

บทที่ 4

วัสดุที่ใช้และวิธีการทดลอง



4.1 คุณลักษณะของน้ำเสีย

ในการศึกษาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกคอนแทคท์นี้ ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าน้ำเสียจากส้วม เหตุที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เนื่องจากน้ำเสียจากบ่อเกรอะบ่อซึมของส้วมตึกสาม คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีคุณสมบัติไม่คงที่ น้ำเสียส่วนใหญ่เป็นปัสสาวะและยังมีสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดเจือปนอยู่มาก ในการทดลองนี้ได้ทดลองใช้น้ำเสียนี้ทำการทดลองอยู่ระยะหนึ่ง พบว่าค่า COD ต่ำมากประมาณ 100 มก./ลบ.ตม. จึงเลิกใช้ สำหรับน้ำเสียก่อนเข้าโรงกำจัดน้ำเสียแหล่งชุมชนห้วยขวางซึ่งนำมาใช้ทดลองวิจัยในระยะต่อมาก็ไม่เหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนน้ำเสียจากส้วมได้ (ตารางที่ 14) ทั้งนี้เพราะปัจจุบันนี้ได้มีการเจาะทะลุท่อน้ำเสียจากส้วม กับท่อน้ำชัก ล้าง อาบ รวมถึงท่อระบายน้ำฝนด้วย จึงมีความเข้มข้นต่ำ ค่า COD 200 มก./ลบ.ตม. การวิจัยต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นน้ำเสียจากการเอาอุจจาระ และปัสสาวะของคน 1 คน ที่ถ่ายออกมาในเวลา 1 วัน ผสมกับน้ำประปาจำนวน 60 ลิตร มีความเข้มข้นเป็น COD ประมาณ 1400 บก./ลบ.ตม. (ตารางที่ 15) โดยที่อุจจาระในแต่ละวันหนักประมาณ 300 กรัม WAGNER & LANOIX (1958) แสดงไว้ว่าปริมาณของเสียของคนเอเชียมีอุจจาระ 200-400 กรัมต่อคนต่อวัน (น.น. ชื่น) ในขณะที่คนยุโรป และอเมริกาถ่ายอุจจาระ 100-150 กรัมต่อคนต่อวัน WAGNER & LANOIX (1958) กำหนดปริมาณอุจจาระ 400 กรัมต่อคนต่อวัน ส่วนปัสสาวะ 2,300 กรัมต่อคนต่อวัน McDONALD (1952) ได้กำหนดปริมาณอุจจาระ 230-530 กรัมต่อคนต่อวัน กับปัสสาวะ 600-1,130 กรัมต่อคนต่อวัน สำหรับประเทศในเขตโซนร้อน นอกจากนี้ GOTTAAS (1956) ได้สรุปปริมาณอุจจาระปัสสาวะของคนถ่ายออกมาแต่ละวัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์หาคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำเสียก่อนเข้าโรงงานกำจัดห้วยขวาง, BOD_5 , COD , $Total$ Nitrogen, $S S$, pH , Alkalinity, Acidity.

| วันที่ | BOD_5 มก/ลบ.คม | COD มก/ลบ.คม | $Total N.$ มก/ลบ.คม | SS มก/ลบ.คม | pH | ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน มก/ลบ.คม | กรดไวแลทิล มก/ลบ.คม |
|-----------|---------------------|-------------------|------------------------|------------------|------|----------------------------------|------------------------|
| 5 Dec 77 | 100 | 194 | 23.05 | 62 | 7.85 | 590 | 65 |
| 6 Dec 77 | 92 | 184 | 24.52 | 69 | 8.00 | 265 | 35 |
| 7 Dec 77 | 86 | 177 | 23.15 | 63 | 8.20 | 310 | 65 |
| 8 Dec 77 | 94 | 213 | 21.83 | 64 | 8.00 | 270 | 60 |
| 9 Dec 77 | 98 | 200 | 22.35 | 73 | 8.10 | 290 | 30 |
| 10 Dec 77 | 135 | 258 | 36.25 | 115 | 8.00 | 405 | 73 |
| 11 Dec 77 | 114 | 217 | 34.79 | 61 | 7.80 | 470 | 50 |
| 12 Dec 77 | 109 | 216 | 26.22 | 68 | 7.95 | 495 | 65 |

ตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์หาคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำ 60 ลิตรผสมอุจจาระคน 1 วัน ปัสสาวะคน 1 วัน

| วันที่ | <i>BOD</i> ₅ มก/ลบ.คม | <i>COD</i> มก/ลบ.คม | <i>Total N.</i> มก/ลบ.คม | <i>SS</i> มก/ลบ.คม | <i>pH</i> | ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน มก/ลบ.คม | กรดไวแลล มก/ลบ.คม |
|-----------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|----------------------|
| 12 Jan 78 | 756 | 1125 | 85 | 440 | 7.30 | 800 | 250 |
| 13 Jan 78 | 895 | 1350 | 94 | 520 | 7.40 | 1090 | 360 |
| 16 Jan 78 | 987 | 1496 | 105 | 790 | 7.00 | 990 | 280 |
| 17 Jan 78 | 954 | 1354 | 92 | 560 | 7.75 | 680 | 145 |
| 18 Jan 78 | 978 | 1566 | 108 | 580 | 7.20 | 750 | 190 |
| 19 Jan 78 | 739 | 1028 | 78 | 430 | 7.05 | 950 | 265 |
| 20 Jan 78 | 905 | 1474 | 98 | 470 | 7.30 | 925 | 310 |

ตารางที่ 16 ปริมาณอุจจาระปัสสาวะที่คนถ่ายออกมาในแต่ละวัน (GOTAAS, 1956)

| ชนิดของเสียที่คนถ่าย | ปริมาณ, กรัมต่อคนต่อวัน | |
|----------------------|-------------------------|-----------|
| | น.น. ขึ้นสด | น.น. แห้ง |
| อุจจาระ | 135 - 270 | 35 - 70 |
| ปัสสาวะ | 1,000 - 1,300 | 50 - 70 |
| รวม | 1,135 - 1,570 | 85 - 140 |

น้ำเสียจากการผสมอุจจาระปัสสาวะกับน้ำ 60 ลิตร มีข้อเสียที่มี *Inert Solid* อยู่จำนวนมาก ต่อมาจึงใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า ทั้งนี้ได้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยอื่นๆ เช่นงานวิจัยของ VITON PUNYAKIJ (1976) (ตารางที่ 17) และ DAGUE (1970) ปรากฏว่าความเข้มข้นของปริมาณ BOD ใกล้เคียงกัน จึงให้ความเข้มข้นของ COD ในการผสมน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 1,400 มก./ลบ.คม. ส่วนสัดส่วนของการผสมตาม WEINBERGER (1949) ดังตัวที่แสดงไว้ในตารางที่ 18 ส่วนการผสมน้ำเสียสังเคราะห์ได้มีการเตรียมสารที่จะใช้ผสมทำน้ำเสียสังเคราะห์เป็นท่อ และเป็นสารละลายแต่ละชนิดๆ ที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อสะดวกในการผสมเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งจะผสมแต่ละวัน ปริมาณสารผสมที่ใช้ผสมเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมเป็น *Stock* แสดงในตารางที่ 19 สำหรับคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำเสียต่างๆ ได้แสดงไว้เป็นตารางเปรียบเทียบ (ดูตารางที่ 20)

4.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ระดับต่างกันขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้สาร เช่น สารเคมีที่ใช้ในการผสมเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ระดับ *Commercial grade* ส่วนในการวิเคราะห์หาคุณภาพทางเคมี เช่นหา COD เป็นต้นจะใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ระดับ *Lab. Grade* หรือระดับ *AR Grade*. สารเคมีที่ใช้แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 17 ที่แสดงส่วนผสม และคุณลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ของ VITON PUNYAKIJ
(1976) (Synthetic Sewage Composition)

COD = 1200 - 1400 mg/l

BOD = 800 - 1000 mg/l

pH = 7,0

| Ingredient | Constituent in the feed (gm/40 litu) |
|--|--------------------------------------|
| Glucose | 8,00 |
| Peptone | 24,00 |
| Lap Lemco Powder | 24,00 |
| Na (as NaHCO_3) | 32,00 |
| NH_3 (as NH_4HCO_3) | 11,28 |
| Ca (as $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) | 2,16 |
| Mg (as $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) | 4,08 |
| P (as KH_2PO_4) | 1,76 |

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณอาหาร ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัย (WEINBERGER's, 1949)

COD = 1400 mg/l

| Food Substance | Quantity (mg/l) | Remark |
|-----------------------------|-------------------|--------|
| <i>Organics:</i> | | |
| Nutrint broth | 450 | |
| Urea | 135 | |
| Castile soap | 225 | |
| Soluble starch | 450 | |
| <i>Inorganics:</i> | | |
| Sodium chloride | 135 | |
| Potassium chloride | 31,5 | |
| Magnisiam sulphate | 22,5 | |
| Aluminium sulphate | 22,5 | |
| Sodium dihydrogen phosphate | 112,5 | |
| Sodium bicarbonate | 756 | |
| Calcium chloride | 31,5 | |

ตารางที่ 19 ปริมาณสารผสมของน้ำเสียสังเคราะห์ในการทำ Stock

| สาร | ปริมาณ | ใช้ต่อครั้ง |
|---|---------------|-------------|
| Nutrient broth | 16 gm/pack | 1 pack |
| Castile soap | 8 gm/pack | 1 pack |
| Soluble starch | 16 gm/pack | 1 pack |
| Urea | 120 gm/500 ml | 20 ml |
| NaCl | 120 gm/500 ml | 20 ml |
| KCl | 20 gm/250 ml | 10 ml |
| CaCl ₂ | 28 gm/250 ml | 10 ml |
| Mg (SO ₄) | 20 gm/250 ml | 10 ml |
| Na ₂ HPO ₄ | 100 gm/500 ml | 20 ml |
| NaHCO ₃ | 26.88 gm/pack | 1 pack |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ | 20 gm/250 ml | 10 ml |
| Water (H ₂ O) | | 36 litres |

ตารางที่ 20 แสดงคุณลักษณะของน้ำเสียต่างๆ เปรียบเทียบ

| น้ำเสีย | BOD ₅ มก/ลบ.ตม | COD มก/ลบ.ตม | Total N. มก/ลบ.ตม | SS มก/ลบ.ตม | pH | ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน มก/ลบ.ตม | กรดไวลาไทล์ มก/ลบ.ตม |
|---------|------------------------------|-----------------|----------------------|----------------|-----------|----------------------------------|-------------------------|
| ก. | 94 - 135 | 177 - 258 | 21 - 36 | 62 - 115 | 7.85-8.20 | 265 - 590 | 30 - 73 |
| ข. | 739 - 987 | 1028 - 1566 | 78 - 108 | 430 - 790 | 7.00-7.75 | 680 - 1090 | 145 - 360 |
| ค. | 800 - 1000 | 1300 - 1500 | 85 - 108 | - | 7.00-7.30 | 800 - 1000 | 200 - 400 |
| ง. | 800 - 1000 | 1200 - 1400 | - | - | 7.0 | - | - |
| จ. | 740 | - | - | - | - | - | - |

หมายเหตุ ก. น้ำเสียก่อนเข้าโรงกำจัดน้ำเสียแหล่งชุมชนห้วยขวาง (สรุปจากตารางที่ 14)
 ข. น้ำเสียที่ผสมขึ้นโดยใช้อุจจาระ และปัสสาวะที่คนหนึ่งคนถ่ายในหนึ่งวัน (250 กรัม) และน้ำ 60 ลิตร (ตารางที่ 15)
 ค. น้ำเสียจากส้วมสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ (WEINBERGER, 1949)
 ง. น้ำเสียจากส้วมสังเคราะห์ที่เคยถูกใช้ในการวิจัย (VITON PUNYAKIJ, 1976)
 จ. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน ที่เคยถูกใช้ในการวิจัย (DAGUE et al 1970)

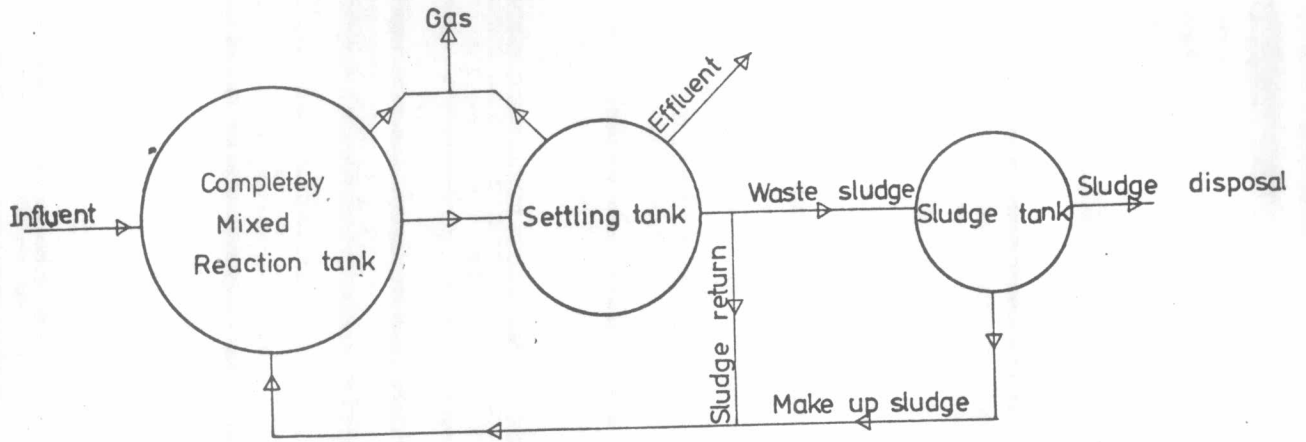
ตารางที่ 20'

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองวิจัย

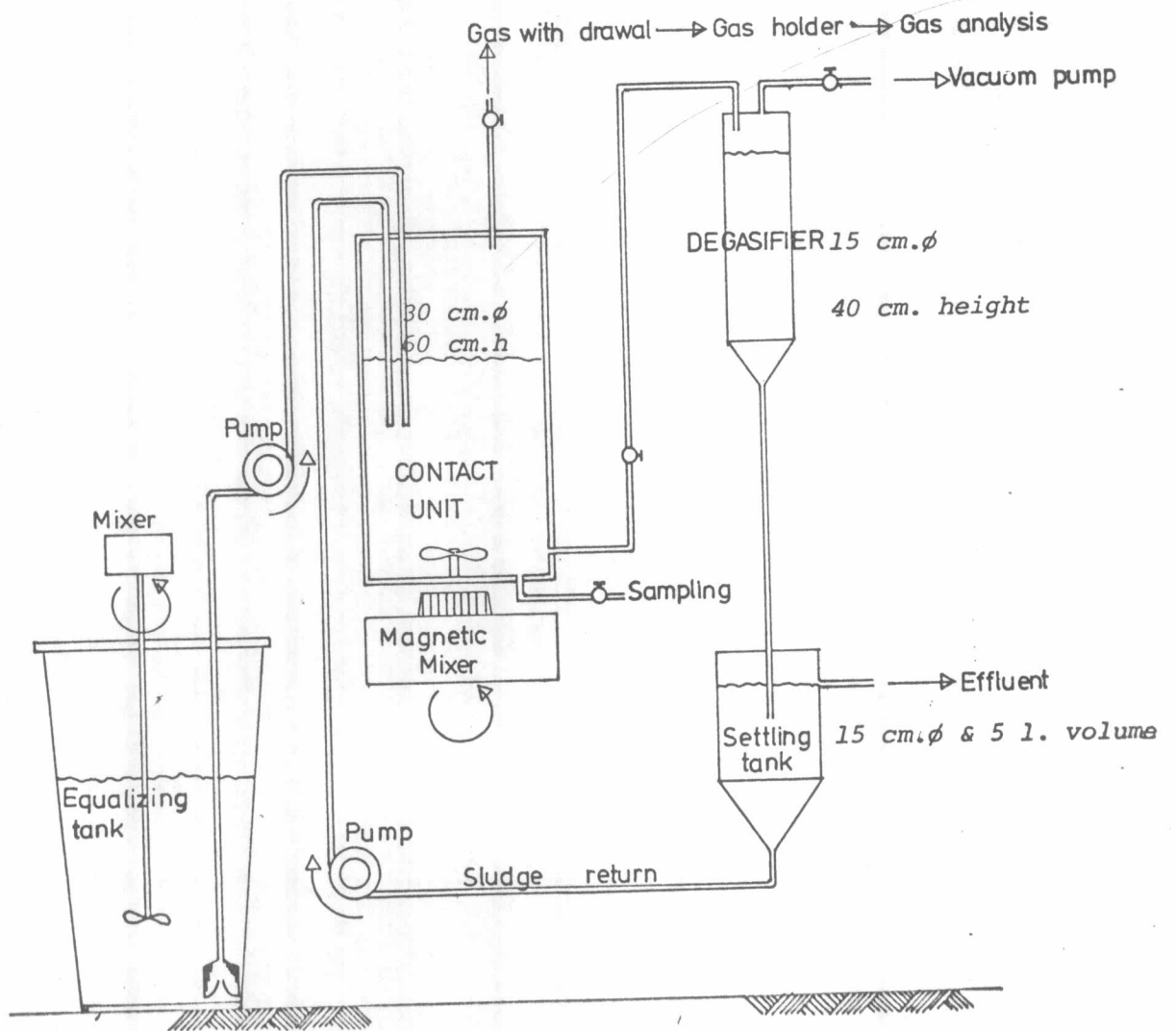
| สารเคมี | วิเคราะห์หา |
|----------------------------------|--------------------------------|
| $K_2Cr_2O_7$ (AR grade) | COD |
| H_2SO_4 | COD, Volatile acid, DO |
| Ag_3SO_4 | COD |
| $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ | COD |
| $HgSO_4$ | COD |
| Phenanthroline monohydrate | COD |
| $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | COD |
| NaOH | Alkalinity, DO(=BOD) |
| KH_2PO_4 | BOD, Phosphate buffer solution |
| K_2HPO_4 | " " " " |
| $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ | " " " " |
| NH_4Cl | " " " " |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | BOD |
| $CaCl_2$ | BOD |
| $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ | BOD |
| Na_2SO_3 | BOD |
| $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ | DO (=BOD) |
| NaI | DO |
| $(C_6H_{10}O_5)_x$ | DO |
| $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ | DO |
| KI | DO |
| HgI_2 | DO |
| NaN_3 | DO |

4.3 เครื่องมือทดลอง

วิธีการแอนแอโรบิกคอนแทคที่โดยทั่วไปหมายถึงแอนแอโรบิกแอกติเวทเตสลด (*Anaerobic Activated Sludge*) จากรูปที่ 15 ที่มีส่วนประกอบสำคัญที่แตกต่างจากระบบกำจัดแอนแอโรบิกแบบอื่น คือ มีการเก็บกักตะกอนให้มีปริมาณมากกว่าระบบอื่น และตะกอนผสมกับน้ำเสียที่ถูกกำจัดได้อย่างทั่วถึง การผสมอาจใช้การกวนใบพัด หรือการอัดก๊าซเข้าถังปฏิกรณ์ ซึ่งการทดลองนี้ใช้การกวนด้วยใบพัดทำด้วย PVC ที่มีแม่เหล็กฝังอยู่ภายใน และใบพัดนี้จะถูกเหนี่ยวนำให้หมุนโดยแม่เหล็กอีกตัวหนึ่งที่ติดตั้งอยู่ภายนอกถังปฏิกรณ์ แม่เหล็กตัวนอกหมุนโดยแรงขับของมอเตอร์ ส่วนการเก็บกักตะกอนในการทดลองนี้ทำสองวิธี คือ มีการเวียนวากกลับกากตะกอน (*Return Sludge*) ที่ตกตะกอนในถังตะกอน (*Settling Tank*) โดยเครื่องสูบกากตะกอนกลับ ก่อนที่น้ำจากถังปฏิกรณ์จะเข้าถังตกตะกอนใช้ตัวขจัดก๊าซ (*Degasifier*) เพื่อขจัดก๊าซออกจากน้ำทำให้การตกตะกอนดีขึ้น (จากรูปที่ 16) ส่วนวิธีการอีกวิธีหนึ่ง ใช้ผ้ากรองที่สามารถกักจุลินทรีย์ไม่ให้ผ่านออกไปได้ ทำให้การปฏิบัติงานสะดวกกว่าที่ไม่ต้องมีถังขจัดก๊าซ ถังตกตะกอน และเครื่องสูบกากตะกอนกลับ แต่มีปัญหาการอุดตันของผ้ากรอง ดังนั้นในการทดลองที่ใช้อัตราการไหลมากๆ จึงไม่สามารถใช้วิธีการเก็บกักตะกอนด้วยผ้ากรองต้องเปลี่ยนมาใช้วิธีเก็บกักตะกอนด้วยการเวียนวากกลับกากตะกอน การขจัดก๊าซออกจากน้ำผสมที่จะให้ตกตะกอนทำโดยวิธีการทางไฮดรอลิค (*Hydraulic*) ตามรูปที่ 18 คืออาศัยระดับความสูงของน้ำภายในถังที่มีดัดสูงกวาระดับปลายท่อปล่อยออกจากถังขจัดก๊าซก็จะเกิดความดันต่ำกว่าบรรยากาศขึ้นภายในถังขจัดก๊าซที่อยู่ในตะกอน จุลินทรีย์แยกออกได้เร็วขึ้น ก๊าซที่แยกออกมานี้จะอยู่ในถังขจัดก๊าซทำให้ระดับน้ำในถังขจัดก๊าซลดลง จึงต้องทำการสูบน้ำออกจากถังขจัดก๊าซเป็นประจำโดยเครื่อง *Vacuum Pump* ซึ่งถ้าไม่ดูดก๊าซออกเป็นประจำแล้ว ก๊าซที่หลุดออกจากน้ำผสมอาจแทนที่น้ำผสมในถังขจัดก๊าซมากจนไม่เหลือน้ำผสมในถังขจัดก๊าซเลย ในกรณีนี้ถังขจัดก๊าซจะหมดสภาพความดันต่ำกว่าบรรยากาศมีผลให้น้ำในถังปฏิกรณ์ ซึ่งมีระดับต่ำกว่าระดับต่ำกว่าระดับถังขจัดก๊าซไม่สามารถออกจากถังปฏิกรณ์ไปเข้าถังขจัดก๊าซ เพราะไม่มีความดันต่ำกว่าบรรยากาศในถังขจัดก๊าซช่วยอีกต่อไป การที่น้ำผสมในถังปฏิกรณ์ออกจากถังปฏิกรณ์ไปเข้าถังขจัดก๊าซไม่ได้ จะทำให้ระดับน้ำผสมนี้สูงขึ้นจนกระทั่งเต็มถังปฏิกรณ์ และออกทางท่อวัดปริมาตรก๊าซซึ่งเป็นท่อเล็กอยู่แล้ว หากออกไม่ทันจะมีผลให้ถังแตกรั่วได้

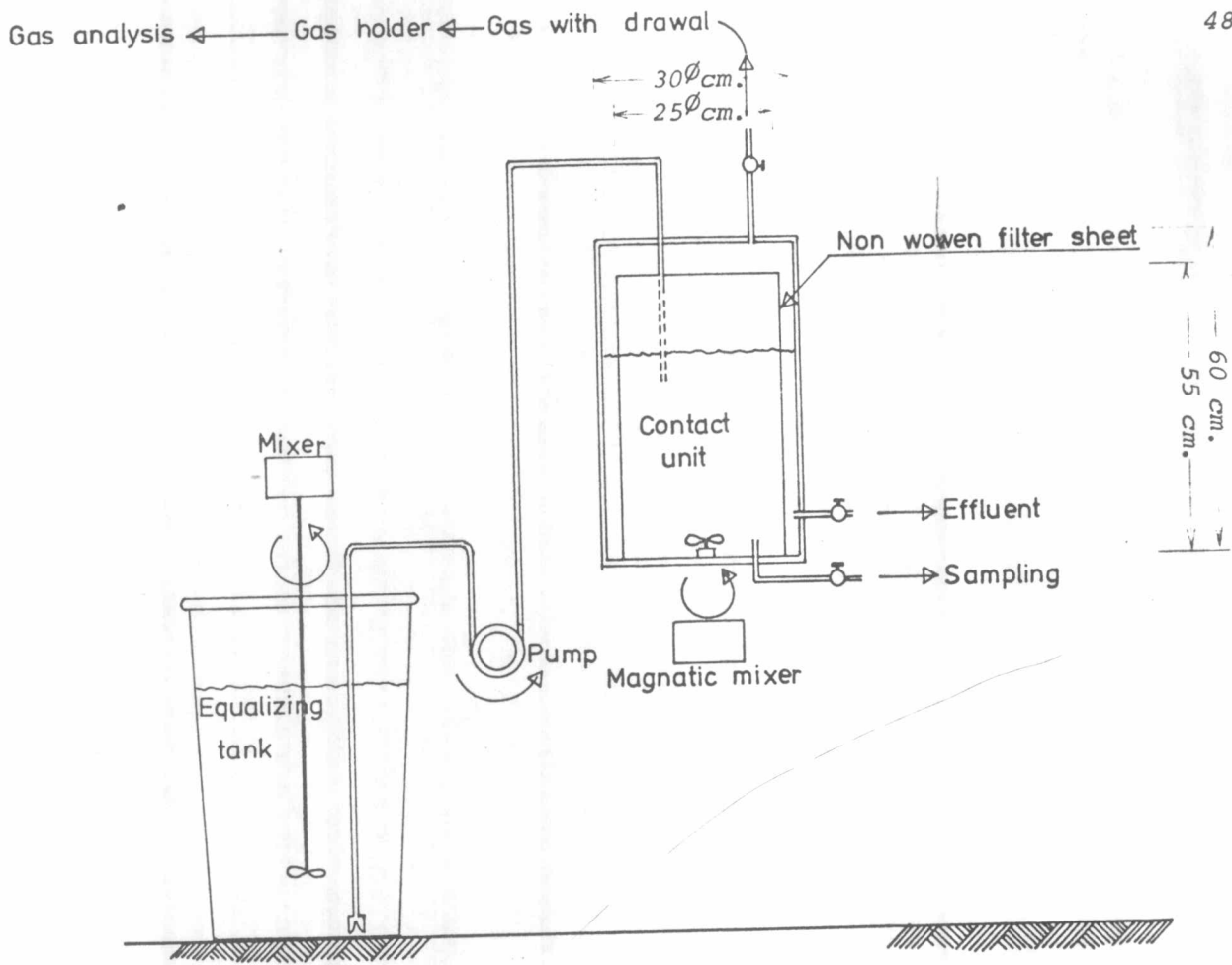


รูปที่ 15 FLOW DIAGRAM FOR ANAEROBIC ACTIVATED SLUDGE PROCESS

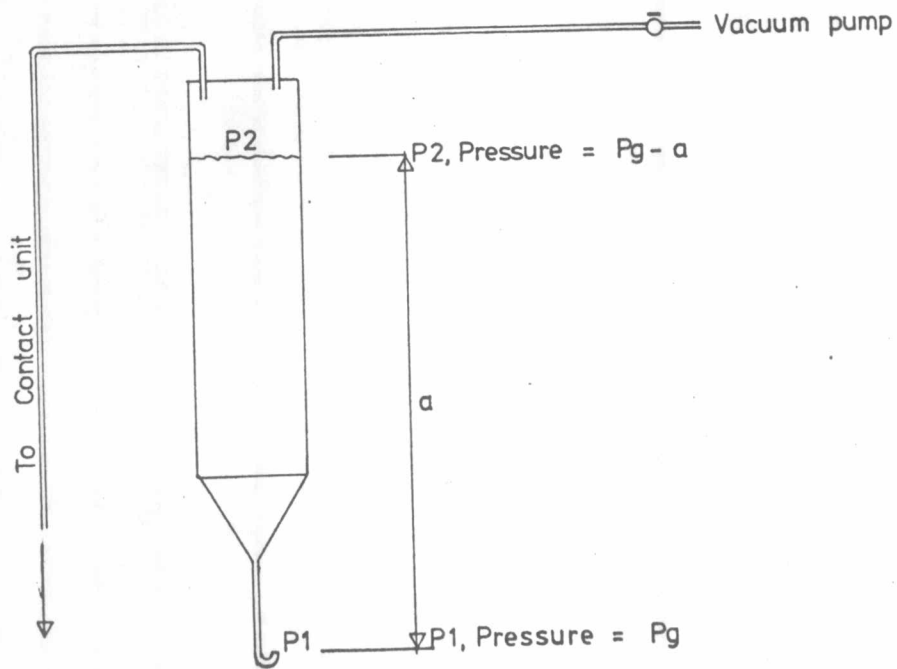


รูปที่ 16 วิธีการแอนแอโรบิก คอนแทคท์ (ANAEROBIC CONTACT PROCESS)

โดยการเวียนวกกลับกากตะกอน (แบบ ก.)



รูปที่ 17 วิธีการแอนแอโรบิกคอนแทคที่ใช้ผ้ากรองเก็บกักกากตะกอน (แบบ ข.)

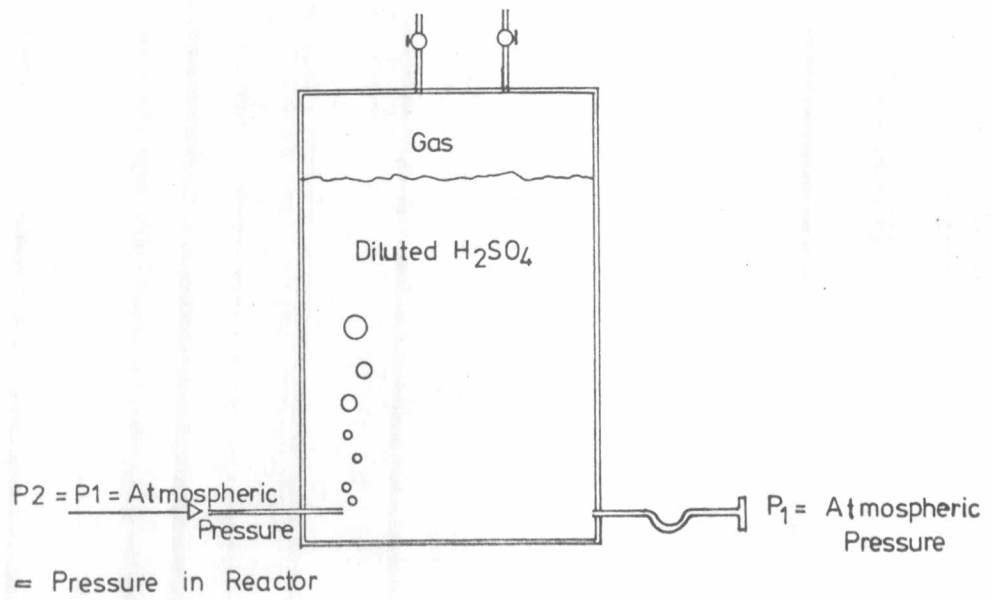


รูปที่ 18 แสดง DEGASIFIER

สำหรับถังเก็บก๊าซซึ่งวัดปริมาตรก๊าซเป็นตัวเก็บก๊าซที่สามารถควบคุมความดันได้ สามารถควบคุมความดันของก๊าซที่เข้าถังเก็บก๊าซให้มีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ เพื่อให้ถังปฏิกรณ์ทำงานที่ความดันบรรยากาศ (ดังรูปที่ 19) โดยให้ระดับปลายท่อที่ต่อมาจากถังปฏิกรณ์เข้าสู่ถังเก็บก๊าซสัมพันธ์กับปลายท่อน้ำที่ออกจากถังเก็บก๊าซ เช่น เมื่อระดับทั้งสองเท่ากันนั่นคือความดันของปลายท่อทั้งสองเท่ากัน และความดันของปลายท่อน้ำออกจากถังเก็บก๊าซเป็นความดันบรรยากาศ ดังนั้นความดันของปลายท่อเก็บก๊าซเข้าถังเก็บก๊าซก็จะเท่ากับความดันบรรยากาศด้วย และเมื่อต้องการวัดปริมาตรก๊าซก็ยกระดับของท่อน้ำออกจากถังขจัดก๊าซให้สูงขึ้น เท่ากับระดับน้ำในถังเก็บก๊าซจะทำให้ความดันของก๊าซภายในถังเก็บก๊าซเท่ากับความดันบรรยากาศ น้ำที่ใช้เติมถังเก็บก๊าซมีสภาพเป็นกรดเพื่อป้องกัน CO_2 ละลายซึ่งจะทำให้การวัดปริมาณ CO_2 ของก๊าซผสมรวมผิดพลาด

4.3.1 เครื่องทดลองแบบเก็บกักตะกอนโดยการเวียนวงกลับกากตะกอน

ถังปฏิกรณ์ทำด้วยแผ่น PVC รูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. สูง 60 ซม. เจาะท่อส่วนล่างสำหรับต่อสายยาง 0.5 จำนวน 1 ท่อ ไปต่อถังขจัดก๊าซหรือท่อน้ำออก ปิดฝาปิดชิดด้วยแผ่นวงกลม PVC ที่เจาะท่อสำหรับต่อสายยาง 0.5 ซม. จำนวน 3 ท่อ สำหรับต่อกับถังเก็บก๊าซ ถังน้ำเสียเข้าเครื่องและ Return Sludge Pump. สำหรับกันถังเป็นแผ่นวงกลม PVC หนา 0.4 ซม. ตรงจุดศูนย์กลางติดตั้งใบพัด PVC ที่มีแม่เหล็กฝังอยู่สามารถหมุนได้คล่อง เจาะท่อสำหรับต่อสายยาง 0.5 ซม. จำนวน 1 ท่อ เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในถังปฏิกรณ์ ถังปฏิกรณ์นี้มีความจุรวมทั้งหมด 42 ลบ.ตม. และขณะทดลองจะควบคุมระดับน้ำในถังปฏิกรณ์ให้อยู่ระดับความจุมากกว่า 0.45 ของความจุรวม ความจุที่เหลือจะเป็นก๊าซที่ได้จากระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) ใบพัด PVC ที่มีแม่เหล็กฝังอยู่ถูกเหนี่ยวนำโดยแม่เหล็กอีกอันหนึ่งภายนอกถังปฏิกรณ์ แม่เหล็กนี้ถูกติดตั้งไว้กับเครื่องหมุนที่ขับโดยมอเตอร์ ใบพัด PVC ดังกล่าวจะทำหน้าที่กวนน้ำในถังปฏิกรณ์ได้อย่างทั่วถึง (ตัวใบพัดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. หมุนด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที) ตามที่แสดงในรูปที่ 16 ท่อส่วนล่างของทรงกระบอกถูกต่อสายยางไปยังถังขจัดก๊าซซึ่งทำด้วยกระบอก PVC ที่มี 15 ซม. สูง 40 ซม. ฝาบนปิดชิดด้วยแผ่น PVC ที่เจาะท่อ 2 ท่อสำหรับต่อสายยางกับถังปฏิกรณ์และอีกท่อหนึ่งสำหรับต่อสายยางไปยังเครื่องสูบลอากาศ (Vacuum Pump) . ส่วนกันทำด้วย PVC เป็นกรวยที่ปลายต่อท่อ



รูปที่ 19 แสดงการเก็บก๊าซโดยความดันบรรยากาศ

สำหรับให้สายยางต่อไปยังถังตกตะกอนได้ (ดูรูปที่ 18) ความดันผิวน้ำในถังขจัดก๊าซ จะต่ำกว่าความดันของบรรยากาศ (P_g) และเท่ากับความดันของน้ำสูง a ซึ่งในการทดลอง a จะปรับได้ การปรับ a และปรับระดับถังขจัดก๊าซมีผลต่อการปรับระดับน้ำในถังปฏิกรณ์ จึงเป็นวิธีควบคุมระดับน้ำในถังปฏิกรณ์.

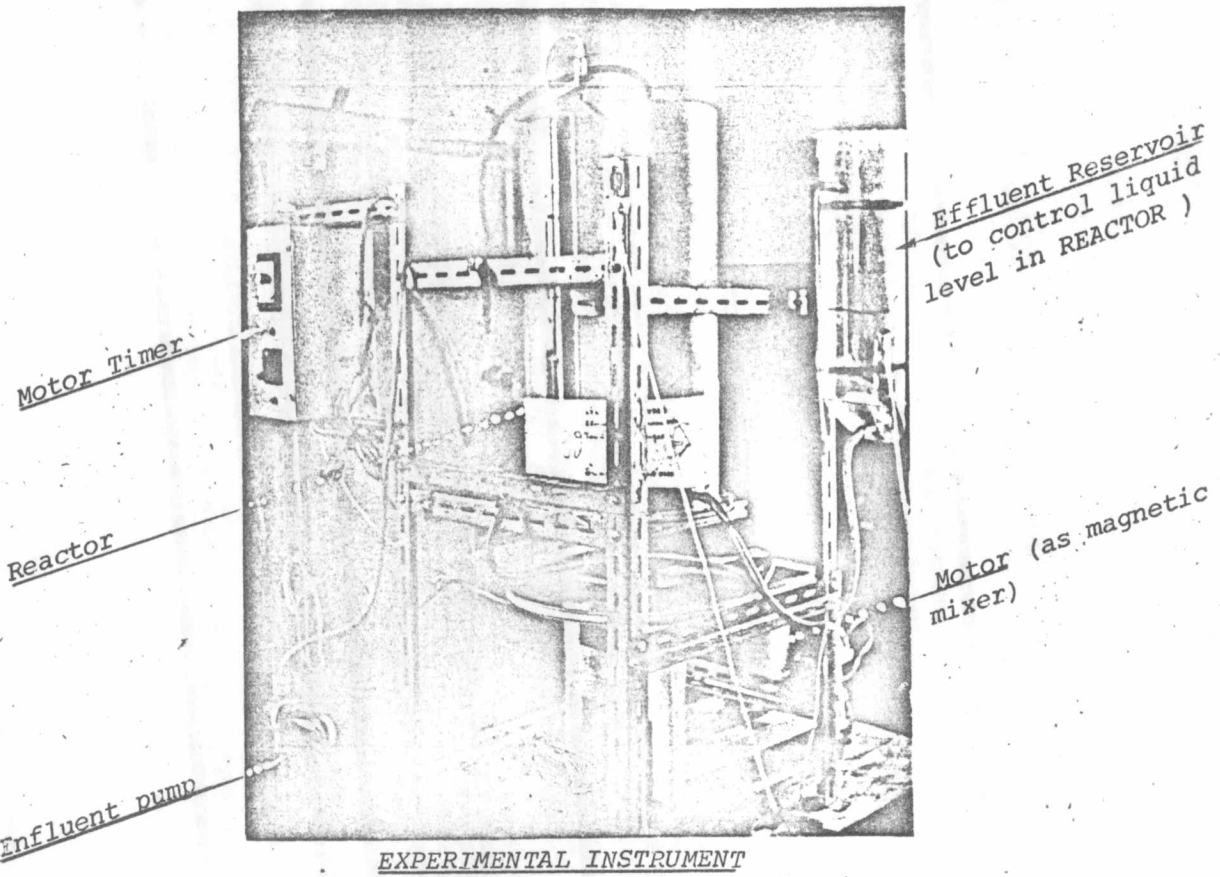
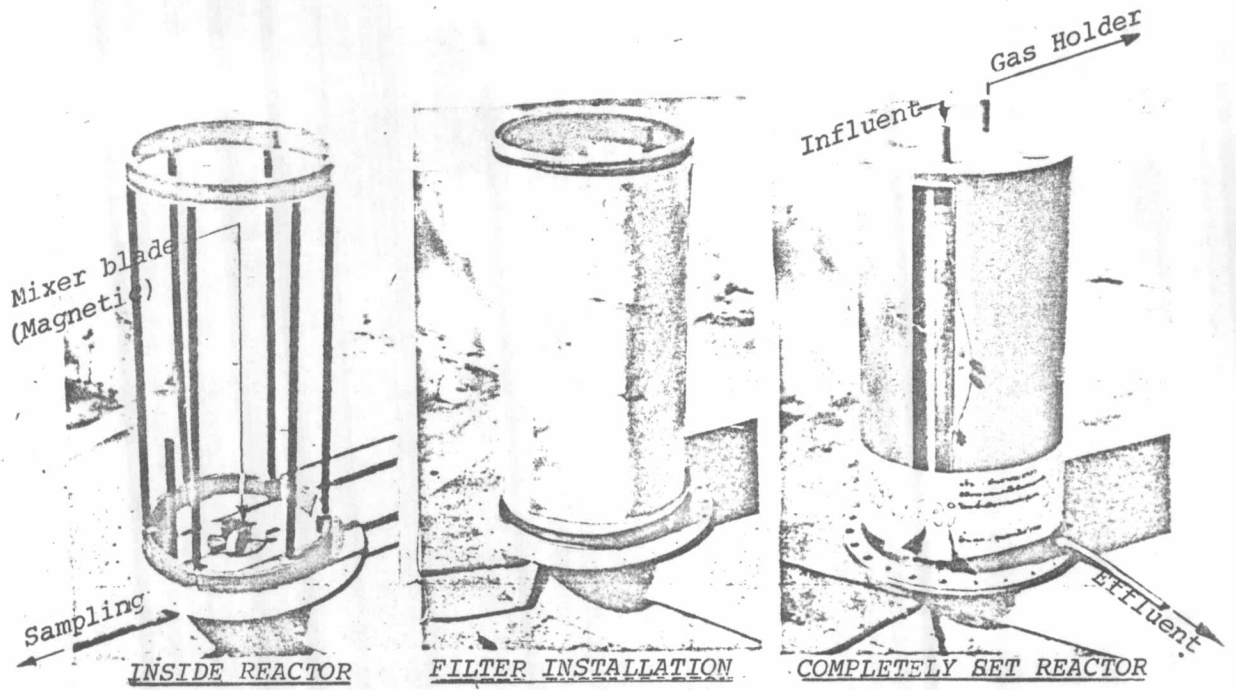
ถังตกตะกอนทำเป็นถังกลมทรงกระบอกได้ท้องเป็นกรวยด้วยวัสดุ PVC ใสทั้งหมดเพื่อสังเกตการตกตะกอนได้สะดวกกว่าถังปฏิกรณ์หรือถังขจัดก๊าซซึ่งเป็น PVC ทึบแสงและมีช่องเป็นแถบยาวด้วย PVC ใส ถังตกตะกอนนี้มีท่อสำหรับต่อสายยางที่ข้างถังเพื่อเป็นทางน้ำทิ้งออกจากระบบ และที่ปลายกรวยมีท่อต่อกับ *Return Sludge Pump* ซึ่งจะสูบกากตะกอน กลับเข้าถังปฏิกรณ์ต่อไป ถังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ความจุ 5 ลบ.ตม. พื้นที่ผิว 180 ตร.ซม. การรอกกลับตะกอนในการทดลองใช้ *pump* แบบรีดสายและสายยางใช้ *versilic tube*.

4.3.2 ถังปฏิกรณ์แบบมีการกักกรองกากตะกอนด้วยผ้ากรอง

รูปที่ 17 แสดงถังปฏิกรณ์แบบ ข. ขนาดและวัสดุตัดแปลงจากถังปฏิกรณ์แบบ ก. โดยการเพิ่มผ้ากรอง *non-woven filter sheet*. ที่เย็บเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซม. สูง 55 ซม. ยึดกับโครง PVC ซึ่งติดตั้งกับแผ่น PVC ท้องถัง. ผ้ากรองนี้จะทำหน้าที่กักไม่ให้จุลินทรีย์หลุดออกจึงสามารถเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ภายในเครื่องปฏิกรณ์. น้ำเสียเข้าเครื่องจะผสมกับน้ำเดิมภายในผ้ากรอง แล้วจึงผ่านผ้ากรองออกไปสู่วงนอก และออกจากถังทางท่อที่ต่อกับถังขจัดก๊าซในแบบ ก. แต่ในแบบ ข. นี้ไม่จำเป็นต้องมีระบบรอกกลับตะกอน เนื่องจากกักตะกอนได้. ท่อที่ต่อถังขจัดก๊าซจึงเป็นท่อน้ำออกจากระบบได้เลย ผ้ากรอง *non-woven filter sheet* มีสภาพหนา ทำจากสารโพลีเอสเตอร์ สามารถกรองได้ผลเท่ากับผ้ากรองแบบ *Nylon Monofilament Stencil Cloth No. 200 S* มีรูกว้าง 14 micron รูปที่ 20 เป็นรูปถ่ายเครื่องมือแบบเก็บกักตะกอน โดยการใช้ผ้ากรองกักกรองตะกอน

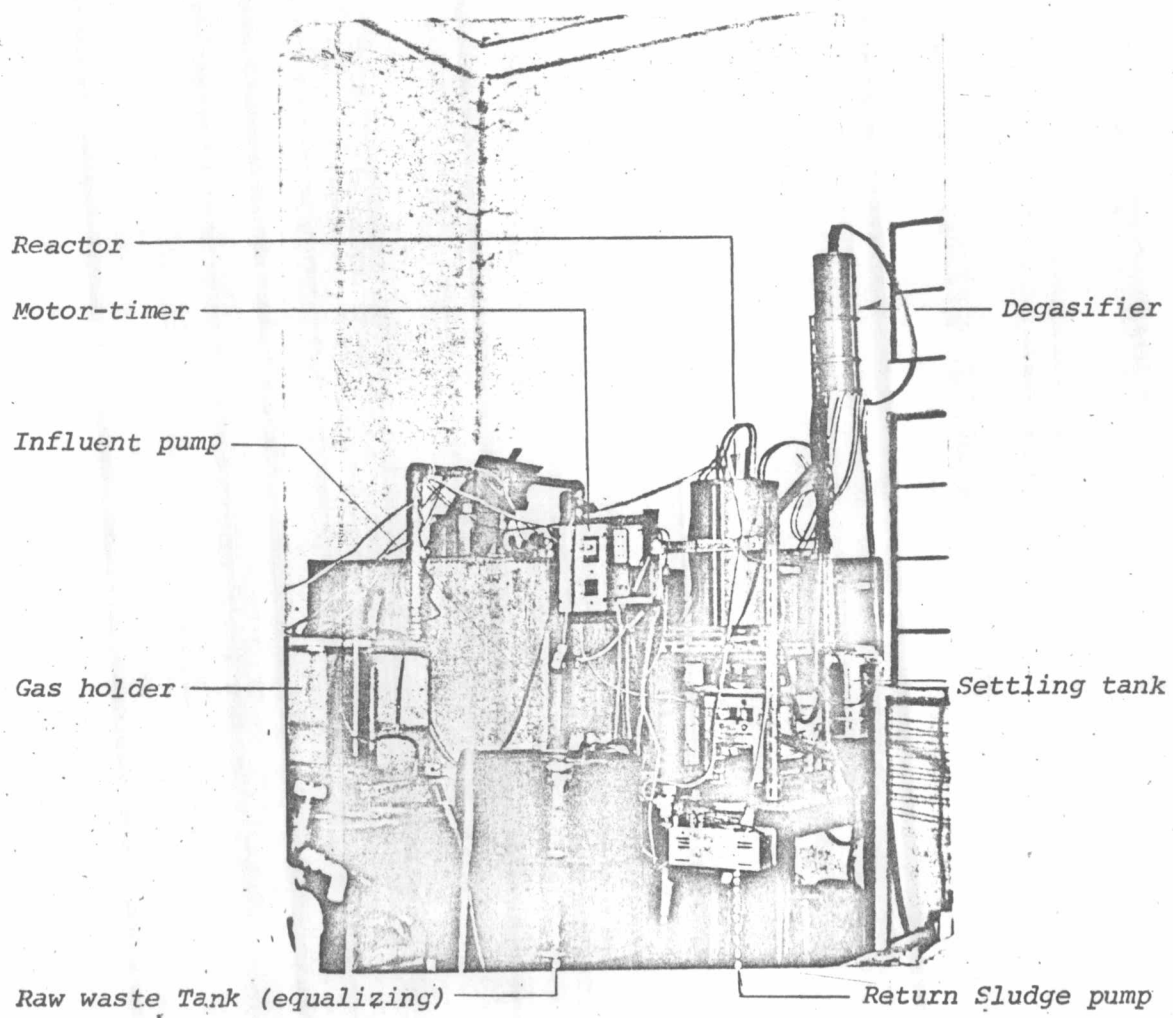
4.3.3 ถังเก็บก๊าซที่มีความดันบรรยากาศ

ถังเก็บก๊าซที่มีความดันบรรยากาศสามารถทำได้โดยให้ระดับสายยางท่อก๊าซอยู่ระดับเดียวกับระดับสายยางน้ำออกจากถังเก็บก๊าซ สำหรับขนาดและความสูงของถังไม่มีผลการควบคุมความดัน ถังเก็บก๊าซจะต้องมิดชิดไม่รั่ว เช่นเดียวกับถังปฏิกรณ์และถังขจัดก๊าซ. จากรูปที่ 19



EXPERIMENTAL INSTRUMENT

รูปที่ 20 ภาพถ่ายเครื่องมือที่ทำการทดลอง แบบมีกรรกักกรองกากตะกอน



EXPERIMENTAL INSTRUMENT

รูปที่ 21 ภาพถ่ายเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลอง แบบมีการวกกลับกากตะกอน

ท่อนถังเป็นท่อที่จะใช้เติมน้ำเข้าถังเก็บก๊าซ เพราะเมื่อก๊าซเข้าถัง น้ำจะออกจากถังจึงต้องเติมน้ำ ส่วนอีกท่อหนึ่งไว้ให้ก๊าซออกจากถังขณะเติมน้ำ. จึงสามารถวัดปริมาตรของก๊าซได้ และการให้น้ำในถังเก็บก๊าซมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย ทำให้วัดปริมาตรของก๊าซได้ถูกต้องขึ้นเพราะ CO_2 ละลายได้ดีในน้ำที่มี $pH = 7$. รูปที่ 20 เป็นภาพถ่ายเครื่องมือแบบเก็บกักตะกอนโดยการเวียนวากกลับจากตะกอน

4.4 แผนการทดลอง (outline of Procedure)

การวิจัยนี้มีขอบเขตศึกษาวิจัยถึงรายละเอียด เกี่ยวกับวิธีกำจัดแอนแอโรบิกคอนแทคท์ ในการกำจัดน้ำเสียจากส้วม โดยหาผลของ *SRT* และ *Organic Loading* ที่มีต่อ *Performance* ของระบบกำจัด ตัวแปรและแผนในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 22 ตารางที่ 20" แผนการทดลอง

| ตัวแปร | ระดับของตัวแปร | ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตาม |
|--|----------------|---------------------------|
| <i>SRT</i> , (วัน) | 4 | -Effluent COD |
| | 6 | -% COD removal |
| | 10 | -S S & VSS |
| | 17 | -การผลิตก๊าซ |
| | 32 | - CO_2 & CH_4 |
| <i>Organic loading</i> กก $BOD/m^3/วัน$ | 74 | <u>ตัวแปรที่ควบคุม</u> |
| | 0.25 | -pH |
| | 0.33 | -กรดโวลลาไทล์ |
| | 0.50 | -ความเป็นด่าง |
| | 0.66 | <u>ตัวแปรที่ไม่ควบคุม</u> |
| 1.00 | -อุณหภูมิ | |

ตารางที่ 20" (ต่อ) แผนการทดลอง

| ตัวแปร | ระดับของตัวแปร | |
|--|----------------|------------------------------|
| Organic loading กก BOD/ ³ /วัน | 1.25 | ตัวคองที่ -Influent Waste |
| | 2.00 | |
| | 4.00 | |

การทดลองวิจัยแบ่งออกเป็นสองระยะคือ ระยะแรกทำการทดลองเพื่อหาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง SRT ที่มีต่อระบบกำจัด ซึ่งจะช่วยให้ทราบ kinetic parameter ด้วย การเก็บกักตะกอนอาศัยผ้ากรองทำการกักกรองเพิ่มปริมาณตะกอนในถังปฏิกรณ์ (โดยเริ่มทดลองตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2521 จนถึงวันที่ 14 เมษายน 2521 รวม 95 วัน ซึ่งแบ่งเป็นช่วงบ่มเพาะเชื้อ (Acclimation) 26 วัน และช่วงปฏิบัติการทดลอง (Test Run) 69 วัน) ระยะที่สองทำการทดลองเพื่อหาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง Organic loading ที่มีต่อ performance ของระบบกำจัดด้วยการเก็บกักตะกอน อาศัยการเวียนวากกลับจากตะกอนทำการเพิ่มปริมาณตะกอนในถังปฏิกรณ์ (โดยเริ่มทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 15 ธันวาคม 2521 จนถึงวันที่ 30 เมษายน 2522 รวมเป็นเวลา 135 วัน ซึ่งแบ่งเป็นช่วงบ่มเพาะเชื้อ 32 วัน และช่วงปฏิบัติการทดลอง 103 วัน) และระยะทดลองทั้งสองระยะที่ทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. ช่วงบ่มเพาะเชื้อ (Acclimation)

การบ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์เป็นสิ่งจำเป็นในการเริ่มต้นเดินเครื่องเพื่อเร่งกระบวนการทำงานของระบบกำจัด ให้อยู่ในภาวะที่ทำการกำจัดได้ผลแบบ Steady state ของระบบกำจัด อีกประการหนึ่งในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ทดลองเกือบจะไม่มีจุลินทรีย์อยู่แล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีจุลินทรีย์ชนิดและจำนวนที่เหมาะสมกับน้ำเสียสังเคราะห์ อาศัยอยู่ภายในถังปฏิกรณ์ ในการบ่มเพาะเชื้อสามารถทำได้โดยใช้จุลินทรีย์ชนิดที่ใกล้เคียงกับจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับน้ำเสียสังเคราะห์ จึงต้องนำตะกอนจากถังหมักกากตะกอนน้ำเสียแหล่งชุมชนห้วยขวาง (Sludge Digestion Tank) มาเป็นตัวเชื้อ (seed) ใช้ตัวเชื้อนี้ผสมกับน้ำเสียสังเคราะห์เป็นระยะเวลาหนึ่ง ก็จะทำให้

จุลินทรีย์บางชนิดที่เหมาะสมกับน้ำเสียสังเคราะห์ ขยายพันธุ์เพิ่มจำนวน จนในที่สุดก็จะได้จุลินทรีย์ชนิดที่เหมาะสมกับน้ำเสียสังเคราะห์จำนวนมากพอ ก็สามารถทำการทดลองในขั้นต่อไป.

วิธีการ บรรจุน้ำเชื้อและน้ำเสียสังเคราะห์ผสมกันรวม 40 ลิตร เข้าไปในถังปฏิกรณ์ให้เต็มพอดี (ปริมาตรทั้งหมดของถังปฏิกรณ์ = 40 ลิตร) แล้วปิดท่อทุกท่อที่ต่อกับถังปฏิกรณ์โดยยกเว้นท่อน้ำออกจากเครื่อง ระดับน้ำผสมในถังปฏิกรณ์จะลดลงเล็กน้อยและจะหยุดลดลง แสดงว่าถังปฏิกรณ์และการต่อท่ออยู่ในสภาพดีไม่มีจุดรั่ว ภายในถังปฏิกรณ์จะมีสภาพแอนแอโรบิก จุลินทรีย์จะค่อย ๆ พื้นตัวทำการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์ ทำให้สามารถขยายในถังบางพื้นที่เหมาะสมด้วยน้ำเสียสังเคราะห์และผลิตก๊าซออกมา ซึ่งสามารถสังเกตจากระดับน้ำในถังปฏิกรณ์ลดระดับลงเนื่องจากก๊าซที่ผลิตแทนที่น้ำ ดังนั้นน้ำก็สามารถไหลออกทางท่อน้ำออกได้ ระดับน้ำในถังจึงลงได้ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 2 วัน ต่อจากนั้นเริ่มสูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าถังปฏิกรณ์ ด้วยอัตราการไหลต่ำแล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มอัตราไหลขึ้น โดยสังเกตปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แสดงว่าระบบกำจัดทำงานได้ผลจนกระทั่งเมื่อระดับน้ำผสมในถังปฏิกรณ์ ลดระดับลงอยู่ที่ 25 ลิตร จึงเปิดท่อเก็บก๊าซเพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้น สามารถเข้าไปอยู่ในถังเก็บก๊าซ และควบคุมให้ระดับน้ำในถังปฏิกรณ์อยู่ที่ระดับ 25 ลิตร ตลอดระยะเวลาที่ควบคุมตรวจสอบการทำงานของระบบ โดยตรวจสอบ pH กรดโวลทาไทล์ ความเป็นต่าง และปริมาณก๊าซ ตลอดจนเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ระบบกำจัดสามารถทำงานได้ผล และเพิ่มอัตราการสูบน้ำเข้าจนกระทั่งสามารถสูบน้ำเข้าเครื่องในอัตราการไหลที่จะทำการทดลอง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 เดือน

ในการทดลองนี้ได้ทำการบ่มเพาะเชื้อ 2 ครั้ง เพราะมีการเปลี่ยนน้ำเสียที่ใช้วิจัยและมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการเก็บกักตะกอนคือ เมื่อ 1 พฤศจิกายน 2520 เริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยใช้ น้ำสลัดผักสามัคคีวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นน้ำเชื้อและใช้น้ำก่อนเข้าโรงกำจัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางเป็นน้ำเสียวิจัย จนกระทั่งถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน 2520 ไม่ปรากฏการเกิดก๊าซเลย แสดงว่าน้ำเชื้อไม่มีจุลินทรีย์ชนิดแข็งแรง (Active Sludge) อาจจะเนื่องมาจากพิษจากสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาดห้องน้ำ จึงทำการบ่มเพาะเชื้อใหม่ โดยเปลี่ยนมาใช้น้ำเชื้อเป็นน้ำส่วนบนของถังหมัก (Digester Supernatant) ของโรงกำจัดน้ำเสียห้วยขวาง ซึ่งมี SS อยู่ 8,570 มก./ลบ.ตม. หรือ VSS อยู่ 8,150 มก./ลบ.ตม. ปรากฏว่าได้ผลมีก๊าซเกิดขึ้น

ภายในถังปฏิกรณ์มี pH 7.75 ความเป็นด่างไบคาร์บอเนต 590 มก./ลบ.คม. และกรดโวลลา-
ไทล์ 60 มก./ลบ.คม. จนกระทั่งวันที่ 12 ธันวาคม 2520 ปรากฏว่าค้ายที่เย็บผ้ากรองซึ่งเป็น
ค้ายธรรมชาติถูกย่อยสลายต้องนำมาเย็บใหม่ด้วยค้ายไนลอน แล้วจึงเริ่มบ่มเพาะเชื้อใหม่ในวันที่ 17
ธันวาคม 2520 และเปลี่ยนน้ำเสียเป็นน้ำ 60 ลิตร ผสมกับอุจจาระและปัสสาวะคน 1 วัน แทนอยู่
ระยะหนึ่ง จึงเปลี่ยนน้ำเสียทดลองวิจัยเป็นน้ำเสียสังเคราะห์แทนในที่สุด จนกระทั่งเกิดก๊าซสม่า-
เสมอ จึงเริ่มดูค้ำน้ำผสมในถังปฏิกรณ์ออกเพื่อให้ได้ SRT ที่ต้องการ จึงเริ่มทำการบันทึกข้อมูลเมื่อ
วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2521 จนกระทั่งผ้ากรองอุดตันในวันที่ 14 เมษายน 2521 จึงปรับปรุงเครื่อง-
มือทดลองให้การเก็บกักตะกอนโดยการเวียนวกกลับ โดยเพิ่มถังขจัดก๊าซและถังตกตะกอนกับเครื่อง-
สูบลากตะกอนกลับ การบ่มเพาะเชื้อจึงต้องทำใหม่อีกครั้งหนึ่งในวันที่ 15 ธันวาคม 2521 จน-
กระทั่งวันที่ 17 มกราคม 2522 เริ่มเก็บข้อมูลโดยการแปรค่า Organic Loading และดูค้ำน้ำ-
ผสมออกจากถังปฏิกรณ์ด้วยปริมาตรคงที่ในทุกวัน เพื่อให้ได้ SRT ที่ต้องการ

ข. ช่วงปฏิบัติการทดลอง (Test Run)

การทดลองวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของ SRT และ Organic Loading ที่มีต่อ
performance ของการกำจัดด้วยวิธีการแอนแอโรบิกคอนแทคท์ ในการกำจัดน้ำเสียจากส้วมโดย
ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรก ทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า COD
คงที่ที่ 1,400 มก./ลบ.คม. HRT 1.2 วัน หรือ Organic Loading 0.833 กก BOD/ม³ 1
วัน โดยการแปรค่า SRT ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 22 ในช่วงการทดลองนี้ การเก็บกักตะกอน
ทำโดยใช้ผ้ากรองกักกรองตะกอน ระยะที่สอง ทำการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่า COD
คงที่ที่ 1,400 มก./ลบ.คม. และควบคุม SRT คงที่ที่ SRT ที่เหมาะสมคือ 12 วัน โดยการแปร-
ค่า HRT ซึ่งเท่ากับการแปรค่า Organic Loading ดังแสดงในตารางที่ 21 ข้อมูลที่ได้จากการ
ทดลองทำให้ทราบผลของการแปรค่า Organic Loading ที่มีต่อ performance ของระบบกำจัด
ในระยะทดลองนี้การเก็บกักตะกอนทำโดยใช้การเวียนวกกลับกากตะกอน

วิธีการ น้ำเสียเข้าสู่ระบบกำจัดด้วยอัตราการไหลเข้าที่แปรเปลี่ยนได้โดยการควบคุม
เครื่องสูบล้างซึ่งปรับอัตราการไหลได้ (Chemical feed pump) ส่วนปริมาตรน้ำผสม ในถังปฏิกรณ์
ควบคุมให้อยู่ระดับที่คงที่ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อ 4.3 ดังนั้นจึงสามารถควบคุมหรือแปร-

ค่า HRT และ Organic Loading ได้คือ

$$HRT = \frac{\text{ปริมาณน้ำผสมส่วนปฏิกิริยาของถังปฏิกรณ์ (ปริมาตร)}}{\text{อัตราการไหลเข้าในแต่ละวัน (ปริมาตร/วัน)}} \quad \text{วัน}$$

$$\begin{aligned} \text{Organic Loading} &= \frac{\text{BOD ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบอัตราการไหลเข้าในแต่ละวัน}}{\text{ปริมาตรของส่วนปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์}} \\ &= \frac{\text{มก./ลบ.คม. BOD ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ}}{HRT \times 1000} \quad (\text{กก BOD/ม}^3/\text{วัน}) \end{aligned}$$

การทราบความเข้มข้นของตะกอนในน้ำผสม ในส่วนปฏิกิริยาของถังปฏิกรณ์ และทราบความเข้มข้นตลอดจนอัตราการไหลออกของน้ำที่ออกจากระบบ ทำให้สามารถควบคุมหรือแปรค่า SRT ได้โดยการดูดเอาน้ำผสมจากส่วนปฏิกิริยาของถังตกตะกอนออกทั้งเป็นประจำ ทุก ๆ วัน ด้วยปริมาตรที่คำนวณโดย

$$\begin{aligned} SRT &= \frac{\text{ปริมาณ VSS ทั้งหมดในส่วนปฏิกิริยาของถัง (น.น.)}}{\text{ปริมาณ VSS ทั้งหมดที่หลุดออกจากระบบในแต่ละวัน (น.น./วัน)}} \quad (\text{วัน}) \\ &= \frac{MLVSS \times \text{ปริมาตรน้ำผสมในส่วนปฏิกิริยาของถัง}}{(\text{Eff. VSS} \times \text{อัตราการไหลออก}) + (MLVSS \times \text{ปริมาตรที่ดูดออกประจำวัน})} \quad (\text{วัน}) \end{aligned}$$

ปริมาตรน้ำผสมในส่วนปฏิกิริยาของถังปฏิกรณ์ จะถูกดูดออกเป็นประจำทุก ๆ วัน จนกระทั่ง MLVSS ในถังมีค่าคงที่ ซึ่งแสดงว่าการสร้างเซลล์ และการสูญเสียเซลล์ของจุลินทรีย์เท่ากันจึงเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประเมินผล ใช้ข้อมูลที่ได้หลังจากการแปรเปลี่ยนแต่ละ SRT ไปประมาณ 7 วัน ทั้งนี้อาศัยรายงานของ DAGUE et.al, (1970) กับของ LAWRENCE & McCARTY (1969) ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทันทีที่ค่า SRT ถูกเปลี่ยนแล้วเกิน 4 วัน ตัวแปรต่าง ๆ ที่วิเคราะห์เพื่อวัดผลการทำงานได้แก่ pH, กรดโวลลาไทล์, ความเป็นด่าง, ปริมาณก๊าซรวม, ปริมาณก๊าซมีเทน, SS, VSS, COD, BOD₅ โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. วิเคราะห์หา SS และ VSS ทุกวันเพื่อกำหนดการดูดน้ำผสมภายในถัง ออกมาให้ได้ SRT ที่ต้องการ
2. วิเคราะห์หา pH, กรดโวลลาไทล์ และความเป็นด่างทุกวัน เพื่อควบคุมการทำงานของระบบกำจัด

3. วิเคราะห์หา COD, ปริมาณก๊าซรวม ปริมาณก๊าซมีเทน ทุกสองวันในตอนเริ่มต้นของแต่ละช่วงปฏิบัติการทดลอง จนกระทั่งในตอนท้ายของช่วงปฏิบัติการทดลอง จึงทำการวิเคราะห์หาทุกวัน

4. วิเคราะห์ BOD_5 เมื่อสิ้นสุดของแต่ละช่วงปฏิบัติการทดลอง

4.5 การวิเคราะห์

4.5.1 การวิเคราะห์หา pH

pH ทำการวัดโดย pH meter ของ BECKMAN แบบ Zeromatic SS-3 ซึ่งเป็นซีวไฟฟ้า 2 ซีว

4.5.2 การวิเคราะห์หาความเป็นต่างและกรดไวลาไทล์

ทำการวัดค่าความเป็นต่างและกรดไวลาไทล์โดยวิธี Direct Titration ตาม DILALLO & ALBERSON (1961) ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวกโดยใช้ตัวอย่าง 50 ลบ.ซม. เตรียมโดยการกรอง

4.5.3 การวิเคราะห์หา SS และ VSS

ทำการวิเคราะห์หาค่า SS และ VSS ตาม STANDARD METHODS (1975) โดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว (glass fiber filter paper) Whatman paper GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. ซึ่งมีค่าเทียบเท่า glass fiber filter disk โดยทำให้แห้งที่ 103° - 105° เซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหา VSS โดยเผาที่ 550° เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4.5.4 การวิเคราะห์หา COD

ทำการวิเคราะห์หา COD ตาม STANDARD METHODS (1975) โดยใช้ตัวอย่าง 20.0 ลบ.ซม., 0.25 N Standard Dichromate 10 ลบ.ซม. $ConcH_2SO_4$ with Ag_2SO_4 30 ลบ.ซม., $HgSO_4$ 0.4 กรัม และ Normality of $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ คือ 0.10 N ปริมาตรรวมก่อน titration 140 ลบ.ซม.

4.5.5 การวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทน

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทนโดยวิธี Volumetric Method โดยใช้เครื่องมือวัดก๊าซ

Fisher Orsat Gas Analyser โดยให้ก๊าซตัวอย่างผ่าน *Caustic Soda* (No. S-S- 286)

จน CO_2 ถูกแยกออกจากหมด ก๊าซที่เหลือจึงเป็นก๊าซมีเทนเพราะก๊าซเกิดจากระบบแอนแอโรบิก
ประกอบด้วย CO_2 และ CH_4 เป็นส่วนใหญ่ (LANGFORD, 1957)