

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(8)
รายการตารางภาคผนวก.....	(9)
รายการภาพประกอบ.....	(10)
รายการภาพประกอบภาคผนวก.....	(12)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
บทนำตั้งเรื่อง.....	1
ตรวจเอกสาร.....	3
แหล่งที่มาและคุณสมบัติของน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	3
กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม.....	3
ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	6
การผลิตก๊าซมีเทน.....	8
กระบวนการผลิตก๊าซมีเทน.....	8
ปัจจัยในการเดินระบบบำบัดแบบไร้อากาศ.....	11
ชนิดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้กับน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	20
ถังบำบัดชั้นตอนเดียว.....	20
ถังบำบัดสองชั้นตอน.....	27
วัตถุประสงค์.....	32
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	
วัสดุ.....	33
อุปกรณ์.....	34
วิธีการวิเคราะห์.....	34
วิธีการทดลอง.....	36
การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียและการศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิต น้ำมันปาล์ม.....	36
การสร้างถังปฏิบัติการ การเริ่มต้นระบบ และการดำเนินงานสำหรับการทดลอง.....	36

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการสร้างผลผลิตกรดไขมันระเหยง่าย ของถังผลิตกรด (UASB) ในระบบแบบสองชั้นตอน.....	39
การศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการสร้างผลผลิตก๊าซชีวภาพ ของถังผลิตมีเทน (UFAF) ในระบบแบบสองชั้นตอน.....	40
การศึกษาประสิทธิภาพการสร้างผลผลิตมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ชั้นตอนเดียวและสองชั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	41
การคำนวณประสิทธิภาพของระบบและการศึกษาจลพลศาสตร์ของการหมัก.....	42
<b>3. ผลและวิจารณ์</b>	
การศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม.....	45
การศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการสร้างผลผลิตกรดไขมันระเหยง่าย ของถังผลิตกรด (UASB) ในระบบแบบสองชั้นตอน .....	48
การศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการสร้างผลผลิตก๊าซชีวภาพ ของถังผลิตมีเทน (UFAF) ในระบบแบบสองชั้นตอน.....	63
การศึกษาประสิทธิภาพการสร้างผลผลิตมีเทนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ชั้นตอนเดียวและสองชั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	75
การศึกษาจลพลศาสตร์ของการหมัก.....	79
<b>4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b>	
สรุป.....	85
ข้อเสนอแนะ.....	86
เอกสารอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	93
ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ .....	94
ข วิธีวิเคราะห์น้ำเสีย.....	95
ค ข้อมูลผลการทดลอง.....	109
ง ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์ของการหมัก.....	125
ประวัติผู้เขียน.....	133

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ลักษณะน้ำเสียโดยเฉลี่ยจากโรงงานน้ำมันปาล์ม 4 โรงงาน.....	7
2. ผลของอุณหภูมิต่ออายุตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ.....	12
3. ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีเทน จากน้ำเสียแหล่งต่าง ๆ.....	13
4. ปริมาณสารประกอบคลอรีนไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ ในถังบำบัดน้ำเสีย แบบไร้อากาศที่มีผลยับยั้งกิจกรรมของแบคทีเรียให้ลดลงร้อยละ20.....	17
5. ปริมาณของโลหะหนักชนิดต่างๆ ในตะกอนของระบบไร้อากาศที่มีผลให้ อัตราการผลิตก๊าซลดลงร้อยละ 20.....	18
6. ลักษณะเฉพาะของน้ำเสียโรงงานผลิตน้ำมันจากดอกทานตะวัน.....	27
7. ลักษณะของน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการดำเนินงาน.....	30
8. ลักษณะของน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง.....	46
9. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในถังผลิตกรดที่ได้รับจากการดำเนินงานภายใต้สถานะคงตัวของระบบ.....	55
10. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในถังผลิตมีเทนภายใต้สถานะคงตัวของระบบ.....	71
11. ผลของการทดลองที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบขั้นตอนเดียวและสองขั้นตอน ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายใต้สถานะคงตัวของระบบ.....	76
12. สัมประสิทธิ์จลพลศาสตร์ของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ.....	80
13. สัมประสิทธิ์จลพลศาสตร์ของกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ.....	84

## รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก	หน้า
1. ช่วงของค่าบีโอดีและวิธีการเจือจางน้ำเสีย.....	97
2. ลักษณะของน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง.....	109
3. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างเริ่มต้นระบบ.....	110
4. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างของการเริ่มต้นระบบ.....	111
5. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง.....	113
6. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าพารามิเตอร์ ของถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการเริ่มต้นระบบ.....	116
7. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าพารามิเตอร์ ของถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง .....	117
8. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายใต้สถานะคงตัวของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการดำเนินงานของระบบ.....	120
9. ผลที่ได้จากการคำนวณจลพลศาสตร์ของการใช้สารอาหารสำหรับสร้างผลผลิต ในถังผลิตกรด.....	122
10. ผลที่ได้จากการคำนวณจลพลศาสตร์ของการสร้างผลผลิตก๊าซมีเทนในถังผลิตกรด.....	122
11. ผลของการศึกษาผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการผลิตมีเทนภายใต้สถานะคงตัว ของถังผลิตมีเทนในระหว่างช่วงดำเนินงานของระบบ.....	123
12. ผลที่ได้จากการคำนวณจลพลศาสตร์ของการใช้สารอาหารสำหรับสร้างผลผลิต ในถังผลิตมีเทน.....	124
13. ผลที่ได้จากการคำนวณจลพลศาสตร์ของการสร้างผลผลิตก๊าซมีเทนในถังผลิตมีเทน.....	124
14. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์อัตราการใช้สารอาหารของถังผลิตกรด.....	125
15. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตกรด.....	126
16. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตกรด.....	127
17. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตกรด.....	128
18. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์อัตราการผลิตมีเทนของถังผลิตมีเทน.....	129
19. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตมีเทน.....	130
20. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตมีเทน.....	131
21. ตัวอย่างการคำนวณจลพลศาสตร์การทดลองของถังผลิตมีเทน.....	131

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
1. แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบในกระบวนการผลิตแบบใช้น้ำที่มีการใช้เครื่องตีแคนเตอร์.....	4
2. แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบในกระบวนการผลิตแบบใช้น้ำที่มีการใช้เครื่องซีพารเตอร์.....	5
3. ลักษณะของถังหมักชนิด Fixed film reactor.....	23
4. ลักษณะของถังหมักชนิด Up-flow anaerobic sludge blanket reactor (UASB).....	25
5. ระบบบำบัดแบบสองขั้นตอนระหว่าง CSTR และ UFAF ที่สำหรับใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ.....	29
6. แผนภาพของระบบถังปฏิกรณ์ UASB ที่ใช้สำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ.....	31
7. โครงร่างแสดงระบบการหมักไร้อากาศแบบ 2 ขั้นตอนที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสีย โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง.....	37
8. ลักษณะเฉพาะของวัสดุรองรับที่ใช้สำหรับให้จุลินทรีย์เจริญยึดเกาะภายใน ถังปฏิกรณ์ UFAF.....	38
9. ผลของอัตราการป้อนสารอาหารต่อการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายและการเปลี่ยนแปลง ค่าพีเอชของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการเริ่มต้นระบบ .....	49
10. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อปริมาณผลผลิตของก๊าซชีวภาพที่ถูกสร้างขึ้น ของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการเริ่มต้นระบบ.....	50
11. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของถังผลิตกรด ในช่วงระหว่างการเริ่มต้นระบบ.....	51
12. ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อปริมาณของกรดไขมันระเหยง่าย ที่ถูกผลิตขึ้นในถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง.....	53
13. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของถังผลิตกรด ในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง.....	56
14. ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อผลผลิตของก๊าซชีวภาพทั้งหมด และมีเทนของถังผลิตกรดในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง .....	58
15. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของถังผลิตกรด ในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง.....	60
16. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายและการผลิตมีเทน ของถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการเริ่มต้นระบบ.....	64

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
17. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการผลิตก๊าซอื่นๆ และมีเทนของถังผลิตมีเทนในช่วงเริ่มต้นของระบบ.....	65
18. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเสียที่ออกจากถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการเริ่มต้นของระบบ .....	66
19. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีของถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการเริ่มต้นของระบบ.....	67
20. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดและมีเทนของถังผลิตมีเทนในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลอง.....	69
21. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ต่อสัดส่วนของผลผลิตมีเทนที่มีอยู่ในก๊าซชีวภาพทั้งหมดในช่วงระหว่างการดำเนินงานของการทดลองของถังผลิตมีเทน.....	70
22. ผลของอัตราการป้อนสารอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีในช่วงระหว่างการทดลองของถังผลิตมีเทน.....	73
23. กราฟแสดงความเข้มข้นของสารอาหารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ของถังผลิตกรด.....	80
24. การเปลี่ยนแปลงของค่าที่ได้รับจากการทดลองและค่าที่ได้รับจากทฤษฎีของอัตราการลดค่าซีไอดี ( $R_s$ ) และความเข้มข้นของสารอาหารที่ไม่สามารถย่อยสลาย ( $S_c$ ) ได้ในน้ำเสีย.....	82
25. การเปลี่ยนแปลงค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากทฤษฎีของอัตราการผลิตมีเทน ( $Q_m$ ) และความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำเสียที่มีการย่อยสลายได้ ( $S_c$ ) .....	83

## รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบภาคผนวกที่	หน้า
1. กราฟแสดงความเข้มข้นของสารอาหารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ของถังผลิตกรด.....	125
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_c$ กับ $S_c/R_s$ ที่ได้รับจากการคำนวณ ของถังผลิตกรด.....	127
3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_c$ กับค่า $R_s$ (Exp.) และ $R_s$ (Theor.) ที่ได้รับ จากการคำนวณของถังผลิตกรด.....	128
4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสร้างผลผลิตมีเทน( $Q_M$ ) กับ $1/HRT$ ที่ได้รับ จากการคำนวณของถังผลิตมีเทน.....	129
5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_c$ กับ $S_c/Q_M$ ที่ได้รับจากการคำนวณ ของถังผลิตมีเทน.....	130
6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $S_c$ กับ $S_c/R_s$ ที่ได้รับจากการคำนวณ ของถังผลิตมีเทน.....	132