

ผลของการให้ความร้อนในระบบบ่อหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพ

การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกร

Effect of CMU Channel Digester Internal Heating on Efficiency of Biogas

Production from Swine Farm Waste Water

น้ำเพชร ทับทิมศรี^{1*} และ พฤษ อักกะรังสี¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

*ติดต่อ: Looknam1612@gmail.com, โทรศัพท์ 085-7138738

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของการให้ความร้อนในระบบบ่อหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกร ซึ่งมีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิโดยใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก๊าซชีวภาพที่มีการติดตั้งและไม่มีการติดตั้งระบบในอำเภอบางกอก จ. ราชบุรี ผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัยสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในบ่อหมักได้ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส และควบคุมให้อุณหภูมิมีความคงที่มากขึ้น ซึ่งเห็นผลชัดเจนในช่วงฤดูหนาวโดยอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.52 ± 0.54 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับฟาร์มทรงพลที่ไม่มีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.01 ± 0.77 องศาเซลเซียส ส่งผลให้แบคทีเรียสามารถย่อยสลายน้ำเสียได้เร็วขึ้นและผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดต่อวันเพิ่มขึ้น ซึ่งฟาร์มวีระชัยสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ $0.36 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ และก๊าซมีเทนได้ $0.25 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ เมื่อเปรียบเทียบกับฟาร์มทรงพลพบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ $0.23 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ และก๊าซมีเทน $0.16 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ ทั้งนี้หลังการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นประมาณ 1,300,000 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 4 เดือน

คำหลัก: อุณหภูมิ, ก๊าซชีวภาพ, น้ำเสียฟาร์มสุกร, ประสิทธิภาพ

Abstract

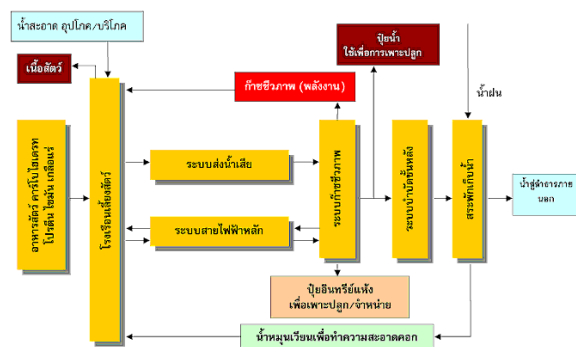
The purpose of this research is study to effect of CMU channel digester internal heating on efficiency of biogas production from swine farm waste water. Which there was setting the increasing temperature system by advantage from waste heat of generator. And compare between efficiency of setting and no setting system at digester in Ratchaburi. It could be found that when setting the increasing temperature system to Veerachai digester can increased temperature about 1-2 °C. And it made more constant temperature which it was explicitly in winter average 28.52 ± 0.54 °C. When compare Songpon Farm no setting the increasing temperature system and temperature average 26.01 ± 0.77 °C. Effect to the bacteria can faster hydrolysis waste water and increase maximum produce biogas per day. Which Veerachai Farm can produced biogas $0.36 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ and methane $0.25 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ but Songpon Farm can produced biogas $0.23 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$ and methane $0.16 \text{ m}^3/\text{kg COD}_{\text{removal}}$. Also found that after setting the increasing temperature system can saved more about 1,300,000 baht/year and payback period about 1 year and 4 months.

Keywords: Temperature, Biogas, Swine Farm Waste Water, Efficiency

ETM-06

1. บทนำ

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรถือเป็นทางเลือกที่ดีได้อีกทางหนึ่ง เพราะเนื่องจากฟาร์มสุกรก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย รวมถึงปัญหาเรื่องของกลิ่นเหม็นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพนี้สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างดี นอกเหนือไปจากการใช้ประโยชน์จากของเสียในการผลิตก๊าซชีวภาพ รวมไปถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการกำจัดของเสียเหล่านี้อีกด้วย



รูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ตามหลักการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อจะย่อยสลายมูลสัตว์ก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ กระบวนการย่อยสลายทำให้สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เป็นต้นเหตุของมลพิษเปลี่ยนสภาพไปทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น มูลสัตว์ที่ผ่านการหมักแล้วจะนำมาตากแห้งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีคุณสมบัติติดไฟได้ หลังจากนั้นน้ำเสียจะเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นหลังและเข้าสู่สระพักเก็บน้ำเพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในฟาร์มสุกรต่อไป

แต่อย่างไรก็ตาม การที่จะได้ปริมาณก๊าซมีเทนในปริมาณที่มากขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งอุณหภูมิในการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะต้องอาศัยอุณหภูมิภายในบ่อหมักในการดำรงชีวิต โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิภายในบ่อหมักจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งหากอยู่ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวนั้นสภาพอากาศจะมีความแปรปรวนอย่างมาก

ส่งผลให้อุณหภูมิภายในบ่อหมักมีความแปรปรวนตามอุณหภูมิของสภาพอากาศภายนอก [4] ทำให้จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้นมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่ำลง และใช้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้น ดังนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีปริมาณต่ำและไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจเกิดปัญหาทางด้านการลงทุนแก่ผู้ประกอบการ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิภายในบ่อหมักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ [1] โดยการเพิ่มอุณหภูมิภายในบ่อหมักนั้นจะต้องใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากภายนอกมาร่วมกัน ซึ่งอาจเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือใช้แหล่งพลังงานที่มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า เช่น ความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นการตอบสนองความคุ้มค่าในการลงทุนของผู้ประกอบการได้เป็นอย่างดี รวมถึงเป็นการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์และความคุ้มค่ามากที่สุด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนในระบบบ่อหมักของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกร ซึ่งมีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิโดยใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. วิธีการศึกษา

ในการศึกษาผลของการให้ความร้อนในระบบบ่อหมักของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกร ซึ่งวิธีการทดลองจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของบ่อหมักก๊าซชีวภาพกรณีที่มีการติดตั้งและไม่มีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิ โดยระบบเพิ่มอุณหภูมิจะใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Double pipe จำนวน 2 ชุด และใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2

946

ETM-06

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิทั้ง 2 ระบบ โดยใช้ Thermocouple แบบ data logger ชนิด K และ อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ รวมถึงเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ



รูปที่ 4 ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิภายในบ่อหมัก

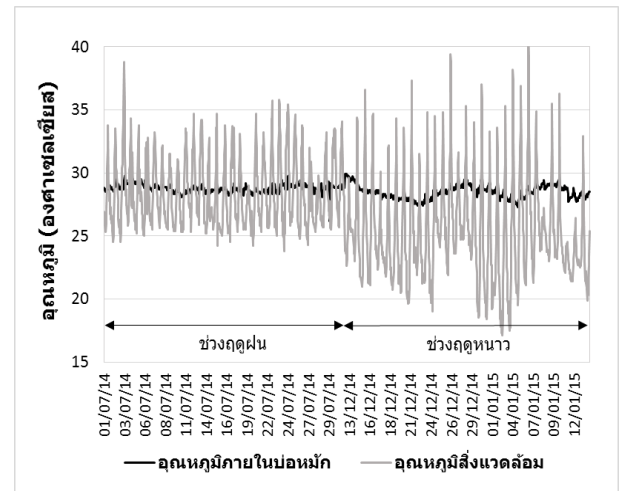


รูปที่ 5 เก็บข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทน

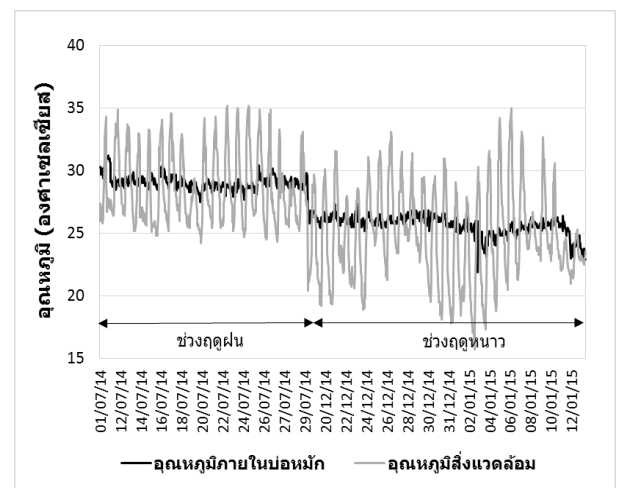
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลของอุณหภูมิ

จากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ CMU-CD ขนาด 10,000 ลูกบาศก์เมตร ของฟาร์มวีระชัยโดยการใช้ความร้อนทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และบ่อหมักฟาร์มทรงพลขนาด 3,500 ลูกบาศก์เมตรโดยไม่เพิ่มอุณหภูมิใดๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในบ่อหมักพบว่า บ่อหมักฟาร์มวีระชัยมีความคงที่มากกว่าฟาร์มทรงพล กล่าวคือมีความแปรปรวนไปตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในบ่อหมักให้คงที่มากขึ้น และพบว่ามีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1-2 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิดังกล่าวใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของวตสา ใจแน่น [1] ซึ่งเป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการนำความร้อนทั้งกลับมาอุ่นน้ำเสียเข้าสู่ระบบ



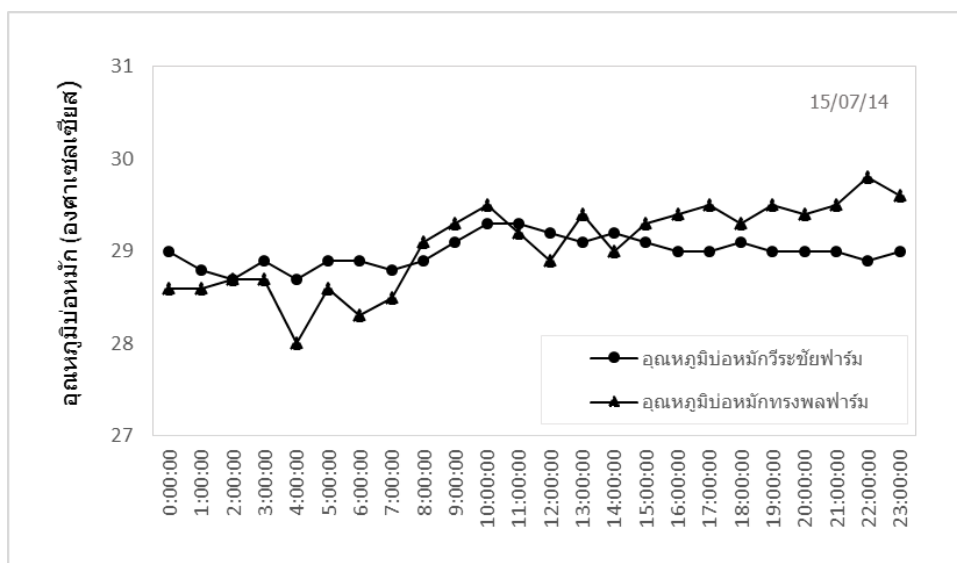
รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิภายในบ่อหมักฟาร์มวีระชัย
ข้อมูลฤดูฝนวันที่ 1-29 กรกฎาคม 2557
และฤดูหนาววันที่ 13 ธันวาคม 2557-13 มกราคม 2558



