หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การวางแผนการทดลองและวิจัย

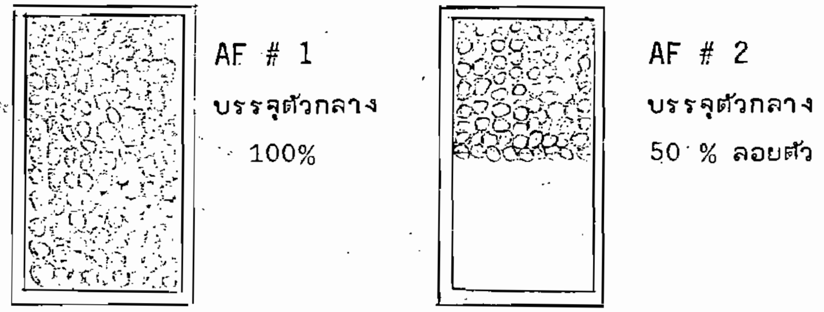
การทดลองวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศว-กรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีชั้นตัวกลางต่างกันสองลักษณะ คือ บรรจุตัวกลางเต็มถัง และบรรจุตัวกลางในลักษณะครึ่งถังลอย ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดแผนการทดลองออกเป็นสามชุด ชุดละ 2 การทดลอง (ดูตารางที่ 3.1) ในแต่ละชุดการทดลองใช้เวลาในการวิจัยประมาณ 3 เดือน ในการวิจัยนี้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา คือ

ก. ออร์แกนิคโหลดดิ้งซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง 3 ระดับ คือ 1,3,5 กก.ซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิคโหลดดิ้งกระทำโดยเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2)

ข. ลักษณะตำแหน่งความสูงของชั้นตัวกลาง โดยแต่ละชุดการทดลองจะใช้ถังกรอง-สองตัวที่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกัน แต่บรรจุตัวกลางสองลักษณะ คือ ถังกรองตัวแรกบรรจุตัวกลางพลาสติกเต็มถัง ถังกรองตัวที่สองจะบรรจุตัวกลางพลาสติกในลักษณะครึ่งถังลอย (ดูรูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ลักษณะตำแหน่งของชั้นตัวกลางที่บรรจุภายในเครื่องกรอง

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย

การทดลองที่	ออร์แกนิคโหลดดิ้ง (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความลึกของตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง
1.1	1	เต็มถัง
1.2	1	ครึ่งถังลอย
2.1	3	เต็มถัง
2.2	3	ครึ่งถังลอย
3.1	5	เต็มถัง
3.2	5	ครึ่งถังลอย

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงออร์แกนิคโหลดดิ้งโดยการเปลี่ยนความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์

ออร์แกนิคโหลดดิ้ง (กก.ซีโอดี ต่อ ลบ.เมตร-วัน)	1	3	5
ความเข้มข้น ซีโอดีในน้ำเสีย (มก./ล.)	2,000	6,000	10,000

ตัวแปรเปลี่ยนตามที่ทำการศึกษา ได้แก่ pH สภาพความเป็นด่าง กรดโวลาไทล์ ตะกอนแขวนลอย ซีโอดี โออาร์พี SVI ปริมาตรก๊าซ เปอร์เซ็นต์มีเทน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ และการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์

เพื่อความสะดวกในการจัดเตรียมน้ำเสีย และสามารถควบคุมความเข้มข้นของน้ำเสียได้ง่าย จึงใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ครบถ้วน สูตรสำหรับเตรียมน้ำเสียสังเคราะได้แสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.2

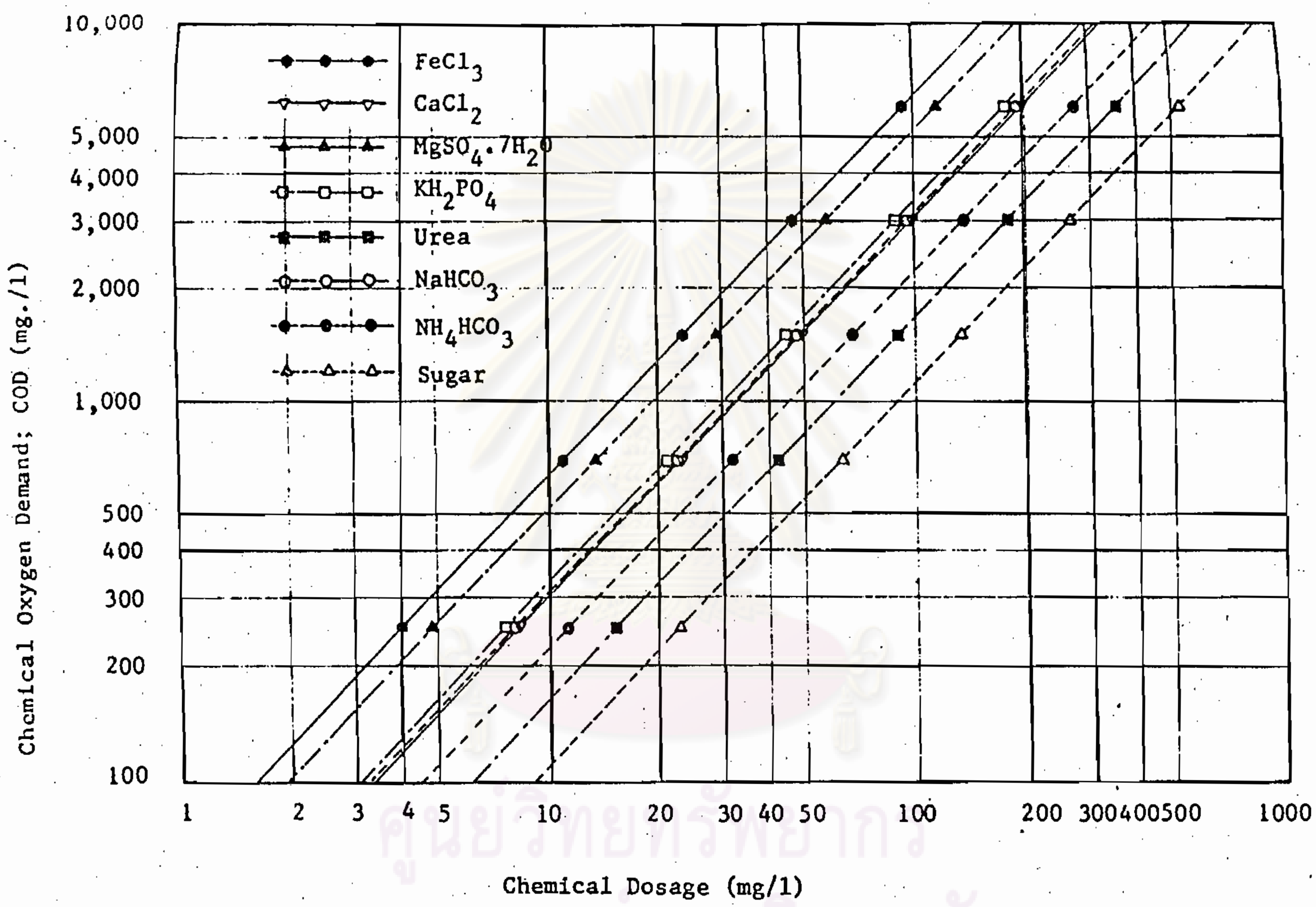
เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดีสูง ดังนั้นการ-เปลี่ยนระดับออร์แกนิคโหลดดิ้งแต่ละครั้งจะกระทำโดยการเพิ่มความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียอย่างช้า ๆ วันละ 5-10% จนถึงระดับความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเสียที่ต้องการทำวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังกรองด้วยปริมาตร 40 ลิตรต่อวัน คงที่ทุกการทดลอง เป็นผลให้ระยะเวลากักน้ำ (HRT) มีค่าคงที่เท่ากับ 43 ชม.* พารามิเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ตลอดการทดลอง คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนตามฤดูกาล

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

ความเข้มข้น ซีโอดี (มก./ล.)		2,000	6,000	10,000
$FeCl_3$	มก./ล.	3.1	9.0	16
$MgSO_4.7H_2O$	มก./ล.	39.0	119.0	200
KH_2PO_4	มก./ล.	60.0	180.0	300
$NaHCO_3$	มก./ล.	660.0	2,000.0	3,300
$CaCl_2$	มก./ล.	6.7	20.2	35
NH_4HCO_3	มก./ล.	900.0	2,750.0	4,600
Urea	มก./ล.	120.0	360.0	600
Sugar	มก./ล.	1,800.0	5,500.0	9,000

* ค่าโดยประมาณคำนวณจากปริมาตรน้ำในเครื่องกรอง (Base on void volume)



หมายเหตุ - Chemical Dosage (mg/l) สำหรับ $FeCl_3$, $CaCl_2$ (เส้นทึบ) ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วย 10^{-1}

- Chemical Dosage (mg/l) สำหรับ $NaHCO_3$, NH_4HCO_3 และ Sugar (จุดไข่ปลา) ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วย 10

รูปที่ 3.2 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์

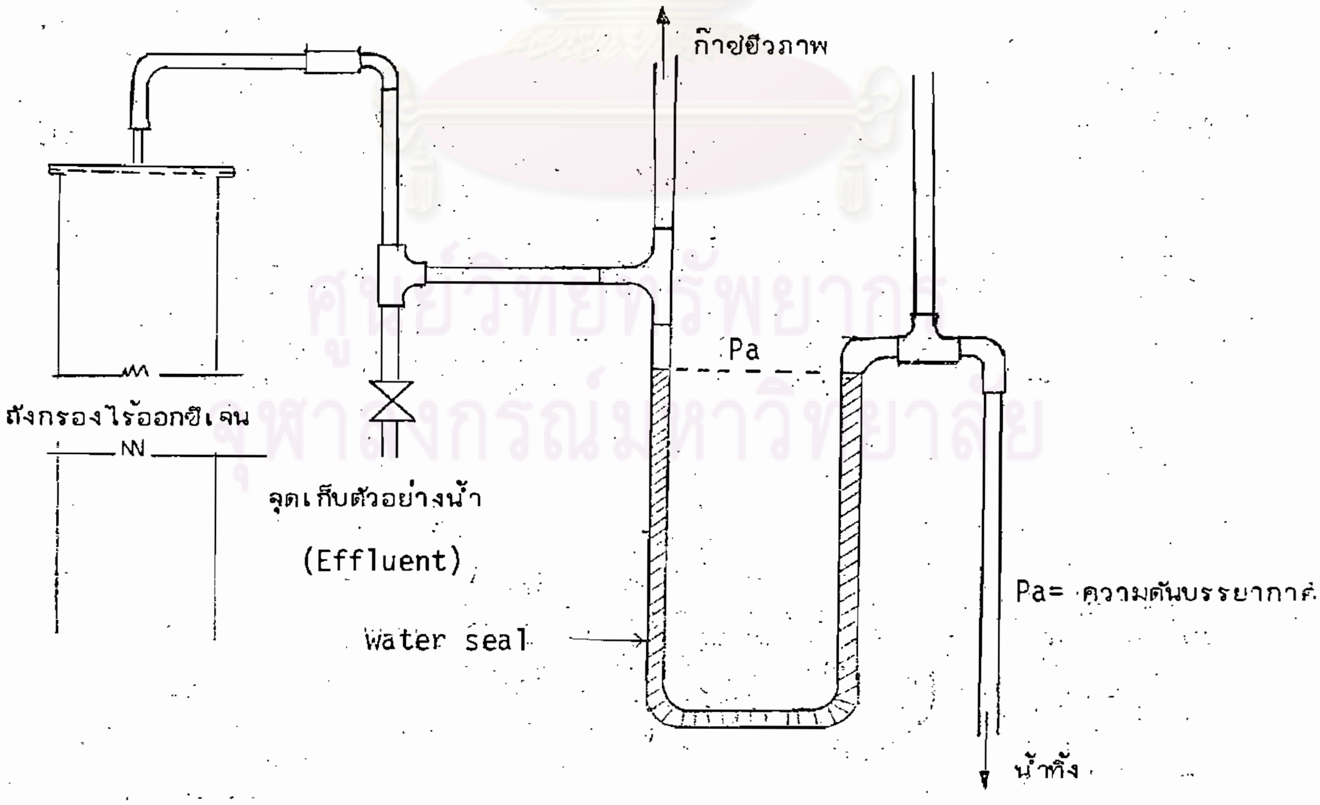
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

33

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 ถังกรองไร้ออกซิเจน

ตัวถังกรองทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมรูปทรงกระบอกสูง 1.20 เมตร มีเส้นผ่า-ศูนย์กลาง 0.30 เมตร พื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.066 ตารางเมตร มีปริมาตรประมาณ 80 ลิตร ที่บริเวณทางเข้าของน้ำเสียตอนล่างของถังกรอง มีแผ่นกระจายน้ำทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.โดยรอบ สำหรับท่อเก็บตัวอย่างจะฝังลึกเข้าไปในถังกรอง ประมาณ 15 ซม. เพื่อให้ได้ตัวอย่างน้ำจากจุดกึ่งกลางถัง จุดเก็บตัวอย่างนี้มี 5 จุด คือ ที่ระดับ 0.15, 0.30, 0.45, 0.75, 1.05 เมตร จากก้นถังกรองตามลำดับ ตอนบนและล่างสุดของถังกรองประกอบด้วยฝาครอบทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมหนา 3 มม. ขันน๊อตแน่นตลอดตามแนวเส้นรอบวงประกอบแผ่นประเก็นยางหนา 2 มม. ฝาครอบด้านบนของถังกรองตรงกลางเจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 ซม. เพื่อประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียและก๊าซออกจากถัง ท่อนี้จะต่อกับระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้งซึ่งเป็นรูปตัวยู ระบบนี้ทำงานโดยก๊าซจะแยกไป กับในเครื่องวัดก๊าซ ส่วนน้ำทิ้งจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูก่อนไหลออกจากระบบกำจัดน้ำเสีย รายละเอียดต่าง ๆ ของถังกรองและระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้งแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของถังกรอง และระบบแยกก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์

ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์เป็นถังพลาสติกขนาด 50 ลิตร ใช้ในการป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าถังกรองวันละ 40 ลิตร ถังนี้จะต้องทำความสะอาดทุกครั้งก่อนนำมาใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ในวันต่อไป

3.3.3 เครื่องสูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าถังกรอง

น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกสูบเข้าถังกรองทางตอนล่างและไหลออกทางตอนบน โดยมีการทำงานในลักษณะต่อเนื่อง เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นชนิด Peristaltic Pump ของบริษัท WATSON-MARLOW

3.3.4 เครื่องตั้งเวลา

ใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานของเครื่องสูบน้ำ โดยจัดเวลาให้เครื่องสูบน้ำทำงานวันละ 20 ชม. ทั้งนี้เพื่อรักษาสภาพอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำ

3.3.5 ขวดดักก๊าซ

เป็นขวดแก้ปริมาตร 2.5 ลิตร ตอนบนปิดจุกยางแน่นมีหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. 2 แท่งฝังอยู่ จุดประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือในการแยกน้ำเสียและก๊าซอีกครั้ง เนื่องจากในกรณีที่ก๊าซเกิดมากโอกาสที่น้ำเสียจะเข้าสู่ถังวัดก๊าซมาก ทั้งนี้เกิดขึ้นจากแรงดันของก๊าซมีมาก

3.3.6 เครื่องวัดก๊าซ (GAS METER)

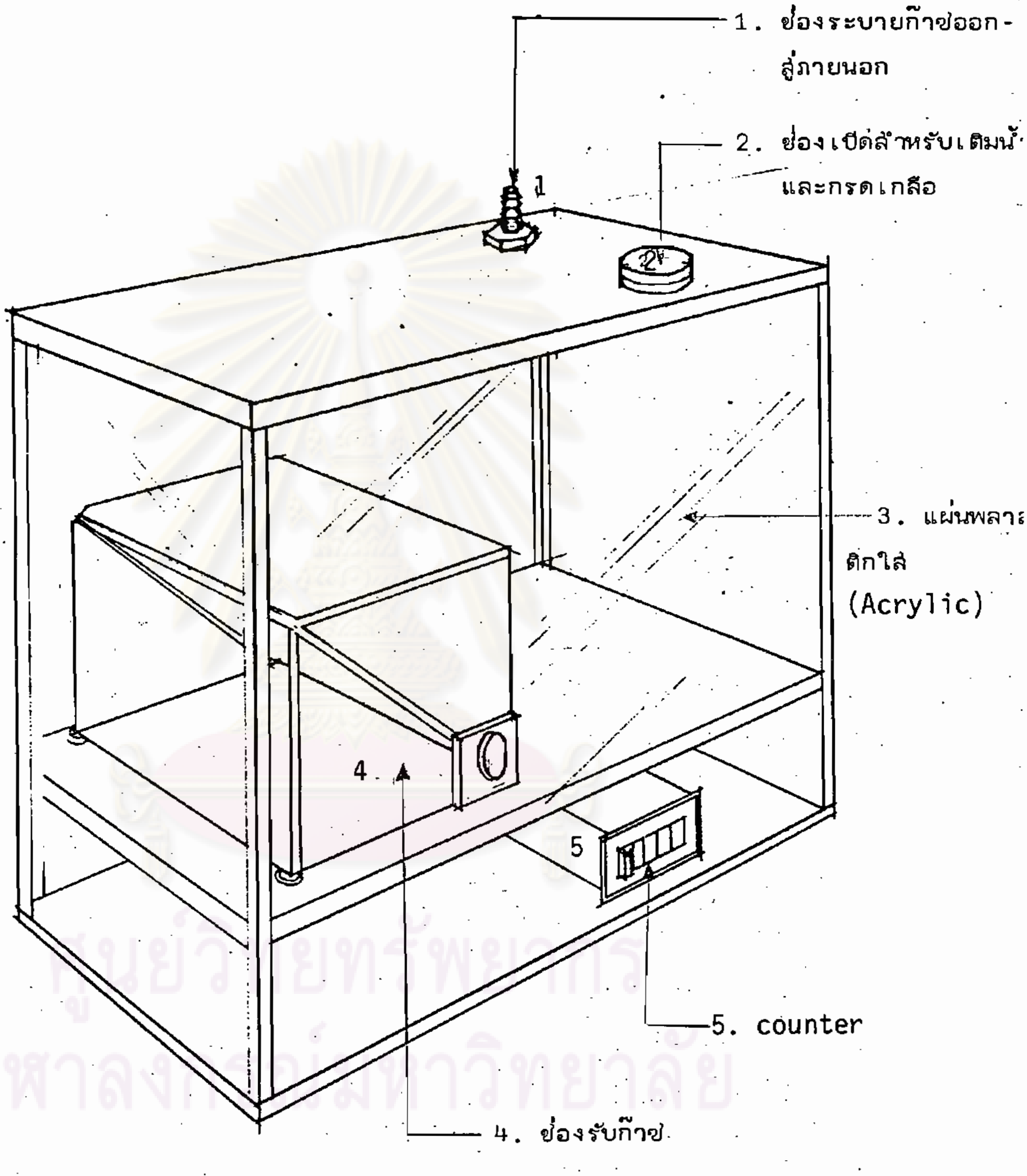
เครื่องนี้จะวัดผลรวมของปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด(COUNTER METER)โดยก๊าซจะเข้ามาตอนล่างของตัวเครื่องวัดก๊าซ และถูกระบายทิ้งออกสู่ภายนอกทางตอนบนของเครื่อง (ดูรูปที่ 3.4)

3.3.7 ตัวกลางภายในถังกรอง

ตัวกลางที่ใช้ในการวิจัยเป็นโรม้วนผมพลาสติกแบบหนาม โรม้วนผมที่ใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2.0 ซม. ยาว 6 ซม. ถูกตัดเป็น 2 ท่อนตามความยาวขนาดเท่า ๆ กัน ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแสดงในรูปที่ 3.5

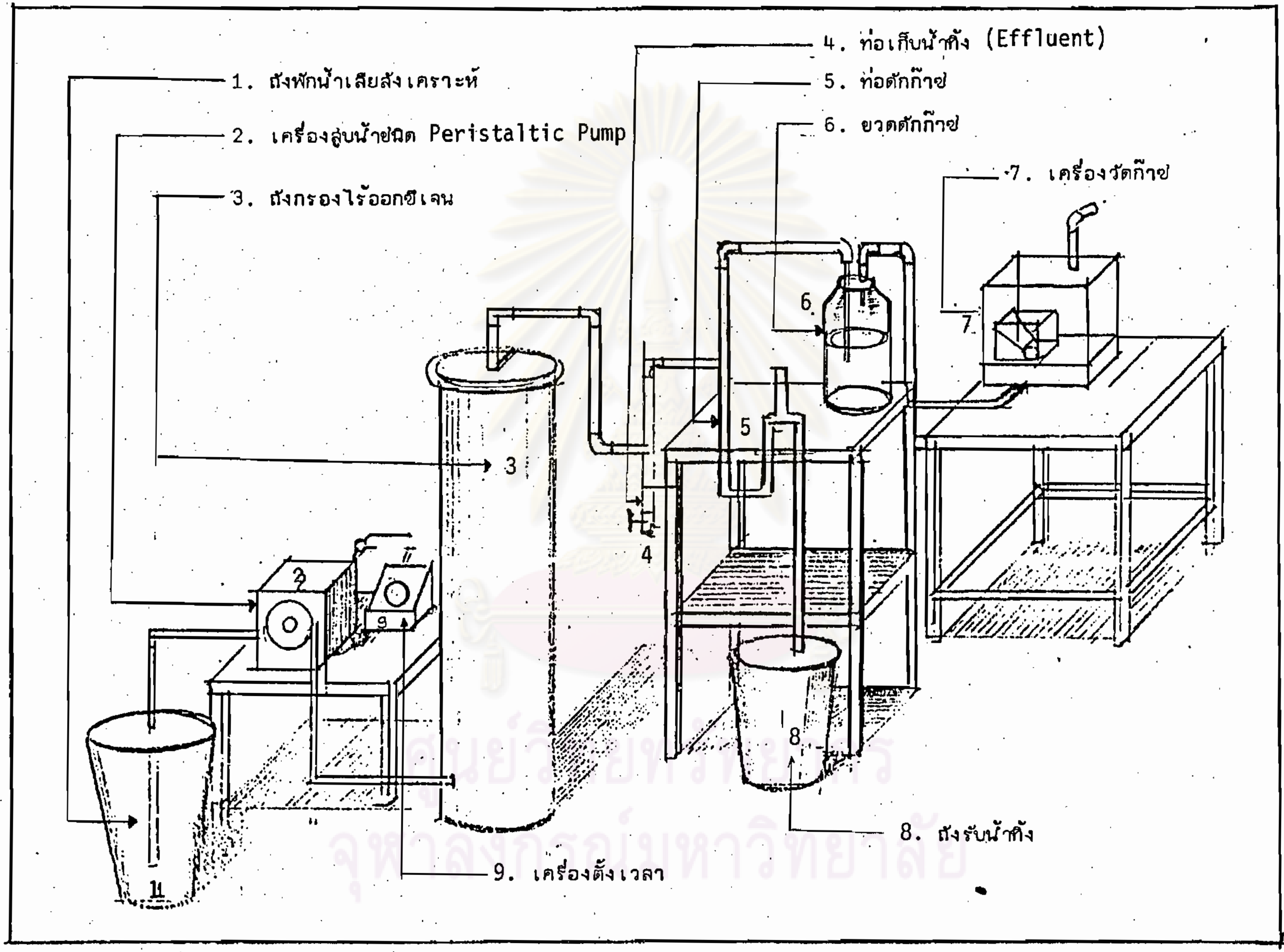
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17138942



