บทที่ 4

การทดลองและโปรแกรมที่ใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

4.1.1 น้ำเสีย

เป็นน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบซึ่งได้จากกระบวนการผลิตดังนี้

- เกิดจากการอบผลปาล์มสดในหม้อนึ่ง (Sterilizer)
- การแยกน้ำมันปาล์มออกจากเนื้อปาล์มโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Decanter)
- การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Purification)

นำมาตกตะกอนและลดอุณหภูมิให้เหลือประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส ก่อนถูกสูบเข้าถังปฏิกรณ์ คุณสมบัติของน้ำทิ้งแสดงในตารางที่ 4.1

4.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น

ใช้เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างถังของปฏิกรณ์ เมื่อลดลงต่ำกว่าจุดที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

pH Value	mg/l	4.50
Alkalinity	mg/l	-
Volatile Acid	mg/l	1,300.00
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	52,000.00
Biological Oxygen Demand (BOD)	mg/l	23,000.00
Ammoniacal Nitrogen	mg/l	39.00
Total Nitrogen	mg/l	353.00
Oil & Grease	mg/l	4,650.00
P	ppm	161.00
K	ppm	2,683.00
Mg	ppm	531.00
Ca	ppm	501.00
Mn	ppm	8.95
Cu	ppm	1.00
Fe	ppm	65.70
Zn	ppm	1.73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
(รูปที่ 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์)

4.2.1 เครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) (รูปที่ 4.2 - 4.3)

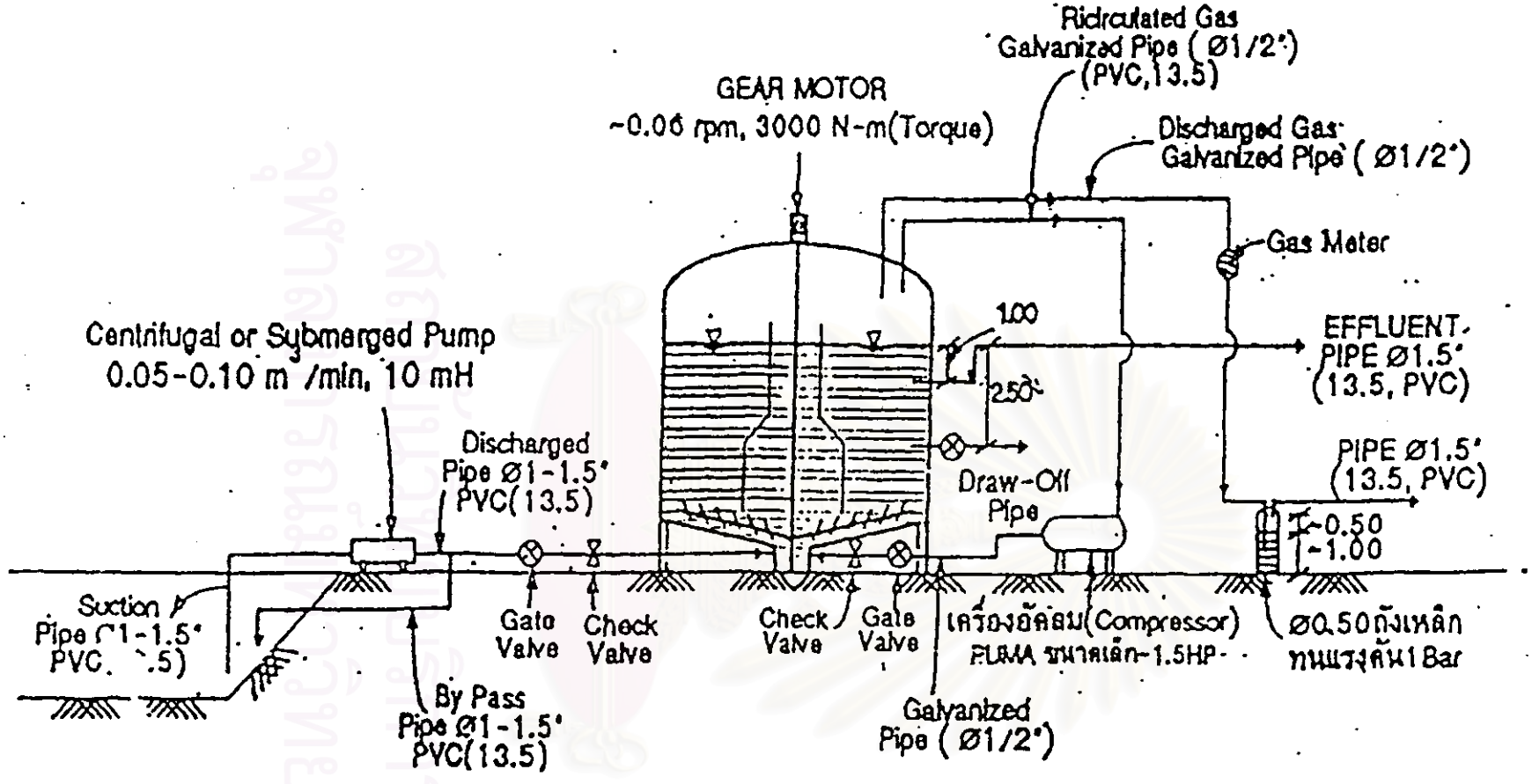
สำหรับการทดลองนี้ เครื่องปฏิกรณ์ทำด้วยเหล็กหนา 6 มิลลิเมตร ภายในเคลือบสีอีพ็อกซี่ (epoxy) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เมตร สูง 4 เมตร ปริมาตร 101.79 ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบกวนสมบูรณ์ (Completely mixed) จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับกวนของผสมในถังปฏิกรณ์ให้เป็นเนื้อเดียวตลอดเวลา ในระบบนี้ใช้การหมุนเวียนแก๊สแล้วสูบอัดเข้าด้านล่าง ณ กลางก้นถังปฏิกรณ์ นอกจากนี้ยังติดตั้งอุปกรณ์กวาดตะกอนที่ตกลงไปที่ก้นถังให้กลับมาสัมผัสกับน้ำเสียอีกครั้ง โดยติดใบกวาดตะกอนทำจากยางเข้ากับแขนเหล็กซึ่งเชื่อมกับแกนกลางที่หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 0.06 รอบต่อนาที

4.2.2 เครื่องอัดลม (Compressor) (รูปที่ 4.4)
ขนาด 3 แรงม้า ยี่ห้อ PUMA

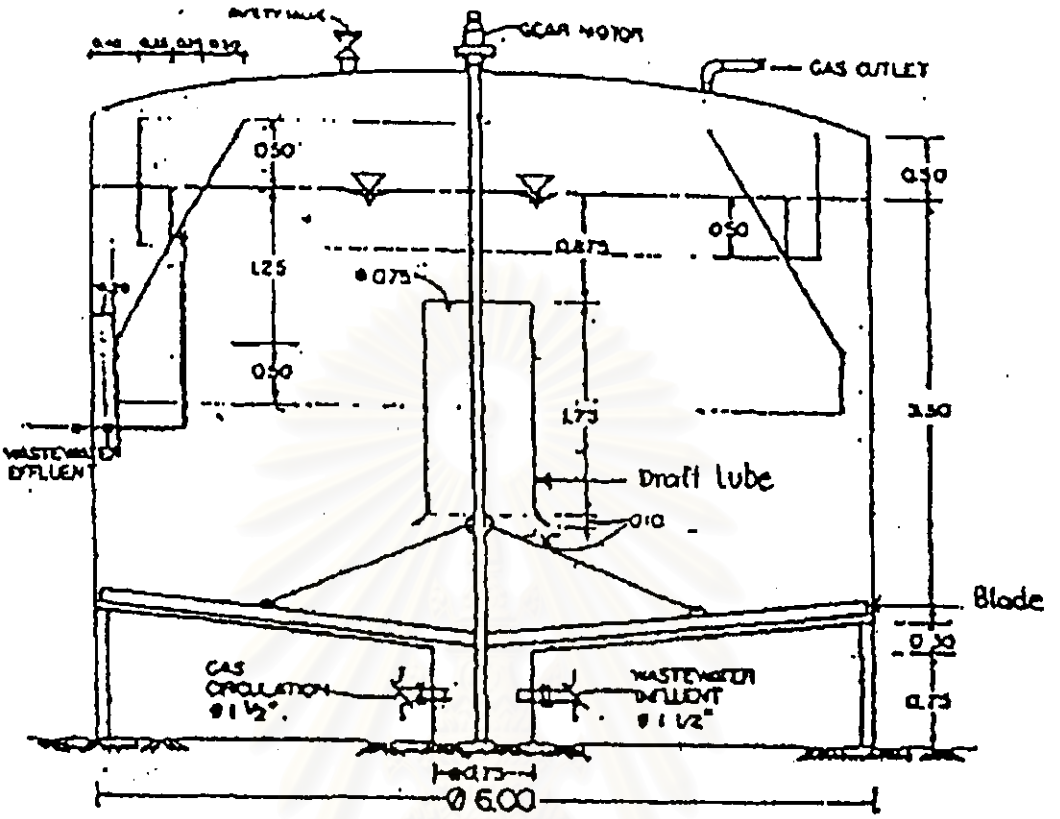
4.2.3 เครื่องสูบน้ำ (Pump) (รูปที่ 4.5)
เป็นปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal pump) ขนาด 2 แรงม้า

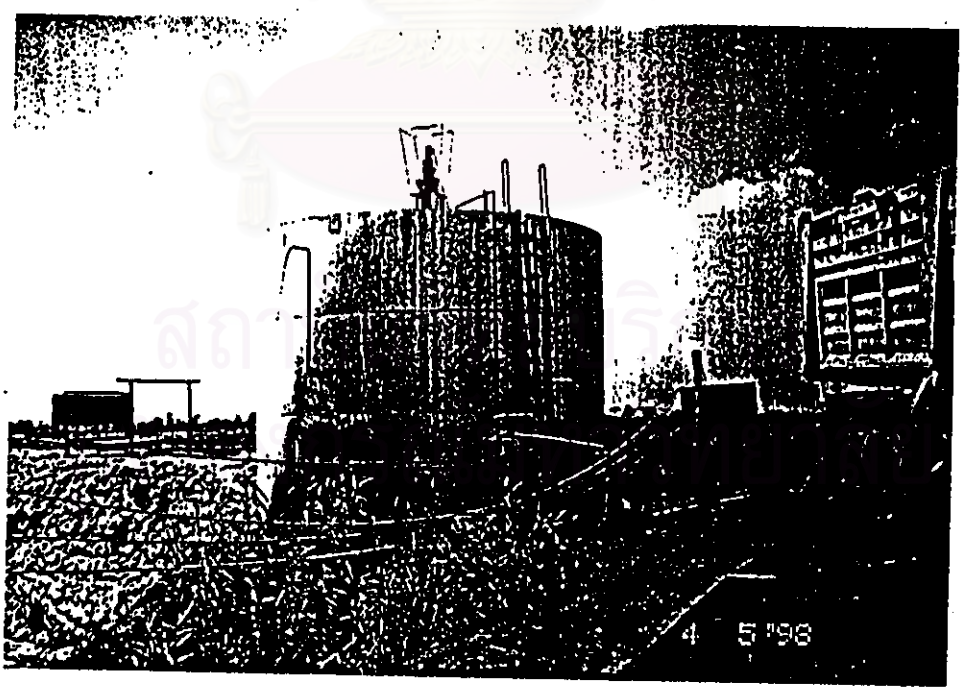
4.2.4 ถังน้ำ (Water tank) (รูปที่ 4.6)

ติดตั้งเชื่อมกับท่อแก๊สก่อนปล่อยออกภายนอก สำหรับป้องกันอันตรายในกรณีแก๊สติดไฟจากภายนอกลามเข้าถังปฏิกรณ์ ทำด้วยเหล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางถัง 0.5 เมตร สูง 1.5 เมตร เติมน้ำสูง 1 เมตร

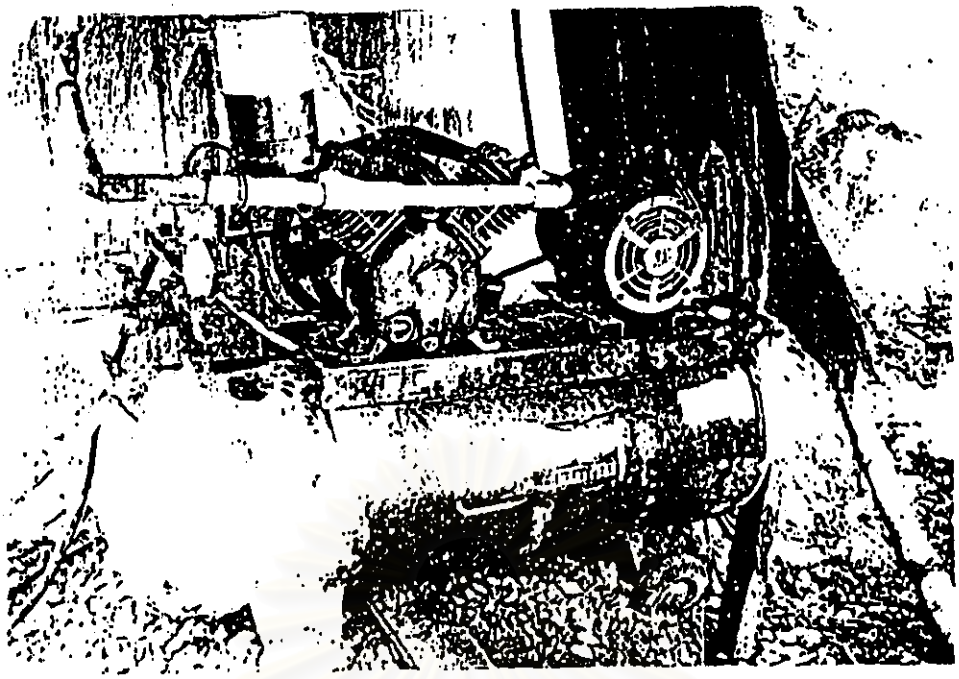


รูปที่ 4.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์

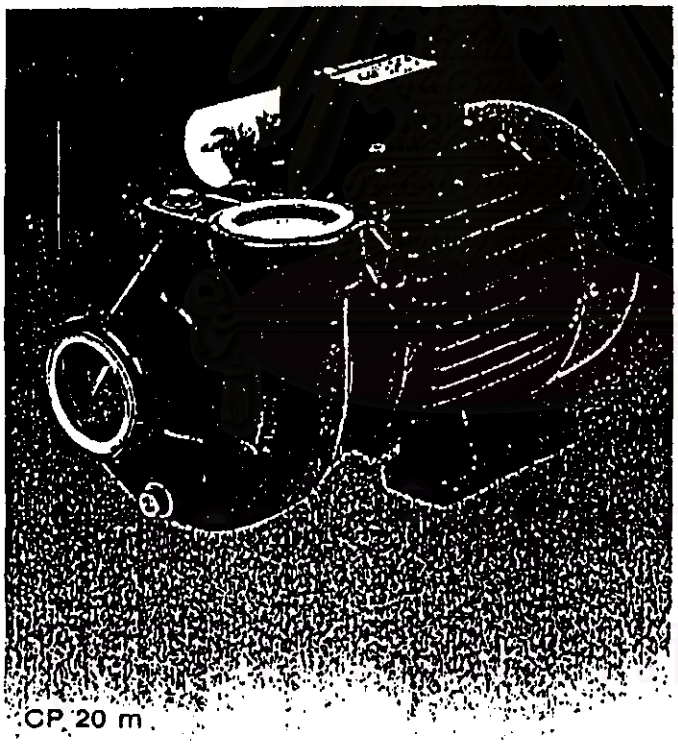




รูปที่ 4.2 - 4.3 เครื่องปฏิกรณ์ (มองด้านข้าง)



รูปที่ 4.4 เครื่องอัดลม



รูปที่ 4.5 ปั๊มสูบน้ำเสีย

4.2.5 แก๊สมิเตอร์ (Gas Meter) (รูปที่ 4.7)

เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณแก๊สในแต่ละวัน และวัดอัตราการการไหลของแก๊สที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง

4.3 วิธีการเก็บข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

4.3.1 ขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อ

4.3.1.1 นำน้ำเสียจากก้นบ่อน้ำเสียบ่อแรกเติมใส่เครื่องปฏิกรณ์ที่ 50% โดย ปริมาตร เติมน้ำสะอาด (หรือน้ำเสียจากบ่อสุดท้าย) จนเต็ม เปิดเครื่องอัดลม เปิดเกียร์มอเตอร์ ประมาณ 3-7 วัน สังเกตการเกิดแก๊ส

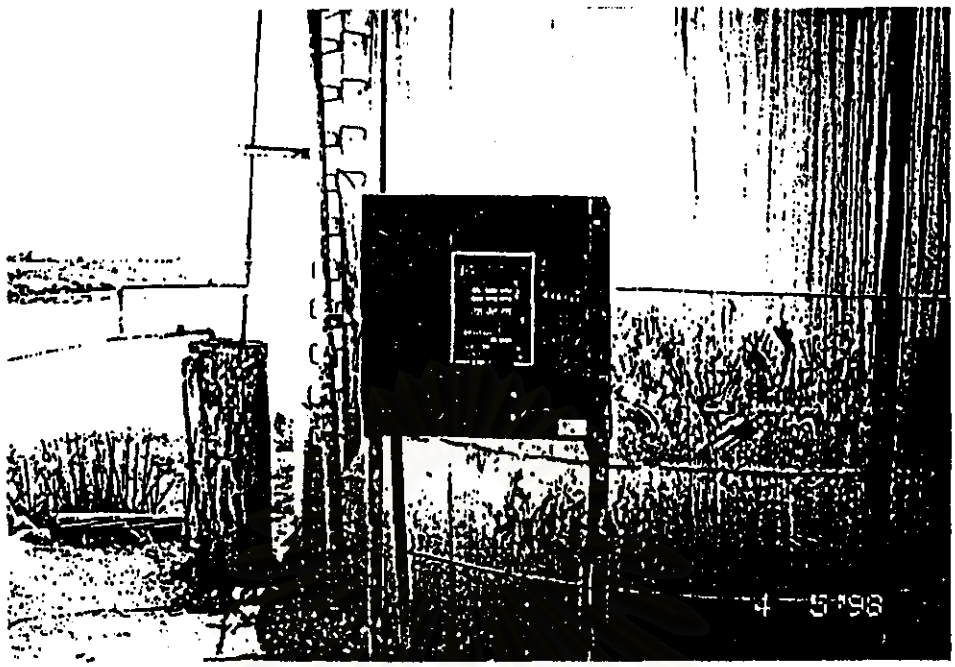
4.3.1.2 ลดน้ำเสียจากเครื่องปฏิกรณ์ลง 25% เติมน้ำเสียแทน 25% ทิ้งไว้ 1-2 อาทิตย์ สังเกตการเกิดแก๊ส

4.3.1.3 ทำเหมือนข้อ 4.3.1.2 แต่เพิ่มน้ำเสีย 50%

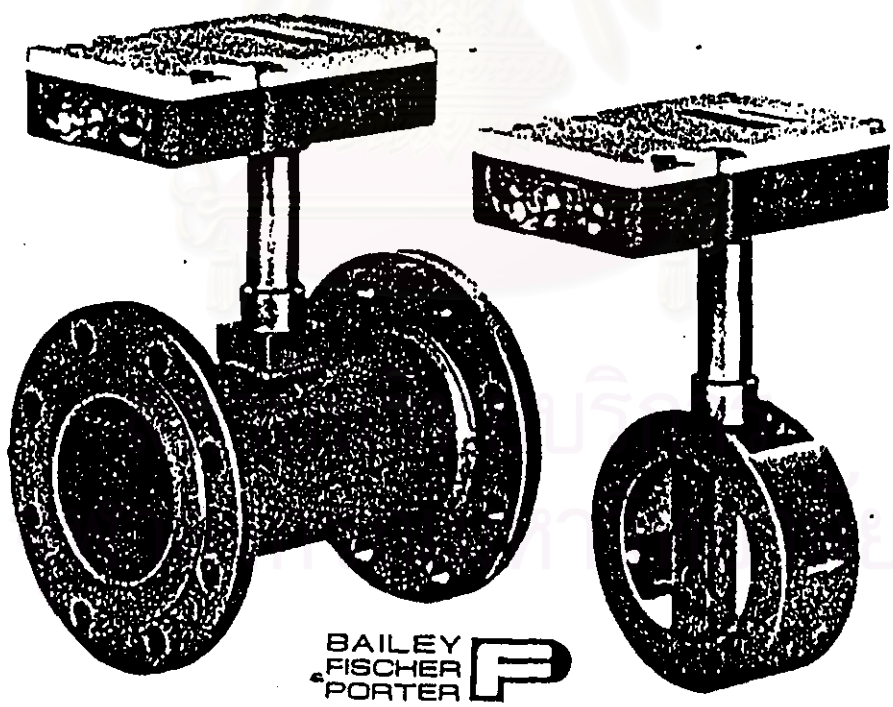
4.3.2 ขั้นตอนการเดินตามปกติ

4.3.2.1 เปิดปั๊มสูบน้ำเสียตลอด 24 ชั่วโมง ที่อัตราสูบเทียบเท่าเวลากักเก็บ 20 วัน (ประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

4.3.2.2 เพิ่มอัตราการสูบน้ำให้เทียบเท่าการลดเวลากักเก็บ 15 วัน, 10 วัน, 7 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ โดยแต่ละอัตราการสูบใช้เวลาทดลองประมาณ 1 เดือน



รูปที่ 4.6 ถังน้ำ (ป้องกันการลามของไฟเข้าเครื่องปฏิกรณ์)



รูปที่ 4.7 แก๊สมิเตอร์

4.3.3 การตรวจวัดน้ำเสียที่ออกจากถัง

4.3.3.1 ขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อ ตรวจ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ กรดโวเลไทด์ (Volatile Fatty Acid) ทุกวัน

4.3.3.2 ขั้นตอนการเดินตามปกติ

ตรวจความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณแก๊ส 3 ครั้งต่อวัน ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) กรดโวเลไทด์ ค่าอัลคาลินิตี้ (Alkalinity) วันละ 1 ครั้ง ทุกวัน ตรวจปริมาณตะกอนทุก 2 อาทิตย์

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ กรดโวเลไทด์ ซีโอดี อัลคาลินิตี้ และ ปริมาณตะกอน แสดงในภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษานี้ ชื่อ ISIM Simulation Software เป็นโปรแกรมที่เขียนเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งอธิบายในหนังสือ Biological Reaction Engineering โดยอาศัยความรู้พื้นฐานด้าน Digital Program จากหนังสือของ R.G.E.Franks (1967 และ 1972) และ W.L.Luyben (1973) ในด้านความรู้ทาง Mass balancing จากหนังสือของ T.W.F.Russell และ M.M.Dunn (1972) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา คือ ISIM digital simulation Language พัฒนาโดย Electrical Engineering Department of the University of Salford , England ISIM มีพื้นฐานมาจากภาษาฟอร์แทน และมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกับ CSSL (Continuous System Simulation Language) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

INITIAL เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการเขียนค่าคงที่และค่าเริ่มต้นสำหรับการคำนวณ
DYNAMIC เป็นส่วนที่เขียนสมการทางคณิตศาสตร์
TERMINAL เป็นส่วนใช้ปิดการคำนวณและแสดงผล

การแสดงโดยคำสั่ง OUTPUT และ เขียนแผนภูมิโดยคำสั่ง PLOT และสามารถเปลี่ยนตัวแปรหรือเขียนแผนภูมิได้สำหรับทุกค่าตัวแปร ด้วยคำสั่ง GRAPH นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนค่าคงที่และค่าตัวแปร และ คำนวณต่อได้ ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ ทำได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้โครงสร้างของโปรแกรมที่ซับซ้อน ISIM เป็นหนึ่งในจำนวนไม่มากนักของ Digital simulation programming language ที่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล