง) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด ดังรูปที่ 3.8

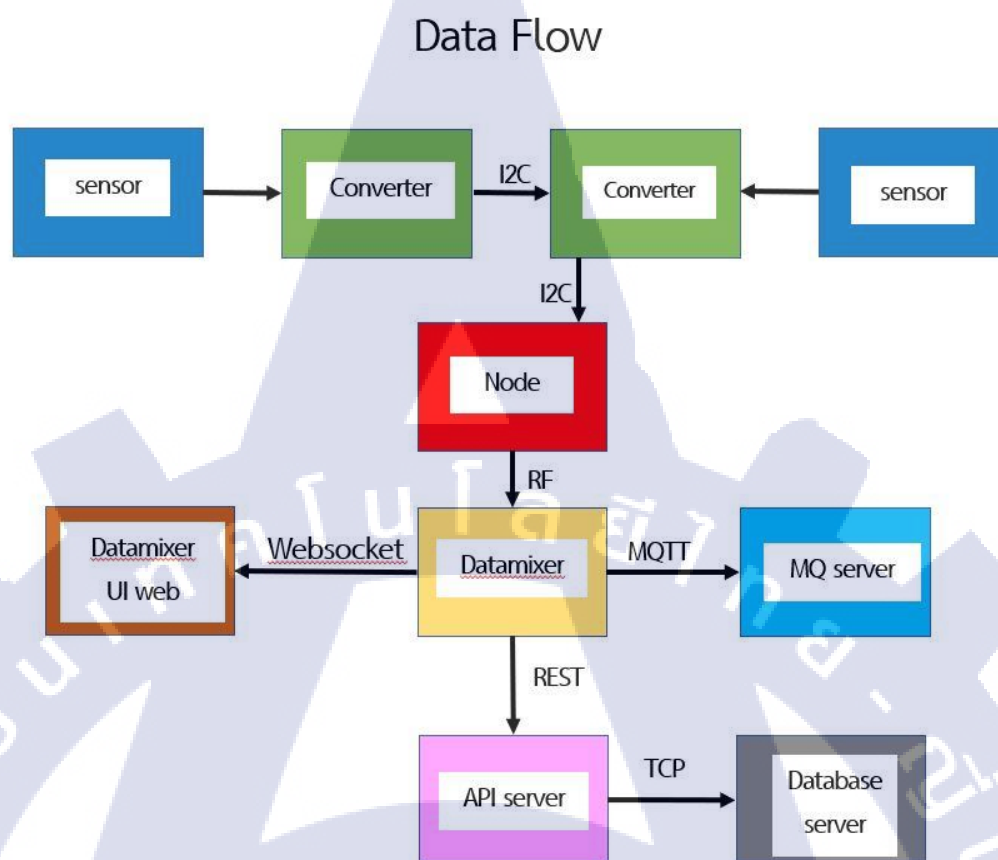


รูปที่ 3.8 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino

4.2 โปรแกรม X-CTU เป็นการติดต่อประสานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ (Software Interface) บนคอมพิวเตอร์ที่จะช่วยในการอัปเดต Firmware หรือทดสอบการใช้งาน หรือปรับค่าตัวแปรต่างๆกับ XBee ซึ่งมีหน้าต่างโปรแกรม ดังรูปที่ 3.9



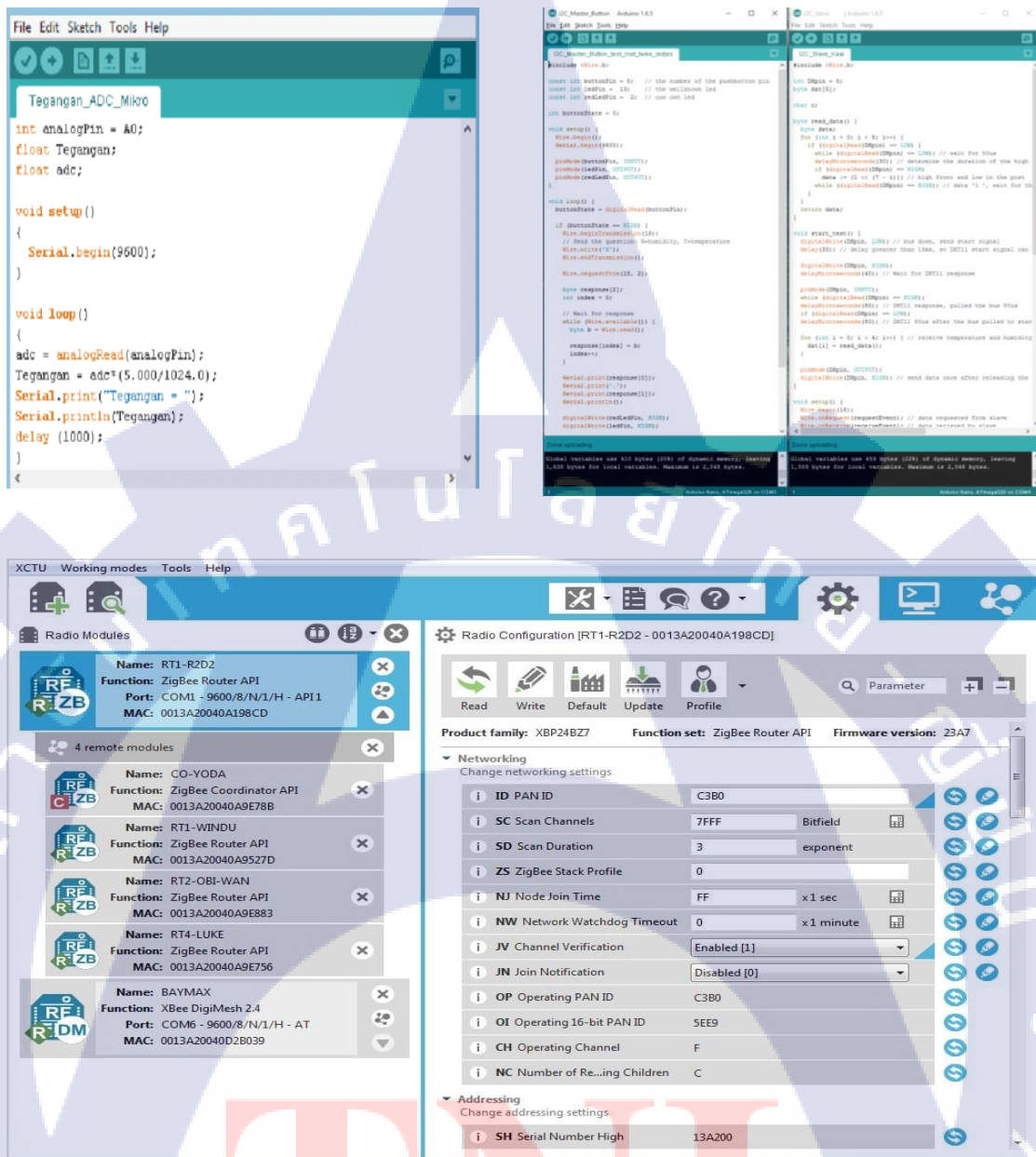
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม X-CTU



รูปที่ 3.11 ผังการไหลข้อมูล



รูปที่ 3.12 การจัดเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์ IoT (Hardware)



รูปที่ 3.13 การจัดเตรียมและติดตั้งโปรแกรม (Software)

