หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แผนการทดลองและวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการปฏิบัติการทั้งหมด 6 การทดลอง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางเป็น หิน เศษคอนกรีตและพลาสติกพารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่ตลอดทุกการทดลอง ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีค่าซีโอดีคงที่ที่ 300 มก./ล. โดยมีตัวแปรเปลี่ยนอิสระที่ทำการศึกษาได้แก่ ระยะเวลากักน้ำ (Hydraulic - Retention Time, HRT) เท่ากับ 9 และ 12 ชม. การแปรเปลี่ยนระยะเวลากักน้ำ เมื่อคงค่าซีโอดีไว้จะมีผลให้ค่าออร์แกนิคโหลดดิ้งแปรเปลี่ยนตาม ดังแสดงในตารางที่ 3.1

3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เพื่อความสะดวกในการจัดหาน้ำเสียและสามารถควบคุมความเข้มข้นของน้ำเสียได้โดยง่าย จึงพิจารณาใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ทุกวันโดยให้มีความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล. และมีส่วนประกอบของน้ำตาลและแร่ธาตุอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิคโหลดดิ้งเมื่อมีการแปรเปลี่ยนระยะเวลากักน้ำ

ตัวกลางกรอง	ความเข้มข้นน้ำเสียสังเคราะห์ (มก.ซีโอดี/ล.)	ระยะเวลากักน้ำ (ชม.)	ออร์แกนิคโหลดดิ้ง(กก.ซีโอดี/ $ม^3$-วัน)	ปริมาณน้ำใช้ในแต่ละถังกรอง(ล./วัน)	ความขรุน (%)
หิน	300	9	0.80	18.69	43.36
หิน	300	12	0.60	14.02	43.36
เศษคอนกรีต	300	9	0.80	23.01	53.45
เศษคอนกรีต	300	12	0.60	17.26	53.45
พลาสติก	300	9	0.80	40.72	94.38
พลาสติก	300	12	0.60	30.54	94.38

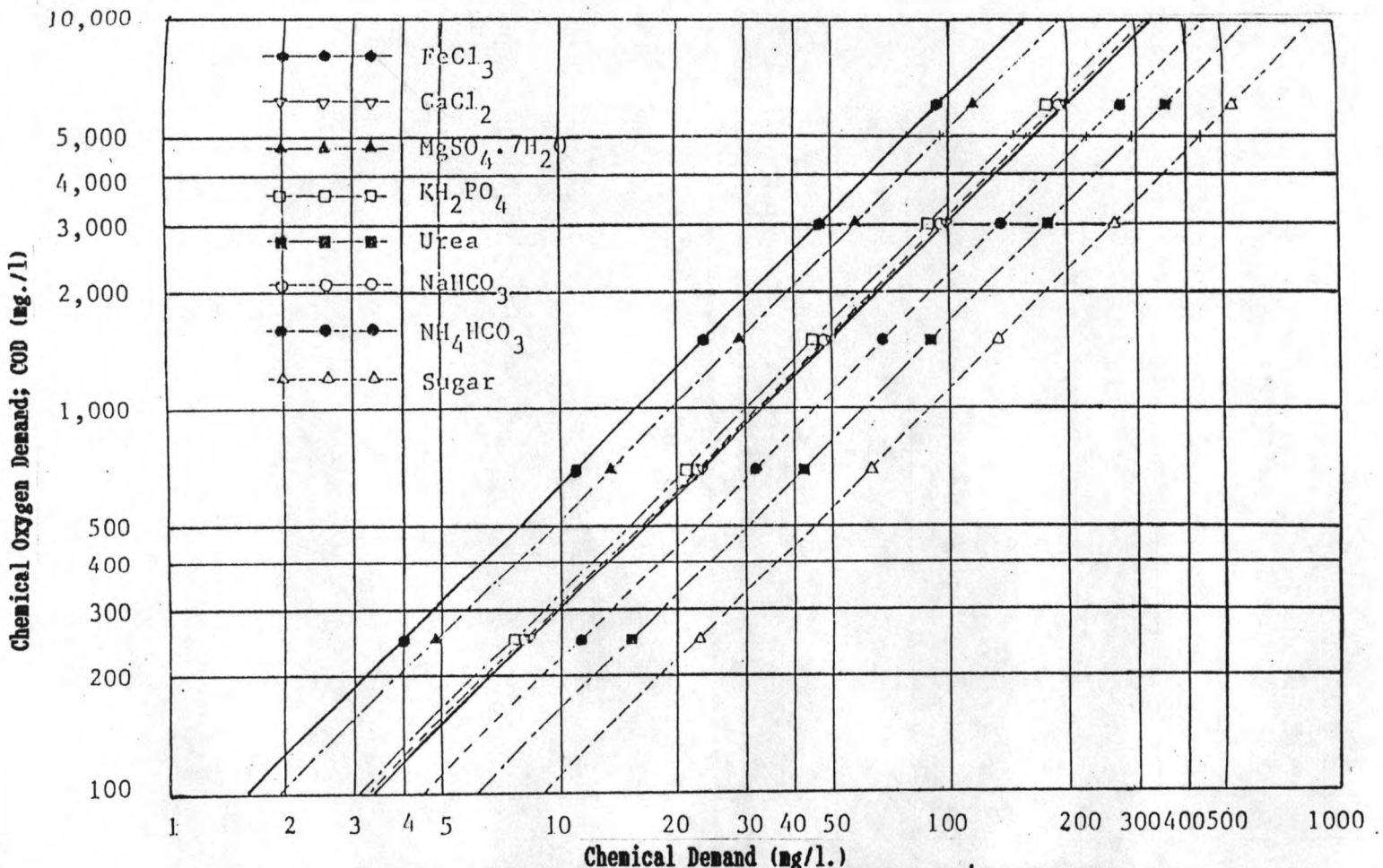
ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น (มก./ล.)	ปริมาณที่ใช้ (มก./วัน)					
		หิน		เศษคอนกรีต		พลาสติก	
		OL=0.80	OL=0.60	OL=0.80	OL=0.60	OL=0.80	OL=0.60
$FeCl_3$	0.48	8.97	6.73	11.04	8.28	19.55	14.66
$CaCl_2$	1.00	18.69	14.02	23.01	17.26	40.72	30.54
$MgSO_4.7H_2O$	6.00	112.14	84.12	138.06	103.56	244.32	183.24
KH_2PO_4	9.35	174.75	131.09	215.14	161.38	380.73	285.55
Urea	18.80	351.37	263.58	432.59	324.49	765.54	574.15
$NaHCO_3$	96.25	1798.91	1349.43	2214.71	1661.28	3919.30	2939.48
NH_4HCO_3	144.10	2693.33	2020.28	3315.74	2487.17	5867.75	4400.81
Sugar	275.00	5139.75	3855.50	6327.75	4746.50	11198.0	8398.50
น้ำประปา (ล./วัน)	-	18.69	14.02	**23.01**	17.26	40.72	30.54

หมายเหตุ น้ำเสียสังเคราะห์มีอัตราส่วน COD:N:P = 100 : 10.89 : 0.68

OL หมายถึง ออร์แกนิคโหลดดิ้ง (กก.ซีโอดี/$ม^3$-วัน)

สูตรการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ซีโอดีต่าง ๆ จะเป็นไปตามสัดส่วนดังรูปที่ 3.1



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

-Chemical Demand(mg/l) สำหรับ $NaHCO_3$, NH_4HCO_3 และ Sugar(จุดไข่ปลา) ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วย10

รูปที่ 3.1 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์ (โรมรัน ศรีสัมฤทธิ์, 2524)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์

ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์เป็นถังพลาสติกขนาดจุ 200 ลิตรใช้เก็บน้ำเสียเพื่อป้อนเข้าถังกรองในแต่ละวัน น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นทุกวันมีปริมาณน้ำตาลและแร่ธาตุอื่น ๆ ตามความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล. โดยถังพักน้ำเสียสังเคราะห์ต้องล้างทุกครั้งก่อนใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ในวันต่อไป

3.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังกรอง

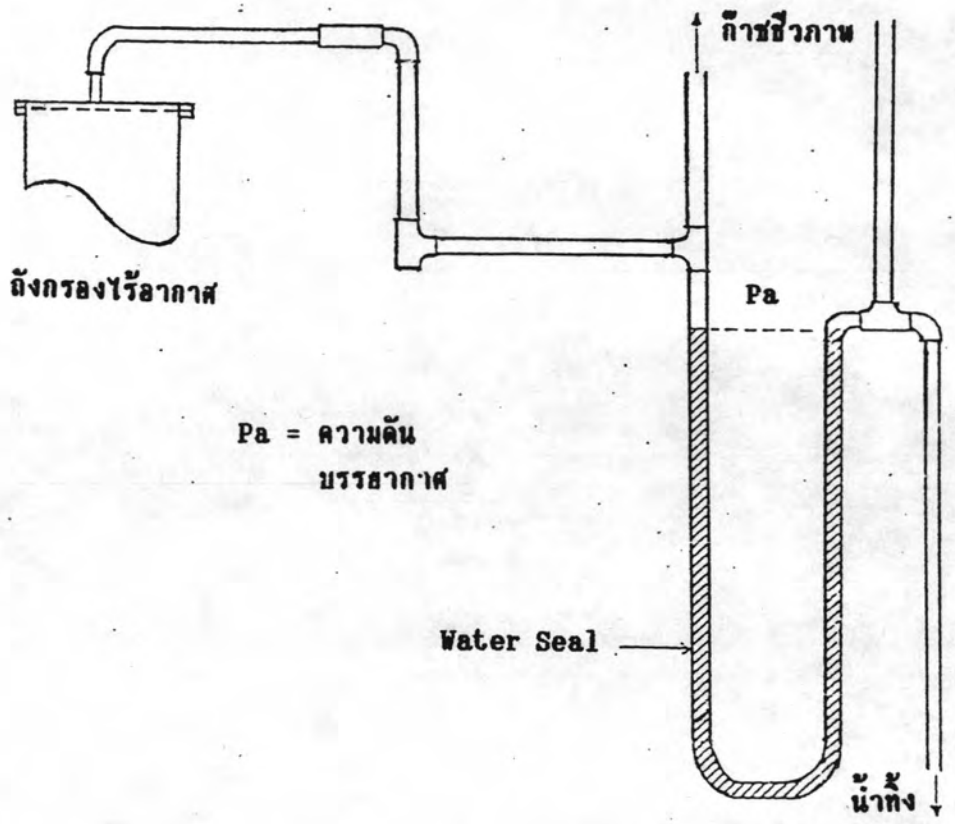
น้ำเสียถูกสูบเข้าถังกรองไร้อากาศทางตอนล่างและไหลออกจากถังกรองทางตอนบน การป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ถังกรองจากถังพักน้ำเสีย จะใช้เครื่องสูบน้ำเสียชนิด Peristaltic Pump ของบริษัท Watson Marlow จากประเทศอังกฤษ Model 501S ซึ่งจะใช้สายยางซิลิโคน(Silicone Tube) โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.5 มม. ซึ่งสามารถปรับปุ่มความเร็ว(Speed Control Knob) เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเสียตามต้องการ

3.3.3 ระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งและก๊าซชีวภาพที่ออกมาจากถังกรองไร้อากาศจะผ่านระบบท่อรูปตัวยูซึ่งเป็นระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้งง่าย ๆ วิธีหนึ่งโดยก๊าซชีวภาพจะแยกไปเก็บในขวดดักก๊าซส่วนน้ำทิ้งจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูก่อนไหลออกไปจากระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.3.4 ขวดดักก๊าซ

ในกรณีที่ก๊าซถูกแยกออกจากน้ำเสียตรงบริเวณท่อรูปตัวยู(U-Tube)ทีหนึ่งแล้วนั้น ก๊าซที่ออกมาถ้ามีแรงดันสูงหรือมีความชื้นมาก อาจทำให้มีก๊าซปนกับน้ำเสียเข้าสู่เครื่องวัดปริมาณก๊าซ(Gas Meter)ได้ จึงใช้ขวดดักก๊าซเพื่อแยกก๊าซกับน้ำเสียอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ขวดแก้วปริมาตร 2.5 ลิตร ตอนบนปิดด้วยจุกยางแน่นมีหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม.สองแท่ง

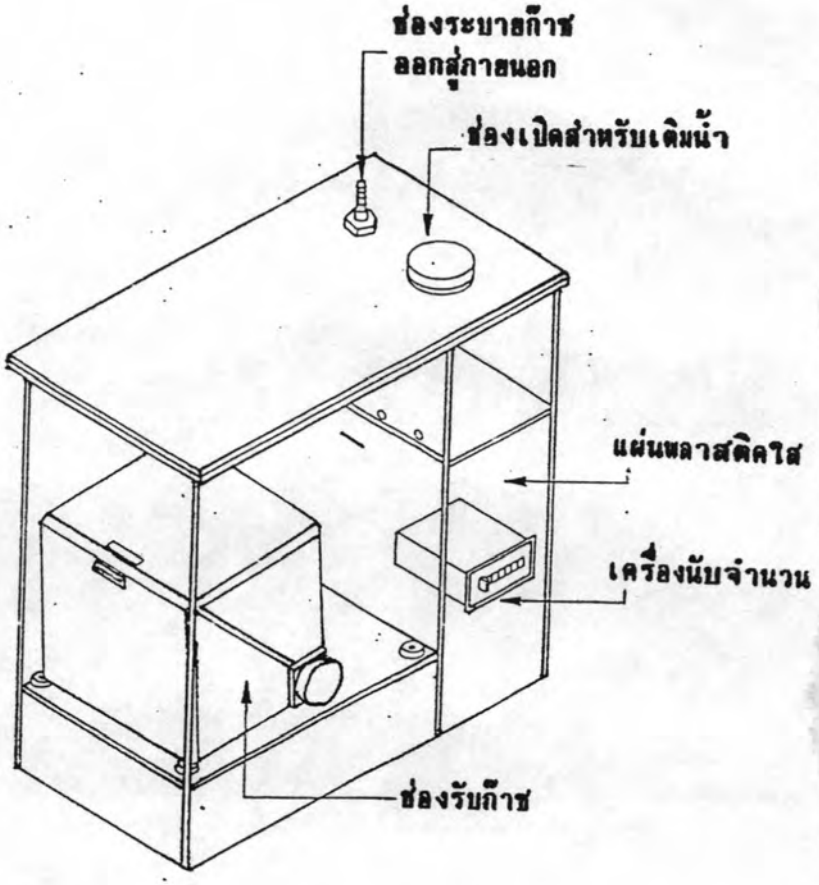


รูปที่ 3.2 ระบบท่อรูปตัวยู (U) ที่ใช้แยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง

เสียบอยู่โดยมีปลายด้านหนึ่งอยู่ใต้น้ำ ส่วนปลายของอีกหลอดหนึ่งอยู่เหนือผิวน้ำ เพื่อต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณก๊าซ

3.3.5 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ

เครื่องนี้จะวัดผลรวมของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน และแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด โดยก๊าซจะผ่านเข้าทางตอนล่างของเครื่องวัดปริมาณก๊าซและระบายทิ้งออกสู่ภายนอกทางตอนบนของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 3.3



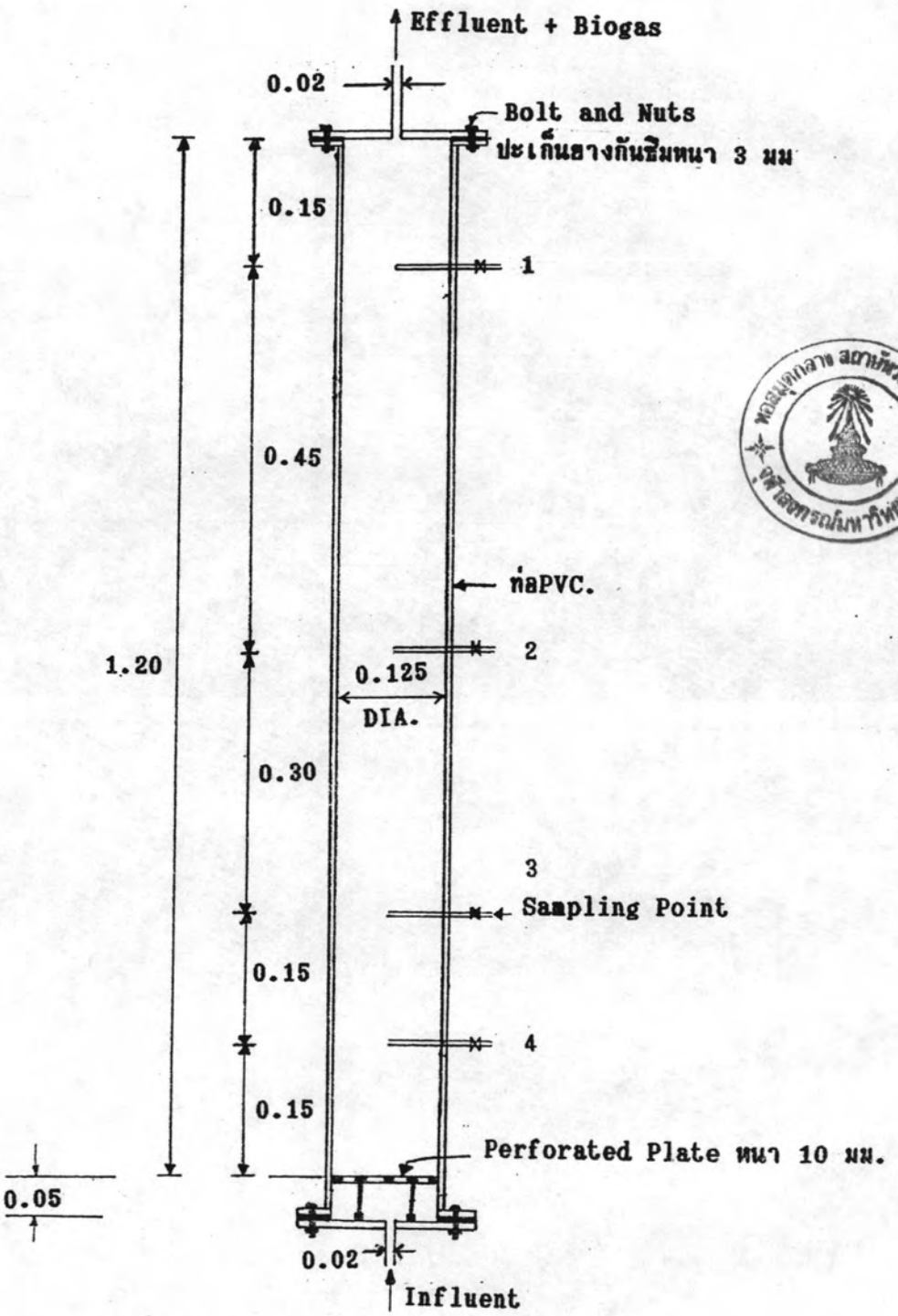
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย, 2527)

3.3.6 ตัวกลางภายในถังกรอง

ตัวกลางที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มี3 ชนิด คือ หิน เศษคอนกรีต และพลาสติก โดยหินที่ใช้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ถึง 1.5 นิ้ว (หินย่อยเบอร์ 2) เศษคอนกรีตขนาด 1 นิ้ว ถึง 1.5 นิ้วเช่นเดียวกับหินโดยทำการทุบให้ได้ขนาดที่ต้องการ **สำหรับพลาสติกใช้โรลม้วนผมพลาสติก** แบบหนามีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 6 ซม. ที่ตัดเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน

3.3.7 ถังกรองไร้อากาศ

ตัวถังกรองทำด้วยท่อพีวีซีรูปทรงกระบอกสูง 1.20 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 12.5 ซม. พื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.0123 ตารางเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 3.4) มี



รูปที่ 3.4 รายละเอียดและขนาดของถังกรองไร้อากาศ

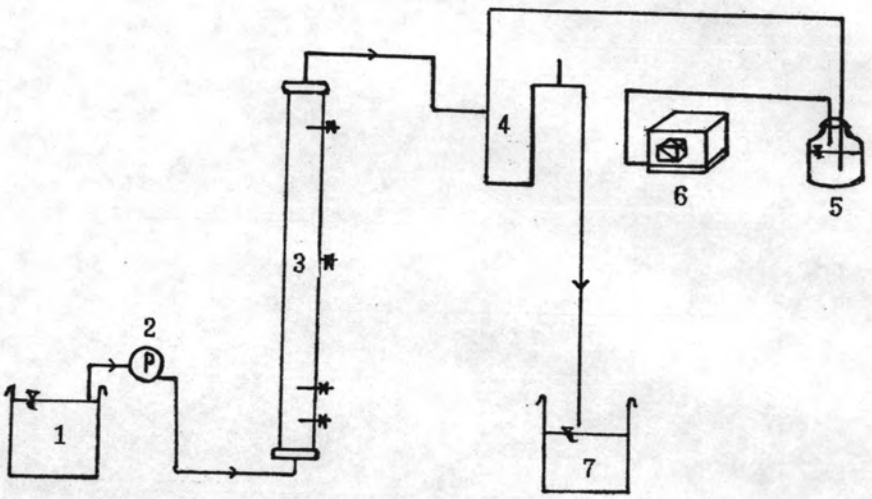
SCALE 1:8 (หน่วยเป็นเมตร)

ปริมาตรประมาณ 0.0162 ลูกบาศก์เมตร (16.2 ลิตร)ความหนาของถังกรองเท่ากับ 6.4 มม. ด้านล่างและด้านบนของถังกรองเป็นฝาเปิดปิดได้ประกอบด้วยฝาครอบทำด้วยแผ่นพีวีซีหนา10 มม. ขันน็อตแน่นตลอดตามแนวของเส้นรอบวง ประกบด้วยแผ่นปะเก็นยางกันการไหลซึมของน้ำหนา 3 มม. ฝาครอบด้านบนและด้านล่างนี้จะเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. เพื่อประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียเข้าในตอนล่าง (UpFlow) ของฝาปิด และประกอบท่อที่จะนำน้ำเสียและก๊าซออกจากถังกรองทางด้านบนของฝาปิด ซึ่งท่อนี้จะต่อเข้ากับท่อรูปตัวยูเป็นระบบแยกก๊าซชีวภาพออกจากน้ำทิ้ง โดยท่อนำก๊าซจะต่อไปยังขวดดักก๊าซ เพื่อแยกก๊าซกับน้ำเสียภายในขวดนั่นเองอีกทีหนึ่ง ก่อนที่ก๊าซจะผ่านเข้าสู่เครื่องวัดปริมาณก๊าซต่อไป ส่วนน้ำทิ้งจะไหลผ่านท่อรูปตัวยูก่อนที่จะไหลออกจากระบบถังกรองไร้อากาศ ที่บริเวณตอนล่างของถังกรองจะติดตั้งแผ่นกระจายน้ำเสีย (Perforated Plate) ทำด้วยพีวีซีหนา 10 มม. เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. อยู่เหนือก้นถังกรอง 5 ซม. ทั้งนี้เพื่อให้ได้น้ำที่เข้าถังกรอง(Influent)กระจายน้ำเสียไปโดยสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัดของถังกรอง นอกจากนี้แล้วที่ด้านข้างของถังกรองจะติดท่อเก็บตัวอย่างน้ำ(Tap Sample)ซึ่งเป็นท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้วพร้อมลิ้นปิดเปิด ทำการฝังลึกเข้าไปในถังกรองประมาณ 6 ซม. เพื่อให้ได้ตัวอย่างน้ำจากจุดกึ่งกลางถัง จุดเก็บตัวอย่างน้ำมี 4 จุด ทำให้ได้น้ำตัวอย่างจากระดับ0.15, 0.30, 0.60 และ 1.05 เมตรจากก้นถังกรองตามลำดับ ภายในถังกรองจะบรรจุตัวกลางแบบเต็มถังในการทดลองกับตัวกลางแต่ละชนิด ส่วนประกอบของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.5

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จัดเก็บตัวอย่างน้ำมีทั้งหมด 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือน้ำเสียก่อนเข้าระบบถังกรองไร้อากาศ ตัวอย่างน้ำภายในถังกรองซึ่งมีอยู่ 4 จุด ตามความสูงของถังกรอง และน้ำทิ้งจากถังกรอง การเก็บตัวอย่างน้ำภายในถังกรองจะเริ่มเก็บจากจุดบนสุดก่อนจุดที่อยู่ด้านล่าง เพื่อป้องกัน



รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งในการวิจัย

1. ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์
2. เครื่องสูบน้ำเสีย
3. ถังกรองไร้อากาศ
4. ท่อแยกก๊าซ
5. ขวดดักก๊าซ
6. เครื่องวัดปริมาณก๊าซ
7. ถังรับน้ำทิ้ง

การรบกวนชั้นของตัวอย่างน้ำ โดยเริ่มจากจุด 1.05, 0.60, 0.30 และ 0.15 เมตร จากก้นถังกรองตามลำดับ และจะปล่อยให้น้ำทิ้งในแต่ละจุดไหลทิ้งไปก่อนประมาณ 50 มล. ทุกครั้ง ส่วนน้ำเข้าถังกรอง (Influent) จะเก็บตัวอย่างจากถังพักน้ำเสียสังเคราะห์เมื่อมีการผสมของสารประกอบดีแล้ว การเก็บน้ำทิ้งออกจากถังกรอง (Effluent) จะเก็บตัวอย่างแบบรวม (Composite Sample) ในแต่ละวันเพื่อให้ตัวแทนของน้ำที่ออกจากถังกรองได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บครั้งละประมาณ 200 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ทันที

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างน้ำ ความถี่ในการเก็บ และการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงของถังกรองไร้อากาศได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

3.4.3 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. พีเอช(pH) วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดพีเอชของ Beckman

2. โอลาร์พี (ORP.) วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดโอลาร์พีของ Beckman (ใช้ Platinum Electrode)

3. ปริมาตรก๊าซทั้งหมด(Total Gas Volume) ทราบได้จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซของศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย (2527)

4. สภาพความเป็นด่าง และกรดโวลาไทล์(Total Alkalinity and Volatile Fatty Acid) วิเคราะห์โดยวิธีDirect Titration ของ Dilallo และAlbertson (1961)

5. ซีโอดี(COD), ตะกอนแขวนลอย(Suspended Solid), ตะกอนแขวนลอยโวลาไทล์(Volatile Suspended Solid), ไนโตรเจนทั้งหมด(TKN), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) วิเคราะห์ตามหนังสือ Standard Methods

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรตามและความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรตามที่วิเคราะห์	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ภายในถังกรอง	น้ำทิ้ง	ก๊าซชีวภาพ
COD	A**	A*	A*	-
pH	A	A	A	-
Suspended Solid	-	A	A	-
Total Alkalinity	A	A	A	-
Volatile Fatty Acid	-	A	A	-
ORP	-	A	A	-
Volatile Suspended Solid	-	A	A	-
TKN	B	-	B	-
Total Phosphorus	B	-	B	-
Total Gas Volume	-	-	-	C

หมายเหตุ A = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์อาทิตย์ละ 3 วัน

B = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง

C = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน

** = Total COD

* = Filtered COD

ตัวแปรที่อยู่นอกเหนือการควบคุม ได้แก่อุณหภูมิของถังกรองไร้อากาศ (ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับอุณหภูมิห้องที่แปรเปลี่ยนตามฤดูกาล) และแร่ธาตุในน้ำประปา ซึ่งใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์