



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่
Potential Study on Biogas Electricity Generation
Using Chicken Manure

นายกิตติพิชญ์ มนต์ขลัง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่

Potential Study on Biogas Electricity Generation

Using Chicken Manure

นายกิตติพิชญ์ มนต์ขลัง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายกิตติพิชญ์ มนต์ขลัง
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนาถ สมมณี
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายอนุศักดิ์ สุรญาณณ์
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท ชันฟู้ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด

บทคัดย่อ

ธุรกิจฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ โรงฟัก และโรงชำแหละของบริษัท ชันฟู้ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด มีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตปริมาณมาก เช่น มูลไก่และน้ำเสีย จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โครงการนี้ศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มเลี้ยงไก่ของบริษัทและศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ โดยกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทุกวันทำการ เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของบริษัท ผลการศึกษาแสดงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แหล่งที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ ฟาร์มซบกระดาน จังหวัดลพบุรี และฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก และพบว่าปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้ต่อมูลไก่ พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อแก๊สชีวภาพ และพลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อมูลไก่ เท่ากับ 134.16 และ 127.93 m³/ton, 2.10 และ 2.09 kWh/m³, และ 281.49 และ 266.91 kWh/ton ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์การเงินของโครงการแสดงถึงความคุ้มค่าในกรณีที่ใช้มูลไก่จากฟาร์มซบกระดานเป็นวัตถุดิบของการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ตลอด 24 ชั่วโมง ทุกวันทำการ โดยให้ระยะเวลาคืนทุน 8.2 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 58,140,242 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน 8.86%

คำสำคัญ: มูลไก่ แก๊สชีวภาพ การผลิตไฟฟ้า การวิเคราะห์การเงินของโครงการ

Co-operative Title: Potential Study on Biogas Electricity Generation Using Chicken Manure
Student Intern Name: Mr.Kittipich Monkhleng
Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering
Advisor Name: Assistant.Prof.Dr.Piyanart Sommani
Mentor Name: Mr.Anusak Surayan
Company: Sun Food International Co., Ltd.

ABSTRACT

The parent stock, hatchery operation, and slaughter house business of Sun Food International Co., Ltd. have generated a large amount of wastes such as chicken manure and wastewater which are very suitable for use as raw materials for biogas electricity generation. This project studied the biogas electricity generated using chicken manure obtained from the company's own chicken farms. The 1.5 MW biogas electricity production target for 24 hours every workday was determined to reduce the company's electricity cost. The similar potential results of biogas electricity generated using 2 chicken manure sources, namely Subkadan farm at Lopburi Province and Banna farm at Nakhonnayok Province, were demonstrated. It was found that the amount of biogas production per chicken manure, electricity per biogas, and electricity per chicken manure from Subkadan farm and Banna farm were 134.16 and 127.93 m³/ton, 2.10 and 2.09 kWh/m³, and 281.49 and 266.91 kWh/ton, respectively. The financial analysis results showed that the biogas electricity generation is worthy if targeting 1.5 MW biogas electricity generation by utilizing chicken manure from Subkadan farm for 24 hours every workday because the payback period, net present value, and internal rate of return are 8.2 years, 58,140,242 THB and 8.86%.

Keywords: Chicken Manure, Biogas, Electricity Generation, Financial analysis

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษานี้ได้รับความร่วมมือระหว่างบริษัท ชันฟู๊ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (Sun Food International Co., Ltd.) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ คุณพงษ์พันธ์ แซ่โล่ ผู้จัดการหน่วยงานวิศวกรรม คุณอนุศักดิ์ สุรญาณณ์ พนักงานที่ปรึกษา และพนักงานบริษัท ชันฟู๊ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ให้คำปรึกษา ความรู้ และช่วยเหลือตลอดการปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษา

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปิยะนาถ สมมณี อาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษา สำหรับคำปรึกษา ความรู้ ความช่วยเหลือ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหาโครงการสหกิจศึกษา และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความรู้ โครงการนี้จึงสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ที่คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือ ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กิตติพิชญ์ มนต์ขลัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	1
1.4 วิธีดำเนินการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 สถานการณ์พลังงานทดแทนในประเทศไทย.....	3
2.2 แก๊สชีวภาพ.....	4
2.3 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ.....	9
2.4 อัตราค่าไฟฟ้ากิจการขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	10
2.5 การวิเคราะห์การเงินของโครงการ.....	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	13
3.1 การสืบค้นและศึกษาข้อมูล.....	13
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	13
บทที่ 4 ผลการดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	15
4.1 โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ.....	15
4.2 ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้า.....	19
4.3 การผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด.....	21
4.4 การวิเคราะห์การเงินของโครงการ.....	21
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	25
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	25
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	25
บรรณานุกรม.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	28
ภาคผนวก ก.....	29
ภาคผนวก ข.....	31
ภาคผนวก ค.....	32
ภาคผนวก ง.....	36
ประวัติผู้เขียน.....	40

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ภาพรวมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559	3
2.2 การใช้พลังงานทดแทนในรูปของไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559	4
2.3 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ	4
2.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน	10
2.5 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้	10
4.1 คุณลักษณะของเครื่องยนต์สันดาปภายในและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา	19
4.2 ข้อมูลการปฏิบัติงานการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แหล่ง	20
4.3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แหล่ง	20
4.4 ผลการคำนวณปริมาณมูลไก่ที่ต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่กำหนด	21
4.5 ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ	21
4.6 ต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่กำหนด	22
4.7 ผลการคำนวณรายได้จากการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด	23
4.8 ผลการคำนวณกำไรจากการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด	23
4.9 ผลการวิเคราะห์การเงินของโครงการตามเป้าหมายที่กำหนด	24
ก.1 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มชั้กระดาน จังหวัดลพบุรี	29
ก.2 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก	30
ค.1 ข้อมูลต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แหล่ง	32
ง.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า	37
ง.2 อัตราผลตอบแทนภายในตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าที่ 1	38
ง.3 อัตราผลตอบแทนภายในตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าที่ 2	39

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ.....	5
2.2 ภาพรวมของการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพแก๊สชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า.....	8
2.3 ภาพรวมของระบบการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม.....	9
3.1 การคำนวณปริมาณมูลไก่ที่ต้องใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด.....	14
4.1 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิม (บ่อหมักแบบคลุมบ่อ).....	15
4.2 ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิม.....	16
4.3 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่ (บ่อหมักแบบผนังชั้นเดียว).....	17
4.4 ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่.....	18
4.5 ระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW.....	19
4.6 กำไรที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด.....	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ (เครือซันฟู้ด. 2555; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558)

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) แสดงถึงแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของการใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน ประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร โรงงานอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูป รวมถึงฟาร์มปศุสัตว์ที่ทำให้เกิดสิ่งเหลือใช้ทางการเกษตร น้ำเสีย มูลสัตว์ ในปริมาณที่มากพอจนสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและความร้อนได้

บริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด (Sun Food International Co., Ltd.) เป็นบริษัทในเครือซันฟู้ดซึ่งดำเนินธุรกิจไก่ครบวงจรทั้งไก่เนื้อและไก่ไข่ บริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ประกอบด้วยธุรกิจ 3 ประเภท คือ ธุรกิจฟาร์มไก่พ่อแม่พันธุ์ ธุรกิจโรงฟัก และธุรกิจโรงชำแหละ ปัจจุบันบริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด นำหลักการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) มาใช้ในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น เช่น ใช้น้ำเสียจากโรงชำแหละเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogas) ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่า (Value Added) ให้กับของเสียที่เกิดขึ้นในระบบ ทั้งนี้พบว่าบริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด ยังมีของเสียประเภทมูลไก่ในปริมาณมาก โครงการสหกิจศึกษาจึงศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ด้วยแก๊สชีวภาพที่ผลิตจากมูลไก่ ภายใต้ความอนุเคราะห์การดำเนินงานจากแผนกวิศวกรรมพลังงาน หน่วยงานวิศวกรรม บริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้า

1.2.2 ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในโรงชำแหละของบริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ซึ่งตั้งอยู่บริเวณโรงชำแหละของบริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชันแนล จำกัด อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี

1.3.2 ระบบการผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ซึ่งใช้น้ำเสียและมูลไก่เป็นวัตถุดิบผลิตแก๊สชีวภาพตามลำดับ

1.3.3 ระบบการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW

1.3.4 ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้า

1.3.5 การวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ

1.4 วิธีดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 วางแผนการดำเนินงาน
- 1.4.3 ศึกษากระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพและระบบการผลิตไฟฟ้า
- 1.4.4 วิเคราะห์ศักยภาพระบบการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ
- 1.4.5 คำนวณต้นทุนและคำนวณกำไรตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า
- 1.4.6 วิเคราะห์การเงินของโครงการ
- 1.4.7 สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 การนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการแปรรูปเป็นพลังงาน
- 1.5.2 การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- 1.5.3 การลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าภายในโรงงาน
- 1.5.4 การลดนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศรวมถึงการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน

ทดแทนในประเทศไทย

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์พลังงานทดแทนในประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559)

รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559 แสดงถึงแนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายของการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ปัจจุบันการพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทย เน้นการใช้พลังงานทดแทนที่ผลิตภายในประเทศ ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังน้ำขนาดใหญ่ ชีวมวล แก๊สชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) ในรูปของไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ตารางที่ 2.1 แสดงภาพรวมการใช้พลังงานทดแทนเท่ากับ 11,051 toe โดยเพิ่มจากปี พ.ศ. 2558 9.7% และพบว่าเป็นการใช้งานในรูปความร้อน ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) คิดเป็น 65.0% 19.2% และ 15.8% ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 2.2 แสดงกำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเท่ากับ 9,437 MW โดยเพิ่มจากปี พ.ศ. 2558 18.5% โดยได้มาจากพลังน้ำขนาดใหญ่มากที่สุด (30.8%) รองลงมา ได้แก่ พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แก๊สชีวภาพ พลังน้ำขนาดเล็ก และขยะ

ตารางที่ 2.1 ภาพรวมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559)

การใช้พลังงานทดแทน	ปริมาณ (toe)				อัตราการเปลี่ยนแปลง (%) 2558-2559
	2556	2557	2558	2559	
ไฟฟ้า (แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ชีวมวล ขยะ แก๊สชีวภาพ)	1,341	1,467	1,556	2,122	36.4
ความร้อน (แสงอาทิตย์ ชีวมวล ขยะ แก๊สชีวภาพ)	5,279	5,775	6,579	7,182	9.2
เชื้อเพลิงชีวภาพ					
- เอทานอล	707	874	879	684	(22.2)
- ไบโอดีเซล	905	909	1,063	1,063	-
รวม	8,232	9,025	10,077	11,051	9.7

ตารางที่ 2.2 การใช้พลังงานทดแทนในรูปของไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559)

ไฟฟ้าจาก พลังงานทดแทน	กำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้า (MW)				อัตราการเปลี่ยนแปลง (%) 2558-2559
	2556	2557	2558	2559	
แสงอาทิตย์	823.5	1,298.5	1,419.6	2,446.1	72.3
ลม	222.7	224.5	233.9	507.0	116.8
พลังน้ำขนาดเล็ก	108.8	142.0	172.1	182.1	5.8
พลังน้ำขนาดใหญ่	2,906.4	2,906.4	2,906.4	2,906.4	-
ชีวมวล	2,320.8	2,451.8	2,726.6	2,814.7	3.2
แก๊สชีวภาพ	265.7	311.5	372.5	434.9	16.8
ขยะ	47.5	65.7	131.7	145.3	10.3
รวม	6,694.9	7,400.4	7,962.8	9,436.5	18.5

2.2 แก๊สชีวภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2556; ทนงศักดิ์ วัฒนา. 2557)

แก๊สชีวภาพหรือไบโอแก๊ส (Biogas) หมายถึง แก๊สที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้ออกาศด้วยแบคทีเรีย (Anaerobic Digestion) เช่น น้ำเสีย มูลสัตว์ ขยะชุมชนชนิดของแข็ง