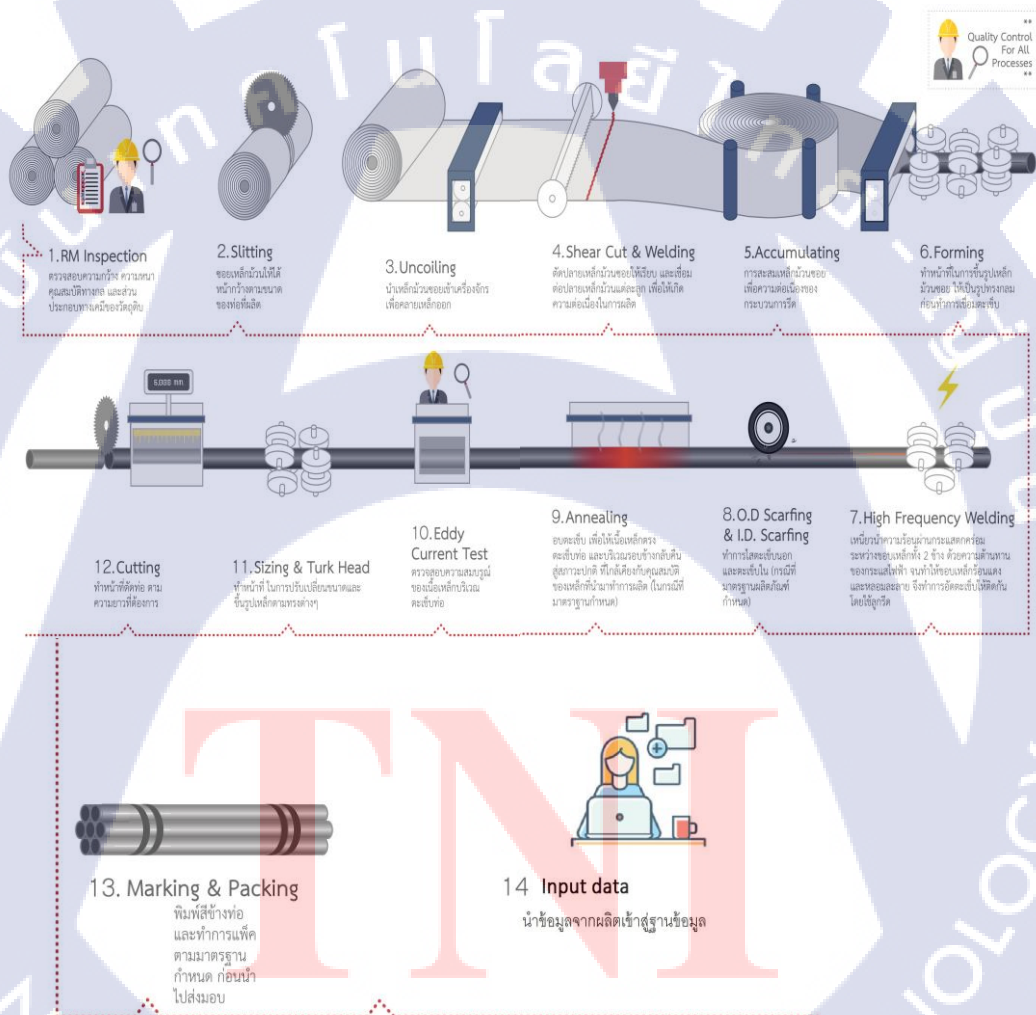


รูปที่ 3.14 การออกแบบหน้าจอแสดงผล Website performance monitoring

บทที่ 4 ผลการวิจัย

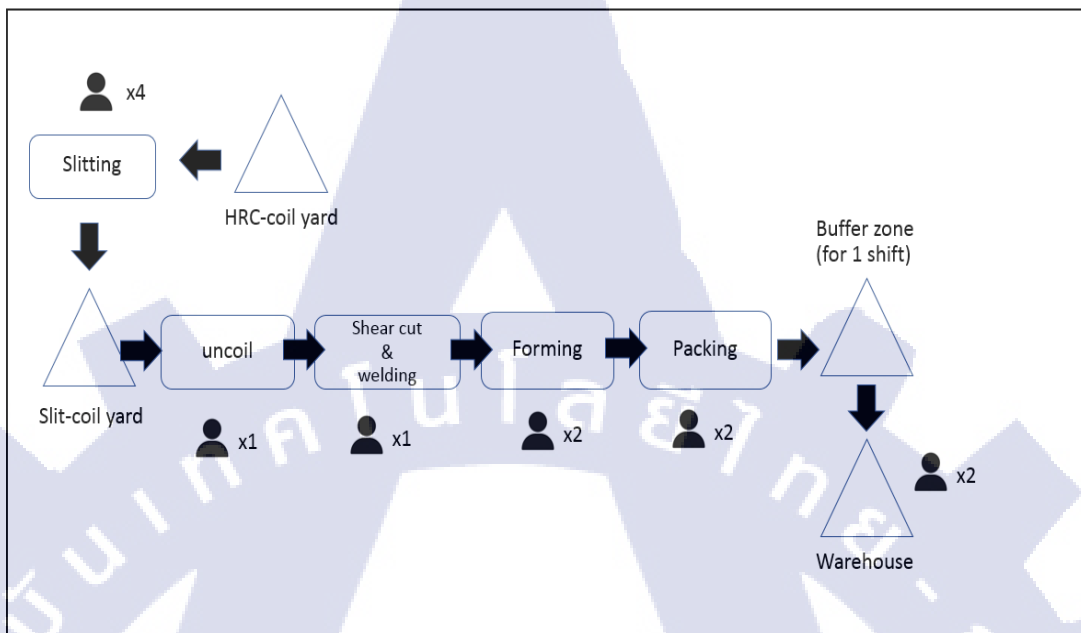
4.1 การศึกษากระบวนการผลิต

การผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บในปัจจุบัน ประกอบด้วย 14 กระบวนการย่อย ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

4.1.1 แผนผังการผลิต



รูปที่ 4.2 แผนผังการผลิตที่ดำเนินการศึกษาวิจัย

4.1.2 ข้อมูลสำหรับการผลิต

- ความต้องการของสินค้าจากหน่วยงาน Planning จำนวน 19,120 ชิ้น/วัน
- เวลาในการทำงานต่อ 1 กะทำงาน เท่ากับ 660 นาที/กะทำงาน
- 1 วัน มี 2 กะทำงาน

4.1.3 ข้อมูลสินค้า

- ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บขนาด 1 นิ้ว น้ำหนัก 5.23 กิโลกรัม/เส้น
- ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บขนาด 1 นิ้ว ยาว 6 เมตรเส้น
- เหล็กม้วนขอยน้ำหนัก 1,500 กิโลกรัม

จากการศึกษากระบวนการผลิต แผนผังการผลิต และข้อมูลการผลิตของท่อเหล็กแบบมีตะเข็บขนาด 1 นิ้ว ตามขอบเขตที่ทำการศึกษาวิจัย ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการ Uncoiling นำเหล็กม้วนขอย จากหน้าเครื่องรีด เข้าเครื่องคลี่เหล็กม้วนขอย (uncoiler)

- ข้อมูลการผลิตในปัจจุบัน

- พนักงานใช้เวลา 3.72 นาทีในการย้ายเหล็กม้วนขอยเข้าเครื่องคลี่เหล็ก(uncoiler)
- Cycle Time= $(3.72 \times 60) / (1,500/5.23)$
= 0.78 sec/pc
- Operator = 1 Person

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการ Shear Cut & welding + Accumulation การนำเหล็กม้วนขอยที่ถูกคลี่มาตัดแล้วต่อกับเหล็กม้วนขอยอีกลูกที่อยู่ใน Accumulator

- ข้อมูลการผลิตในปัจจุบัน
- พนักงานใช้เวลา 5.73 นาที ในการตัด แล้วต่อเข้ากับเหล็กม้วนขอยอีกลูก ที่อยู่ใน Accumulator
- Cycle Time= $(5.73 \times 60) / (1,500/5.23)$
= 1.2 sec/pc
- Operator = 1 Person

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการ Forming เป็นกระบวนการรีดท่อ ตั้งแต่ Forming ถึง Cutting Standard speed ของการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ 1 นิ้ว

- ข้อมูลการผลิตในปัจจุบัน
- สามารถผลิตได้ 89.5 เมตร/นาที
- Cycle Time= $(1 \times 60) / (89.5/6)$
= 4.02 sec/pc
- Operator = 2 Persons

ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการ Packing เป็นกระบวนการแพ็คท่อ

- ข้อมูลการผลิตในปัจจุบัน
- Cycle Time= $(1 \times 60) / (89.5/6)$
= 4.02 sec/pc
- Operator = 2 Persons

จากการศึกษากระบวนการทั้งหมดนี้อยู่ในสายธารการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ซึ่งต้องมีการทำงานสัมพันธ์กันทุกขั้นตอนการผลิต หากมีกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหยุดหรือเกิดปัญหาขึ้นภายในกระบวนการย่อยของสายธารการผลิต ก็จะทำให้กระบวนการผลิตเกิดปัญหาส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต การศึกษาครั้งนี้ จะดำเนินการจัดเก็บข้อมูลในสายธารการผลิตเพื่อนำไปวิเคราะห์กระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ แล้วนำเทคนิคหลักการ เครื่องมือ

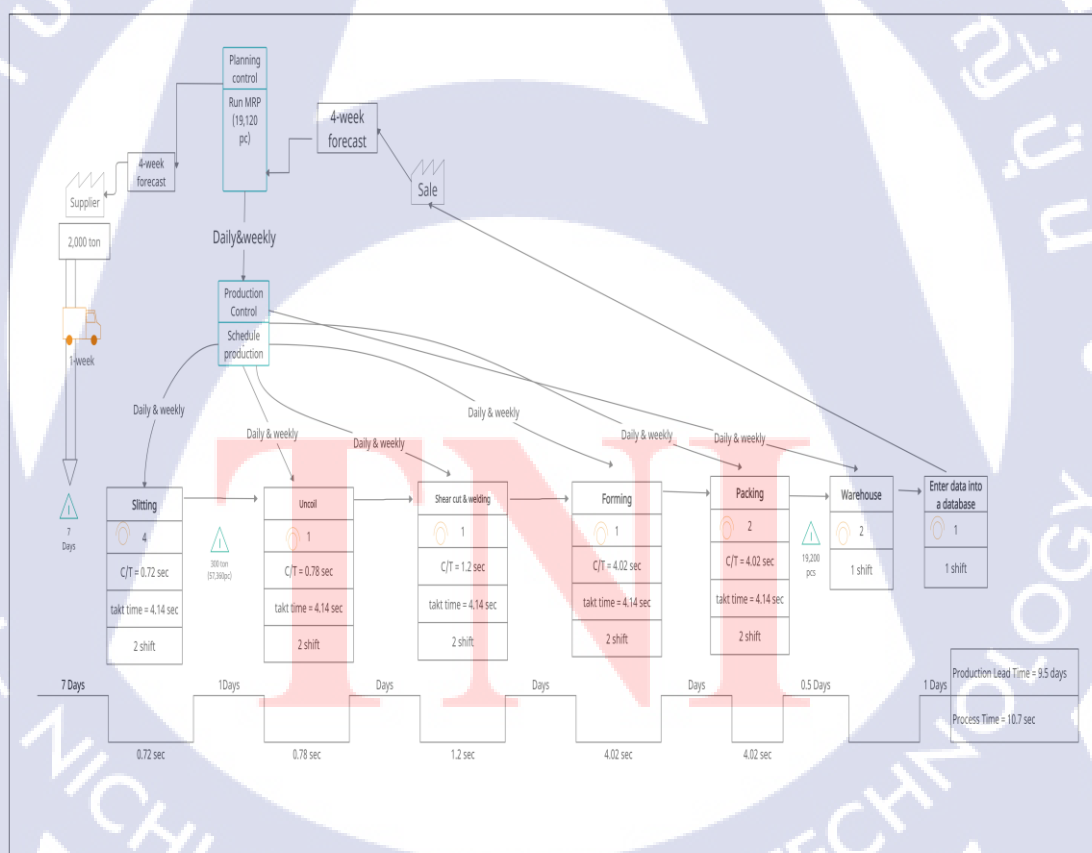
วิเคราะห์แบบสั่นร่วมกับการนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตต่อไป

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการผลิตแบบสั่นมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า 7 ประการ และการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลการทำงานในกระบวนการผลิต จากนั้นจึงนำมาเขียนเป็นแผนผังสายธารคุณค่า ดังนี้

4.2 แนวทางการดำเนินการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิต มีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 ศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า ด้วยการจัดทำแผนผังสายธารคุณค่าของสภาพปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง)

จากสภาพกระบวนการผลิตในปัจจุบันตามข้อ 4.1 นำข้อมูลมาทำการศึกษาวิเคราะห์แสดงผลตามแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน ดังรูปที่ 4.3

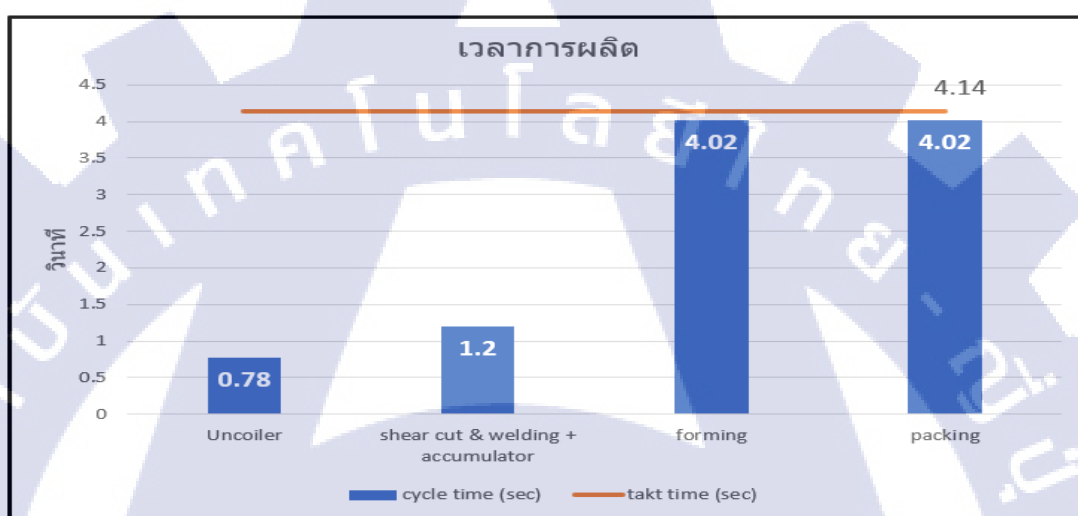


รูปที่ 4.3 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็กปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนการจากแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน(ก่อนปรับปรุง)

กิจกรรม (event)	เวลา (Time)	หน่วย (Unit)
Production lead time	9	วัน
Process time	10.7	วินาที

แสดงเวลาการผลิต cycle time เปรียบเทียบกับ Takt time ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เวลาการผลิตชิ้นงานแต่ละ Station ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กก่อนปรับปรุง

4.2.2 แนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิต โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ด้วยการจัดความสมดุลในสายการผลิต (Line balancing)

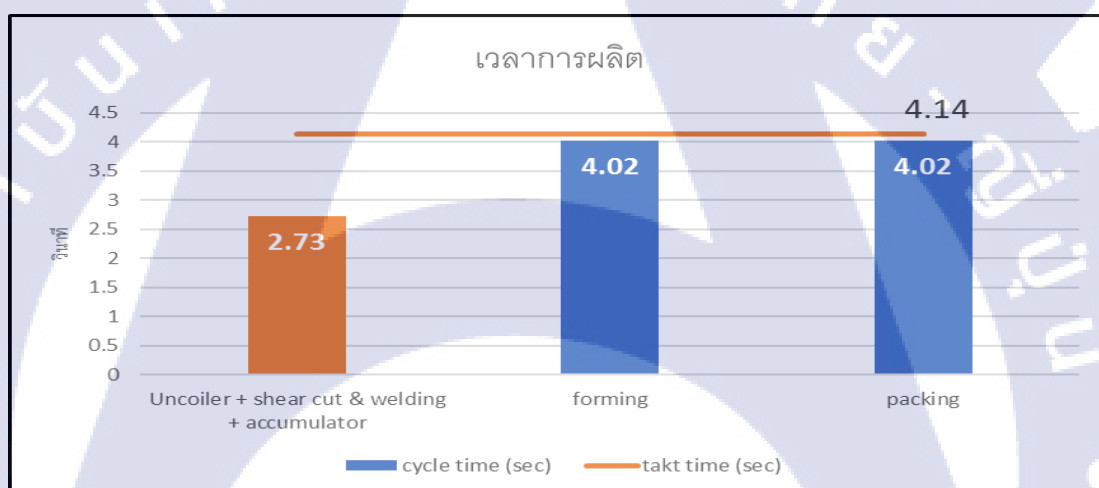
- สถานะก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน จากรูปที่ 4.3 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง) และเวลาการผลิตที่ใช้ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บก่อนปรับปรุง ดังรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.1 เป็นสถานะก่อนปรับปรุง พบว่า takt time เท่ากับ 4.14 วินาที และรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 9.5 วัน ส่วนเวลาที่ชิ้นงานชิ้นแรกเริ่มผลิตจนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน เท่ากับ 10.7 วินาที ผลการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าพบว่า กระบวนการ uncoiler และ shear cut & welding + accumulator มี cycle time 0.78 วินาทีและ 1.2 วินาทีตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า 7

Waste หรือ MUDA พบว่ากระบวนการ uncoiler และ shear cut & welding + accumulator มีการสูญเสียจากการรอ เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล เพราะทั้งสองกระบวนการมี cycle time 0.78 และ 1.2 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากระบวนการผลิตหลัก Forming 5 เท่า และ 3.35 เท่า

- ดำเนินการปรับปรุง

ออกแบบปรับปรุงโดยการจัดสรรปริมาณงานและแรงงานให้มีความสมดุลในสายการผลิต โดยใช้เทคนิค Line balancing มีการจัดงานให้พนักงาน 1 คน ทำงานทั้งสองกระบวนการ ได้แก่ uncoiler และ shear cut & welding+accumulator จากการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานจริงในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว พบว่า cycle time เฉลี่ยเท่ากับ 2.73 วินาที ซึ่งต่ำกว่า takt time ทั้งนี้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้จริงและไม่มีผลกระทบต่อมาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังแสดงรอบเวลาการผลิตแต่ละกิจกรรมในกระบวนการผลิต ในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เวลาการผลิตชิ้นงานแต่ละ Station ในกระบวนการผลิตท่อเหล็กหลังปรับปรุง

- ผลการดำเนินงานการปรับปรุง ด้วยการจัดความสมดุลในสายการผลิต (Line balancing)

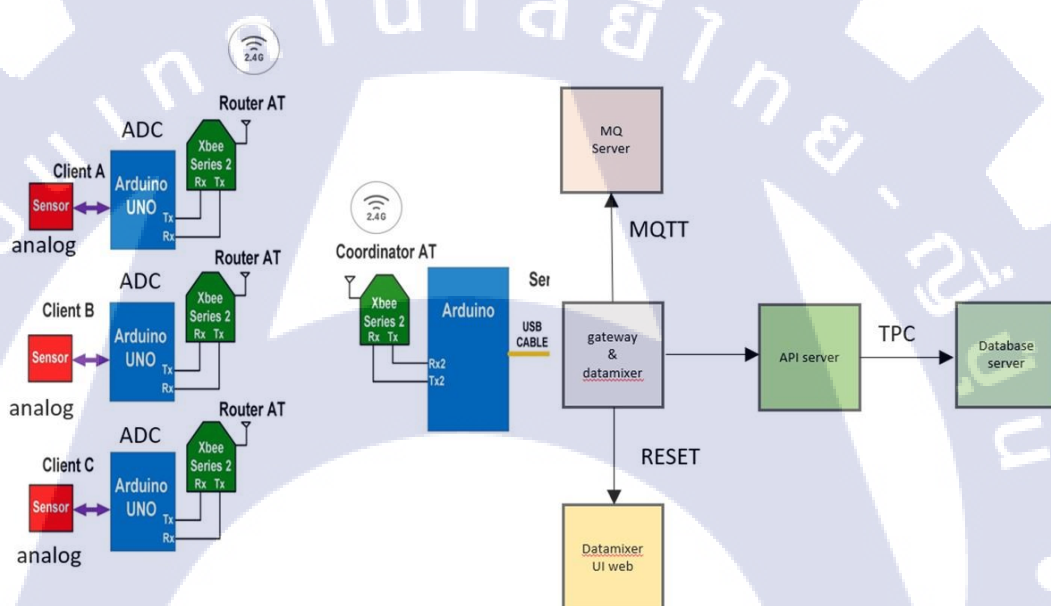
หลังจากปรับปรุงการจัดความสมดุลในสายการผลิต (Line balancing) สามารถปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิภาพกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ พบว่า เวลาที่ชิ้นงานชิ้นแรกเริ่มผลิตจนกระทั่งผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนเพิ่มขึ้น เท่ากับ 11.49 วินาที เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.38 และสามารถลดจำนวนพนักงาน 1 คนต่อ 1 กระบวนการทำงาน รวมอัตรากำลังที่ลดลงในแต่ละสายการผลิต เป็น 2 คนต่อวัน ซึ่งก่อนปรับปรุงต้องใช้กำลังคนวันละ 12 คน ต่อหนึ่งสายการผลิต หลังการปรับปรุงสามารถปรับแผนกำลังคนลดลงเหลือวันละ 10 คนต่อหนึ่งสายการผลิต

4.2.3 การดำเนินการปรับปรุงโดยนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต

- สถานะก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์กระบวนการและเก็บข้อมูล พบว่ากิจกรรม enter data into the database แบบ Manual เพื่อนำข้อมูลเข้าระบบ SAP นั้น ยังขาดประสิทธิภาพ พบปัญหาข้อมูลไม่ Realtime และขาดความถูกต้องแม่นยำ

- ดำเนินการปรับปรุง ด้วยการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกิจกรรม enter data into the database (manual) ที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added) ซึ่งมีการออกแบบ website และติดตั้งอุปกรณ์ IoT ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 IoT diagram

และได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ IoT ได้แก่ Convertor Node Gateway Datamixer and Website Performance Monitoring ดังนี้



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์ IoT (Converter Node Gateway Datamixer)



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล Website Performance Monitoring

- ผลการดำเนินงานการปรับปรุงด้วยการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต จากการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่า พบว่ากระบวนการ enter data into the database ด้วยคนแบบ Manual เป็นกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแล้ว IoT ยังสามารถกำจัดกิจกรรมการเคลียร์ยอดการผลิต ที่พนักงานต้องหยุดเครื่องก่อนเวลาเพื่อทำการบันทึกข้อมูลการผลิต ทำให้การผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous flow) แนวทางการปรับปรุงการปฏิบัติงานใน

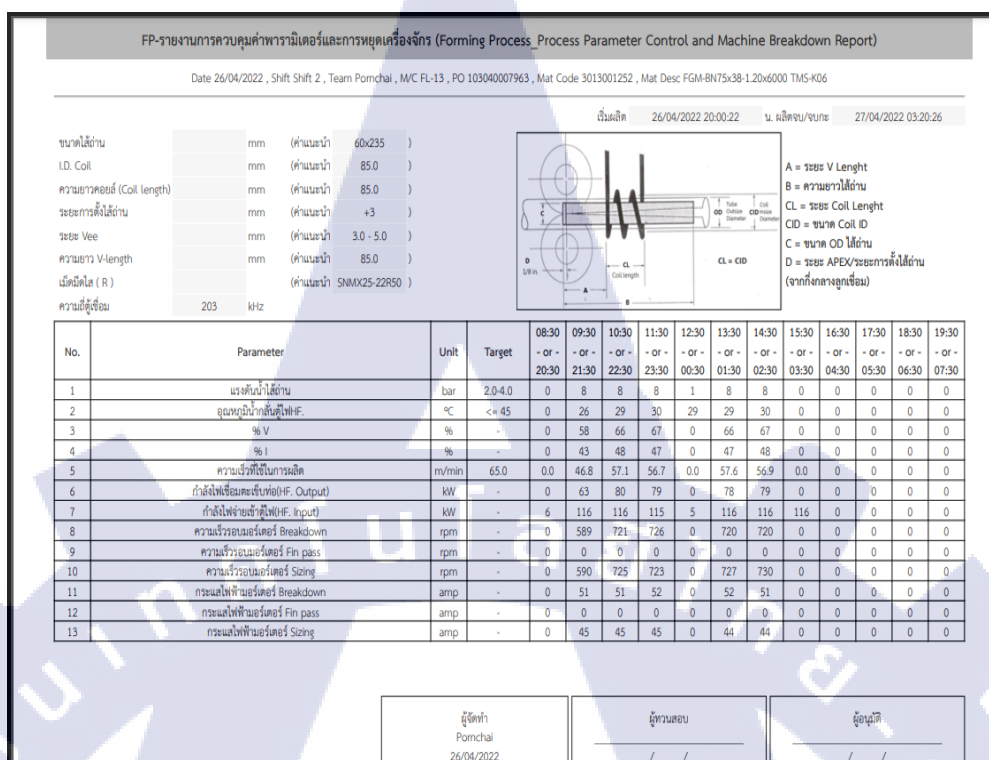
กระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดขั้นตอนกิจกรรมที่สร้างคุณค่าเพิ่มมากขึ้นและกำจัดกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าเหลือน้อยที่สุด อีกทั้งสามารถลดขั้นตอนของกระบวนการทำงาน ลดรอบเวลาการทำงาน และเพิ่มผลผลิตภาพกระบวนการทำงานตามแนวคิดของลีนเพื่อกำจัดความสูญเปล่ากิจกรรมรอคอย (Waiting) ที่เกิดจากการะงายงานที่ไม่สมดุล การบันทึกข้อมูล จัดทำเอกสารจำนวนมากและยังขาดประสิทธิภาพ รวมทั้งการปิดเครื่องจักรก่อนเวลาพักและเลิกงาน

4.2.4 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดความสูญเสียโดยใช้เทคนิค ECRS

1. การกำจัด (Eliminate) โดยการยกเลิกวิธีการบันทึกข้อมูลในเอกสารแบบฟอร์ม (จดบันทึกค่าพารามิเตอร์) ด้วยมือ เป็นการนำเทคโนโลยี IoT มาบันทึกค่าพารามิเตอร์ในการผลิตทดแทนกิจกรรมพนักงาน 2 คน ที่ต้องเดินไปจดบันทึกพารามิเตอร์ทุกๆ 30 นาที ดังรูปที่ 4.9 เอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึกค่าพารามิเตอร์ และรูปที่ 4.10 เอกสารที่ได้จากระบบฐานข้อมูลที่เก็บได้จากระบบ IoT

วันที่: 30-06-63	กะ: ☒ D ☐ N	ทีมงาน: 88	หัวหน้าส่วนการผลิต	จำนวนพนักงาน: 7
PO: 10040000432	Size: 120x95	หนา: 1.52	มาตรฐาน: K10	หน้ากระดาษ: 1
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง: R.00	ขนาดของตัวเชื่อม: 140	กม. ขนาดใส่ถ่าน: 31	กม.	หน้ากระดาษ: 1
ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ชุดอุปกรณ์	หน่วย	ผลการบันทึกค่า Parameter ตามวิธีในการตรวจสอบ
		Min	Max	ครั้งที่ 1 เวลา
1	Yield strength	วัดถดถอย	Mpa	1.02
2	ความหนาเหล็กวาล์ว	วัดถดถอย	กม.	3.96
3	ขนาดวาล์วเหล็กวาล์ว	วัดถดถอย	กม.	1.93
4	OD A	FG	กม.	4.9.8
5	OD B	FG	กม.	7.0.36
6	ความยาว	FG	กม.	7.0.8
10	ความสูงของวาล์ว	FG	กม.	1.40
11	ระยะ V-Isight	H.P.	กม.	1.0
12	ระยะ APD/ระยะเข้าสัณฐาน	H.P.	กม.	0.2
13	ระยะ V-Isight (2)	H.P.	กม.	1.0
14	ค่าแรงดันน้ำสัณฐาน	H.P.	bar	0.2
15	อุณหภูมิน้ำสัณฐาน	H.P.	°C	27
16	แรงดันน้ำสัณฐาน HF	H.P.	bar	3
17	อุณหภูมิน้ำสัณฐาน HF	H.P.	°C	27
18	แรงดันน้ำสัณฐาน HF	H.P.	bar	4
19	กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย HF Input (ตรวจสอบค่า ไม่มีการควบคุม)	H.P.	KW	8.9
20	กำลังไฟฟ้าใช้โดยเครื่อง Output (จากสัณฐาน SD ตรวจสอบค่า ไม่มีการควบคุม)	H.P.	KW	8.9
21	ค่า Power Factor ที่จ่ายแหล่งจ่าย HF Input (ตรวจสอบค่า ไม่มีการควบคุม)	H.P.	%	1.9.0
22	OD. รอยร้าวเชื่อม ส่วน A	SQ	กม.	1.2.8.6
23	OD. รอยร้าวเชื่อม ส่วน B	SQ	กม.	1.2.8.6
24	ระยะการบันทึกข้อมูลเชื่อมทุก ๆ 2 มม.	SQ	กม.	1.2.8.6
25	ความเร็วในการผลิต (จากสัณฐาน SD ตรวจสอบค่า ไม่มีการควบคุม)	กม./min	กม./min	2.0
26	แรงดันน้ำ Roll Pump	bar	bar	3
27	แรงดันไฮดรอลิกชุดเชื่อม	bar	bar	50
28	แรงดันลมชุด Endocder วัดความยาว	bar	bar	3
29	แรงดันน้ำไฮดรอลิกแผ่นสัณฐาน	bar	bar	50
ผลรวม (รวม) รวม (รวม) รวม (รวม)				
ผลรวม (รวม) รวม (รวม) รวม (รวม)				
ผลรวม (รวม) รวม (รวม) รวม (รวม)				
ผลรวม (รวม) รวม (รวม) รวม (รวม)				

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างเอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึกค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างเอกสารที่ได้จากระบบฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นได้จากระบบ IoT

2. การทำให้ง่ายขึ้น (Simplify) เปลี่ยนวิธีการบันทึกข้อมูลสาเหตุหยุดเครื่องจากบันทึกลงเอกสารให้บันทึกผ่านหน้าจอ monitor ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานแบบเดิมจากการที่พนักงานต้องมีกิจกรรมงานเคลียร์ยอดการผลิตประจำวันวันละ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนช่วงเวลาพักและก่อนเวลาเลิกงานทั้งสองกะ รวมใช้เวลาเฉลี่ยวันละ 24 นาที ซึ่งการเคลียร์ยอดผลิตประจำวันนี้เป็นกิจกรรมในระหว่างกระบวนการผลิตที่พนักงานต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อบันทึกข้อมูลลงในเอกสาร (สาเหตุหยุดเครื่อง) คิดเป็นร้อยละ 2 ของเวลาทำงานทั้งหมด ตัวอย่างเอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึกดังรูปที่ 4.11 และหน้าจอ monitor สำหรับ บันทึกสาเหตุหยุดเครื่อง ดังรูปที่ 4.12

FP-รายงานการแยกแยะเครื่อง (Forming Process Machine Breakdown Report)

วันที่ : 01-01-62 No. : ☒ D ☐ M วันที่ : 01/01/62 OT : 2 ชม. ปี : 12

การแยกแยะเครื่อง : 839 รหัส : 0065/55 ณ 102186 จำนวนเงิน : 369 บาท

ลำดับ	สาเหตุการแยกแยะเครื่อง	เวลาในการแยกแยะเครื่อง			Production Order Number	รหัส SAP
		จำนวน	อัตรา	รวมค่า(บาท)		
1	รับของเข้าเครื่อง 10.00	08.00	08.10	10	1000000000	
2	ตรวจเช็คเครื่อง 08.10	08.10	08.10	10		
3	เปลี่ยนชิ้นส่วน 08.20	08.20	08.30	10		
4	ปรับตั้งเครื่อง 08.30	08.30	10.00	10	1000000000	
5	ปรับตั้งเครื่อง 10.00	10.00	10.30	10		
6	ปรับตั้งเครื่อง 10.30	10.30	10.35	10		
7	ปรับตั้งเครื่อง 10.35	10.35	10.50	10		
8	ปรับตั้งเครื่อง 10.50	10.50	10.50	10		
9	ปรับตั้งเครื่อง 10.50	10.50	10.50	10		
10	ปรับตั้งเครื่อง 10.50	10.50	10.50	10		
11	ปรับตั้งเครื่อง 10.50	10.50	10.50	10		
12	ปรับตั้งเครื่อง 10.50	10.50	10.50	10		
รวม				100		

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างเอกสารแบบเดิมที่ต้องบันทึก(ก่อนปรับปรุง)

รหัสนาเหตุหยุดเครื่อง (Select Code for breakdown)

Time Start: 07:50 Time Stop: Remain (min)

Setup (Clear)

Use (Code Type): Setup

ตำแหน่งเครื่อง (Position): Forming

รายละเอียด (Description): เปลี่ยนชิ้นส่วน

ยืนยัน (Confirm Text): เปลี่ยนชิ้นส่วน

SAP Code: PFF1

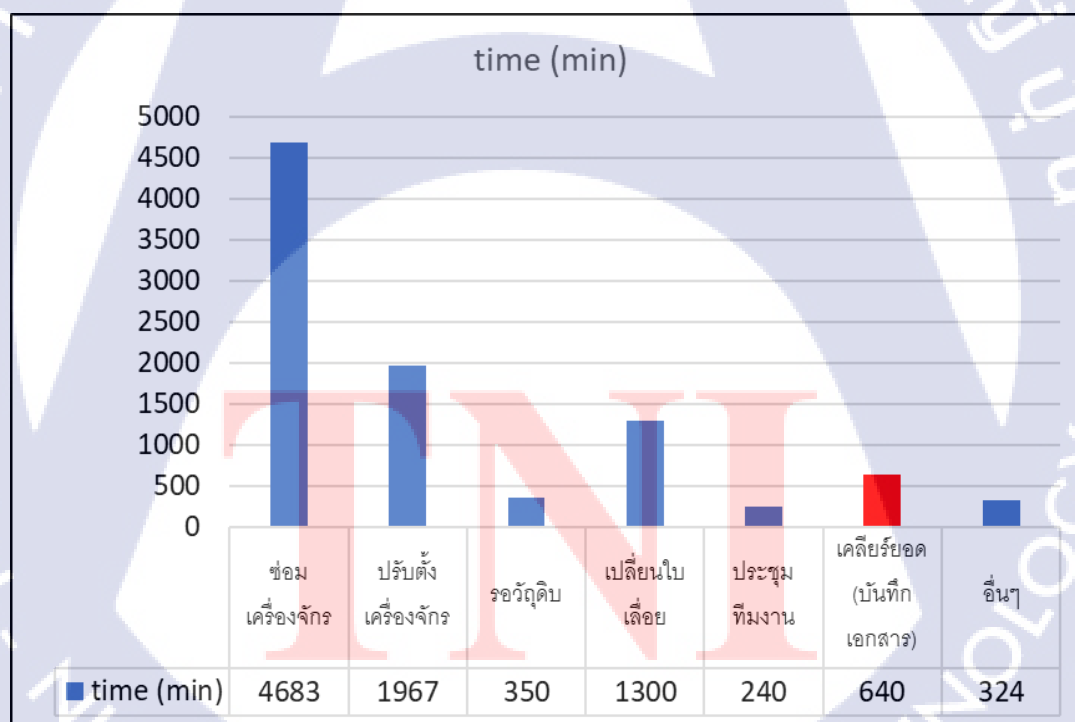
ถัดไป (Next)

รูปที่ 4.12 หน้าจอ monitor สำหรับ บันทึกสาเหตุหยุดเครื่อง(หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง (ข้อมูลเฉลี่ยตั้งแต่เดือน มิ.ย.- ส.ค. 2564)

กิจกรรม	เวลา (นาที)	สัดส่วน % เทียบกับเวลาที่ต้องทำงาน
ซ่อมเครื่องจักร	5,883	17
ปรับตั้งเครื่องจักร	1,967	6
เปลี่ยนใบเลื่อย	1,320	4
เคลียร์ยอดผลิต	640	2
รอวัตถุดิบ	350	1
อื่นๆ	324	1
ประชุมทีมงาน	240	1

ภาพรวมเวลาการสูญเสียที่ต้องหยุดเครื่องจักร เนื่องจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ก่อนปรับปรุงกระบวนการ ดังรูปที่ 4.13

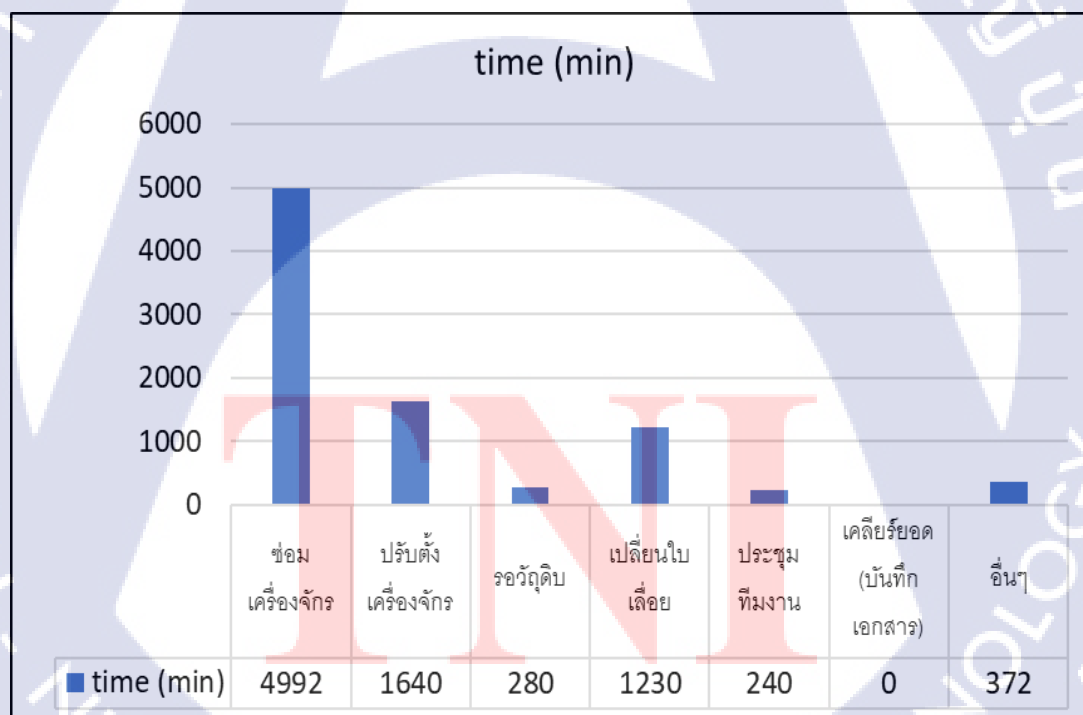


รูปที่ 4.13 เวลาการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรก่อนปรับปรุงกระบวนการ

