บทที่ 4

การวางแผนการวิจัย

4.1 แผนการทดลอง

การทดลองวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เครื่องกรองแอนแอโรบิค 2 ตัว อันได้ออกแบบและสร้างให้มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ เครื่องกรองแอนแอโรบิคตัวแรกไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งเข้ามาในเครื่องกรองฯ อีก และถือให้เป็นถังทดลองชุดควบคุม ส่วนเครื่องกรองแอนแอโรบิคตัวที่สองมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับเข้าสู่เครื่องกรองฯ อีกและมีถังตกตะกอนอีกชุดหนึ่งรับน้ำทิ้งจากเครื่องกรองฯ นี้

เนื่องจากต้องการศึกษาผลกระทบของการหมุนเวียนน้ำทิ้งที่มีต่อเครื่องกรองแอนแอโรบิคเปรียบเทียบกับเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง จึงจำเป็นต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องกรองฯ ทั้งสองให้เหมือนกัน จะแตกต่างกันเฉพาะอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้ง พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่คือภาระอินทรีย์ของเครื่องกรองฯ ทั้งสองซึ่งตลอดการทดลองนี้ใช้ภาระอินทรีย์ค่าเดียวคือ 3.61 กก.ซีโอดี/ม^3/วัน พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงคือ อัตราการเวียนกลับ Q_R:Q ซึ่งมี 4 ระดับคือ 0, 1, 2, 4 ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองแอนแอโรบิค ในการวิจัยนี้ศึกษาอยู่ 2 ระดับคือ 2000 มก./ลบ.ดม. และ 10,000 มก./ลบ.ดม.

4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนให้กับเครื่องกรองฯ ทั้งสองตัวมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ คือใช้น้ำตาลผสมกับสารอาหารเสริมที่จำเป็นสำหรับจุลชีพ สำหรับค่าความเข้มข้นซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มี 2 ค่าคือ 2,000 มก./ลบ.ดม. และ 10,000 มก./ลบ.ดม. ตารางที่ 4.1 เป็นสูตรสำหรับเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 2000 และ 10,000 มก./ลบ.ดม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

ส่วนประกอบ	ซีโอดี (มก./ลบ.ดม.)	
	2,000	10,000
1. ยูเรีย (Urea) (มก.)	121.2	606
2. KH_2PO_4 (มก.)	60.5	303
3. $CaCl_2$ (มก.)	6.5	32.7
4. $MgSO_4.7H_2O$ (มก.)	38.7	194
5. $Fe\ Cl_3$ (มก.)	3.1	15.5
6. NH_4HCO_3 (มก.)	909	4545
7. $NaHCO_3$ (มก.)	636	3182
8. น้ำตาล (มก.)	1818	9091
9. น้ำประปา	เจือจางและทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร	

หมายเหตุ น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมนี้จะมี COD:N:P 100:11:0.7

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.1 เครื่องกรองแอนแอโรบิค

เครื่องกรองแอนแอโรบิคทั้งสองตัวทำด้วยท่อพีวีซี หนา 8 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 $\frac{3}{4}$ นิ้ว ความลึกประสิทธิผล 1180 มิลลิเมตร แต่ละเครื่องกรองฯ มีปริมาตรก่อนใส่ตัวกลาง 35.91 ลบ.ดม. หลังใส่ตัวกลางแล้วมีปริมาตร 32.44 ลบ.ดม. ทำให้มีค่าความพรุน (porosity) เป็น 32.44/35.91 หรือ 0.903

ด้านล่างของเครื่องกรองฯ จะทำเป็นกรวยมีความลาดประมาณ 60 องศา เพื่อให้น้ำทิ้งที่เวียนกลับเข้ามาในเครื่องกรองฯ ผสมกับน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองฯ ได้ดี ถัดขึ้นมา

จะเป็นแผ่นกระจายน้ำทำด้วยพีวีซี 2 แผ่นวางห่างกัน 50 มิลลิเมตร เจาะรูให้เหลื่อมกัน แผ่นแรกเจาะรูขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว จำนวน 40 รู แผ่นที่สองเจาะรูขนาดเดียวกันจำนวน 49 รู กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น

ด้านบนจะมีแผ่นพีวีซีเจาะรูขนาด 1 นิ้ว ตลอดทั้งแผ่น ซึ่งทำหน้าที่กันไม่ให้ตัวกลางลอยขึ้น เนื่องจากตัวกลางเป็นพลาสติกมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ แผ่นพีวีซีนี้สามารถถอดออกได้เมื่อต้องการใส่ตัวกลางเข้าไปในคอลัมน์ ส่วนของกรวยและฝาปิดด้านบนยึดติดกับหน้าจานของเครื่องกรองฯ ด้วยน็อต ส่วนสัมผัสระหว่างหน้าจานจะมีแผ่นยางกันซึมกั้นอยู่ ท่อน้ำออกทำด้วยพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว วางห่างจากฝาบนประมาณ 30 มิลลิเมตร นอกจากนี้ทุก ๆ ระยะ 150 มิลลิเมตรของเครื่องกรองฯ จะมีท่อพีวีซีขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว เสียบเข้าไปจนถึงกลางคอลัมน์เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดต่าง ๆ นี้ไปทดสอบคุณภาพ ลักษณะโดยละเอียดของเครื่องกรอง แสดงไว้ในรูปที่4.1และรูปที่ 4.2

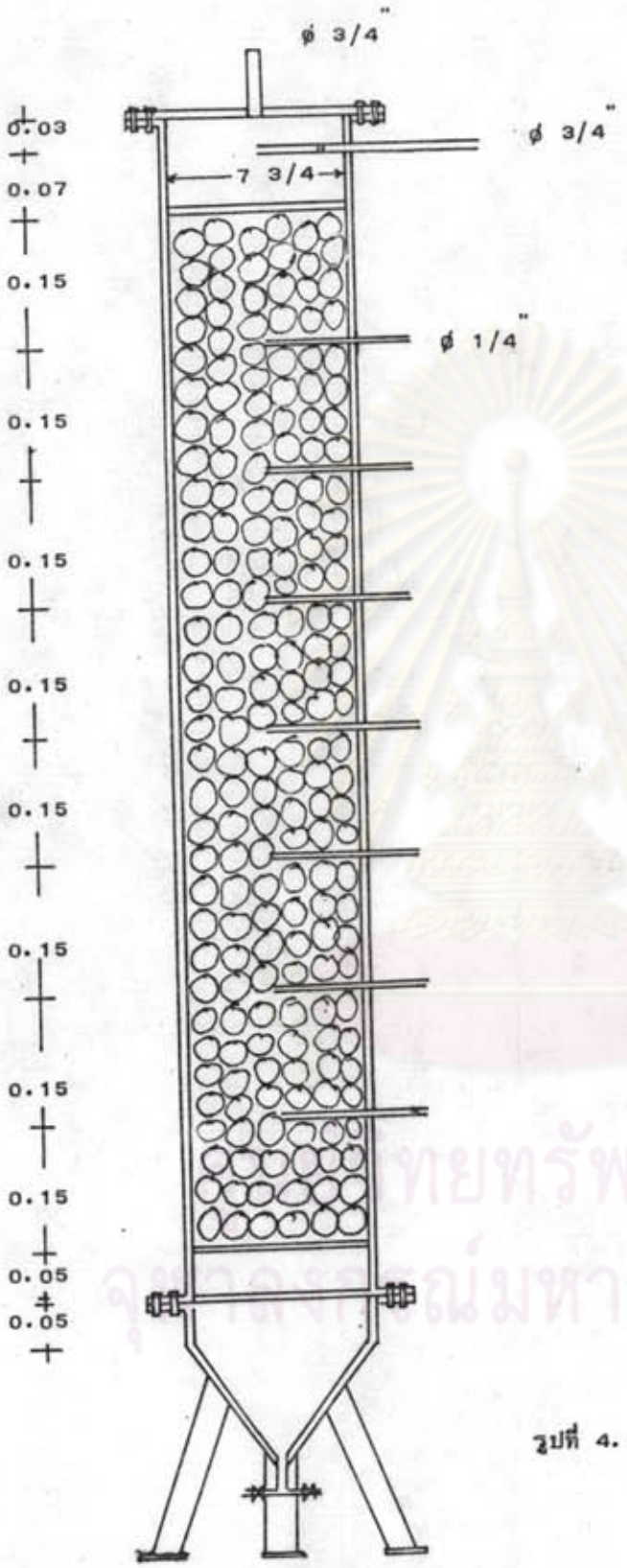
4.3.2 <u>ถังตกตะกอน</u>

ถังตกตะกอนทำด้วยท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ความสูงของช่วงตรงเท่ากับ 20 เซนติเมตร ช่วงล่างออกแบบเป็นกรวยมีความลาด 70 องศา มีปริมาตร 6.5 ลบ.ดม. ทำให้มีระยะเวลาการกักน้ำเป็น 2 ชั่วโมงสำหรับอัตราการไหล 65 ลบ.ดม./วัน (20 ชั่วโมง) และระยะเวลากักน้ำเป็น 10 ชั่วโมงสำหรับอัตราการไหล 13 ลบ.ดม./วัน (20 ชั่วโมง)

4.3.3 <u>ตัวกลาง (Media)</u>

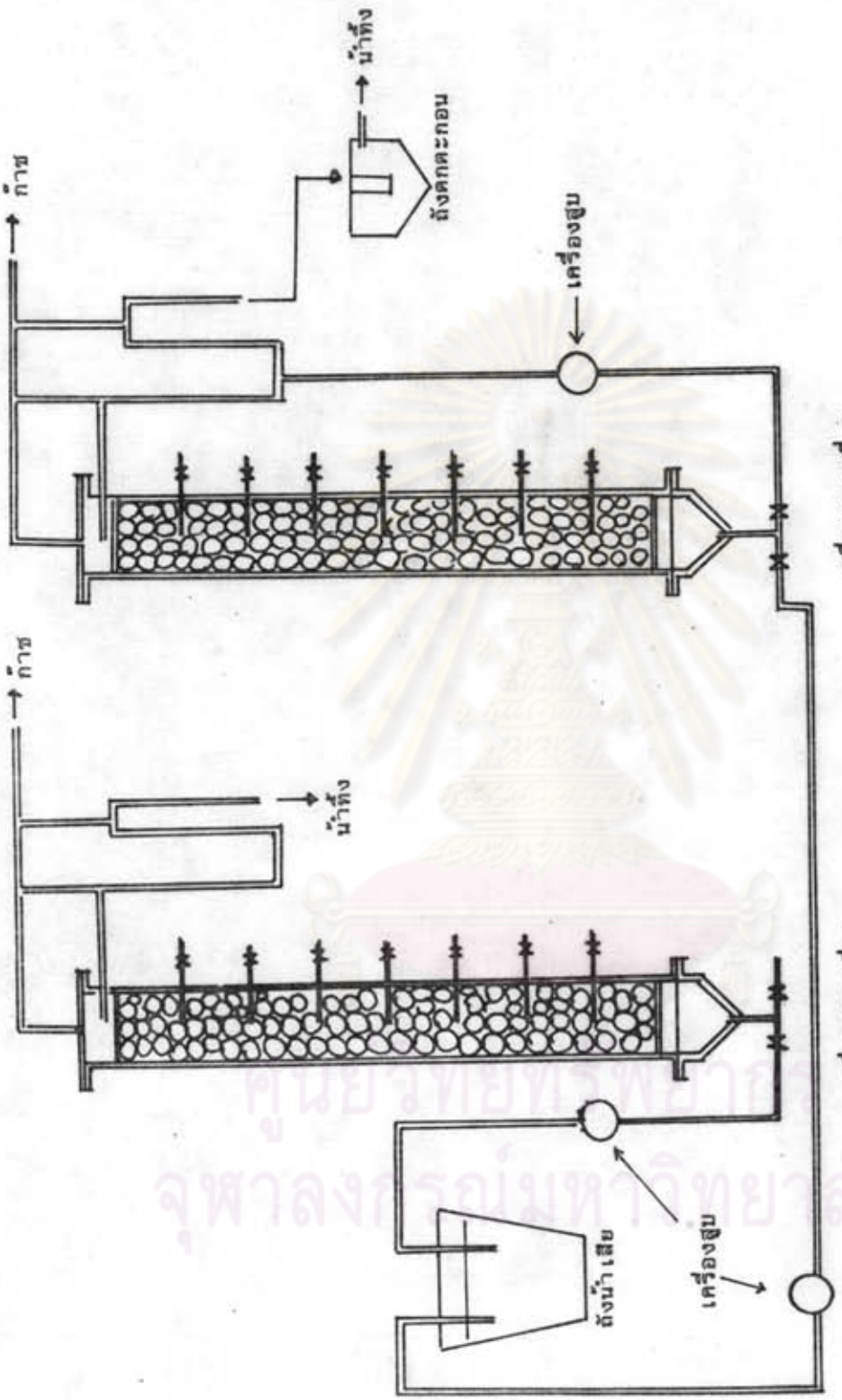
ตัวกลางที่บรรจุในเครื่องกรองทั้งสองตัวเป็นตัวกลางพลาสติก ลักษณะเป็นก้อนกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (ดูรูปที่ 4.4) มีพื้นที่ผิวประสิทธิผล (Specific surface area) 311 $ม^2/ม^3$ มีค่าความพรุน 0.903 เครื่องกรองฯ แต่ละตัวบรรจุตัวกลางได้ 300 ชิ้นจึงเต็ม ตัวกลางพลาสติกนี้ผลิตในประเทศไทย มีอยู่ 2 ขนาดคือ ขนาด 2 นิ้วและ 4 นิ้ว และอยู่ในระหว่างการวิจัยเพื่อนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย เช่นระบบไปรยกรอง (Trickling Filter) เครื่องกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic Filter) และระบบการกรองก่อน (Pre-Filter) ในการทำน้ำประปา

I 15754427



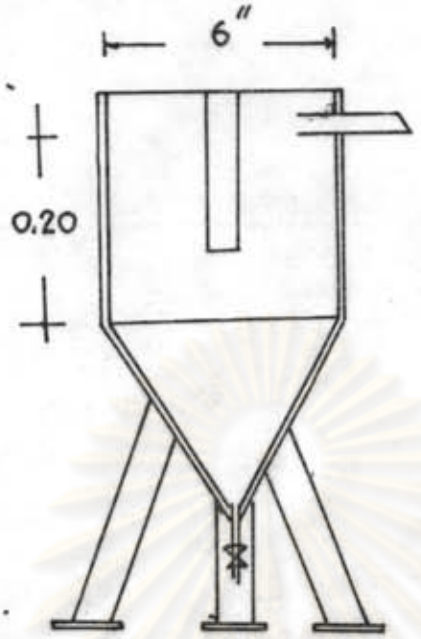
รูปที่ 4.1 รายละเอียดของเครื่องกรองแอนแอโรบิค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 รายละเอียดระบบเครื่องกรองแอนแอโรบิค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



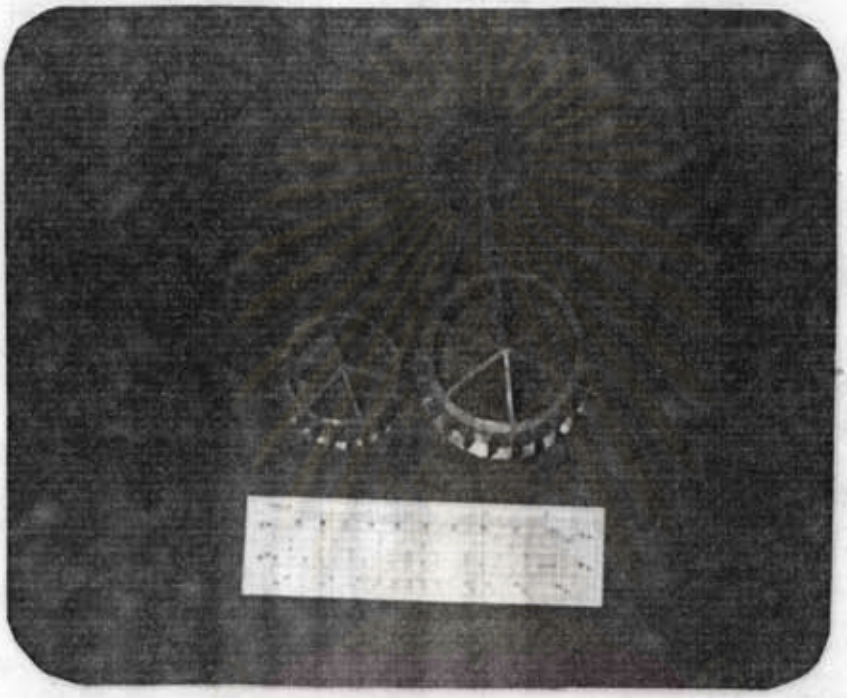
รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของถังตกตะกอน

4.3.4 เครื่องสูบ (Pump)

ในการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่เครื่องกรองแอนแอโรบิคทั้งสองจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบ เพราะระบบอยู่ในภายใต้ความดัน การทดลองครั้งที่ 1 เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำเสียสูง (65 ลบ.ดม./วัน) เครื่องสูบที่ใช้เป็นชนิด diaphram pump, model C-1560 LP ของ Blue-White Ind. ซึ่งมีความสามารถปรับอัตราการไหลได้ถึง 2.8 แกลลอน/ชั่วโมง (177 ลบ.ซม./นาที) การทดลองที่ 2 และ 3 อัตราการไหลของน้ำเสียเป็น 13 ลบ.ดม./วัน เครื่องสูบที่ใช้สำหรับเครื่องกรองทั้งสองเป็น peristaltic pump, minipuls 2 ของ GILSON ส่วนเครื่องสูบที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับเข้ามาในเครื่องกรองที่สองใช้ peristaltic pump ของ WATSON MARLOW (ดูรูปที่ 4.5)

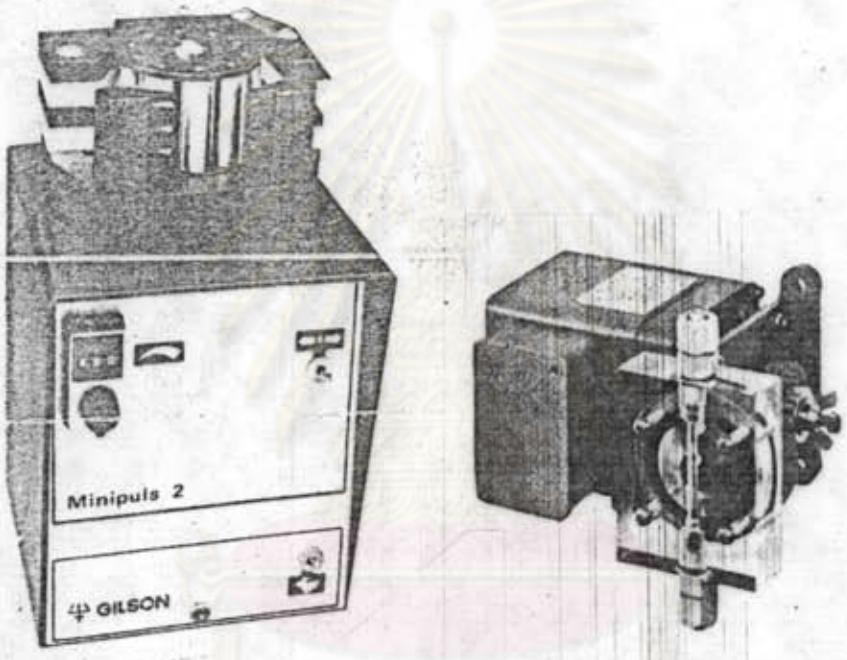
4.3.5 เครื่องตั้งเวลา

ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องสูบซึ่งในแต่ละวันจะให้เครื่องสูบทำงาน 20 ชั่วโมง พัก 4 ชั่วโมง โดยเริ่มทำงานเวลา 14.00 น. และหยุดทำงานเวลา 10.00 น. ของวันถัดไป ทั้งนี้เพื่อยืดอายุการทำงานของเครื่องสูบและใช้เป็นเวลาสำหรับ



รูปที่ 4. 4 ลักษณะตัวกลางพลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 เครื่องสูบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ใหม่ ทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น สายยางบ๊อนน้ำเสีย (ซึ่งมักอุดตันเป็นประจำ) ถังน้ำเสียสังเคราะห์ ถังดกตะกอน diaphram pump เปลี่ยนสายยางที่ใช้กับ peristaltic pump เป็นต้น

4.3.6 มาตรก๊าซ (Gas-Meter)

เครื่องนี้จะวัดผลรวมของปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน แล้วแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด โดยก๊าซที่เกิดขึ้นจะถูกส่งมาตามสายยางที่ฝาถังกรองเข้ามาทางด้านล่างของเครื่องวัดและเมื่อผ่านออกจากเครื่องวัดแล้วก็จะถูกระบายทิ้งสู่ภายนอก (ดูรูปที่ 4.6)

4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

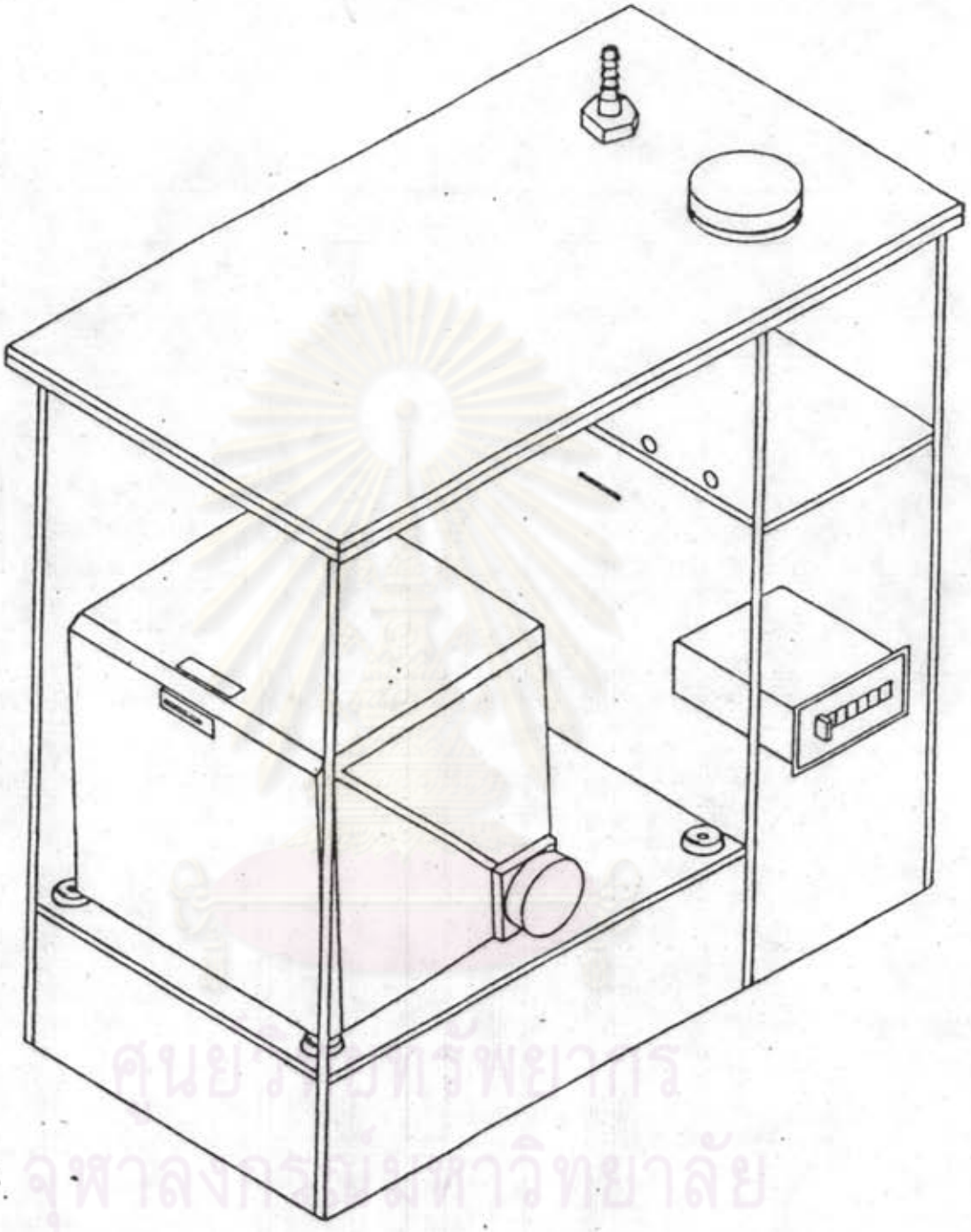
การวิเคราะห์แยกเป็น 2 อย่างคือ การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของน้ำและการวิเคราะห์ก๊าซที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของน้ำ ตัวแปรตามที่ทำการวิเคราะห์คือ พีเอช สภาพความเป็นด่าง กรดไวลาไทล์ ตะกอนแขวนลอย ตะกอนไวลาไทล์ ซีโอดี การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์จะเก็บครั้งละประมาณ 100-200 ลบ.ซม. เวลาที่ทำการเก็บในแต่ละวันเริ่มในช่วงเช้า เวลาประมาณ 9.00 น. - 10.00 น. แล้วจะทำการวิเคราะห์ให้เสร็จภายในวันเดียว ส่วนการวิเคราะห์ก๊าซจะทำการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดและเปอร์เซนต์ของก๊าซมีเทน แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำแสดงในตารางที่ 4.2

4.4.1 การวิเคราะห์หาพีเอช (pH)

เครื่องมือที่ใช้คือ Beckman Electromate pH Meter

4.4.2 การวิเคราะห์หาสภาพความเป็นด่างและกรดไวลาไทล์

ทำการวัดสภาพความเป็นด่างและกรดไวลาไทล์โดยวิธี Direct Tritration DILALO & ALBERSON[34] ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวก โดยใช้ตัวอย่าง 50 ลบ.ซม. เตรียมโดยการกรอง



รูปที่ 4. 6 รายละเอียดของมาตรก๊าซ (33)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แผนการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำทิ้ง

ตัวแปรเปลี่ยนตาม	จุดที่เก็บ	ความถี่ในการวิเคราะห์
1. พีเอช	น้ำเข้า น้ำออกก่อนเข้าถังตกตะกอน น้ำออกหลังผ่านถังตกตะกอน	ทุกวัน
2. ความเป็นด่าง	"	จันทร์ พุธ ศุกร์
3. กรดไวลาไทล์	"	"
4. ซีโอดี	"	"
5. ตะกอนแขวนลอย	"	"
6. ตะกอนไวลาไทล์	"	"
7. ปริมาณก๊าซทั้งหมด	ท่อก๊าซ	ทุกวัน
8. % มีเทน	ท่อก๊าซ	ทุกวัน

หมายเหตุ เมื่อเครื่องกรองทำงานอยู่ในช่วงสภาวะคงที่แล้วจะเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างทุกจุดไปวิเคราะห์

4.4.3 การวิเคราะห์หาตะกอนแขวนลอยและตะกอนไวลาไทล์

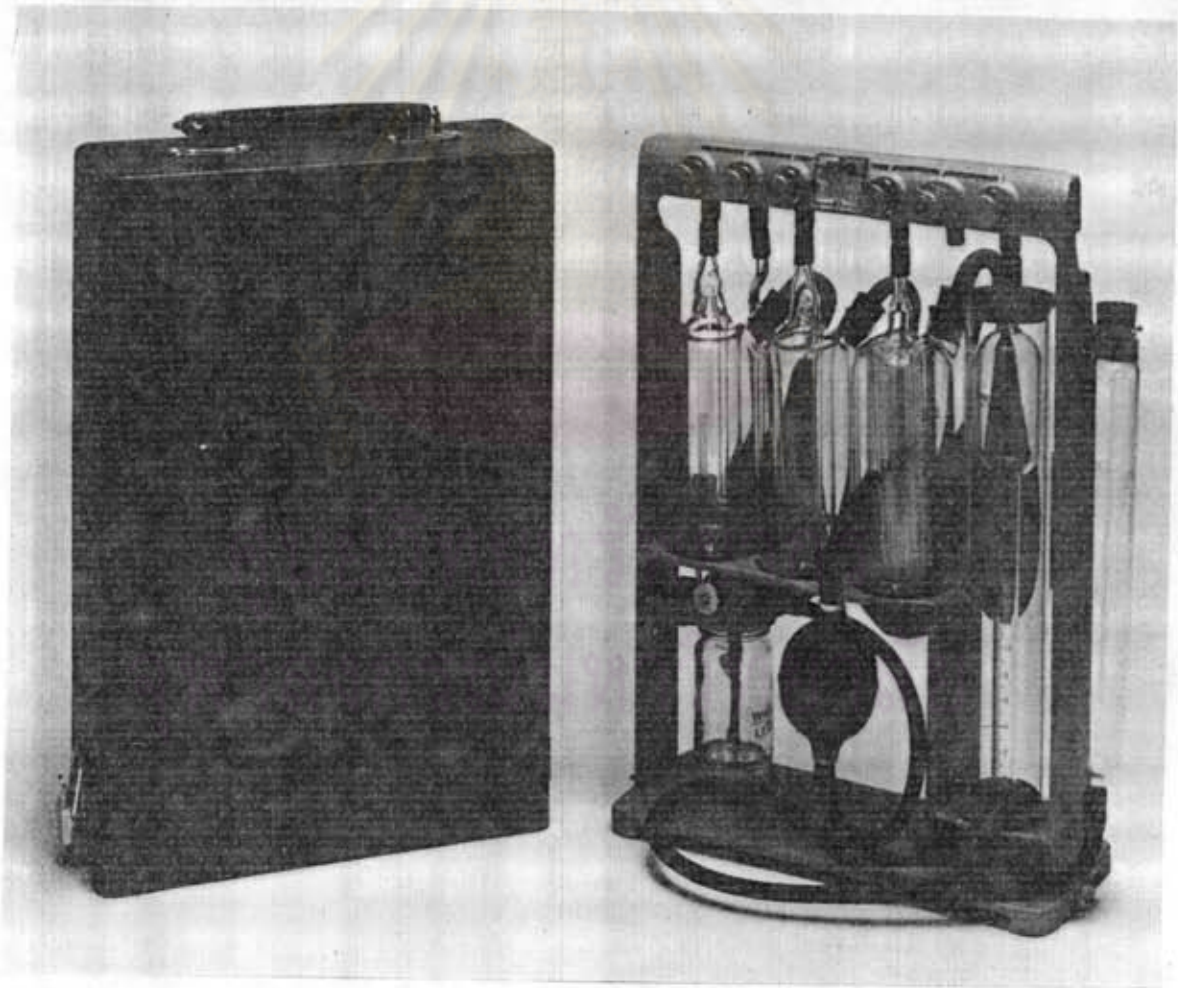
ทำการวิเคราะห์หาตะกอนแขวนลอยและตะกอนไวลาไทล์ตาม STANDARD METHODS[35] โดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว (glass fiber paper) Whatman paper GF/C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยทำให้แห้งที่ 103^{0}-105^{0} เซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหาตะกอนไวลาไทล์ โดยเผาที่ 550^{0} เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4.4.4 การวิเคราะห์หาซีโอดี

ทำการวิเคราะห์หาซีโอดีตาม STANDARD METHOD[35] โดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 20 ลบ.ซม. 0.25 N Standard Dichromate 10 ลบ.ซม. Conc. H_2SO_4 with $AgSO_4$ 30 ลบ.ซม. $HgSO_4$ 0.4 กรัม และ Normality ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ คือ 0.1 N ปริมาตรรวมก่อน titration 140 ลบ.ซม.

4.4.5 การวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

ทำการวิเคราะห์หาก๊าซมีเทนโดยวิธี Volumatic Method โดยใช้เครื่องมือวัดก๊าซ Orsat Gas Analyser ผลิตโดยบริษัท Fisher โดยให้ก๊าซตัวอย่างผ่านสารละลายโปแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 40 % โดยน้ำหนัก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดซึมในสารละลายนี้ ก๊าซที่เหลือจึงเป็นก๊าซมีเทน เพราะก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบแอนแอโรบิคประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 4.7 Orsat Gas Analyser