

## บทที่ 3

### แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 แผนการทดลอง

ตลอดการทดลองใช้น้ำเสียจริงจากสะพานปลา จังหวัดสมุทรสาคร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

3.1.1 ช่วงที่ 1 ศึกษากระบวนการยูเอเอสบีอย่างเดี่ยว เป็นการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ ภาค วิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระบบ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

3.1.1.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเติมแบคทีเรียคัดสายพันธุ์ต่อประสิทธิภาพของระบบ

3.1.1.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของความเร็วไหลขึ้นต่อประสิทธิภาพของระบบ

กำหนดให้ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบีที่ใช้ในการทดลอง มีจุลินทรีย์แตกต่างกัน เพื่อหาจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการทำงาน ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ใช้ในถังปฏิกรณ์แต่ละชุดของการทดลองช่วงที่ 1 แสดงดังตาราง ที่ 3-1 และแผนการทดลองช่วงที่ 1 แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-1 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ใช้ในถังปฏิกรณ์แต่ละชุดของการทดลองช่วงที่ 1

| ชุดที่ | ลักษณะจุลินทรีย์  |
|--------|---|
| 1      | จุลินทรีย์ที่ใช้มาจากระบบยูเอเอสบี เป็นเม็ดขนาด 1-3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์ริน ฟู๊ด จังหวัดสมุทรสาคร  |
| 2      | จุลินทรีย์ที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ<br>1) เชื้อจากระบบยูเอเอสบี เป็นเม็ดขนาด 1-3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์ริน ฟู๊ด จังหวัดสมุทรสาคร<br>2) เชื้อจุลินทรีย์คัดสายพันธุ์จากห้องปฏิบัติการ 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) เป็นเชื้อประเภทที่มีการเติมเพอร์ริกคลอไรด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ |
| 3      | จุลินทรีย์ที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ<br>1) จุลินทรีย์จากระบบยูเอเอสบี เป็นเม็ดขนาด 1-3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์ริน ฟู๊ด จังหวัดสมุทรสาคร<br>2) จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์จากห้องปฏิบัติการ 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) เป็นเชื้อประเภทที่ไม่มีการเติมเพอร์ริกคลอไรด์              |

ตารางที่ 3-2 แผนการทดลองช่วงที่ 1

| การทดลองที่ | ชุดที่ | เวลากักเก็บ<br>(ชม.) | ความเร็วไหลขึ้น<br>(ม./ชม.) | อัตราสูบน้ำเสีย<br>(ลิตร/วัน) | อัตราสูบน้ำทั้งหมด<br>เวียน(ลิตร/วัน) |
|-------------|--------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1           | 1      | 12                   | 1                           | 4                             | 44                                    |
|             | 2      | 12                   | 1                           | 4                             | 44                                    |
| 2           | 1      | 12                   | 3                           | 4                             | 140                                   |
|             | 2      | 12                   | 3                           | 4                             | 140                                   |
|             | 3      | 12                   | 3                           | 4                             | 140                                   |

3.1.2 ช่วงที่ 2 ศึกษากระบวนการยูเอเอสบี - แอน็อกซิก - แอโรบิก เป็นการทดลองระดับต้นแบบ สาธิตนำร่อง โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์และใช้น้ำเสียจากสะพานปลา จังหวัดสมุทรสาคร ส่วนยูเอเอสบี ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในระยะยาวโดยเลือกยูเอเอสบี จากสภาวะที่เหมาะสมในช่วงแรก และส่วนแอน็อกซิก - แอโรบิก ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน โดยศึกษาอัตราการเวียนน้ำตะกอนจากส่วนแอโรบิกไปยังส่วนแอน็อกซิก แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

3.1.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการเวียนน้ำตะกอนที่ 200 เปอร์เซ็นต์

3.1.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการเวียนน้ำตะกอนที่ 400 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ใช้ในถังปฏิกรณ์แต่ละส่วนของการทดลองช่วงที่ 2 แสดงดังตารางที่ 3-3 และแผนการทดลองช่วงที่ 2 แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-3 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองแต่ละถัง

| ถังปฏิกรณ์ส่วน | ลักษณะจุลินทรีย์  |
|----------------|---|
| ยูเอเอสบี      | จุลินทรีย์ที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ<br>1) จุลินทรีย์จากระบบยูเอเอสบี เป็นเม็ดขนาด 1-3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์รีน ฟูด จังหวัดสมุทรสาคร<br>2) จุลินทรีย์คัดสายพันธุ์จากห้องปฏิบัติการ เป็นแบคทีเรียประเภท Halophilic Bacillus ที่มีการเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ |
| แอน็อกซิก      | แบคทีเรียจากระบบเอเอส เป็นปุ๋ยสีน้ำตาล ขนาด 0.1-0.3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์รีน ฟูด จังหวัดสมุทรสาคร   |
| แอโรบิก        | แบคทีเรียจากระบบเอเอส เป็นปุ๋ยสีน้ำตาล ขนาด 0.1-0.3 มม. จากโรงงานแปซิฟิก มาร์รีน ฟูด จังหวัดสมุทรสาคร   |