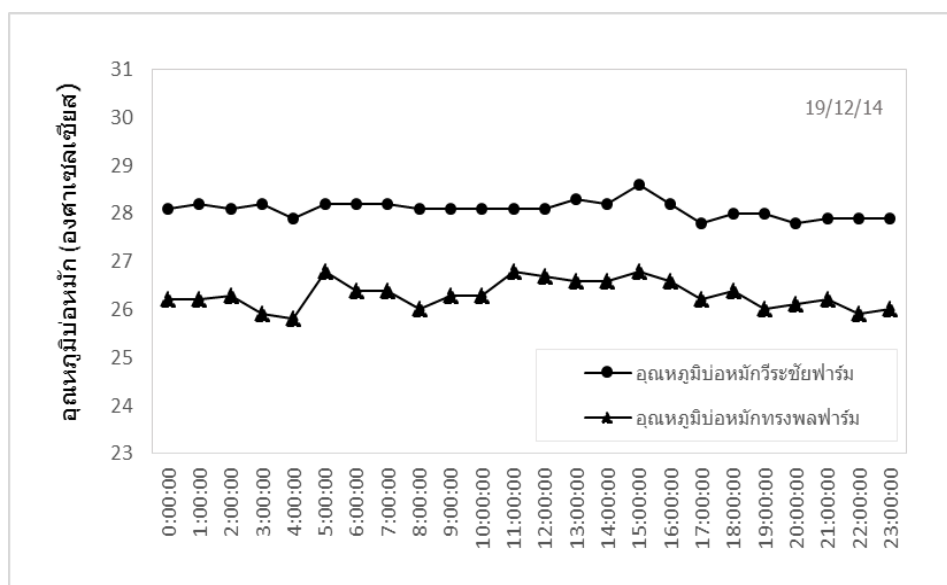
รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิภายในบ่อหมักฟาร์มทรงพล
ข้อมูลฤดูฝนวันที่ 1-29 กรกฎาคม 2557
และฤดูหนาววันที่ 19 ธันวาคม 2557-13 มกราคม 2558

จากรูปที่ 6 และ 7 พบว่าผลของอุณหภูมิภายในบ่อหมักฟาร์มทรงพลซึ่งไม่มีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมินั้นเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิแปรปรวนในช่วงฤดูฝนและลดลงตามสภาพอากาศในฤดูหนาว ซึ่งฟาร์มวีระชัยและฟาร์มทรงพลมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 29.02 ± 0.32 และ 29.53 ± 0.56 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาวเท่ากับ 28.52 ± 0.54 และ 26.01 ± 0.77 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังแสดงการเปรียบเทียบผลอุณหภูมิทั้ง 2 ฤดูในรูปที่ 8 และ 9

ETM-06



รูปที่ 8 ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิบ่อหมักตลอดวันในช่วงฤดูฝน
*ตัวแทนข้อมูลฤดูฝน วันที่ 15 กรกฎาคม 2557



รูปที่ 9 ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิบ่อหมักตลอดวันในช่วงฤดูหนาว
*ตัวแทนข้อมูลฤดูหนาว วันที่ 19 ธันวาคม 2557

จากความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิภายในบ่อหมักในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ทำให้ทราบว่าฟาร์มโรงผลมีอุณหภูมิคลาดเคลื่อนไปตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากฟาร์มวีระชัยที่อุณหภูมิเฉลี่ยลดลง 0.5 องศาเซลเซียส โดยฟาร์มโรงผลพบว่าฤดูฝนอุณหภูมิในบ่อเพิ่มขึ้นช่วงเวลากลางวันและลดลงช่วงเวลากลางคืน

และฤดูหนาวอุณหภูมิลดลงตลอดทั้งวัน ซึ่งพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงจากเดิมประมาณ 3.5 องศาเซลเซียส รวมถึงมีความร้อนสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการไม่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในบ่อหมัก โดยลักษณะการสูญเสียความร้อนรวมดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11

ETM-06

4.2 ความร้อนสูญเสียของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

- ความร้อนสูญเสียบริเวณด้านบนที่อยู่เหนือผิวดินของบ่อหมัก, Q_{L1} (kW)

$$Q_{L1} = hA_1(T_d - T_a) \quad (1)$$

h คือ สัมประสิทธิ์รวมของการพาความร้อนและการแผ่รังสี (W/m^2-K) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$h = (7.52 + 3.42V + 0.67V^2 - 0.0027V^3)(1 + 0.35\sin 90^\circ) \quad (2)$$

- ความร้อนสูญเสียด้านข้างของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (kW)