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร หลังการปรับปรุง (ข้อมูลเฉลี่ย ตั้งแต่เดือน ก.ย.-พ.ย. 2564)

กิจกรรม	เวลา (นาที)	สัดส่วน % เทียบกับเวลาที่ต้องทำงาน
ซ่อมเครื่องจักร	6,950	20
ปรับตั้งเครื่องจักร	2,010	6
เปลี่ยนใบเลื่อย	1,250	4
เคลียร์ยอดผลิต	0	0
รอวัตถุดิบ	340	1
อื่นๆ	380	1
ประชุมทีมงาน	240	1

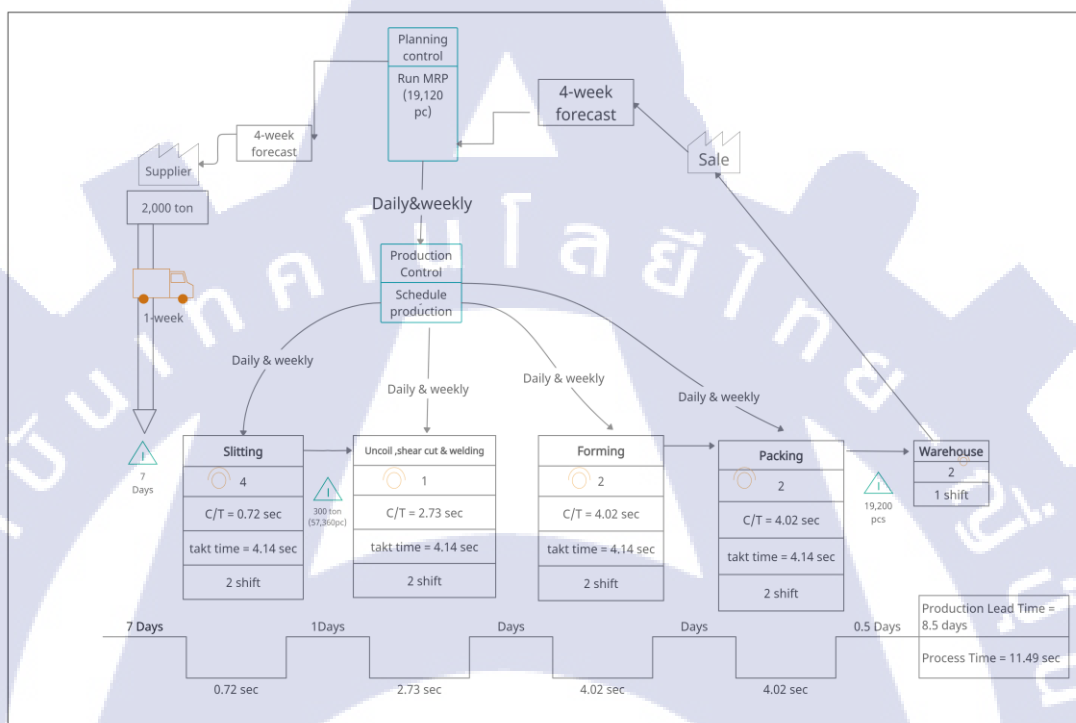
ภาพรวมเวลาการสูญเสียที่ต้องหยุดเครื่องจักร เนื่องจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต หลังปรับปรุงกระบวนการ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เวลาการสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรหลังปรับปรุงกระบวนการ

4.2.5 ศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์ความสูญเสีย ด้วยการจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า อนาคต (หลังปรับปรุง)

จากการวิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าและการปรับปรุง สามารถนำมาเขียนและ
วิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าอนาคต(หลังปรับปรุง) ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตต่อเหล็กอนาคต(หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเวลาการผลิตในกระบวนการจากแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต (หลังปรับปรุง)

กิจกรรม (event)	เวลา (time)	หน่วย (unit)
Production lead time	8.5	วัน
Process time	11.49	วินาที

4.3 ผลการดำเนินการปรับปรุง ตามแนวคิดแบบลีนและการนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

จากการวิเคราะห์สายธารคุณค่า และใช้เครื่องมือการกำจัดความสูญเปล่าตามแนวคิดแบบลีนและหลักการ ECRS โดยนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ พบว่า

1. การปรับ Line Balancing process time ทำให้สามารถลดอัตรากำลังคน พนักงานปฏิบัติการ (Operator) ในแต่ละสายการผลิต ได้จำนวน 1 คนต่อกะทำงาน
2. การกำจัด (Eliminate) กิจกรรมงาน data entry process ทำให้สามารถลดอัตรากำลังคน พนักงานปฏิบัติการ (Operator) ในแต่ละสายการผลิต ได้จำนวน 1 คน
3. การกำจัด (Eliminate) ลดงานและขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลในกระบวนการผลิต โดยยกเลิกวิธีการบันทึกข้อมูลในเอกสารแบบฟอร์ม(จดบันทึกค่าพารามิเตอร์) ทำให้สามารถลดทรัพยากร เอกสาร รวมทั้งกำลังคนและเวลาในการดำเนินการด้านข้อมูล นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลมีความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วมากขึ้น
4. การทำให้ง่าย (Simplify) ปรับเปลี่ยนวิธีการและลดขั้นตอนในการทำงาน จากการบันทึกข้อมูลสาเหตุหยุดเครื่องจากบันทึกลงเอกสาร เป็นการให้บันทึกผ่านหน้าจอ monitor ทำให้ลดเวลา downtime 2% ของเวลาการทำงาน (total working time)

4.4 สรุปผลการดำเนินการปรับปรุง การเพิ่มผลผลิตการผลิตแบบลีน

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ

$$OEE = \frac{(\text{จำนวนชิ้นงานที่เครื่องจักรผลิต}) \times (\text{รอบเวลาของเครื่องจักร})}{\text{จำนวนเวลาที่เครื่องจักรนั้นใช้ไปในการผลิตจริง}}$$

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ก่อนและหลังปรับปรุง

ปี2564 เดือน	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
วันทำงาน	26	27	26	26	27	27
เวลาที่ต้องทำงาน	34,320	35,640	34,320	34,320	35,640	35,640
เวลาผลิตจริง	24,816	23,166	24,367	24,367	25,588	25,944

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร(OEE) ก่อนและหลังปรับปรุง (ต่อ)

ปี2564 เดือน	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
เวลาที่สูญเสีย	9,504	12,474	9,953	9,953	10,052	9,696
Availability	72.3%	65.0%	71.0%	71.0%	71.8%	72.8%
Performance	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%
Yield	95.8%	96.2%	95.1%	96.5%	96.0%	95.7%
OEE	52.0%	46.9%	50.6%	51.4%	51.7%	52.2%
Ave. OEE	49.8%			51.8%		

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางการวิจัยที่ใช้หลักการและเครื่องมือการเพิ่มผลิภาพการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ด้วยการจัดทำและวิเคราะห์สายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) เพื่อค้นหาและกำจัดความสูญเปล่าโดยใช้เทคนิค ECRS นั้น พบว่า ผลิภาพการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บเพิ่มสูงขึ้น โดยก่อนปรับปรุงมีค่า OEE ร้อยละ 49.8 และหลังปรับปรุง มีค่า OEE ร้อยละ 51.8 เพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 2

ส่วนผลลัพธ์การปรับปรุงโดยการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาใช้ปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลรายงานในกระบวนการผลิตและสร้างระบบการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ (Monitoring automatic) สามารถช่วยเพิ่มผลิภาพการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ ดังนี้

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลในกระบวนการผลิต ให้มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น
2. ลดปัญหาความผิดพลาดการอ่านและบันทึกค่าพารามิเตอร์
3. ลดต้นทุนจากการลดการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต ได้แก่ แรงงาน เวลา และเอกสารต่างๆ ในการดำเนินกิจกรรมด้านการบันทึก การส่งต่อ และการตรวจสอบข้อมูลประจำวัน ส่งผลให้สามารถลด lead time กระบวนการจัดการข้อมูลการผลิต ได้ 1 วัน
4. ผลลัพธ์จากการปรับปรุง สามารถวางแผนกำลังคน ลดพนักงานที่ทำหน้าที่บันทึกและจัดการข้อมูลรายงานในแต่ละสายการผลิต ได้จำนวน 1 คน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตและหาแนวทางปรับปรุง ลดต้นทุน ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ ตามหลักการผลิตแบบลีน โดยประยุกต์ใช้การจัดการสายธารคุณค่า (VSM) วิเคราะห์และหาแนวทางลดความสูญเสียเปล่าด้วยเครื่องมือของลีนและเทคนิค ECRS รวมทั้งมีการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ปรับปรุงการดำเนินงานในกระบวนการผลิต เพื่อให้การจัดการข้อมูลในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การออกแบบการวิจัยนี้ จึงเป็นการบูรณาการแนวคิดการผลิตแบบลีนและการใช้ IoT เพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตและสร้างต้นแบบ (Prototype) ระบบการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ (Monitoring Automatic) นำไปสู่แนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูล การปรับปรุงวิธีการทำงานและการจัดการทรัพยากรเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

การดำเนินการวิจัยตามแผนและกรอบแนวคิด โดยเริ่มจากการสำรวจสภาพปัจจุบัน ศึกษากระบวนการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ จัดทำแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน(ก่อนปรับปรุง) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการ จำแนกกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า มีการติดตาม ประเมินผล จัดทำแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต(หลังปรับปรุง) และสรุปแนวทางการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตกระบวนการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ ซึ่งสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1.1 การเพิ่มผลผลิตการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลความสูญเสียหรือการสูญเสียเปล่า จากการหยุดเครื่องจักรก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่า สามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) โดยจะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเคลียร์ยอดผลิตก่อนปรับปรุงมีส่วนร้อยละ 2 ของเวลาที่ต้องทำงานและลดลงเหลือศูนย์หลังการปรับปรุง

ตัวชี้วัดผลผลิตการผลิตแบบลีน เพื่อประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ ด้วยการวัดประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยรวม (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องจักรโดยรวม OEE โดยเฉลี่ยก่อนปรับปรุงเท่ากับ ร้อยละ 49.8 และหลังปรับปรุงเท่ากับ ร้อยละ

51.8 จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถเพิ่มผลิตภาพการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บ เพิ่มสูงขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 2

5.1.2 การเพิ่มผลิตภาพการผลิตด้วยการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในกระบวนการผลิต

จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ร่วมกับแนวทางการปรับปรุงการผลิตแบบลีน เพื่อจัดเก็บค่าพารามิเตอร์และบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแบบอัตโนมัติ ส่งต่อเข้าสู่ระบบรายงานและการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตประจำวันแบบเป็นปัจจุบัน (Real time) พบว่า สามารถเพิ่มผลิตภาพการผลิต ดังนี้

1. สามารถลด lead time จาก 9.5 วัน เหลือ 8.5 วัน คิดเป็น ร้อยละ 10.5
2. สามารถลดต้นทุนแรงงานจากการจัดสายการผลิตให้สมดุล ส่งผลต่อการวางแผนการบริหารจัดการอัตรากำลังคนในแต่สายการผลิต จากเดิม 12 อัตรา เหลือ 10 อัตรา ลดลง 2 อัตรา คิดเป็น ร้อยละ 16.67 สามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและไม่จำเป็น (non-value added wastes) และนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการ เพื่อทดแทนแรงงาน การทำงานด้วยคน และกำจัดความสูญเปล่าจากการรอคอย (Wait) ทำให้กระบวนการผลิตไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous flow) ส่งผลให้กระบวนการทำงานหลังปรับปรุงไม่ต้องหยุดเครื่องจักร วันละ 4 ครั้ง ตามที่เคยปฏิบัติในกระบวนการทำงานก่อนปรับปรุง
4. ลดเวลาการหยุดเครื่องจักร วันละ 24 นาที ต่อสายการผลิต คิดเป็นร้อยละ 2 ของเวลาการทำงาน
5. กำจัดกิจกรรมการจดบันทึกข้อมูล ส่งผลให้สามารถลดอัตรากำลังคน ที่ทำหน้าที่บันทึกและจัดทำรายงานข้อมูล จำนวน 1 คนในทุกสายการผลิต
6. เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลในกระบวนการผลิต จากการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในกระบวนการผลิต ส่งผลให้การบันทึกและรายงานข้อมูลที่มีความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วมากยิ่งขึ้น สามารถส่งค่าพารามิเตอร์สู่ระบบ SAP ที่ผ่านการตรวจด้วย RPA (Robotic Process Automation) และนำไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดทำระบบการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ (Monitoring automatic) เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตอัตโนมัติแบบลีน

5.1.3 สรุปภาพรวมผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. การปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อหลักแบบมีตะเข็บในการวิจัยครั้งนี้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรโดยรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE) เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 49.8 เป็น ร้อยละ 51.8 คิดเป็น ร้อยละ 2

2. ภาพรวมผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนบริหาร อัตรากำลังคน (Production manpower planning) ในแต่ละสายการผลิต จากเดิม 13 คน สามารถลดพนักงานปฏิบัติการ (Operator) ได้ 2 คน และลดพนักงานจัดทำข้อมูลรายงานการผลิตอีก 1 คน รวม 3 คน ต่อสายการผลิต คิดเป็นอัตรากำลังแรงงานที่ลดลง ร้อยละ 23.08

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในการ monitoring เท่านั้น ควรมีการพัฒนาต่อยอดพัฒนาการใช้ IoT ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากกระบวนการผลิตไปวิเคราะห์เพื่อใช้ในการควบคุมการใช้ทรัพยากรและการบริหารจัดการการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.2 พัฒนาการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล IoT เชื่อมโยงกับการจัดการข้อมูล(Data management) เชื่อมโยงเครือข่าย อุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องวัด และระบบการควบคุมการผลิต และใช้ EVSM เพื่อรับทราบรายงานข้อมูล ติดตามสถานะการไหลของกระบวนการ เพื่อการควบคุมบริหารจัดการกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นเวลาปัจจุบัน (Real time)

5.2.3 จัดทำแผนบูรณาการการจัดการข้อมูล วางแผนการใช้ประโยชน์จากข้อมูลขนาดใหญ่ขององค์กร (Big data) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในการแก้ไขปัญหา การเฝ้าระวัง และการป้องกัน เชิงรุกในการบริหารจัดการการผลิตและการดำเนินธุรกิจในภาพรวม

5.2.4 พัฒนาต่อยอดการจัดการผลิตแบบ Basic Lean สู่ Digital Lean และบูรณาการใช้ Digital technology และ Data analytic ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อพัฒนาองค์กรสู่ Smart Factory

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] วิโรจน์ โจรณ์พัฒน์ชัย, “เหล็กปี 2565 ยังโตต่อ แนวรัฐเพิ่มใช้เหล็กในประเทศช่วยฟื้นเศรษฐกิจ,” [Online]. Available: <https://www.bangkokbiznews.com/business/986141>. [Accessed: 2 กุมภาพันธ์ 2565].
- [2] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, “ต้นทุนก่อสร้างทั้งระบบส่อพุ่ง 0.8% หลังรัฐดันเพิ่มสัดส่วนจัดซื้อจัดจ้างเหล็กผลิตในประเทศ,” [Online]. Available : <https://www.prachachat.net/finance/news-531265>. [Accessed: 3 ตุลาคม 2563].
- [3] ขวัญใจ เทชเสนสกุล, “VUCA World โลกแห่งความผันผวน New Normal ในยุคปัจจุบัน,” [Online]. Available: <https://kmc.exim.go.th/detail/20190927190855/20200115125851>. [Accessed: 30 มกราคม 2565].
- [4] ชนาภา ศรจิตติโยธิน, “จับตาราคาเหล็กปี 65 อุตสาหกรรมโต ดีมานด์เพิ่ม ต้นราคาสูง,” [Online]. Available: [com/business/970271](https://www.bangkokbiznews.com/business/970271). [Accessed: 7 พฤศจิกายน 2564].
- [5] ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กไทย, “รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความต้องการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล็กในอุตสาหกรรมต่อเนื่องของประเทศไทย,” [Online]. Available: <https://iiu.isit.or.th/th/reports/In-Depth%20Research%20Report.aspx>. [Accessed: 30 พฤศจิกายน 2562].
- [6] คำนาย อภิปรัชญาสกุล, การเพิ่มประสิทธิภาพในองค์กร, กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง, 2560.
- [7] วิทยา อินทร์สอน และคณะ, “Productivity & Operation,” *Industrial Technology Review*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 278, หน้า 98-104, มกราคม 2559.
- [8] เกียรติขจร โฆมานะสิน, Lean วิธีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศโดยระบบการผลิตแบบลีน, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2563.
- [9] ขวัญใจ โชคไพบุลย์, “การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษากระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์,” วศ.ม. (การจัดการวิศวกรรม), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, นครนายก, 2555.
- [10] วิทยา สุฤทธดำรง และยุพา กลอนกลาง, แนวคิดแบบลีน : LEAN THINKING, กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์พับลิชชิ่ง, 2550.
- [11] ปรียวดี ผลเอนก, การจัดการคุณภาพ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558.
- [12] G. Rebecca and W. Elliott N., *The Lean Anthology: A Practical Primer in Continual Improvement*, Broken Sound Parkway: CRC Press, 2015.