ตารางที่ 3-4 แผนการทดลองช่วงที่ 2

| การทดลองที่ | ตัวแปรควบคุม               | ถึงปฏิกรณ์ส่วน |           |         |
|-------------|----------------------------|----------------|-----------|---------|
|             |                            | ยูเอเอสบี      | แอน็อกซิก | แอโรบิก |
| 1           | อัตราน้ำเสียเข้าระบบ       | 0.75Q          | 0.25Q     | -       |
|             | อัตราการหมุนเวียนภายในระบบ | 8.5Q           | 2Q        | 0.75Q   |
|             | อายุตะกอน (วัน)            | -              | 20        | 20      |
| 2           | อัตราน้ำเสียเข้าระบบ       | 0.75Q          | 0.25Q     | -       |
|             | อัตราการหมุนเวียนภายในระบบ | 8.5Q           | 4Q        | 0.75Q   |
|             | อายุตะกอน (วัน)            | -              | 20        | 20      |

- Q = อัตราน้ำเสียที่ใช้ เท่ากับ 400 ลิตร/วัน

### 3.2 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

#### 3.2.1 ชุดอุปกรณ์ของการทดลองช่วงที่ 1 มีดังนี้

|                              |                    |   |     |
|------------------------------|--------------------|---|-----|
| - ถังพักน้ำทิ้ง              | ขนาดความจุ 20 ลิตร | 3 | ชุด |
| - ถังพักน้ำเสีย              | ขนาดความจุ 10 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี        | ขนาดความจุ 2 ลิตร  | 3 | ชุด |
| - อุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ |                    | 3 | ชุด |
| - เครื่องสูบน้ำแบบรีด 4 หัว  |                    | 1 | ชุด |
| - เครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม   |                    | 3 | ชุด |

ชุดอุปกรณ์การทดลองช่วงที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3-1 และผังการทำงานช่วงที่ 1 แสดง

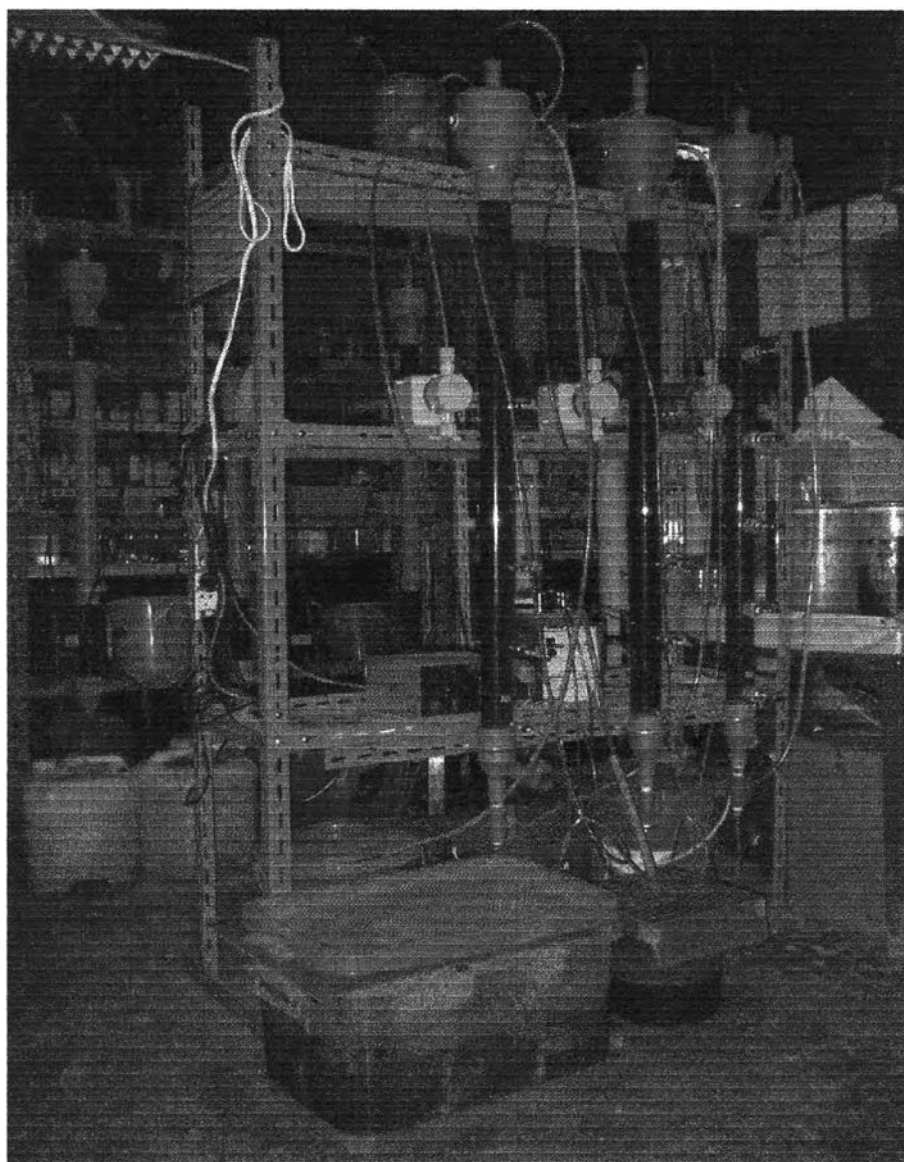
ดังรูปที่ 3-2

#### 3.2.2 ชุดอุปกรณ์ของการทดลองช่วงที่ 2 มีดังนี้

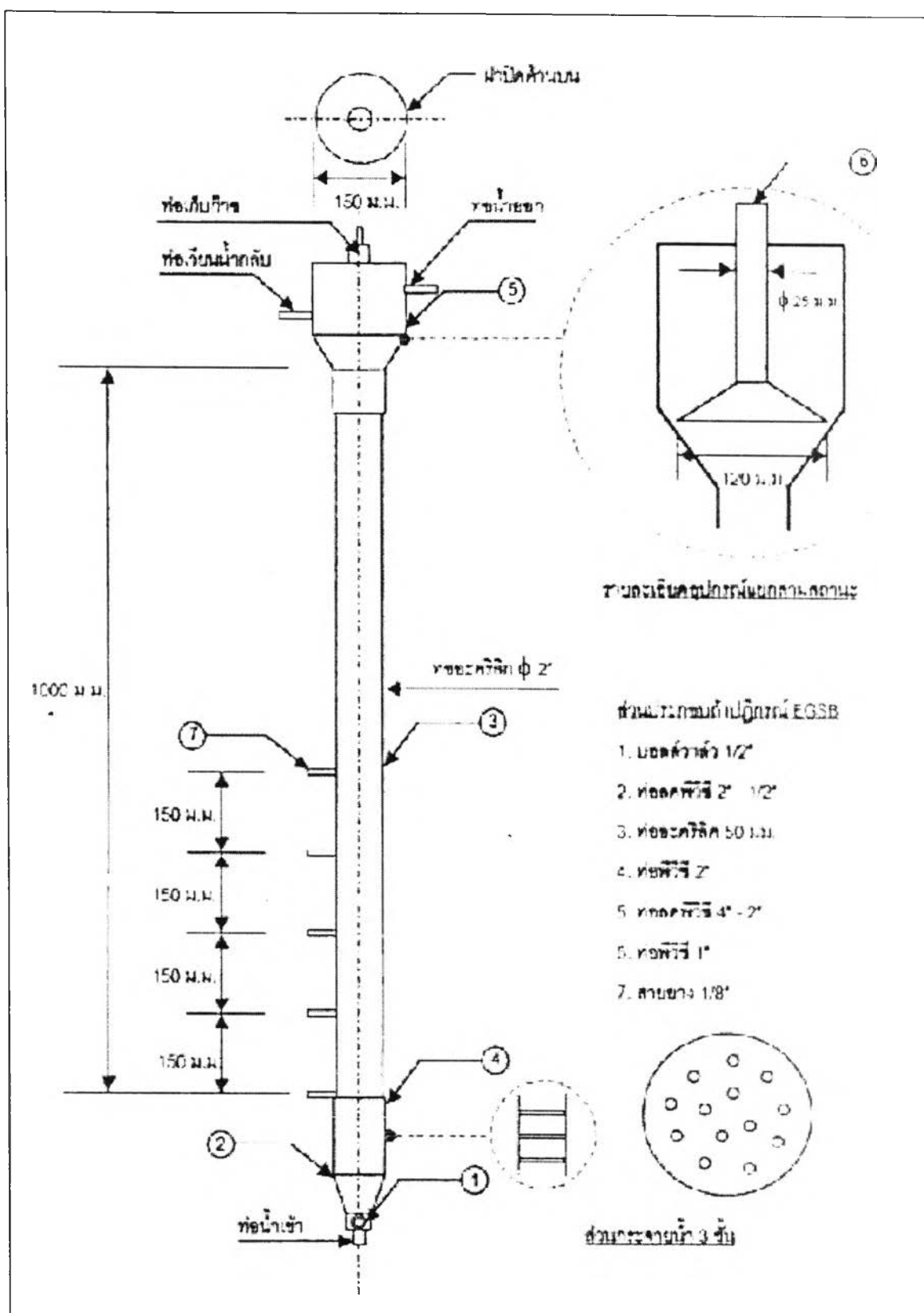
|                                       |                     |   |     |
|---------------------------------------|---------------------|---|-----|
| - ถังพักน้ำทิ้ง                       | ขนาดความจุ 150 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังพักน้ำเสีย                       | ขนาดความจุ 500 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี                 | ขนาดความจุ 200 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังปฏิกรณ์แอน็อกซิก                 | ขนาดความจุ 150 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังแอโรบิก                          | ขนาดความจุ 350 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังพักน้ำเวียนจากระบบยูเอเอสบี      | ขนาดความจุ 100 ลิตร | 1 | ชุด |
| - ถังสารเคมีปรับสภาพต่าง              | ขนาดความจุ 50 ลิตร  | 1 | ชุด |
| - ส่วนดักเม็ดตะกอนออกจากระบบยูเอเอสบี |                     | 1 | ชุด |
| - อุปกรณ์วัดก๊าซแบบแทนที่น้ำ          |                     | 1 | ชุด |

|                          |   |     |
|--------------------------|---|-----|
| - เครื่องเติมอากาศ       | 1 | ชุด |
| - เครื่องสูบน้ำหยดเชิง   | 2 | ชุด |
| - เครื่องสูบบแบบไดอะแฟรม | 1 | ชุด |
| - ชุด Air lift           | 1 | ชุด |

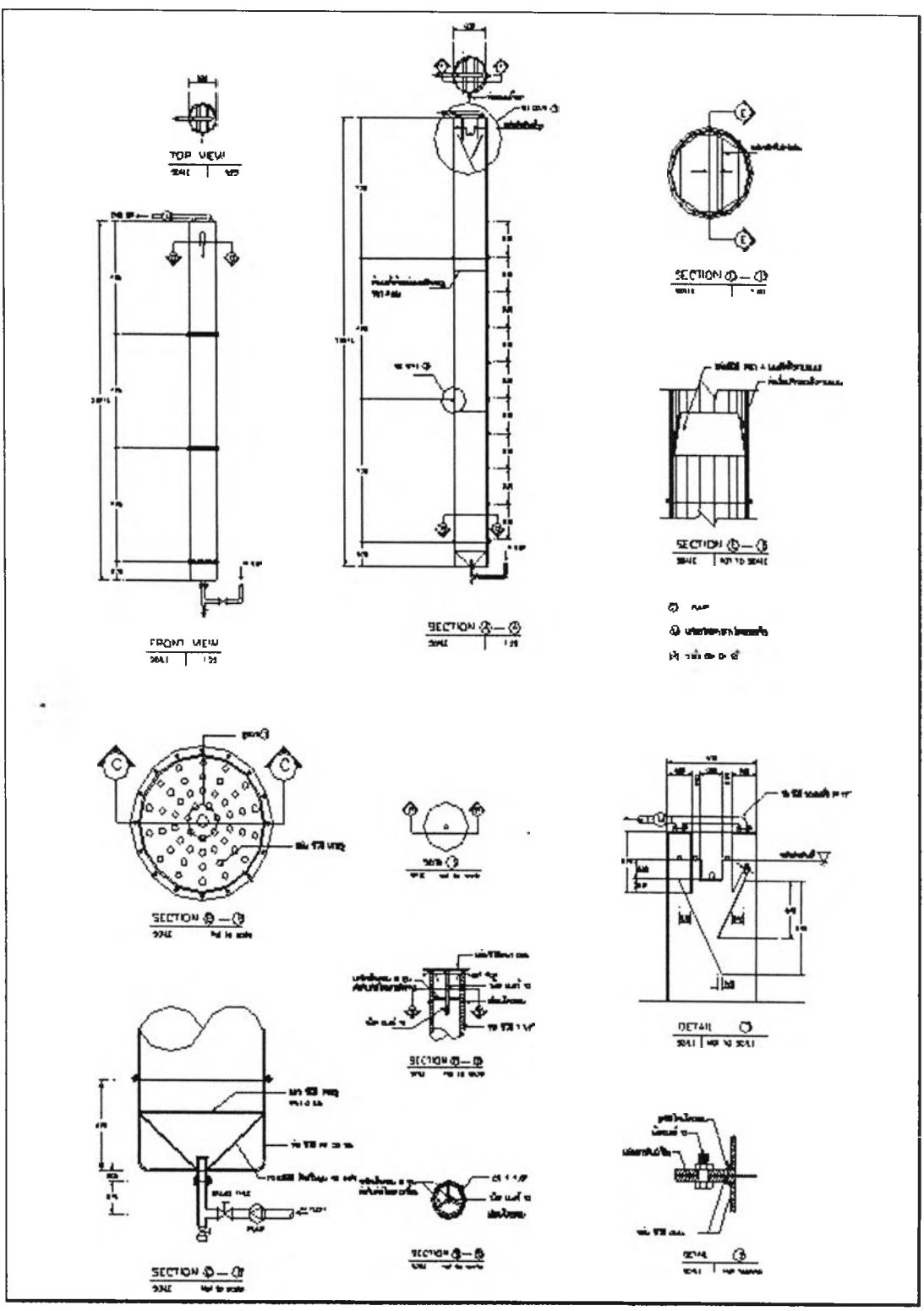
ผังการทำงานช่วงที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3-3



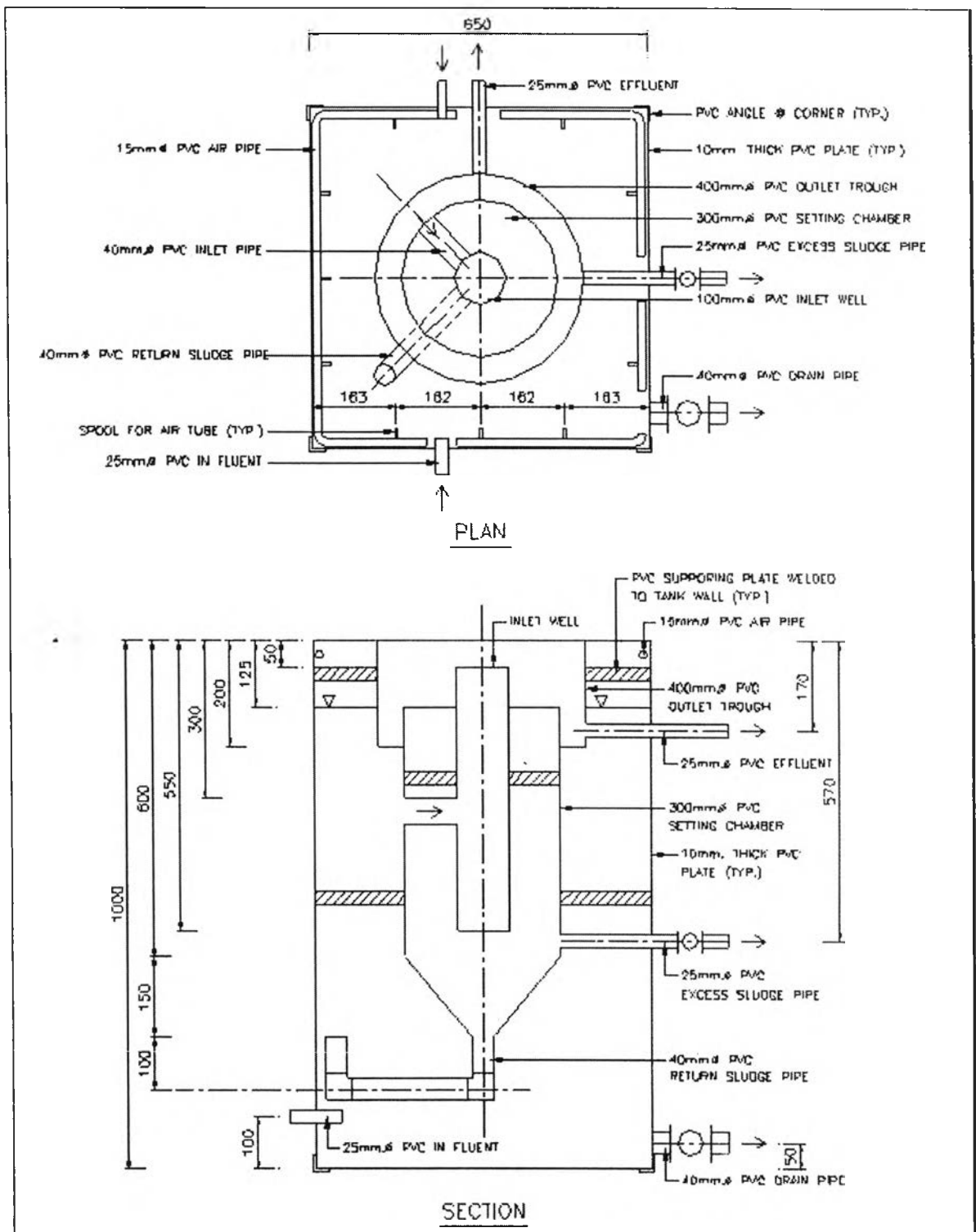
รูปที่ 3-1 ชุดอุปกรณ์ของการทดลองช่วงที่ 1 (ระดับห้องปฏิบัติการ)



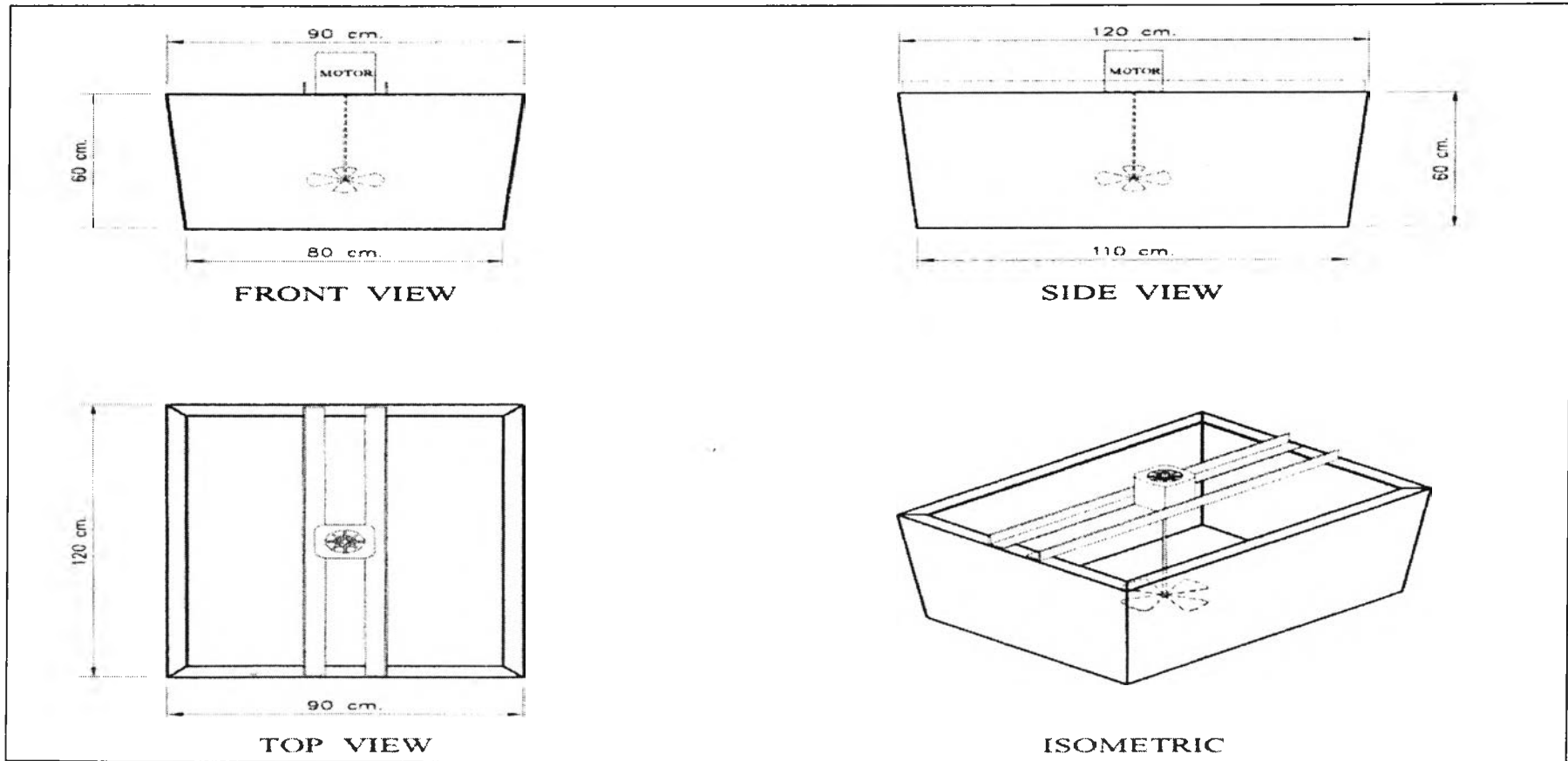
รูปที่ 3-2 ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี ระดับห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3-3 ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี ระดับต้นแบบสถาปัตย์นําร่อง

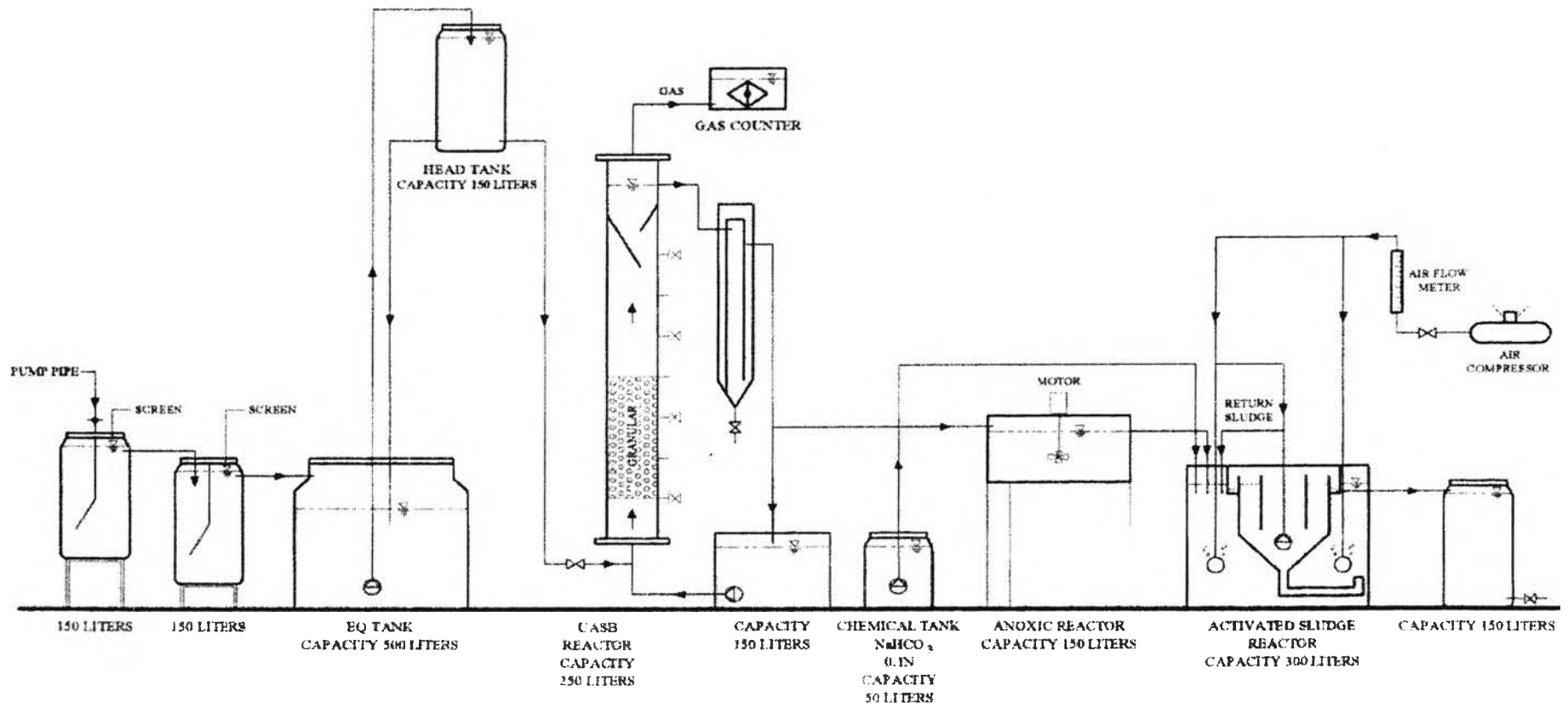


รูปที่ 3-4 ถังปฏิกรณ์แอโรบิก ระดับต้นแบบสาธิตนำร่อง



รูปที่ 3-5 ถังปฏิกรณ์แอนีออกซิก ระดับต้นแบบสาธิตนำร่อง





รูปที่ 3-6 ผังการทำงานของ การทดลองช่วงที่ 2 (ระดับต้นแบบสาธิตน้ำร่อง)

### 3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 จุดเก็บตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

| พารามิเตอร์                            | น้ำเสีย          | น้ำออกจาก        |                  |                  | ในถัง            |                  |                  |      |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
|  |                  | UA*              | Anx              | AS               | UA*              | Anx              | Aer.             | Sed. |
| พีเอช                                  | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A    |
| อุณหภูมิ                               | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A    |
| ไออาร์พี <sup>a</sup>                  | A                | A                | -                | -                | A                | -                | -                | -    |
| ปริมาตรก๊าซ                            | -                | -                | -                | -                | A                | -                | -                | -    |
| ความเค็ม                               | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A                | A    |
| ซีไอดี                                 | A                | A <sup>(f)</sup> | A <sup>(f)</sup> | A <sup>(f)</sup> | -                | -                | -                | -    |
| บีไอดี <sub>5</sub>                    | S                | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | -                | -                | -                | -    |
| ทีเคเอ็น                               | C                | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | -                | -                | -                | -    |
| แอมโมเนีย                              | S                | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | -                | -                | -                | -    |
| อินทรีย์ไนโตรเจน                       | S                | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | S <sup>(f)</sup> | -                | -                | -                | -    |
| ไนเตรต                                 | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | -                | C <sup>(f)</sup> | -                | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | -    |
| ไนไตรต                                 | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | -                | C <sup>(f)</sup> | -                | C <sup>(f)</sup> | C <sup>(f)</sup> | -    |
| สภาพต่างทั้งหมด                        | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | -    |
| สภาพต่าง HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | -    |
| ของแข็งแขวนลอย                         | A                | A                | -                | A                | A                | A                | A                | A    |
| วีเอสเอส                               | S                | S                | -                | S                | S                | S                | S                | S    |
| เอ็มแอลเอสเอส                          | -                | -                | -                | -                | -                | A                | A                | A    |
| เอ็มแอลวีเอสเอส                        | -                | -                | -                | -                | -                | A                | A                | A    |
| เอสวี 30                               | -                | -                | -                | -                | -                | A                | A                | -    |
| น้ำมันและไขมัน                         | S                | S                | S                | S                | -                | -                | -                | -    |
| กรดไขมันระเหยง่าย                      | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | B <sup>(f)</sup> | -    |
| เปอร์เซ็นต์ก๊าซ                        | -                | -                | -                | -                | S                | -                | -                | -    |
| จุลินทรีย์                             | -                | -                | -                | -                | B                | -                | -                | -    |

หมายเหตุ A หมายถึง ทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์

C หมายถึง ทุกวันจันทร์ และวันอาทิตย์

f หมายถึง กรองตัวอย่าง

B หมายถึง ทุกวันจันทร์

S หมายถึง ช่วง Steady state

<sup>a</sup> หมายถึง วิเคราะห์เฉพาะช่วงที่ 1

### 3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตลอดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 แสดงวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

| พารามิเตอร์         | วิธีการวิเคราะห์                           |
|---------------------|--|
| พีเอช               | เครื่องวัด pH                              |
| ออกซิเจน            | เครื่องวัด DO                              |
| โออาร์พี            | เครื่องวัด ORP                             |
| ปริมาณก๊าซทั้งหมด   | วัดปริมาณก๊าซแบบแทนที่น้ำ                  |
| ความเค็ม            | เครื่องวัด Salinity                        |
| ซีไอดี              | วิธี Close Reflux                          |
| บีไอดี <sub>5</sub> | วิธีการวิเคราะห์แบบเจือจางโดยไม่เติม seed  |
| ทีเคเอ็น            | วิธี Kjeldahl                              |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน  | วิธีการกลั่นและไตเตรท                      |
| ออร์แกนิก-ไนโตรเจน  | วิธีการกลั่นและไตเตรท                      |
| ไนเตรต              | Ion Chromatography                         |
| ไนไตรต์             | Ion Chromatography                         |
| สภาพต่างทั้งหมด     | วิธี Direct Titration ของ Anderson & Young |
| สภาพต่างไบคาร์บอเนต | วิธี Direct Titration ของ Anderson & Young |
| ของแข็งแขวนลอย      | GF/C filter                                |
| ของแข็งคงตัว        | GF/C filter                                |
| เอสวี <sub>30</sub> | Volumetric method                          |
| เอ็มแอลเอสเอส       | GF/C filter                                |
| เอ็มวีเอสเอส        | GF/C filter                                |
| น้ำมันและไขมัน      | วิธีสกัดด้วยซ็อกซ์เลต                      |
| กรดไขมันระเหย       | วิธี Direct Titration ของ Anderson & Young |
| เปอร์เซ็นต์ก๊าซ     | GC   |
| จุลินทรีย์          | ส่องกล้อง                                  |