2.2.1 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

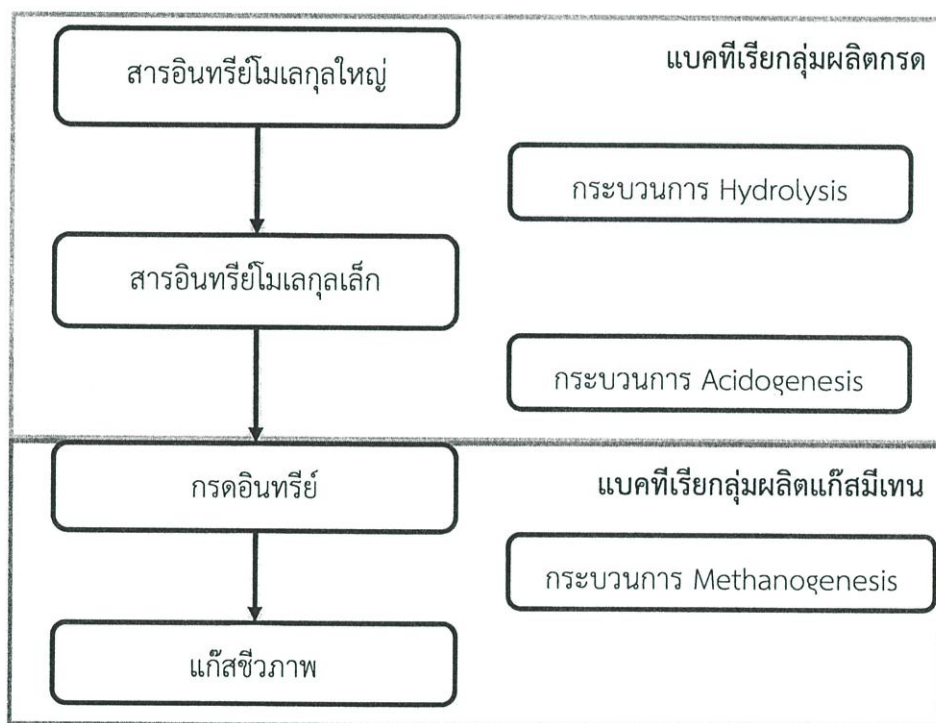
องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ (ตารางที่ 2.3) ประกอบด้วยแก๊สหลัก คือ แก๊สมีเทน (CH_4) 50-70% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 20-50% และแก๊สอื่นๆ เช่น ไอน้ำ (H_2O) แอมโมเนีย (NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) รวมถึงสิ่งปนเปื้อน เช่น ซิลลอกเซน (Siloxane) โฟม คราบ (Scum) เมือกและตะกอน บางครั้งอาจพบแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงถึง 1% หรือ 10,000 ppm

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553)

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น
CH_4	50-70%
CO_2	20-50%
H_2O (Vapor)	0-10%
N_2	0-5%
O_2	0-2%
NH_3	0-1%
H_2S	50-10,000 ppm

2.2.2 กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ

กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพอาศัยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม (รูปที่ 2.1) คือ กลุ่มผลิตกรด (Acid Forming Bacteria) และกลุ่มผลิตมีเทน (Methane Producing Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และกระบวนการอะซิโดเจเนซิส (Acidogenesis) จากนั้นแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทนทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก โดยใช้กระบวนการผลิตแก๊สมีเทน (Methanogenesis) และให้ผลผลิตหลักเป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และอาจพบแก๊สชนิดอื่นปริมาณเล็กน้อย เช่น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สแอมโมเนีย (NH₃) ข้อควรระวังในการผลิตแก๊สชีวภาพ คือ การป้องกันการสัมผัสอากาศของแบคทีเรียกลุ่มผลิตแก๊สมีเทน เพราะจะลดประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทน



รูปที่ 2.1 กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนอาศัยการทำงานของแบคทีเรียหลายชนิดที่เจริญเติบโตร่วมกัน ดังนั้นการเดินระบบผลิตแก๊สชีวภาพต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมและปัจจัยในระบบให้เหมาะสม กรณีที่สภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอาจทำให้แบคทีเรียกลุ่มผลิตแก๊สมีเทนไม่เจริญเติบโต เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย จนทำให้ระบบล้มเหลวได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนได้แก่

1. อุณหภูมิ โดยทั่วไปพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาชีวเคมีสูงขึ้น ช่วงอุณหภูมิของการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนแบ่งเป็นไซโครฟิลิก (Psychrophilic), มีโซฟิลิก

(Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic) เป็นช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 20, 20-45, และสูงกว่า 45°C ตามลำดับ ช่วงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทนได้ดี คือ ช่วง 30-38°C และช่วง 48-57°C อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียช่วงเทอร์โมฟิลิกจะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ไม่ดีเท่ากับแบคทีเรียช่วงมีโซฟิลิก จึงมีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวของระบบสูง และการเดินระบบที่อุณหภูมิสูงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์

2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้อากาศจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มผลิตแก๊สมีเทนอยู่ในช่วง 6.6-7.4 กรณีที่สารอินทรีย์ป้อนเข้ามีปริมาณมากเกินไป แบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดจะผลิตกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในปริมาณมาก จนทำให้แบคทีเรียกลุ่มผลิตแก๊สมีเทนไม่สามารถใช้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายได้ทัน เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในระบบ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง หากระบบมีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ที่มากพอจะสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในระบบได้

3. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity: Alk) แสดงถึงปริมาณบัฟเฟอร์ (Buffering Capacity) หรือความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบ เป็นตัวบ่งชี้เสถียรภาพของระบบ ถ้าระบบมีค่าความเป็นด่างสูง แสดงว่าระบบมีปริมาณบัฟเฟอร์สูง สามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบให้คงตัวได้นาน ค่าความเป็นด่างควรอยู่ในช่วง 1,000-3,000 มิลลิกรัมของ CaCO_3 /ลิตร

4. กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acids: VFAs) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และ กรดโพรพิโอนิก เป็นตัวบ่งชี้สถานะสมดุลของการย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้อากาศ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีเพิ่มขึ้นมักแสดงถึงความล้มเหลวของระบบ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในสภาวะปกติไม่ควรเกิน 2,000 มิลลิกรัมของกรดอะซิติก/ลิตร กรณีที่ระบบสะสมกรดอินทรีย์ระเหยง่ายปริมาณมาก จะพบว่าช่วงแรกค่าความเป็นด่างของระบบจะลดลง ถ้ายังไม่ลดปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบก็จะลดลง และหากค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6.5 จะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียกลุ่มผลิตแก๊สมีเทน และถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงถึง 4.5-5.0 ระบบจะเสียสมดุลจนทำให้ระบบล้มเหลวได้ ดังนั้นควรควบคุมระบบให้ค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อค่าความเป็นด่างไม่ควรเกิน 0.3-0.4

5. อัตราภาระการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate: OLR) ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบต่อปริมาตรถังในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปนิยามวัดในรูปของอัตราภาระการรับซีโอดี (kg COD/m^3 วัน) หรืออัตราภาระการรับบีโอดี (kg BOD/m^3 วัน)

6. สารพิษ (Toxic Substances) บางครั้งอาจพบสารพิษหลายชนิดในสารอินทรีย์ป้อนเข้า ระดับความเป็นพิษขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ การสะสมของสารพิษบางชนิดภายในถังปฏิกรณ์ในปริมาณมากจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ส่งผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตและการตายของแบคทีเรีย และทำให้ประสิทธิภาพหรือเสถียรภาพของระบบลดลง

2.2.4 ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ

1. ด้านพลังงาน องค์ประกอบสำคัญของแก๊สชีวภาพที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง คือ แก๊สมีเทน บางครั้งจึงเรียกแก๊สชีวภาพหรือไบโอแก๊สว่าไบโอมีเทน (Biomethane) ซึ่งเป็นแก๊สที่มีสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ได้ เช่น

- การใช้ประโยชน์ในรูปความร้อนโดยตรง (Thermal Energy) โดยสามารถใช้แทนเชื้อเพลิงเดิมได้ทุกชนิด เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงที่หัวเผา (Burner) สำหรับหม้อน้ำหรือหม้อน้ำมันร้อน ใช้กับเครื่องกลูกสุกร

- การใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engines: ICEs) เพื่อผลิตแรงกล เช่น เครื่องยนต์แก๊ส (Gas Engines) เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engines) เครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline Engines) โดยสามารถใช้แทนแก๊สหุงต้มหรือแก๊สแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas: LPG) น้ำมันดีเซล น้ำมันแก๊สโซลีนหรือน้ำมันเบนซิน

- การใช้ประโยชน์ในรูปการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Combine Heat and Power: CHP) เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า

- การใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงของยานยนต์ เช่น แก๊สชีวภาพอัด (Compressed Biomethane Gas: CBG หรือ Bio-NGV)

แก๊สชีวภาพ 1 m³ (ที่มีแก๊สมีเทน 60%) สามารถทดแทนการใช้พลังงานในรูปแบบอื่น ดังนี้

- แก๊สหุงต้ม (LPG) 0.46 kg
- น้ำมันดีเซล 0.60 L
- น้ำมันแก๊สโซลีน 0.67 L
- น้ำมันเตา 0.55 L
- ฟืนไม้ 1.50 kg
- การผลิตไฟฟ้า 1.2-2.5 kWh (ขึ้นกับชนิดเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า)

2. ด้านการเกษตร กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถก่อให้เกิดปุ๋ยและอาหารสัตว์

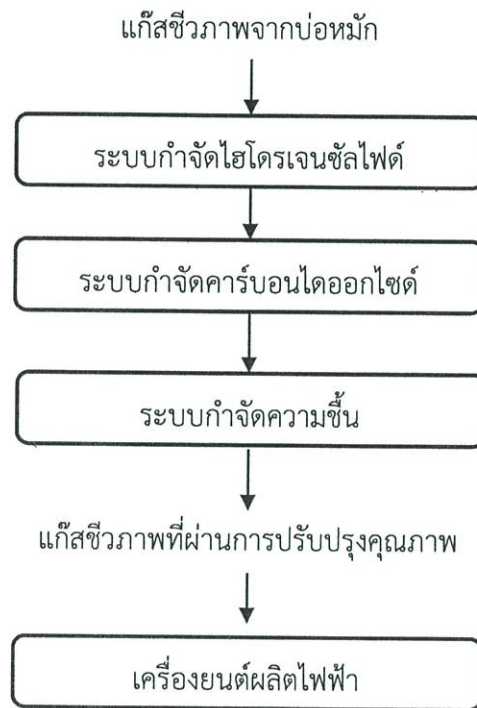
3. ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณภาพชีวิต

- ลดกลิ่นรบกวนจากของเสียที่เกิดขึ้น
- ลดแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่ขยายเชื้อโรคและแมลงวัน
- ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยสามารถหมุนเวียนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้และปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอกได้

- ลดการเกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน โดยลดการแพร่กระจายของแก๊สมีเทน

2.2.5 ปัญหาที่พบจากการใช้แก๊สชีวภาพที่ไม่ผ่านการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพ

ปัญหาที่พบจากการใช้แก๊สชีวภาพที่ไม่ผ่านการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพ คือ เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติดหรือติดยาก เครื่องยนต์ไม่มีกำลัง น้ำมันเครื่องสกปรกและมีอายุการใช้งานสั้น ห้องเผาไหม้สกปรก ปล่องไอเสียร้อนจัด วาล์วไอเสียไหม้และมีอายุการใช้งานสั้น เดินเครื่องได้ไม่ต่อเนื่อง ทำให้ต้องซ่อมบำรุงบ่อย ดังนั้นการนำแก๊สชีวภาพไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานต่อเนื่องอย่างปลอดภัยจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและการควบคุมแก๊สชีวภาพให้มีคุณภาพสม่ำเสมอและเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เช่น สำหรับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 ภาพรวมของการปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพแก๊สชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า

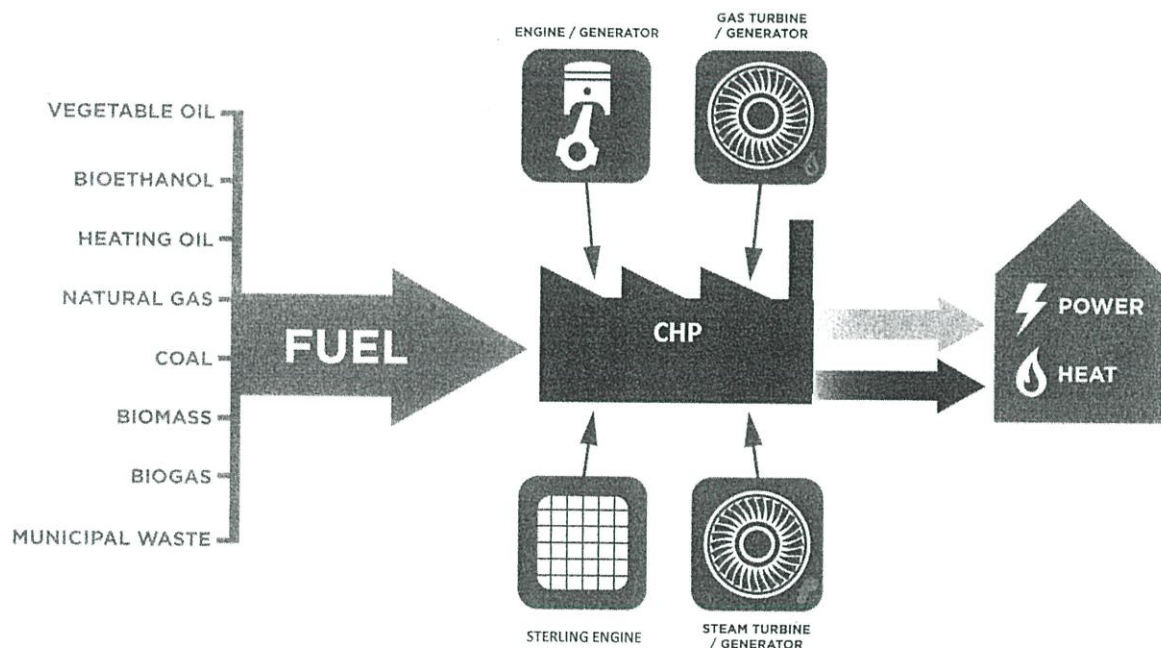
สิ่งเจือปนในแก๊สชีวภาพที่ก่อให้เกิดปัญหากับการใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ เช่น

- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแก๊สเฉื่อยที่ไม่ให้ความร้อนในการเผาไหม้ และลดค่าความร้อนในแก๊สชีวภาพทำให้แก๊สชีวภาพติดไฟยากขึ้นและลูกไหม้ข้างลงจนทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมดในห้องเผาไหม้ โดยรับความร้อนจากการเผาไหม้และพาความร้อนไปทิ้งทางปล่องไอเสีย เมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์รวมกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนวัสดุอุปกรณ์ที่สัมผัสกับแก๊สชีวภาพ
- แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นแก๊สที่มีกลิ่นเหมือนไข่เน่าบางครั้งจึงเรียกว่าแก๊สไข่เน่า เมื่อแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์รวมกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดเป็นกรดซัลฟิวริกซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรงต่อวัสดุอุปกรณ์ที่สัมผัสกับแก๊สชีวภาพ

- ความชื้นหรือละอองน้ำ การสะสมความชื้นหรือน้ำในท่อส่งแก๊สที่จุดต่ำสุดจะปิดกั้นการไหลของแก๊สชีวภาพ ทำให้เกิดเมือก ตะกอน โฟม และส่งผลให้ท่อส่งแก๊สอุดตัน เชื้อเพลิงจุดไม่ติดหรือติดแต่กระพือดับ

2.3 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ (ทงศกต วัฒนา. 2557)

เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Combine Heat and Power: CHP) ช่วยให้การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพเกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด เพราะสามารถใช้เชื้อเพลิงป้อนเพียงชนิดเดียว คือ แก๊สชีวภาพ ในการผลิตทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อน (รูปที่ 2.3) ปัจจุบันเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม มี 6 รูปแบบ คือ เครื่องยนต์สันดาปภายใน กังหันแก๊ส (Gas Turbines) กังหันแก๊สขนาดเล็ก (Micro Gas Turbines) กังหันไอน้ำ (Steam Turbines) โออาร์ซี (Organic Rankine Cycle : ORC) และเครื่องยนต์สเตอร์ลิง (Sterling Engines)



รูปที่ 2.3 ภาพรวมของระบบการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

โครงการสหกิจศึกษานี้จะระบุเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจากแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา หลักการทำงานจะเหมือนกับเครื่องยนต์สันดาปภายในทั่วไป โดยจะเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สชีวภาพภายในเครื่องยนต์เพื่อให้ได้ความร้อน เครื่องยนต์สันดาปภายในมีเพลลาเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อส่งกำลังไปผลิตไฟฟ้า กำลังผลิตของเครื่องยนต์สันดาปภายในอยู่ระหว่าง 10 kW (ขนาดเล็ก)-4 MW (ขนาดใหญ่) และมีประสิทธิภาพ 35-45% กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ กำลังผลิตสูงกว่า 200 kW ประสิทธิภาพสูง และออกแบบเฉพาะสำหรับแก๊สชีวภาพ มักจะนำเข้าจากต่างประเทศและมักมีราคาสูง

2.4 อัตราค่าไฟฟ้ากิจการขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2560)

การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับกิจการขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 ซึ่งเป็นการประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ให้พิจารณาความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ก่อนหน้า เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว ทั้งนี้สามารถเลือกคิดตามอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate: TOD) และอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU) ดังแสดงในตารางที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ โครงการงานสหกิจศึกษานี้คิดค่าไฟฟ้าโดยใช้เกณฑ์อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ตามที่ใช้จริงในบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา

ตารางที่ 2.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2560)

ระดับแรงดันที่ใช้งาน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (THB/kW)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (THB/Unit)	ค่าบริการ (THB/month)
	Peak	Partial	Off Peak		
แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	224.30	29.91	0	3.1355	312.24
แรงดัน 22-33 kV	285.05	58.88	0	3.1729	312.24
แรงดันต่ำกว่า 22 kV	332.71	68.22	0	3.2009	312.24

หมายเหตุ Peak เวลา 18.30-21.30 น. ของทุกวัน

Partial เวลา 8.00-18.30 น. ของทุกวัน (ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า คิดเฉพาะส่วนที่เกิน Peak)

Off Peak เวลา 21.30-8.00 น. ของทุกวัน

ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2560)

ระดับแรงดันที่ใช้งาน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (THB/kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (THB/Unit)		ค่าบริการ (THB/month)
		Peak	Off Peak	
แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	74.14	4.1283	2.6107	312.24
แรงดัน 22-33 kV	132.93	4.2097	2.6295	312.24
แรงดันต่ำกว่า 22 kV	210.00	4.3555	2.6627	312.24

หมายเหตุ Peak เวลา 9.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

Off Peak เวลา 22.00-9.00 น. วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 0.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

2.5 การวิเคราะห์การเงินของโครงการ (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. 2538; กมลชนก แข็งมาก และสมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2559)

การวิเคราะห์การเงินของโครงการ คือ การประเมินภาพรวมทั้งหมดของโครงการเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการลงทุนโครงการ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ได้แก่ เกณฑ์ที่ไม่คำนึงถึงค่าของเงินกับเวลา โดยกำหนดให้ค่าเงินคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา คือ ระยะเวลาคืนทุน และเกณฑ์ที่คำนึงถึงค่าของเงินกับเวลา คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน

2.5.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.1) และมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลา

$$PB = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2.1)$$

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการมีค่าน้อย หมายความว่ามีการลงทุนเร็วและความเสี่ยงต่ำ แต่ถ้ามีค่ามาก จะหมายความว่ามีการลงทุนช้าและความเสี่ยงสูง

2.5.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนในแต่ละปีของโครงการ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.2)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2.2)$$

โดย

B_t	=	มูลค่าผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t
C_t	=	มูลค่าต้นทุนของโครงการในปีที่ t
t	=	ระยะเวลาโครงการลงทุน ($t = 0, 1, 2, 3, \dots, n$)
n	=	อายุของโครงการลงทุน
r	=	อัตราคิดลด

มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าศูนย์ หมายความว่าโครงการคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ หมายความว่าโครงการไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

2.5.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน หรืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.3)

$$NPV = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} \quad (2.3)$$

โดย	B_t	=	มูลค่าผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t
	C_t	=	มูลค่าต้นทุนของโครงการในปีที่ t
	t	=	ระยะเวลาโครงการลงทุน ($t = 0, 1, 2, 3, \dots, n$)
	n	=	อายุของโครงการลงทุน
	IRR	=	อัตราคิดลดที่ทำให้ $NPV = 0$

อัตราผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่าอัตราเงินเฟ้อ หมายความว่าโครงการให้ผลตอบแทนหรือสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับองค์กร แต่ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าอัตราเงินเฟ้อ จะหมายความว่าโครงการไม่ทำกำไรหรือสร้างมูลค่าให้กับองค์กร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

โครงการสหกิจศึกษาเรื่องการศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการดำเนินงานโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณโรงชำแหละของบริษัทชั้นฟู้ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี และมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 การสืบค้นและศึกษาข้อมูล

สืบค้นและศึกษาข้อมูลระบบผลิตแก๊สชีวภาพและระบบผลิตไฟฟ้าจากเอกสาร (Document) การปฏิบัติงาน (On-site) และสัมภาษณ์จากพนักงานผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง (Interviews) เกี่ยวกับปริมาณวัตถุดิบ กระบวนการผลิต เทคโนโลยี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า รวมถึงพลังงานไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด

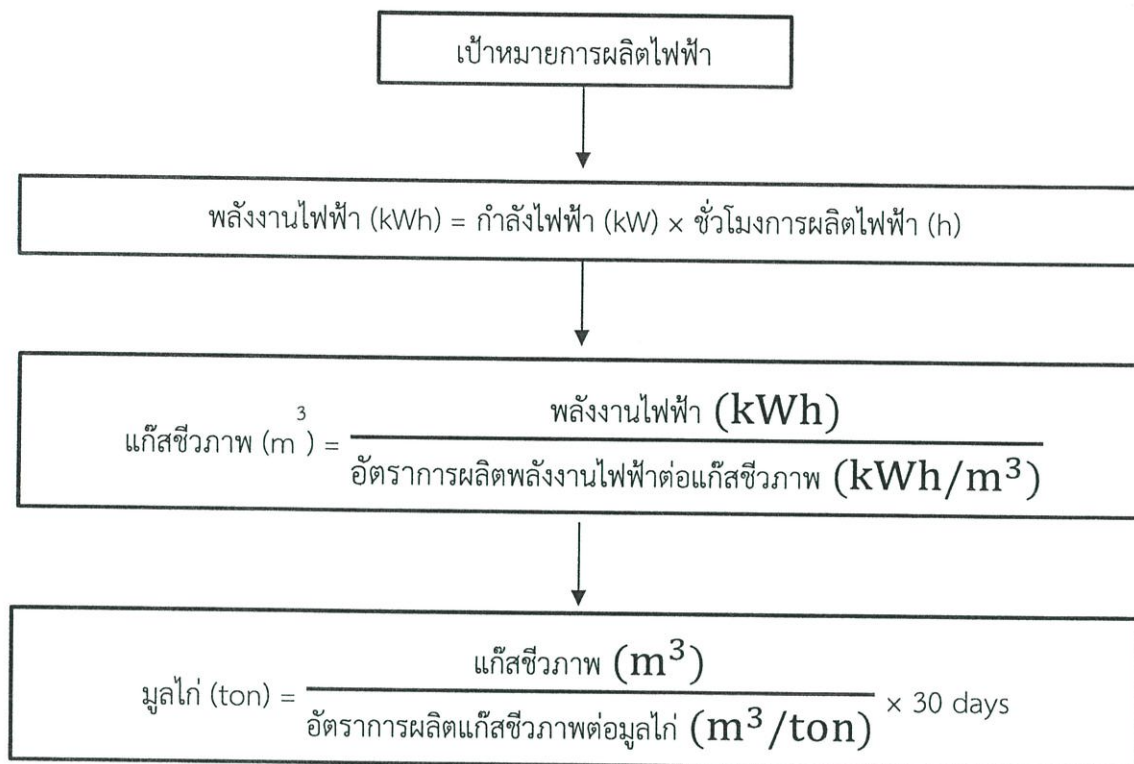
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้า

ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า ได้แก่ แหล่งที่มาและปริมาณมูลไก่ ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแก๊สชีวภาพ โดยมีตัวชี้วัดด้านศักยภาพของการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณแก๊สชีวภาพต่อมูลไก่ (m^3/ton) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m^3) และปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อมูลไก่ (kWh/ton)

3.2.2 การผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด

บริษัท ชั้นฟู้ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า 1.5 MW ด้วยแก๊สชีวภาพที่ได้จากมูลไก่ เพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในโรงชำแหละของบริษัท โดยมีเป้าหมายที่ 1 และ 2 คือ ผลิตเป็นเวลา 13 ชั่วโมง (9.00-22.00 น.) และ 24 ชั่วโมง ของทุกวันทำการ ตามลำดับ ซึ่งทางบริษัทต้องการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่ 2 เนื่องจากโรงชำแหละดำเนินการกระบวนการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ปริมาณมูลไก่ที่ต้องใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนดแสดงวิธีคำนวณดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การคำนวณปริมาณมูลโค้กที่ต้องใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด

3.2.3 การวิเคราะห์การเงินของโครงการ

โครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพส่วนใหญ่จะใช้เวลาดำเนินการ 15 ปี (ปริพัฒน์ จึงชัยชนะและสุภาวัฒน์ วิวรรณภักทรกิจ. 2555) จึงใช้เกณฑ์มูลค่าของเงินตามเวลา ตัวชี้วัดที่ใช้ในโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลโค้ก ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน อย่างไรก็ตามสำหรับตัวชี้วัดระยะเวลาคืนทุนจะไม่พิจารณาถึงมูลค่าของเงินตามเวลา

บทที่ 4

ผลการดำเนินการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ รวมถึงการวิเคราะห์การเงินของโครงการ ซึ่งดำเนินการภายใต้ความอนุเคราะห์จากแผนกวิศวกรรมพลังงาน หน่วยงานวิศวกรรม บริษัท ชันฟู้ด อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด ได้แก่

4.1 โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ

โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพของโรงฆ่าห่านของบริษัท ชันฟู้ด อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด ตั้งอยู่ที่ อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี ประกอบด้วยระบบการผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ และระบบผลิตไฟฟ้า

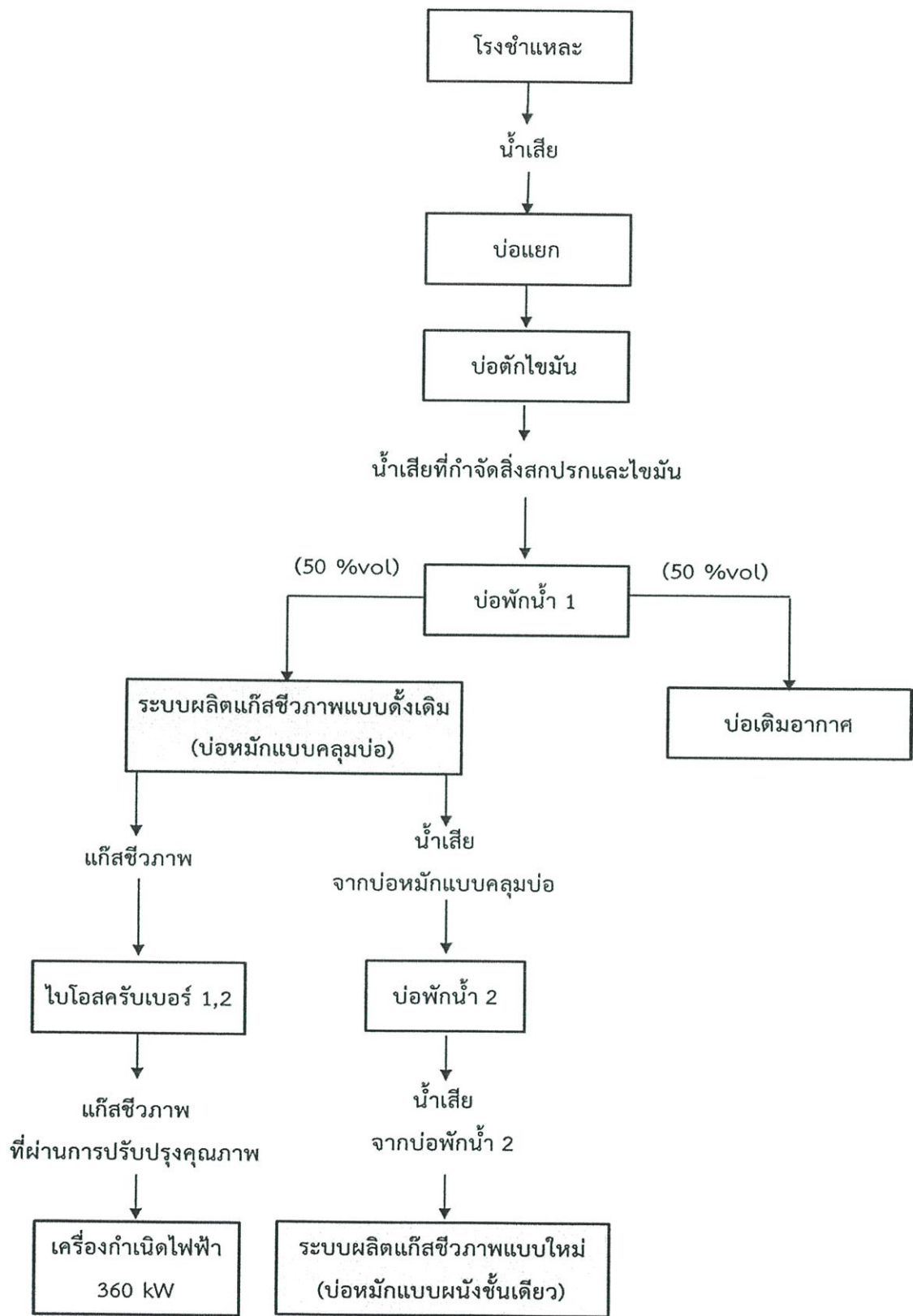
4.1.1 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิม

ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิมเป็นระบบขนาดเล็กที่ใช้บ่อหมักแบบคลุมบ่อ (Anaerobic Covered Lagoon) (รูปที่ 4.1) บ่อมีความลึก 3-5 เมตร และใช้แผ่นพลาสติกคลุมบ่อชนิด High-density Polyethylene (HDPE) และมีปริมาตรกักเก็บแก๊สชีวภาพสูงสุด $1,300 \text{ m}^3$

รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิมโดยใช้วัตถุดิบ คือ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตในโรงฆ่าห่านจะถูกกำจัดสิ่งสกปรก เช่น ขนไก่และเศษเครื่องใน โดยใช้เครื่องยนต์โรตารีที่บ่อแยก และถูกกำจัดไขมันด้วยแรงงานคนที่บ่อดักไขมัน จากนั้นจะพักน้ำเสียที่บ่อพักน้ำ 1 แล้วจะถูกส่งไปบ่อหมักแบบคลุมบ่อ (50%vol) เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ และบ่อเติมอากาศ (50%vol) เพื่อบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ แก๊สชีวภาพที่ผลิตจากบ่อหมักแบบคลุมบ่อจะถูกส่งไปปรับปรุงคุณภาพ เช่น กำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ไบโอสครับเบอร์ 1 และ 2 และผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 360 kW



รูปที่ 4.1 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิม (บ่อหมักแบบคลุมบ่อ)



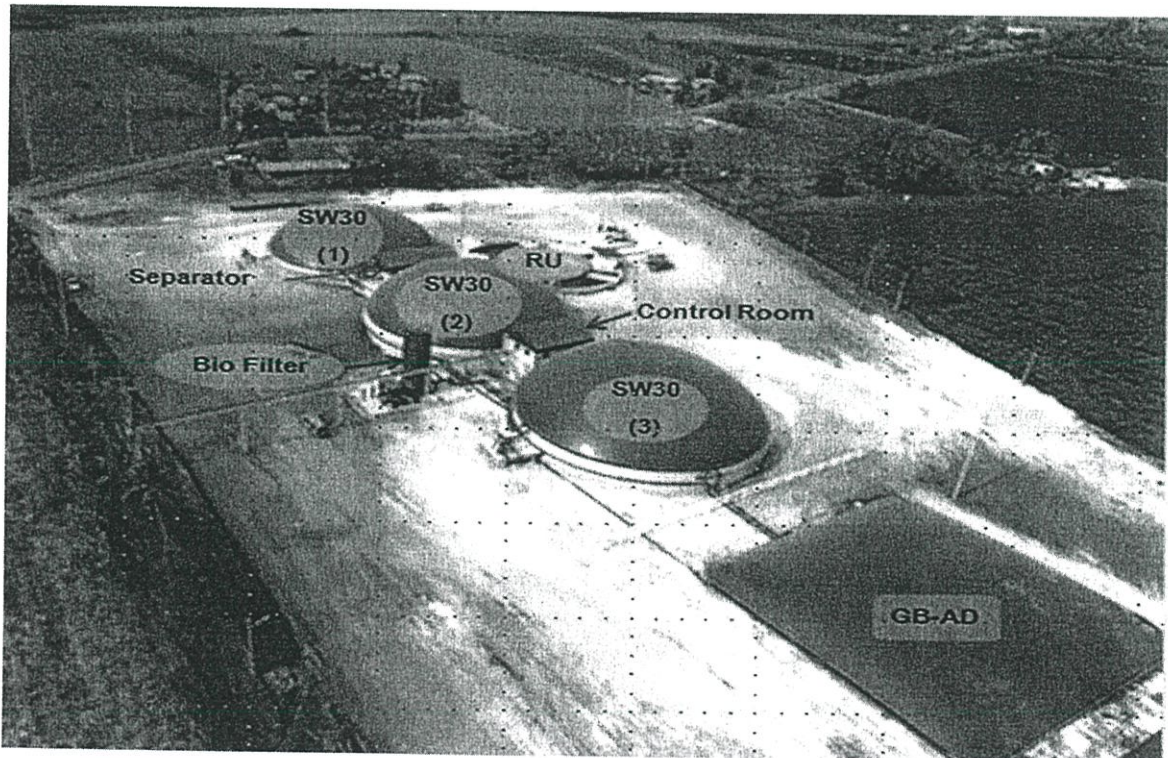
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบดั้งเดิม

4.1.2 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่

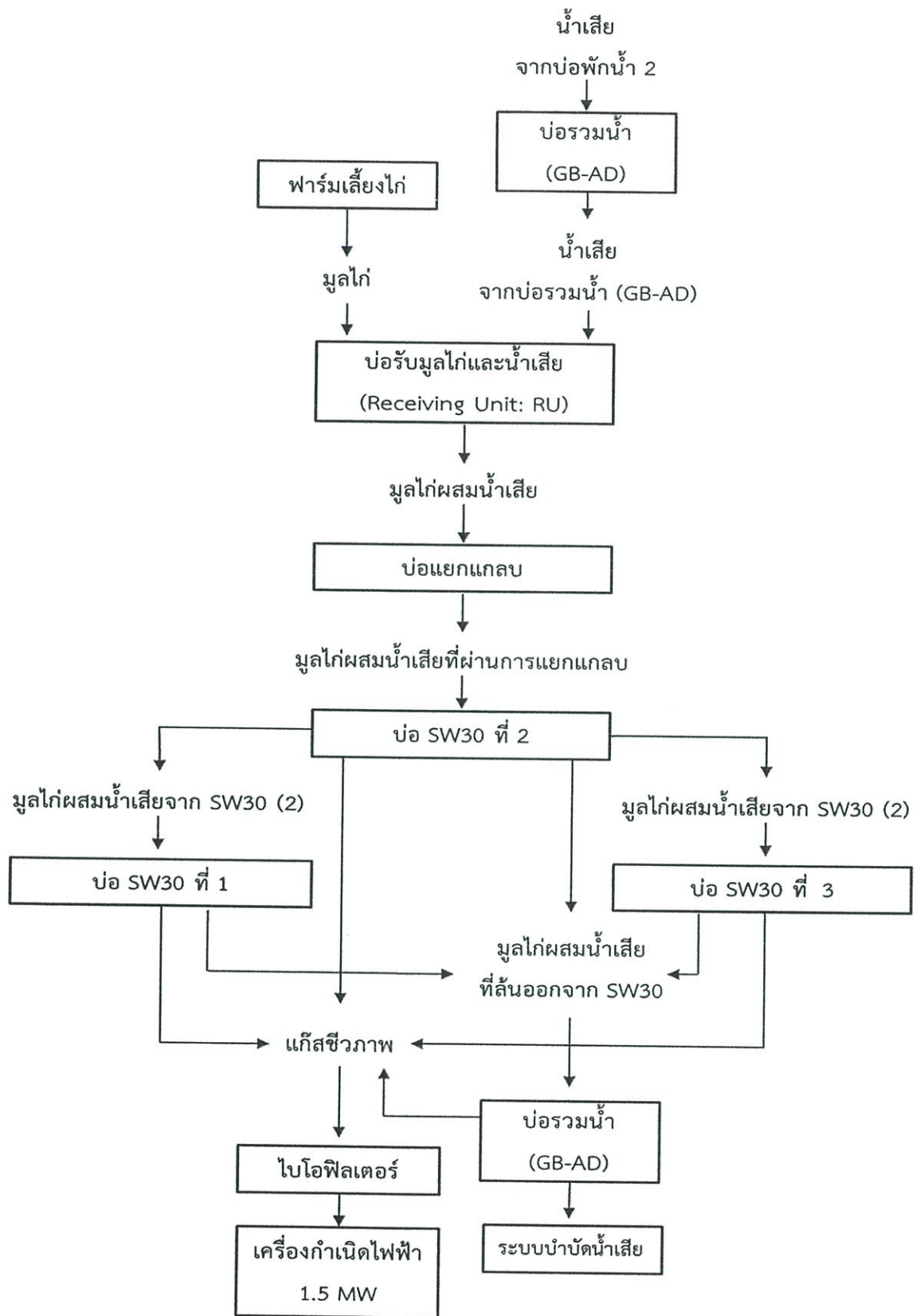
ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่เป็นระบบขนาดใหญ่ที่ใช้บ่อหมักแบบผนังชั้นเดียว (Single Wall 30: SW30) (รูปที่ 4.3) จำนวน 3 บ่อ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เมตร ใช้หลักการกวนผสมแบบสมบูรณ์ (Completely Stirred Tank Reactor: CSTR) และใช้แผ่นพลาสติกคลุมบ่อชนิด Reinforced PVC แบบ 2 ชั้น ที่มีการเติมสารป้องกันรังสียูวีและเสริมเส้นใยพิเศษเพื่อเพิ่มความทนทานต่อแสงแดด ด้านบนมีเชือกรัดเป็นระยะเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนแรงลม และมีปริมาตรกักเก็บแก๊สชีวภาพสูงสุด $16,800 \text{ m}^3$

รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่โดยใช้วัตถุดิบ คือ มูลไก่จากฟาร์มเลี้ยงไก่ มูลไก่จะถูกส่งไปผสมกับน้ำเสียจากบ่อรวมน้ำ (GB-AD) ที่บ่อรับมูลไก่และน้ำเสีย (Receiving Unit: RU) และถูกแยกแกลบที่บ่อแยกแกลบ จากนั้นมูลไก่ผสมน้ำเสียที่กำจัดแกลบแล้วจะถูกส่งไปบ่อหมัก SW30 ที่ 2 และถูกส่งต่อไปที่บ่อหมัก SW30 ที่ 1 และ 3 ตามลำดับ มูลไก่ผสมน้ำเสียจะไหลเข้าบ่อหมัก SW30 ครบทุกบ่ออย่างต่อเนื่อง มูลไก่ผสมน้ำเสียที่ล้นออกจะไหลกลับไปบ่อรวมน้ำและส่งต่อไปที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากบ่อหมัก SW30 3 บ่อ และบ่อรวมน้ำ จะถูกส่งไปปรับปรุงคุณภาพด้วยไบโอฟิลเตอร์เพื่อกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สชีวภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วจะถูกส่งไปผลิตไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 1.5 MW



รูปที่ 4.3 ระบบผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่ (บ่อหมักแบบผนังชั้นเดียว)



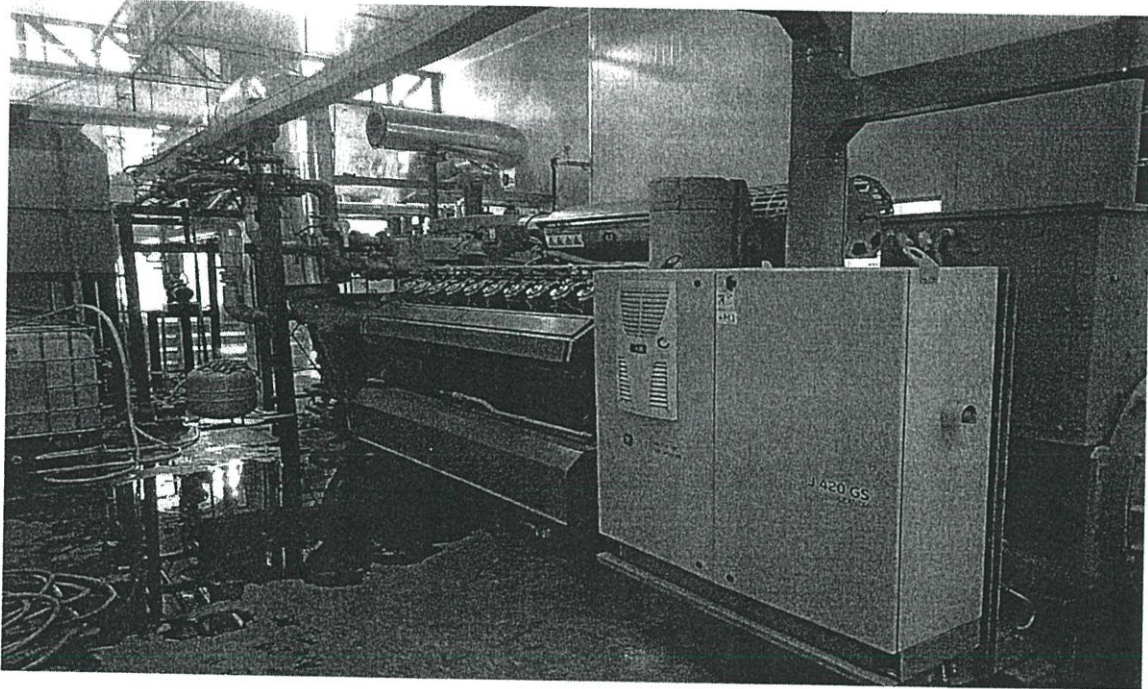
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่

4.1.3 ระบบผลิตไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพของบริษัท ชันฟู้ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมจากแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของเครื่องยนต์สันดาปภายในและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา

เครื่องยนต์สันดาปภายใน	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส
ยี่ห้อ: GE Jenbacher Gas Engine	ยี่ห้อ: Leroy Somer Generator
รุ่น: J420GS-B125 / 20 ลูกสูบ	กำลังผลิตไฟฟ้า: 1.5 MW
ประเภทเชื้อเพลิง: แก๊สชีวภาพ	แรงดันไฟฟ้า: 400 V



รูปที่ 4.5 ระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW

4.2 ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้า

ข้อมูลการปฏิบัติงานการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ ประกอบด้วย แหล่งที่มาและปริมาณมูลไก่ที่ใช้ผลิตแก๊สชีวภาพ ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแก๊สชีวภาพ (รายละเอียดเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ก) การเก็บข้อมูลดังกล่าวดำเนินการตามจำนวนครั้งของการลงมูลไก่ 2 ครั้ง ได้แก่ การลงมูลไก่จากฟาร์มชัยกระดาน จังหวัดลพบุรี จำนวน 1 ครั้ง ในเดือนสิงหาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2560 โดยใช้เวลาการผลิตแก๊สชีวภาพประมาณ 29 วัน และการลงมูลไก่จากฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก จำนวน 1 ครั้ง ในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 โดยใช้เวลาการผลิตแก๊สชีวภาพประมาณ 43 วัน (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการปฏิบัติงานการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แห่ง

แหล่งของมูลไก่	มูลไก่ (ton)	แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ (m ³)		พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)
		ระบบใหม่	ระบบดั้งเดิม	
ฟาร์มซับกระดาน	290.00	38,904.96	6,132.04	94,500
ฟาร์มบ้านนา	502.11	64,234.99	8,667.20	152,100

หมายเหตุ เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบแบบดั้งเดิมชำรุด จึงนำแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบแบบดั้งเดิม (น้ำเสีย) ผสมกับแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากระบบแบบใหม่ (มูลไก่) เพื่อผลิตไฟฟ้า

การศึกษาศักยภาพของการผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าจะพิจารณาจากตัวชี้วัด ได้แก่ ปริมาณแก๊สชีวภาพต่อมูลไก่ (m³/ton) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m³) และปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อมูลไก่ (kWh/ton) และพบว่าศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพซึ่งใช้มูลไก่ 2 แห่ง ได้แก่ ฟาร์มซับกระดาน จังหวัดลพบุรี และฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนี้ ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้ต่อมูลไก่ พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อแก๊สชีวภาพ และพลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อมูลไก่ เท่ากับ 134.16 และ 127.93 m³/ton, 2.10 และ 2.09 kWh/m³, และ 281.49 และ 266.91 kWh/ton ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าที่ได้จริงของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อแก๊สชีวภาพสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ของระบบ คาดว่าเป็นผลมาจากแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ของระบบอาจมีแก๊สมีเทนสูงกว่า 60%vol

ตารางที่ 4.3 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แห่ง

รายการ	ค่าที่ ออกแบบ	ค่าที่ได้จริง	
		ฟาร์มซับกระดาน	ฟาร์มบ้านนา
ระยะเวลาเริ่มเกิดแก๊สชีวภาพหลังลงมูลไก่ (day)	-	D6	D7
ระยะเวลาการผลิตแก๊สชีวภาพ (day)	-	29	43
ระยะเวลาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (hour)	-	113.2	160.0
แก๊สชีวภาพที่ได้ต่อมูลไก่ (m ³ /ton)	160.00	134.16	127.93
พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m ³)	2.00*	2.10	2.09
พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อมูลไก่ (kWh/ton)	320.00	281.49	266.91

หมายเหตุ D หมายถึง วันที่เริ่มเกิดแก๊สชีวภาพ

* หมายถึง ค่าที่ออกแบบซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้แก๊สชีวภาพที่มีแก๊สมีเทนเป็นองค์ประกอบ 60%vol

4.3 การผลิตแก๊สชีวภาพและการผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด

บริษัท ชันฟู้ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพที่ได้จากมูลไก่ เพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในโรงฆ่าและของบริษัท ดังนี้

เป้าหมายที่ 1 การผลิตไฟฟ้า 1.5 MW เป็นเวลา 13 ชั่วโมง (9.00-22.00 น.) ของทุกวันทำการ

เป้าหมายที่ 2 การผลิตไฟฟ้า 1.5 MW เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ของทุกวันทำการ

ปริมาณแก๊สชีวภาพและมูลไก่ที่ต้องใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนดระบุในตารางที่ 4.4 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณปริมาณมูลไก่ที่ต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่กำหนด

รายการ	ฟาร์มชั้กระดาน		ฟาร์มบ้านนา	
	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2
พลังงานไฟฟ้า (kWh/month)	585,000	1,080,000	585,000	1,080,000
แก๊สชีวภาพ (m ³ /month)	278,571.6	514,285.8	279,904.5	516,746.7
มูลไก่ (ton/month)	2,100	3,840	2,190	4,050

4.4 การวิเคราะห์การเงินของโครงการ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ ได้แก่ ต้นทุนและผลตอบแทนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ

4.4.1 ต้นทุนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ

ต้นทุนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ ได้แก่ ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพซึ่งประกอบด้วยระบบการผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่และระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ตารางที่ 4.5) และต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ

รายการ	ราคา (THB)
ค่าก่อสร้าง อาคาร และฐานราก	40,200,591
ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรของระบบผลิตแก๊สชีวภาพและระบบปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ	54,953,189
ค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	25,753,327
ค่าติดตั้งและทดสอบการเดินระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ	3,056,224
รวมทั้งสิ้น	123,963,331

ต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่กำหนด (ตารางที่ 4.6) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) และต้นทุนผันแปร (Variable Costs) ต้นทุนคงที่ที่จะเกี่ยวกับระบบผลิตแก๊สชีวภาพเป็นหลัก ได้แก่ ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพซึ่งประมาณค่าเท่ากับ 4% จากมูลค่า

อุปกรณ์และเครื่องจักรของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตแก๊สชีวภาพอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง และคนงานจำนวน 7 คน ที่สลับรอบการทำงานเพื่อเดินระบบผลิตแก๊สชีวภาพตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่ามูลไก่ซึ่งประกอบด้วยค่าซื้อมูลไก่ 110 THB/ton และค่าขนส่งมูลไก่ 310 และ 550 THB/ton ของฟาร์มชั้นกระดานและฟาร์มบ้านนาตามลำดับ และค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งคิดจากชั่วโมงเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งนี้พบว่าค่าขนส่งมูลไก่เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่กำหนด

รายการ	ฟาร์มชั้นกระดาน		ฟาร์มบ้านนา	
	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2
ปริมาณมูลไก่ (ton/month)	2,100	3,840	2,190	4,050
ค่ามูลไก่ (THB/month)				
- ค่าซื้อมูลไก่	231,000	422,400	240,900	445,500
- ค่าขนส่งมูลไก่	651,000	1,190,400	1,204,500	2,227,500
ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตแก๊สชีวภาพ* (THB/month)	300,000	300,000	300,000	300,000
ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ* (THB/month)	183,178	183,178	183,178	183,178
ค่าจ้างคนงาน 7 คน* (THB/month)	98,000	98,000	98,000	98,000
ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตไฟฟ้า (THB/month)	136,500	252,000	136,500	252,000
รวมต้นทุน (THB/month)	1,599,678	2,445,978	2,163,078	3,506,178
รวมต้นทุน (THB/year)	19,196,136	29,351,736	25,956,936	42,074,136

หมายเหตุ * หมายถึง ต้นทุนคงที่ในการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ

การคำนวณระยะเวลาคิดที่ 1 เดือน มี 30 วัน และ 1 ปี มี 12 เดือน

4.4.2 ผลตอบแทนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ

ผลตอบแทนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ คือ กำไรที่ได้จากการลดค่าไฟฟ้าของโรงฆ่าและของบริษัท หรือหมายถึงรายได้จากการผลิตไฟฟ้าในโรงฆ่าและลบด้วยต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้า ซึ่งไฟฟ้าได้มาจากโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลไก่ การคำนวณค่าไฟฟ้าจะอ้างอิงจากอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU) และแบ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้ามาก (Peak) คือ เวลา 9.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ และช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) คือ เวลา 22.00-9.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ และ เวลา 0.00-24.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ

(ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย) ดังตารางที่ 2.5 ในบทที่ 2 โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off Peak หน่วยละ 4.2097 บาท และ 2.6295 บาท ตามลำดับ สำหรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ในช่วง Peak ที่ต้องจ่ายให้การไฟฟ้าเท่ากับ 132.93 บาท/กิโลวัตต์

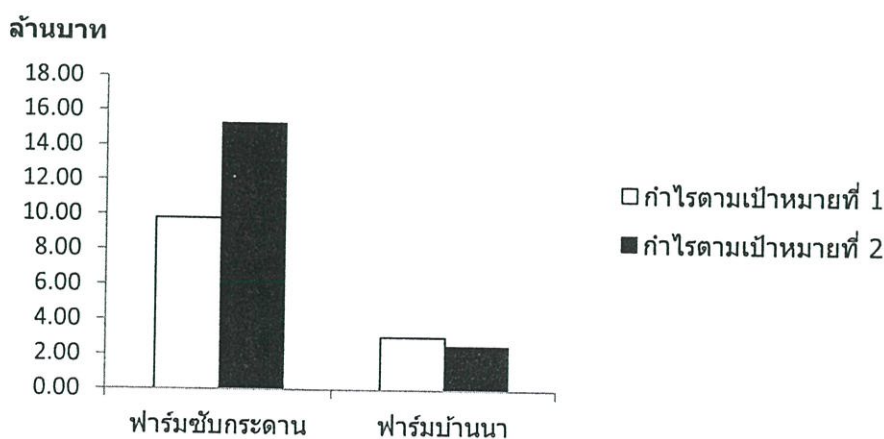
การคำนวณรายได้จากการผลิตไฟฟ้าหรือรายได้จากการลดค่าไฟฟ้าในโรงชำแหละตามเป้าหมายที่กำหนด (ตารางที่ 4.7) และการคำนวณกำไรจากการผลิตไฟฟ้าหรือกำไรที่ได้จากการลดค่าไฟฟ้าของโรงชำแหละของบริษัท (ตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 4.6) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณรายได้จากการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด

รายการ	รายได้ (THB/year)	
	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2
Peak (เวลา 9.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์)	21,671,535.60	21,671,535.60
Off Peak (เวลา 22.00-9.00 น. วันจันทร์-ศุกร์)	-	11,454,102.00
Off Peak (เวลา 0.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย))	4,922,424.00	9,087,552.00
ความต้องการพลังไฟฟ้า	2,392,740.00	2,392,740.00
รวม	28,986,699.6	44,605,929.6

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณกำไรจากการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด

รายการ	ฟาร์มชันกระดาน		ฟาร์มบ้านนา	
	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2
ต้นทุน (THB/year)	19,196,136	29,351,736	25,956,936	42,074,136
รายได้ (THB/year)	28,986,699.6	44,605,929.6	28,986,699.6	44,605,929.6
กำไร (THB/year)	9,790,563.6	15,254,193.6	3,029,763.6	2,531,793.6



รูปที่ 4.6 กำไรที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด

การวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ จะพิจารณาจากต้นทุนการก่อสร้าง โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพ (ตารางที่ 4.5) และกำไรจากการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ในช่วงเวลาตามเป้าหมายที่กำหนด (ตารางที่ 4.8) โดยกำหนดอายุโครงการ 15 ปี ตามอายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปริพัฒน์ จิ่งชัย ชนะ และสุภวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ. 2555) และอัตราเงินเฟ้อ 3% ตามค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี (ธนาพล ตันติ สัตยกุล และคณะ. 2560) เพื่อคำนวณตัวชี้วัด ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่า ปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) แสดงดังตารางที่ 4.9 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การเงินของโครงการตามเป้าหมายที่กำหนด

รายการ	ฟาร์มซักระดาน		ฟาร์มบ้านนา	
	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2	เป้าหมายที่ 1	เป้าหมายที่ 2
ระยะเวลาคืนทุน (year)	12.7	8.2	41	49
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (THB)	-7,084,218.28	58,140,242.00	-87,794,209.81	-93,738,943.35
อัตราผลตอบแทนภายใน (%)	2.20%	8.86%	-10.53%	-12.11%

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

โครงการสหกิจศึกษานี้ได้รับการอนุเคราะห์การดำเนินงานจากแผนกวิศวกรรมพลังงาน หน่วยงานวิศวกรรม บริษัท ชันฟู้ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ในการศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มเลี้ยงไก่ของบริษัทและศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ โดยกำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทุกวันทำการ เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของบริษัท และได้ผลสรุปดังนี้

1. ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แหล่ง คือ ฟาร์มชั้บกระดาน จังหวัดลพบุรี และฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่าปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้ต่อมูลไก่พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อแก๊สชีวภาพ และพลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อมูลไก่ เท่ากับ 134.16 และ 127.93 m³/ton, 2.10 และ 2.09 kWh/m³, และ 281.49 และ 266.91 kWh/ton ตามลำดับ

2. ค่าขนส่งมูลไก่ของฟาร์มชั้บกระดานจะต่ำกว่าฟาร์มบ้านนา เพราะฟาร์มชั้บกระดานอยู่ใกล้โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพกว่าฟาร์มบ้านนา และพบว่าค่าขนส่งมูลไก่เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพและการลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของโรงชำแหละตามลำดับ

3. การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มชั้บกระดานจำนวน 46,080 ton/year ตามเป้าหมายที่ 2 คือ การผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ทุกวันทำการ สำหรับใช้ภายในโรงชำแหละ จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าสูงสุด คือ 15,254,193.6 THB/year

4. การวิเคราะห์การเงินของโครงการที่กำหนดอายุโครงการ 15 ปี อัตราเงินเพื่อ 3% และใช้ภาวะปฏิบัติการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพตามข้อ 3. ให้ค่าตัวชี้วัด คือ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 8.2 years, 58,140,242 THB, และ 8.86% ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปัจจุบันโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพยังไม่มีห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแก๊สชีวภาพ จึงควรจัดให้มีห้องปฏิบัติการหรือควรส่งตรวจวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมปริมาณและคุณภาพของแก๊สชีวภาพ

- ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแก๊สชีวภาพ เช่น pH, COD, BOD
- ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแก๊สชีวภาพ เช่น ปริมาณความชื้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

2. ควรศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพจากมูลไก่แหล่งอื่น โดยเฉพาะการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ของไก่ไข่ (Laying Hens Manure) เนื่องจากโครงการนี้ศึกษาเฉพาะมูลไก่จากไก่เนื้อ (Broiler Manure)

3. ควรใช้ความร้อนที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมในการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในโรงฆ่าแหละ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงถ่านหินและช่วยเพิ่มรายได้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ
4. การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าอาจส่งผลต่อการลดปริมาณการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งอาจทำให้ต้องเสียค่าปรับด้านไฟฟ้า ดังนั้นจึงควรเพิ่มค่าปรับเป็นต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ

บรรณานุกรม

- กมลชนก แข็งมาก และสมศักดิ์ เปรียบพร้อม. 2559. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุน
ทางการเงินของการลงทุนปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์
จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ARE Working Paper No. 2559/2 (พฤศจิกายน 2559). ภาควิชา
เศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2556. คู่มือไบโอแก๊ส เซพตี้. [Online].
Available: http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Biogas%20Safety_Handbook.pdf
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2558. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน
และพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015)
[Online]. Available: http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2559. รายงานพลังงานทดแทนของ
ประเทศไทย (Thailand Alternative Energy Situation). [Online]. Available:
<http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/thailand%20alternative2016.pdf>
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2560. อัตราค่าไฟฟ้า. [Online]. Available: <https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Rate2015Update.pdf>
- ทองคำดี วัฒนา. 2557. Energy from Waste Technology. วารสารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2557/40: 62-66
- ธนาพล ตันติสัตยกุล, พีรพล รัศมีธรรมโชติ และเมธาทพร อยู่สกุล. 2560. การประเมินผลประโยชน์ทาง
พลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา
อาคารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560/6:
1084-1099
- บริษัท ซันฟู้ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด. 2555. บริษัทในเครือซันกรุ๊ป. [Online]. Available:
<http://www.sungroup.co.th/bu-group.php?id=7>
- ประสิทธิ์ ดงยิ่งศิริ. 2538. การวิเคราะห์และประเมินโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ
- ปรีพัฒน์ จิงชัยชนะ และสุภาวัฒน์ วิวรรณภัทรกิจ. 2555. การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วย Biogas
จากขยะกรณีศึกษา ตลาดไท. วารสารวิจัยพลังงาน, 2555/1: 73-83
- สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2553. คู่มือการ
ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพและการใช้แก๊สชีวภาพ สำหรับ
โรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ

โรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพตั้งอยู่ที่โรงฆ่าและของ บริษัท ชันฟู้ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า 1.5 MW เพื่อใช้ภายในโรงฆ่าและ ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แห่ง คือ ฟาร์มชั้บกระดาน จังหวัดลพบุรี และฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก แสดงดังตารางที่ ก.1 และ ตารางที่ ก.2 ตามลำดับ

ตารางที่ ก.1 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มชั้บกระดาน จังหวัดลพบุรี

วันที่	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW)	ระยะเวลาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (h)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	แก๊สชีวภาพที่ใช้ผลิตไฟฟ้า (m ³ /day)	อัตราการผลิตไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m ³)	อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (C)
1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	750.00	7.00	5,100.00	2,200.00	2.32	580.00
3	1,000.00	7.00	6,400.00	2,620.00	2.44	558.00
4	1,000.00	5.00	4,400.00	1,761.00	2.50	538.00
5	1,000.00	9.00	9,800.00	4,710.00	2.08	537.00
6	1,250.00	8.00	8,500.00	3,748.00	2.27	533.00
7	750.00	6.00	4,900.00	2,492.00	1.97	557.00
8	750.00	4.00	2,900.00	1,305.00	2.22	571.00
9	750.00	0.20	100.00	45.00	2.22	561.00
10	1,000.00	7.00	6,100.00	2,730.00	2.23	572.00
11	1,000.00	6.00	5,800.00	2,892.00	2.01	589.00
12	1,000.00	3.00	2,200.00	942.00	2.34	594.00
13	750.00	8.00	6,300.00	3,058.00	2.06	579.00
14	750.00	11.00	8,400.00	4,197.00	2.00	576.00
15	750.00	9.00	6,200.00	3,294.00	1.88	564.00
16	NA	NA	NA	NA	NA	NA
17	750.00	4.00	3,400.00	1,500.00	2.27	513.00
18	750.00	3.00	1,800.00	993.00	1.81	525.00
19	750.00	4.00	3,700.00	1,976.00	1.87	509.00
20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21	750.00	9.00	6,700.00	3,506.00	1.91	536.00
22	750.00	1.00	200.00	113.00	1.77	509.00
23	NA	NA	NA	NA	NA	NA
24	NA	NA	NA	NA	NA	NA
25	750.00	2.00	1,600.00	955.00	1.68	514.00

หมายเหตุ NA คือ ไม่มีการผลิตไฟฟ้าในวันดังกล่าว

ตารางที่ ก.2 การผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่จากฟาร์มบ้านนา จังหวัดนครนายก

วันที่	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW)	ระยะเวลาการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (h)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	แก๊สชีวภาพที่ใช้ผลิตไฟฟ้า (m ³ /day)	อัตราการผลิตไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m ³)	อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (°C)
1	900.00	9.00	7,000.00	3,408.00	2.05	543.00
2	900.00	3.00	3,000.00	1,570.00	1.91	523.00
3	1,500.00	13.00	14,200.00	6,315.00	2.25	547.00
4	1,500.00	12.00	11,700.00	5,437.00	2.15	540.00
5	1,000.00	3.00	2,000.00	985.00	2.03	576.00
6	750.00	1.00	700.00	500.19	1.40	541.00
7	750.00	2.00	1,300.00	700.00	1.86	541.00
8	750.00	3.00	3,400.00	1,907.00	1.78	539.00
9	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10	1,000.00	2.00	900.00	1,084.00	0.83	559.00
11	1,500.00	6.00	6,600.00	3,119.00	2.12	557.00
12	1,500.00	9.00	10,500.00	4,881.00	2.15	573.00
13	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15	1,500.00	5.00	5,200.00	2,291.00	2.27	579.00
16	1,000.00	8.00	8,200.00	3,792.00	2.16	570.00
17	NA	NA	NA	NA	NA	NA
18	1,500.00	6.00	8,200.00	3,838.00	2.14	538.00
19	1,000.00	13.00	13,900.00	6,690.00	2.08	515.00
20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21	NA	NA	NA	NA	NA	NA
22	1,000.00	11.00	10,300.00	4,646.00	2.22	557.00
23	1,000.00	10.00	10,600.00	4,910.00	2.16	541.00
24	750.00	3.00	2,200.00	1,164.00	1.89	518.00
25	750.00	6.00	4,500.00	2,159.00	2.08	542.00
26	1,000.00	5.00	4,400.00	2,110.00	2.09	537.00
27	NA	NA	NA	NA	NA	NA
28	NA	NA	NA	NA	NA	NA
29	NA	NA	NA	NA	NA	NA
30	750.00	6.00	4,400.00	2,102.00	2.09	559.00
31	750.00	10.00	8,200.00	3,920.00	2.09	556.00
32	750.00	5.00	3,600.00	1,858.00	1.94	511.00
33	750.00	4.00	2,800.00	1,386.00	2.02	550.00
34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
35	NA	NA	NA	NA	NA	NA
36	750.00	3.00	2,900.00	1,359.00	2.13	551.00
37	750.00	2.00	1,400.00	771.00	1.82	559.00

หมายเหตุ NA คือ ไม่มีการผลิตไฟฟ้าในวันดังกล่าว

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณมูลไก่จากฟาร์มขั้บกระดาน จังหวัดลพบุรี สำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด

บริษัท ชันฟู้ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพที่ได้จากมูลไก่สำหรับใช้ภายในโรงชำแหละเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้า ดังนี้

เป้าหมายที่ 1 การผลิตไฟฟ้า 1.5 MW เป็นเวลา 13 ชั่วโมง (9.00-22.00 น.) ของทุกวันทำการ

เป้าหมายที่ 2 การผลิตไฟฟ้า 1.5 MW เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ของทุกวันทำการ

การคำนวณปริมาณมูลไก่ที่ต้องใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าตามเป้าหมายที่กำหนด (รูปที่ 3.1 ในบทที่ 3) ประกอบด้วยการคำนวณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณแก๊สชีวภาพที่ต้องการในแต่ละวัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

เป้าหมายที่ 1

$$\begin{aligned}\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} &= \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{ชั่วโมงการผลิตไฟฟ้า (h)} \\ &= 1,500 \times 13 \\ &= 19,500 \text{ kWh/day}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แก๊สชีวภาพ (m}^3\text{)} &= \text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} \div \text{อัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m}^3\text{)} \\ &= 19,500 \div 2.10 \\ &= 9,285.8 \text{ m}^3\text{/day}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น มูลไก่ (ton)} &= [\text{แก๊สชีวภาพ (m}^3\text{)} \div \text{อัตราการผลิตแก๊สชีวภาพต่อมูลไก่ (m}^3\text{/ton)}] \times 30 \text{ day} \\ &= (9,285.8 \div 134.16) \times 30 \\ &\sim 2,100 \text{ ton/month}\end{aligned}$$

เป้าหมายที่ 2

$$\begin{aligned}\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} &= \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{ชั่วโมงการผลิตไฟฟ้า (h)} \\ &= 1,500 \times 24 \\ &= 36,000 \text{ kWh/day}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แก๊สชีวภาพ (m}^3\text{)} &= \text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)} \div \text{อัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อแก๊สชีวภาพ (kWh/m}^3\text{)} \\ &= 36,000 \div 2.10 \\ &= 17,142.86 \text{ m}^3\text{/day}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น มูลไก่ (ton)} &= [\text{แก๊สชีวภาพ (m}^3\text{)} \div \text{อัตราการผลิตแก๊สชีวภาพต่อมูลไก่ (m}^3\text{/ton)}] \times 30 \text{ day} \\ &= (17,142.86 \div 134.16) \times 30 \\ &\sim 3,840 \text{ ton/month}\end{aligned}$$

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณกำไรจากการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพ โดยใช้มูลไก่ฟาร์มชันกระดาน จังหวัดลพบุรี ตามเป้าหมายที่กำหนด

การคำนวณกำไรจากการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่ฟาร์มชันกระดาน จังหวัดลพบุรี ตามเป้าหมายที่กำหนด ใช้ข้อมูลต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ (ตารางที่ ค.1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพจากมูลไก่ 2 แห่ง

รายการ	ฟาร์มชันกระดาน	ฟาร์มบ้านนา
ค่ามูลไก่		
- ค่าซื้อมูลไก่ (THB/ton)	110	110
- ค่าขนส่งมูลไก่ (THB/ton)	310	550
ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตแก๊สชีวภาพ (THB/day)	10,000	10,000
ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ (THB/year)	2,198,127.56	2,198,127.56
ค่าจ้างคนงาน 1 คน (THB/month)	14,000	14,000
ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตไฟฟ้า (THB/ชั่วโมงเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	350	350

หมายเหตุ ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ ประมาณค่าเท่ากับ 4% ของมูลค่าอุปกรณ์และเครื่องจักรของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ

เป้าหมายที่ 1

การคำนวณต้นทุน

$$1. \text{ค่ามูลไก่ } (C_1) = \text{ค่าซื้อมูลไก่} + \text{ค่าขนส่งมูลไก่}$$

$$\text{ค่าซื้อมูลไก่} = 110 \times 2,100$$

$$= 231,000 \text{ THB/month}$$

$$\text{ค่าขนส่งมูลไก่} = 310 \times 2,100$$

$$= 651,000 \text{ THB/month}$$

$$2. \text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตแก๊สชีวภาพ } (C_2) = 10,000 \times 30$$

$$= 300,000 \text{ THB/month}$$

$$3. \text{ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ } (C_3) = 2,198,127.56 \div 12$$

$$= 183,178 \text{ THB/month}$$

$$4. \text{ค่าจ้างคนงาน 7 คน } (C_4)$$

$$= 14,000 \times 7$$

$$= 98,000 \text{ THB/month}$$

$$5. \text{ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตไฟฟ้า } (C_5)$$

$$= 350 \times 13 \times 30$$

$$= 136,500 \text{ THB/month}$$

$$\begin{aligned}
\text{การคำนวณต้นทุนทั้งหมด (C}_t\text{)} &= C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \\
&= (231,000 + 651,000) + 300,000 + 183,178 + 98,000 + 136,500 \\
&= 1,599,678 \text{ THB/month} \\
&= 1,599,678 \times 12 \\
&= 19,196,136 \text{ THB/year}
\end{aligned}$$

การคำนวณรายได้

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (B, THB/month) = กำลังไฟฟ้า (P, kW) × ชั่วโมงการผลิตไฟฟ้า (H, h)

1. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Peak เวลา 9.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ (22 วัน) คิดที่ 4.2097 THB/kWh

$$\begin{aligned}
B_1 &= 4.2097 \times P \times h \times 22 \\
&= 4.2097 \times 1,500 \times 13 \times 22 \\
&= 1,805,961.3 \text{ THB/month}
\end{aligned}$$

2. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Off Peak เวลา 22.00-9.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ (22 วัน) คิดที่ อัตรา 2.6295 THB/kWh

$$\begin{aligned}
B_2 &= 2.6295 \times P \times h \times 22 \\
&= 2.6295 \times 1,500 \times 0 \times 22 \\
&= 0 \text{ THB/month}
\end{aligned}$$

3. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Off Peak เวลา 0.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ วันหยุดราชการ ตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย) (8 วัน) คิดที่ อัตรา 2.6295 THB/kWh

$$\begin{aligned}
B_3 &= 2.6295 \times P \times h \times 8 \\
&= 2.6295 \times 1,500 \times 13 \times 8 \\
&= 410,202 \text{ THB/month}
\end{aligned}$$

4. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ คิดที่ 132.93 THB/kWh

$$\begin{aligned}
B_4 &= 132.93 \times P \\
&= 132.93 \times 1,500 \\
&= 199,395 \text{ THB/month}
\end{aligned}$$

การคำนวณรายได้ทั้งหมด (B_t) = B₁ + B₂ + B₃ + B₄

$$\begin{aligned}
&= 1,805,961.3 + 0 + 410,202 + 199,395 \\
&= 2,415,558.3 \text{ THB/month} \\
&= 2,415,558.3 \times 12 \\
&= 28,986,699.6 \text{ THB/year}
\end{aligned}$$

การคำนวณกำไร

$$\begin{aligned}
\text{กำไร} &= \text{รายได้} - \text{ต้นทุน} \\
&= 28,986,699.6 - 19,196,136 \\
&= 9,790,563.6 \text{ THB/year}
\end{aligned}$$

เป้าหมายที่ 2

การคำนวณต้นทุน

1. ค่ามูลไก่ (C_1) = ค่าซื้อมูลไก่ + ค่าขนส่งมูลไก่

$$\begin{aligned}\text{ค่าซื้อมูลไก่} &= 110 \times 3,840 \\ &= 422,400 \text{ THB/month}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าขนส่งมูลไก่} &= 310 \times 3,840 \\ &= 1,190,400 \text{ THB/month}\end{aligned}$$

2. ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบผลิตแก๊สชีวภาพ (C_2) = $10,000 \times 30$
= 300,000 THB/month

3. ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตแก๊สชีวภาพ (C_3) = $2,198,127.56 \div 12$
= 183,178 THB/month

4. ค่าจ้างคนงาน 7 คน (C_4) = $14,000 \times 7$
= 98,000 THB/month

5. ค่าซ่อมบำรุงระบบผลิตไฟฟ้า (C_5) = $350 \times 24 \times 30$
= 252,000 THB/month

การคำนวณต้นทุนทั้งหมด (C_t) = $C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$
= $(422,400 + 1,190,400) + 300,000 + 183,178 + 98,000 + 252,000$
= 2,445,978 THB/month
= $1,599,678 \times 12$
= 29,351,736 THB/year

การคำนวณรายได้

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (B , THB/month) = กำลังไฟฟ้า (P , kW) \times ชั่วโมงการผลิตไฟฟ้า (H , h)

1. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Peak เวลา 9.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ (22 วัน) คิดที่ 4.2097 THB/kWh

$$\begin{aligned}B_1 &= 4.2097 \times P \times h \times 22 \\ &= 4.2097 \times 1,500 \times 13 \times 22 \\ &= 1,805,961.3 \text{ THB/month}\end{aligned}$$

2. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Off Peak เวลา 22.00-9.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์ (22 วัน) คิดที่ 2.6295 THB/kWh

$$\begin{aligned}B_2 &= 2.6295 \times P \times h \times 22 \\ &= 2.6295 \times 1,500 \times 11 \times 22 \\ &= 954,508.5 \text{ THB/month}\end{aligned}$$

3. ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ช่วง Off Peak เวลา 0.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ วันหยุดราชการ ตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย) (8 วัน) คิดที่ 2.6295 THB/kWh

$$\begin{aligned}
 B_3 &= 2.6295 \times P \times h \times 8 \\
 &= 2.6295 \times 1,500 \times 24 \times 8 \\
 &= 757,296 \text{ THB/month}
 \end{aligned}$$

4. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 132.93 THB/kW

$$\begin{aligned}
 B_4 &= 132.93 \times P \\
 &= 132.93 \times 1,500 \\
 &= 199,395 \text{ THB/month}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{การคำนวณรายได้ทั้งหมด (B}_t\text{)} &= B_1 + B_2 + B_3 + B_4 \\
 &= 1,805,961.3 + 954,508.5 + 757,296 + 199,395 \\
 &= 3,717,160.8 \text{ THB/month} \\
 &= 3,717,160.8 \times 12 \\
 &= 44,605,929.6 \text{ THB/year}
 \end{aligned}$$

การคำนวณกำไร

$$\begin{aligned}
 \text{กำไร} &= \text{รายได้} - \text{ต้นทุน} \\
 &= 44,605,929.6 - 29,351,736 \\
 &= 15,254,193.6 \text{ THB/year}
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพ โดยใช้มูลไก่ฟาร์มชั้นกระดาน จังหวัดลพบุรี ตามเป้าหมายที่กำหนด

การวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพกำหนดอายุโครงการ 15 ปี ตามอายุการใช้งานของเครื่องจักร และอัตราเงินเฟ้อ 3% ตามค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ ได้แก่ ต้นทุนและผลตอบแทนในการวิเคราะห์การเงินของโครงการ

การคำนวณตัวชี้วัดทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพโดยใช้มูลไก่ฟาร์มชั้นกระดาน จังหวัดลพบุรี ตามเป้าหมายที่กำหนด ใช้ข้อมูลต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแก๊สชีวภาพซึ่งประกอบด้วยระบบการผลิตแก๊สชีวภาพแบบใหม่และระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน (123,963,331 THB) ต้นทุนการดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพตามเป้าหมายที่ 1 และ 2 (19,196,136 และ 29,351,736 THB/year ตามลำดับ) และรายได้จากการผลิตไฟฟ้า (28,986,699.6 และ 44,605,929.6 THB/year) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะเวลาคืนทุน

เป้าหมายที่ 1

$$\begin{aligned} \text{PB} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \\ &= \frac{123,963,331}{28,986,699.6 - 19,196,136} \\ &= 12.7 \text{ year} \end{aligned}$$

เป้าหมายที่ 2

$$\begin{aligned} \text{PB} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \\ &= \frac{123,963,331}{44,605,929.6 - 29,351,736} \\ &= 8.2 \text{ year} \end{aligned}$$

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

เป้าหมายที่ 1

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

ปีที่ 0 ต้นทุนการก่อสร้าง 123,963,331 THB (C_0)
 รายได้จากการผลิตไฟฟ้า 0 THB/year (B_t)
 กำไรจากการผลิตไฟฟ้า - 123,963,331 THB/year ($B_t - C_t$)

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \frac{-123,963,331}{(1+0.03)^0} \\ &= -123,963,331 \text{ THB} \end{aligned}$$

ปีที่ 1 ต้นทุนในการดำเนินงาน 19,196,136 THB/year (C_t)
 รายได้จากการผลิตไฟฟ้า 28,986,699.6 THB/year (B_t)
 กำไรจากการผลิตไฟฟ้า 9,790,563.6 THB/year ($B_t - C_t$)

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \frac{9,790,563.6}{(1+0.03)^1} \\ &= 9,505,401.55 \text{ THB} \end{aligned}$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าที่ 1 และ 2 จากการใช้มูลไก่อฟาร์มชั้นกระดานแสดงดังตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้า

ปีที่	เป้าหมายที่ 1 (THB)		เป้าหมายที่ 2 (THB)	
	กระแสเงินสดรับเข้าสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	กระแสเงินสดรับเข้าสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
0	-123,963,331	-123,963,331	-123,963,331	-123,963,331
1	9,790,563.6	9,505,401.55	15,254,193.6	14,809,896.70
2	9,790,563.6	9,228,545.20	15,254,193.6	14,378,540.48
3	9,790,563.6	8,959,752.62	15,254,193.6	13,959,748.04
4	9,790,563.6	8,698,788.95	15,254,193.6	13,553,153.44
5	9,790,563.6	8,445,426.17	15,254,193.6	13,158,401.40
6	9,790,563.6	8,199,442.88	15,254,193.6	12,775,146.99
7	9,790,563.6	7,960,624.15	15,254,193.6	12,403,055.33
8	9,790,563.6	7,728,761.31	15,254,193.6	12,041,801.29
9	9,790,563.6	7,503,651.76	15,254,193.6	11,691,069.21
10	9,790,563.6	7,285,098.80	15,254,193.6	11,350,552.63
11	9,790,563.6	7,072,911.45	15,254,193.6	11,019,954.01
12	9,790,563.6	6,866,904.32	15,254,193.6	10,698,984.48
13	9,790,563.6	6,666,897.40	15,254,193.6	10,387,363.57
14	9,790,563.6	6,472,715.92	15,254,193.6	10,084,819.00
15	9,790,563.6	6,284,190.22	15,254,193.6	9,791,086.41
	รวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ	-7,084,218.28	รวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ	58,140,242.00

3. อัตราผลตอบแทนภายใน

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน หรืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์

เป้าหมายที่ 1

การคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในจะสุ่มอัตราคิดลดที่คาดว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ ตารางที่ ง.2 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิจากอัตราคิดลด 2% และ 3%

ตารางที่ ง.2 อัตราผลตอบแทนภายในตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าที่ 1

ปีที่	กระแสเงินสดรับเข้าสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	
		อัตราคิดลด 2%	อัตราคิดลด 3%
0	-123,963,331	-123,963,331	-123,963,331
1	9,790,563.6	9,598,591.76	9,505,401.55
2	9,790,563.6	9,410,384.08	9,228,545.20
3	9,790,563.6	9,225,866.75	8,959,752.62
4	9,790,563.6	9,044,967.40	8,698,788.95
5	9,790,563.6	8,867,615.10	8,445,426.17
6	9,790,563.6	8,693,740.29	8,199,442.88
7	9,790,563.6	8,523,274.80	7,960,624.15
8	9,790,563.6	8,356,151.76	7,728,761.31
9	9,790,563.6	8,192,305.65	7,503,651.76
10	9,790,563.6	8,031,672.20	7,285,098.80
11	9,790,563.6	7,874,188.44	7,072,911.45
12	9,790,563.6	7,719,792.58	6,866,904.32
13	9,790,563.6	7,568,424.10	6,666,897.40
14	9,790,563.6	7,420,023.63	6,472,715.92
15	9,790,563.6	7,274,532.97	6,284,190.22
รวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (THB)		1,838,200.52	-7,084,218.28

$$\text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิต่างกัน} = 1,838,200.52 - (-7,084,218.28)$$

$$= 8,922,418.80 \text{ THB}$$

$$\text{อัตราผลตอบแทนภายใน} = 2 + \frac{1,838,200.52}{8,922,418.80}$$

$$= 2.20\%$$

เป้าหมายที่ 2

การคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในจะสุ่มอัตราคิดลดที่คาดว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ ตารางที่ ง.3 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิจากอัตราคิดลด 8% และ 9%

ตารางที่ ง.3 อัตราผลตอบแทนภายในตามเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าที่ 2

ปีที่	กระแสเงินสดรับเข้าสุทธิ	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	
		อัตราคิดลด 8%	อัตราคิดลด 9%
0	-123,963,331	-123,963,331.00	-123,963,331.00
1	15,254,193.6	14,124,253.33	13,994,673.03
2	15,254,193.6	13,078,012.35	12,839,149.57
3	15,254,193.6	12,109,270.69	11,779,036.30
4	15,254,193.6	11,212,287.68	10,806,455.32
5	15,254,193.6	10,381,747.85	9,914,179.19
6	15,254,193.6	9,612,729.49	9,095,577.24
7	15,254,193.6	8,900,675.45	8,344,566.28
8	15,254,193.6	8,241,366.16	7,655,565.39
9	15,254,193.6	7,630,894.59	7,023,454.49
10	15,254,193.6	7,065,643.14	6,443,536.23
11	15,254,193.6	6,542,262.17	5,911,501.13
12	15,254,193.6	6,057,650.16	5,423,395.53
13	15,254,193.6	5,608,935.33	4,975,592.23
14	15,254,193.6	5,193,458.64	4,564,763.51
15	15,254,193.6	4,808,758.00	4,187,856.43
รวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (THB)		6,604,614.02	-1,004,029.14

$$\text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิต่างกัน} = 6,604,614.02 - (-1,004,029.14)$$

$$= 7,608,643.16 \text{ THB}$$

$$\text{อัตราผลตอบแทนภายใน} = 8 + \frac{6,604,614.02}{7,608,643.16}$$

$$= 8.86\%$$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายกิตติพิชญ์ มนต์ขลัง
วัน เดือน ปีเกิด 11 ตุลาคม 2539
ที่อยู่ 802/288 หมู่ 12 ถ.พหลโยธิน ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12130
E-mail kittipich.monkhlang@gmail.com
โทรศัพท์ 089-793-4655

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2551-2553 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนดอนเมืองทหารอากาศบำรุง
- พ.ศ. 2554-2556 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดอนเมืองทหารอากาศบำรุง
- พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

- นักศึกษาฝึกงาน Ta Hwa University of Science and Technology ประเทศไต้หวัน ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2560
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา ตำแหน่ง วิศวกร แผนกวิศวกรรมพลังงาน หน่วยงานวิศวกรรมบริษัท ชันฟู๊ด อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด ระหว่างวันที่ 7 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน 2560