การผลิตแก๊สชีวภาพจากการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว

Biogas Production from Anaerobic Digestion of Elephant and Cow Manure mixed Leachate

อัญชลี มาสะอาด[1] วรจิตต์ เศรษฐพรรค์[1] พันธ์ลพ สินธุยา[2] ชยานนท์ สวัสดีนฤนาท[1] และ หทัยทิพย์ สินธุยา[1*]

Anchalee Masa-ad[1] Worajit Setthapun[1] Panlop Sintuya[2] Chayanon Sawatdeenarunat[1] and Hathaithip Sintuya[1*]

[1] สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

[2]สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50180

[1]Community Energy and Environment Program, Asian Development College for Community Economy and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50180

[2]Organic Agriculture Innovation Program, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50180

[*]Corresponding author: Tel.: 093 1872968. E-mail address: hathaithip_nin@cmru.ac.th

Received: 16 September 2022, Revised: 19 April 2023, Accepted: 24 April 2023, Published online: 30 August 2023

Abstract

The objective of this research was to investigate the biogas production from a mixture of elephant and cow manure through anaerobic digestion. The study used Biochemical Methane Potential (BMP) testing under standard conditions, with elephant manure as the primary substrate and cow manure as the microbial inoculum in a 2:1 ratio (substrate: inoculum). The experiment was conducted in a 1,000 mL fermentation bottle with a working volume of 400 mL. The batch fermentation took place under anaerobic conditions for 45 days, with a controlled temperature of 35±3°C. The results demonstrated that the mixture of elephant and cow manure leachate yielded a cumulative biogas volume of 497.72 mL/g VS_{added}, with a methane concentration of 35.6%. This research highlights the potential of using elephant and cow manure mixed leachate as a renewable energy source for local communities.

Keywords: elephant dung, biogas, anaerobic digestion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวผ่านกระบวนการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยประเมินศักยภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ที่สภาวะมาตรฐานโดยใช้มูลช้างเป็นสารตั้งต้นและใช้มูลวัวเป็นเชื้อจุลินทรีย์ กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร ในขวดหมักปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร หมักแบบกะด้วยระบบหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นเวลา 45 วัน ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมจากน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวได้เท่ากับ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ (mL/g VS_{added}) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ได้ก๊าซมีเทนร้อยละ 35.6 แสดงให้เห็นว่าน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวสามารถผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในชุมชนได้

คำสำคัญ: มูลช้าง ก๊าซชีวภาพ การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไป และลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ จึงส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรมและชุมชน โดยการกำจัดของเสียที่มีอยู่จำนวนมาก เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขยะจากเศษผัก ผลไม้ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพ [1] ก๊าซชีวภาพ เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่เกิดจากกระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้สารตั้งต้นจากของเสียดังกล่าว เมื่อเกิดการย่อยสลายแล้วจะได้ก๊าซชีวภาพที่ประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 ร้อยละ 15-60) ก๊าซมีเทน (CH_4 ร้อยละ 40-75) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2 ร้อยละ 5-10) และก๊าซไนโตรเจน (N_2 ร้อยละ 2) ซึ่งก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติสามารถติดไฟได้ จึงสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงได้ ทั้งนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เกิดก๊าซชีวภาพนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นนั้น ๆ ด้วย เช่น การย่อยสลายพืชสดจะให้เกิดก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการย่อยสลายมูลสัตว์ เนื่องจากในมูลสัตว์มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น [2] จากการศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีธุรกิจสถานประกอบการปางช้างจำนวนมาก [3] ทำให้เกิดของเสียจากมูลช้างเฉลี่ย 100–150 กิโลกรัมต่อวัน [4] โดยหากมีการกำจัดของเสียมูลช้างในชุมชนอย่างไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชุมชน เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น และเป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อโรค [5]

งานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวของชุมชนในสถานประกอบการปางช้างที่จะแก้ไขปัญหาการกำจัดของเสียจากมูลช้าง จึงได้มีแนวคิดที่จะนำมูลช้างมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้น้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว ทั้งนี้เพื่อให้ชุมชนได้มีแนวทางในการกำจัดของเสียในชุมชนให้เป็นพลังงานทดแทน โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถลดปัญหาสุขภาวะในชุมชนได้

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว โดยประเมินศักยภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ที่สภาวะมาตรฐาน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวที่ใช้ในการวิจัย โดยมีวิธีการวิจัย ดังนี้

1. **การเตรียมสารตั้งต้นและเชื้อจุลินทรีย์**

สารตั้งต้นที่ใช้ คือ มูลช้างสด จากปางช้างในจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำมูลช้างสดมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นและกรองด้วยตะแกรงขนาด 20 เมช สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ คือ มูลวัว โดยทำการล้างด้วยน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1:2 ของมูลวัวต่อน้ำ และนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

2. **วิธีการทดสอบการหมักก๊าซชีวภาพแบบแบตช์** [6]

การทดลองหมักก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการแบบแบตช์ด้วยวิธีการทดสอบ BMP อ้างอิงวิธีทดสอบจากมาตรฐาน VDI 4630 โดยทำการหมักในขวดแก้วปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร จากนั้นปรับค่ากรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 7.0-7.3 แล้วปิดฝาด้วยจุกยางนำไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน ระหว่างการหมักจะทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวันด้วยกระบอกฉีดยาแบบแก้ว และวัดองค์ประกอบก๊าซด้วยเครื่องมือแบบพกพารุ่น GFM406 นอกจากนี้ได้วิเคราะห์การกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด และการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมดด้วยวิธี Gravimetric Method และวิเคราะห์ซีโอดีตามมาตรฐาน APHA AWWA และ WPCF โดยทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการหมักย่อย

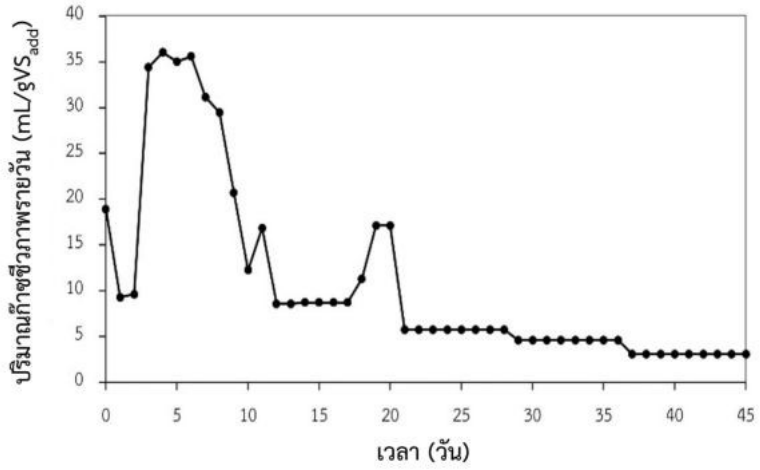
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของวัสดุหมักน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว ก่อนและหลังการหมักแบบไร้ออกซิเจนดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-7.30 ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์สามารถผลิตมีเทนได้ดี ทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 64.19 เนื่องจากค่าการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด และการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าในระบบเกิดการย่อยสลายสารตั้งต้นในกระบวนการไฮโดรไลซีส ซึ่งเป็นขั้นตอนการย่อยสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง แต่เนื่องจากมูลช้างและมูลวัวเป็นวัสดุที่มีลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีโครงสร้างโมเลกุลค่อนข้างซับซ้อนทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 35.60 ทั้งนี้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการย่อยสลายของสารตั้งต้นด้วย [7]

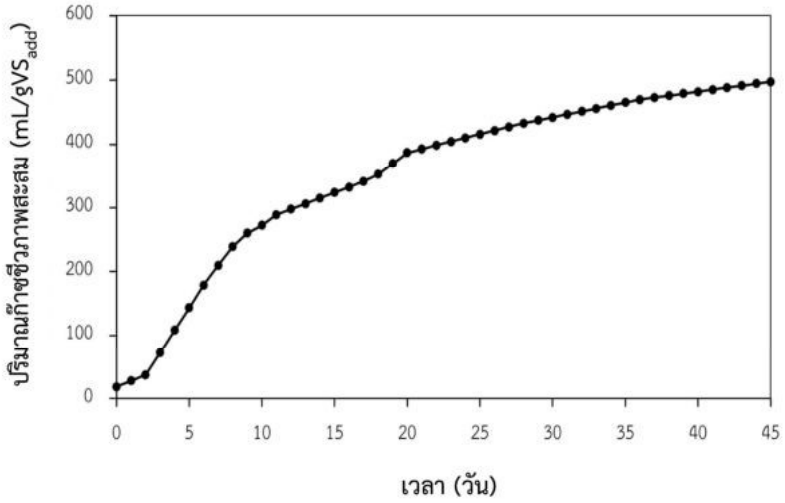
ตารางที่ 1 ผลของการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของวัสดุหมักน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว ก่อนและหลังการหมักแบบไร้ออกซิเจน

พารามิเตอร์	ก่อนการหมัก	หลังการหมัก
กรด-ด่าง	7.01	7.05
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	19,385.00	16,760.00
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	13,710.00	10,810.00
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	24,976.53	8,944.10
ปริมาณร้อยละการกำจัดซีโอดี	64.19	
ปริมาณร้อยละของมีเทน	35.60	

การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ในการทดลองนี้เป็นการเติมสารตั้งต้นไปเพียงครั้งเดียวและให้ระบบดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นเวลา 45 วัน จากภาพที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มช่วงวันที่ 1-5 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในแต่ละวันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพลดลงในช่วงวันที่ 6-13 และเพิ่มขึ้นอีกในช่วงวันที่ 16-20 ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มาจากสภาพแวดล้อม เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงทำให้แรงดันภายในระบบการหมักสูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดการดันโมเลกุลของก๊าซมีเทนขึ้น [8] จากนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ต่ำกว่า 5 มิลลิลิตร การที่ก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 1-5 เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยง่ายในระบบการหมักย่อย เพื่อสร้างมวลเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ให้กลับมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในระบบได้อีก ทำให้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้เท่ากับ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ และเมื่อเวลาผ่านไปสารอินทรีย์ในระบบลดลง ส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือเรียกว่าเกิดการขาดธาตุอาหาร ทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจึงลดลงและเข้าสู่สภาวะคงที่ [9]



ภาพที่ 1 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพรายวันจากการย่อยแบบไร้ออกซิเจนของน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว



ภาพที่ 2 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพสะสมจากการย่อยแบบไร้ออกซิเจนของน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัว

จากการศึกษาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากการย่อยแบบไร้ออกซิเจนของน้ำชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ พบว่าชะผสมระหว่างมูลช้างและมูลวัวสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่จากการศึกษางานวิจัยของ Muhammad, Abdulsalam & Yusuf [10] ทำให้ทราบว่า การนำมูลช้างมาหมักย่อยแบบแบตช์ร่วมกับมูลวัว จะสามารถทำให้การผลิตก๊าซชีวภาพได้มากกว่าการที่นำมูลช้างมาผลิตก๊าซชีวภาพเพียงอย่างเดียวดังนั้นในอนาคตผู้วิจัยจะศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างร่วมกับของเสียประเภทอื่น ๆ หรือศึกษาวิธีการปรับสภาพมูลช้างด้วยวิธีทางกายภาพ ทางชีวภาพ ทางเคมีหรือทางกายภาพร่วมกับเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพให้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพผ่านกระบวนการหมักแบบแบตช์ โดยใช้มูลช้างเป็นสารตั้งต้นและใช้มูลวัวเป็นเชื้อจุลินทรีย์ กำหนดอัตราส่วนของสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 2:1 ของปริมาตรการหมัก 400 มิลลิลิตร ในขวดหมักปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมัก 45 วัน ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 35±3 องศาเซลเซียส พบว่าในระบบการหมักแบบแบตช์มีค่า pH เท่ากับ 7.05 มูลช้างมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีร้อยละ 64.19 ผลิตก๊าซชีวภาพสะสมได้ 497.72 มิลลิลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพได้ก๊าซมีเทนร้อยละ 35.6 จะเห็นได้ว่ามูลช้างสามารถผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับใช้ในชุมชนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ภายใต้โครงการการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลช้างโดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สัญญาเลขที่ มรชม. 66/63 และขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย (adiCET) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตสะลวงที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Damrongsak, D. and Chaichana, C. (2020). Biogas initiative from municipal solid waste in northern Thailand. **Energy Reports**. 6, 428-433.

[2] Andriani, D., Rajani, A., Santosa, A., Saepudin, A., Wresta, A., and Atmaja, T. D. (2020). A review on biogas purification through hydrogen sulphide removal. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 23-24 October 2019 at Indonesia.

[3] Bansiddhi, P., Nganvongpanit, K., Brown, J. L., Punyapornwithaya, V., Pongsopawijit, P., and Thitaram, C. (2019). Management factors affecting physical health and welfare of tourist camp elephants in Thailand. **PeerJ**. 7, 1-22.

[4] Stepien, P., Swiechowski, K., Hnat, M., Kugler, S., Stegenta-Dabrowska, S., Koziel, J. A., Manczarski, P., and Białowiec, A. (2019). Waste to carbon: Biocoal from elephant dung as new cooking fuel. **Energies**, 12 (22), 4344.

[5] Burg, V., Bowman, G., Haubensak, M., Baier, U., and Thees, O. (2018). Valorization of an untapped resource: Energy and greenhouse gas emissions benefits of converting manure to biogas through anaerobic digestion. **Resources, Conservation & Recycling**. 136, 53-62.

[6] VDI 4630. (2016). VDI 4630 - Fermentation of organic materials – Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. VDI- Handbuch Energietechnik. **Verein Deutscher Ingenieure**. 132.

[7] Bajpai, P. (2022). Anaerobic Technology in Pulp and Paper Industry. **Springer Briefs in Applied Sciences and Technology**. 99.

[8] Bozorgian, A. (2020). Investigation of the History of Formation of Gas Hydrates. **Original Research Journal of Engineering in Industrial Research.** 1 (1), 1-18.

[9] Kelly Orhorhoro, E., Sadjere, G., Okechukwu Ebunilo, P., and Ejuvwedia Sadjere, G. (2017). Experimental Determination of Effect of Total Solid (TS) and Volatile Solid (VS) on Biogas Yield. **American Journal of Modern Energy.** 3 (6), 131-135.

[10] Muhammad, J., Abdulsalam, S., and Yusuf, M. (2015). A Kinetic Study of Biogas Produced from Cow and Elephant Dungs Using the Residual Substrate Concentration Approach. **Chemical Engineering and Science.** 3, 7-11.