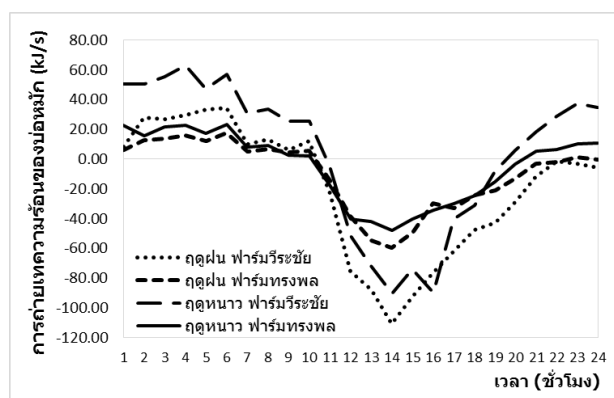
$$Q_{L2} = \frac{k_1 A_2 (T_d - T_g)}{x_1} \quad (3)$$

- ความร้อนสูญเสียที่ก้นของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (kW)

$$Q_{L3} = \frac{k_2 A_3 (T_d - T_g)}{x_2} \quad (4)$$

โดยที่

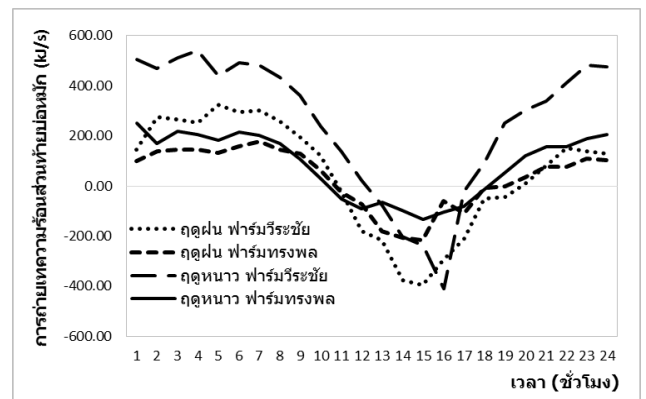
Q_L	ปริมาณความร้อนสูญเสีย (kW)
T_a	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
T_d	อุณหภูมิภายในบ่อหมัก
T_g	อุณหภูมิพื้นดิน
h	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2-K)
k_1, k_2	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังบ่อหมัก ($W/m-K$)
A_1	พื้นที่ผิวด้านบนเหนือผิวดินของบ่อหมัก (m^2)
A_2, A_3	พื้นที่ผนังบ่อหมัก (m^2)
x_1	ความหนาแน่นด้านข้างบ่อหมัก (m)
x_2	ความหนาแน่นก้นบ่อหมัก (m)



รูปที่ 10 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณระบบก๊าซชีวภาพ

การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณระบบก๊าซชีวภาพพบว่า ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มทรงพลมีการสูญเสียความร้อนที่บริเวณ

บ่อหมักใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างในการได้รับความร้อนเข้าสู่ระบบจากอุณหภูมิของสภาพอากาศภายนอกน้อยกว่า เมื่อเทียบกับฟาร์มวีระชัยซึ่งมีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิพบว่า มีการสูญเสียความร้อนในช่วงฤดูหนาวมากกว่าฤดูฝนอย่างชัดเจน ในขณะที่ฤดูฝนรับความร้อนจากสภาพอากาศภายนอกมากกว่าหรือไม่มีการสูญเสียความร้อนออกไปจากระบบเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในระบบก๊าซชีวภาพและอุณหภูมิของสภาพอากาศภายนอกในช่วงเวลากลางคืน แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิภายในระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัยยังสูงกว่า เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบส่งผลให้อุณหภูมิภายในระบบยังถูกควบคุมอยู่ จึงทำให้การสูญเสียความร้อนดังกล่าวไม่ส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์มากนัก และยังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีในช่วงฤดูหนาว



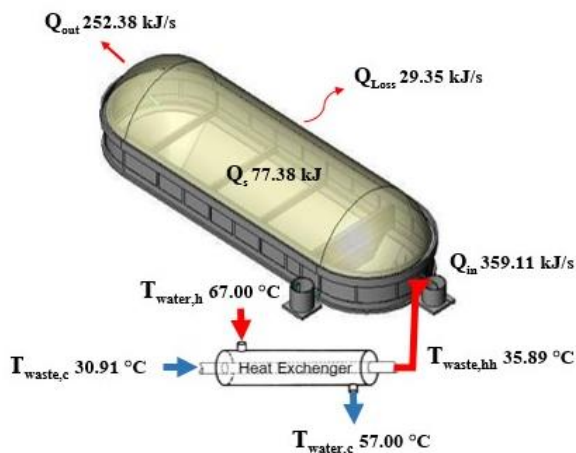
รูปที่ 11 การถ่ายเทความร้อนในส่วนท้ายของระบบก๊าซชีวภาพ

จากรูปการถ่ายเทความร้อนในส่วนท้ายของระบบก๊าซชีวภาพพบว่า ฟาร์มทรงพลมีความร้อนสูญเสียในส่วนท้ายบ่อหมักแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับของฟาร์มวีระชัยซึ่งในฤดูฝนมีการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้น้อยกว่าฤดูหนาวอย่างมาก โดยความร้อนส่วนที่ออกจากระบบเท่ากับ 511.98 kJ/s ซึ่งน้ำเสียได้รับความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 606.33 kJ/s จึงทำให้มีความร้อนสะสมอยู่ภายในบ่อเพียง 94.35 kJ หากระบบมีการรวนน้ำเสียกลับเข้ามาใช้ประโยชน์จะสามารถช่วยลดการสูญเสียความร้อนดังกล่าวได้อย่างมาก และทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในบ่อเพิ่มมากขึ้นด้วย

ETM-06

อย่างไรก็ตามแม้ปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในบ่อดังกล่าวจะไม่เพียงพอต่อการเพิ่มอุณหภูมิได้ แต่สามารถควบคุมให้อุณหภูมิภายในบ่อคงที่ได้

จากการศึกษาระบบเพิ่มอุณหภูมิของระบบก๊าซชีวภาพ เมื่อน้ำร้อนรับความร้อนจากปล่องไอเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทำการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเสียโดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนเข้าสู่ระบบก๊าซชีวภาพ ความร้อนที่น้ำเสียได้รับสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในระบบก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส โดยพบว่าความร้อนที่เพียงพอต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ในฤดูฝนคือ 72.11 kJ/s และฤดูหนาวคือ 141.99 kJ/s ซึ่งความร้อนดังกล่าวจะสะสมอยู่ในระบบและสูญเสียออกไปตามส่วนต่างๆ ของบ่อหมัก โดยแบบจำลองความร้อนที่สะสมภายในระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัย ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ความร้อนสะสมในระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัย

ความร้อนที่สะสมภายในระบบก๊าซชีวภาพหลังน้ำเสียผ่านการเพิ่มอุณหภูมิก่อนเข้าสู่ระบบเป็นความร้อนที่สามารถช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในระบบได้ โดยจากรูปที่ 12 ความร้อนสะสมในระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัย ในวันที่ 15 กรกฎาคม 2557 เวลา 03.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีมีการรับความร้อนจากอุณหภูมิของสภาพอากาศภายนอก แสดงให้เห็นว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในระบบนั้นเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบก๊าซชีวภาพ โดยความร้อนที่น้ำเสียได้รับการถ่ายเทความร้อนก่อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 359.11 kJ/s และเกิดความร้อนสูญเสียกับผนัง

บ่อหมักบริเวณต่างๆ เท่ากับ 29.35 kJ/s รวมถึงความร้อนที่ออกไปกับน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดเท่ากับ 252.38 kJ/s ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีความร้อนสะสมอยู่ในระบบเท่ากับ 77.38 kJ จากการศึกษาคำนวณที่เพียงพอต่อการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ในฤดูฝนคือ 72.11 kJ/s ทำให้ทราบว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ประมาณ 1.07 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามบางช่วงเวลาร้อนสะสมภายในระบบไม่เพียงพอต่อการเพิ่มอุณหภูมิ แต่ยังสามารถช่วยควบคุมไม่ให้อุณหภูมิภายในระบบก๊าซชีวภาพลดลงได้ ทำให้เกิดผลกระทบต่อบุคลากรที่น้อยกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งและสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	ฟาร์มวีระชัย	ฟาร์มทรงพล
1. ขนาดระบบ (m ³)	10,000	3,500
2. HRT (days)	3	4
3. OLR (kg-COD/m ³ -day)	2.79	2.97
4. COD _{in} (g/m ³)	8603.78	11685.5
5. COD _{effluent} (g/m ³)	3175.78	1552.56
5. % TS	52.97	75.11
6. % CH ₄	69.20	67.20
7. % CO ₂	27.90	29.00
8. % ก๊าซอื่นๆ	2.90	3.80
9. Biogas (m ³ /kg COD _{removal})	0.36	0.23
10. Methane yields (L/g COD _{removal})	0.25	0.16

การติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในบ่อหมักให้คงที่และเพิ่มอุณหภูมิได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น จากตารางที่ 1 พบว่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่มีค่าใกล้เคียงกัน แต่พบประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพแตกต่างกัน โดยอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปริมาตรระบบก๊าซชีวภาพของฟาร์มวีระชัยเท่ากับ 0.43 L/L-d และฟาร์มทรงพลเท่ากับ 0.40 L/L-d ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Guo J. et.al. [2] ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งยังพบอีกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพต่อการกำจัด COD ของฟาร์มวีระชัยที่มีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิได้ 0.36 m³/kg COD_{removal}

ETM-06

และก๊าซมีเทนได้ 0.25 L/g COD_{removal} เมื่อเปรียบเทียบกับฟาร์มทรงพลพบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.23 m³/kg COD_{removal} และก๊าซมีเทนได้ 0.16 L/g COD_{removal} โดยผลก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนที่พบมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Masse D.I. et al. [3] และยังพบอีกว่าหากฟาร์ม วีระชัยเพิ่มระยะเวลาพักน้ำเสียจะสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียดียิ่งขึ้นส่งผลให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้นตามไปด้วย

5. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการให้ความร้อนในระบบบ่อหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียฟาร์มสุกรซึ่งมีการติดตั้งระบบเพิ่มอุณหภูมิโดยใช้ประโยชน์จากความร้อนทิ้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่าสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในบ่อหมักได้ 1-2 องศาเซลเซียส และสามารถช่วยควบคุมให้อุณหภูมิคงที่มากขึ้น โดยแปรปรวนไปตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีประโยชน์ต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างมากในช่วงฤดูหนาว เพราะยังสามารถทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพดีขึ้นอีกด้วย และพบว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นหลังการติดตั้งประมาณ 1,300,000 บาท/ปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 4 เดือน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ (ERDI) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และทุนสำหรับการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] วัดสา ใจแน่น และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2546). การเพิ่มอุณหภูมิบ่อหมักโดยใช้ความร้อนทิ้งจากเครื่องยนต์และจากการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพโดยตรง, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] Guo J., Dong R., Clemens J. and Wang W. (2013). Kinetics evaluation of a semi-continuously fed

anaerobic digester treating pig manure at two mesophilic temperature, Water Research, vol. 47, pp. 5743-5750.

[3] Masse D.I., Masse L. and Croteau F. (2003). The effect of temperature fluctuations on psychrophilic anaerobic sequencing batch reactors treating swine manure, Bioresource Technology, vol. 89, pp.57-62.

[4] Merlin G., Kohler F., Bouvier M., Lissolo T. and Boileau H. (2012). Importance of heat transfer in an anaerobic digestion plant in a continental climate context, Bioresource Technology, vol. 124, pp. 59-67.