- [13] สุชาติ อ่างสุข และสมชาย เปரியพรม, “การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีนปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำมันรถแทรกเตอร์ : กรณีศึกษาบริษัท เอ.บี.ซี. จำกัด,” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 3, หน้า 56-78, ตุลาคม 2564.
- [14] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, “การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE),” [Online]. Available: <https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/oeel/>. [Accessed: 2 กุมภาพันธ์ 2565].
- [15] M. Somayya et al., “Internet of things: A literature review,” *Journal of Computer and Communications*, vol. 3, no. 5, pp. 164-173, May 2015.
- [16] เอกสารงานด้านวิชาการคณะกรรมการสนับสนุนสำนักงาน กสทช. ไตรมาส 3 ปี 2560, “เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0,” กรุงเทพฯ: ศูนย์ข้อมูลกลาง, สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2560.
- [17] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, “Transformation with Industrial Internet of Things,” [Online]. Available : <https://www.dip.go.th/th/category/2020-05-27-17-22/2020-05-29-19-25-41>. [Accessed: Sep. 29, 2020].
- [18] สุรพันธ์ ปาละพรพิสุทธิ์, *LEAN 4.0 Manufacturing: เรียนรู้เพื่อเปลี่ยนองค์กรให้ทันยุคอุตสาหกรรม 4.0*, นนทบุรี: โรงพิมพ์วัชรินทร์ พี.พี., 2560.
- [19] W. Brian, *LEAN in Practice: 12 Easy Steps for Successful Lean Implementation*, Lexington: Prodinova, 2015.
- [20] ชัยวัฒน์ ศรีไชยแสง, “การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.
- [21] วทีญญ ทศนเี่ยม, “การเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการทำงานระหว่างแนวทางลีนและแนวทางลีน-ทีคิวเอ็มในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2556.
- [22] สุจิตตา อุ่นใจ, “การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชาโดยลดความสูญเสียในแผนผังสายธารคุณค่า : กรณีศึกษา บริษัทชาอุยพง จำกัด ,” วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน), มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย, 2556.

- [23] คณิตฐา ขามผาโล, “การปรับปรุงการจัดการสายธารคุณค่าเพื่อปรับปรุงผลิตภาพในอุตสาหกรรมยา กรณีศึกษา,” สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, 2556.
- [24] ขนาธิป กฤตสวนนท์, “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของ Spindle motor โดยใช้หลักการ ECRS และการจำลองสถานการณ์,” การค้นคว้าอิสระ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, 2557.
- [25] นิวัฒน์ เดชอำไพ และกาญจนา เศรษฐนันท์, “การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดชั้นในสตรีโดยประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน,” วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มช., ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 13-27, กรกฎาคม-ธันวาคม 2557.
- [26] พงศธร ตราโต, “การปรับปรุงกำลังผลิตของกระบวนการผลิตลิฟท์โดยใช้หลักการ ECRS,” สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2557.
- [27] รมิตา มุสิกพงศ์, “การประยุกต์ใช้แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของธุรกิจพลาสติกฟิล์ม กรณีศึกษา บริษัท TPK,” สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2558.
- [28] ณัฐนันท์ อีสระพงศ์ และคณะ, “การลดเวลาในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษาการผลิตยางรถยนต์,” วารสารสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 76-90, มกราคม-มิถุนายน 2562.
- [29] กิตติชัย อธิกุลรัตน์ และภัทรพงษ์ ภาคภูมิ, “การประยุกต์ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ยู.พี.เอส.อุตสาหกรรม จำกัด,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 6, ฉบับที่ 3, หน้า 13-26, ธันวาคม 2560.
- [30] อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และจุมพล บำรุงวงศ์, “การเพิ่มความสามารถการผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร,” การประชุมข่างานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2560, เชียงใหม่, 12-15 กรกฎาคม 2560, หน้า 953-958.
- [31] อติกานต์ ม่วงเงิน, “การประยุกต์ใช้เทคนิคแบบลีน(ECRS⁺⁺) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานระบบตู้รับหนังสืออัตโนมัติ สำนักบรรณสารการพัฒนา สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์,” การประชุมวิชาการระดับชาติ PULINET ครั้งที่ 11, สงขลา, 6-7 มกราคม 2564, หน้า 149-159.

- [32] ลัลนา สุวรรณ, “การลดต้นทุนคลังบรรจุภัณฑ์ด้วยหลักการECRS กรณีศึกษา: ผู้ผลิตโคมไฟ,” วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน), วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ, 2560.
- [33] เสขสัน นาคพ่วง และคณะ, “การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องตีสมุนไพรร,” *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 131-147, พฤษภาคม-สิงหาคม 2563.
- [34] D. Agarwal and A. Katiyar, “Value stream mapping: Literature review and implementation for an assembly,” *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 7, no. 1, pp. 60-66, January 2018.
- [35] J.M. Rohania and S.M. Zahraeea, “Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry,” *2nd International Materials Industrial and Manufacturing Engineering Conference*, MIMEC 2015, Bali, Indonesia, February 2015, pp. 4-6.
- [36] L. Mulugeta, “Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company,” *Materialstoday*, vol. 37, Part. 2, pp. 1432-1436, July 2021.
- [37] A. Gurumurthy and R. Kodali, “Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 22, no. 4, pp. 444-473, May 2011.
- [38] P.V. Ramani and L.K. Lingan KSD, “Application of lean in construction using Value stream mapping,” *Engineering Construction and Architectural Management*, vol. 28, no. 1, pp. 216-228, January 2020. [Online]. Available : <https://doi.org/10.1080/13632475.2018.15120572>. [Accessed: Mar.1, 2021].
- [39] S. Vinodh et al., “Development of value stream map for achieving leanness in a Manufacturing organization,” *Journal of Engineering Design and Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 129-141, July 2013.
- [40] A. K. Mishra et al., “Development of sustainable value stream mapping (SVSM) for unit part manufacturing,” *International Journal of Six Sigma*, vol. 11, no. 3, pp.493-514, May 2020.

- [41] M. Pagliosa et al., "Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 32 No. 3, pp. 543-569, October 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446>. [Accessed: Mar.1, 2021].
- [42] A. Ancarani et al., "Internet of things adoption: a typology of projects," *International Journal of Production Management*, vol. 40, no. 6, pp. 849-872, September 2020.
- [43] A. Herlambang and J. Hidayati, "Strategy and policy for increasing work productivity of operators in the steel industry through work improvement with lean method," *Materials Science and Engineering*, vol. 505, no. 1, pp. 012074, May 2019.
- [44] B. Sahu et al., "Application of lean tools in different industries: A review," *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, vol. 12, no. 13, pp. 2428-2435, June 2021.
- [45] T. Kalsoom et al., "Impact of IoT on manufacturing industry 4.0 : A new triangular systematic review," *Sustainability Journal*, vol. 3, no. 22, December 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12506>. [Accessed: Dec. 1, 2021].
- [46] F. W. Mateo and A. Redchuk, "IIoT/IIoT and artificial intelligence/machine learning as a process optimization driver under industry 4.0 model," *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 21, no. 2, October 2021.
- [47] A. Zainuddin et al., "Appliance Control with IoT-Arduino of Voice Command Detection for Mobility Impaired People," [Online]. Available: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/22147>. [Accessed: Dec.1, 2021].
- [48] P. E. Morgan, "The Effects of Work in an Exemplar Continuously Improving Lean Production System: A Case Study," Ph.D. dissertation (Business Administration), University of Phoenix, Phoenix, AZ, 2018.
- [49] A. Frandson, "Takt Time Planning as a Work Structuring Method to Improve Construction Work Flow," Ph.D. dissertation (Engineering-Civil and Environmental Engineering), the University of California, Berkeley, 2019.

- [50] Y. Gong et al., “ Design of embedded line galloping monitoring system base on wireless communication technology,” *8th International Symposium on Sensors, Mechatronics and Automation System Online 2022*, [Online]. Available : <https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/2246/1>. [Accessed: Apr.30, 2022]
- [51] K.K. Sai et al., “Low-cost IoT base air quality monitoring setup using Arduino and MQ series sensor with the dataset analysis,” in *Proceeding of 2nd International Conference on Recent Trends in Advanced Computing ICRTAC -DISRUP - TIV INNOVATION*, Chennai, India, 2019, pp. 322-327.
- [52] D.A.D. Audrey et al., “Monitoring Mung Bean’s Growth using Arduino,” in *Procedia Computer Science*, vol. 179, no. 2, pp. 352-360, January 2021.

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ภาคผนวก

TNI

THAI - JAPANESE INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ภาคผนวก ก.

การศึกษา VSM ของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บก่อนปรับปรุง

TNI

การศึกษา VSM ของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บก่อนปรับปรุง

ตารางที่ ก.1 เวลารอบการทำงานของกระบวนการ Uncoiler

[illegible]

ภาคผนวก ข.

การศึกษา VSM ของกระบวนการผลิตท่อเหล็กแบบมีตะเข็บหลังปรับปรุง

TNI