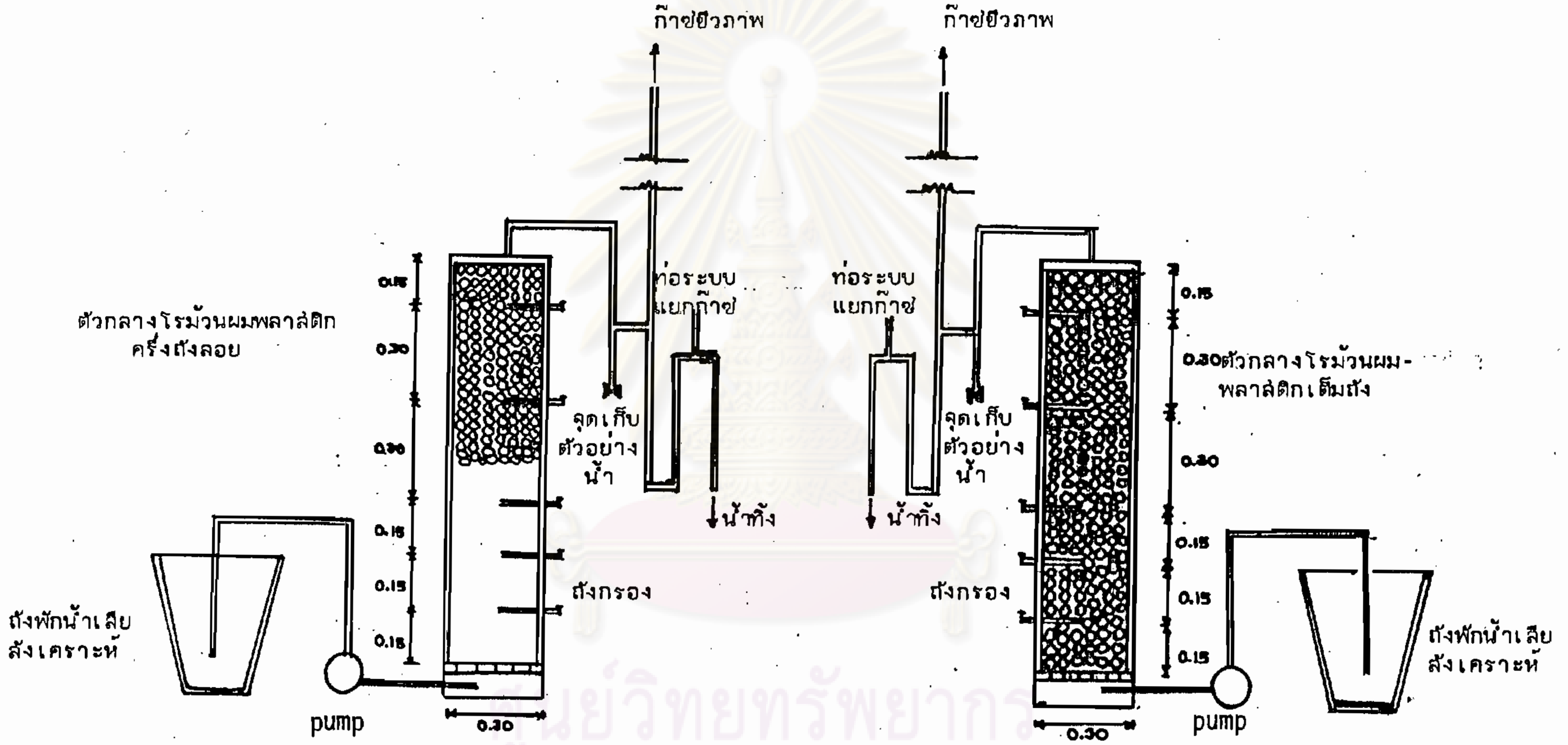
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 แสดงรูปร่างของเครื่องวัดก๊าซ



รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงแบบจำลองของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ และวิเคราะห์น้ำทิ้งและก๊าซ

3.4.1 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีเก็บจากน้ำเสียสังเคราะห์น้ำทิ้งภายในถังกรอง และน้ำทิ้งที่ออกจากถังกรอง การเก็บน้ำทิ้งภายในถังกรองจะเก็บจากระดับ 0.30, 0.75 เมตร และที่จุดออก การเก็บตัวอย่างนี้จะเก็บจากล่างขึ้นบน ปริมาตรที่เก็บครั้งละประมาณ 120 มล. โดยก่อนเก็บแต่ละจุดจะปล่อยน้ำทิ้งเสียก่อนประมาณ 50 มล.ทุกครั้ง จากนั้นจึงเก็บน้ำทิ้งนำไปวิเคราะห์ ภายหลังที่เครื่องกรองทำงานอยู่ในช่วงสภาวะคงที่ (STEADY STATE) จะเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บทุกจุดเพื่อวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ คือ pH สภาพความเป็นด่าง กรดโวลาไทล์ ตะกอนแขวนลอย โออาร์พี ซีโอดี แผนการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์น้ำ แสดงในตารางที่ 3.4

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. พีเอช (pH) วิเคราะห์โดยการวัดด้วย pH METER ของ Beck Man
2. โออาร์พี OR-P วิเคราะห์โดยการวัดด้วยOR-P METER ของ Beck Man (โดยใช้ Platinum Electrode)
3. สภาพความเป็นด่างและกรดโวลาไทล์ วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ Diallo & Alberson (20)
4. ซีโอดี ตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ฟอสฟอรัสวิเคราะห์ตามหนังสือ American Standard Methods
5. SVI วิเคราะห์ตามหนังสือ American Standard Methods แต่ใช้ปริมาตรน้ำทิ้ง 100 ml. และเก็บที่ระดับ 0.30 ม.จากก้นถัง

3.4.3 การวัดปริมาตรก๊าซและเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน

ปริมาตรก๊าซวัดโดยตรงจากเครื่องวัดก๊าซ (GAS METER) โดยอ่านตัวเลขจากเครื่องนับ (count meter) ซึ่งติดอยู่ในเครื่องวัดก๊าซ สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์มีเทนในก๊าซชีวภาพให้ถือว่าในส่วนประกอบก๊าซชีวภาพนั้นประกอบด้วย CH_4 และ CO_2 เท่านั้น ดังนั้นการวิเคราะห์ส่วนของก๊าซมีเทนทำได้โดยใช้เครื่องมือ Orsat Gas Analyzer ซึ่งเครื่องนี้จะทำการดูด CO_2 ที่มากับก๊าซชีวภาพด้วย KOH ที่บรรจุในหลอดแก้วซึ่งเป็นส่วนหนึ่งใน Orsat Gas Analyzer ดังนั้นก๊าซที่เหลือซึ่งมิได้ถูกดูดจึงเป็นส่วนของก๊าซมีเทน การคำนวณเปอร์เซ็นต์

ก๊าซมีเทนนี้ทำได้โดย นำค่าปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ใช้วิเคราะห์และปริมาตรของก๊าซ CO_2 ที่ถูก KOH ดูดไปมาคำนวณตามสูตร 3.1

$$\%\ \text{ก๊าซมีเทน} = \frac{(A-B) \times 100}{A} \qquad 3.1$$

โดยที่ A = ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่นำมาวิเคราะห์

B = ปริมาตรของก๊าซ CO_2 ที่ถูกโดย KOH

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรตามที่จะวิเคราะห์และความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ภายในถังกรอง	น้ำทิ้ง	ก๊าซชีวภาพ
Filtrate COD.	-	B	B	-
Total COD	B	-	D	-
pH	A	A	A	-
Volatile Fatty Acid	A	A	A	-
Total Alkalinity	A	A	A	-
OR-P	A	A	A	-
Suspended Solid	-	B	B	-
Volatiled S.S.	-	B	B	-
TKN.	-	-	D	-
Total Phosphurus	-	-	D	-
SVI.	-	C	-	-
Total Gas Volume	-	-	-	A
% CH_4	-	-	-	A
Microscopic Observation	-	D	-	-

หมายเหตุ A = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์อาทิตย์ละ 5 ครั้ง

B = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์อาทิตย์ละ 3 ครั้ง

C = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์อาทิตย์ละ 1 ครั้ง

D = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย