หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

3.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำกากส่า ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ได้จากก้นหอกลั่นจากโรงงานผลิตสุราบริษัท แสงโสม จำกัด องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาล สี คาราเมล และตะกอนซึ่งเป็นพวกเซลยีสต์ที่ตายแล้ว นอกจากนี้ยังมีเกลือแร่ต่าง ๆ ในปริมาณสูง เช่น โพแทสเซียม, โซเดียม, ซัลเฟต เป็นต้น น้ำกากส่านี้มีสีน้ำตาลเข้ม ขุ่น ทึบแสงและมีกลิ่นคล้ายกลิ่นน้ำตาล ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำกากส่า ดังแสดงในตารางที่ 3.1

3.2 ตะกอนแบคทีเรียที่ใช้เริ่มต้น

ใช้ตะกอนแบคทีเรีย (seed sludge) จากระบบยูเอเอสบี โรงงานผลิตสุรา จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อเป็นตะกอนเริ่มต้นของระบบหมักที่ทำการทดลองศึกษานี้ โดยนำมาใช้ในลักษณะเข้มข้น เติมลงในถังหมักยูเอเอสบีที่ทำการทดลอง เพื่อให้ได้ค่า MLSS ประมาณ 35,100 มก./ล.

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ ดังนี้

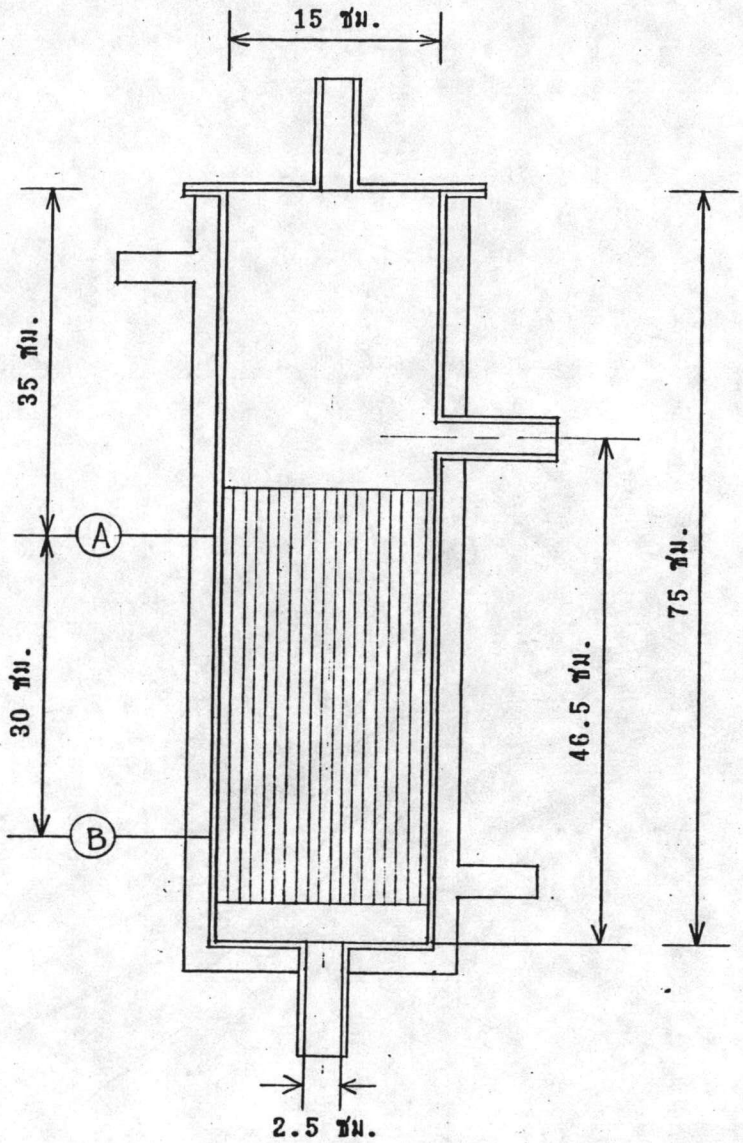
3.3.1. ถังหมัก จำนวน 2 ถังต่ออนุกรมกัน ดังมีรายละเอียดดังนี้

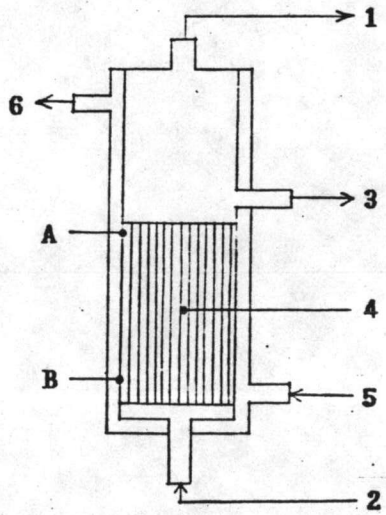
ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติน้ำกากส่า *

Temperature	°C	95-100
BOD_5	mg/l	28,000-42,000
COD	mg/l	90,000-120,000
pH		4.6-5.8
Total Solids	mg/l	91,000-94,000
Suspended Solids	mg/l	6,000-11,000
Dissoved Solids	mg/l	83,000-85,000
Total Nitrogen	mg/l	2,200-3,000
Potassium (K^+)	mg/l	10,000-13,750
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/l	10-20
SO_4^{-2}	mg/l	3,050-4,000
Ca^{+2}	mg/l	2,100-2,815

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยฝ่ายเทคนิค, โรงงานสุราแสงโสม, 2536

1) ถังแรก หรือถังหมักกรด เป็นถังหมักแบบตัวกลางกรอง (Anaerobic Filter) ลักษณะเป็นถังทรงกระบอก 2 ชั้น (water jacket) ชั้นนอกเป็นชั้นของน้ำร้อน ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของระบบ ส่วนชั้นในมีความจุ 6.8 ลิตร ซึ่งภายในบรรจุตัวกลาง (packing media) ซึ่งทำจากท่อพลาสติก PVC วางตามความสูงของถัง ขนาดของท่อพลาสติกที่ใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 เซนติเมตร ความยาว 31 เซนติเมตร จำนวน 37 ท่อ มีพื้นที่ (total surface area) เท่ากับ 0.61 ม.^{2} คิดเป็นพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) 235.29 ม.^{2} / ม.^{3} น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่าง และไหลล้นออกทางท่อด้านบนของถัง ส่วนก๊าซที่เกิดขึ้นจะออกทางด้านบน (ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2)





1 ทางออกของก๊าซที่เกิดขึ้น

2 ทางเข้าของน้ำกากส่า

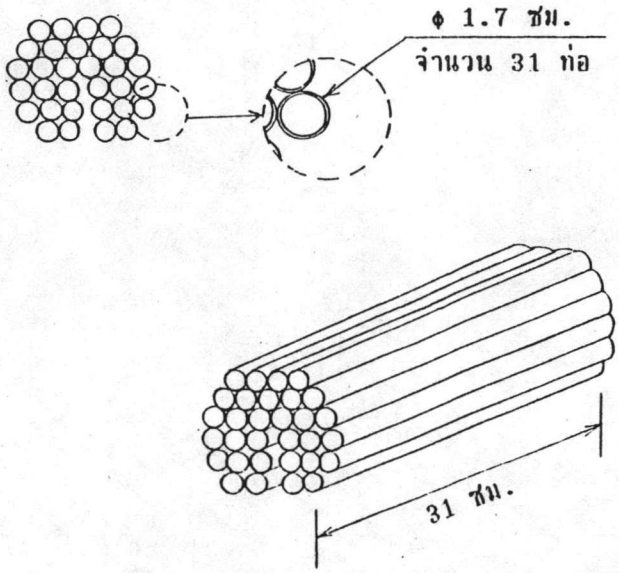
3 ทางออกของน้ำกากส่าที่ผ่านการบำบัด

4 ตัวกลาง (packing media)

5,6 ทางเข้า-ออกของน้ำร้อน ตามลำดับ

A,B ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.1 ถังหมักแบบตัวกลางกรอง (Anaerobic Filter Digester)



รูปที่ 3.2 ตัวกรอง (packing media) ภายในถังหมักกรด

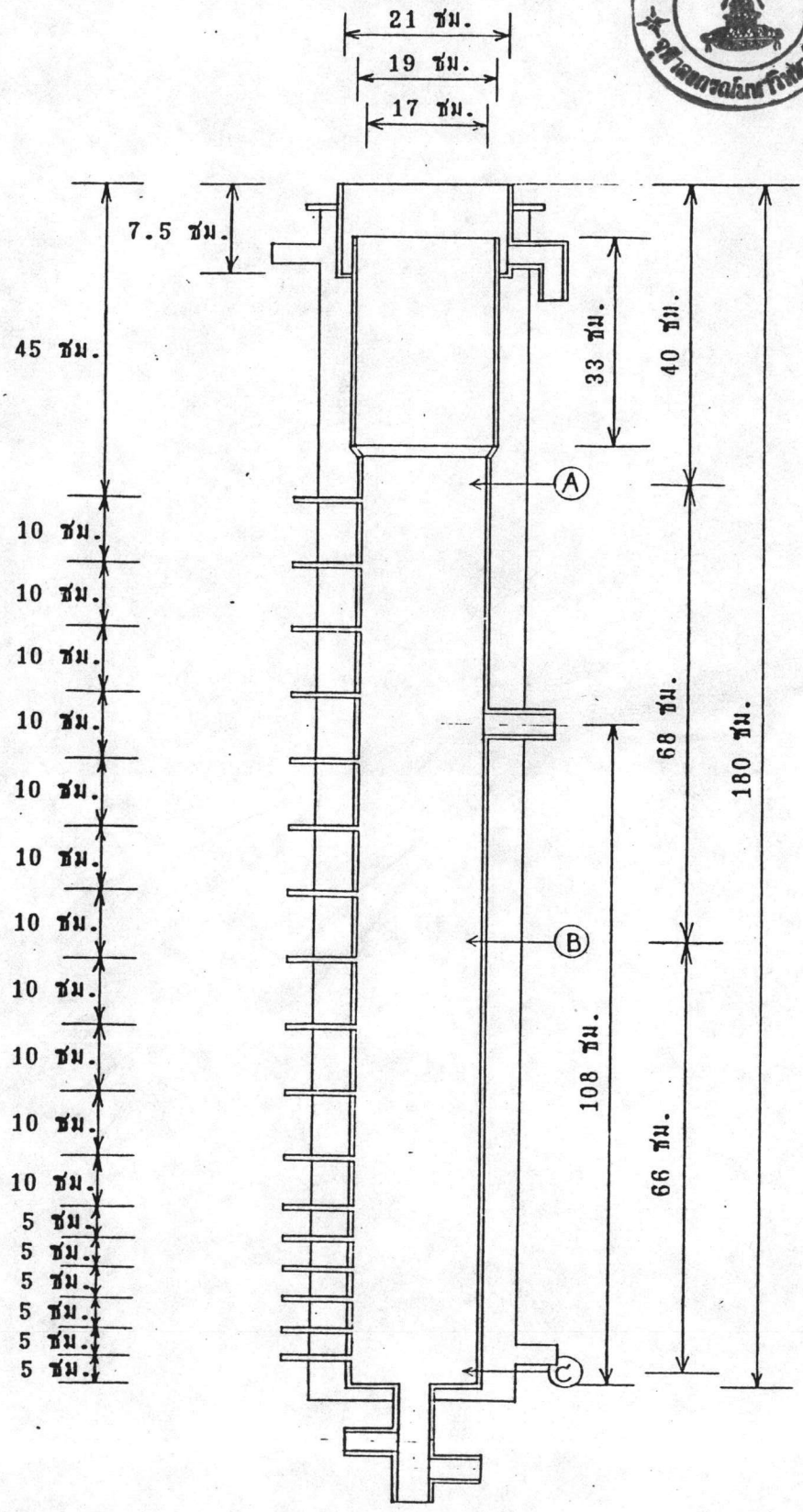
2) ถังสอง หรือถังหมักมีเทน เป็นถังหมักแบบยูเอเอสบี ลักษณะเป็น 2 ชั้น เช่นเดียวกับถังที่ 1 แต่ชั้นในมีความจุ 35 ลิตร มีกรวยแยกตะกอนอยู่ทางตอนบนของถัง สำหรับดักตะกอนแบคทีเรียและเป็นทางออกของก๊าซที่เกิดขึ้น น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่าง และไหลล้นออกทางท่อด้านบน (ดังแสดงในรูปที่ 3.3, 3.4 และ 3.5)

วัสดุที่ใช้ทำถังหมักทั้งสองเป็นเหล็กไร้สนิม (stainless steel) มีฉนวนเป็น Fiber Glass หุ้ม กันการสูญเสียความร้อน และมีเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของถังหมักด้วย

3.3.2. <u>ถังตกตะกอน</u> จำนวน 2 ถัง (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)

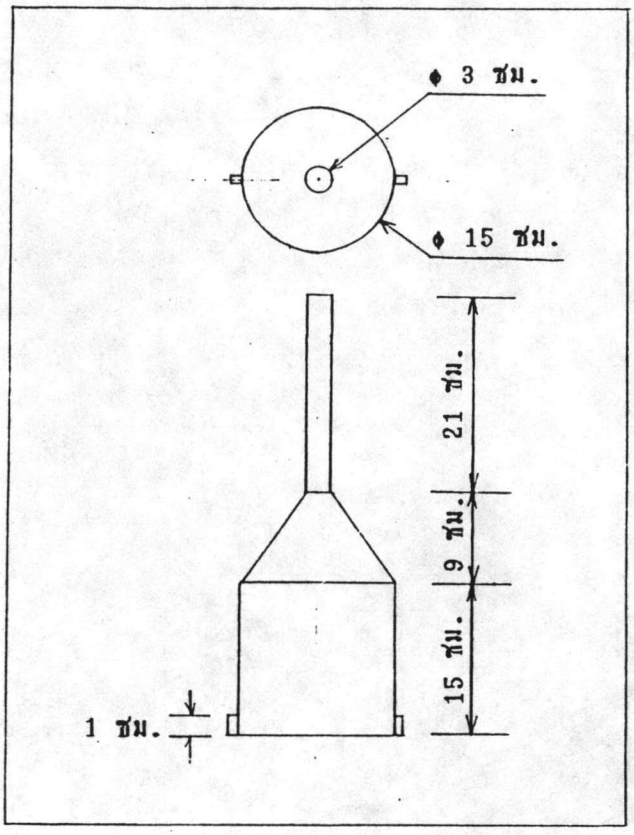
1) ถังที่ 1 ทำจากพลาสติกอะคริลิก (Acrylic) เป็นถังทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร ตอนล่างเป็นรูปกรวย มีทางไหลออกของตะกอน ความสูงจากปากกรวยถึงขอบถังด้านบน 30.5 เซนติเมตร น้ำเสียจากถังหมักกรดจะเข้าทางด้านข้างตอนล่างของถัง และไหลล้นออกทางท่อด้านข้างตอนบนเข้าสู่ถังตกตะกอนใบที่ 2

2) ถังที่ 2 เป็นถังทรงกระบอกเช่นกันทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ความสูง 32 เซนติเมตร ก้นถังแบน มีท่อทางออกของตะกอน น้ำเสีย

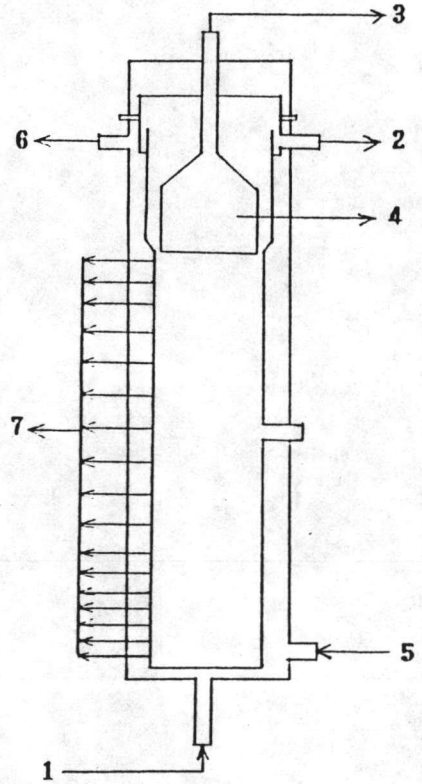


รูปที่ 3.3 ถังหมักแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

A, B, C แทนตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิ

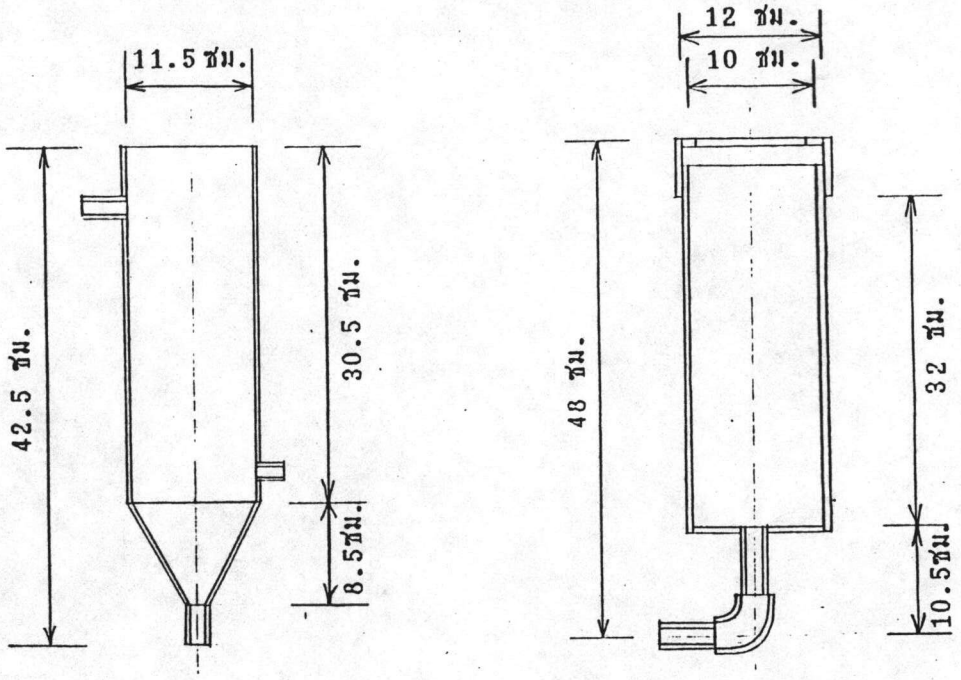


รูปที่ 3.4 กรวยแยกตะกอนในถังหมัก UASB



1 ทางเข้าของน้ำกากส่า
2 ทางออกของน้ำกากส่าที่ผ่านการบำบัด
3 ทางออกของก๊าซที่เกิดขึ้น
4 กรวยแยกตะกอน
5,6 ทางเข้า-ออกของน้ำร้อน ตามลำดับ
7 ตำแหน่งต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างตะกอน

รูปที่ 3.5 ภาพรวมแสดงรายละเอียดของถังหมัก UASB



ก. ถังตกตะกอน 1 ข. ถังตกตะกอน 2

รูปที่ 3.6 ถังตกตะกอน

จากถังจะถูกสูบเข้าสู่ถังหมักมีเทน โดยอัตราการไหลของปั๊มจะถูกควบคุมโดยระดับน้ำภายในถังตกตะกอนใบที่ 2 นี้

3.3.3. <u>ระบบควบคุมอุณหภูมิ</u> เป็นแบบ water jacket ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) ถังเก็บน้ำร้อน เป็นถังทรงกระบอก ทำจากเหล็กไร้สนิม ขนาดความจุ 50 ลิตร ภายในมีขดลวดทำความร้อนโดยตั้งอุณหภูมิน้ำร้อนที่ 55 °ซ และมีฉนวนหุ้มรอบ ๆ ถังกันการสูญเสียความร้อน

2) ปั๊มสำหรับสูบน้ำร้อน เป็นแบบ circulating pump Model:PMD 311 ขนาด 180 วัตต์ จำนวน 1 ตัว

3.3.4. <u>เครื่องป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ</u> ใช้ปั๊มจำนวน 3 ตัว

1) ปั๊มแบบ microtube pump Model:MP-3 จำนวน 1 ตัว สำหรับป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังหมักกรด ในช่วงที่ใช้อัตราส่วนการรีไซเคิล เท่ากับ 1:1

2) ปั๊มแบบ peristaltic pump No. 131900 ขนาด 70 วัตต์

สำหรับป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังหมักกรด ในช่วงที่ใช้อัตราการรีไซเคิล เท่ากับ 3:1

3) ปั๊มชิ่งผลิตโดย บริษัทเคมเทคจำกัด (Chem/Tech International Co.Ltd.) Series 100, Serial #17105 อัตราการไหลสูงสุด 113.5 ลิตร/วัน จำนวน 1 ตัว สำหรับป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังหมักมีเทน

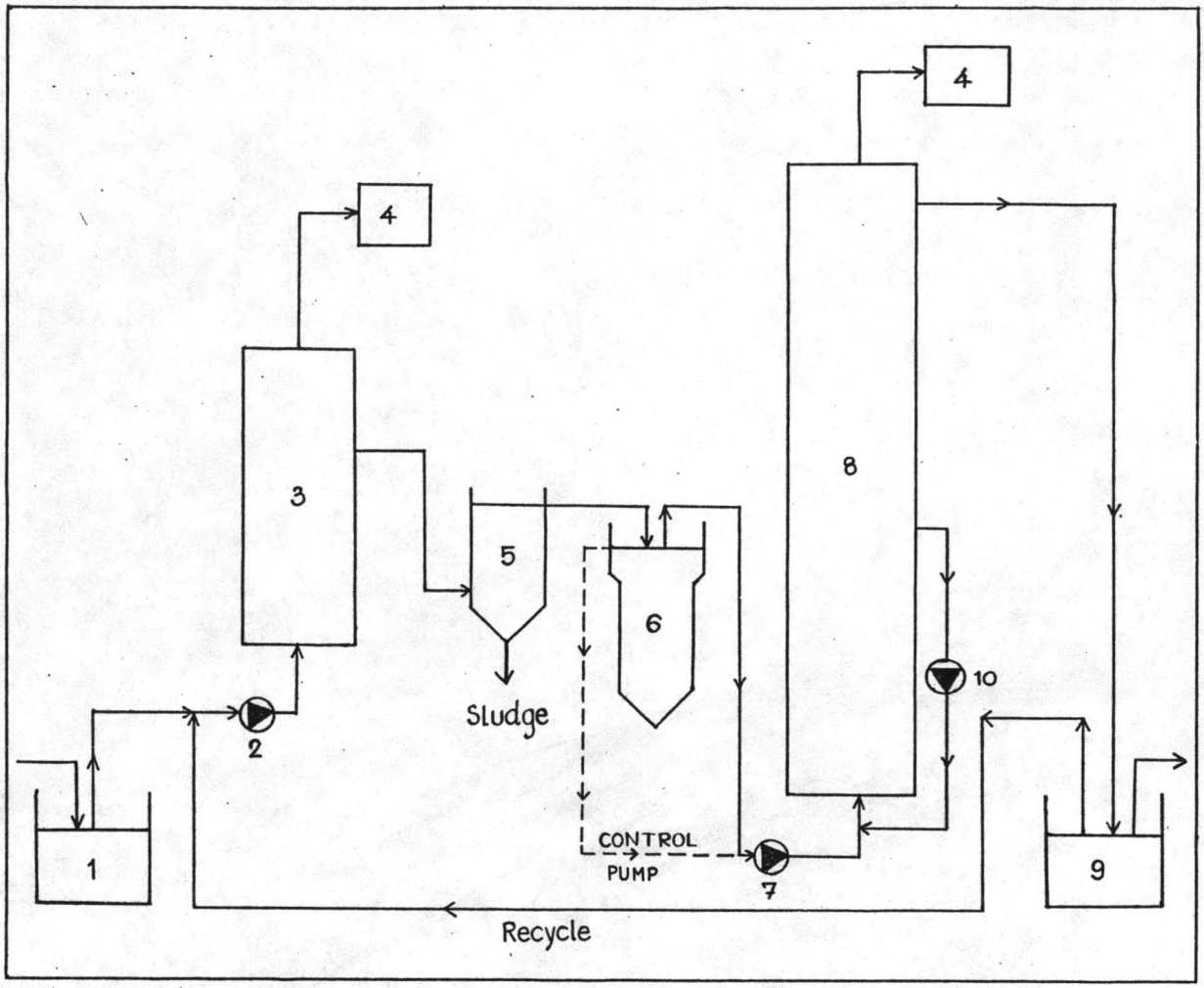
3.3.5. <u>การกวนผสมตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทน</u> ใช้ปั๊มแบบ circulating pump Model:MP-1511 ขนาด 45-55 วัตต์ จำนวน 1 ตัว

3.3.6. <u>ขวดดักก๊าซและเครื่องวัดก๊าซ (Gas Meter)</u> จำนวน 2 ชุด การวัดก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ใช้วิธีการแทนที่น้ำ โดยก๊าซที่ได้จะออกทางด้านบนถังหมัก ผ่านเข้าสู่ขวดดักก๊าซแล้วเข้าสู่กล่องพลาสติกซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องวัดก๊าซ นับจำนวนครั้งที่กล่องพลาสติกพลิกจะได้ปริมาตรทั้งหมดของก๊าซ ซึ่งในการพลิก 1 ครั้งสำหรับเครื่องวัดก๊าซที่เกิดขึ้นจากถังหมักกรดคิดเป็นปริมาตรก๊าซ 95 มล. และสำหรับเครื่องวัดก๊าซที่ได้จากถังหมักมีเทนคิดเป็นปริมาตรก๊าซ 102 มล. ที่อุณหภูมิห้อง

3.3.7. ถังเก็บน้ำเสียที่จะเข้าระบบและน้ำเสียที่ออกจากระบบ อย่างละ 1 ถัง

3.4 <u>การทำงานของระบบ</u>

รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพ (Flow Diagram) ของระบบหมักที่ทำการทดลอง น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ซึ่งเตรียมโดยการเจือจางน้ำกากส่าให้ได้อัตราการป้อนสารอินทรีย์ตามต้องการ จะถูกปั๊มเข้าสู่ถังหมักกรดอย่างต่อเนื่องและคงที่ น้ำที่ล้นออกจากถังหมักกรดจะผ่านถังตกตะกอน 2 ถัง แล้วจึงถูกปั๊มเข้าสู่ถังหมักมีเทน ซึ่งน้ำล้นที่ออกจากระบบส่วนหนึ่งจะนำกลับมารีไซเคิลรวมกับน้ำกากส่าก่อนเข้าสู่ระบบ (feed) เพื่อช่วยปรับค่า pH ของน้ำเสียที่จะเข้าถังหมักกรดไม่ให้ต่ำเกินไป มิฉะนั้นอาจมีผลไปยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียในถังหมักกรดได้ การวัดก๊าซที่ได้จากถังหมักทั้งสองทำโดยใช้เครื่องวัดก๊าซ (Gas Meter) ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 เครื่องมืออุปกรณ์และการทำงานของระบบหมักที่ใช้ในงานวิจัย

1,9 ถังเก็บสิ่งป้อนและน้ำที่ออกจากระบบ

2,7 ปั๊ม สำหรับป้อนน้ำกากส่าเข้าสู่ถังหมักใบที่ 1 และ 2

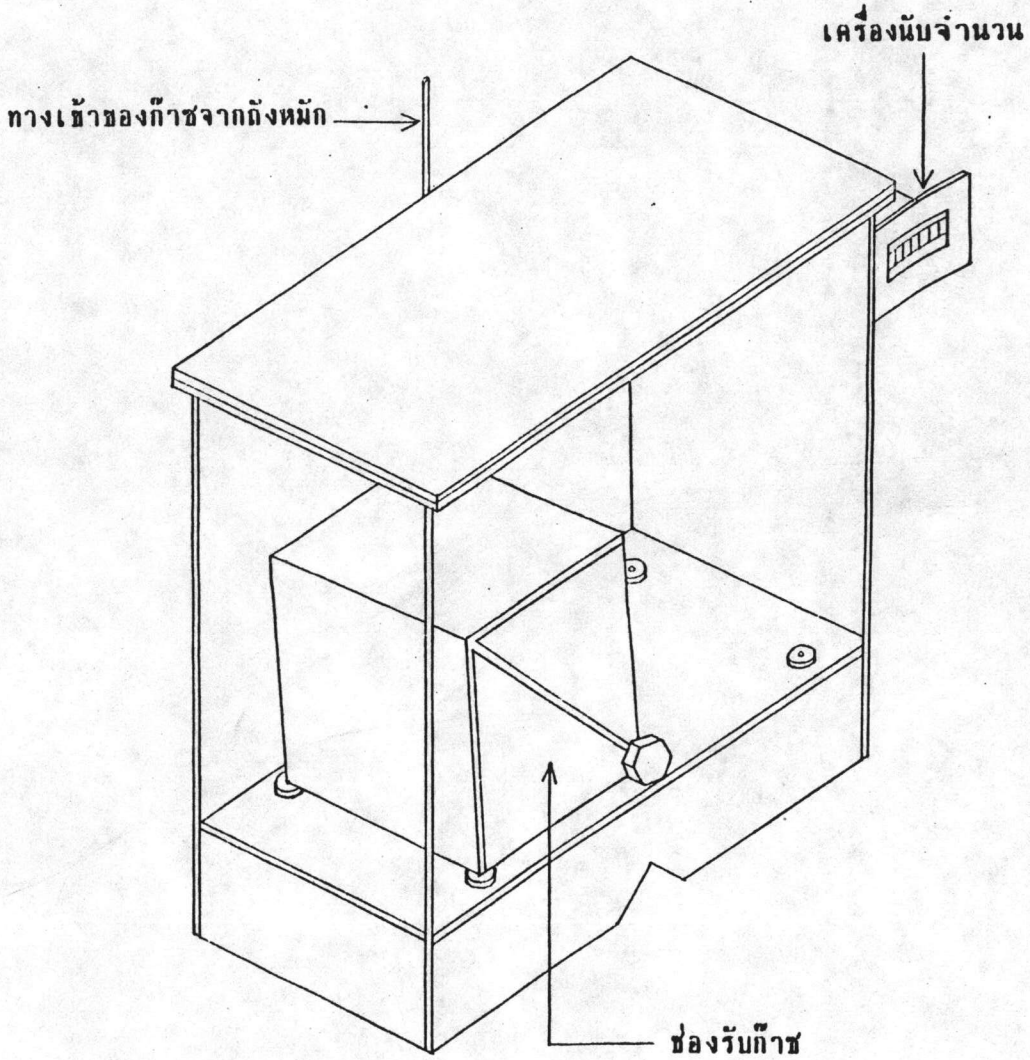
3 ถังหมักกรดแบบตัวกลางกรอง

4 เครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

5,6 ถังตกตะกอน 1 และ 2

8 ถังหมักมีเทนแบบ UASB

10 ปั๊ม สำหรับกวนผสมตะกอนแบคทีเรียในถังหมัก UASB



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (Gas Meter)

3.5 เงื่อนไขและสภาวะที่ใช้ในการทดลอง

เริ่มการทดลองโดยควบคุมระบบที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (COD) และอัตราการไหลต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าได้เจือจางน้ำกากส่าให้มีค่า COD อยู่ในช่วง 4,800-60,000 มก./ล. เพื่อลดความเป็นพิษอันเนื่องมาจากสาร SO_4^{2-} และ K^+ เริ่มต้นระบบโดยใช้น้ำกากส่าที่มีความเข้มข้น 4,800 มก./ล. จากนั้นจะค่อย ๆ ลดอัตรา

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองระบบหมักในงานวิจัย

ความเข้มข้นของ COD ที่เข้าระบบ (มก./ล.)	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี /ม.^{3}-วัน)	อัตราส่วน* การรีไซเคิล
4,800	4.0	0.25	1:1
9,300	4.0	0.5	1:1
18,000	4.0	1.0	1:1
40,000	3.5	2.0	1:1
60,000	3.5	3.0	1:1
60,000	7.0	6.0	1:1
60,000	9.3	8.0	1:1
60,000	11.7	10.0	1:1
60,000	23.3	10.0	3:1
60,000	30.3	13.0	3:1

* อัตราส่วนการรีไซเคิล = อัตราส่วนของปริมาณน้ำกากส่าที่ออกจากถังหมักยูเอเอสบี ซึ่งสูบกลับมาใช้ต่อปริมาณน้ำกากส่าใหม่ที่ป้อนเข้าระบบ

การเจือจางลงเรื่อย ๆ จนเหลือ 1:1.8 (ค่า COD ประมาณ 60,000 มก./ล.) แล้วค่อย ๆ เพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ (COD Loading) จาก 3.0 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งระบบหมักเสียสมดุล เพื่อดูถึงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่สูงที่สุดที่ระบบจะรับได้ โดยในการทดลองแต่ละอัตราการป้อนสารอินทรีย์ ได้รอจนกระทั่งระบบหมักเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) ซึ่งสังเกตได้จากค่า COD ของน้ำกากส่าที่ออกจากระบบคงที่ และปริมาณก๊าซที่ผลิตได้คงที่

3.6 การเก็บตัวอย่าง

น้ำกากส่าสด น้ำกากส่าที่ได้จากก้นหอกลั่นจะถูกเก็บในภาชนะพลาสติกปิดมิดชิด แช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ (เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ก่อนการนำไปใช้) ซึ่งจะนำมาทำการวิเคราะห์ค่า COD ก่อนนำไปเจือจางด้วยน้ำประปา

น้ำกากส่าที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ได้จากการเจือจางน้ำกากส่าสดให้ได้ความเข้มข้นของค่า COD ตามกำหนด เก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เช่นเดียวกัน (ป้อนเข้าสู่ระบบที่อุณหภูมิห้อง) ก่อนการใช้ทุกครั้งจะนำมาทำการวิเคราะห์หาค่าดรรชนีต่าง ๆ

น้ำกากส่าที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ตำแหน่ง คือ น้ำกากส่าที่ออกจากถังหมักกรด และที่ออกจากถังหมักมีเทน ซึ่งจะนำมาทำการวิเคราะห์ค่าดรรชนีต่าง ๆ ภายใน 1 วัน

ตะกอนแบคทีเรียในถังหมักมีเทน ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนจากตำแหน่งต่าง ๆ ของถังหมักจำนวน 17 ตำแหน่ง เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนที่มีอยู่ในถังหมัก ซึ่งหลังจากทำการวิเคราะห์แล้ว จะเทตะกอนส่วนที่เหลือคืนลงถังหมัก เพื่อลดปริมาณตะกอนที่สูญหายไปในการวิเคราะห์ให้น้อยที่สุด

เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพการทำงานของระบบหมักที่ทดลอง จึงมีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าดรรชนีต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตรรชนีและจำนวนครั้งในการตรวจวิเคราะห์

ตรรชนีที่ต้องวิเคราะห์	จำนวนครั้งในการวิเคราะห์			
	สิ่งป้อน	น้ำที่ออกจากถังหมักกรด	น้ำที่ออกจากถังหมักมีเทน	ก๊าซชีวภาพ
อัตราการป้อนน้ำเสีย	2/สัปดาห์	-	-	-
อุณหภูมิ *	-	-	-	-
COD	ทุกวัน	ทุกวัน	ทุกวัน	-
pH	ทุกวัน	ทุกวัน	ทุกวัน	-
VFA	ทุกวัน	ทุกวัน	ทุกวัน	-
ของแข็งแขวนลอย (SS)	1/สัปดาห์	1/สัปดาห์	1/สัปดาห์	-
ค่าสภาพความเป็นด่าง	1/สัปดาห์	1/สัปดาห์	1/สัปดาห์	-
MLSS	-	-	2/เดือน	-
อัตราการผลิตก๊าซ	-	-	-	ทุกวัน
องค์ประกอบของก๊าซ	-	-	-	ทุกวัน

* การวัดอุณหภูมิจะทำการวัดทุกวัน จากตำแหน่งต่าง ๆ ของถังหมัก โดยอ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่ข้างถังหมัก

3.7 การวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย และการวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซ ได้ปฏิบัติตามวิธีวิเคราะห์ในวิธีมาตรฐาน (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535; APHA, 1989) ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.

3.8 การประเมินเสถียรภาพและประสิทธิภาพของระบบ

นำข้อมูลจากการทดลองที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน) ต่าง ๆ มาคำนวณประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์ (COD Reduction) และประเมินประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งได้แก่ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ (Gas Production Rate) และคำนวณหาประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซ (ม.^{3} ของก๊าซที่เกิดขึ้น/กก.ของซีโอดี ที่ถูกกำจัด) จากผลการทดลองที่ได้นี้จะทำให้สามารถประเมินอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เหมาะสมได้ โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคือ มีประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์ และการผลิตก๊าซชีวภาพสูง นอกจากนี้ระบบหมักจะต้องมีเสถียรภาพสูงด้วย การพิจารณาเสถียรภาพระบบหมักจะพิจารณาจากปริมาณกรดไขมันระเหย (VFA), pH และสภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) ในถังหมักมีเทนซึ่งในที่นี้เป็นแบบยูเอเอสบี นอกจากนี้ยังพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้และองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไประบบหมักที่มีเสถียรภาพดี ควรมีค่า VFA น้อยกว่า 500 มก./ล., pH ประมาณ 7-8, สภาพความเป็นด่าง 1,000-5,000 มก./ล. และก๊าซชีวภาพควรมีคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 40 นอกจากนี้จะพิจารณาหาความสัมพันธ์ลักษณะสมบัติและปริมาณตะกอนแบคทีเรียในระบบหมักที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่าง ๆ อนึ่งข้อมูลการทดลองนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองระบบหมักยูเอเอสบีชนิดขั้นตอนเดียว และข้อมูลการทดลองระบบหมักอื่น ๆ รวมทั้งจากระบบหมักขนาดอุตสาหกรรมในประเทศ ซึ่งใช้บำบัดน้ำกากส่าอีกด้วย เพื่อให้สามารถสรุปข้อดีข้อเสีย และประเมินความเหมาะสมของระบบหมักที่ทำการทดลองวิจัยนี้ ในการประยุกต์ใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

3.9 การเริ่มต้นการทำงานของระบบหมัก

หลังจากทำการสร้างและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง และทำการทดสอบการควบคุมระบบ รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงเติมตะกอนแบคทีเรียลงในถังหมักทั้งสอง โดยในถังหมักกรด (acid-phase digester) มีค่า SS เริ่มต้นประมาณ

15,800 มก./ล. และในถังหมักมีเทน (methane-phase digester) มีค่า SS เริ่มต้นประมาณ 35,100 มก./ล. จากนั้นเริ่มป้อนน้ำกากส่าเข้าสู่ระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.25 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน (เจือจางน้ำกากส่าให้มีความเข้มข้น COD 4,800 มก./ล. และควบคุมอัตราการไหลที่ 4 ลิตร/วัน โดยใช้อัตราส่วนการรีไซเคิลระหว่างน้ำที่ออกจากระบบกับน้ำกากส่า เท่ากับ 1:1) เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงแบคทีเรียในระบบ พร้อมกันนั้นได้ทำการปรับอุณหภูมิของระบบจาก 30 °ซ เป็น 55 °ซ ด้วย โดยปรับเพิ่มอุณหภูมิขึ้นวันละ 2 °ซ

แต่เนื่องจากช่วงแรกของการเริ่มดำเนินการทดลองนี้ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากถังหมักทั้งสองได้ เนื่องจากมีปัญหาที่ท่อทางออกของก๊าซ ซึ่งต้องหาสาเหตุและทำการแก้ไขไปด้วยในขณะเดียวกันกับการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ เริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 28 หลังจากเริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ อย่างไรก็ตามในช่วงนี้ก็ยังไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซจากถังหมักกรดได้ เนื่องจากก๊าซที่เกิดขึ้นนั้นออกไปทางท่อน้ำเสียทางด้านข้างของถังหมักมากกว่าที่จะออกทางด้านบนของถังหมัก ซึ่งต้องทำการปรับระดับของท่อทางออกของก๊าซ ให้มีความต้านทานน้อยกว่าท่อทางออกของน้ำเสียอย่างเหมาะสม เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นออกทางด้านบนของถังหมักไปผ่านเครื่องวัดก๊าซตามต้องการ ดังนั้นข้อมูลในช่วงแรกนี้จึงไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.25 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน จึงมิได้นำข้อมูลมาแสดงไว้

หลังจากป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 0.25 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน ได้ 40 วันแล้ว จึงเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ขึ้นเป็น 0.50 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน (เจือจางน้ำกากส่าให้มีความเข้มข้น COD ประมาณ 9,300 มก./ล. ควบคุมอัตราการไหลที่ 4 ลิตร/วัน และอัตราส่วนการรีไซเคิลเท่ากับ 1:1) เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) แล้วจึงเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ขึ้นเรื่อย ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จนกว่าระบบจะเสียสมดุล

ในการทดลองนี้ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 384 วัน โดยเพิ่มอัตราการป้อนสารอินทรีย์ขึ้นจาก 0.25 ไปจนถึง 13.05 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน การทดลองแต่ละอัตราการป้อนสารอินทรีย์ได้ทำการเก็บข้อมูลจนกระทั่งระบบหมักเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) การพิจารณาว่าระบบหมักที่ทดลองเข้าสู่สภาวะคงตัวเมื่อประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพคงที่

<u>หมายเหตุ</u> ในช่วงของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10.0 และ 13.0 กก.ซีโอดี/ม.^{3}-วัน ได้มีการปรับอัตราส่วนการรีไซเคิลจาก 1:1 เป็น 3:1 ด้วย เพื่อช่วยให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น