บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ จะมีถังปฏิกรณ์หลักอยู่ 2 ถัง ได้แก่ ถังกรองเติมอากาศชนิดสารกรองเคลื่อนที่ (Aerated Moving Bed Filter ต่อไปจะเรียกว่า ถัง AMBF) และ ถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Reactor ต่อไปจะเรียกว่า ถัง FBR) ซึ่งใช้ตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

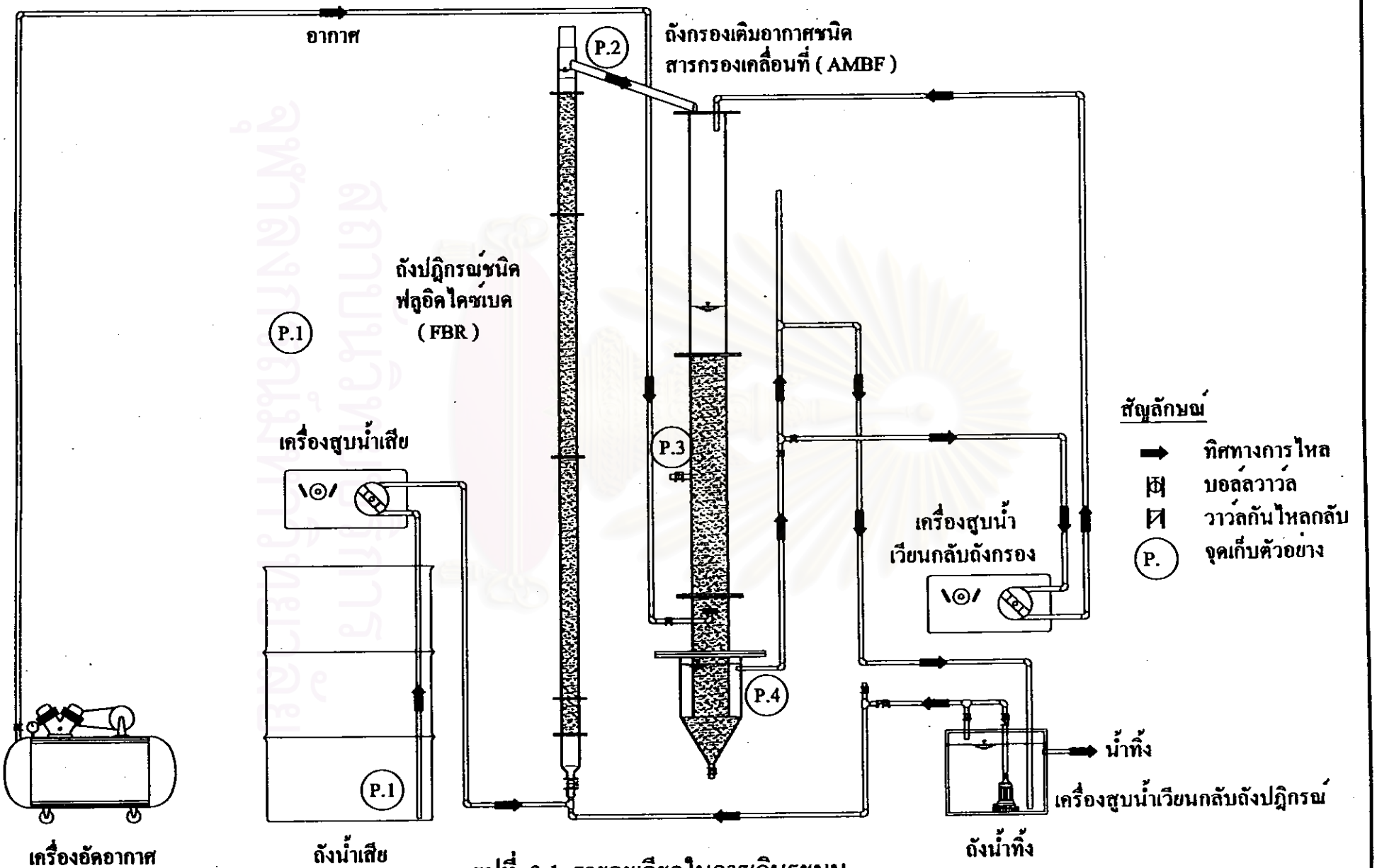
ลำดับ	อุปกรณ์	รายละเอียด
1	ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่	ท่ออะครีลิคใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 ซม. และ 25 ซม. สูง 2.70 ม.
2	ถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไซด์เบด	ท่ออะครีลิคใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3.9 ซม. สูง 3.00 ม.
3	ถังน้ำเสีย	ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร
4	ถังน้ำทิ้ง	ถังพลาสติกขนาด 18 ลิตร
5	เครื่องสูบน้ำเสีย	ชนิด Peristaltic ยี่ห้อ WATSON MARLOW รุ่น 604 U/R
6	เครื่องสูบน้ำเวียนกลับภายในถังกรอง	ชนิด Peristaltic ยี่ห้อ WATSON MARLOW รุ่น 604 U/R
7	เครื่องสูบน้ำเวียนกลับจากถังน้ำทิ้งเข้าถังปฏิกรณ์	ชนิด Submersible พลาสติกยี่ห้อ NAZA ขนาด 100 วัตต์

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง (ต่อ)

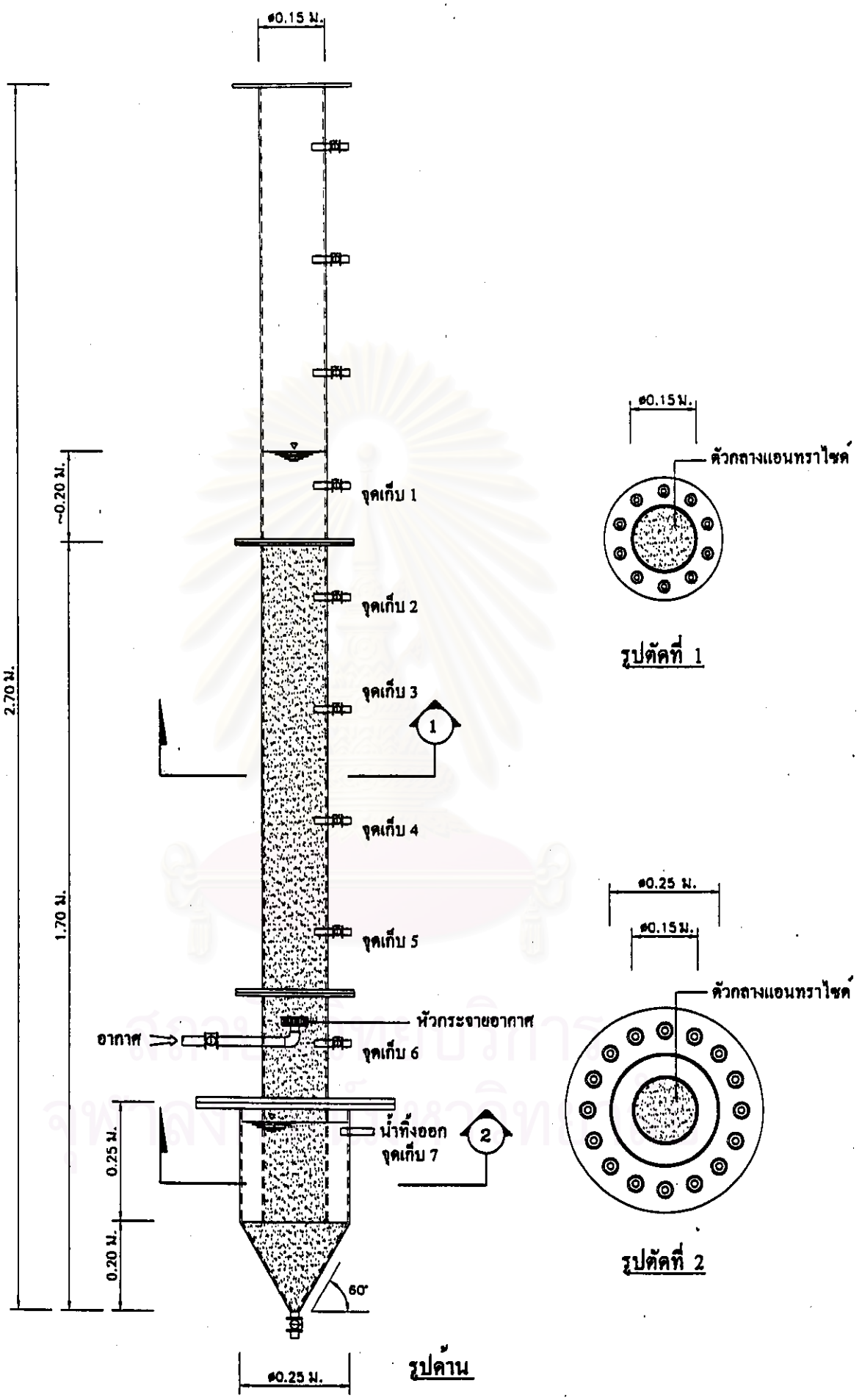
ลำดับ	อุปกรณ์	รายละเอียด
8	ตัวกลางสารกรองทั้งในถังกรองและถังปฏิกรณ์	ถ่านแอนทราไซท์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.85 $\pm$ 0.05 มม.
9	เครื่องเติมอากาศ	ชนิดอัดอากาศ (Air Compressor) ยี่ห้อ HITACHI รุ่น EFOUP ขนาด 0.5 แรงม้า
10.	หัวเติมอากาศ	ชนิดเมนเบรนแบบฟองละเอียด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม.
11.	แผ่นกระจายการไหลในถังปฏิกรณ์	ตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 0.8x0.8 มม.

โดยรายละเอียดในการเดินระบบ และขนาดของอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 3.1 ถึง 3.3 และในหัวข้อที่ 3.1.1 ถึง 3.1.2

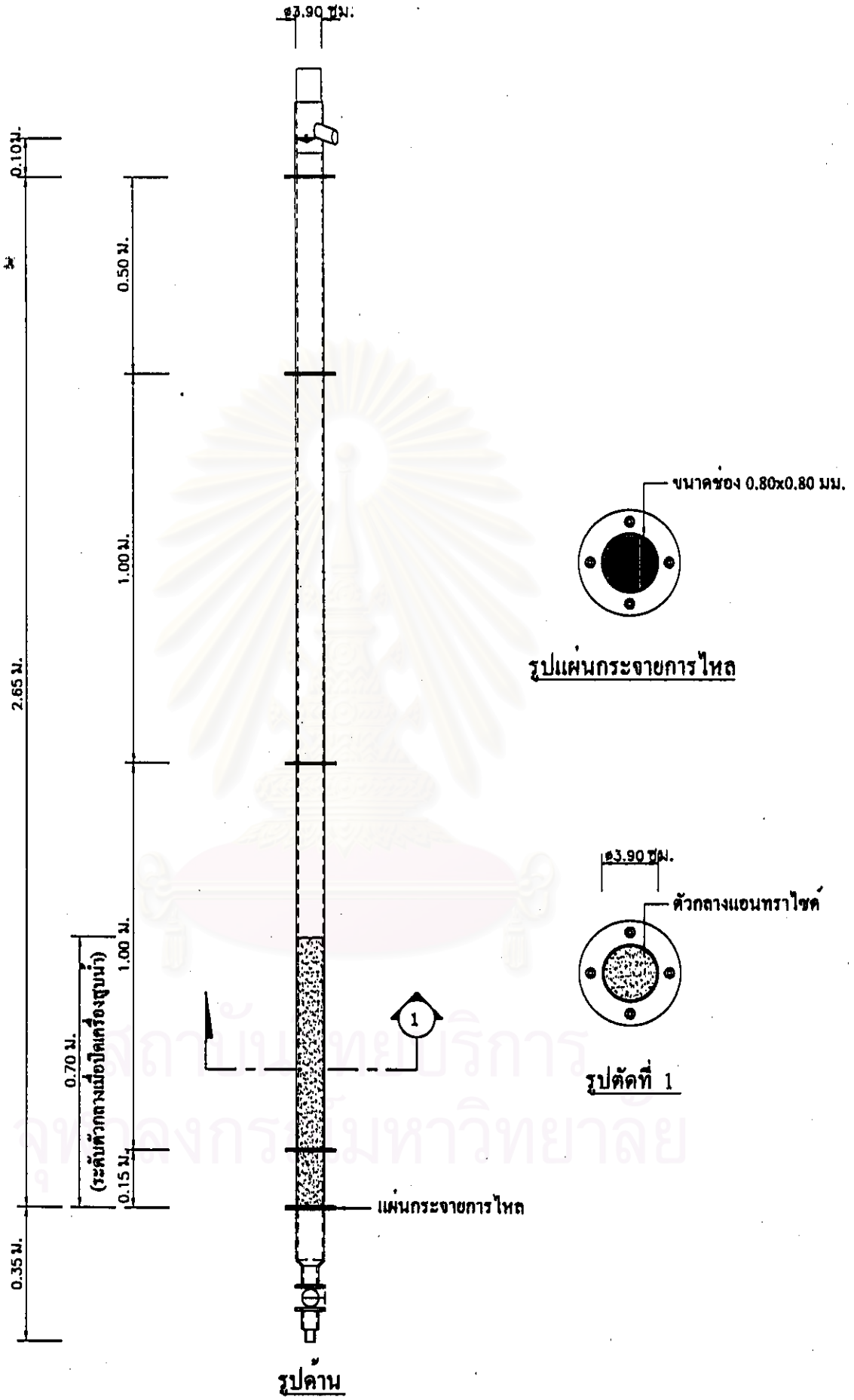
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 รายละเอียดในการเดินระบบ



รูปที่ 3.2 รายละเอียดของถังกรองเติมอากาศชนิดสารกรองเคลื่อนที่ (AMBF)



รูปที่ 3.3 รายละเอียดถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบด (FBR)

3.1.1 ขนาดปริมาณการไหลของเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ กำหนดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการไหลของเครื่องสูบน้ำ

ลำดับ	สูบจาก	สูบไป	ปริมาณการไหล (ลิตร/วัน)	เทียบกับปริมาณน้ำเสีย (เท่า)
1	ถังน้ำเสีย	ถัง FBR	190	1
2	ถังน้ำทิ้ง	ถัง FBR	665	3.5
3	ถัง AMBF	ถัง AMBF	855	4.5

3.1.2 ขนาดและลักษณะของตัวกลางแอนทราไซด์ที่ใช้ในถังกรองและถังปฏิกรณ์ คือ

- ขนาดของเม็ดจำเพาะ (Effective Size) อยู่ระหว่าง 0.85 $\pm$ 0.05 มม.
- ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) ไม่เกิน 1.5
- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) อยู่ระหว่าง 1.40 ถึง 1.70
-ค่าความพรุนอากาศขณะแห้ง (Porosity) เท่ากับ 0.5

3.2 แผนการวิจัย

การศึกษาการกำจัดไนโตรเจนด้วยถัง AMBF และถัง FBR นี้ การทดลองทั้งหมดได้กระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยของ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีแผนผังการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยมีตัวแปรในการวิจัย ดังนี้

1.) ตัวแปรอิสระ

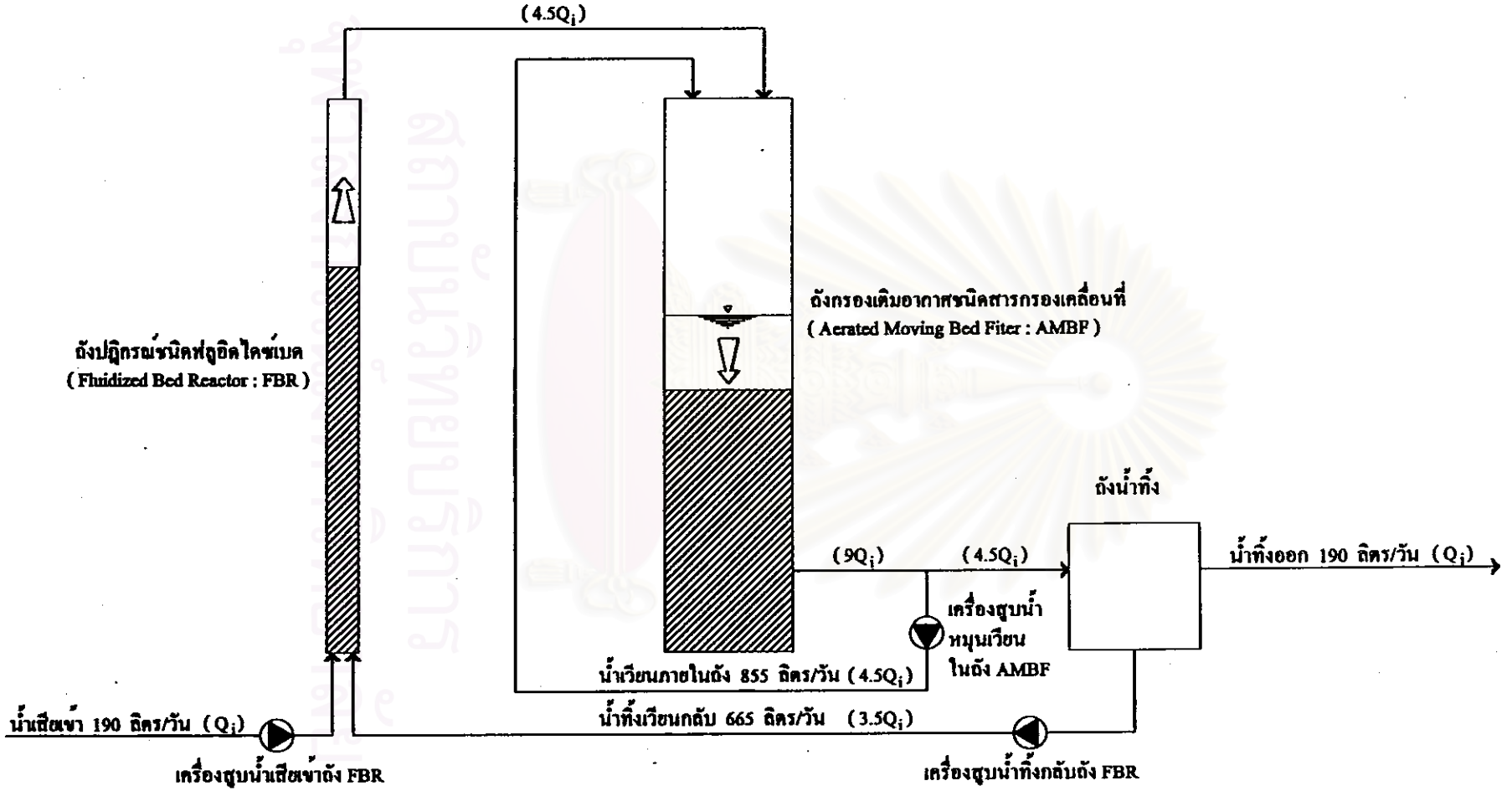
- ค่าปริมาณส่วนประกอบในน้ำเสียสังเคราะห์ 4 ค่า ได้แก่

ค่าซีโอดี 166 มก./ล. และ ค่าทีเคเอ็น 15 มก./ล.

ค่าซีโอดี 277 มก./ล. และ ค่าทีเคเอ็น 25 มก./ล.

ค่าซีโอดี 288 มก./ล. และ ค่าทีเคเอ็น 35 มก./ล.

ค่าซีโอดี 500 มก./ล. และ ค่าทีเคเอ็น 45 มก./ล.



รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบ

I:\PROJECTS\JOB7\3-1.DWG 06/01/1998

2.) ตัวแปรที่ควบคุมให้คงที่

- อัตราการไหลเข้าของน้ำเสียเข้าถังฟลูอิดไดซ์เบด	190	ลิตร/วัน
- อัตราการเวียนน้ำกลับเข้าถังฟลูอิดไดซ์เบด (เทียบเป็น 350 % ของน้ำเสียเข้า)	665	ลิตร/วัน
- อัตราการเวียนน้ำกลับภายในถังกรอง (เทียบเป็น 450 % ของน้ำเสียเข้า)	855	ลิตร/วัน
- อัตราหมุนเวียนการล้างตัวกลางในถัง AMBF (ล้างตัวกลางทั้งถัง ครั้งละ 33% ทุก 8 ชม. ภายใน 1 วัน)	100%	ต่อวัน
- อัตราหมุนเวียนการล้างตัวกลางในถัง FBR (ล้างตัวกลางทั้งถัง อาทิตย์ละ 1 ครั้ง)	100%	ต่ออาทิตย์
- เวลากักน้ำถัง AMBF	2 ชม. 28	นาที
- เวลากักน้ำถัง FBR	22	นาที

3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการทดลองเนื่องจากทำการทดลองโดยการเปลี่ยนค่าภาระบรรทุกอินทรีย์ (Organic Loading) ทำให้มีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์อยู่ 4 ชนิด ซึ่งเป็นอัตราส่วนกันคือ ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าซีโอดี 166 มก./ล., ทีเคเอ็น 15 มก./ล. ชุดการทดลองที่ 2 ค่าซีโอดี 277 มก./ล., ทีเคเอ็น 25 มก./ล. ชุดการทดลองที่ 3 ค่าซีโอดี 388 มก./ล., ทีเคเอ็น 35 มก./ล. และชุดการทดลองที่ 4 ค่าซีโอดี 500 มก./ล., ทีเคเอ็น 45 มก./ล. ดังสรุปค่าลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลักษณะน้ำเสียในทั้ง 4 ชุดการทดลอง (หน่วย; มก./ล.)

ชุดการทดลองที่	ค่าซีโอดี	ค่าทีเคเอ็น	ค่าฟอสฟอรัส
1	166	15	2.50
2	277	25	4.16
3	388	35	5.82
4	500	45	7.50

โดยอัตราส่วนค่าซีโอดี : ทีเคเอ็น : ฟอสฟอรัส คือ 100 : 9 : 1.5 และเติมสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพ ซึ่งในตารางที่ 3.4 ที่แสดงถึง ส่วนประกอบทั้งหมดในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อน้ำประปา 190 ลิตร

ตารางที่ 3.4 ส่วนประกอบทั้งหมด ของน้ำเสียสังเคราะห์ ต่อ น้ำประปา 190 ลิตร (หน่วย; ก.)

ส่วนประกอบ	การทดลองชุดที่ 1	การทดลองชุดที่ 2	การทดลองชุดที่ 3	การทดลองชุดที่ 4
น้ำตาลทราย	28.55	47.70	66.85	86.00
ยูเรีย $(NH_2)_2CO$	6.43	10.74	15.05	19.37
KH_2PO_4	2.19	3.65	5.12	6.59
$FeCl_3$. $6H_2O$	1.21	2.01	2.82	3.63
$NaHCO_3$	16.27	27.19	38.10	49.02
$MgSO_4.7H_2O$	0.84	1.41	1.97	2.53
$CaCl_2.2H_2O$	0.64	1.0	1.49	1.91

3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะทำการวิเคราะห์ทั้งลักษณะทางกายภาพ, เคมีและชีวภาพโดยลักษณะสมบัติ, จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ในการวิเคราะห์ได้ แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 สำหรับวิธีวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย จะใช้วิธีวิเคราะห์ตามหนังสือ "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" เป็นหลัก ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย , จุดเก็บตัวอย่าง และ ความถี่ในการวิเคราะห์

ลักษณะสมบัติ	น้ำเสียเข้า	ถังปฏิกรณ์	ถังกรอง	น้ำเสียออก
pH	A	A	A	A
DO.	A	A	A	A
ORP	A	A	A	A
Temp.	A	A	A	A
SS	-	B	B	B
COD	B	B	B	B
Alkalinity	B	B	B	B
NH_3-N	B	B	B	B
TKN	B	B	B	B
NO_2^--N	B	B	B	B
NO_3^--N	B	B	B	B

หมายเหตุ : A = ตัวแปรที่ต้องทำการวิเคราะห์ทุกวัน

B = ตัวแปรที่ต้องทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง

ค่าลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสียเข้า จะไม่ผ่านการกรองก่อนการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.6 วิธีการวิเคราะห์ ค่าลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเสีย

ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย	วิธีการวิเคราะห์
pH	pH Meter with Glass Electrode
DO.	DO. Meter
ORP	ORP Meter with Platinum Electrode
Temp.	Thermometer
SS	Gravimetric Method
COD	Dicromate Close Reflux Method
Alkalinity	Titration Method
NH_3-N	Kjedahl Method
TKN	Kjedahl Method
NO_2^--N	NED Colorimetric Method
NO_3^--N	UV - Spectrophotometer

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลอง ในช่วงปกติจะเก็บ 4 ตัวอย่าง คือ 1) น้ำเสียสังเคราะห์ 2) น้ำจากถังปฏิกรณ์ 3) จุดเก็บกลางถังกรอง และ 4) น้ำเสียออกซึ่งเมื่อถึงสภาวะคงตัว (Steady State) จะทำการเก็บละเอียดในถังกรอง คือ เก็บทุกระยะ 25 ซม. ภายในถังกรองรวม 6 จุด จำนวน 1 ครั้ง ส่วนชุดการทดลองหาระดับตัวกลางในถังปฏิกรณ์ที่ทำให้ระบบล้มเหลว จะทำเก็บตัวอย่างชุดละ 3 จุด คือ 1) น้ำเสียสังเคราะห์ 2) น้ำจากถังปฏิกรณ์ และ 3) น้ำเสียออกจากถังกรอง

3.5 การเดินระบบและการดูแลควบคุม

3.5.1 การเดินระบบ

การเดินระบบโดยการเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวภาพ ได้กระทำดังนี้.

1) น้ำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากท่อเวียนตะกอนกลับของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ประมาณ 10 ลิตร มาผสมน้ำประปาเป็น 60 ลิตร แล้วใส่น้ำเสียสังเคราะห์ ที่มี ค่าซีโอดี 300 มก./ล. ทีเคเอ็น 24 มก./ล. เพื่อให้เชื้อจุลชีพปรับตัว โดยเลี้ยงไว้ประมาณ 1 อาทิตย์

2) ในขณะเดียวกัน เติมตัวกลางแอนทราไซต์ ทั้งในถังปฏิกรณ์และถังกรองโดยในถังปฏิกรณ์ใช้ปริมาตร 0.84 ลิตร และในถังกรองใช้ปริมาตร 30 ลิตร แล้วใช้น้ำประปาเป็นน้ำเดินในระบบ เพื่อให้ชะล้างผงตัวกลางขนาดเล็กให้ออกจากระบบ และเป็นการเตรียมสำหรับเดินระบบต่อไป โดยดำเนินงานเป็นเวลา 3 วัน

3) หลังจากเลี้ยงเชื้อจุลชีพแล้ว นำมา 3 ลิตร เติมในหัวถังกรองพร้อมกับเริ่มใช้น้ำเสียสังเคราะห์ใส่เข้าระบบ เพื่อเลี้ยงเป็นแบบทีละเท (Batch) และทำการเวียนตัวกลางในถังกรองทุก 8 ชม. โดยไม่มีการล้าง ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 3 วัน

4) เริ่มทำการวัดผล

3.5.2 การดูแลควบคุม

การดูแลควบคุมระบบนั้น ประกอบด้วยการดูแลรักษาความสะอาดของถังปฏิกรณ์ถังกรองและถังน้ำเสีย ตลอดจนถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท่อภายในระบบ ท่อในเครื่องสูบน้ำ ให้อยู่ในสภาพที่สะอาดเพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เช่น เชื้อราเกิดขึ้นในระบบ เนื่องจากเชื้ออื่น ๆ เหล่านี้อาจขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบได้ การดูแลรักษาระบบทำโดย การทำความสะอาดภายในถังกรองไม่ให้มีเมือก (Slime) เกาะติดอยู่ข้างถัง โดยใช้แปลงขัดทุกวันและภายในท่อหมุนเวียน ทำการขัดภายในท่อทุก 7 วัน และในถังกรองทำการล้างตัวกลางเป็นปริมาตร 10 ลิตร ทุก 8 ชม. ดังจะกล่าวต่อไป และท่อซิลิโคนในเครื่องสูบน้ำแบบรีด ทำการเปลี่ยนทุก 7 วัน

3.5.2.1 การควบคุมปริมาณการไหล

ทำการควบคุมให้ได้ดังแสดงไว้แล้วในตารางที่ 3.2 กระทำโดย ในถังน้ำเสีย สังเกตจากขีดแสดงปริมาณที่เหลืออยู่ซึ่งจะทำการวัด และปรับค่าทุกวัน ในเครื่องสูบน้ำเวียนกลับถังปฏิกรณ์ทำโดย การตวงจากน้ำที่ออกจากถังปฏิกรณ์ ซึ่งจะทำการวัดและปรับค่าทุกวันหลังจากเตรียมน้ำเสียเสร็จ ส่วนเครื่องสูบน้ำเวียนกลับภายในถังกรองทำโดยการตวงจากท่อที่ออกจากเครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะทำการวัดและปรับ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 3 วัน

3.5.2.2 การควบคุมปริมาณและความถี่ในการล้างตัวกลางในถังกรอง

เนื่องจากการศึกษานี้ เป็นเรื่องที่ต่อเนื่องจากการศึกษาของนายวีระพันธ์ วัฒนวีรเดช (2539) ที่ศึกษาถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ พบว่า อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง ตั้งแต่ 1, 2 และ 5 วัน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ในการศึกษานี้ ใช้ที่ค่า 1 วันในการทดลอง โดยทำการล้างวันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 10 ลิตร ทำทุก ๆ 8 ชม.

3.5.2.3 การควบคุมปริมาณและความถี่ในการล้างตัวกลางในถังปฏิกรณ์

จากการเริ่มทดลองจริงพบว่าการเกิดเซลล์ขึ้นมาใหม่ มีปริมาณที่มากและรวดเร็ว ทำให้จากการเริ่มเดินระบบที่ระดับ 70 ซม. ภายใน 1 อาทิตย์ ทั้งตัวกลางและจุลชีพที่เกาะอยู่ จะโตขึ้นและเพิ่มปริมาณจนถึงระดับ 265 ซม. ทำให้ต้องทำการล้างตัวกลาง เพื่อป้องกันไม่ให้ชั้นในฟลูอิดไดซ์เบด หลุดออกจากถังปฏิกรณ์ออกไปยังถังกรอง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระให้แก่ ถังกรองที่จะเกิดการอุดตันจากจุลชีพ และตัวกลางที่หลุดไป

3.5.3 การล้างตัวกลาง

การล้างตัวกลางกระทำโดยนำตัวกลางใส่ถังบรรจุตัวกลาง แล้วใช้ท่อประปาจุ่มที่ใต้ตัวกลางในถังบรรจุตัวกลาง แล้วปล่อยน้ำประปาไหลขึ้นพร้อมกับกวนตัวกลางตลอดเวลา เสมือนการล้างย้อนถังกรองทรายทั่ว ๆ ไป จนน้ำล้างมีสภาพใส จึงหยุดการล้างแล้วเทน้ำออก จนเหลือแต่ตัวกลาง นำกลับไปใส่ยังถังที่ทดลองต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย