บทที่ 3

แผนงานการวิจัยและการดำเนินงาน

เพื่อให้การศึกษานี้บรรลุวัตถุประสงค์และครอบคลุมขอบเขตการศึกษาซึ่งได้กำหนดไว้ จึงได้วางแผนการวิจัยและการดำเนินงานไว้ดังนี้

3.1 แผนงานการวิจัยและการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ได้วางแผนการวิจัยและการดำเนินงานโดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างน้ำจากน้ำเสียโรงกลั่นน้ำมันที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยถังตกตะกอนแบบแผ่น โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียมีดังนี้

- ค่าพีเอช
- อุณหภูมิ
- ของแข็งทั้งหมด
- ของแข็งแขวนลอย
- ซีโอดี
- น้ำมันและไขมัน

3.1.2 การทดลอง

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันของโรงกลั่นน้ำมันด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF โดยมีขั้นตอนในแต่ละกระบวนการดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) กระบวนการโคแอกกูเลชัน
   - การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม
   - การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสม
   - การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์กับสารฟล้อคคูแลนท์เอดที่เหมาะสม

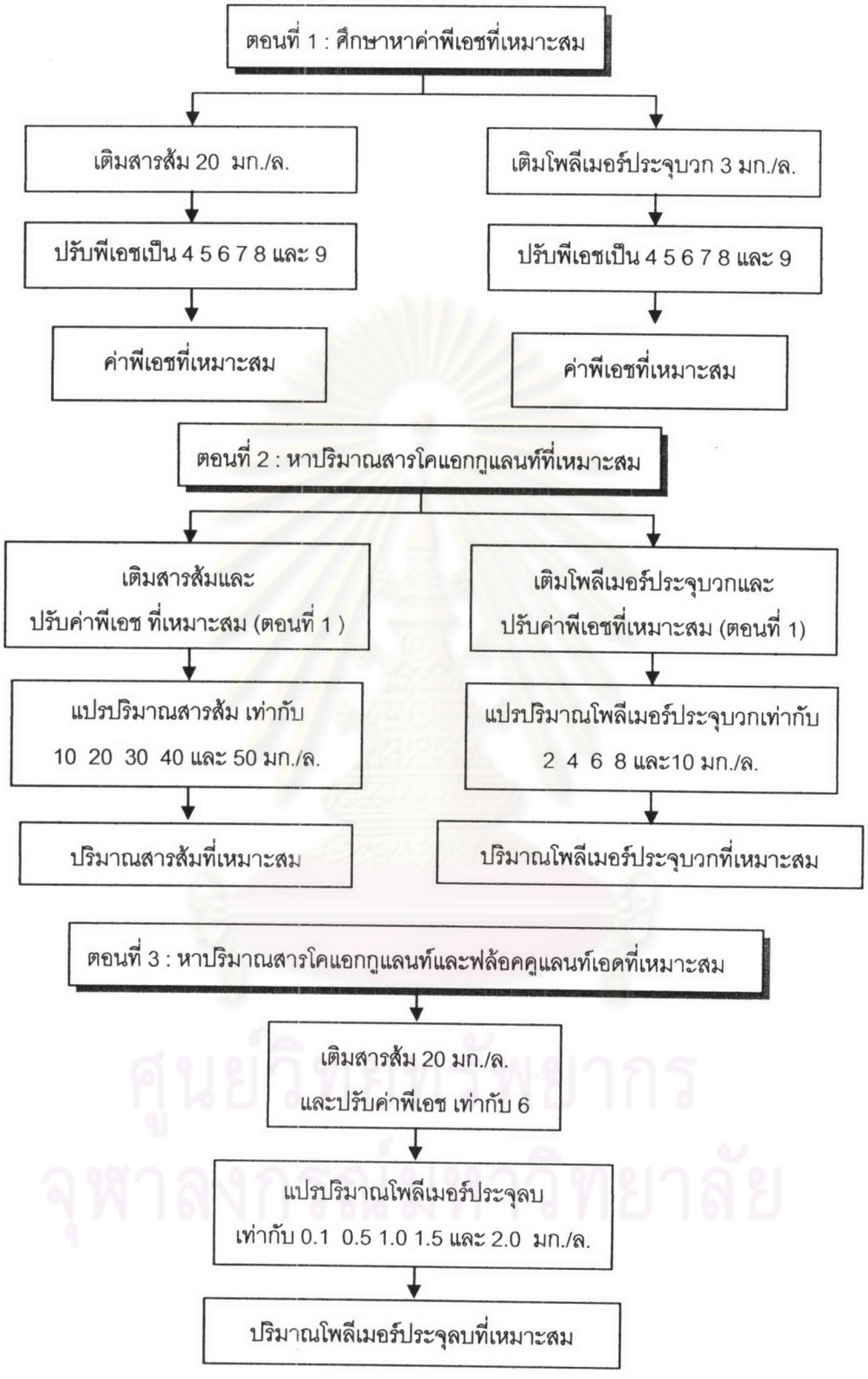
2) กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF
   - การทดสอบหาค่าความดันที่ใช้อัดอากาศที่เหมาะสม
   - การทดสอบหาค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม
   - การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF
   - การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์กับสารฟล้อคคูแลนท์เอดที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF
   - การทดสอบหาค่าภาระทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

การทดลองกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้ชุดเครื่องมือทดสอบจาร์เทสต์ ในการทำการทดลองกับน้ำเสียเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารโคแอกกูแลนท์ ฟล้อคคูแลนท์เอด และค่าพีเอชของน้ำเสียที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำมันจากน้ำเสีย มีการทดลองทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้ (รูปที่ 3.1)

1) การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม สารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ สารส้มและโพลีเมอร์ประจุบวก ปริมาณที่ใช้เท่ากับ 20 มก./ล.และ 3 มก./ล. ตามลำดับ โดยปรับเปลี่ยนค่าพีเอชเป็น 4 5 6 7 8 และ 9



รูปที่ 3.1 แผนผังการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการโคแอกกูเลชันในการกำจัดน้ำมัน

2) การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสม เมื่อได้ค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับสารโคแอกกูแลนท์ทั้ง 2 ชนิดแล้ว จะทำการปรับเปลี่ยนค่าปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ ดังนี้

- สารส้ม ปรับเปลี่ยนปริมาณที่ใช้เท่ากับ 10 20 30 40 และ 50 มก./ล.
- โพลีเมอร์ประจุบวก ปรับเปลี่ยนปริมาณที่ใช้เท่ากับ 2 4 6 8 และ10 มก./ล.

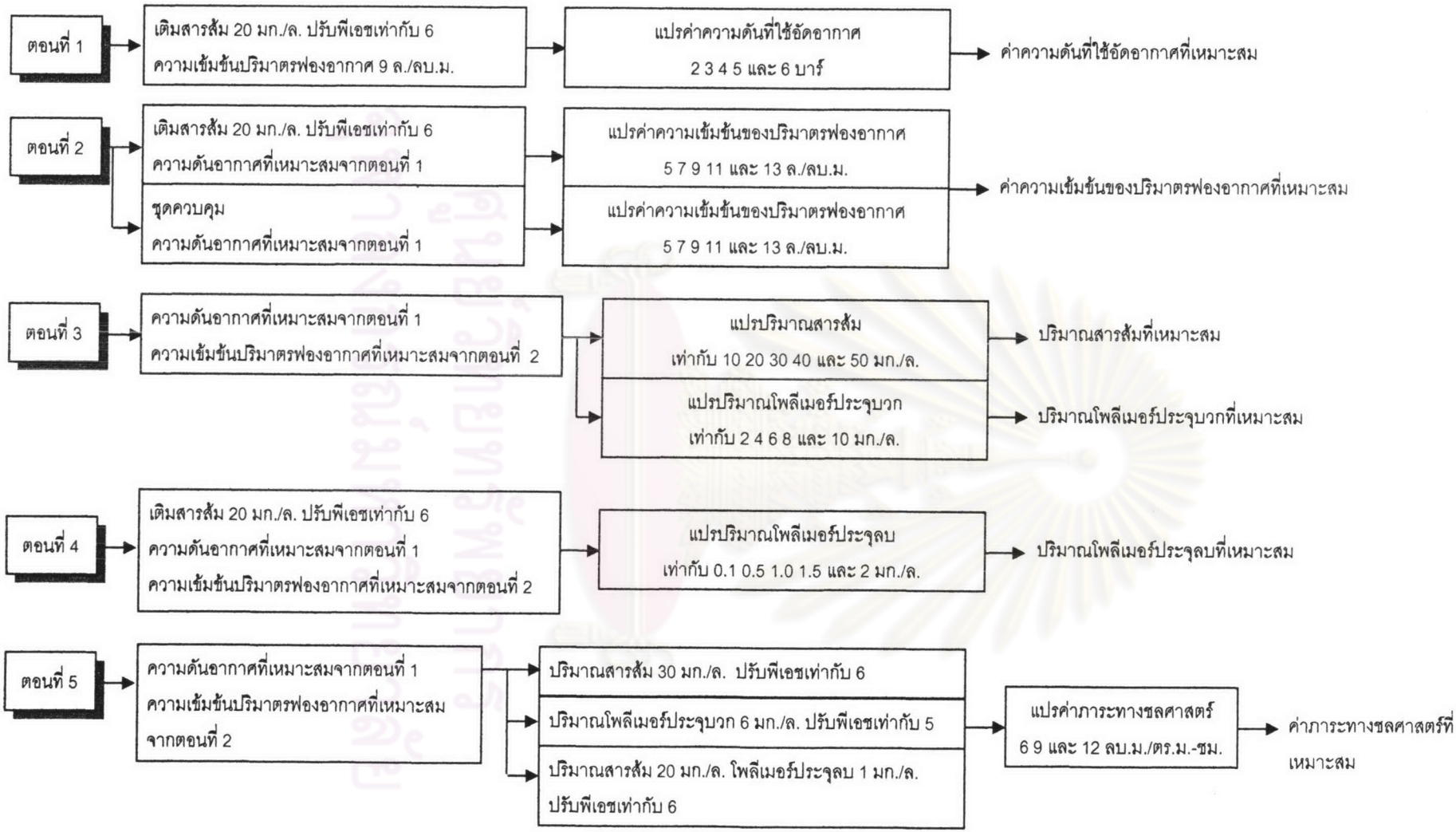
3) การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์กับสารฟล้อคคูแลนท์เอดที่เหมาะสม ใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ปริมาณที่ใช้เท่ากับ 20 มก./ล. และปรับเปลี่ยนสารฟล้อคคูแลนท์เอด คือ โพลีเมอร์ประจุลบปริมาณที่ใช้เท่ากับ 0.1 0.5 1 1.5 และ 2 มก./ล.

3.2.2 การทดลองกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF

การทดลองกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ในขั้นตอนที่ 1- 4 จะใช้ชุดเครื่องมือทดสอบจาร์เทสต์และชุดเครื่องมือทดสอบ DAF ส่วนขั้นตอนที่ 5 ทำการทดลองโดยใช้ชุดเครื่องมือทดสอบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบหาค่าความดันที่ใช้อัดอากาศที่เหมาะสม โดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ ปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเท่ากับ 9 ล./ลบ.ม. และปรับเปลี่ยนค่าความดันที่ใช้อัดอากาศเป็น 2 3 4 5 และ 6 บาร์

2) การทดสอบหาค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม ในการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันและไม่ใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน (ชุดควบคุม) ร่วมกับกระบวนการ DAF การทดลองจะเลือกค่าความดันที่ใช้อัดอากาศที่เหมาะสมมาใช้ทำการทดลอง และปรับเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเป็น 5 7 9 11 และ 13 ล./ลบ.ม. สำหรับทั้ง 2 การทดลอง ส่วนการทำการทดลองในกรณีที่ใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันจะใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ ปริมาณที่ใช้เท่ากับ 20 มก./ล.



รูปที่ 3.2 แผนผังการทดสอบสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF ในการกำจัดน้ำมัน

3) การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF ในการทดลองจะใช้ค่าความดันที่ใช้อัดอากาศและค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม และปรับเปลี่ยนค่าปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ดังนี้

- สารส้ม ปรับเปลี่ยนปริมาณที่ใช้เท่ากับ 10 20 30 40 และ 50 มก./ล.
- โพลีเมอร์ประจุบวก ปรับเปลี่ยนปริมาณที่ใช้เท่ากับ 2 4 6 8 และ10 มก./ล.

4) การทดสอบหาปริมาณสารโคแอกกูแลนท์กับสารฟล้อคคูแลนท์เอดที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF ในการทดลองจะใช้ค่าความดันที่ใช้อัดอากาศและค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม ใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ปริมาณที่ใช้เท่ากับ 20 มก./ล. และปรับเปลี่ยนค่าสารฟล้อคคูแลนท์เอดคือโพลีเมอร์ประจุลบปริมาณที่ใช้เท่ากับ 0.1 0.5 1 1.5 และ 2 มก./ล.

5) การทดสอบหาค่าภาระทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column ในการทดลองจะใช้ค่าความดันที่ใช้อัดอากาศและค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม เลือกปริมาณสารโคแอกกูแลนท์และสารฟล้อคคูแลนท์เอดที่เหมาะสม โดยปรับเปลี่ยนค่าภาระทางชลศาสตร์เป็น 6 9 และ 12 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

3.3 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

3.3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ Coaxial DAF Column

เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ Coaxial DAF Column ได้อ้างอิงเกณฑ์ที่ใช้ออกแบบในการทดลองของ Baeyens และคณะ (1995) ซึ่งเกณฑ์ในการออกแบบและค่าที่ใช้ในการออกแบบ Coaxial DAF Column สำหรับการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ในการออกแบบ Coaxial DAF Column

พารามิเตอร์	เกณฑ์การออกแบบ	เกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา
1) ส่วนสัมผัส		
- อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง	-	16 - 33
- ความเร็วไหลขึ้น, ม./ชม.	30 - 73	36 - 72
- เรย์โนลด์นัมเบอร์	-	660 - 1375
- ระยะเวลากักเก็บ, นาที	1 - 2.5	1.5
- ระดับผิวน้ำเหนือส่วนสัมผัส, ซม.	≥ 30	30
2) ส่วนแยก		
- ภาระทางชลศาสตร์หรือความเร็วไหลลง, ม./ชม.	≤ 30	6 - 12
- เรย์โนลด์นัมเบอร์	-	180 - 375
- ระยะเวลากักเก็บ, นาที	5 - 12.5	10.5 - 12
- อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์นอกต่อคอลัมน์ใน	-	2.7

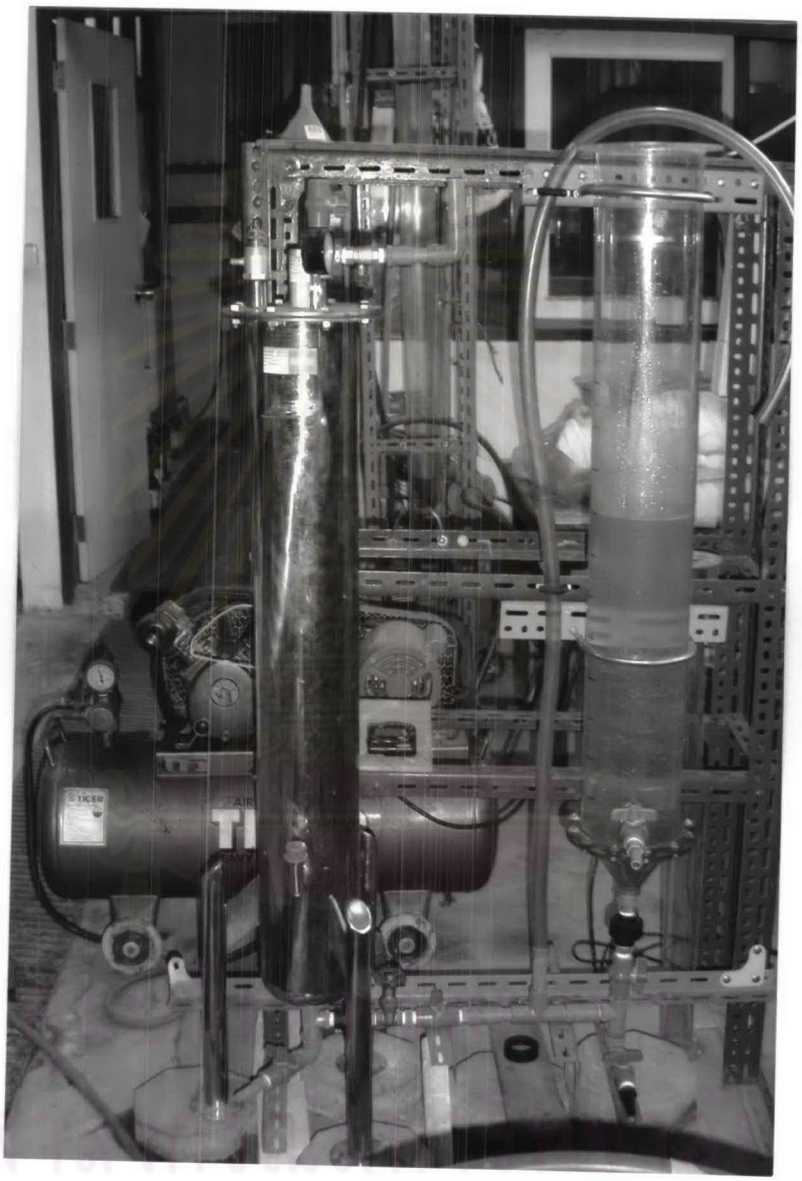
3.3.2 **พารามิเตอร์กำหนด** คือ พารามิเตอร์ที่มีการควบคุมให้มีค่าคงที่ในการทดลอง ได้แก่

3.3.2.1 อุปกรณ์ DAF

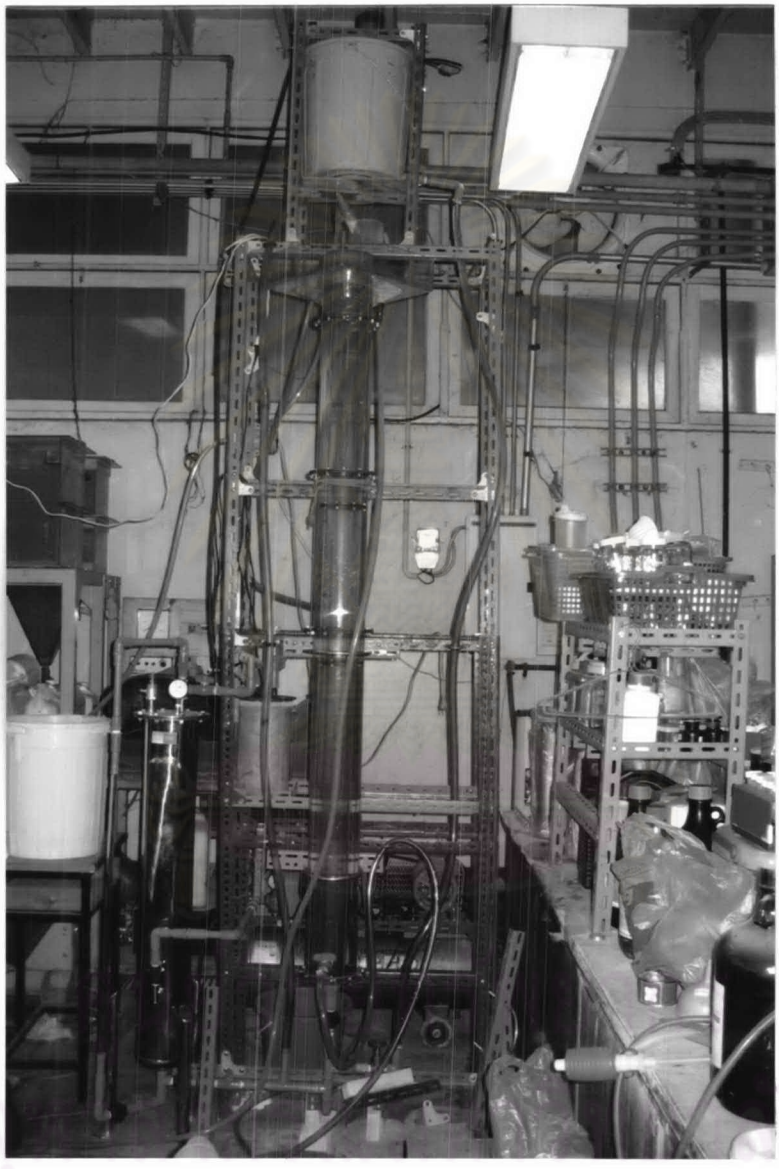
1) ชุดเครื่องมือระบบ DAF (รูปที่ 3.3)
   - ขนาดของถังลอยตัว ประมาณ 15 ลิตร
   - ระยะเวลาสำหรับการแยกชั้นในถังลอยตัว 10 นาที
   - ขนาดของถังความดัน ประมาณ 15 ลิตร
   - ระยะเวลาในการอัดอากาศไม่น้อยกว่า 5 นาที

2) ชุดเครื่องมือระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column (รูปที่ 3.4)
   - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ใน 5.4 ซม.
   - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์นอก 14.4 ซม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 ชุดเครื่องมือระบบ DAF



รูปที่ 3.4 ชุดเครื่องมือระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column

- ความสูงของคอลัมน์ในเท่ากับ 90 135 และ180 ซม.
- ความสูงของคอลัมน์นอกเท่ากับ 120 165 และ 210 ซม.
- ขนาดของถังความดัน ประมาณ 15 ลิตร
- ระยะเวลาในการอัดอากาศไม่น้อยกว่า 5 นาที

3.3.2.2 อุปกรณ์จาร์เทสต์

1) สารส้ม
   - กวนเร็วใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
   - กวนช้าใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
   - ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

2) สารโพลีเมอร์ประจุบวก
   - กวนเร็วใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที
   - กวนช้าใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
   - ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

3.3.3 **พารามิเตอร์อิสระ** คือ พารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษาในการทดลอง ได้แก่

- ปริมาณการใช้สารเคมีแปรผันตามความเหมาะสมในการทดลอง ได้แก่ สารส้ม สารโพลีเมอร์ประจุบวก และสารโพลีเมอร์ประจุลบ
- ความดันที่ใช้ในการอัดอากาศเป็น 2 3 4 5 และ 6 บาร์
- ความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเป็น 5 7 9 11 และ 13 ล./ลบ.ม.
- ค่าภาระทางชลศาสตร์ 6 9 และ 12 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

3.3.4 **พารามิเตอร์เปลี่ยนแปลง** คือ พารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์หาค่า ได้แก่

- ค่าพีเอช
- อุณหภูมิ
- ของแข็งทั้งหมด
- ของแข็งแขวนลอย

- ซีโอดี
- น้ำมันและไขมัน

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- ชุดทดสอบ DAF ระดับห้องปฏิบัติการ
- ชุดทดสอบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ระดับห้องปฏิบัติการ
- ชุดทดสอบจาร์เทสต์
- เครื่องวัดพีเอช
- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องกรองสูญญากาศ
- เตาอบ
- นาฬิกาจับเวลา
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ ซีโอดี ของแข็งทั้งหมด น้ำมันและไขมัน

3.5 วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธี Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (1989) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	pH Meter
อุณหภูมิ	Thermometer
ซีโอดี	แบบ Close Reflux
ของแข็งทั้งหมด	Dried at 103-105 ^{0}c
ของแข็งแขวนลอย	กรองและDried at 103-105 ^{0}c
น้ำมันและไขมัน	Soxhlet Extraction

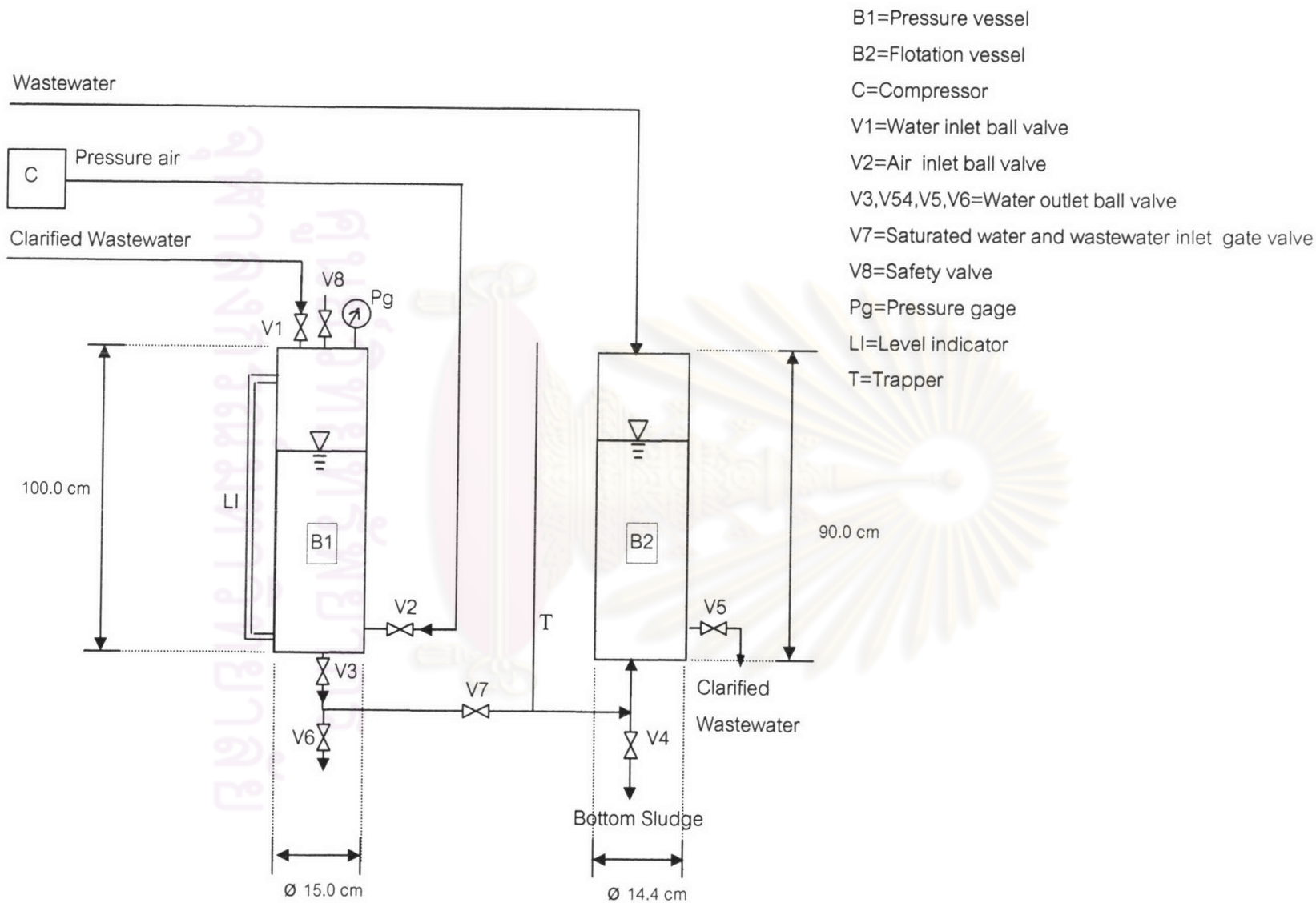
3.6 วิธีใช้ระบบ DAF ในระดับห้องปฏิบัติการ

3.6.1 ระบบ DAF ระดับห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนการเดินระบบดังนี้ (รูปที่ 3.5)

1) เครื่องอัดอากาศ (C) และถังความดัน (B1)
   - เปิดวาล์วน้ำเข้า V1 สังเกตระดับน้ำในถังความดัน B1
   - ปิดวาล์วน้ำเข้า V1 เดินเครื่องอัดอากาศ C เปิดวาล์ว V2
   - ปรับวาล์วความดันของเครื่องอัดอากาศและสังเกตความดันอากาศ Pg ในถังความดัน B1 ที่เพิ่มขึ้น
   - ปรับความดันในเครื่องอัดอากาศ ตามการทดลอง
   - ปรับอัตราการไหลอากาศเข้าถังความดันให้มีค่าต่ำ ๆ โดยเปิดวาล์ว V7 รักษาความดันอากาศในถังความดัน B1 ตามการทดลอง
   - ปล่อยให้น้ำอิ่มตัวด้วยอากาศประมาณ 5 นาที

2) ถังลอยตัว (B2)
   - เติมน้ำด้านบนถัง B2
   - เปิดวาล์ว V3 และ V7 ปรับอัตราการไหลของน้ำอัดอากาศให้เท่ากับอัตราการไหลที่จะทำการทดสอบ
   - เวลาที่ใช้ในการทดสอบตามความเหมาะสม เพื่อให้ฟองอากาศพาอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ
   - ระบายน้ำใสออกทาง V5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 ชุดเครื่องมือระบบ DAF ระดับห้องปฏิบัติการ

3.6.2 **ระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ระดับห้องปฏิบัติการ** มีขั้นตอนการใช้ดังนี้ (รูปที่ 3.6)

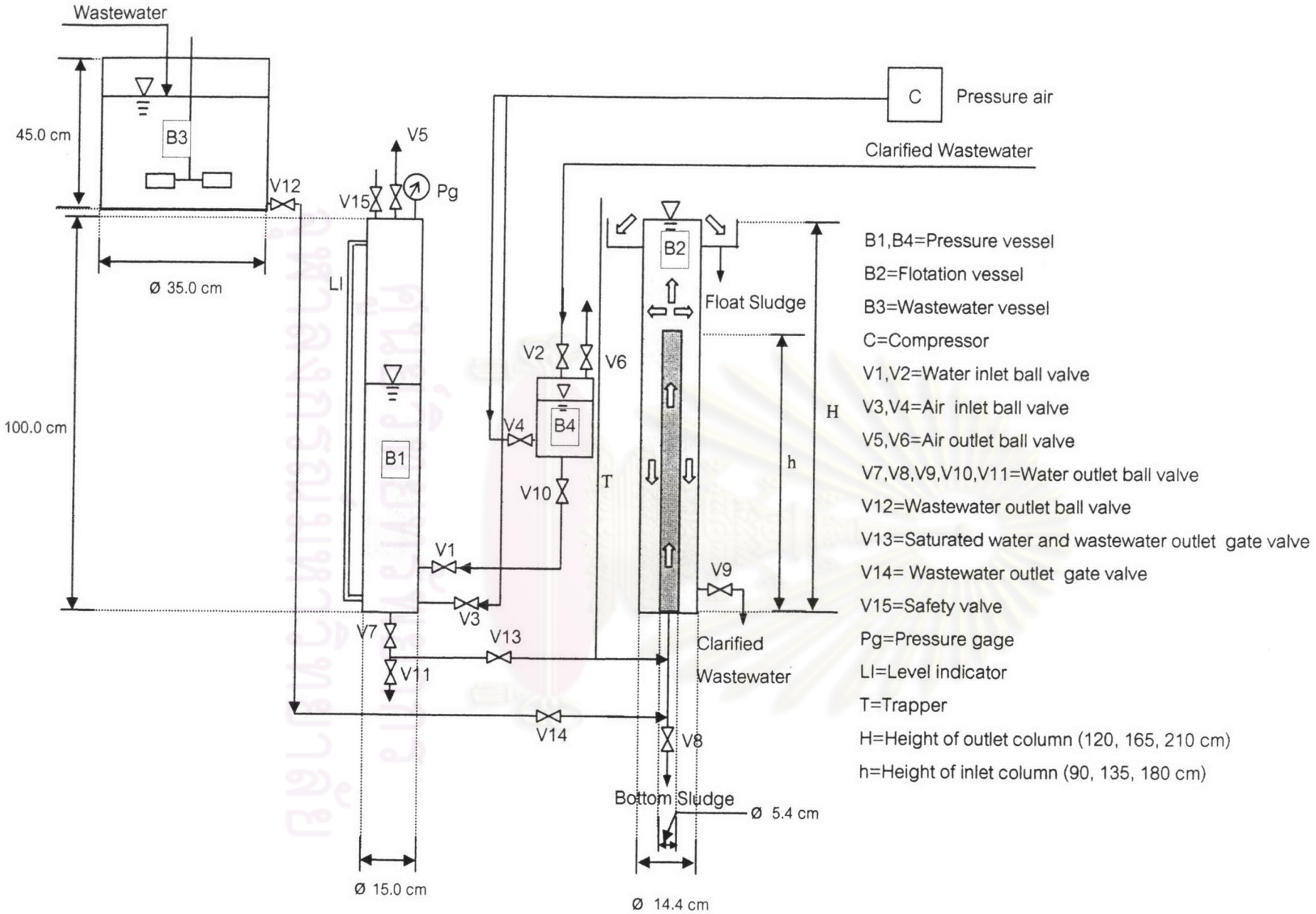
1) เครื่องอัดอากาศ (C) และถังความดัน (B1)
   - เปิดวาล์วน้ำเข้า V1 สังเกตระดับน้ำในถังความดัน B1
   - ปิดวาล์วน้ำเข้า V1 เดินเครื่องอัดอากาศ C เปิดวาล์ว V3
   - ปรับวาล์วความดันของเครื่องอัดอากาศ และสังเกตความดันอากาศ Pg ในถังความดัน B1 ที่เพิ่มขึ้น
   - ปรับความดันในเครื่องอัดอากาศ ตามการทดลอง
   - ปรับอัตราการไหลอากาศเข้าถังความดันให้มีค่าต่ำ ๆ โดยเปิดวาล์ว V15 รักษาความดันอากาศในถังความดัน B1 ตามการทดลอง
   - ปล่อยให้น้ำอิ่มตัวด้วยอากาศประมาณ 5 นาที

2) ถังลอยตัว (B2)
   - เติมน้ำเสียด้านบนถัง B2
   - เปิดวาล์ว V7 และ V13 ปรับอัตราการไหลของน้ำอัดอากาศให้เท่ากับอัตราการไหลที่จะทำการทดสอบ
   - เปิดวาล์ว V12 และ V14 ปรับน้ำอัตราการไหลของน้ำเสียให้เท่ากับอัตราการไหลที่จะทำการทดสอบ
   - เวลาที่ใช้ในการทดสอบตามความเหมาะสม เพื่อให้ฟองอากาศพาอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ
   - ระบายน้ำใสออกทาง V9

3) ถังความดัน (B4)

   ถังความดัน B4 จะรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเพื่อใช้เป็นน้ำหมุนเวียนสำหรับอัดอากาศ
   - เปิดวาล์วน้ำเข้า V2 เติมน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด
   - ปิดวาล์วน้ำเข้า V2 เปิดวาล์ว V4
   - สังเกตระดับน้ำในถังความดัน B1 เมื่อน้ำลดถึงจุดกำหนด ให้เปิดวาล์ว V10 และ วาล์ว V1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ชุดเครื่องมือระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ระดับห้องปฏิบัติการ

- สังเกตระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นในถังความดัน B1 และรักษาระดับความดันให้เท่ากับการทดลอง
- เมื่อระดับน้ำถึงจุดกำหนดปิดวาล์ว V1
- สังเกตระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นในถังความดัน B1 และรักษาระดับความดันให้เท่ากับการทดลอง
- เมื่อระดับน้ำถึงจุดกำหนดปิดวาล์ว V1

3.6.3 การเตรียมน้ำเพื่อใช้อัดอากาศ

การเตรียมน้ำเพื่ออัดอากาศสำหรับระบบ DAF มีขั้นตอนดังนี้

- นำตัวอย่างน้ำเสียเติมลงในถังความดันและปรับสภาพตามการทดสอบ
- เดินเครื่องทดสอบ DAF ตามข้อ 3.6
- เก็บน้ำใสที่ได้จากการทดสอบไว้
- น้ำดังกล่าวคือน้ำที่จะใช้อัดอากาศเพื่อใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย