คู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

นายสนธิ วาราชนนท์

วิศวกรปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

โดย

นายสนธิ วาราชนนท์

ตำแหน่ง วิศวกร

สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

คำนำ

คู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีที่ได้เขียนขึ้นนี้มีความมุ่งหมายเพื่อแนะนำแนวทางของการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีเบื้องต้น เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้บัณฑิตด้านวิศวกรรมศาสตร์มีความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการ และวางแผนดำเนินการจัดการของระบบ โดยชุดฝึกปฏิบัติการทดลองจะทำการจำลองระบบอุปกรณ์ เครื่องมือวัด เครื่องจักร และรูปแบบการทำงานจริงเชิงอุตสาหกรรมเพื่อให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้

เนื่องด้วยระยะเวลาที่ยาวนานของการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสำหรับการเรียนการสอนย่อมทำให้เกิดการชำรุดและเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ผู้เขียนจึงได้มีแนวคิดจัดทำคู่มือการบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองขึ้นเพื่อวางระเบียบแบบแผนและแนวทางปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาให้มีความพร้อมในการสนับสนุนการเรียนการสอน ทั้งนี้คู่มือที่จัดทำขึ้นจะกล่าวถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ผู้เขียนได้ปฏิบัติงานอยู่เท่านั้น

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเล่มนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่มาปฏิบัติงานดูแลห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าต่อไป

นายสนธิ วาราชนนท์
วิศวกรปฏิบัติการ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

คำนำ

คู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีที่ได้เขียนขึ้นนี้มีความมุ่งหมายเพื่อแนะนำแนวทางของการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีเบื้องต้น เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้บัณฑิตด้านวิศวกรรมศาสตร์มีความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการ และวางแผนดำเนินการจัดการของระบบ โดยชุดฝึกปฏิบัติการทดลองจะทำการจำลองระบบอุปกรณ์ เครื่องมือวัด เครื่องจักร และรูปแบบการทำงานจริงเชิงอุตสาหกรรมเพื่อให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้

เนื่องด้วยระยะเวลาที่ยาวนานของการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสำหรับการเรียนการสอนย่อมทำให้เกิดการชำรุดและเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ผู้เขียนจึงได้มีแนวคิดจัดทำคู่มือการบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองขึ้นเพื่อวางระเบียบแบบแผนและแนวทางปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาให้มีความพร้อมในการสนับสนุนการเรียนการสอน ทั้งนี้คู่มือที่จัดทำขึ้นจะกล่าวถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ผู้เขียนได้ปฏิบัติงานอยู่เท่านั้น

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาเล่มนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่มาปฏิบัติงานดูแลห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าต่อไป

นายสนธิ วาราชนนท์
วิศวกรปฏิบัติการ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญตาราง	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของคู่มือ	3
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากคู่มือ	3
1.4 ขอบเขตเนื้อหาของคู่มือ	3
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ภาระหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งงาน	6
2.1 โครงสร้างองค์กรของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	6
2.2 มาตรฐานกำหนดตำแหน่งวิศวกรตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยมหิดล	7
2.3 ภาระหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี	7
บทที่ 3 หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติงาน	9
3.1 หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน	9
3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี	12
3.3 ขั้นตอนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี	66
บทที่ 4 เทคนิคในการปฏิบัติงาน	68
4.1 การศึกษาและประเมินการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี	68
4.2 เทคนิคการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	69
บทที่ 5 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการพัฒนางาน	124
5.1 ปัญหาและอุปสรรคของการปฏิบัติงาน	124
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางาน	128
บรรณานุกรม	130
ภาคผนวก	131
ภาคผนวก ก : แบบฟอร์มขออนุญาตซื้อวัสดุ	132
ภาคผนวก ข : แบบฟอร์มขออนุญาตซ่อมครุภัณฑ์	133

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้าที่**

2.1 แผนผังโครงสร้างการบริหารงานภาควิชาวิศวกรรมเคมี 6

3.1 แผนภาพแสดงวงจรควบคุมคุณภาพ PDCA Cycle หรือ Deming Cycle 12

3.2 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press 13

3.3 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แบบองค์รวม) 13

3.4 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Mixing Tank) 14

3.5 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Filter Unit) 14

3.6 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Compressor) 15

3.7 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Diaphram Pump) 15

3.8 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer 16

3.9 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 1) 17

3.10 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 2) 17

3.11 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 3) 18

3.12 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 19

3.13 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (แบบองค์รวม) 20

3.14 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Metering Pump) 20

3.15 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Gear Pump) 21

3.16 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Centrifugal Pump) 21

3.17 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Reciprocating Pump) 22

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

3.18 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Axcial Flow Pump) 22

3.19 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control 23

3.20 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control (แบบองค์รวม) 24

3.21 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control (เฉพาะชุดฮีตเตอร์และท่อ) 24

3.22 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter 25

3.23 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Air Generator Unit) 26

3.24 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Pneumatic Conveyor System) 26

3.25 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Bag Filter Unit) 27

3.26 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Cyclone Unit) 27

3.27 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation 29

3.28 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Sedimentation Bench) 29

3.29 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Jar Test) 30

3.30 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger 31

3.31 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (แบบองค์รวม) 31

3.32 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization 32

3.33 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization (แบบองค์รวม) 33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

3.34 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization (เฉพาะ manometer) 33

3.35 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing 35

3.36 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (แบบองค์รวม) 35

3.37 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เฉพาะใบกวนประเภท Paddle หรือ Blade) 36

3.38 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เฉพาะใบกวนประเภท Propeller) 36

3.39 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เฉพาะใบกวนประเภท Turbine) 37

3.40 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เครื่องวัดความหนืด) 37

3.41 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation 39

3.42 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (แบบองค์รวม) 40

3.43 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (แผนผังควบคุมระบบ Reflux) 40

3.44 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor 41

3.45 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (แบบองค์รวม) 41

3.46 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (COMPOUND FEEDING UNIT 1) 42

3.47 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (COMPOUND FEEDING UNIT 2) 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

3.48 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (REACTOR UNIT) 43

3.49 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction 44

3.50 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction (แบบองค์รวมที่ 1) 45

3.51 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction (แบบองค์รวมที่ 2) 45

3.52 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer 47

3.53 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (แบบองค์รวม) 47

3.54 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (รายละเอียดปุ่มกดควบคุม 1) 48

3.55 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (รายละเอียดปุ่มกดควบคุม 2) 48

3.56 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะส่วน Product Receiver) 49

3.57 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (System Flow Diagram) 49

3.58 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction 51

3.59 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (แบบองค์รวม) 51

3.60 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (เฉพาะด้าน Heater 1) 52

3.61 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (เฉพาะด้าน Heater 2) 52

3.62 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption 54

3.63 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption (แบบองค์รวม) 54

3.64 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption (อธิบาย Pack Bed) 55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

3.65 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption (Flow Diagram) 55

3.66 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer 57

3.67 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (แบบองค์รวม) 57

3.68 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (Psychrometer) 58

3.69 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (Control Unit) 58

3.70 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower 60

3.71 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 1) 60

3.72 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 2) 61

3.73 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 3) 61

3.74 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (แบบองค์รวม) 62

3.75 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Specification of Pumps and Heat Exchanger) 62

3.76 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement 63

3.77 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (แบบองค์รวม) 64

3.78 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Long Pipe) 64

3.79 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Fittings and Valves) 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้าที่
3.80 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Flow Measurement Meter)	65
3.81 แผนผังขั้นตอนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี	67
4.1 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press	70
4.2 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press	71
4.3 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงหน่วยกรองของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press	71
4.4 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงถังผสมของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press	72
4.5 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงปั๊มไดอะแฟรมของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press	72
4.6 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 1)	73
4.7 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 2)	74
4.8 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 3)	75
4.9 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 1)	76
4.10 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 2)	77
4.11 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 3)	78
4.12 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.13 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Metering Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 80

4.14 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Gear Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 81

4.15 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Centrifugal Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 82

4.16 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Reciprocating Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 83

4.17 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Axial Flow Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 84

4.18 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Flow Meter และ Pump Control Box ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 85

4.19 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Paddle Wheel Flow Meter และถังเก็บน้ำของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set 86

4.20 แผนภาพแสดงแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control 87

4.21 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (ชุดที่ 1) 87

4.22 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (ชุดที่ 2) 88

4.23 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (ชุดที่ 3) 88

4.24 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Air Generator Unit) 89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.25 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Pneumatic Conveyor System) 90

4.26 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Bag Filter) 91

4.27 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Cyclone) 92

4.28 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Sedimentation Bench) 93

4.29 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Jar Test) 93

4.30 แผนภาพแสดงตำแหน่งของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger 94

4.31 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Capsule) 95

4.32 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Cooling Unit) 96

4.33 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Heating Unit) 96

4.34 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization 97

4.35 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization (เฉพาะถังเก็บน้ำ) 98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.36 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization (ปั๊มน้ำและอุปกรณ์วัดอัตราการไหล) 98

4.37 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization (คอลัมน์ทดลอง) 99

4.38 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization (มานอมิเตอร์) 99

4.39 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing 100

4.40 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation 101

4.41 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะชุดควบคุมอุณหภูมิและหม้อต้มสาร) 101

4.42 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะชุดควบคุมระบบรีฟลักซ์วาล์ว) 102

4.43 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียน) 102

4.44 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor 103

4.45 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor (เฉพาะ Compound Feeding Unit 1) 104

4.46 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor (เฉพาะ Compound Feeding Unit 2) 105

4.47 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor (เฉพาะ Reactor และ Circulated Water Incubator) 106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.48 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Liquid – Liquid Extraction 107
4.49 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer 108
4.50 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะ Nozzle และ Drying Chamber) 109
4.51 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะ Feed Pump) 109
4.52 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะระบบไฟฟ้า ส่วนที่ 1) 110
4.53 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะระบบไฟฟ้า ส่วนที่ 2) 110
4.54 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะระบบเก็บผลิตภัณฑ์และกรองอากาศ) 111
4.55 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะเครื่องอัดอากาศ) 111
4.56 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Extraction 112
4.57 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption 113
4.58 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer 114
4.59 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะพัดลมดูดและเป่าอากาศสำหรับอบแห้ง และเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล) 115
4.60 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะส่วนควบคุมระบบไฟฟ้าของชุดฝึกปฏบัติการทดลอง) 115
4.61 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะเครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง หรือ ไซโครมิเตอร์) 116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้าที่**

4.62 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์แต่ละส่วนของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower 116

4.63 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (เฉพาะส่วนของหัวสเปรย์น้ำที่ด้านบนหอผึ่งเย็น) 117

4.64 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (เฉพาะชุดพัดลมระบายอากาศของหอผึ่งเย็น) 117

4.65 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (เฉพาะส่วนแพ็คกิ้งของหอผึ่งเย็น) 118

4.66 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Water Cooling Tower (**เฉพาะชุดปั๊มน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเพลทของหอผึ่งเย็น) 118

4.67 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Friction Loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะระบบปั๊มน้ำพร้อมถังเก็บ และมานอมิเตอร์) 119

4.68 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Friction Loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะอุปกรณ์ข้อต่อและวาล์วแบบต่างๆ) 120

4.69 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Friction Loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะท่อตรงขนาดต่างๆ) 121

4.70 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Friction Loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบต่างๆ) 122

5.1 แผนภาพแสดงการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 (CH 108) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี 124

5.2 แผนภาพแสดงการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (CH 111) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี 125

5.3 แผนภาพแสดงทางออกฉุกเฉินบริเวณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ 127

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 การเปรียบเทียบชุดฝึกปฏิบัติการทดลองตามข้อกำหนดจากสภาวิศวกรกับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ใช้ในการเรียนการสอน 2

4.1 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่อาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีบริจาคและภาควิชาวิศวกรรมเคมีจัดสร้างเอง 68

4.2 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นโครงงานวิศวกรรมเคมี 69

4.3 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นครุภัณฑ์ที่ได้จัดซื้อจากงบประมาณแผ่นดิน 69

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (ตอนที่ 1) 125

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (ตอนที่ 2) 126

5.3 แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี 129

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

สืบเนื่องจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2532 และได้เปิดการเรียนการสอนเริ่มแรกปี พ.ศ. 2533 จำนวน 4 สาขาวิชา คือ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมอุตสาหการ จากเวลาที่ผ่านมายาวนานกว่า 30 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ผลิตบัณฑิตสาขาวิชาต่างๆสู่ภาคอุตสาหกรรมแล้วกว่า 27 รุ่น มีการเรียนการสอนในปัจจุบันขยายสาขาการเรียนทั้งในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก หากมองย้อนกลับมาจะพบว่ากว่าที่บัณฑิตจะจะสำเร็จการศึกษาออกไปประกอบหน้าที่การงานต่างๆ นั้นต้องผ่านการเรียนทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติอย่างเข้มข้นเพื่อก่อให้เกิดทักษะและความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม บัณฑิตจะได้นำองค์ความรู้ที่ได้เรียนมาไปสร้างสรรค์เทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้าต่อไป

สิ่งที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้บัณฑิตด้านวิศวกรรมศาสตร์มีความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการปฏิบัติงาน คือ ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง เนื่องจากช่วงที่บัณฑิตกำลังศึกษาอยู่นั้นจะได้ทำการฝึกปฏิบัติการจริงผ่านชุดฝึกปฏิบัติการทดลองต่างๆ ในแต่ละสาขาที่เรียน โดยชุดฝึกปฏิบัติการทดลองจะทำการจำลองระบบ เครื่องจักร และรูปแบบการทำงานจริงเชิงอุตสาหกรรมเพื่อให้นักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ สามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยระยะเวลาที่ยาวนานของการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสำหรับการเรียนการสอนย่อมทำให้เกิดการชำรุดและเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาเพื่อให้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสามารถใช้งานในการเรียนการสอนได้ ผู้เขียนจึงได้มีแนวคิดจัดทำคู่มือการบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองขึ้นเพื่อวางระเบียบแบบแผนและแนวทางปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาให้มีความพร้อมในการสนับสนุนการเรียนการสอน ทั้งนี้คู่มือที่จัดทำขึ้นจะกล่าวถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เท่านั้น ซึ่งผู้เขียนได้ปฏิบัติงานและรับมอบหมายให้ดูแลภาพรวมในการบำรุงรักษา ทั้งการซ่อม สร้าง ดัดแปลง และปรับปรุงให้สามารถใช้งานในการเรียนการสอนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีนั้นจะถูกใช้ในการเรียนการสอนรายวิชา EGCH 303 Chemical Engineering Laboratory I และรายวิชา EGCH 307 Chemical Engineering Laboratory II ซึ่งในคู่มือที่ผู้เขียนจะเขียนนี้ จะอธิบายแนวทางการซ่อมบำรุงรักษาแบบองค์รวมของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี โดยกล่าวอ้างอิงที่ใช้ในการเรียนการสอนประจำปีการศึกษา 2561 เพราะชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีชุดนี้มีความสอดคล้องตามข้อกำหนดจากคู่มือการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรและวุฒิบัตรในการประกอบอาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558 ของสภาวิศวกร คือ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีต้องชุดฝึกปฏิบัติการทดลองไม่น้อยกว่า 15 รายการ ตามตารางเปรียบเทียบที่แสดงไว้ดังนี้

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบชุดฝึกปฏิบัติการทดลองตามข้อกำหนดจากสภาวิศวกรกับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ใช้ในการเรียนการสอน

ลำดับ	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองตามข้อกำหนดของสภาวิศวกร	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี (อ้างอิงปีการศึกษา 2561)
1	Friction loss and Flow Measurement	Friction loss and Flow Measurement
2	Mixing	Fluid Mixing
3	Fluidization	Fluidized bed Heat Transfer Solid – Liquid Fluidization
4	Size reduction and Screen Analysis	มีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ไม่ได้ใช้ในปีการศึกษา 2561
5	Filtration	Filter Press
6	Sedimentation	Sedimentation
7	Pump test set	Multi-pump test set
8	Heat Transfer	มีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ไม่ได้ใช้ในปีการศึกษา 2561
9	Heat Exchanger	Shell and Tube Heat Exchanger Double pipe Heat Exchanger Plate Heat Exchanger
10	Evaporator	มีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ไม่ได้ใช้ในปีการศึกษา 2561
11	Distillation	Batch Distillation
12	Absorption	Gas Absorption
13	Adsorption	มีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ไม่ได้ใช้ในปีการศึกษา 2561
14	Extraction	Solid – Liquid Extraction Liquid – Liquid Extraction
15	Drying	Tray Dryer Spray Dryer
16	Cooling Tower	Water Cooling Tower
17	Reaction (Kinetics, Reactors)	Continuous Stirred Tank Reactor
18	Process Control	PID Control (Temperature Control)
19	Process Design and Simulation	มีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ไม่ได้ใช้ในปีการศึกษา 2561
20	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองอื่นทางวิศวกรรมเคมี	Pneumatic Conveyor and Bag Filter

จากตารางเปรียบเทียบชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีตามข้อกำหนดของสภาวิศวกรและการจัดการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ประจำปีการศึกษา 2561 จะเห็นได้ว่าการจัดชุดฝึก

ปฏิบัติการทดลองผ่านข้อกำหนดของทางสภาวิศวกร ทั้งนี้ในปีการศึกษา 2563 ได้มีการปรับเปลี่ยนหลักสูตรและรายวิชาสำหรับการเรียนการสอนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความต้องการทางภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน จึงได้นำชุดฝึกปฏิบัติการทดลองบางส่วนผนวกเข้าเป็นส่วนหนึ่งในรายวิชาบรรยาย และอีกส่วนหนึ่งให้เรียนวิชาปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีเหมือนเดิม แต่คงเหลือเพียงรายวิชาเดียว คือ EGCH 306 Chemical Engineering Laboratory ซึ่งนักศึกษาที่ได้เรียนตามหลักสูตรใหม่ตั้งแต่ปีการศึกษา 2561ก็จะเริ่มเรียนกับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีตั้งแต่ปีการศึกษา 2562 ในรายวิชา EGCH 204 Fluid Mechanics in Chemical Engineering และปีการศึกษา 2563 ในรายวิชา EGCH 305 Heat Transfer และรายวิชา EGCH 381 Particle Technology และหากในอนาคตมีการปรุงหลักสูตรตามวงรอบก็ยังสามารถใช้แนวทางการซ่อมบำรุงภายในคู่มือฉบับนี้ได้ รวมทั้งสามารถแก้ไขเพิ่มเติมตามสภาพจริงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเพื่อปรับให้สอดคล้องกับบริบทของการเรียนการสอนในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของคู่มือ

1.2.1 เพื่อให้เป็นเครื่องมือในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อเกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้การซ่อมบำรุงอย่างเป็นระบบ สามารถเข้าใจง่าย

1.2.3 เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองให้ทันสมัยตามปัจจุบัน

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากคู่มือ

1.3.1 บุคลากรผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับชุดฝึกทดลองได้มีการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

1.3.2 สามารถนำองค์ความรู้จากคู่มือมาใช้งานได้จริง

1.3.3 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองได้ครอบคลุมตามหลักวิชาการ

1.3.4 ช่วยลดงบประมาณในการดูแลรักษาเมื่อมีการดูแลอย่างเป็นระบบตามคู่มือ

1.4 ขอบเขตเนื้อหาของคู่มือ

ขอบเขตเนื้อหาของคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะอ้างอิงเฉพาะชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ใช้ในการเรียนการสอนประจำปีการศึกษา 2561 ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1.5 นิยามศัพท์

Filter Press หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการกรอง โดยการกรองที่ศึกษานี้เป็นการกรองแบบ Plate and Frame กล่าวคือในแต่ละหน่วยกรองจะประกอบไปด้วยแผ่นคั่นให้เป็นช่องว่างเพื่อให้ของผสม (solution) เข้าไปกักเก็บอยู่ ขณะเดียวกันที่ผ้ากรองที่ประกบอยู่กับแผ่นรอง (plate) จะทำหน้าที่กรองเอาส่วนของแข็ง (solid) หรือสิ่งเจือปน (impurities) ออกมาด้วยแรงดันจากการป้อนของผสมเข้าในแต่ละหน่วยกรองอย่างต่อเนื่อง

Fluidized bed Heat Transfer หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของสสาร โดยที่สสารอยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งมีพฤติกรรมเป็นของเหลว (fluidization) สสารที่กล่าวถึงนี้เป็นลักษณะของการรวมกองกันอยู่ของของแข็งขนาดเล็ก เช่น เม็ดทราย เม็ดหิน เม็ดดิน หรือ กากผง เป็นต้น จะได้รับการป้อนอากาศเข้าไปแทรกตามช่องว่างระหว่างสสารกับสสารเพื่อให้เกิดการพยุงตัวของแต่ละสสาร ทำให้เกิดการแยกห่างจากกันแบบของเหลว จากนั้นจำให้ความร้อนเข้าไปเพื่อศึกษาการถ่ายโอนความร้อน

Multi-pumps Test Set หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับปั๊มหลายชนิด ได้แก่ ปั๊มแบบไดอะแฟรม (mitering pump) ปั๊มแบบเหวี่ยงหนีศูนย์ หรือปั๊มหอยโข่ง (centrifugal pump) ปั๊มแบบเกียร์ (gear pump) ปั๊มแบบลูกสูบชัก (piston pump / reciprocating pump) และปั๊มแบบแนวแกน (axial pump) โดยจะทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานและประสิทธิภาพของปั๊มแต่ละชนิดรวมถึงการนำไปใช้งาน

PID Control หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางด้านการควบคุมระบบแบบอัตโนมัติด้วยการประยุกต์จากอนุกรมฟูเรียร์และการแปลงแบบลาปลาสของค่าสัญญาณที่ได้จากค่าทางอนาล็อกมาแปลงเป็นการควบคุมแบบดิจิตอล ซึ่งเราจะใช้ในรูปของการกำหนดค่า P ค่า I และค่า D เพื่อหาค่าการควบคุมที่เหมาะสม ในที่นี้จะศึกษาจากชุดควบคุมอุณหภูมิเตาเผาแบบท่อ (tubular furnace)

Pneumatic Conveyor and Bag Filter หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ศึกษาเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุด้วยลม และการกรองฝุ่นระดับอุตสาหกรรม ซึ่งการกรองฝุ่นนี้จะศึกษาผ่านชุดศึกษา 2 ชุด คือการกรองฝุ่นด้วยถุงกรอง (bag filter) และการกรองฝุ่นด้วยไซโคลนดักฝุ่น (cyclone filter)

Sedimentation หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ศึกษาเกี่ยวกับการตกตะกอนของอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยในของเหลว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสียระดับอุตสาหกรรม

Shell and Tube Heat Exchanger หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรม มีหลากหลายแบบ คือ น้ำร้อนจะวิ่งผ่านในกลุ่มท่อ ส่วนน้ำเย็นวิ่งที่เปลือกด้านนอกกลุ่มท่อ หรืออาจสลับกันเป็นน้ำเย็นวิ่งในกลุ่มท่อ ส่วนน้ำร้อนวิ่งที่เปลือกด้านนอกกลุ่มท่อ นอกจากนี้ยังมีการปรับทิศทางการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็นแบบไหลตามกัน หรือไหลสวนทางกัน หรือไหลตัดกัน

Solid-liquid Fluidization หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาพฤติกรรมของของแข็งที่มีลักษณะเป็นของเหลว โดยเป็นการศึกษาของแข็งที่ได้รับแรงดันเนื่องจากการไหลของของเหลว ณ จุดหนึ่งก็จะมีพฤติกรรมการเคลื่อนตัวเหมือนของเหลว

Fluid Mixing หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการผสมของของไหล โดยจะศึกษาและออกแบบใบกวนในถังผสม (mixing chamber) เพื่อให้เหมาะสมกับของที่จะนำมาผสม ในที่นี้จะใช้ของไหลเป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษา

Batch Distillation หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการกลั่นแยกสารละลาย หรือของผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยอาศัยหลักการที่สารละลายหรือของผสมมีจุดเดือด (boiling point) ต่างกัน ซึ่งการกลั่นจะเป็นการป้อนสารแบบกะ (batch) คือ ป้อนเข้าหอกลั่นตามปริมาตรที่หม้อต้มของหอกลั่นรับได้แล้วกลั่น เมื่อกระบวนการกลั่นเรียบร้อยค่อยป้อนสารละลายใหม่เข้าไป

Continuous Stirred Tank Reactor หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับถังปฏิกรณ์กวนแบบต่อเนื่อง เป็นชุดทดลองที่จำลองระบบผสมสารตั้งต้นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเพื่อทำปฏิกิริยาเป็นสารใหม่หรือผลิตภัณฑ์ (product) โดยเป็นการผสมแบบต่อเนื่องในถังที่มีใบกวน

Liquid-liquid Extraction หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการแยกของเหลวออกจากของเหลว โดยของเหลวที่ผสมกันจะต้องไม่ละลายในกันละกัน (immiscible) และมีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) แตกต่างกัน โดยอาศัยการพาของเหลวอีกชนิดออกจาของเหลวที่ต้องการด้วยการละลายได้ของของเหลวที่ต่างกัน

Spray Dryer หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของเหลวให้เป็นของแข็งที่มีขนาดอนุภาคเล็กๆ โดยอาศัยการพ่นฝอยละอองของเหลวผ่านลมร้อนให้เกิดการพาความชื้นที่ระดับอนุภาค ทำให้คงเหลือเฉพาะของแข็งที่แห้งมีลักษณะเป็นผงเล็กๆ

Solid-liquid Extraction หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการแยกสารที่ต้องการออกจากของแข็งด้วยของเหลว ในที่นี้จะใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงที่สามารถละลายสารที่ต้องการออกจากของแข็ง หรืออาจใช้ไอน้ำวิ่งผ่านของแข็งเพื่อสกัดสารที่ต้องการ หรืออาจใช้สารตัวทำละลาย (solvent) เป็นตัวพาสารที่ต้องออกจากของแข็ง

Gas Absorption หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการดูดซึมของก๊าซด้วยการสัมผัสกับของเหลวที่ก๊าซนั้นสามารถละลายในของเหลวได้ โดยจะศึกษาการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยน้ำ กล่าวคือจะป้อนน้ำเข้าหอดูดซึมแบบไหลด้วยแรงโน้มถ่วงสวนทางกับก๊าซผสมระหว่างอากาศกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Tray Dryer หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการไล่ความชื้นออกจากของผสม (solution) หรือของแข็ง (solid) หรือของแข็งกึ่งเหลว (slurry) ด้วยลมร้อน เป็นการถ่ายโอนมวลน้ำให้กลายเป็นไอแยกออกไปคงเหลือแต่ของแข็งที่แห้ง

Water Cooling Tower หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำจากระบบอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูงให้เป็นน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกลับมาใช้ซ้ำหรือก่อนการบำบัดในระบบบำบัด โดยจะศึกษาในส่วนของประสิทธิภาพของการทำงานของหอผึ่งเย็น (cooling tower) ด้วยตัวแปรต่างๆ เช่น อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการพาความร้อนออกจากน้ำ

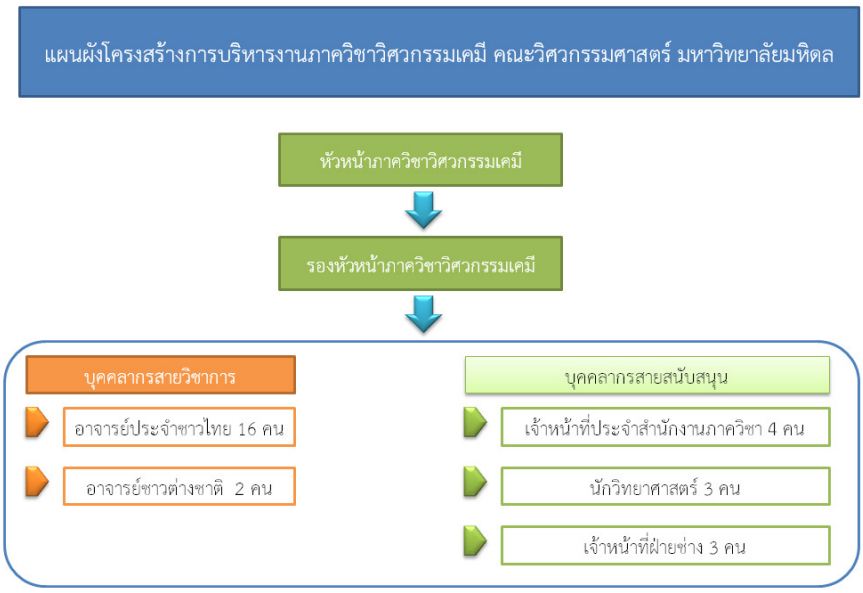
Friction loss in pipes and Flow Measurement หมายถึงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการสูญเสียเนื่องจากการไหลในท่อและการวัดอัตราการไหลด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบต่างๆ

บทที่ 2
ภาระหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งงาน

2.1 โครงสร้างองค์กรของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้จัดตั้งพร้อมกับการก่อตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ทำการเรียนการสอนเพื่อผลิตบัณฑิตสู่ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยและภาคการศึกษาวิจัยทางวิชาการไปกว่า 25 รุ่น นับว่าภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทางด้านวิศวกรรมของประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง

สำหรับการบริหารการจัดการภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมีนั้น ทางภาควิชาได้รับการจัดสรรพื้นที่สำหรับตั้งสำนักงานภาควิชา ห้องพักอาจารย์ ห้องเรียนสำหรับนักศึกษาระดับมหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมีบูรณาการ (นานาชาติ) ณ บริเวณอาคารอำนวยการ (อาคาร 1) ชั้น 3 มีเนื้อที่รับผิดชอบดูแล 911.50 ตารางเมตร และพื้นที่สำหรับห้องปฏิบัติการทางเคมี ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมเคมี และห้องวิจัยทางด้านวิศวกรรมเคมี ณ บริเวณอาคารปฏิบัติการ (อาคาร 2) ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 รวมพื้นที่รับผิดชอบดูแล 1,997.50 ตารางเมตร นอกจากพื้นที่รับผิดชอบแล้วทางภาควิชาวิศวกรรมเคมีได้มีบุคคลากรทำงานขับเคลื่อนภาควิชาทั้งด้านวิชาการและด้านส่งเสริมพัฒนาทักษะต่างๆ ของนักศึกษาตามนโยบายและพันธกิจของภาควิชาต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์จำนวนทั้งหมด 28 คน แบ่งเป็นบุคลากรสายวิชาการมีจำนวน 18 คน และบุคลากรสายสนับสนุนมีจำนวน 10 คน ดังแสดงได้ตามแผนผังโครงสร้างการบริหารงานภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ด้านล่างนี้



ภาพที่ 2.1 แผนผังโครงสร้างการบริหารงานภาควิชาวิศวกรรมเคมี

2.2 มาตรฐานกำหนดตำแหน่งวิศวกรตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยมหิดล

2.2.1 หน้าที่และความรับผิดชอบ คือ ปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมและปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

2.2.2 ลักษณะงานที่ปฏิบัติ คือ ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวิศวกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรม เพื่อการวางแผนโครงการเกี่ยวกับวิศวกรรมด้านต่างๆ และเพื่อการวิเคราะห์ วิจัย ค้นคว้า และการออกแบบวางแผนผังทางด้านวิศวกรรม ช่วยวิศวกรระดับสูงทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องต่างๆ ประกอบการวิเคราะห์ วิจัย แก้ไข และปรับปรุงงานวิศวกรรม

2.2.3 คุณสมบัติเฉพาะสำหรับตำแหน่ง คือ บุคลากรจะต้องได้รับคุณวุฒิปริญญาตรี หรือปริญญาโท หรือปริญญาเอก

2.2.4 ความรู้ความสามารถที่ต้องการมีดังนี้ คือ มีความรู้ความสามารถในงานวิศวกรรมอย่างเหมาะสม เข้าใจในกฎหมาย กฎ ระเบียบ และข้อบังคับอื่นที่ใช้ในการปฏิบัติงานในหน้าที่ สามารถใช้ภาษาและคอมพิวเตอร์อย่างเหมาะสม สามารถศึกษาและจัดการข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและสรุปเหตุผลเข้าใจในวิสัยทัศน์ พันธกิจ และแผนงานด้านต่างๆ ของหน่วยงานที่สังกัด รวมทั้งสามารถจัดทำแผนงาน ควบคุม ตรวจสอบ ให้คำปรึกษา แนะนำ และเสนอแนะวิธีการแก้ไขปรับปรุงการปฏิบัติงานที่อยู่ในความรับผิดชอบได้

2.3 ภาระหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี

2.3.1 งานประจำ คือ ภาระหน้าที่ที่ต้องดำเนินการตามความรับผิดชอบหลักมีดังนี้

2.3.1.1 จัดหาและสืบราคาวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ซ่อมบำรุงทั่วไปตามการจัดสรรงบประมาณของภาควิศวกรรมเคมี

2.3.1.2 จัดหาและสืบราคาวัสดุ และอะไหล่สำหรับซ่อมบำรุงชุดปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

2.3.1.3 เตรียมชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี อาคารปฏิบัติการ ชั้น 1 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับการเรียนการสอนรายวิชา EGCH 303 และ EGCH 307 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเดิมก่อนการปรับปรุง และรายวิชา EGCH 204 รายวิชา EGCH 305 รายวิชา EGCH 381 และรายวิชา EGCH 306 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรใหม่ ปี 2561 โดยตรวจสอบความพร้อมใช้งานและดูแลตลอดระยะเวลาการเรียนการสอนแต่ละปีการศึกษา

2.3.1.4 บันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ECO-INDEX ส่งงานกายภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

2.3.1.5 บันทึกข้อมูลการใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องนึ่งอบฆ่าเชื้อ เครื่องบดย่อยวัสดุตัวอย่าง เครื่องร่อนคัดขนาด เครื่องเขย่าสารแบบปรับอุณหภูมิและความเร็วรอบการเขย่า ตู้แช่แข็ง และอุปกรณ์เครื่องมืองานช่างทั่วไปของห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมเคมีเพื่อจัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM)

2.3.2 งานตามยุทธศาสตร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ คือ งานที่ตอบสนองทางนโยบายและพันธกิจของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้

2.3.2.1 ศึกษาเพื่อสร้างและพัฒนาชุดทดลองวิศวกรรมเคมีให้ทันสมัยสำหรับการเรียนการสอนยุคปัจจุบัน (ตามแผนยุทธศาสตร์ 2562-2566 ยุทธศาสตร์ที่ 2)

2.3.2.2 ปรับปรุงสภาพทางกายภาพของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีและห้องวิจัยของอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมีให้มีมาตรฐานความปลอดภัยและประสิทธิภาพการใช้งานอย่างสูงสุด (ตามแผนยุทธศาสตร์ 2562-2566 ยุทธศาสตร์ที่ 4)

2.3.2.3 วางแผนและดำเนินการจัดทำ R2R ของบุคลากรสายสนับสนุนตามตำแหน่งงานวิศวกร

2.3.3 งานที่ได้รับมอบหมาย คือ งานที่ได้รับมอบหมายจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี และงานที่ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมี เช่น งานซ่อมชุดทดลองหรืออุปกรณ์สำหรับงานวิจัย งานสร้างหรือปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

2.3.4 งานเฉพาะกิจอื่น คือ การเข้าร่วมการประชุมคณะกรรมการบริหารของภาควิชาวิศวกรรมเคมี การสนับสนุนกิจกรรมส่งเสริมการเรียนการสอนของภาควิชาวิศวกรรมเคมี และงานที่ได้รับมอบหมายในรูปแบบคำสั่งแต่งตั้งเป็นกรรมการดำเนินการตามแผนงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์

บทที่ 3
หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติงาน

วิศวกรที่ปฏิบัติงาน ณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองอย่างถ่องแท้ เนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีจะเป็นการจำลองอุปกรณ์ที่ใช้งานในกระบวนการทางอุตสาหกรรมเคมีเกือบทั้งหมด เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ แล้วสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงของการทำงานในอนาคตได้ ดังนั้นวิศวกรที่ปฏิบัติงานต้องหมั่นดูแล ปรับปรุง ซ่อมบำรุง และพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีจะต้องดำเนินการอย่างถูกต้องดังที่จะกล่าวเป็นลำดับไป

3.1 หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

สำหรับหลักการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบและวิธีการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองอย่างถ่องแท้ ซึ่งจะต้องใช้องค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนทักษะและประสบการณ์มารวมกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการทำงานด้านซ่อมบำรุงรักษาที่ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าใจ คือ หลักการบำรุงรักษา และหลักการทำงานวงจรคุณภาพ

3.1.1 หลักการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา คือ งานที่ต้องปฏิบัติเพื่อรักษาสภาพหรือฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน ดังต่อไปนี้

3.1.1.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถทำงานได้เมื่อต้องการใช้งาน

3.1.1.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ต้องไม่ชำรุดขณะใช้งาน

3.1.1.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถทำงานได้ต่อเนื่องตามที่ต้องการ

3.1.1.4 การหยุดเครื่องจักรและอุปกรณ์ต้องไม่ขัดกับแผนการทำงาน

3.1.1.5 เวลาหยุดเครื่องจักรและอุปกรณ์ต้องน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

3.1.1.6 ยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์

การบำรุงรักษามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ยุคเริ่มต้นอุตสาหกรรมหนักจนถึงยุคที่มีความเจริญด้านเทคโนโลยี โดยยุคที่เริ่มมีแบบแผนของการบำรุงรักษาเกิดในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยโรงงานผลิตเครื่องบินและอุปกรณ์ของกองทัพสหรัฐอเมริกาต้องผลิตเครื่องบินและอุปกรณ์ส่งเข้ากองทัพให้ทัน การผลิตจึงมีการเร่งมากๆ ทำให้เครื่องจักรในสายการผลิตเริ่มชำรุดจนบางครั้งใช้งานไม่ได้ จึงต้องมาคิดระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องจากผู้เชี่ยวชาญหลายสาขา

การบำรุงรักษาสามรถแบ่งออกได้เป็น 5 แบบ ตามการพัฒนาระบบการบำรุงรักษา โดยเราสามารถอนุมานได้ว่าเริ่มจากช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 เป็นต้นมาตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นดังนี้

แบบที่ 1 การบำรุงรักษาแบบแก้ไขหรือการบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุ (Corrective or Breakdown Maintenance) คือ การซ่อมแซมเมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์เกิดขัดข้องชำรุดเสียหายเท่านั้น เช่น สายพานของเครื่องจักรขาดขณะทำงาน มอเตอร์ไฟฟ้าหยุดทำงาน หรือระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้อง เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้เกิดจากเครื่องมือและอุปกรณ์ขาดการดูแลรักษา การบำรุงรักษาแบบนี้เป็นช่วงยุคแรกของพัฒนาการการบำรุงรักษา (ก่อนปี พ.ศ. 2493)

แบบที่ 2 การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Scheduled Maintenance) คือ การวางแผนการบำรุงรักษาโดยกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องจักรรวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อป้องกันความเสียหายหรือวางแผนไว้ล่วงหน้าโดยไม่ทำให้การทำงานหยุดฉุกเฉิน ความสำคัญของการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา คือ การประเมินอายุการใช้งานของเครื่องจักรและการบำรุงรักษาก่อนการเสียหาย โดยการใช้ระยะเวลาการทำงานเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นตัวกำหนด การบำรุงรักษาแบบนี้เป็นช่วงยุคที่สองของพัฒนาการบำรุงรักษา (ช่วงปี พ.ศ. 2493 – 2503)

แบบที่ 3 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คือ การวางระบบและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพ หรือชะลอการสึกหรอทั้งนี้เพื่อป้องกันการชำรุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1. การบำรุงรักษาขณะการเดินระบบโดยไม่ต้องหยุดเดินเครื่อง เช่น การหล่อลื่น เป็นต้น 2. การบำรุงรักษาขณะหยุดเดินระบบโดยมีแผนกำหนดไว้แน่นอน เช่น การเปลี่ยนชิ้นส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เสื่อมสภาพและชำรุดเสียหาย การบำรุงรักษาแบบนี้เป็นช่วงยุคที่สามของพัฒนาการบำรุงรักษา (ช่วงปี พ.ศ. 2503 – 2513) โดยยุคนี้ถือเป็นการสร้างแนวคิดต่อการบำรุงรักษาและดูแลในเชิงป้องกัน

แบบที่ 4 การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) คือ การใช้เทคนิคการบำรุงรักษาทดแทนการใช้ประสาทสัมผัสสังเกตแบบเดิม เป็นการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เช่น เครื่องวิเคราะห์การสั่นสะเทือน เกจวัดความดัน เป็นต้น การบำรุงรักษาแบบนี้สามารถทำนายข้อพกพร่องและกระทำการแก้ไข เช่น การซ่อมแซม การซ่อมใหญ่ และการปรับแต่งในเวลาที่เหมาะสม ซึ่งช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์

แบบที่ 5 การบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance) คือ การระบบการบริหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงาน โดยมีการบำรุงรักษาอย่างมีระบบ เน้นให้ทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาและพัฒนาองค์กร การบำรุงรักษาแบบนี้เป็นช่วงยุคที่สี่ของพัฒนาการบำรุงรักษา (ช่วงปี พ.ศ. 2514 – ปัจจุบัน) โดยยุคนี้ถือเป็นการสร้างแนวคิดต่อการบำรุงรักษาทุกแขนงมารวมกันทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และหลักการทางวิศวกรรม

3.1.2 หลักการทำงานวงจรคุณภาพ

หลักการทำงานวงจรควบคุมคุณภาพ PDAC หรือเรียกว่า วงจรเดมิ่ง (Deming Cycle) ถูกคิดขึ้นโดย William Edwards Deming นักคณิตศาสตร์และสถิติศาสตร์ชาวอเมริกา ขณะที่เขาทำงานเป็นที่ปรึกษาให้กับนักธุรกิจและนักอุตสาหกรรมชาวญี่ปุ่น โดยที่ William Edwards Deming ได้นำวงจรของ Walter A. Shewhart มาปรับปรุงและอธิบายให้เป็นรูปธรรมเข้าใจง่าย ซึ่งวงจรควบคุมคุณภาพที่ Walter A. Shewhart ได้เขียนไว้ในปี ค.ศ. 1939 เรียกวงจรนี้ว่า Shewhart Cycle หรือ PDSA Cycle ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1. Plan (P) คือ การวางแผนเพื่อปรับปรุงคุณภาพ 2. Do (D) คือ การลงมือปฏิบัติตามแผน 3. Study

(S) คือ การประเมินผลย้อนกลับเพื่อยืนยันแผนหรือเพื่อปรับแผน และ 4. Act (A) คือ การทำเป็นแผนถาวรหรือศึกษาเพื่อปรับปรุงแผน

สำหรับวงจรควบคุมคุณภาพที่ William Edwards Deming ได้ปรับปรุงจากวงจรควบคุมคุณภาพ Shewhart Cycle เรียกว่า Deming Cycle ซึ่งเป็นที่รู้จักในประเทศญี่ปุ่นอย่างกว้างขวางเนื่องจากนักธุรกิจและนักอุตสาหกรรมชาวญี่ปุ่นได้นำไปใช้แล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพแบบก้าวกระโดด ส่วนคนทั่วไปนิยมเรียกว่า PDCA Cycle ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.2.1 การวางแผน (Plan : P) คือ จุดเริ่มต้นของงานและเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การทำงานในส่วนอื่นเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล การวางแผนตาม Deming Cycle เป็นการหาองค์ประกอบของปัญหา การเลือกปัญหา การหาสาเหตุของปัญหา การหาวิธีแก้ปัญหา การจัดทำตารางปฏิบัติงาน การกำหนดวิธีการดำเนินการ การกำหนดวิธีการตรวจสอบและประเมินผล สำหรับเทคนิคการวางแผนที่ดีต้องตอบคำถามต่อไปนี้ได้ 1. มีอะไรบ้างที่ต้องทำ 2. ใครทำ 3. มีอะไรบ้างต้องใช้ 4. ระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอนเป็นเท่าใด 5. ลำดับการทำงานเป็นอย่างไร ควรทำอะไรก่อนหลัง 6. เป้าหมายในการกระทำครั้งนี้คืออะไร โดยเป้าหมายที่ดีควรยึดหลัก SMART คือ 1. S (Specific) คือ ชัดเจน เจาะจง 2. M (Measurement) คือ วัดได้ ประเมินผลได้ 3. A (Attainable) คือ ต้องมีสิ่งสนับสนุนให้บรรลุได้ 4. R (Relevant) คือ ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวิสัยทัศน์ ภารกิจ และกลยุทธ์ 5. T (Time frame) คือ มีกำหนดเวลาให้สำเร็จ

3.1.2.2 การปฏิบัติตามแผน (Do : D) คือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในตารางปฏิบัติงาน ในขั้นตอนของการปฏิบัติงานจะต้องมีการตรวจสอบไปพร้อมกัน หากไม่เป็นไปตามแผนจะต้องมีการปรับแผนใหม่ และเมื่อมีแผนนั้นใช้งานได้ก็นำไปใช้เป็นแผนและถือปฏิบัติต่อไป โดยเทคนิคในการปฏิบัติคือ 1. ทำให้ถูกต้องตั้งแต่แรก 2. ตรวจสอบทุขั้นตอนเพื่อป้องกันความเสียหาย

3.1.2.3 การตรวจสอบ (Check : C) คือ การตรวจสอบว่าเมื่อปฏิบัติตามแผน หรือแก้ปัญหางานตามแผนแล้วได้ตรงตามที่ตั้งใจหรือไม่ โดยมีเทคนิคดังนี้ 1. ตรวจสอบวิธีการและระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติจริง 2. ตรวจสอบผลที่ได้ว่าได้ตามเป้าหมายหรือไม่ 3. ตรวจสอบว่ามีข้อมูลอะไรใหม่ๆ เกิดขึ้นบ้าง และ 4. รวบรวมและบันทึกข้อมูลที่จำเป็นเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์และปรับปรุงต่อไป

3.1.2.4 การดำเนินการให้เหมาะสม (Action : A) คือ การกระทำภายหลังที่ได้ดำเนินการทั้ง 3 ขั้นตอนตามวงจรแล้วเสร็จ เป็นการเอาผลจาการตรวจสอบมาดำเนินการให้เหมาะสมต่อไป โดยเทคนิคในการดำเนินการให้เหมาะสม คือ 1. หลังจากการตรวจสอบแล้ว ถ้าทำได้ตามเป้าหมายให้รักษาการปฏิบัตินี้ไว้ 2. หากตรวจสอบแล้วพบข้อผิดพลาดไม่ว่าขั้นตอนผิด ให้หาสาเหตุและแก้ไขสาเหตุ 3. หาทางปรับปรุงเพื่อให้ปฏิบัติการครั้งต่อไปดีขึ้นกว่าเดิม

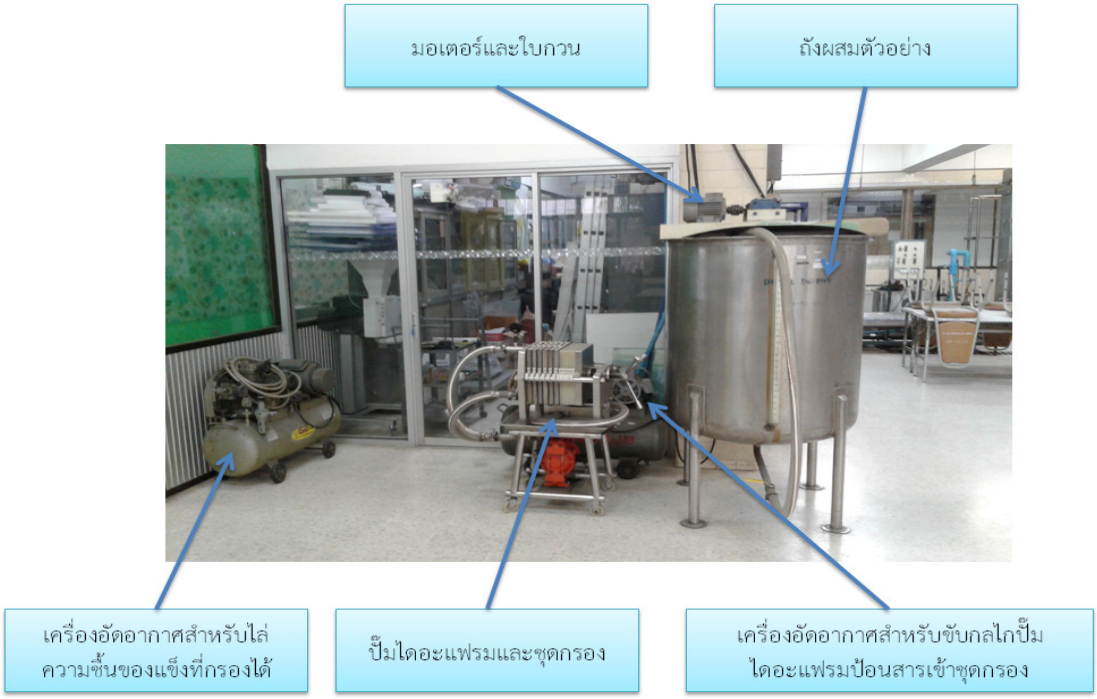
วงจรควบคุมคุณภาพ PDCA ที่สมบูรณ์จะเกิดเมื่อนำผลที่ได้จากขั้นตอนการดำเนินการที่เหมาะสมมาดำเนินการให้เหมาะสมในกระบวนการวางแผนอีกครั้งหนึ่ง แลเป็นวงจรอย่างนี้เรื่อยๆ ไม่มีที่สิ้นสุด จนกระทั่งสามารถใช้วงจรนี้กับทุกๆ การดำเนินการที่คล้ายกันอย่างเป็นปกติธรรมดาไม่ยุ่งยากอีกต่อไป

ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงวงจรควบคุมคุณภาพ PDCA Cycle หรือ Deming Cycle

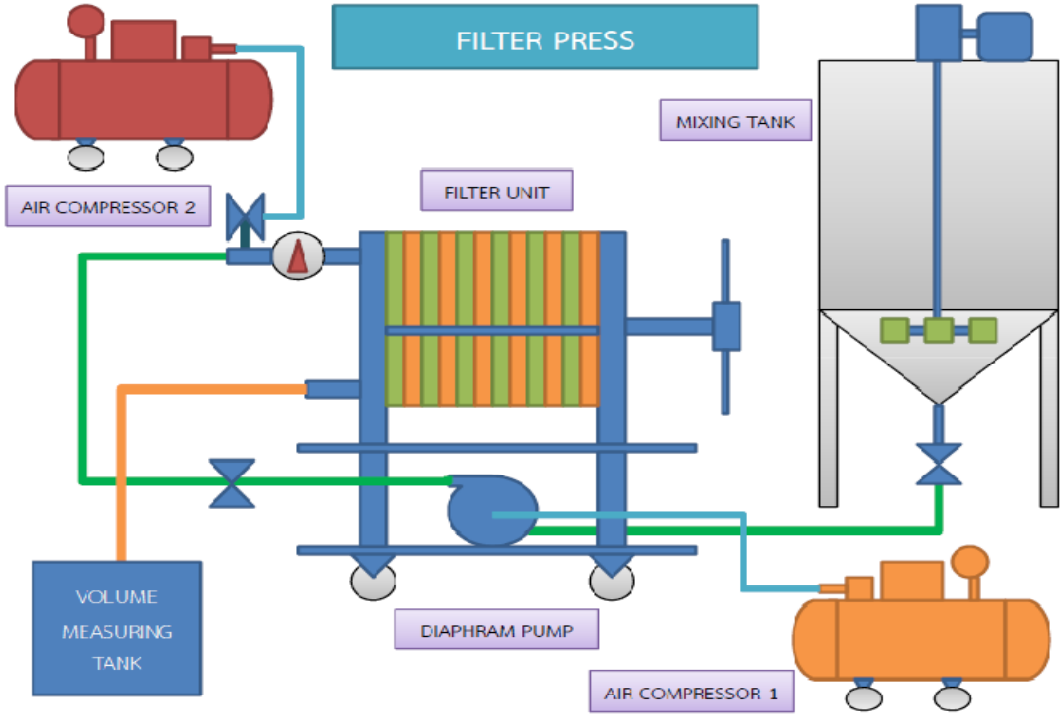
3.2 ข้อมูลเบื้องต้นของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 ว่าคู่มือการซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีที่ได้เขียนนี้จะอ้างอิงจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีที่ได้ใช้ในการเรียนการสอนปีการศึกษา 2561 ทั้งสองรายวิชา คือ รายวิชา EGCH 303 Chemical Engineering Laboratory I และรายวิชา EGCH 307 Chemical Engineering Laboratory II ซึ่งจะมีชุดฝึกปฏิบัติการทดลองรวมทั้งหมด 18 ชุดการทดลอง ในหัวข้อนี้ผู้เขียนจะขออธิบายภาพรวมแต่ละชุดฝึกปฏิบัติการทดลองพร้อมแสดงภาพจริงและแผนผังของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง รวมทั้งอธิบายการใช้งานเบื้องต้นสำหรับการปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีของแต่ละชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

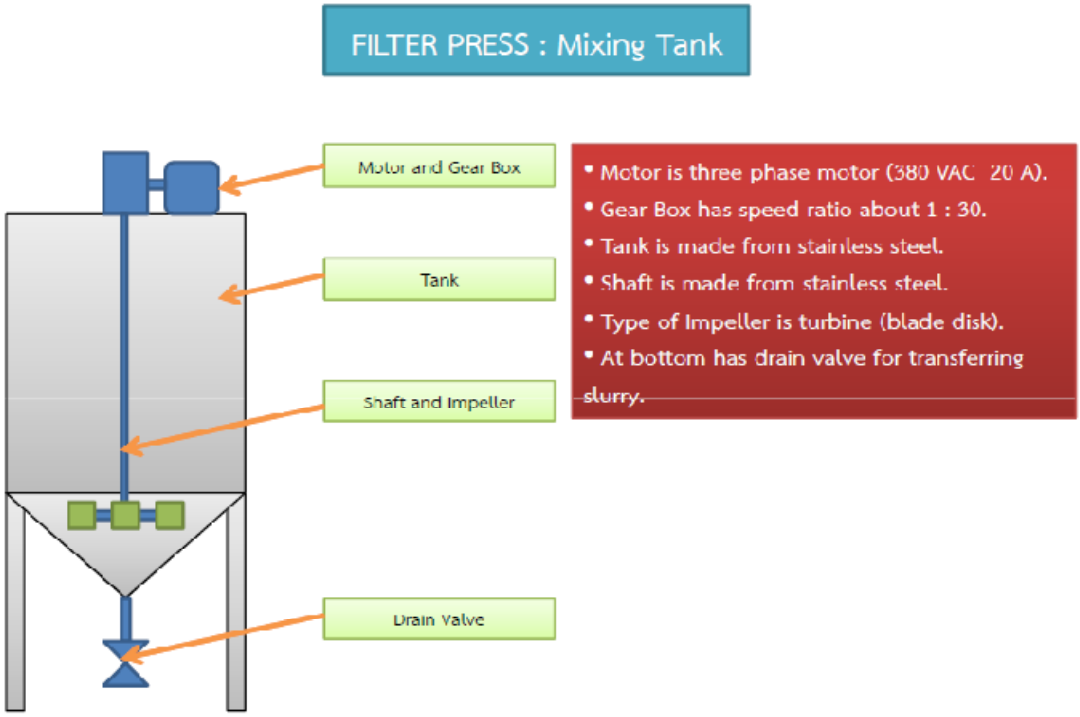
3.2.1 Filter Press มีส่วนประกอบของถังผสมตัวอย่าง ชุดมอเตอร์กวนสาร ชุดปั๊มไดอะแฟรมป้อนสารและชุดกรอง เครื่องอัดอากาศสำหรับขับกลไกปั๊มไดอะแฟรมป้อนสาร และเครื่องอัดอากาศสำหรับไล่ความชื้นของกากของแข็ง (cake) ที่กรองได้



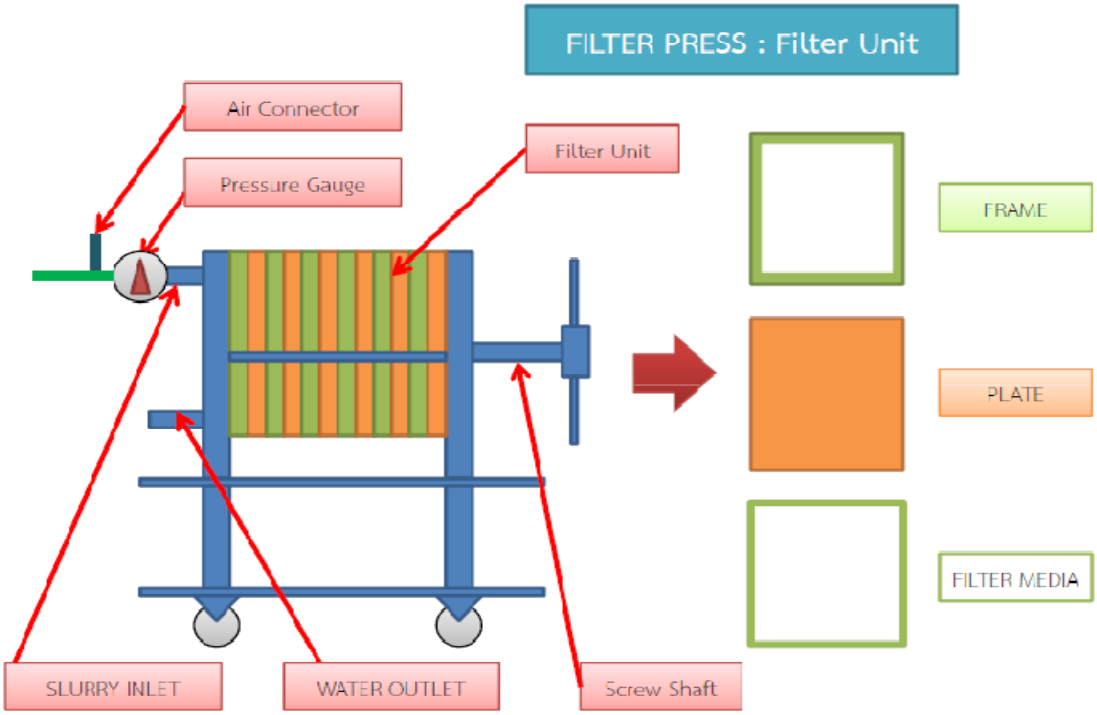
ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press



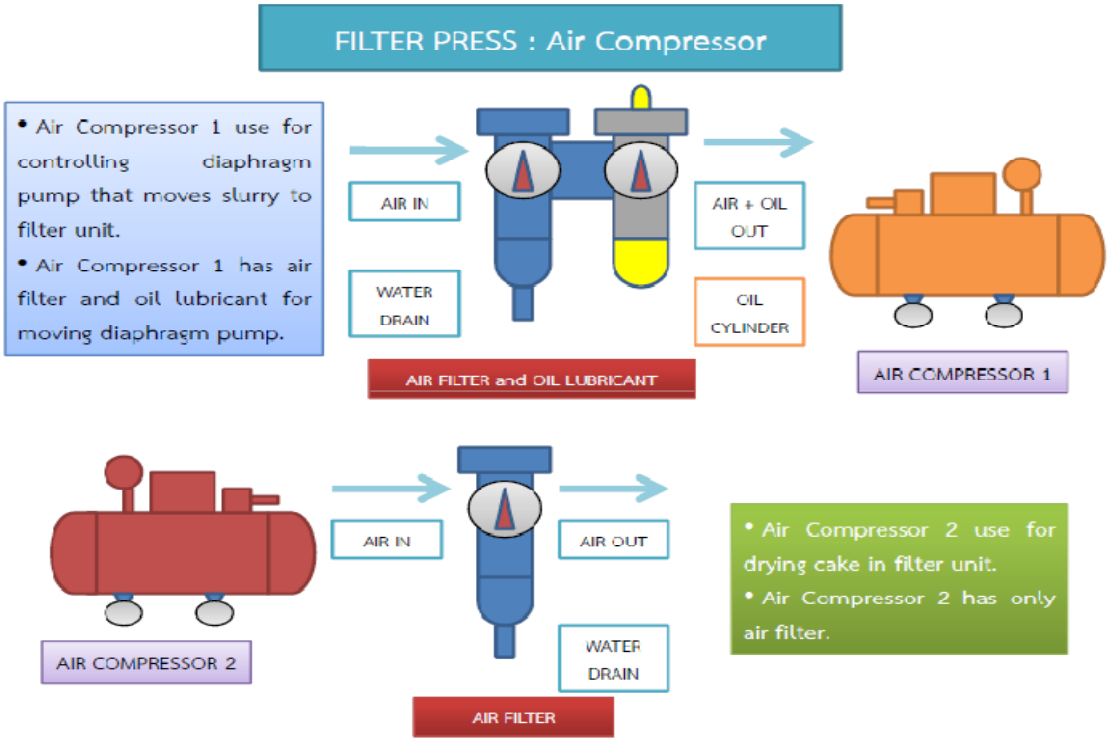
ภาพที่ 3.3 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แบบองค์รวม)



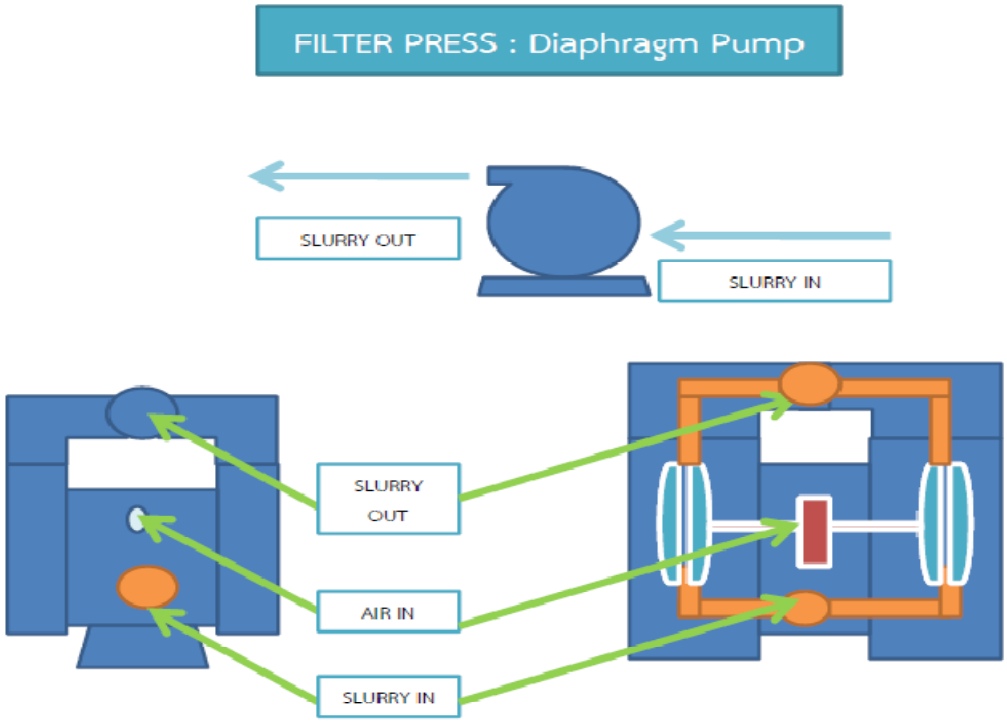
ภาพที่ 3.4 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Mixing Tank)



ภาพที่ 3.5 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Filter Unit)



ภาพที่ 3.6 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Compressor)



ภาพที่ 3.7 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press (แสดงรายละเอียด Diaphram Pump)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี มีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.1.1. เตรียมของผสมสีขุ่นจากผงพีวีซีกับน้ำ โดยเทผงพีวีซีผสมกับน้ำลงในถังผสมพร้อมเปิดมอเตอร์ใบกวนทำการผสมให้เป็นของผสมเนื้อเดียวกัน

3.2.1.2. เรียง Plate และ Frame ลงในเครื่องกรองให้ถูกต้องและขันเกลียวอัดแผ่นกรองให้แน่น

3.2.1.3 ป้อนของผสมระหว่างผงพีวีซีและน้ำผ่านเครื่อง โดยใช้ค่าความดันหนึ่งในช่วง 1.0 – 5.0 kg/cm^2 (อ่านได้จากค่าเฉลี่ยของการขึ้นสุดลงสุดของเข็มในเกจวัดความดันขณะที่ทำการป้อนของผสม)

3.2.1.4. บันทึกเวลาที่สารละลายใสผ่านออกจากเครื่องกรองทุกๆ 5 ลิตร จนครบ 35 ลิตร

3.2.1.5. หยุดป้อนของผสมระหว่างผงพีวีซีและน้ำเข้าเครื่องกรองและไล่ความชื้นในเค้กที่กรองได้

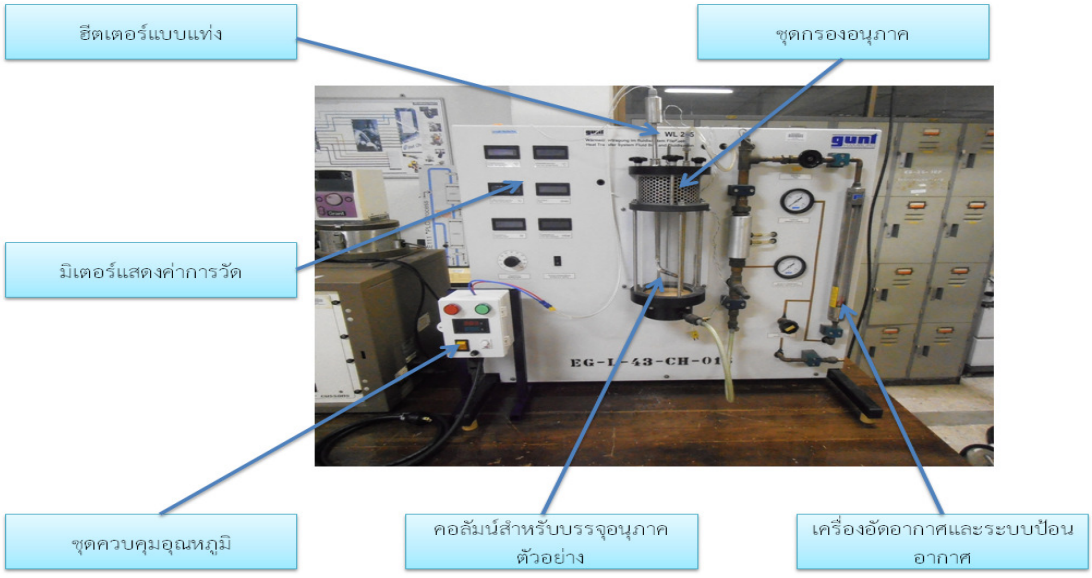
3.2.1.6. ถอดผ้ากรองออกจากเครื่องกรอง ขูดเอาเค้กออกจากผ้ากรองให้หมดและทำความสะอาด

3.2.1.7. นำเค้กไปอบแห้งและบันทึกน้ำหนักของเค้กหลังอบแห้ง

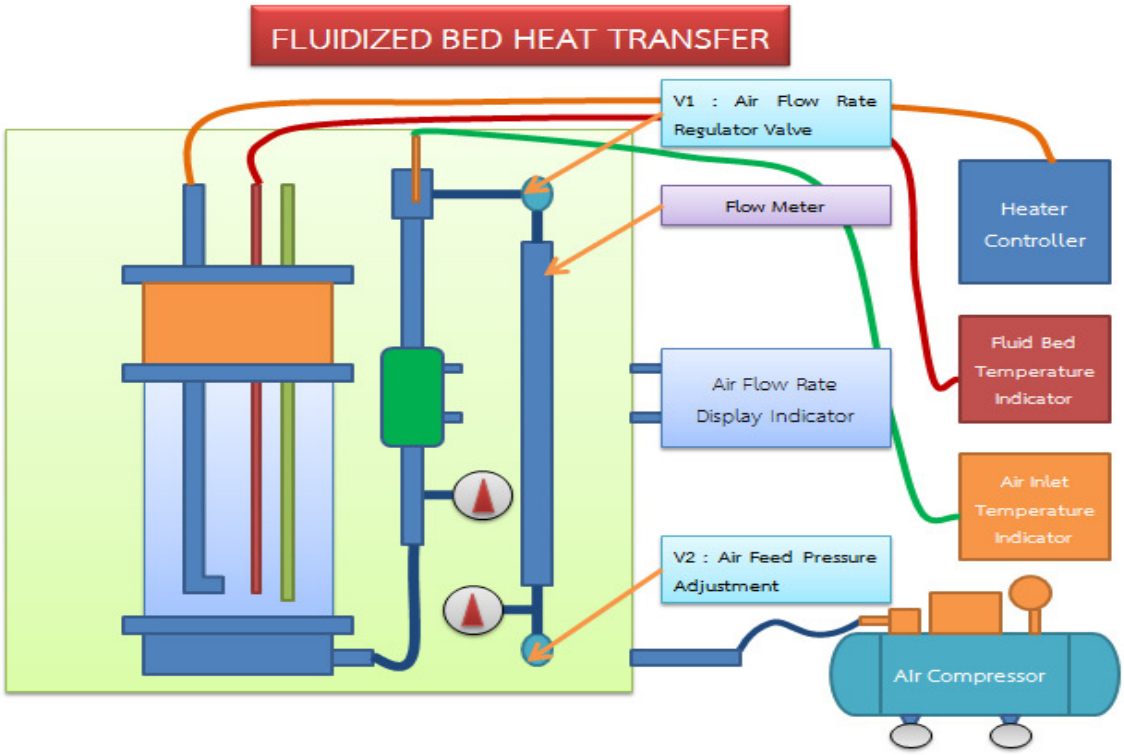
3.2.1.8. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 รอบที่ค่าความดันต่างๆ ที่ไม่ซ้ำกับรอบแรก

3.2.1.9. นำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ตามหลักการทางทฤษฎี

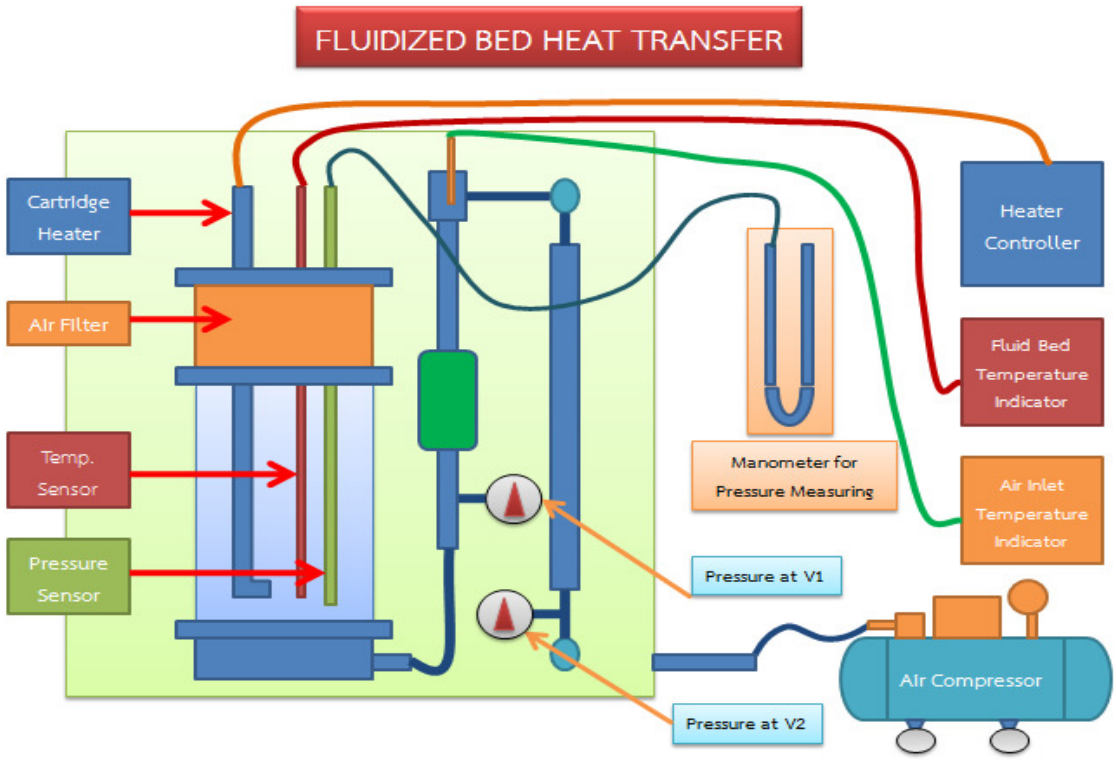
3.2.2 Fluidized bed Heat Transfer มีส่วนประกอบของชุดควบคุมอุณหภูมิและแท่งฮีตเตอร์ มิเตอร์แสดงค่าการวัด คอลัมน์สำหรับบรรจุอนุภาคตัวอย่าง ชุดกรองอนุภาค เครื่องอัดอากาศและระบบป้อนอากาศ



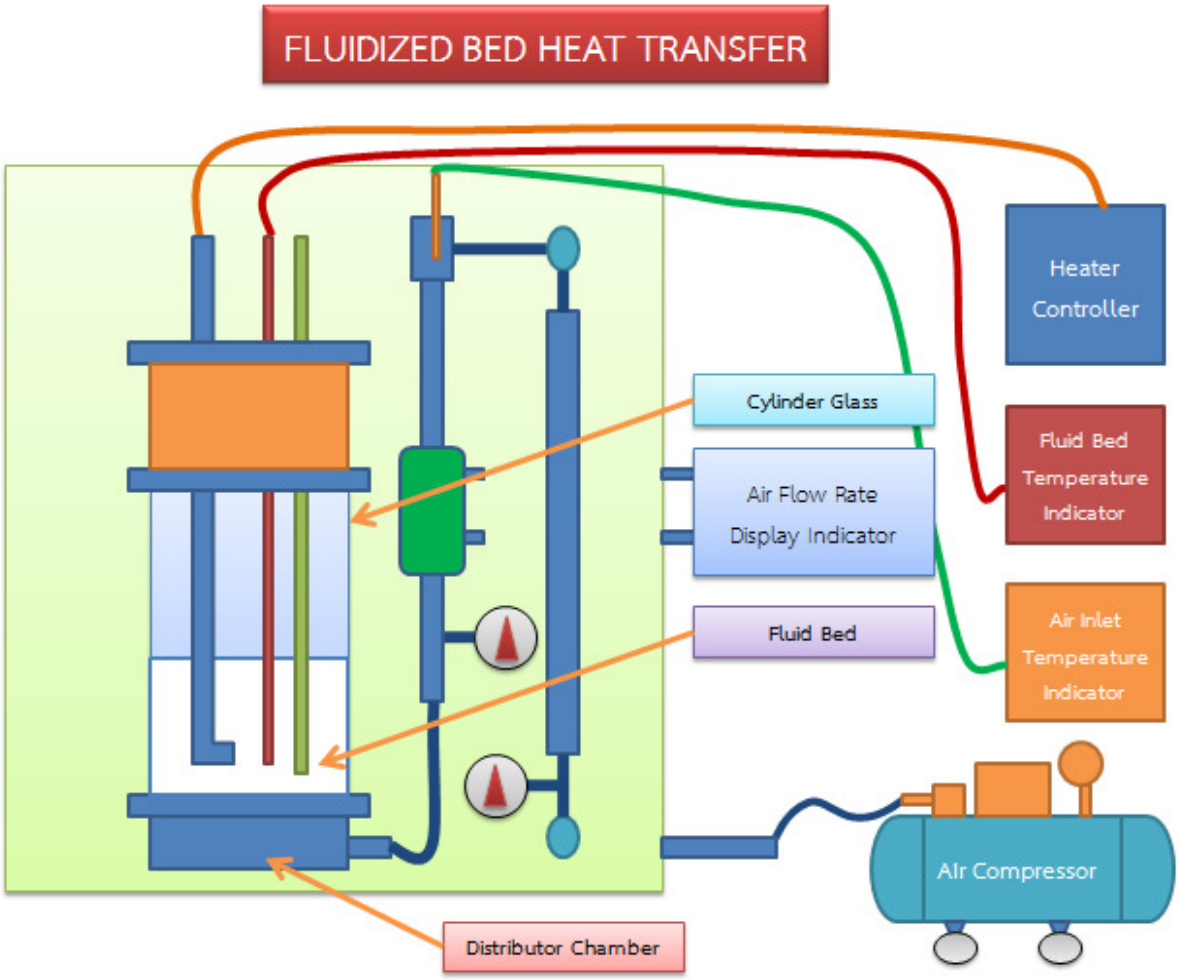
ภาพที่ 3.8 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer



ภาพที่ 3.9 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 1)



ภาพที่ 3.10 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 2)



ภาพที่ 3.11 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer (แบบองค์รวม 3)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized bed Heat Transfer เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี มีขั้นตอนการใช้งานแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

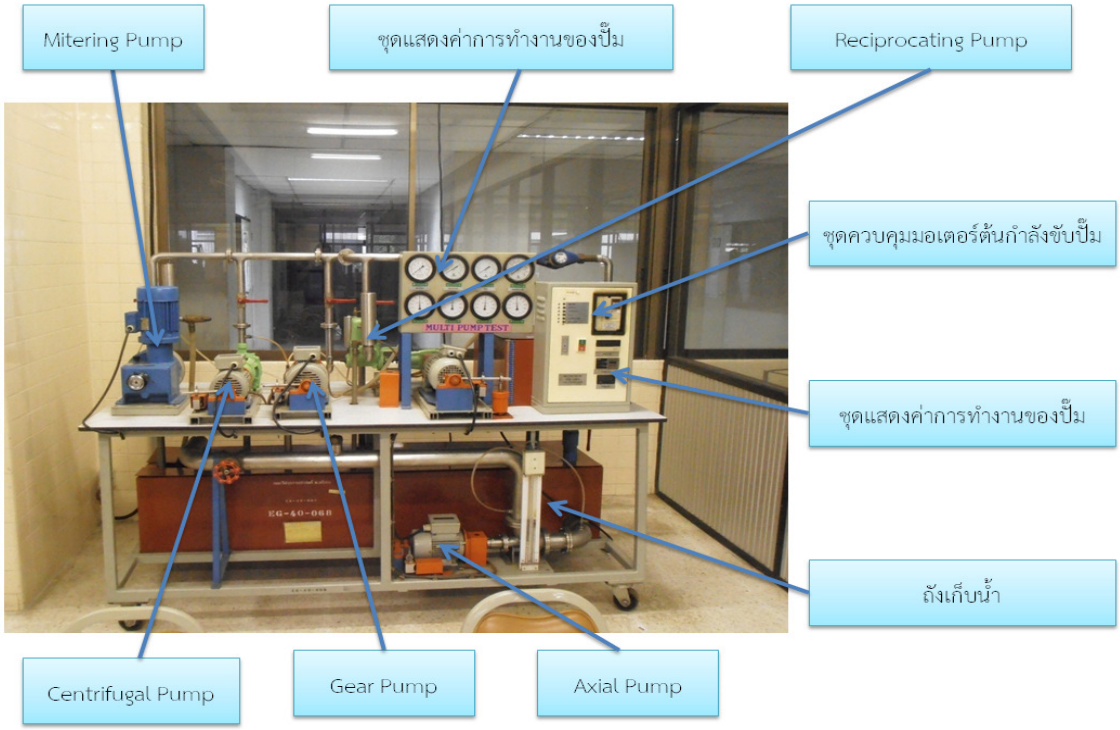
3.2.2.1 การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ โดยให้เปิดวาล์วของ Air Compressor จากนั้นเสียบปลั๊กและเปิดเครื่อง Fluidized bed แล้วปิดวาล์วที่ควบคุมการไหลของอากาศ (V1) พร้อมกับเปิดวาล์วของ Air Compressor และสุดท้ายเปิดวาล์ว V2 เพื่อให้อากาศไหลเข้ามา 1 bar (ดูระดับจาก Pressure Regulator)

3.2.2.2 การทดลองความดันลด (Pressure Loss) สามารถดำเนินการโดยเลื่อนโพรบวัดความดันจนสุดก้นเบด จากนั้นปรับอัตราการไหลของอากาศด้วยวาล์ว V1 เป็น 10 L/min พร้อมบันทึกค่าอัตราการไหลและค่าความดัน จากนั้นเพิ่มอัตราการไหลขึ้นทีละ 2 L/min พร้อมบันทึกค่าอัตราการไหลและความดัน ทันทีที่เห็นอนุภาคเม็ดแรกเคลื่อนไหว ให้บันทึกค่าอัตราการไหลที่เป็นจุดที่เกิดความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดการฟลูอิดไดเซชั่น (minimum fluidization velocity) ให้ทำการทดลองต่อโดยเพิ่มอัตราการไหลขึ้นทีละ 5 L/min จนถึงค่า 70 L/min แล้วให้ลดอัตราการไหลทีละ 5 L/min จนถึงค่า 10 L/min

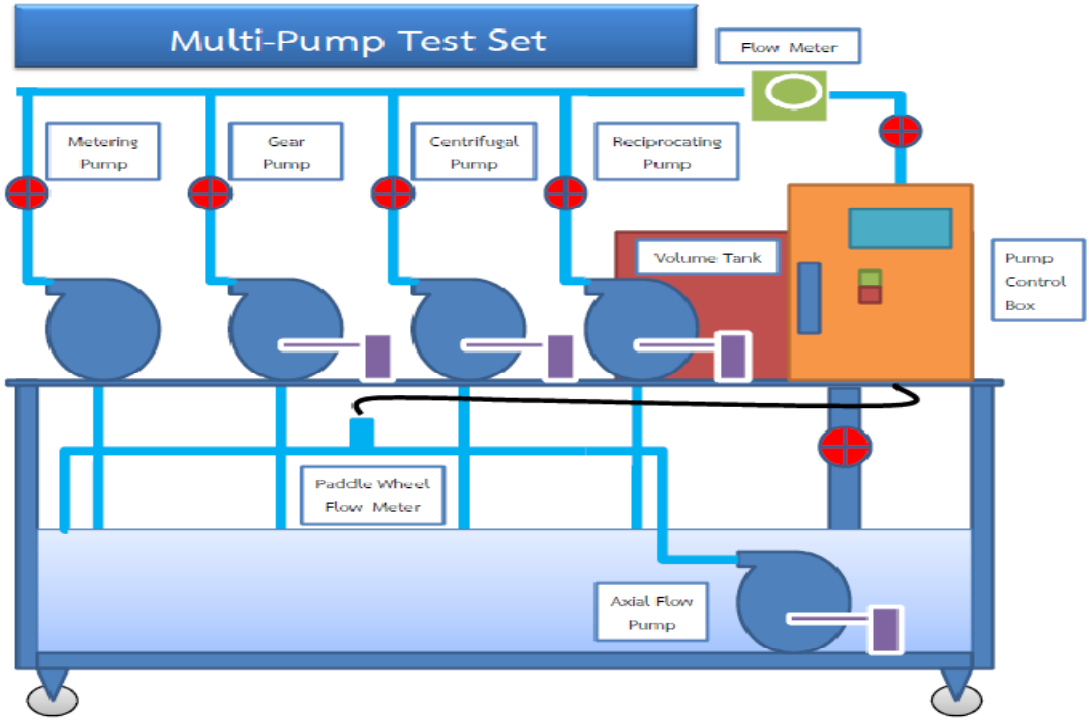
3.2.2.3 การทดลองความดันที่ความสูงต่างๆ ของเบด ให้เริ่มปรับอัตราการไหลของอากาศเป็น 40 L/min โดยใช้วาล์ว V1 บันทึกค่าความดัน ณ จุดนั้น จากนั้นให้เลื่อนโพรบวัดความดันขึ้นจากเบดทีละ 10 mm พร้อมบันทึกค่าความดัน และให้ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าโพรบวัดความดันจะอยู่ที่ผิวเบด

3.2.2.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ให้ผู้ทดลองปรับตำแหน่งแท่งฮีตเตอร์ให้ลึกลงจากระดับผิวบนของเบด 3 cm จากนั้นให้ความร้อนกับแท่งฮีตเตอร์ 30 วัตต์ (อ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณตามความสัมพันธ์ทางไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์) = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) x กระแสไฟฟ้า (แอมป์) ต่อไปให้ปรับอัตราการไหลเป็น 10 L/min แล้วรอประมาณ 2 นาทีจนการถ่ายเทความร้อนเริ่มคงที่ ผู้ทดลองบันทึกอัตราการไหล อุณหภูมิของตัวนำความร้อน (T1) และอุณหภูมิของเบด (T2) และให้ผู้ทดลองเพิ่มอัตราการไหลทีละ 10 L/min รอประมาณ 2 นาทีแล้วอ่านค่าอัตราการไหลและอุณหภูมิ ทำการทดลองวนซ้ำจนอัตราการไหลอากาศถึง 70 L/min

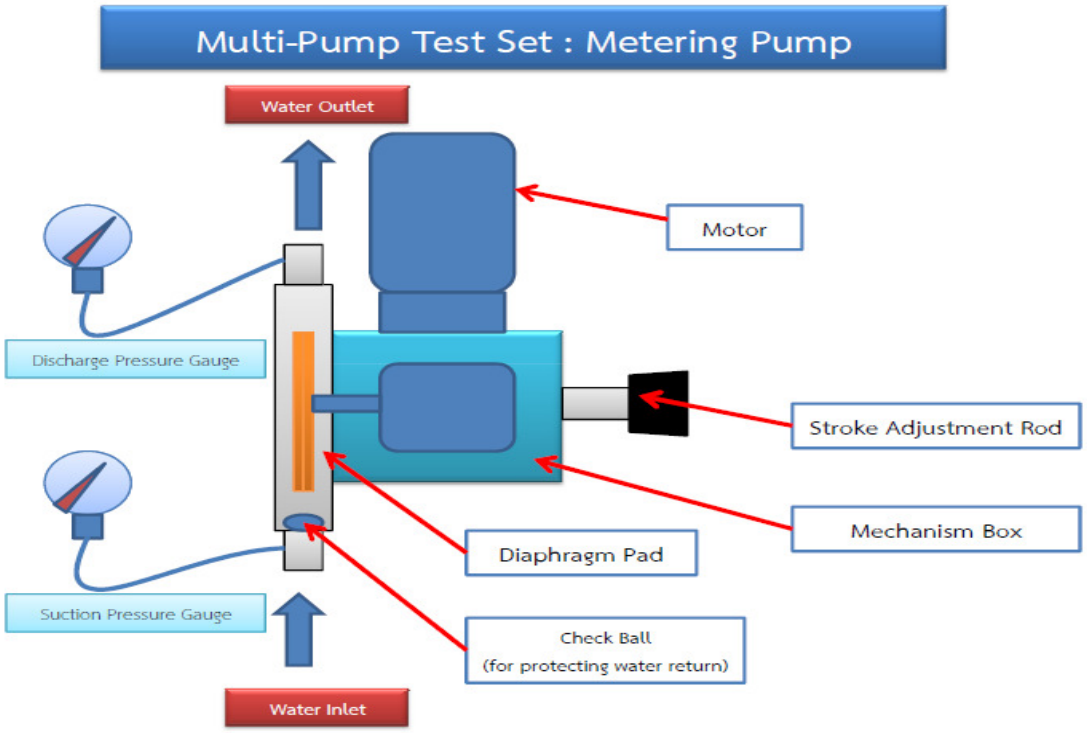
3.2.3 Multi-pumps Test Set มีส่วนประกอบด้วยปั๊มแบบไดอะแฟรม (mitering pump) ปั๊มแบบเหวี่ยงหนีศูนย์ หรือปั๊มหอยโข่ง (centrifugal pump) ปั๊มแบบเกียร์ (gear pump) ปั๊มแบบลูกสูบชัก (piston pump / reciprocating pump) และปั๊มแบบแนวแกน (axial pump) นอกจากนี้ยังมีส่วนของถังเก็บน้ำ ชุดควบคุมมอเตอร์ต้นกำลังที่ขับปั๊ม และชุดแสดงค่าการวัดการทำงานของปั๊ม



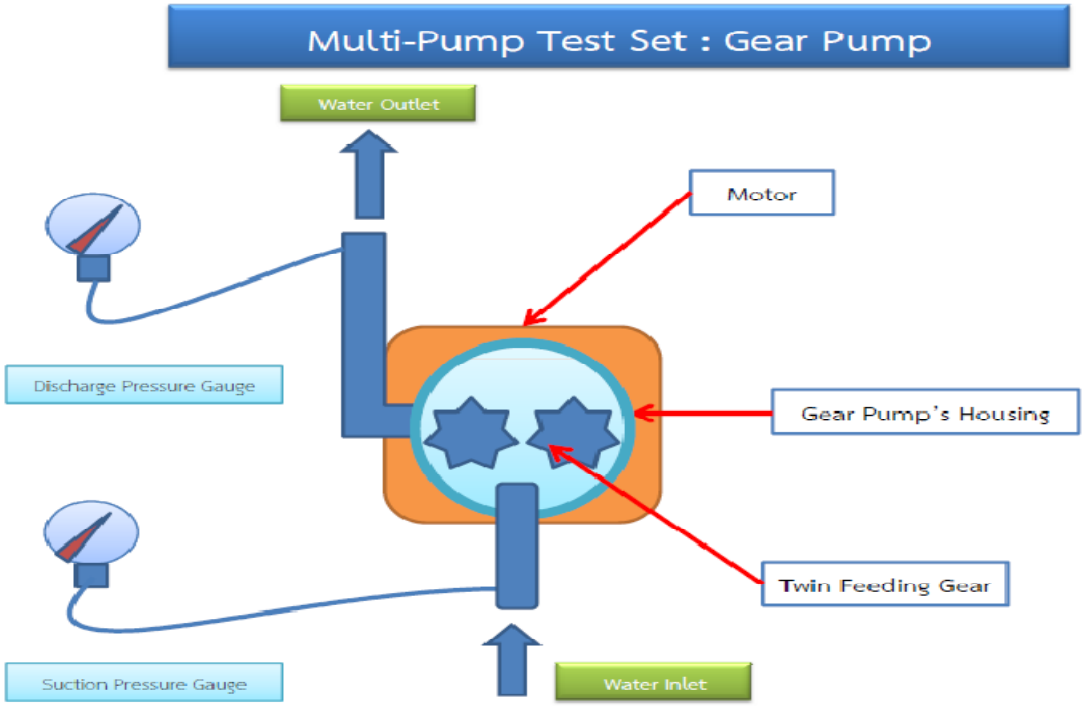
ภาพที่ 3.12 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set



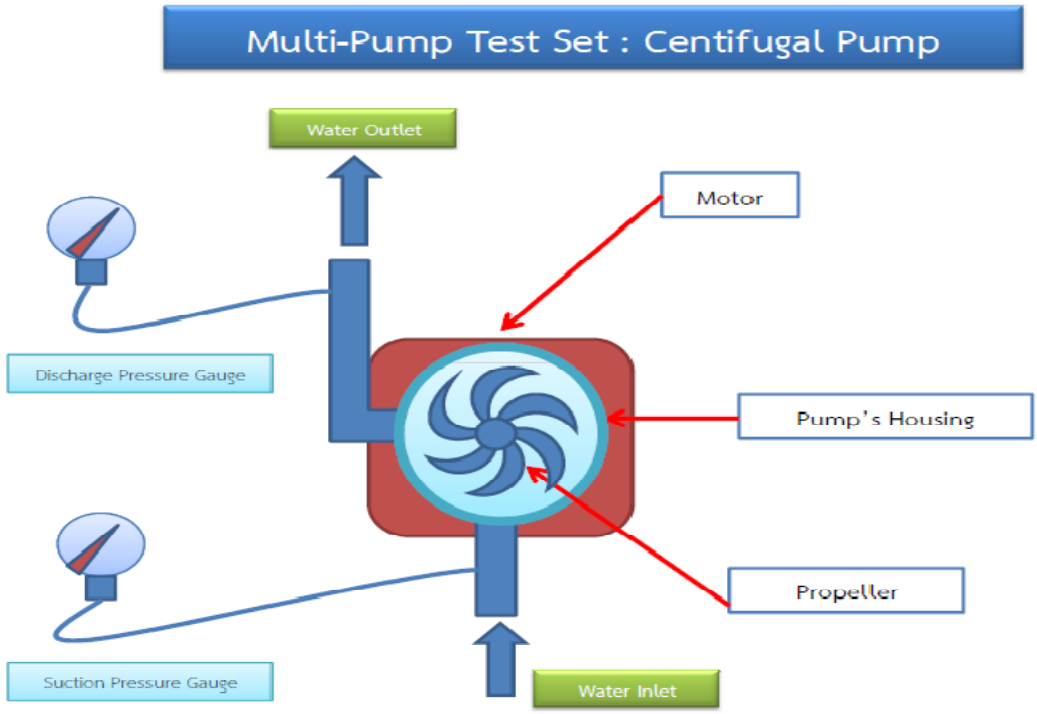
ภาพที่ 3.13 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (แบบองค์รวม)



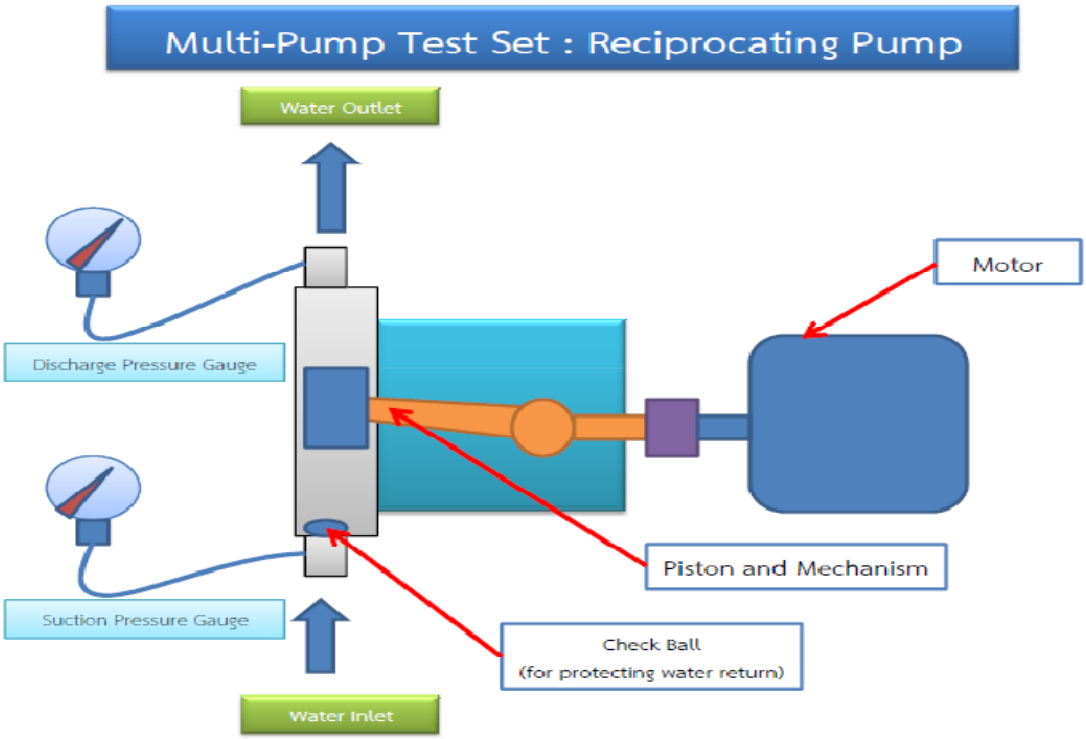
ภาพที่ 3.14 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Metering Pump)



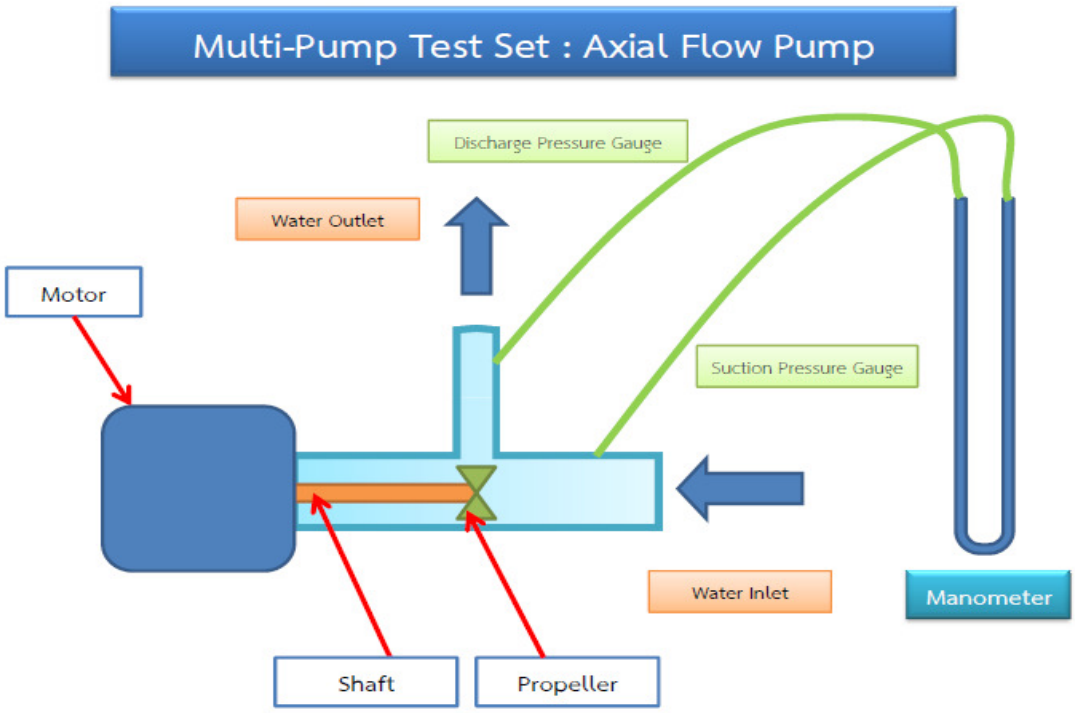
ภาพที่ 3.15 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Gear Pump)



ภาพที่ 3.16 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Centrifugal Pump)



ภาพที่ 3.17 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Reciprocating Pump)



ภาพที่ 3.18 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set (Axcial Flow Pump)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี มีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.3.1 เติมน้ำประปาลงในถังเก็บน้ำของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองประมาณ 300 ลิตร

3.2.3.2 ปิดวาล์วทางออกของปั๊มทุกตัว

3.2.3.3 กดปุ่มเปิดระบบไฟฟ้าของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pump Test Set แล้วกดปุ่ม selecter switch เพื่อเลือกชนิดของปั๊มที่จะทดสอบ

3.2.3.4 ปรับค่าความถี่ทางไฟฟ้าที่เครื่องอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังของปั๊ม โดยความถี่ทางไฟฟ้าที่ปรับจะกำหนดค่าตามที่อาจารย์ผู้สอนกำหนด

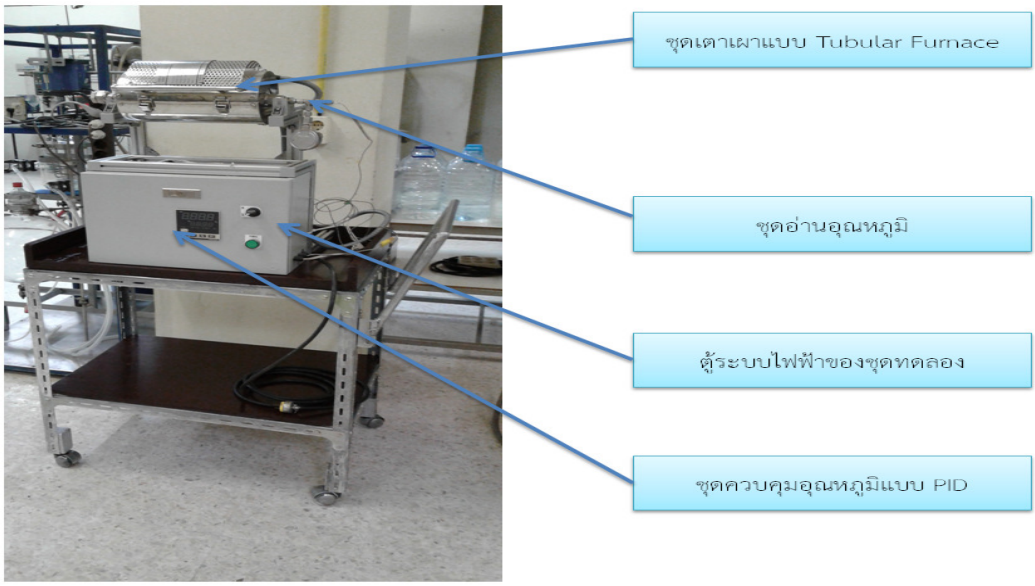
3.2.3.5 หลังจากปรับค่าความถี่ทางไฟฟ้าแล้วให้กดปุ่มเริ่มทำงาน (ปุ่ม RUN)

3.2.3.6 เปิดวาล์วทางออกของปั๊มที่ทำการทดสอบ โดยปรับให้ได้ค่าความดัน discharge pressure (P2) ตามที่กำหนด

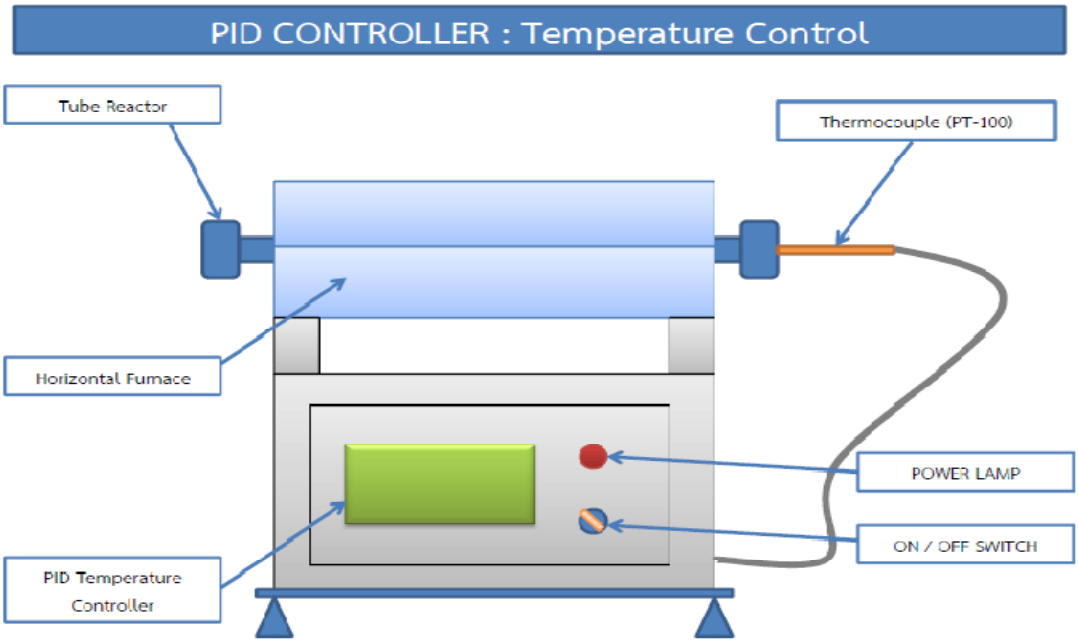
3.2.3.7 บันทึกค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังปั๊มน้ำ (N) ค่าแรงบิดของมอเตอร์ต้นปั๊มน้ำ (T) ค่าความดัน suction pressure (P1) ค่าปริมาตรของน้ำที่ทำการสูบได้ (V) และค่าเวลาที่ทำการทดสอบในแต่ละรอบการทดสอบ

3.2.3.8 สำหรับการปรับค่าความถี่ทางไฟฟ้าจะต้องหยุดการทำงานของมอเตอร์ต้นกำลังปั๊มน้ำก่อนที่ปรับ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทางไฟฟ้าและป้องกันความเสียหายของมอเตอร์ต้นกำลัง

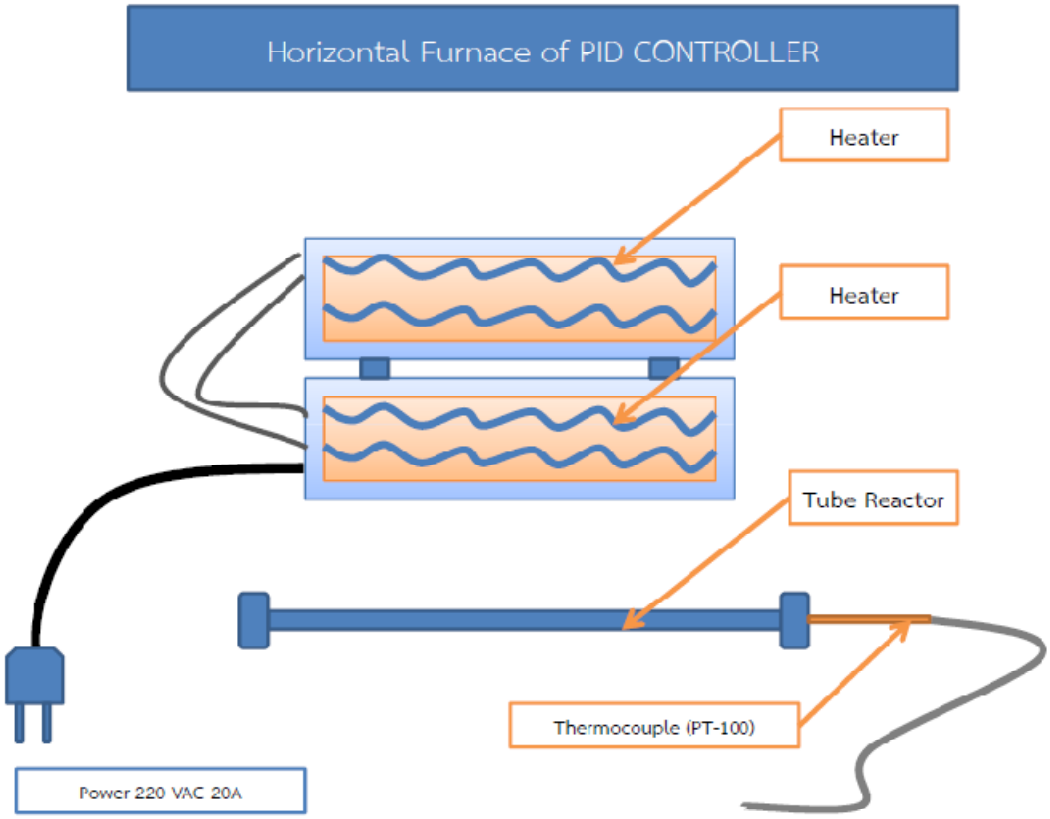
3.2.4 PID Control มีส่วนประกอบด้วยชุดเตาเผาแบบ Tubular Furnace ชุดอ่านอุณหภูมิ ตู้ระบบไฟฟ้า และชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID



ภาพที่ 3.19 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control



ภาพที่ 3.20 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.21 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control (เฉพาะชุดฮีตเตอร์และท่อ)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี มีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.4.1 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 ใน 4 ของเครื่องปฏิกรณ์และปิดฝาเครื่องปฏิกรณ์ให้แน่น

3.2.4.2 เปิดสวิตช์เครื่องควบคุมแบบพีไอดี

3.2.4.3 ปรับตั้งอุณหภูมิเป้าหมายตามค่าที่ออกแบบการทดลองไว้

3.2.4.4 ปรับตั้งค่าอัตราส่วนขยาย (K_P) อัตราส่วนขยายปริพันธ์ (K_I) อัตราส่วนอนุพันธ์ (K_D) ตามค่าที่ออกแบบการทดลองไว้

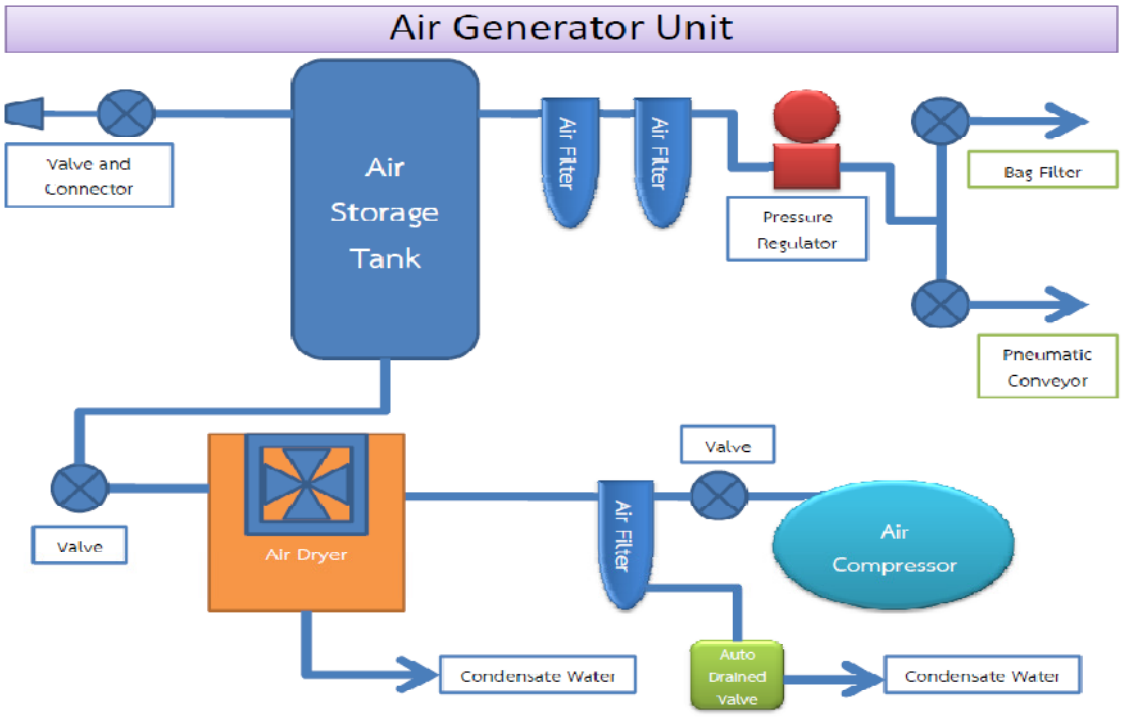
3.2.4.5 กดปุ่ม RUN ที่เครื่องควบคุมพีไอดีค้างไว้ 3 วินาที พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิจนอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) จึงหยุดบันทึกค่าอุณหภูมิ

3.2.4.6 นำเครื่องปฏิกรณ์ออกจากเตาให้ความร้อนแล้วนำไปลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิห้อง

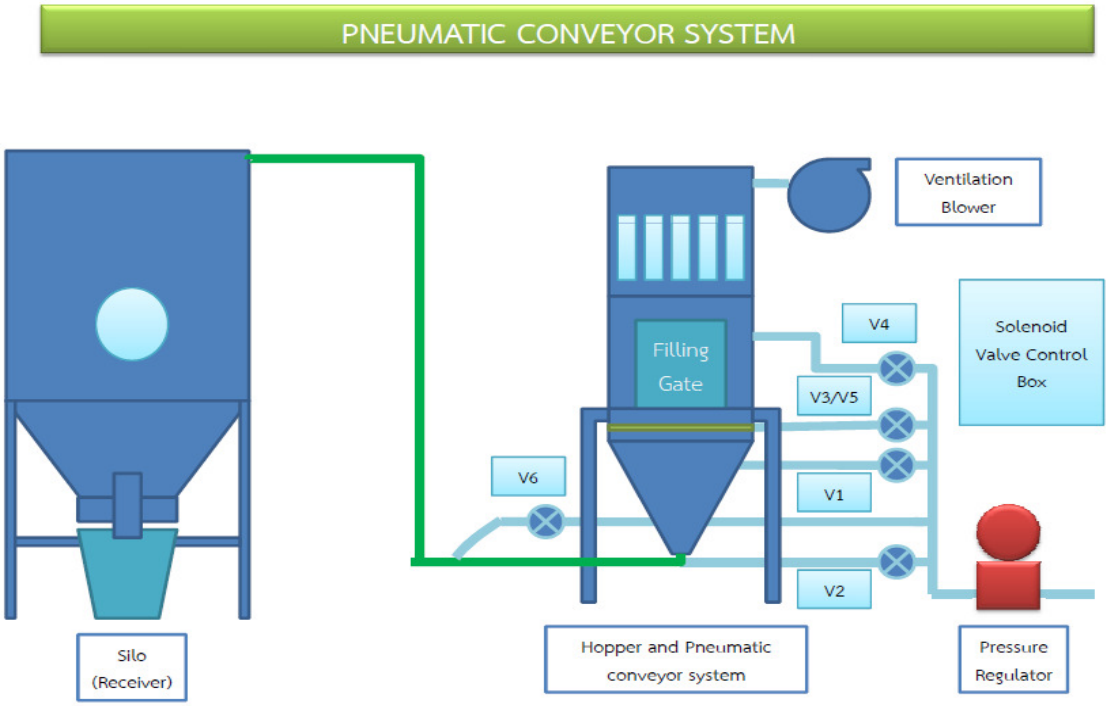
3.2.4.7 เปิดเตาให้ความร้อนทิ้งไว้เพื่อระบายความร้อนออกก่อนทำการทดลองรอบต่อไป

3.2.5 Pneumatic Conveyor and Bag Filter มีส่วนประกอบด้วยชุดอัดอากาศ (Air Compressor) ชุดทำอากาศแห้ง (Air Dryer) ถังเก็บอากาศ (Air Tank) ชุดการขนถ่ายด้วยลม (Pneumatic Conveyor) ชุดการกรองแบบถุงกรอง (Bag Filter) และชุดการแยกแบบไซโคลน (Cyclone)

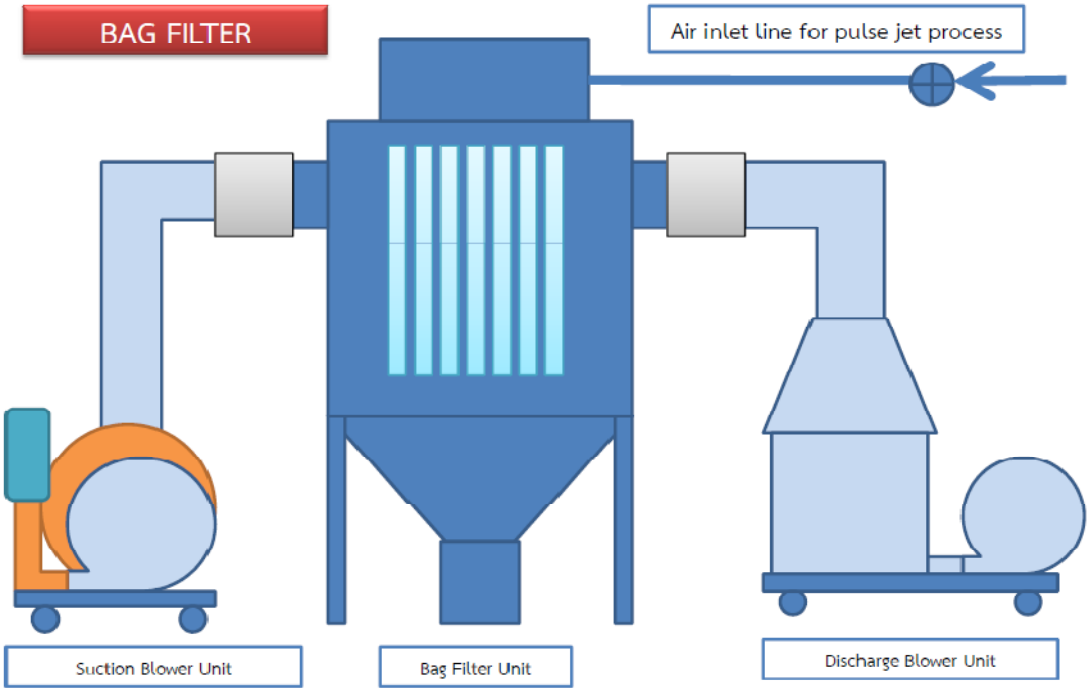
ภาพที่ 3.22 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter



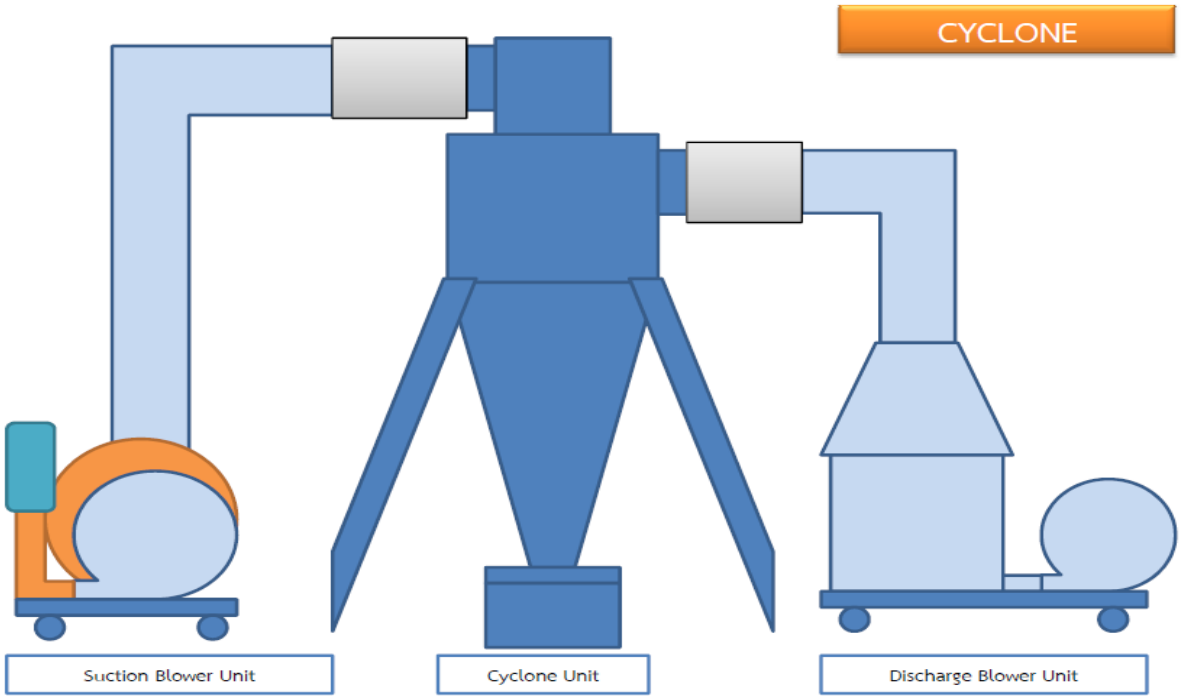
ภาพที่ 3.23 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Air Generator Unit)



ภาพที่ 3.24 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Pneumatic Conveyor System)



ภาพที่ 3.25 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Bag Filter Unit)



ภาพที่ 3.26 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Cyclone Unit)

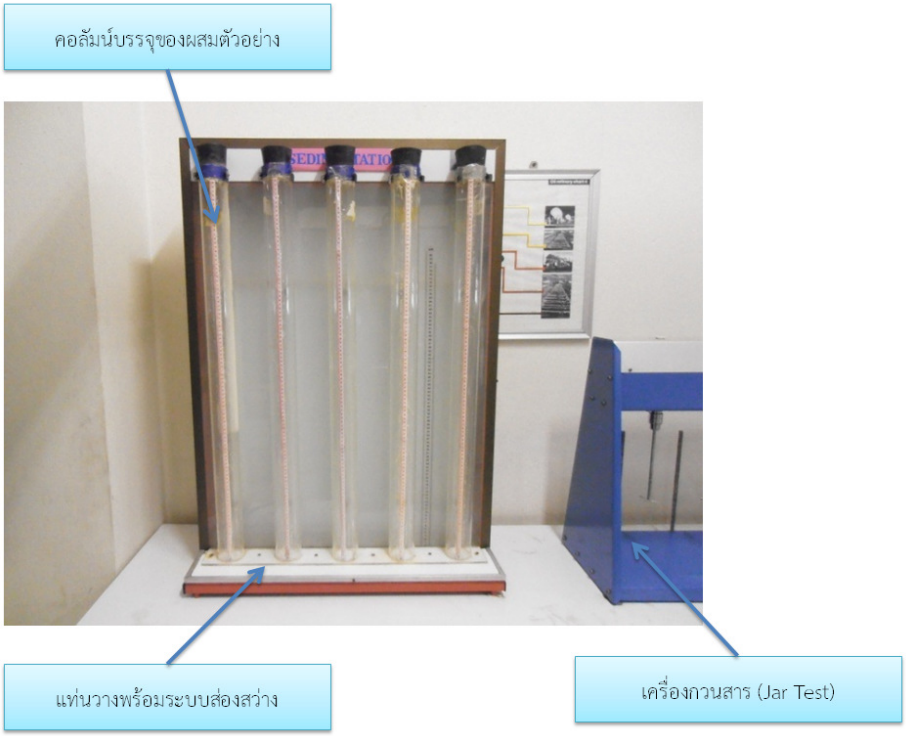
สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. ศึกษาการขนถ่ายวัสดุด้วยลมจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor 2. ศึกษาการกรองแบบ Bag Filter และ 3. ศึกษาการกรองแบบ Cyclone โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.5.1 ศึกษาการขนถ่ายวัสดุด้วยลมจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor โดยให้นักศึกษาทำความเข้าใจกับระบบควบคุมและไดอะแกรมของระบบขนถ่านวัสดุด้วยลม จากนั้นทดลองการขนถ่ายด้วยลมแบบ Manual Mode เพื่อทำความเข้าใจระบบโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve System) ควบคุมลมแต่ละจุดในการขนถ่ายวัสดุ หลังจากนั้นจะทดลองการขนถ่ายด้วยลมแบบ Automatic Mode โดยแยกศึกษาเป็น 2 แบบ คือ Pulse Conveyor และ Continuous Conveyor

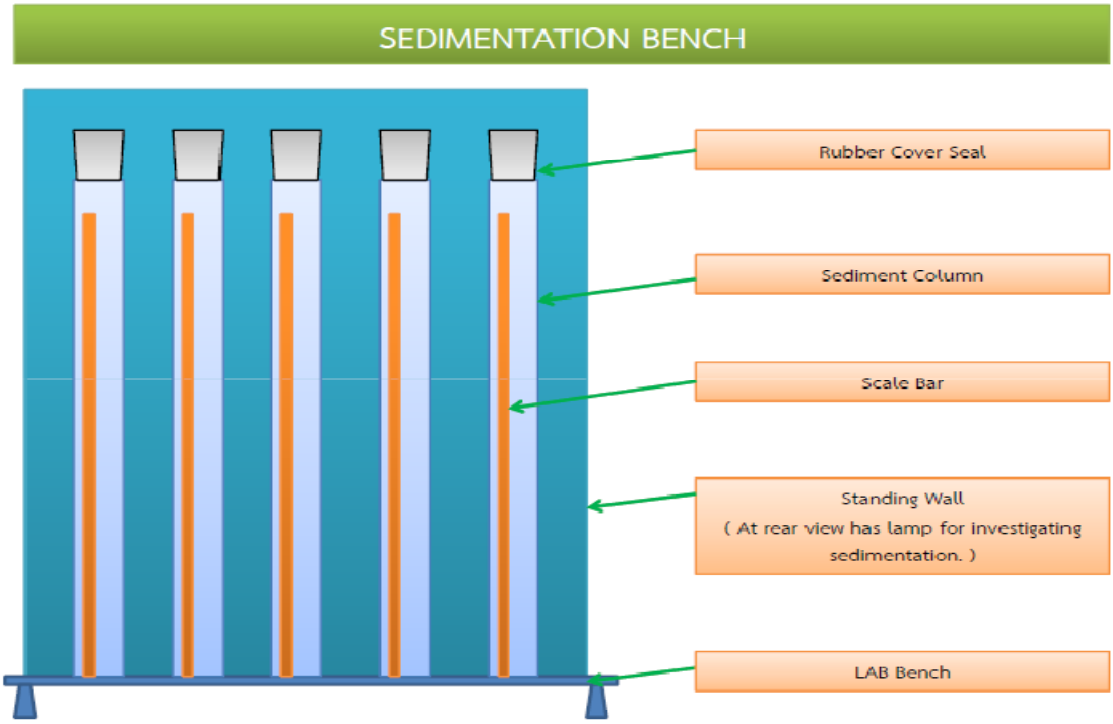
3.2.5.2 ศึกษาการกรองแบบ Bag Filter โดยประกอบระบบการกรองแบบ Bag Filter จากนั้นเปิดสวิตช์ให้ Discharge Blower ทำงานพาฝุ่นตัวอย่างเข้าไปที่ Bag Filter จากนั้นทำการปรับอัตราการไหลอากาศที่ด้านข้างของ Suction Blower ที่ระดับช่องเปิด 50% และ 100% (ทำการทดลองที่ช่องเปิดทั้งสองระดับนี้) ให้ทำการจับเวลา 10 นาที โดยขณะที่ทำการจับเวลาให้นำตัวอย่างฝุ่นไปหาค่าความหนาแน่นของวัสดุผง (Bulk Density) และบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศ ค่าความเร็วลมที่ด้าน Discharge Blower พร้อมค่าความดันลดที่เครื่อง Bag Filter เมื่อครบเวลา 10 นาทีให้ทำการเปิดระบบทำความสะอาดถุงกรอง (pulse jet) อีก 5 นาที เมื่อคบเวลาแล้วให้ปิดสวิตช์การทำงานที่ Discharge Blower และ Suction Blower ตามลำดับ และให้ทำการเก็บฝุ่นที่ก้นถังกรองของเครื่อง Bag Filter และที่ถุงกรองด้าน Suction Blower

3.2.5.3 ศึกษาการกรองแบบ Cyclone Filter โดยประกอบระบบการกรองแบบ Cyclone Filter จากนั้นเปิดสวิตช์ให้ Discharge Blower ทำงานพาฝุ่นตัวอย่างเข้าไปที่ Bag Filter จากนั้นทำการปรับอัตราการไหลอากาศที่ด้านข้างของ Suction Blower ที่ระดับช่องเปิด 50% และ 100% (ทำการทดลองที่ช่องเปิดทั้งสองระดับนี้) ให้ทำการจับเวลา 15 นาที โดยขณะที่ทำการจับเวลาให้นำตัวอย่างฝุ่นไปหาค่าความหนาแน่นของวัสดุผง (Bulk Density) และบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศ ค่าความเร็วลมที่ด้าน Discharge Blower เมื่อครบเวลาให้ทำการปิดสวิตช์การทำงานที่ Discharge Blower และ Suction Blower ตามลำดับ และให้ทำการเก็บฝุ่นที่ก้นถังกรองของเครื่อง Cyclone Filter และที่ถุงกรองด้าน Suction Blower

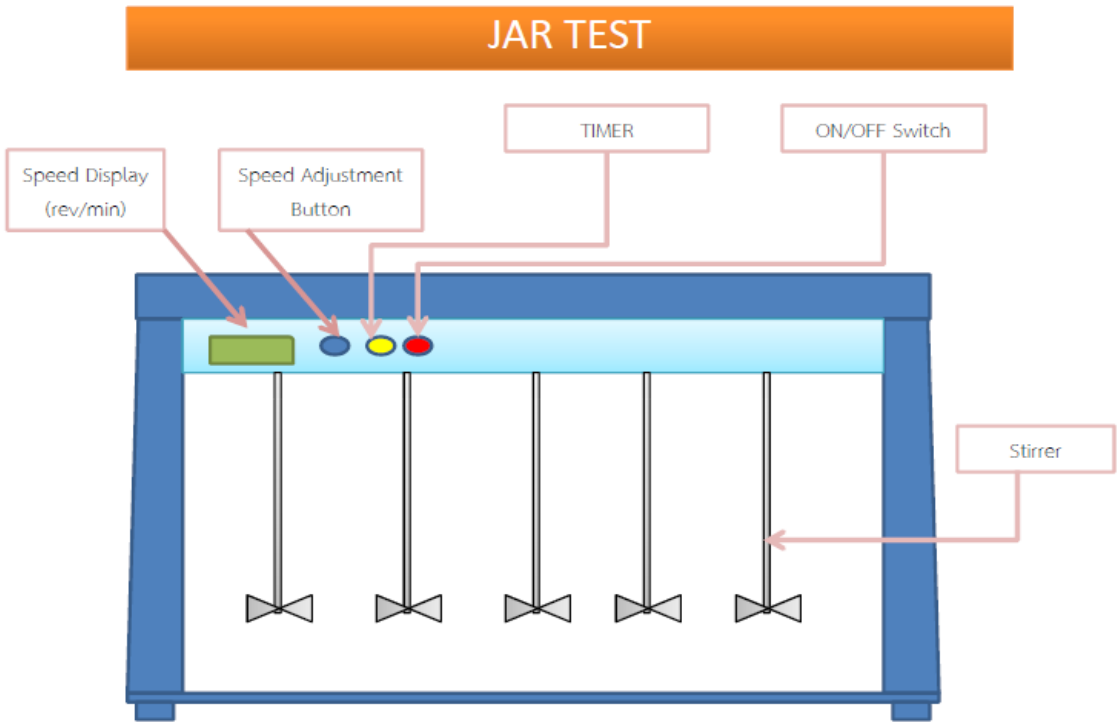
3.2.6 Sedimentation มีส่วนประกอบด้วยคอลัมน์สำหรับบรรจุของผสมตัวอย่าง เครื่องกวนสาร (Jar Test) และแท่นวางพร้อมระบบการส่องสว่าง



ภาพที่ 3.27 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation



ภาพที่ 3.28 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Sedimentation Bench)



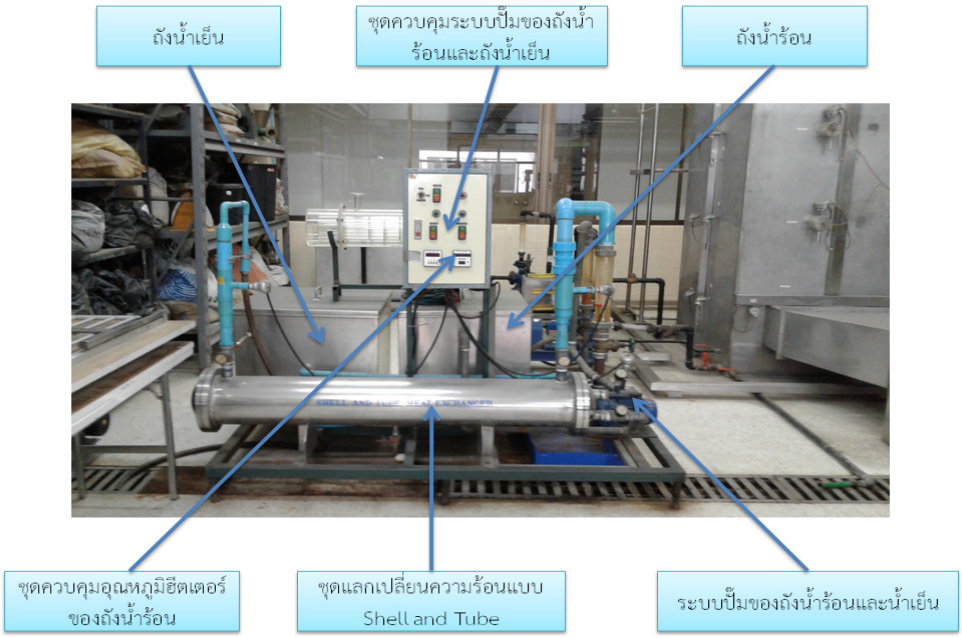
ภาพที่ 3.29 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation (เฉพาะ Jar Test)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1. ศึกษาการรวมตัวของคอลลอยด์ให้เกิดตะกอนด้วยวิธีจาร์เทส และ 2. ศึกษาการตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

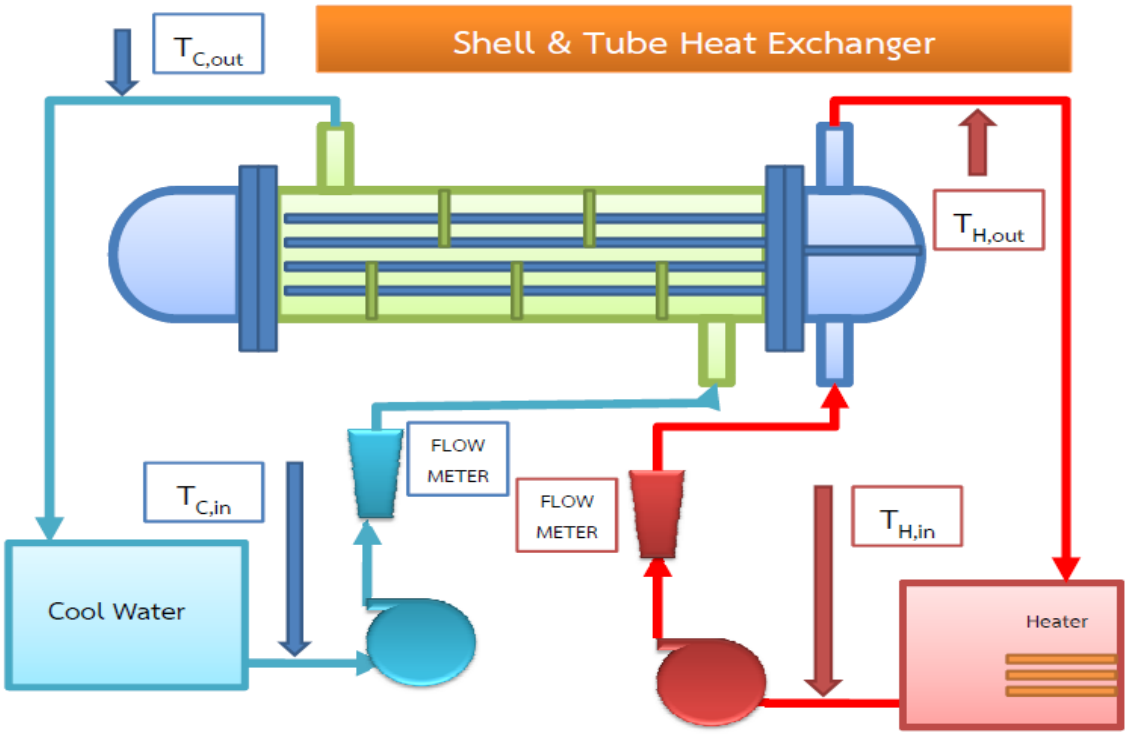
3.2.6.1 ศึกษาการรวมตัวของคอลลอยด์ให้เกิดตะกอนด้วยวิธีจาร์เทส โดยการศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ 1.การหาปริมาณสารละลายสารส้มเริ่มต้น 2. การหาพีเฮชที่เหมาะสมในการตกตะกอน และ 3. การหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม โดยรายละเอียดของสารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองนี้ผู้เขียนจะขอสรุปการเฉพาะการใช้งานเครื่องจาร์เทสเท่านั้น เนื่องจากขั้นตอนรายละเอียดของการทดลองจะระบุไว้กับคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีแล้ว สำหรับการใช้เครื่องจาร์เทสจะทำการใช้งานอยู่ 2 ลักษณะ คือ การใช้ความเร็วสำหรับการกวนสารสูงสุดเท่าที่เครื่องทำได้ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดและความเร็วตามที่อาจารย์ผู้สอนกำหนดหรือออกแบบสำหรับการทดสอบกับน้ำตัวอย่าง

3.2.6.2 ศึกษาการตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยการศึกษานี้จะใช้กระบอกสำหรับตกตะกอน โดยทำการสร้างตะกอนตัวอย่างจากทรายหรือวัสดุผงอื่นที่เหมาะสมผสมกับน้ำตามที่กำหนดจากอาจารย์ผู้สอน จากนั้นปิดฝาแล้วทำการเขย่าให้เกิดการรวมตัวกันของน้ำกับตะกอนตัวอย่างให้มีการกระจายทั่วถึง ต่อไปทำการบันทึกระยะทางระหว่างก้นกระบอกถึงบริเวณที่สังเกตเห็นน้ำใส (height of interface) ทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 20 นาที หรือจนกระทั่งตกตะกอนตกหมด แล้วนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง height of interface กับเวลา

3.2.7 Shell and Tube Heat Exchanger มีส่วนประกอบด้วยถังน้ำร้อน ถังน้ำเย็น ระบบปั๊มของถังน้ำร้อน ระบบปั๊มของถังน้ำเย็น ชุดควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ของถังน้ำร้อน ระบบควบคุมการทำงานของปั๊ม และชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and Tube



ภาพที่ 3.30 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger



ภาพที่ 3.31 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (แบบองค์รวม)

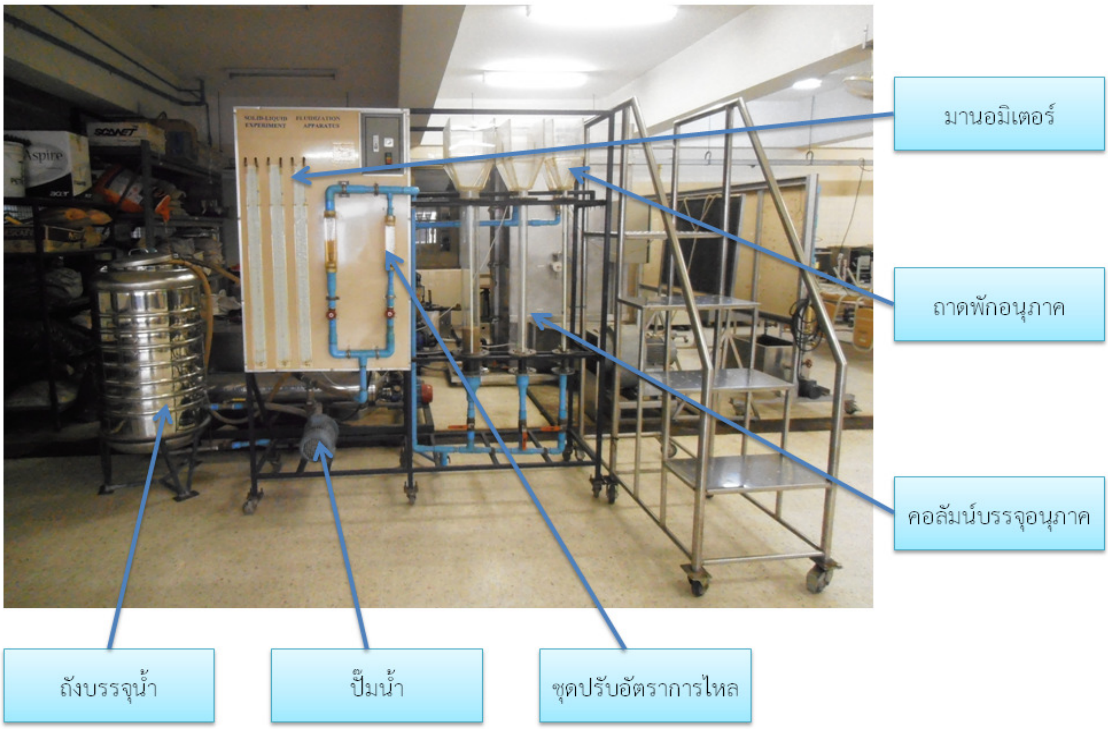
สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.7.1 ศึกษาระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่อง ได้แก่ ระบบให้ความร้อน การควบคุมอุณหภูมิในถังน้ำร้อน การแสดงค่าและการอ่านค่าอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งของเครื่อง ชนิดของเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ

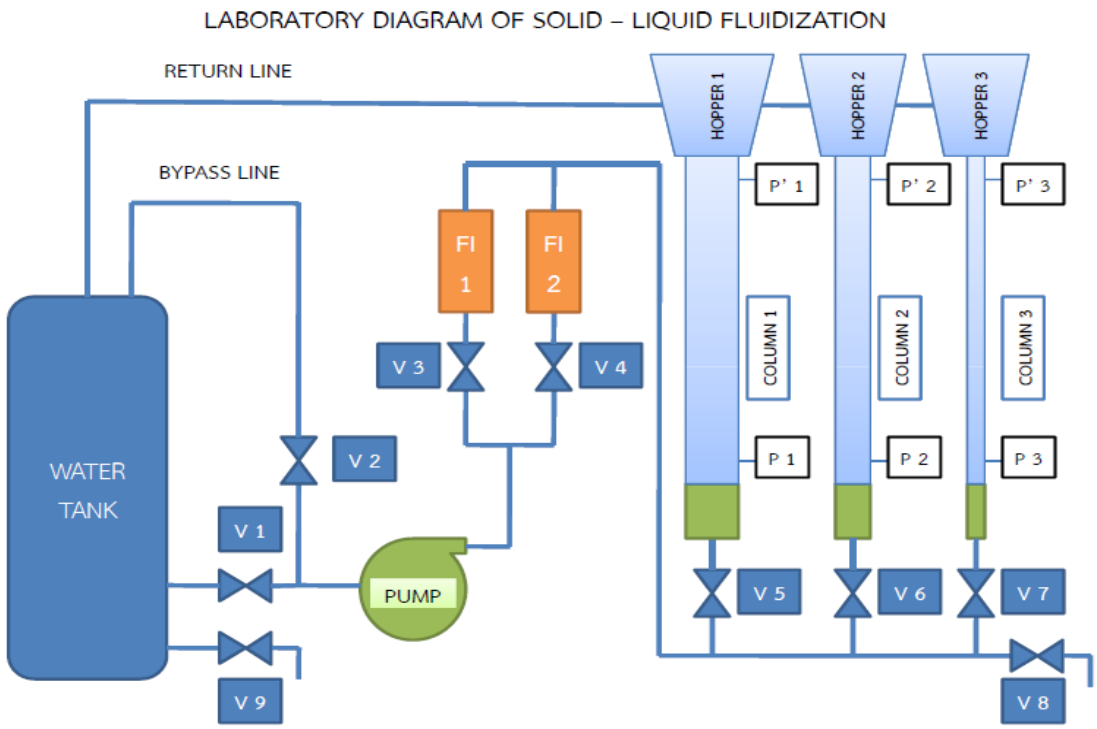
3.2.7.2 ทำการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องเพื่อศึกษาขีดจำกัดความสามารถของเครื่อง (The limit of machine's capable) เช่น อัตราการไหลของน้ำสายเย็น (cool water flow rate) อัตราการไหลของน้ำสายร้อน (hot water flow rate) อุณหภูมิของสายน้ำร้อนทั้งเข้าและออก (hot water inlet temperature and hot water outlet temperature) และอุณหภูมิของสายน้ำเย็นทั้งเข้าและออก (cool water inlet temperature and cool water outlet temperature)

3.2.7.3 เมื่อศึกษาขีดจำกัดความสามารถของเครื่องแล้วให้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนรวมของเครื่อง ซึ่งจะต้องออกแบบตารางการบันทึกการทดลอง ตารางคำนวณผลการทดลองให้สอดคล้องกับปัจจัยที่ศึกษามา

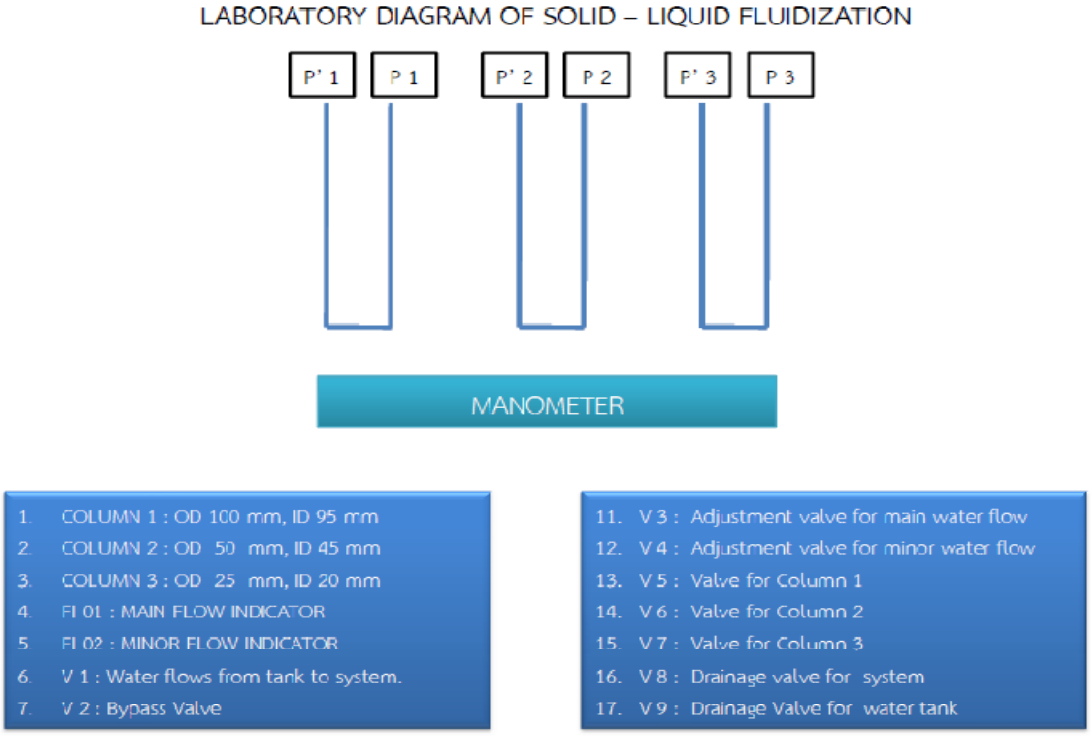
3.2.8 Solid-liquid Fluidization มีส่วนประกอบด้วยคอลัมน์บรรจุอนุภาค ถาดพักอนุภาค ชุดปรับอัตราการไหล ถังเก็บน้ำ ปั๊มน้ำ และมานอมิเตอร์สำหรับวัดของคอลัมน์



ภาพที่ 3.32 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization



ภาพที่ 3.33 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.34 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization (เฉพาะ manometer)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid-liquid Fluidization เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนการทดลอง คือ 1. ศึกษาคุณสมบัติอนุภาคและของไหล 2. ศึกษาการเกิดฟลูอิดไดเซชั่นของวัสดุด้วยน้ำ 3. ศึกษาผลของความสูงเบดต่อการเกิดฟลูอิไดเซชั่น และ 4. ศึกษาผลของขนาดอนุภาคต่อการเกิดฟลูอิไดเซชั่น โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

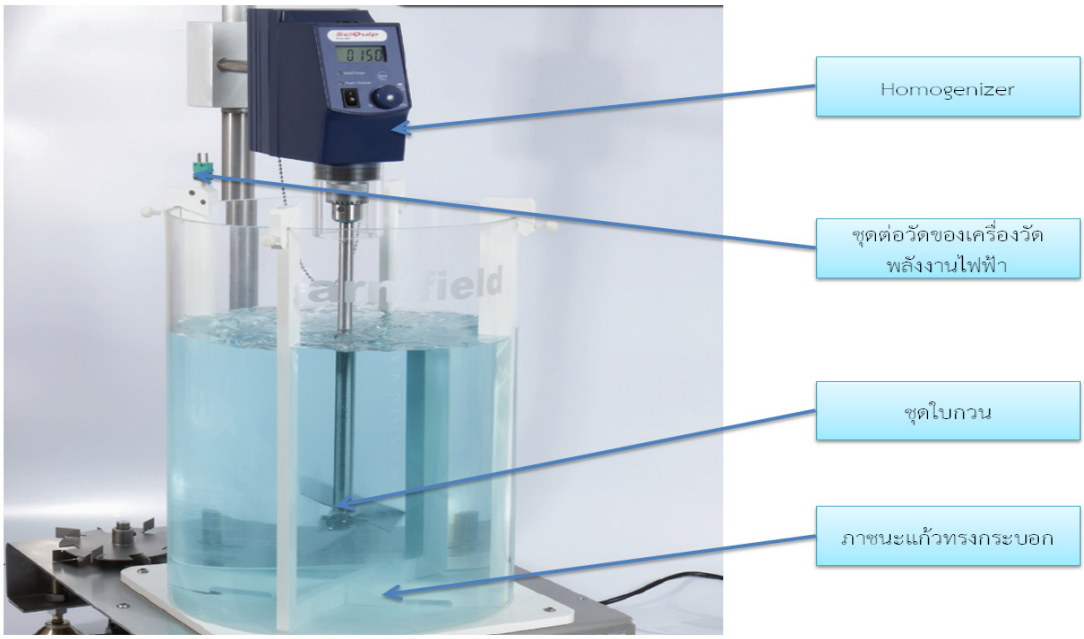
3.2.8.1 ศึกษาคุณสมบัติอนุภาคและของไหล โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวัสดุสำหรับการศึกษาจำนวน 10 อัน (วัสดุสำหรับการศึกษา คือ เม็ดทราย หรือหินกรวด) ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นหาค่าความหนาแน่นของวัสดุด้วยวิธีการแทนที่น้ำในขวดหาความถ่วงจำเพาะ สำหรับรายละเอียดการคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุสามารถหาเพิ่มเติมจาคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี

3.2.8.2 ศึกษาการเกิดฟลูอิดไดเซชั่นของวัสดุด้วยน้ำ เริ่มจากการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหอทดลองและคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของหอทดลอง ต่อจากนั้นให้ชั่งน้ำหนักของวัสดุที่นำมาศึกษาทั้งหมดพร้อมกับภาชนะที่บรรจุ จากนั้นบรรจุวัสดุลงในหอทดลองที่ 2 (column 2) ตามความสูงเบดที่กำหนด หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งที่เหลืออยู่พร้อมกับภาชนะที่บรรจุ (ให้ทำการนำวัสดุที่เหลือออกจาภาชนะบรรจุแล้วนำภาชนะบรรจุไปชั่งเพื่อจะได้ทราบค่าของวัสดุที่บรรจุลงไปในหอทดลองที่ 2) เมื่อเตรียมวัสดุเรียบร้อยแล้วให้เริ่มเปิดวาล์วน้ำจากถังเก็บน้ำ (V1 และ V2) จนสุด จากนั้นเปิดเครื่องสูบน้ำ โดยเปิดวาล์ว V6 เต็มที่และค่อยๆ เปิดวาล์ว V3 และ ให้น้ำไหลเข้าไปในหอทดลองที่ 2 ขณะเดียวกันให้ทำการไล่อากาศในสายยางที่เชื่อมต่อกับมานอมิเตอร์รูปตัวยูเพื่อวัดค่าความดันตกคร่อม (pressure drop) เมื่อน้ำเข้าไปในหอทดลองที่ 2 จนเต็มแล้ว ให้ทำการปรับวาล์ว V3 และ V4 ให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 ลิตร/นาที หรือค่าที่เหมาะสมตามสเกลของโรตามิเตอร์ ทั้งนี้ให้บันทึกค่าของอัตราการไหลของน้ำ ความดันตกคร่อม และความสูงของเบด และคำนวณค่าความเร็วของน้ำในหลอดทดลองไปพร้อมกันด้วย สังเกตจุดที่เบดเริ่มเกิดฟลูอิไดเซชั่นของวัสดุทั้งเบด ให้ทำการบันทึกอัตราการไหล ความสูงของเบด และลักษณะของเบดที่เกิดขึ้นหลังจาการปรับอัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นจากจุดที่เริ่มการเกิดฟลูอิดไดเซชั่น จากนั้นให้ปรับอัตราการไหลของน้ำจนกว่าวัสดุจะหลุดพ้นหอทดลอง แล้วค่อยๆ ปรับวาล์ว V3 เพื่อลดอัตราการไหลของน้ำลงมาครั้งละ 0.5 ลิตร/นาที หรือค่าเหมาะสมตามสเกลของโรตามิเตอร์จนวาล์วปิดสนิท ให้บันทึกความสูงของเบดและความดันตกคร่อม ณ จุดที่กลับมาเป็นเบดนิ่งอีกครั้ง

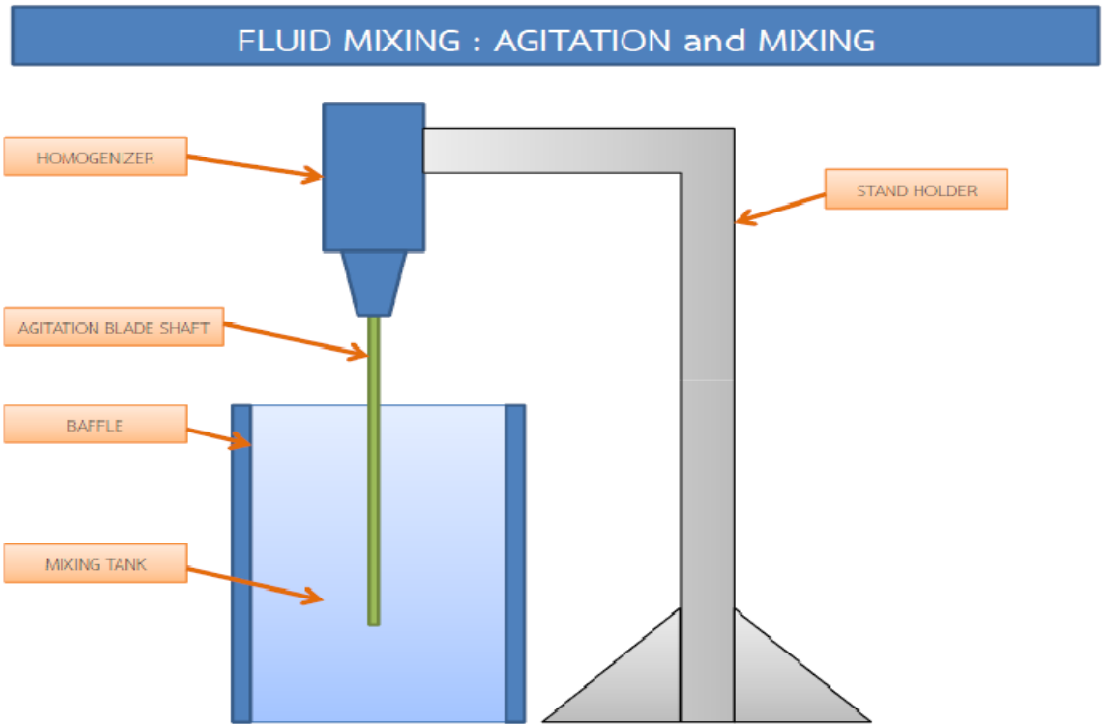
3.2.8.3 ศึกษาผลของความสูงเบดต่อการเกิดฟลูอิไดเซชั่น ให้ดำเนินการทดลองเหมือนกับข้อ 3.2.8.2 แต่เปลี่ยนความสูงของเบด โดยให้ใช้วัสดุชนิดเดิมและขนาดของหอทดลองเดิม

3.2.8.4 ศึกษาผลของขนาดอนุภาคต่อการเกิดฟลูอิไดเซชั่น ให้ดำเนินการทดลองเหมือนกับข้อ 3.2.8.2 แต่เปลี่ยนขนาดอนุภาคของวัสดุ โดยให้ใช้วัสดุชนิดเดิม ขนาดของหอทดลองเดิม และความสูงของเบดเท่ากับข้อ 3.2.8.2

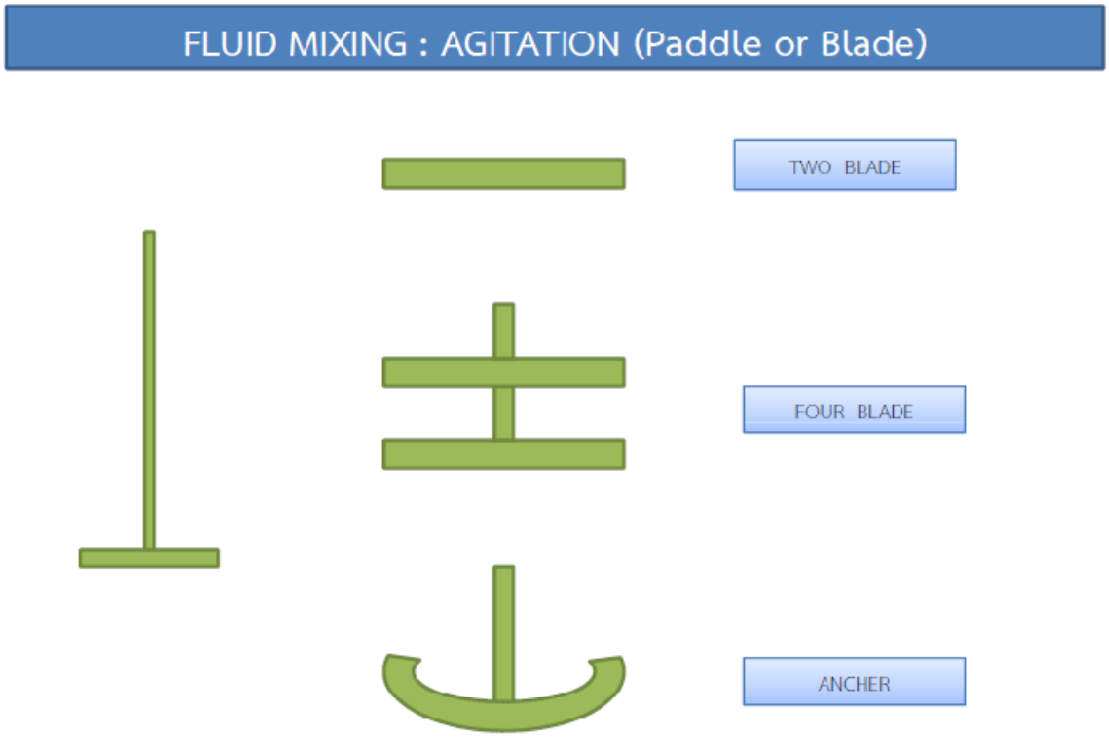
3.2.9 Fluid Mixing มีส่วนประกอบด้วยมอเตอร์และชุดใบกวนแบบต่างๆ (สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี จะใช้ชุดกวนสารที่เรียกว่า Homogenizer ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้ที่ตัวเครื่อง) ภาชนะแก้วทรงกระบอก และเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า



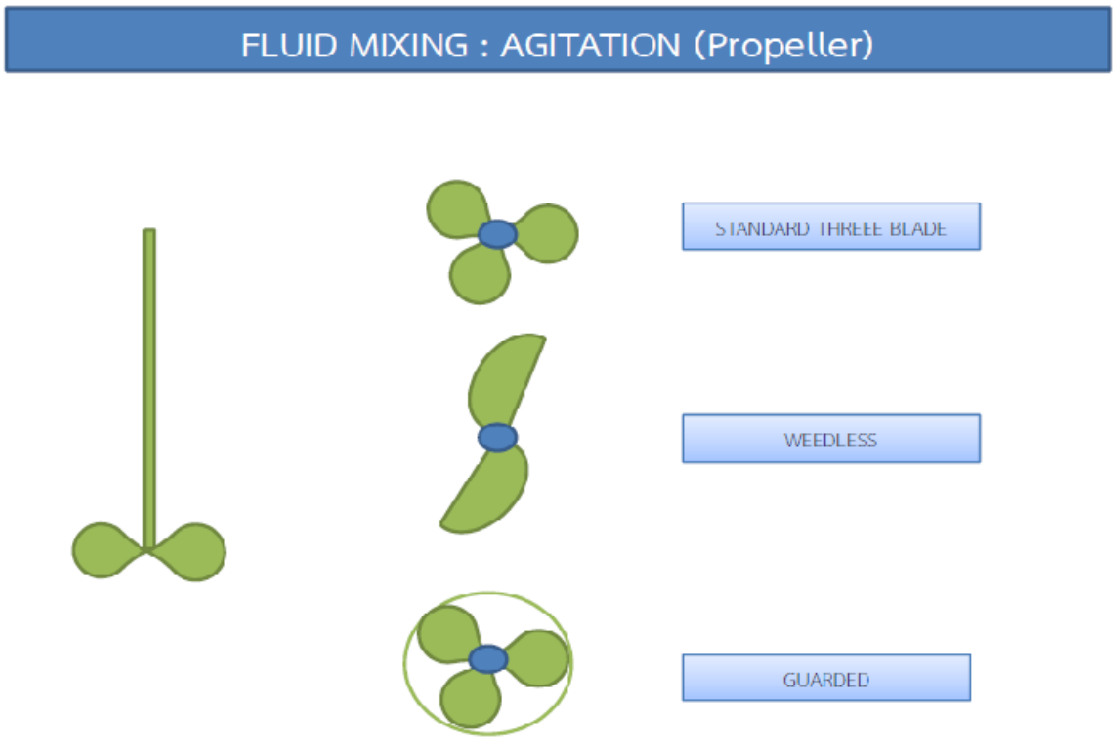
ภาพที่ 3.35 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing



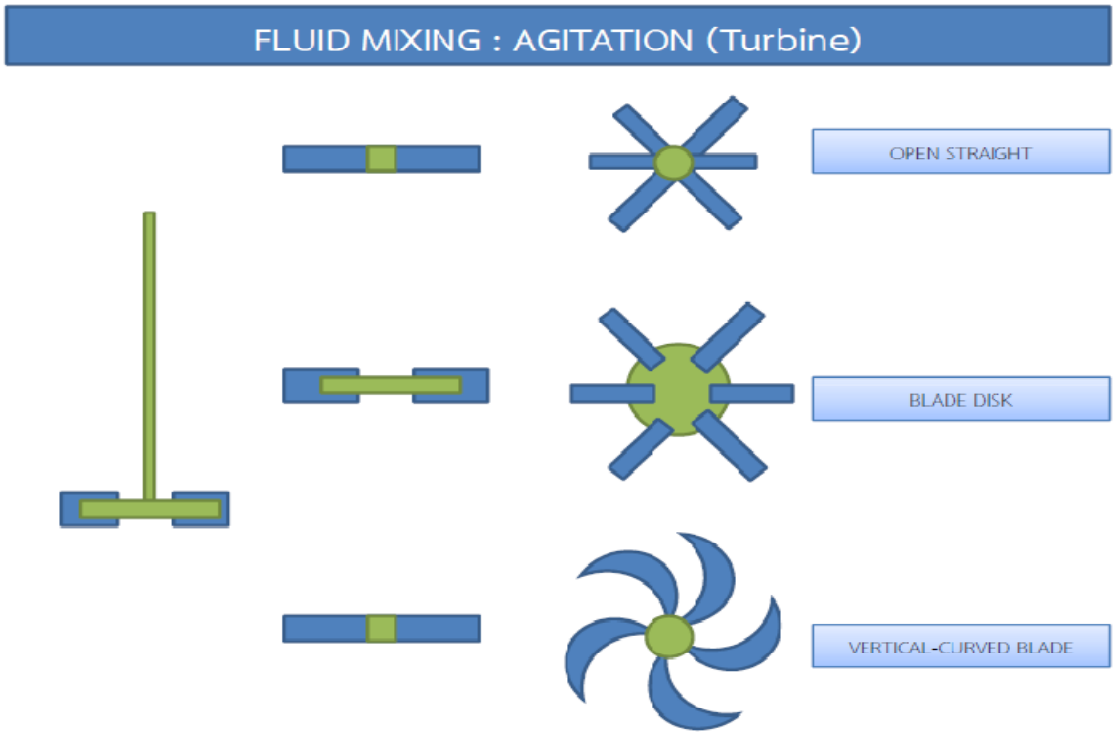
ภาพที่ 3.36 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (แบบองค์รวม)



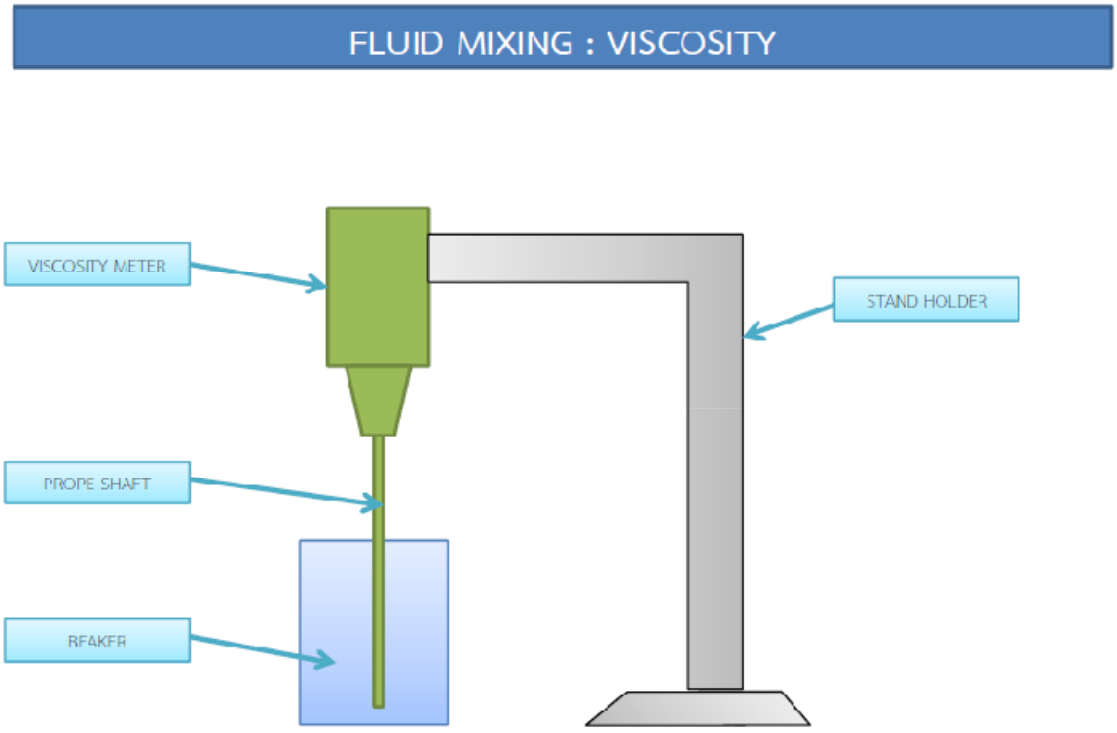
ภาพที่ 3.37 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เฉพาะใบกวนประเภท Paddle หรือ Blade)



ภาพที่ 3.38 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เฉพาะใบกวนประเภท Propeller)



ภาพที่ 3.39 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing
(เฉพาะใบกวนประเภท Turbine)



ภาพที่ 3.40 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing (เครื่องวัดความหนืด)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนการทดลอง คือ 1. ศึกษาลักษณะการไหลและการผสมของของเหลวในถังกวน 2. ศึกษาลักษณะของ flow curve ของวัสดุแบบ Newtonian วัสดุแบบ Pseudoplastic และวัสดุแบบ Dilatant โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.9.1 ศึกษาลักษณะการไหลและการผสมของของเหลวในถังกวน เริ่มด้วยการเตรียมถังกวนให้พร้อมใช้งานและติดตั้งใบกวนให้เรียบร้อย จากนั้นนำลูกปัดและน้ำลงในถังกวนด้วยปริมาณที่เพียงพอในการสังเกตรูปแบบการไหล แล้วทำการเปิดเครื่องแล้วสังเกตรูปแบบการไหลของใบกวน ต่อไปให้ดำเนินการติดตั้ง buffle system ลงในถังกวนแล้วสังเกตรูปแบบการไหล (ในการศึกษารูปแบบการไหลเมื่อทำการเปิดเครื่องกวนนั้นให้ทำการเปลี่ยนใบกวนสำหรับการศึกษา 3 รูปแบบ คือ แบบ Propeller แบบ Blade และแบบ Turbine)

3.2.9.2 ศึกษาลักษณะของ flow curve ของวัสดุแบบ Newtonian วัสดุแบบ Pseudoplastic และวัสดุแบบ Dilatant โดยเทตัวอย่างของเหลวปริมาตร 200 ml ลงในบีกเกอร์ขนาด 300 ml จากนั้นปรับพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องวัดค่าความหนืด แล้วเริ่มให้เครื่องทำงานพร้อมทำการบันทึกผลการทดลอง

3.2.10 Batch Distillation มี*ส่วนประกอบด้วยปั๊ม*สุญญากาศ (สำหรับการกลั่นของผสมที่มีจุดเดือดสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส) เบ้าให้ความร้อน หม้อต้มสำหรับใส่ของผสม คอลัมน์สำหรับการกลั่น (มีการเคลือบสารที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และมีแท่งแก้วขนาดเล็กบรรจุอยู่เพื่อลดความดันไอของสาร) ชุดควบแน่นสาร (จะเป็นส่วนยอดที่ต่อจากคอลัมน์ขึ้นไป ทำด้วยแก้วลักษณะเป็นแท่งแก้วขดเป็นแบบคอยล์สูงประมาณ 1 ฟุต ชุดลดความร้อนสาร (เป็นแก้วทรงแคปซูลภายในทำเป็นขดแบบคอยล์เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนจากสารที่กลั่นได้) เครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียนกลับ ชุดควบคุมการทำงานของเบ้าให้ความร้อน และภาชนะแก้วสำหรับเก็บผลิตภัณฑ์

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.10.1 เตรียมสารละลายเอทานอลให้มีค่าความเข้มข้นอยู่ช่วง 15% – 30% โดยปริมาตรจำนวน 6 ลิตร

3.2.10.2 ใส่สารละลายเอทานอลที่เตรียมไว้ลงในหม้อต้มผสมสารที่มีลักษณะเป็นขวดแบบทรงกลมมีสามคอ

3.2.10.3 เปิดเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียน โดยตั้งค่าอุณหภูมิในช่วง 1- 5 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำเย็นไหลวนเข้าสู่ส่วนควบแน่นและส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

3.2.10.4 เปิดสวิตช์ของเบ้าให้ความร้อน พร้อมกับการตั้งค่าอุณหภูมิสำหรับการต้มเพื่อระเหยสารให้เท่ากับค่าจุดเดือดของเอทานอล

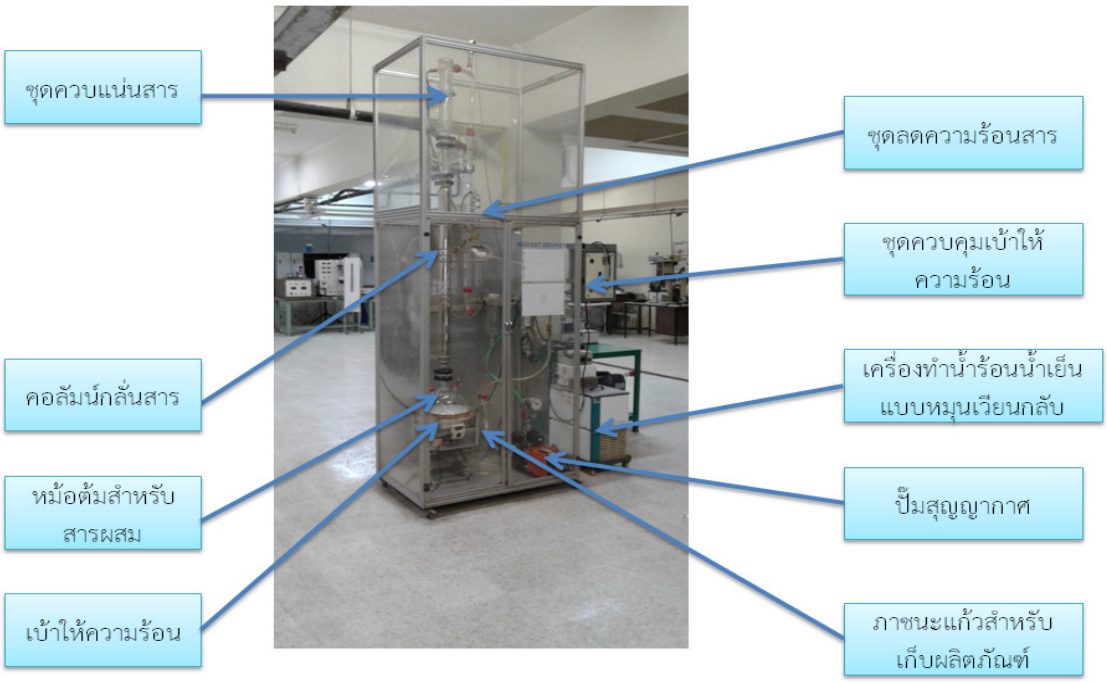
3.2.10.5 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะเริ่มกลั่นตัวให้บันทึกค่าอุณหภูมิที่หม้อต้มและยอดหอกลั่น จากนั้นกำหนดค่าเวลาเปิดปิดของ reflux coil ที่ทำหน้าที่เปิดให้สารที่ควบแน่นได้ไหลสู่ส่วนลดอุณหภูมิสารแล้วลงสู่ถังเก็บตัวอย่าง ขณะเดียวกันทำการเก็บตัวอย่างจากหม้อต้มจำนวน 5 มิลลิลิตร

3.2.10.6 เก็บตัวอย่างสารละลายที่ควบแน่นที่ไหลลงสู่ถังเก็บเป็นเวลา 1 นาที และบันทึกปริมาตรที่สารละลายที่เก็บได้

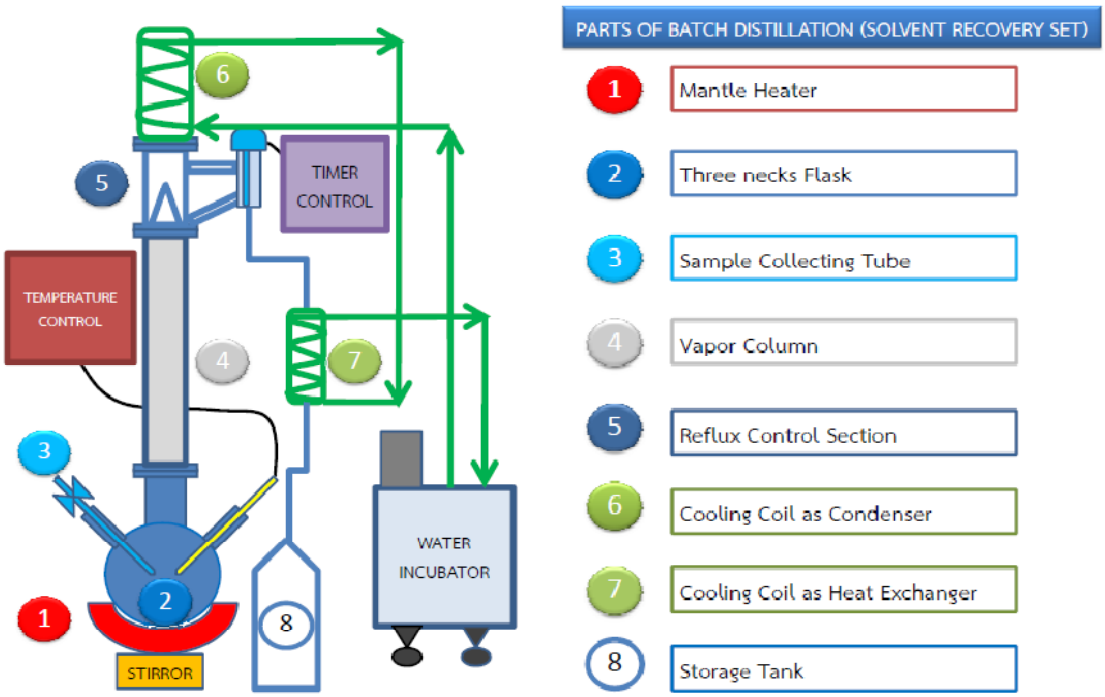
3.2.10.7 เมื่อครบ 3 นาที ให้บันทึกอุณหภูมิที่หม้อต้มและยอดหอกลั่น จากนั้นเก็บตัวอย่างสารละลายในหม้อต้มและสารละลายที่กลั่นได้อย่างละ 5 มิลลิลิตร ให้ดำเนินการจนครบ 12 นาที

3.2.10.8 หลังจากเวลาครบ 12 นาที ให้วัดปริมาตรของสารละลายในถังเก็บ และเก็บตัวอย่างจากหม้อต้มและถังเก็บ อย่างละ 5 มิลลิลิตร

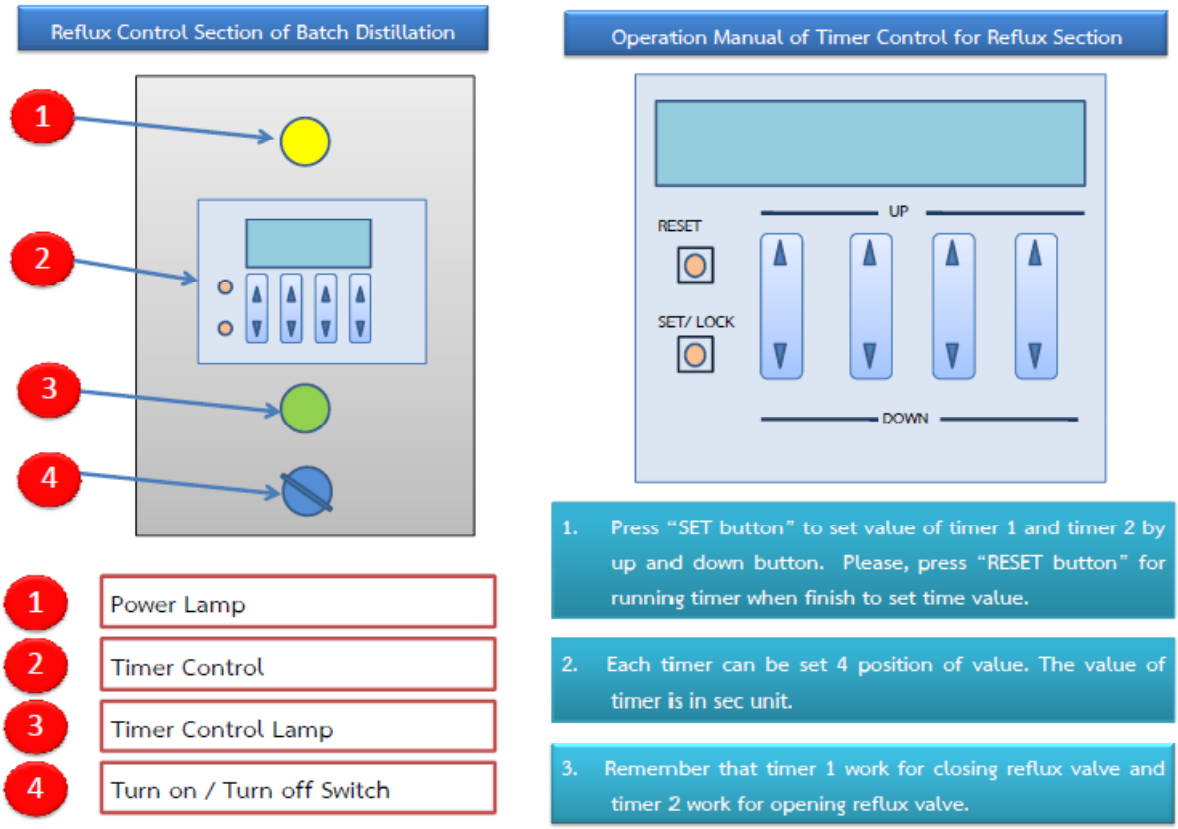
3.2.10.9 วิเคราะห์ความเข้มข้นของตัวอย่างสารละลายที่เก็บได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง refract meter (สำหรับเครื่อง refract meter ที่ใช้งานนี้จะใช้หลักการหักเหของแสงที่กระทบกับของเหลวที่มีความเข้มข้นต่างกัน)



ภาพที่ 3.41 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation

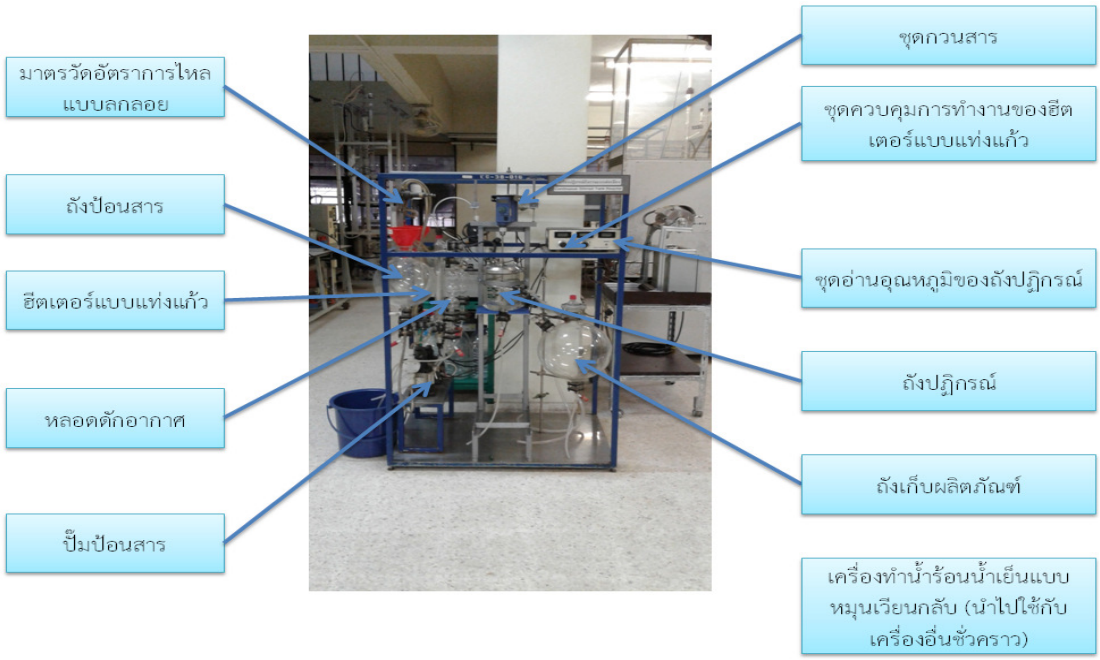


ภาพที่ 3.42 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (แบบองค์รวม)

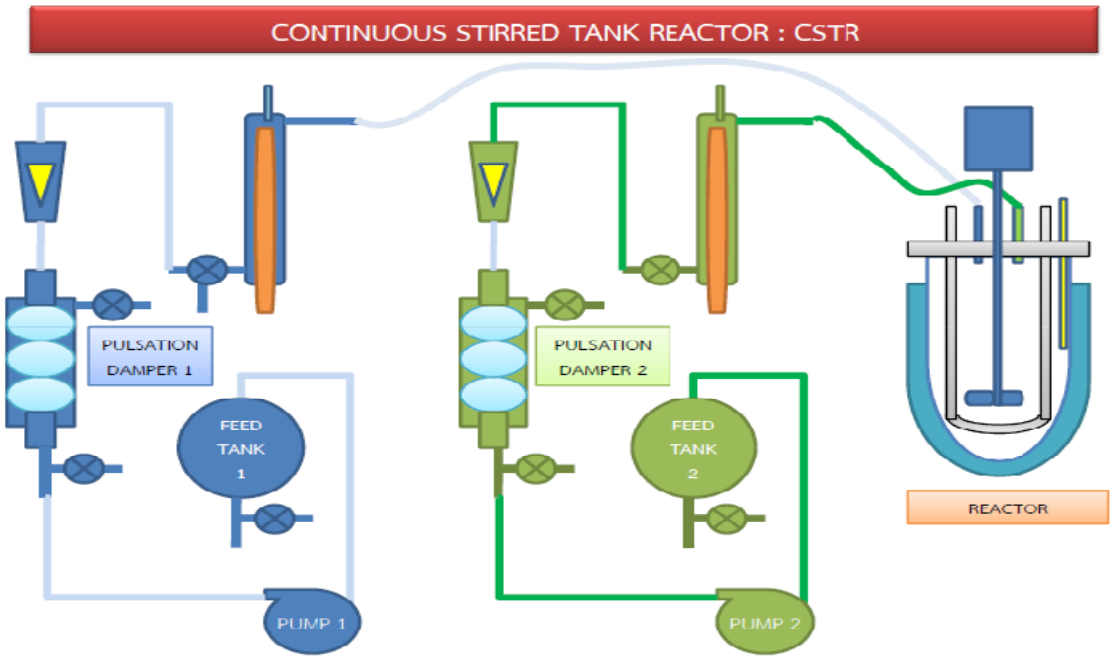


ภาพที่ 3.43 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (แผนผังควบคุมระบบ Reflux)

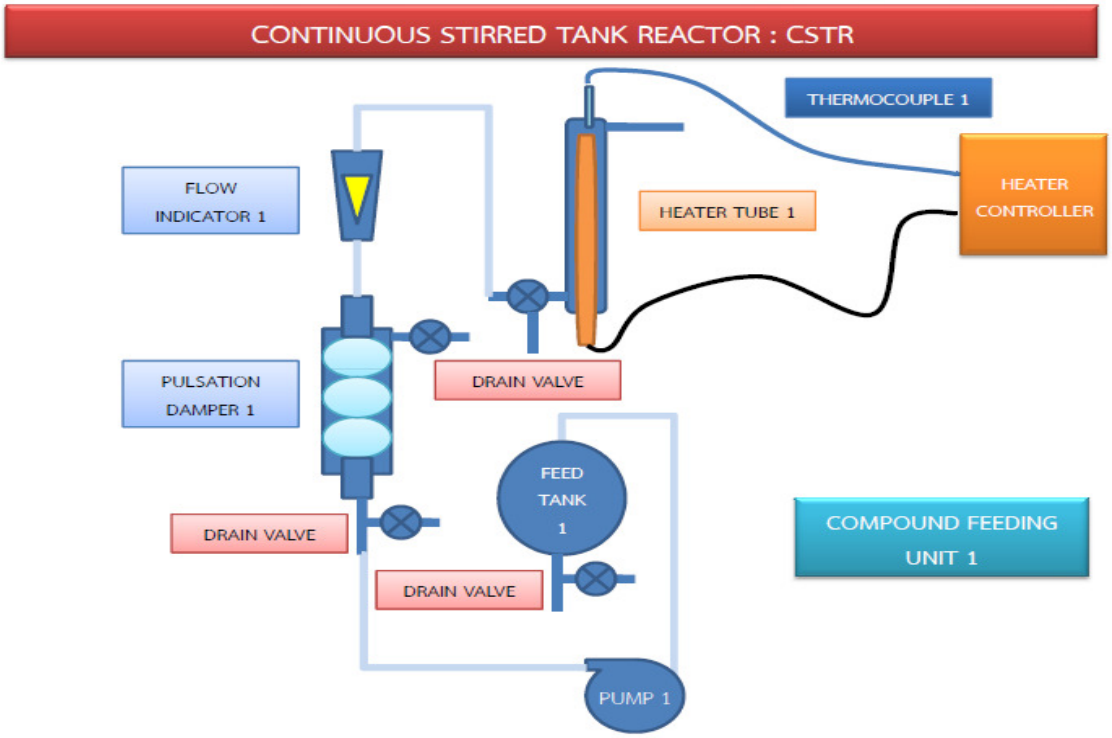
3.2.11 Continuous Stirred Tank Reactor มีส่วนประกอบด้วยชุดกวนสาร (Agitator) ถังปฏิกรณ์ (Reactor) ถังป้อนสาร (Feed Tank) ปั๊มสำหรับป้อนสาร (Feed Pump) หลอดดักอากาศ (Pulsation Damper) มาตรวัดอัตราการไหลแบบลูกลอย (Rota meter) ฮีตเตอร์แบบแท่งแก้ว (Quartz Heater) เครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียนกลับ ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (Product Receiver) ชุดอ่านอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ และชุดควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์แบบแท่งแก้ว



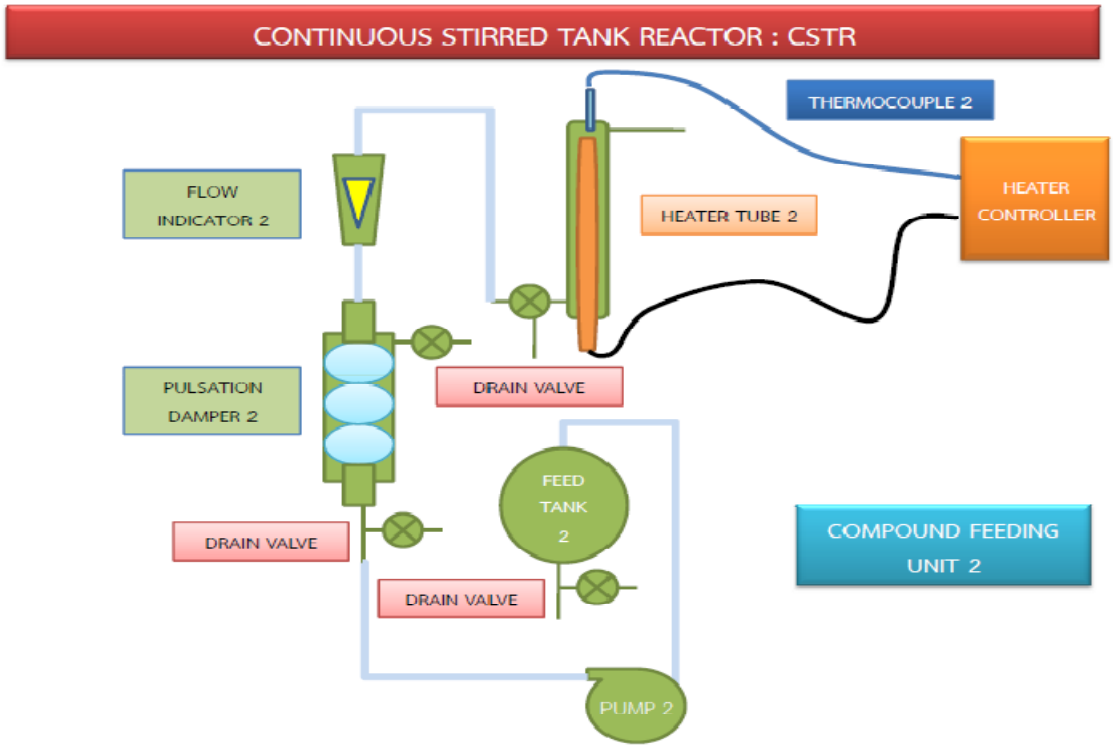
ภาพที่ 3.44 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor



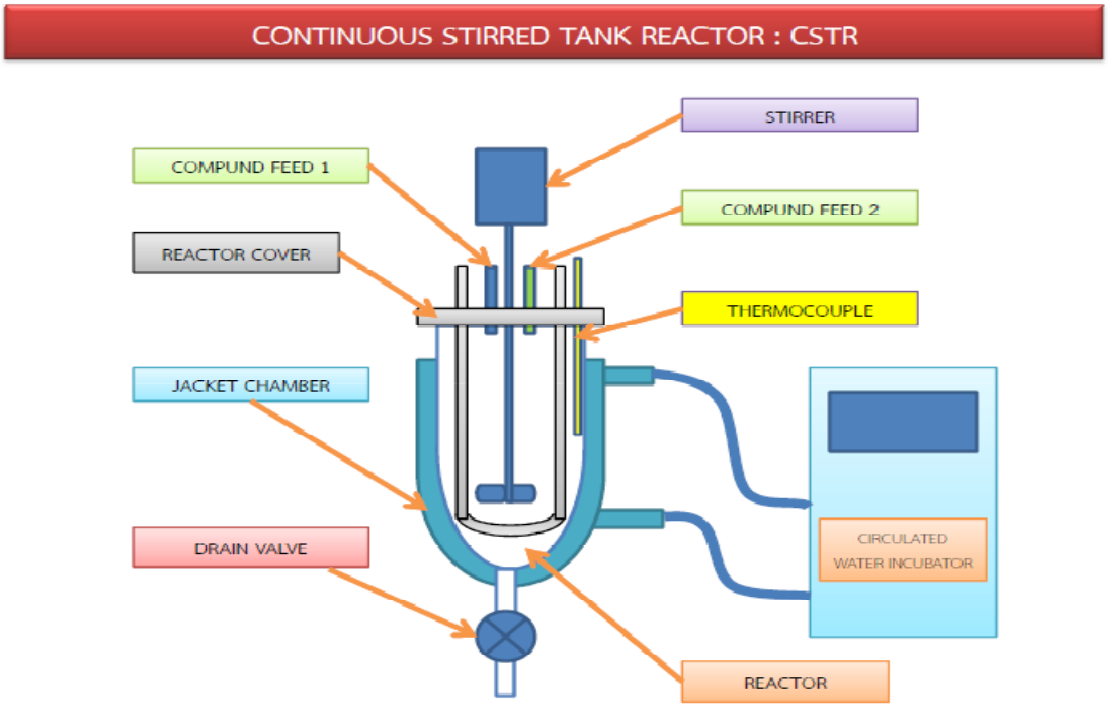
ภาพที่ 3.45 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.46 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (COMPOUND FEEDING UNIT 1)



ภาพที่ 3.47 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (COMPOUND FEEDING UNIT 2)



ภาพที่ 3.48 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR (REACTOR UNIT)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.11.1 เช็คทุกวาล์วของส่วนต่างๆของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง CSTR ให้อยู่ตำแหน่งปิดทั้งหมด เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารละลายที่นำมาทดลอง

3.2.11.2 เติมสารละลายตั้งต้นในถังพักสาร (Feed Tank) ทั้งสองถัง โดยถังพักสารที่ 1 ให้เติมด้วยสารละลายเอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 0.02 mol/L จำนวน 6 ลิตร และถังพักสารที่ 2 ให้เติมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.02 mol/L จำนวน 6 ลิตร

3.2.11.3 เปิดระบบควบคุมและแสดงค่าอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ (Reactor)

3.2.11.4 เริ่มการทดลองโดยการเปิดให้ปั๊มของระบบถังพักสารที่ 1 (Pump 1) และปั๊มของระบบถังพักสารที่ 2 (Pump 2) ทำงานทั้งสองเครื่องพร้อมกัน ทำการปรับอัตราการไหลที่บริเวณส่วนทางออกของปั๊ม และอ่านค่าอัตราการไหลที่อุปกรณ์วัดการไหลแบบโรตามิเตอร์ (หน่วยสำหรับอ่านค่าอัตราการไหล คือ L/h) สำหรับอัตราการไหลจะขึ้นกับค่า Residence Time (τ) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ระบุไว้ในคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี

3.2.11.5 เมื่อสารละลายทั้งสองไหลเข้าถังปฏิกรณ์จนถึงระดับปริมาตรที่ควบคุม (ถังปฏิกรณ์สามารถกำหนดค่าปริมาตรของสารที่จะควบคุมได้อยู่ในช่วง 0.5 – 2.0 ลิตร) ให้ทำการรักษาระดับให้ปริมาตรของสารละลายคงที่ด้วยการเปิดวาล์วที่ด้านล่างของถังปฏิกรณ์ โดยอัตราการไหลออกจะเป็นสองเท่าของอัตราการไหลเข้า

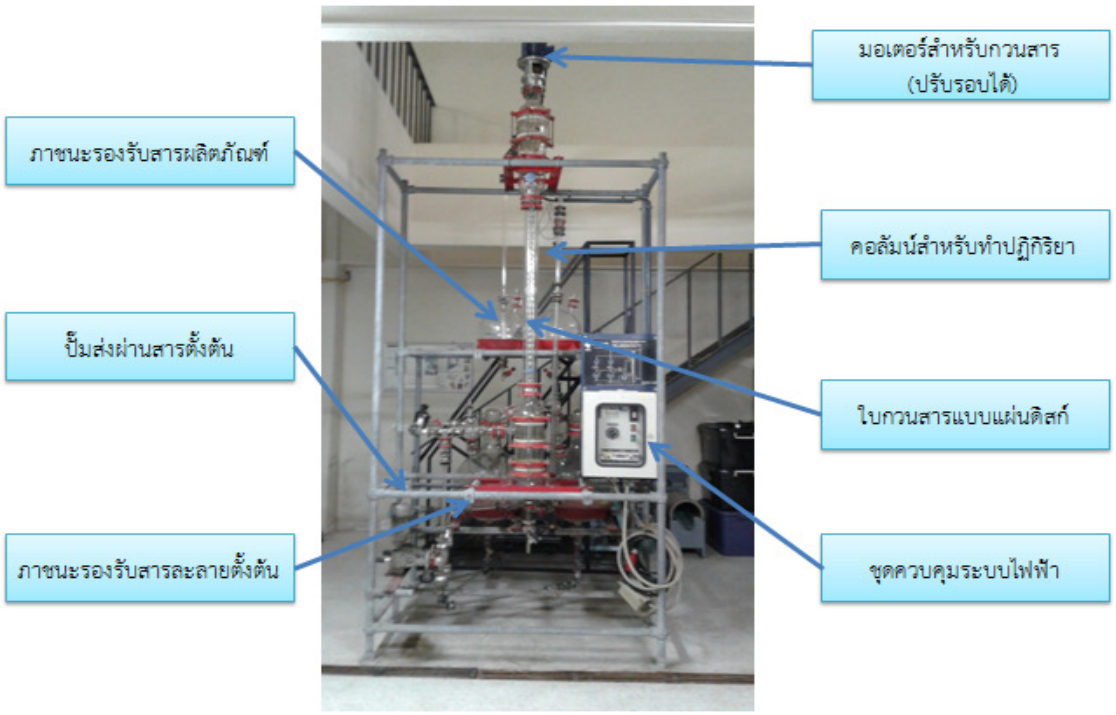
3.2.11.6 ขณะเดียวกับที่สารละลายทั้งสองชนิดไหลเข้าถังปฏิกรณ์ให้ทำการเปิดเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบไหลเวียน

3.2.11.7 เริ่มเปิดเครื่องกวน (Stirrer) ที่ติดตั้งด้านบนของถังปฏิกรณ์ที่ความเร็วรอบการกวน 130-150 rpm เพื่อความสะดวกในการรักษาระดับปริมาตรควบคุม

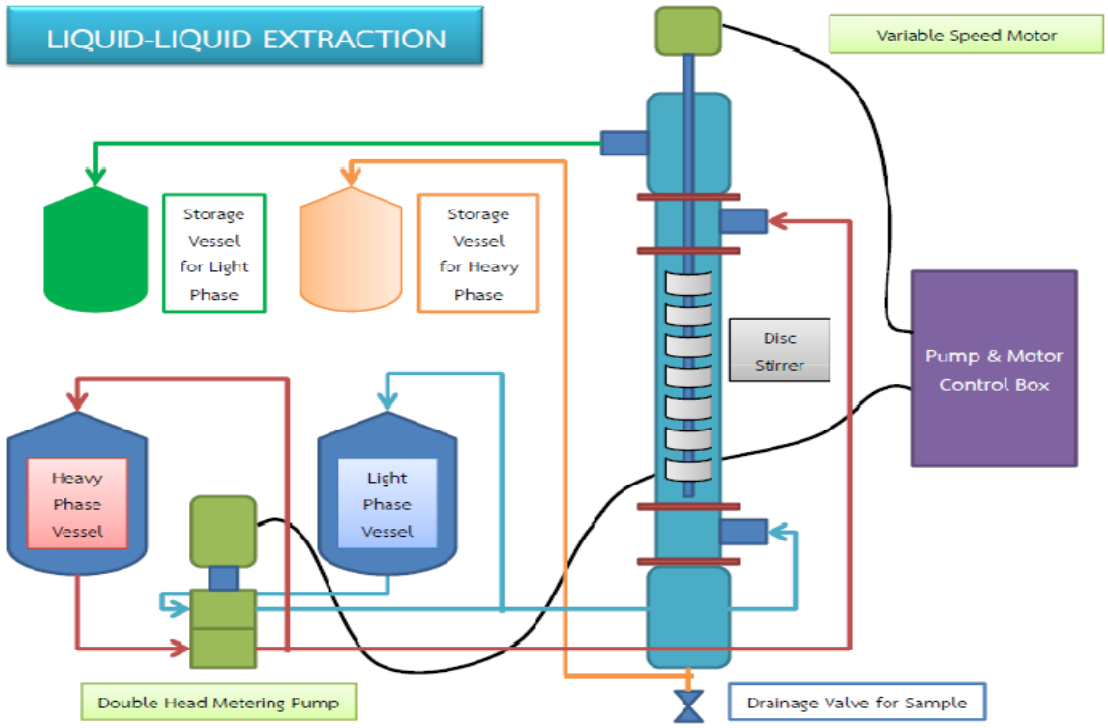
3.2.11.8 เก็บตัวอย่างสารละลายที่ผสมกันในถังปฏิกรณ์เมื่อเวลาผ่านไปอย่างน้อยเท่ากับค่าสองเท่าของ Residence Time (τ)

3.2.11.9 นำสารละลายที่ได้จากถังปฏิกรณ์มาวัดค่าความนำไฟฟ้าด้วยอุปกรณีวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity Meter)

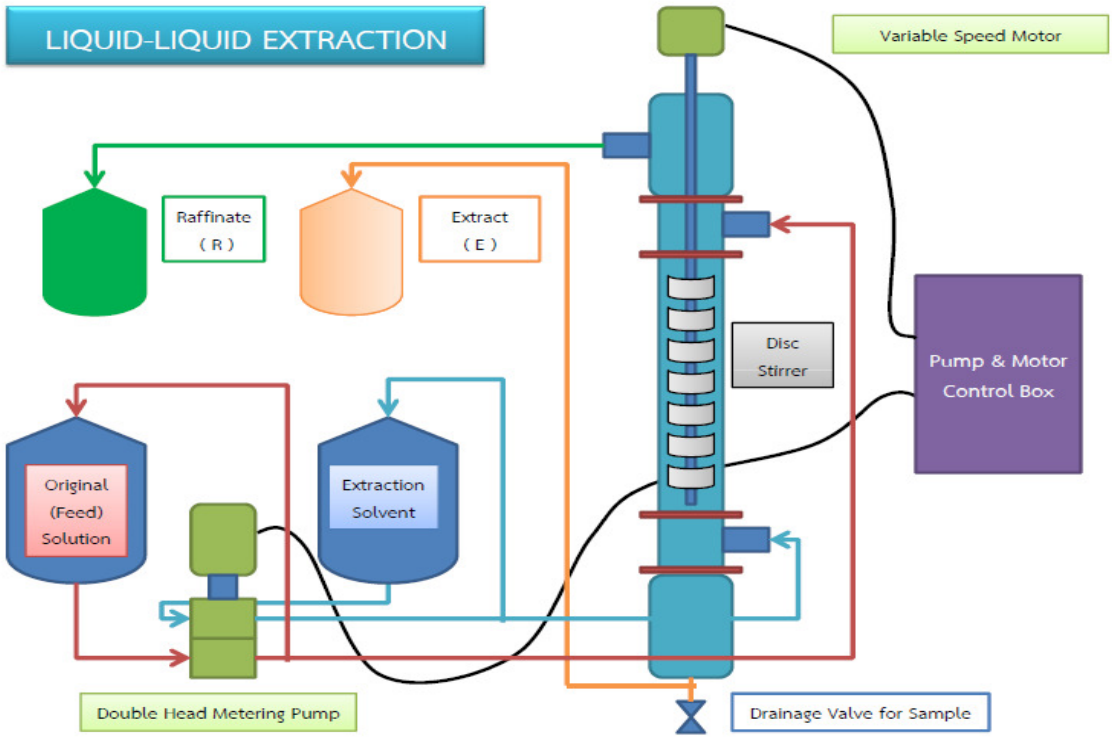
3.2.12 Liquid - liquid Extraction มีส่วนประกอบด้วยชุดกวนสารแบบดิสก์ (Disc Agitator) ภาชนะรองรับสารตั้งต้น (Feed Vessel) ภาชนะรองรับสารผลิตภัณฑ์ (Product Tank) ปั๊มสำหรับส่งผ่านสารตั้งต้น (Feed Pump) คอลัมน์สำหรับทำปฏิกิริยา (Column Reactor) และชุดควบคุมระบบไฟฟ้า (Electrical Control Box)



ภาพที่ 3.49 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction



ภาพที่ 3.50 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction (แบบองค์รวมที่ 1)



ภาพที่ 3.51 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction (แบบองค์รวมที่ 2)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีในปัจจุบันจะใช้ชุดทดลองทางเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับการไตรเตรททดแทน เนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction ใช้สารเคมีประมาณ 60 ลิตร และหลังการทดลองต้องเกิดของเสียสารเคมีจำนวนเท่ากัน ทั้งนี้ทางภาควิชาวิศวกรรมเคมีต้องเสียค่ากำจัดจำนวนมากตามปริมาณของเสียสารเคมีที่เกิดขึ้นด้วย ผู้เขียนจึงขออธิบายเฉพาะส่วนของการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid - liquid Extraction โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.12.1 เตรียมของเหลวผสม จำนวน 50 กิโลกรัม ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าว 92.5% และกรดอะซิติก 7.5%

3.2.12.2 เติมของเหลวผสมลงในถังสำหรับเติมสารผสมตั้งต้น (Original Solution) สำหรับ Heavy Phase และเติมน้ำอ่อน จำนวน 60 ลิตร ลงในถังสำหรับเติมสารสำหรับการแยก (Extraction Solvent) สำหรับ Light Phase

3.2.12.3 เตรียมปั๊มลำเลียงสารเคมีแบบ Double Headed Metering Pump พร้อมหมุนปรับอัตราการไหลไปที่ตำแหน่งศูนย์ (0% delivery)

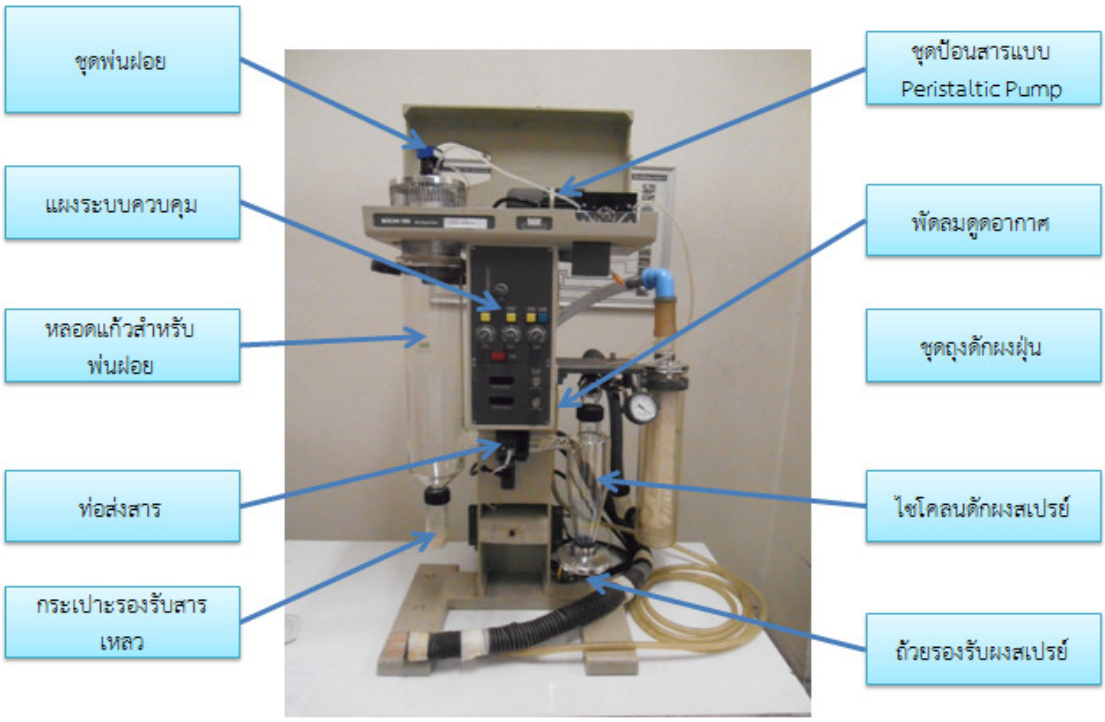
3.2.12.4 เปิดปั๊มลำเลียงสารเคมีแบบ Double Headed Metering Pump โดยหมุนปรับอัตราการไหลไปที่ตำแหน่ง 28% delivery (โดยที่ 100% delivery มีอัตราการไหลเท่ากับ 40 ลิตร/ชั่วโมง)

3.2.12.5 ควบคุมการสกัดให้อยู่ในสภาพนิ่ง (steady state) นั่นคือ ควบคุมระดับของรอยต่อของหน้าสัมผัสของชั้นน้ำกับชั้นผสมของของเหลวให้นิ่งตลอดการทดลอง

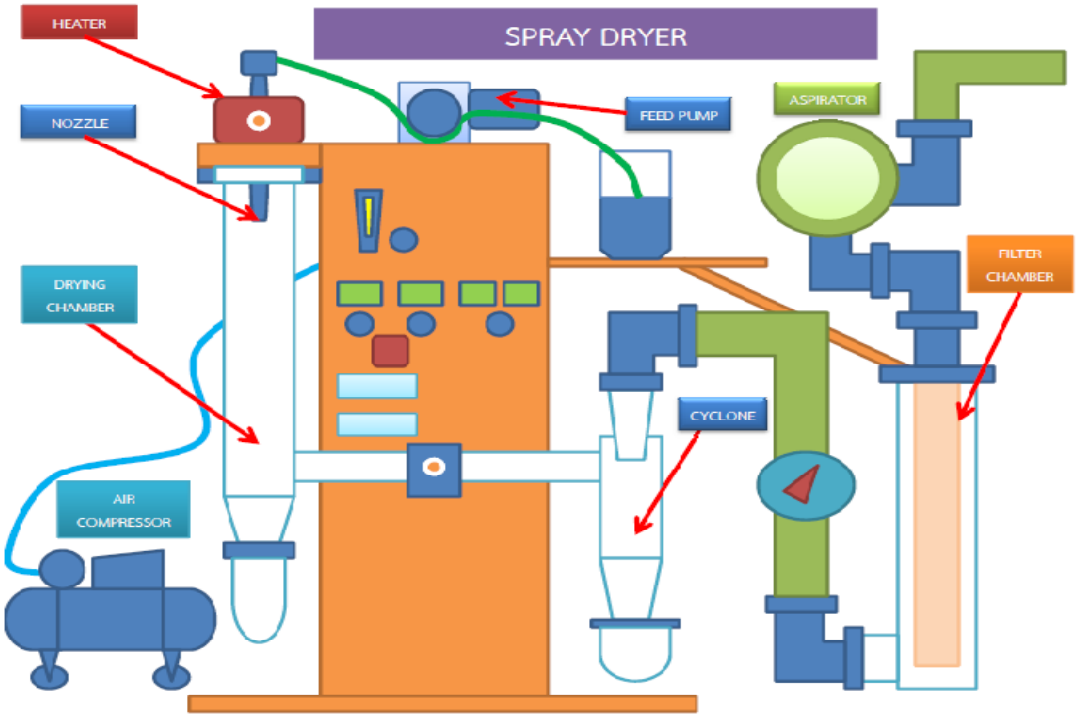
3.2.12.6 ที่สภาพนิ่ง (steady state) วัดอัตราการไหลของ Extract (E) และ Raffinate (R)

3.2.12.7 หาความเข้มข้นของกรดใน Extract (E) และ Raffinate (R) โดยวิธีการไตรเตรทกับ Standardized NaOH solution และใช้สารละลายฟินอล์ฟทาลินเป็นตัวชี้วัด (indicator)

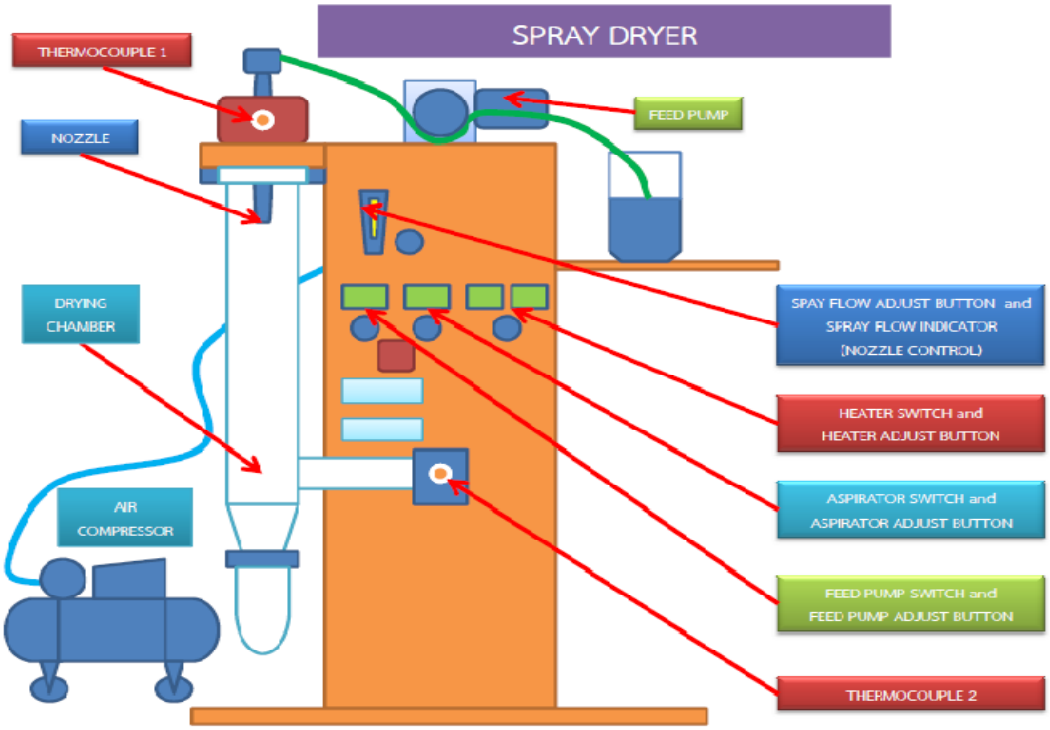
3.2.13 Spray Dryer มีส่วนประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) โดยตัวเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะส่วนประกอบย่อยดังนี้ คือ 1. ชุดป้อนสารแบบ Peristaltic Pump 2. ชุดพ่นฝอย 3. หลอดแก้วสำหรับพ่นฝอย 4. กระเปาะรับของเหลว (กรณีสารที่พ่นฝอยแล้วสารไม่แห้งกลายเป็นผง แต่ยังคงสภาพของเหลวอยู่ก็จะถูกเก็บไว้ด้วยชิ้นส่วนนี้) 5. ท่อส่งสาร (จะเป็นทางลำเลียงสารที่กลายเป็นผงแล้วเข้าสู่ส่วนของระบบกักเก็บของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 6. ไซโคลนดักผงสเปรย์ (ส่วนนี้จะทำหน้าที่เก็บสารที่แห้งกลายเป็นผงแล้ว โดยผงที่ได้จะหมุนวนลงสู่ด้านล่างของตัวไซโคลน) 7. ถ้วยรองรับผงสเปรย์ (เป็นส่วนกักเก็บผงที่ได้ที่อยู่ด้านล่างของไซโคลน) 8. ชุดดักฝุ่นผงและพัดลมดูดอากาศ (เป็นส่วนที่ดักเก็บส่วนผงสเปรย์ที่มีขนาดเล็กๆ ที่เบาและไม่สามารถเก็บด้วยไซโคลนได้ ซึ่งผงที่ได้นี้จะถือว่าเป็นของเสียที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยหรือการสเปรย์



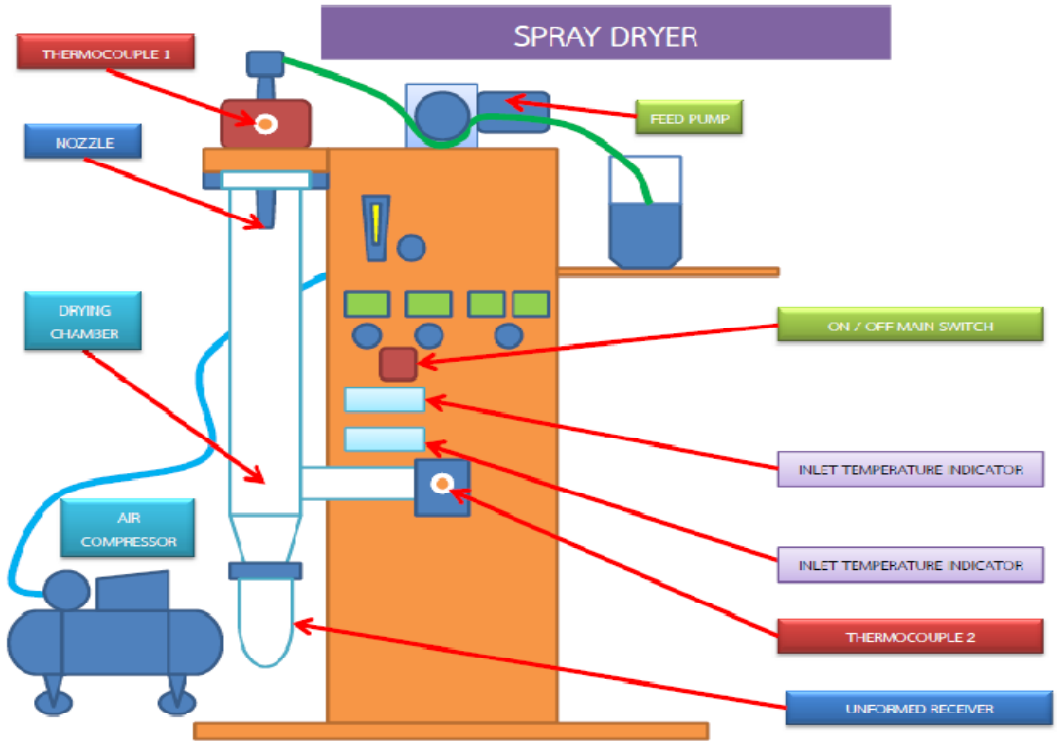
ภาพที่ 3.52 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer



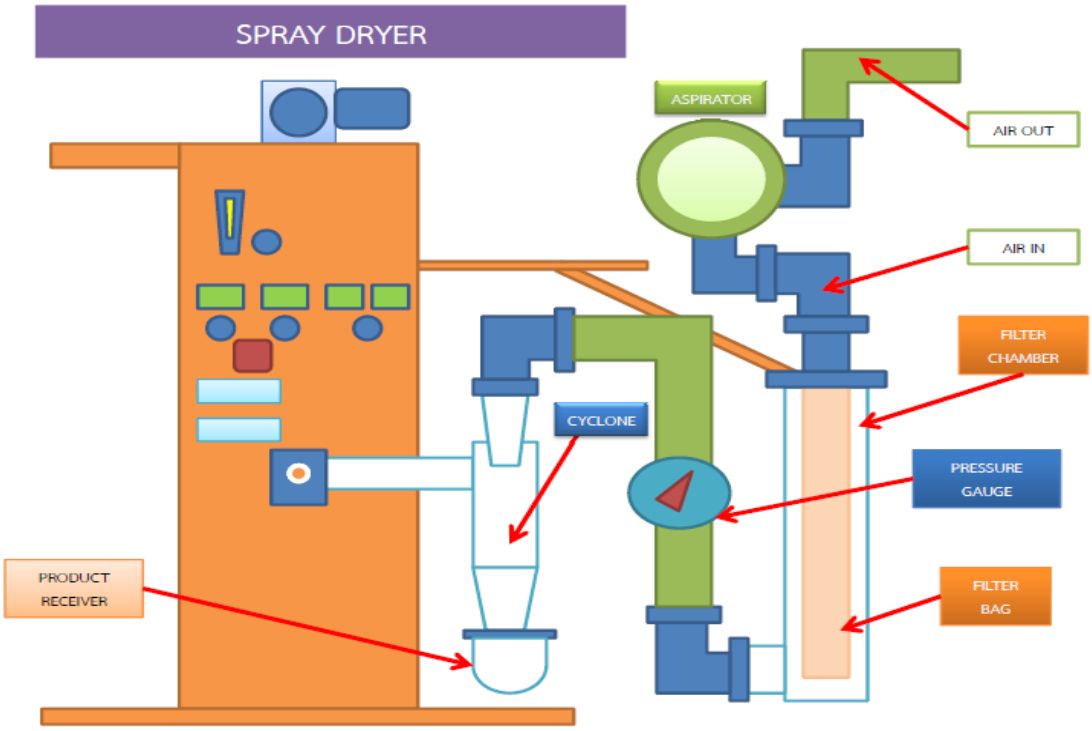
ภาพที่ 3.53 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (แบบองค์รวม)



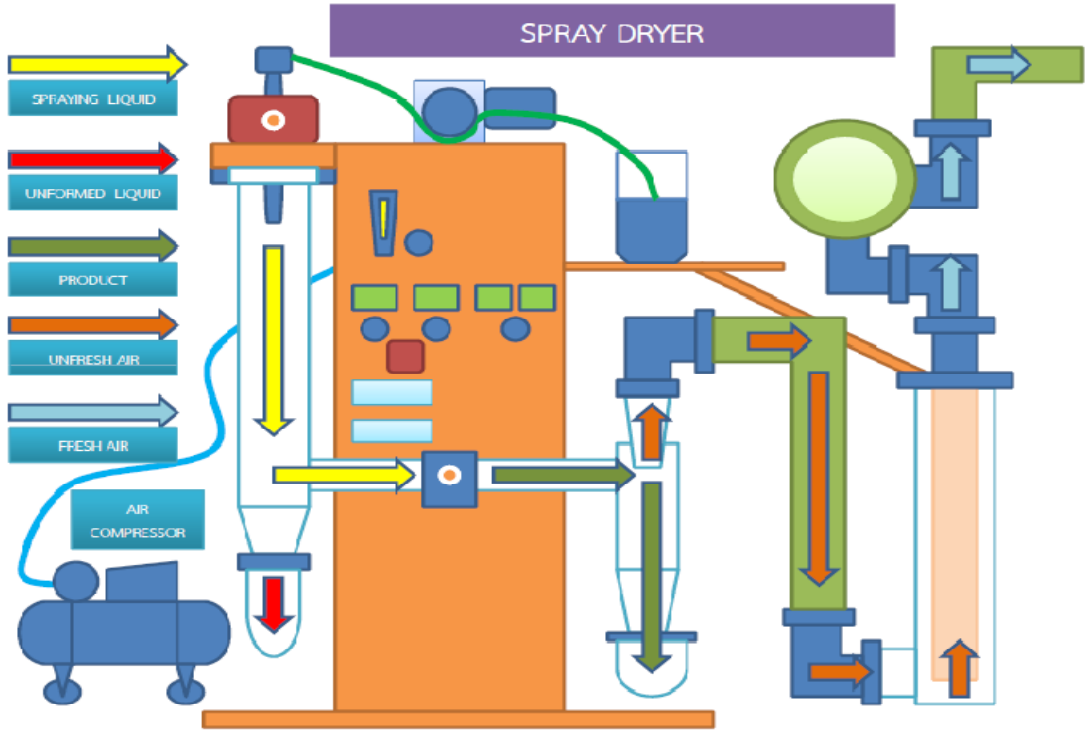
ภาพที่ 3.54 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (รายละเอียดปุ่มกดควบคุม 1)



ภาพที่ 3.55 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (รายละเอียดปุ่มกดควบคุม 2)



ภาพที่ 3.56 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะส่วน Product Receiver)



ภาพที่ 3.57 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (System Flow Diagram)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.13.1 ชั่งน้ำหนักของภาชนะรองรับผลิตภัณฑ์แห้ง

3.2.13.2 ติดตั้งส่วนประกอบของเครื่องให้เรียบร้อยก่อนเปิดเครื่อง

3.2.13.3 เปิดเครื่องของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer โดยเปิดเมนสวิตช์ของเครื่อง จากนั้นเปิดสวิตช์ปั๊มดูดอากาศ (Aspirator) ทำการปรับอัตราการไหลของอากาศและเปิดฮีทเตอร์ทำความร้อน พร้อมปรับอุณหภูมิ จากนั้นรอจนกระทั่งอุณหภูมิด้านเข้าและด้านออกของลมร้อนในห้องอบแห้งคงที่

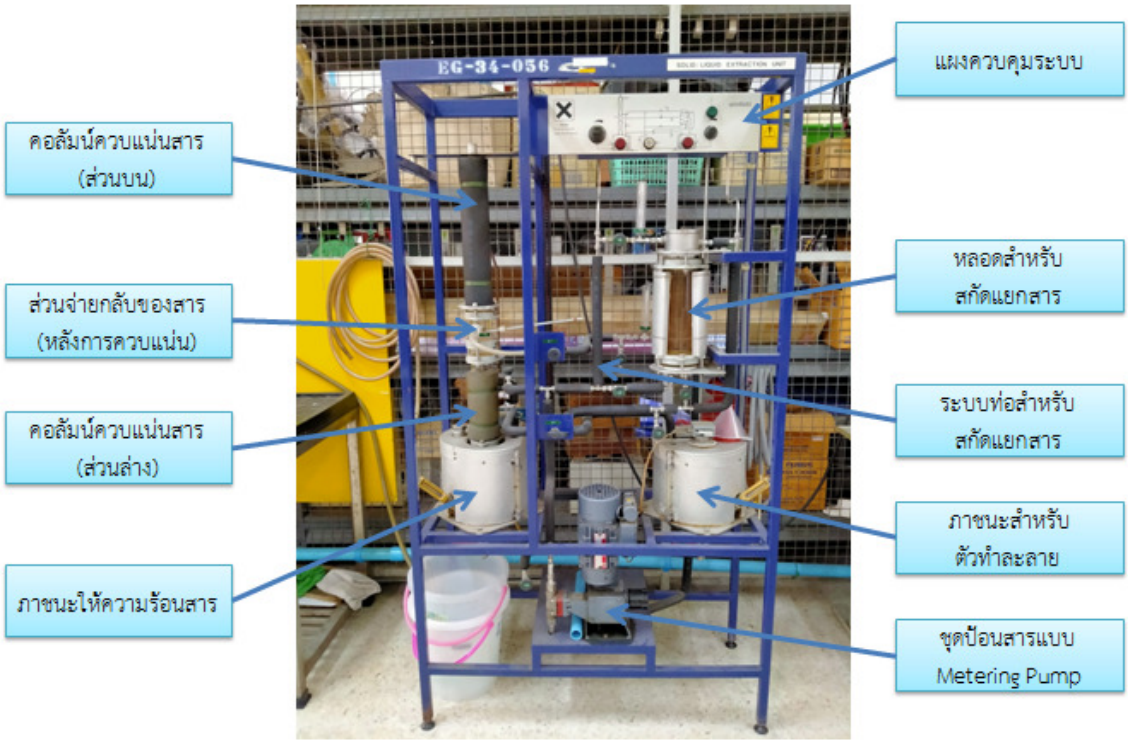
3.2.13.4 เปิดปั๊มสำหรับป้อนวัตถุดิบ (Feed Pump) และปรับอัตราการไหลโดยการลองป้อนน้ำเปล่าเข้าระบบจนกระทั่งได้อัตราการไหลตามที่ต้องการ

3.2.13.5 ป้อนสารละลายเข้าสู่ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer โดยสังเกตผงผลิตภัณฑ์ที่ได้พร้อมปรับอุณหภูมิเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง (เมื่อปรับอุณหภูมิใหม่ในแต่ละครั้งจะต้องปิดปั๊มป้อนวัตถุดิบ) และรอจนกระทั่งสารละลายถูกทำแห้งจนหมด พร้อมจับเวลาในการทำแห้งตั้งแต่เริ่มป้อนวัตถุดิบ

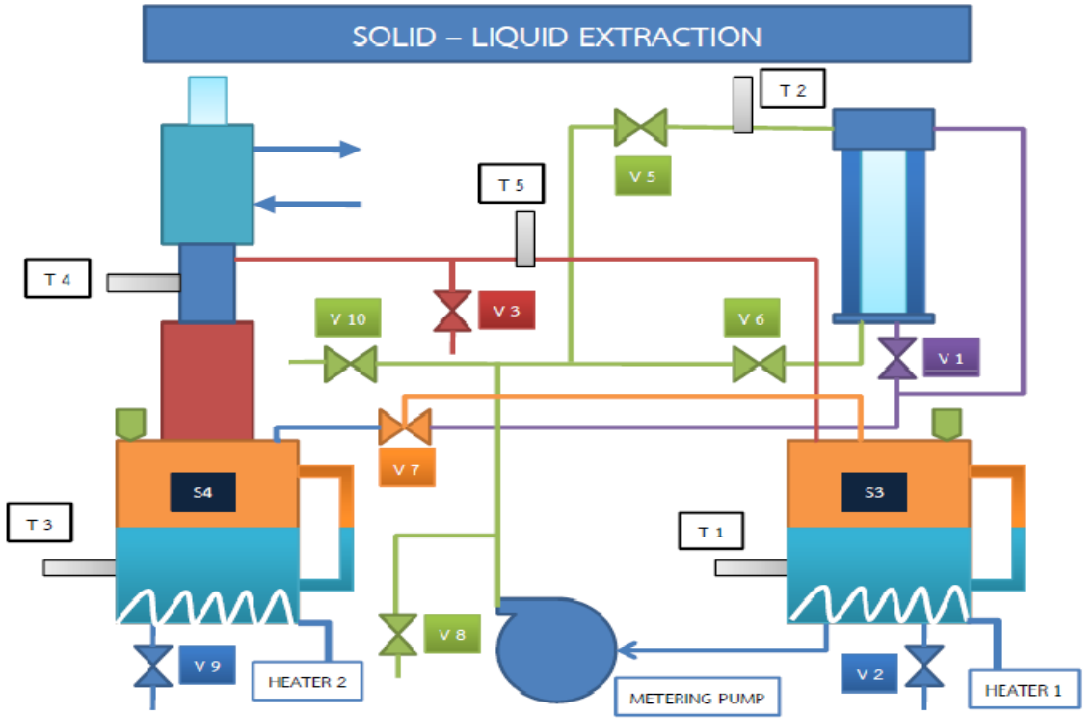
3.2.13.6 เมื่อดำเนินการทดลองเรียบร้อย ให้ป้อนน้ำเปล่าเข้าไปในเครื่องเพื่อลดอุณหภูมิและทำความสะอาดหัวฉีดเบื้องต้น จากนั้นปิดปั๊มป้อนวัตถุดิบ ปิดปั๊มลม และฮีทเตอร์ รอจนกระทั่งอุณหภูมิของลมร้อนด้านเข้าต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส จึงปิดปั๊มดูดอากาศ

3.2.13.7 ทำการถอดกระบอกอบแห้ง (Drying Chamber) และไซโคลนไปทำความสะอาดแล้วอบให้แห้ง จากนั้นประกอบเข้าที่เดิม

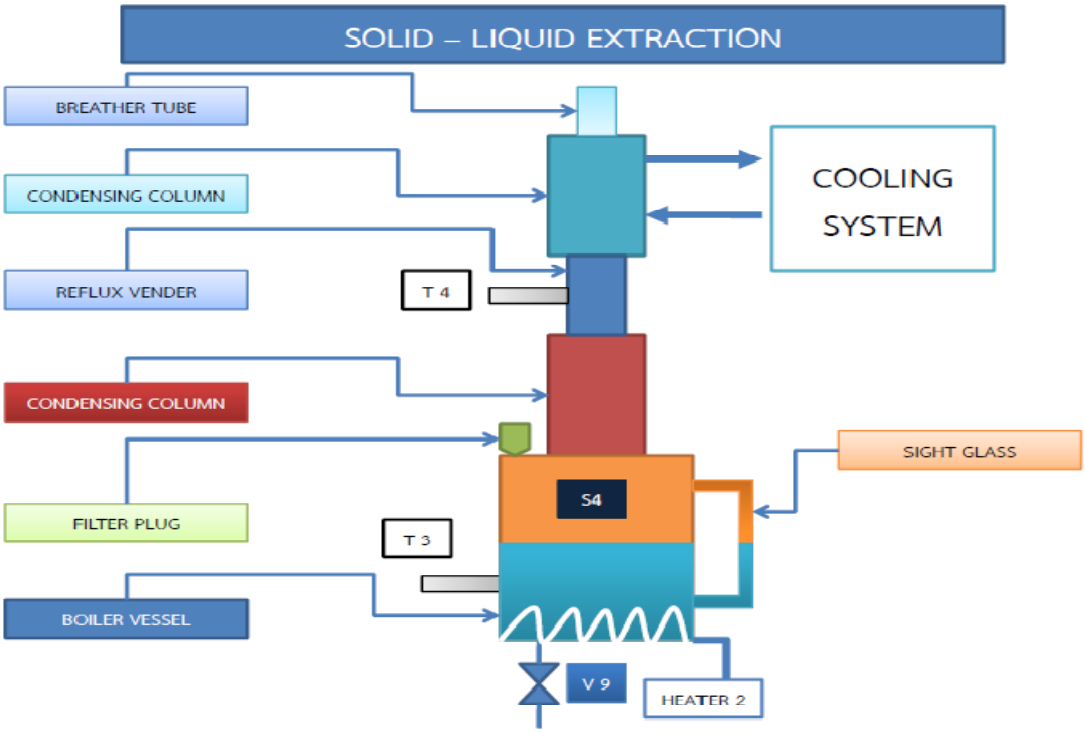
3.2.14 Solid – liquid Extraction มีส่วนประกอบด้วยชุดป้อนสารแบบ Metering Pump ภาชนะสำหรับตัวทำละลาย ระบบท่อสำหรับสกัดแยกสาร หลอดสำหรับสกัดแยกสาร คอลัมน์สำหรับควบแน่นสาร (ส่วนบน) ส่วนจ่ายกลับของสาร (หลังการควบแน่น) คอลัมน์ควบแน่นสาร (ส่วนล่าง) ภาชนะให้ความร้อนสาร และแผงควบคุมการทำงานของเครื่อง



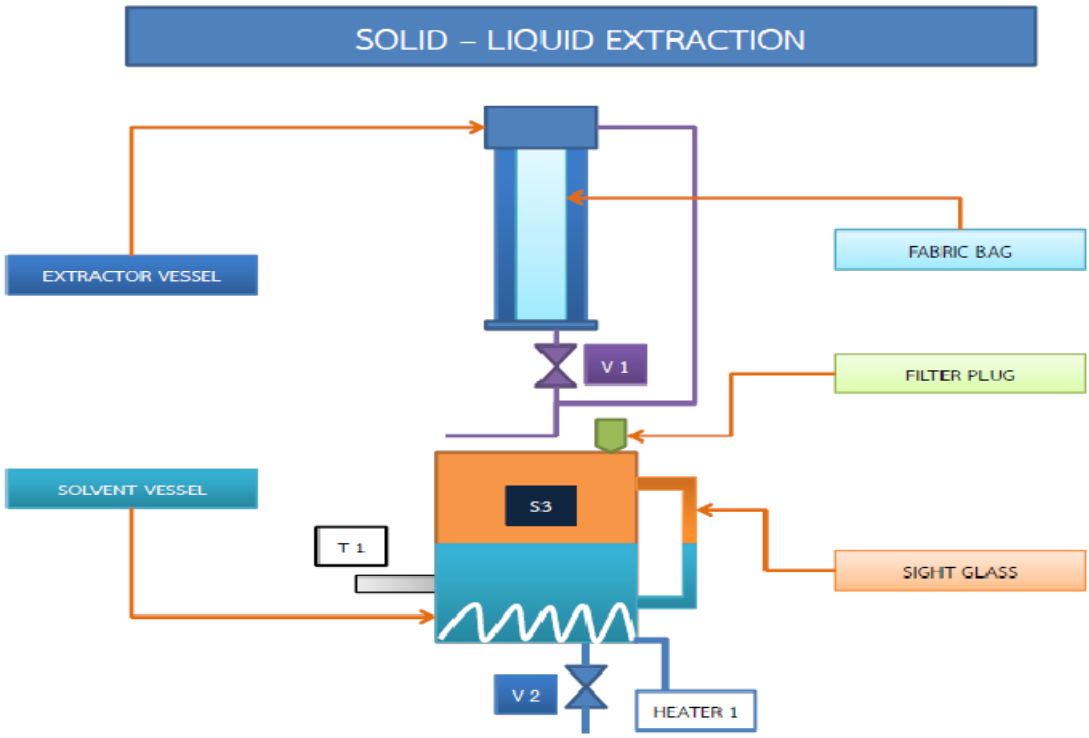
ภาพที่ 3.58 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction



ภาพที่ 3.59 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.60 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (เฉพาะด้าน Heater 1)



ภาพที่ 3.61 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction (เฉพาะด้าน Heater 2)

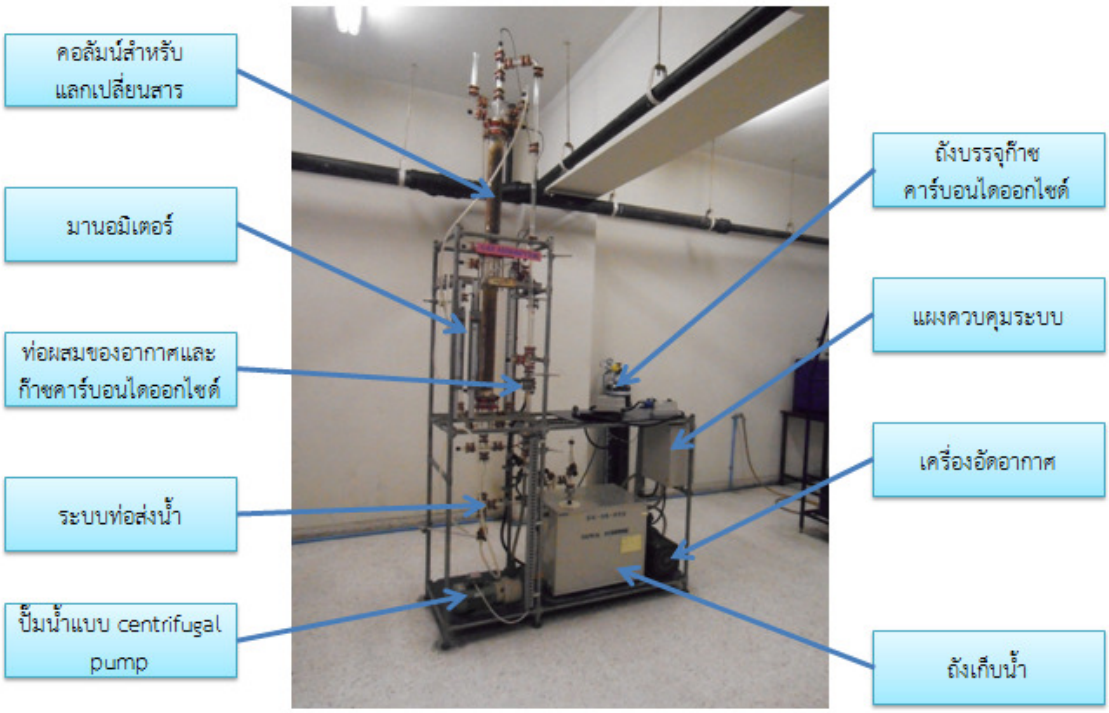
สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – liquid Extraction เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี จะแบ่งออกเป็น 3 แบบการทดลอง คือ 1. Open Circuit Percolation Extraction 2. Open Circuit Extraction และ 3. Closed Circuit Percolation Extraction โดยแต่ละแบบมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.14.1 การทดลอง Open Circuit Percolation Extraction เริ่มจากการใส่สารที่ต้องการสกัดลงในถุงผ้าประมาณ 10 กรัม แล้วนำไปใส่ Extractor Vessel และปิดฝาให้เรียบร้อย จากนั้นเติมน้ำลงในถัง S3 และปรับปั๊ม Metering Pump ที่ 10% พร้อมเปิดสวิตช์ให้ปั๊มทำงาน หลังจากนั้นเปิดวาล์ว V5 V1 และ V7 เพื่อให้ของเหลวที่ไหลออกจาก Extractor Vessel ไหลไปที่ถัง S4 ต่อจากนั้นปิดวาล์ว V6 และวาล์วอื่นๆ ที่เหลือและเก็บตัวอย่างผ่านทางวาล์ว V4 ทุกๆ 5 นาที (จนครบเวลา 30 นาที) นำตัวอย่างไปวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer หลังจากทำการทดลองเรียบร้อยแล้วให้ถ่ายสารละลายที่สกัดได้ออกจากถัง S4 โดยเปิดวาล์ว V9

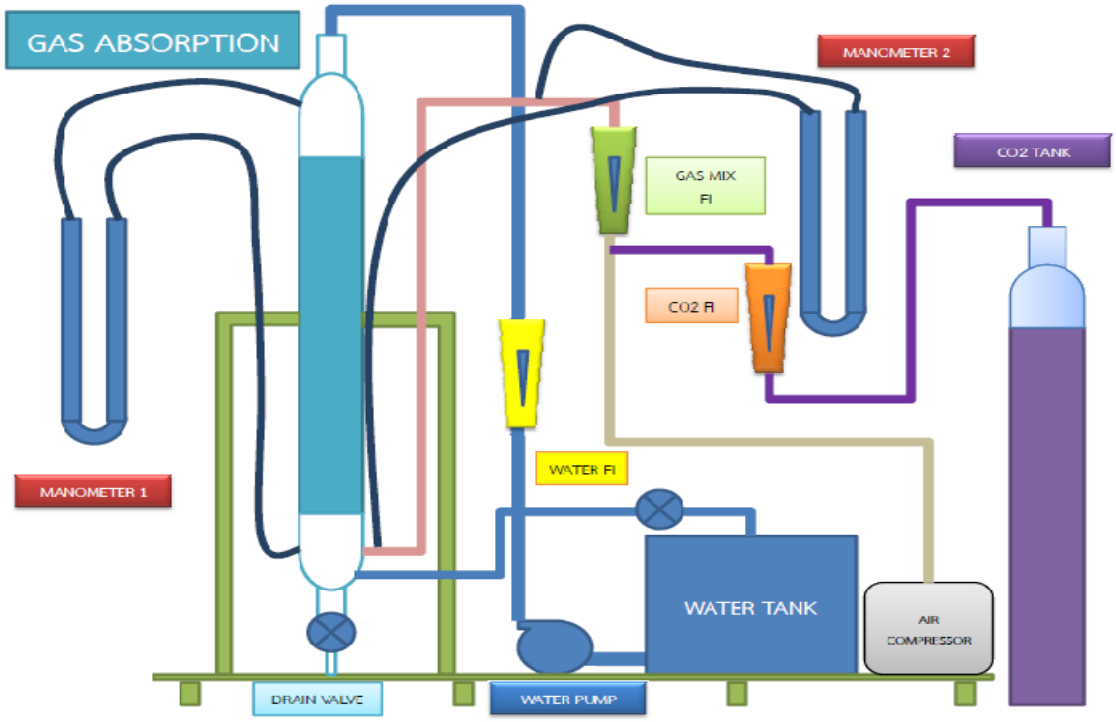
3.2.14.2 การทดลอง Open Circuit Extraction เริ่มจากการใส่สารที่ต้องการสกัดลงในถุงผ้าประมาณ 10 กรัม แล้วนำไปใส่ Extractor Vessel และปิดฝาให้เรียบร้อย จากนั้นเติมน้ำลงในถัง S3 และปรับปั๊ม Metering Pump ที่ 100% พร้อมเปิดสวิตช์ให้ปั๊มทำงาน หลังจากนั้นเปิดวาล์ว V6 และปรับ V7 ให้เปิดไปทางซ้าย จากนั้นปิดวาล์ว V5 V1 และวาล์วอื่นๆ ที่เหลือและเก็บตัวอย่างผ่านทางวาล์ว V4 ทุกๆ 5 นาที (จนครบเวลา 30 นาที) นำตัวอย่างไปวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.2.14.3 การทดลอง Closed Circuit Percolation Extraction เริ่มจากการใส่สารที่ต้องการสกัดลงในถุงผ้าประมาณ 100 กรัม แล้วนำไปใส่ Extractor Vessel และปิดฝาให้เรียบร้อย จากนั้นเติมน้ำประมาณ 2 ลิตร ลงในถัง S3 และปรับปั๊ม Metering Pump ที่ 60% พร้อมเปิดสวิตช์ให้ปั๊มทำงานและเปิดสวิตช์ฮีทเตอร์ (รอจนน้ำในถัง S3 มีอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส) หลังจากนั้นเปิดวาล์ว V5 V1 และปรับวาล์ว V7 ไปทางขวา ต่อจากนั้นปิดวาล์ว V6 และวาล์วอื่นๆ ที่เหลือและเก็บตัวอย่างผ่านทางวาล์ว V4 และ V8 ทุกๆ 5 นาที (จนครบเวลา 30 นาที) นำตัวอย่างไปวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer

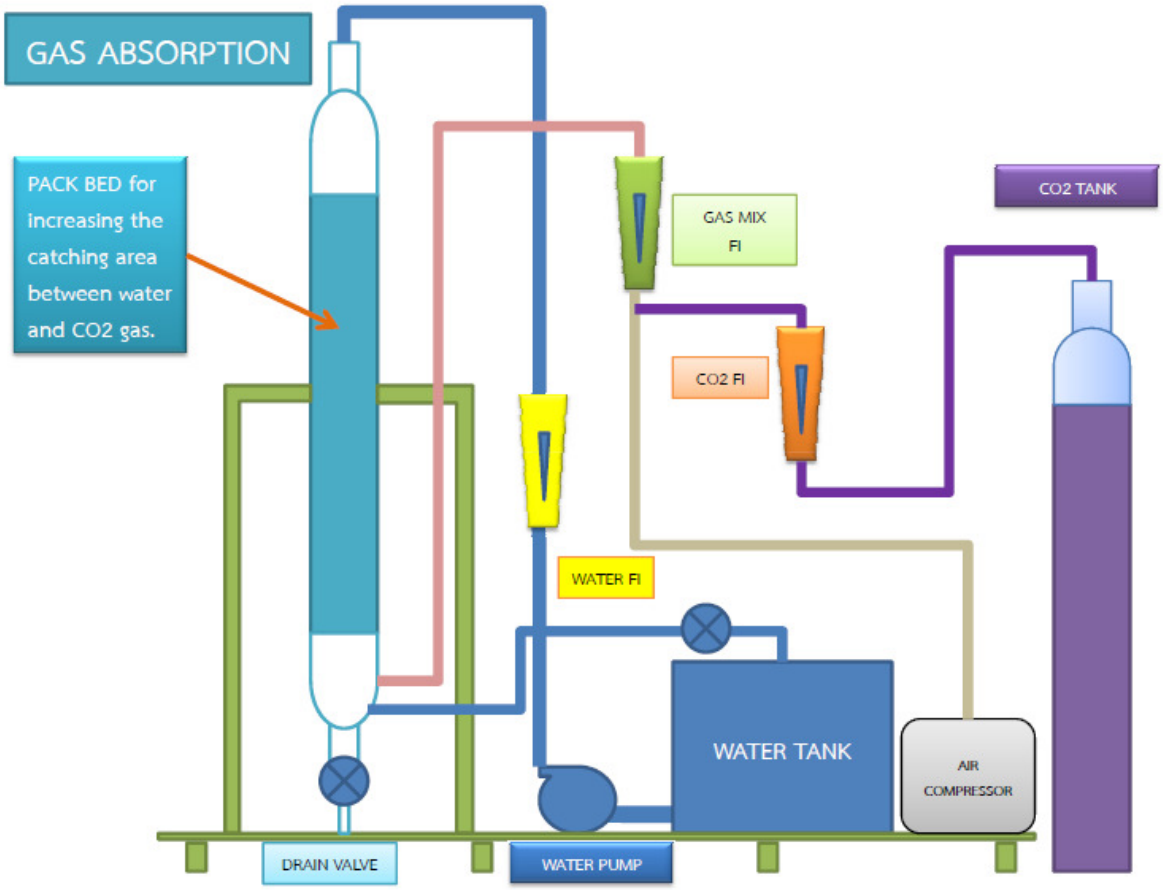
3.2.15 Gas Absorption มีส่วนประกอบด้วยแผงควบคุมระบบไฟฟ้า เครื่องอัดอากาศ ถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คอลัมน์สำหรับแลกเปลี่ยนสาร มานอมิเตอร์ ระบบท่อผสมอากาศและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบท่อส่งน้ำ ปั๊มน้ำแบบ Centrifugal Pump และถังสำหรับเก็บน้ำ



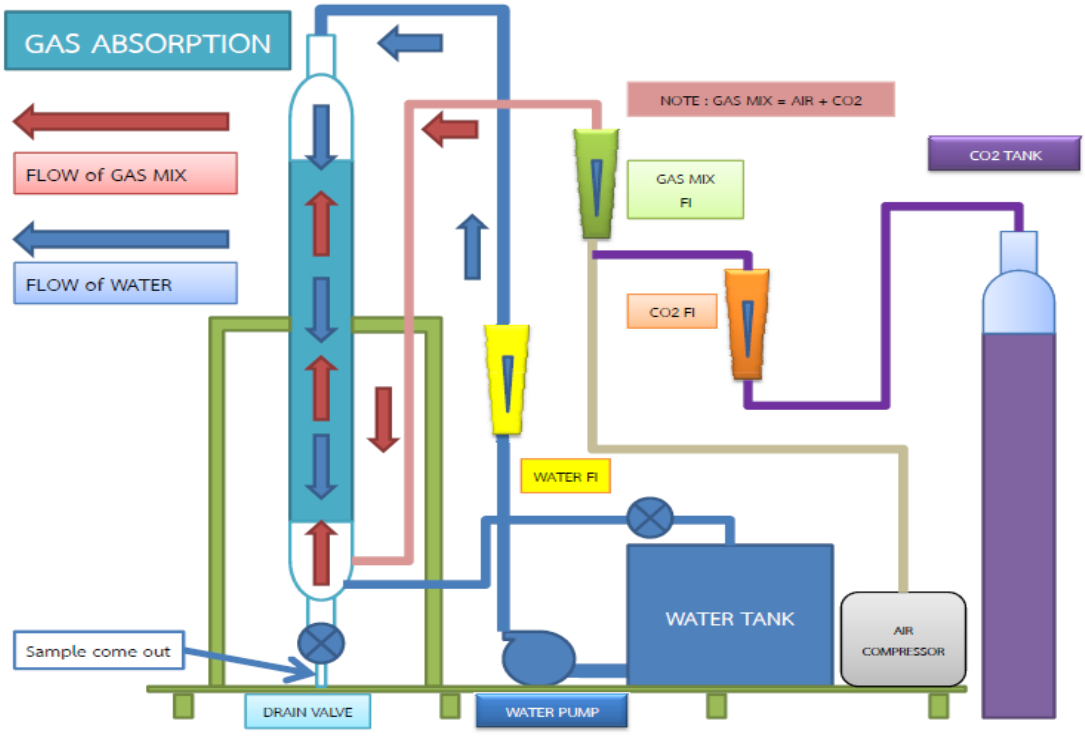
ภาพที่ 3.62 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption



ภาพที่ 3.63 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption **(แบบองค์รวม)**



ภาพที่ 3.64 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption **(อธิบาย Pack Bed)**



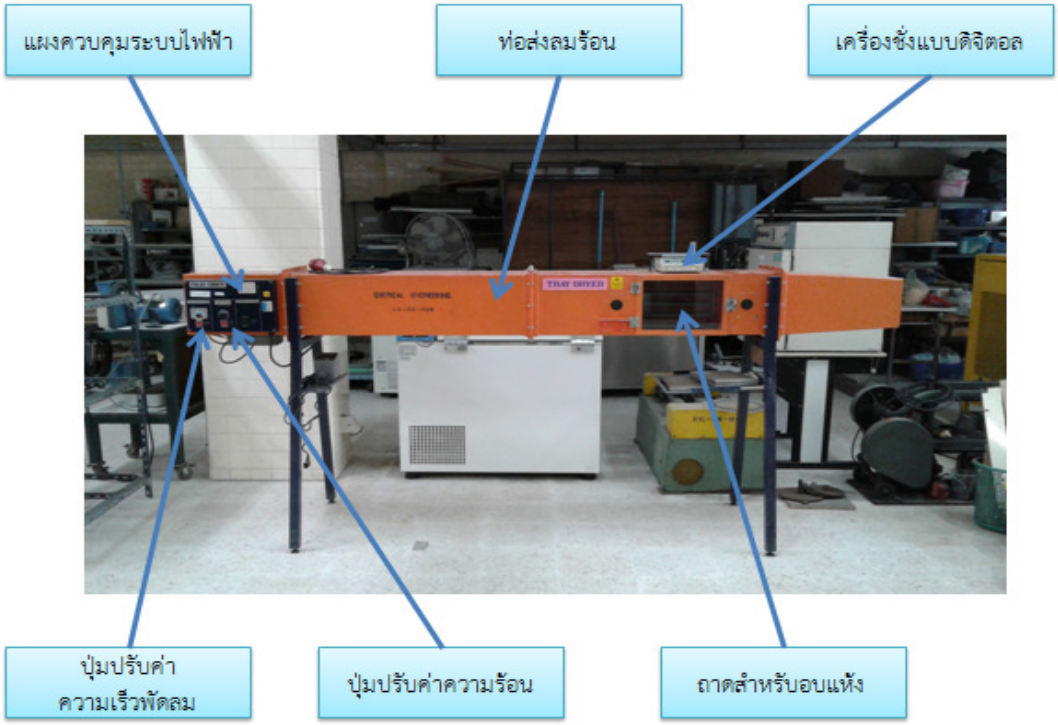
ภาพที่ 3.65 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption **(Flow Diagram)**

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนการทดลอง คือ 1. ศึกษาจลนศาสตร์ของของเหลวในคอลัมน์ที่บรรจุ Pack Bed 2. ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแต่ละส่วนการทดลองมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

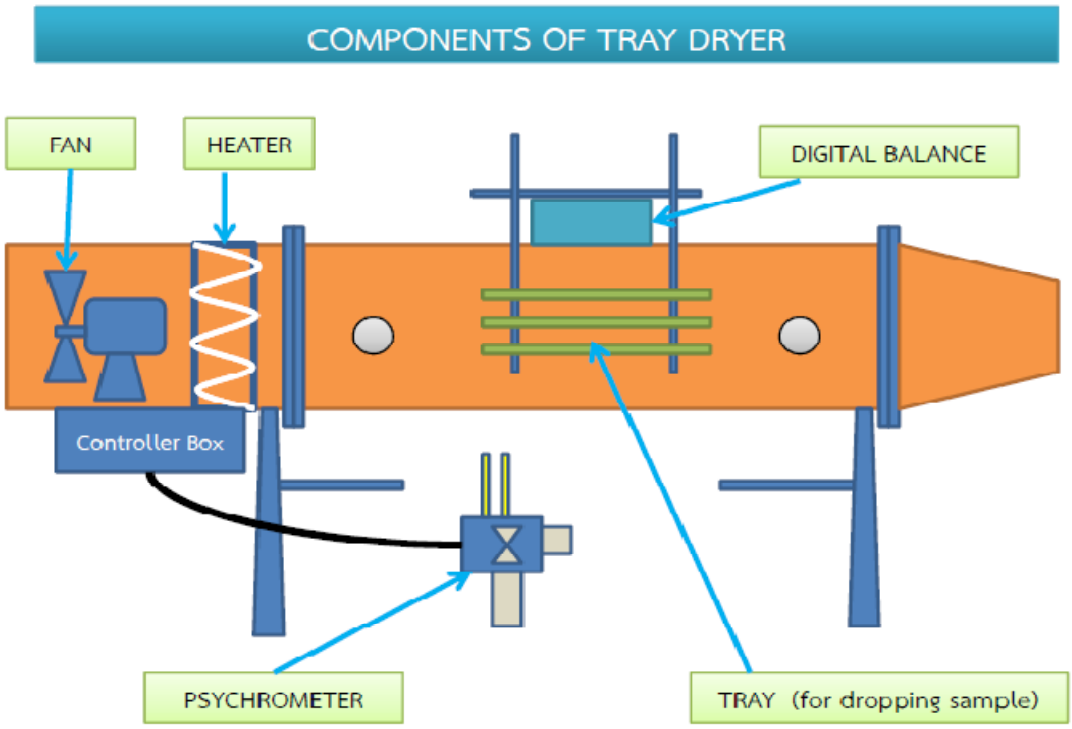
3.2.15.1 ศึกษาจลนศาสตร์ของของเหลวในคอลัมน์ที่บรรจุ Pack Bed โดยเริ่มจากเติมน้ำใส่ถังบรรจุน้ำของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง จากนั้นเปิดให้ปั๊มน้ำ (Centrifugal Pump) และเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ทำงาน พร้อมกับกำหนดอัตราการไหลของน้ำที่อัตราการไหล 160 – 200 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับอัตราการไหลของอากาศให้คงค่าตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ (ใช้เวลา 1- 2 นาที แล้วบันทึกค่าความดันลด (Pressure Drop : ΔP) และค่าอุณหภูมิ ต่อจากนั้นให้ปรับอัตราการไหลอากาศเพิ่มขึ้นทีละน้อยที่อัตราการไหลของน้ำเท่าเดิม แล้วบันทึกค่าความดันลด (Pressure Drop : ΔP) และค่าอุณหภูมิ สำหรับการปรับอัตราการไหลของอากาศให้เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดจุด Flooding โดยสังเกตจากน้ำที่ล้นออกทางด้านบนของคอลัมน์

3.2.15.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เริ่มจากวัดค่าพีเฮช (pH) ของน้ำในถังบรรจุน้ำของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง จากนั้นให้ทำการปิดวาล์วที่ปล่อยน้ำจากคอลัมน์กลับถังบรรจุน้ำแล้วทำการเปิดวาล์วระบายน้ำด้านล่างของคอลัมน์เพื่อระบายน้ำออกไป ต่อจากนั้นให้เลือกค่าอัตราการไหลของน้ำเท่ากับที่ทำการศึกษาจลนศาสตร์ของของเหลวในคอลัมน์ที่บรรจุ Pack Bed แล้วให้ปรับอัตราการไหลรวมของอากาศและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คงที่ไว้ค่าหนึ่ง ปล่อยให้เกิดการแลกเปลี่ยนเกิดขึ้นประมาณ 4 – 5 นาที แล้วบันทึกค่าความดันลด (Pressure Drop : ΔP) พร้อมค่าอุณหภูมิ

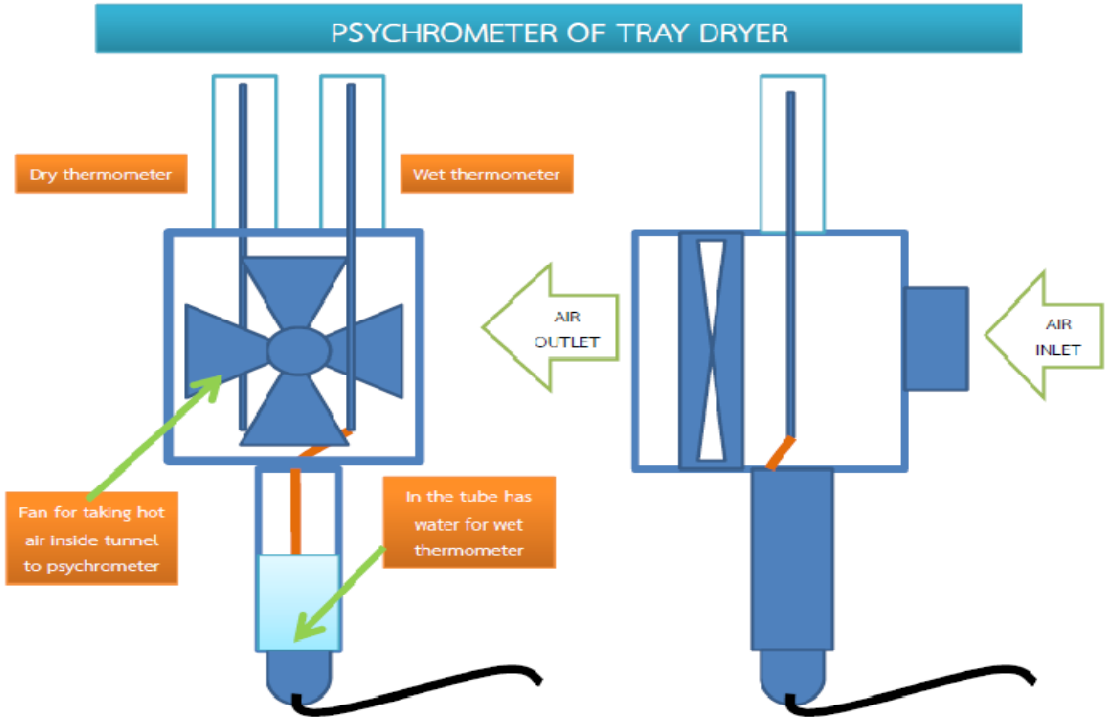
3.2.16 Tray Dryer มีส่วนประกอบด้วยแผงควบคุมระบบไฟฟ้า (แผงควบคุมระบบไฟฟ้าจะเป็นแผงควบคุมระบบจ่ายไฟฟ้าเข้าและจ่ายสู่อุปกรณ์อื่น คือ ฮีตเตอร์ ไซโครมิเตอร์หรือชุดเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง **และ**พัดลมสำหรับส่งลมร้อน) ท่อส่งลมร้อน เครื่องชั่งแบบดิจิตอล และถาดสำหรับอบแห้งวัสดุ



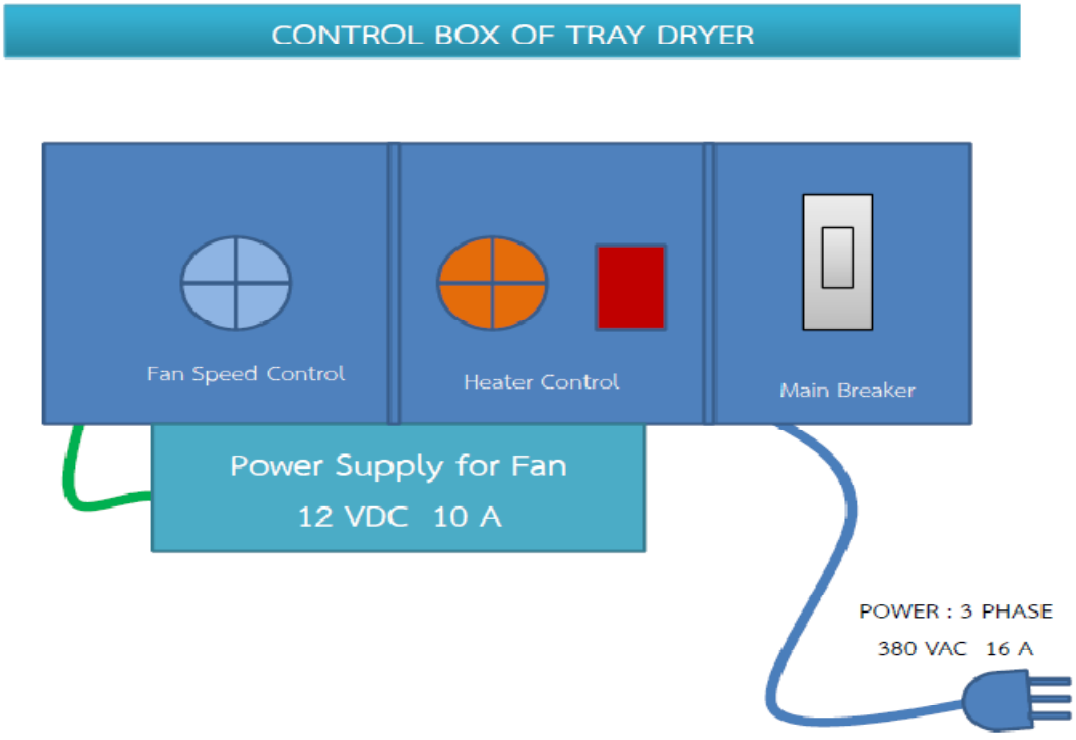
ภาพที่ 3.66 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer



ภาพที่ 3.67 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.68 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (Psychrometer)



ภาพที่ 3.69 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (Control Unit)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.16.1 ชั่งน้ำหนักของถาดสำหรับใส่วัสดุตัวอย่าง จำนวน 3 ถาด

3.2.16.2 นำวัสดุตัวอย่าง (ทรายแห้ง) ใส่ลงในถาดสำหรับใส่วัสดุตัวอย่างและเกลี่ยให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ทั่วทั้งถาด

3.2.16.3 นำวัสดุตัวอย่างไปพรมน้ำให้เปียกทั่วทั้งถาด โดยน้ำที่ใช้ในการพรมวัสดุตัวอย่างมีปริมาณ 100 – 120 กรัม

3.2.16.4 นำ Psychrometer มาวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศบริเวณที่ทำการทดลอง

3.2.16.5 เปิดสวิตช์เพื่อเดินเครื่องไล่ความชื้นวัสดุแบบถาด (Tray Dryer) โดยเปิดพัดลมดูดอากาศเข้าเครื่องที่อัตราการไหลสูงสุด จากนั้นเปิดสวิตช์ให้ฮีทเตอร์ทำงานพร้อมปรับอุณหภูมิความร้อนตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

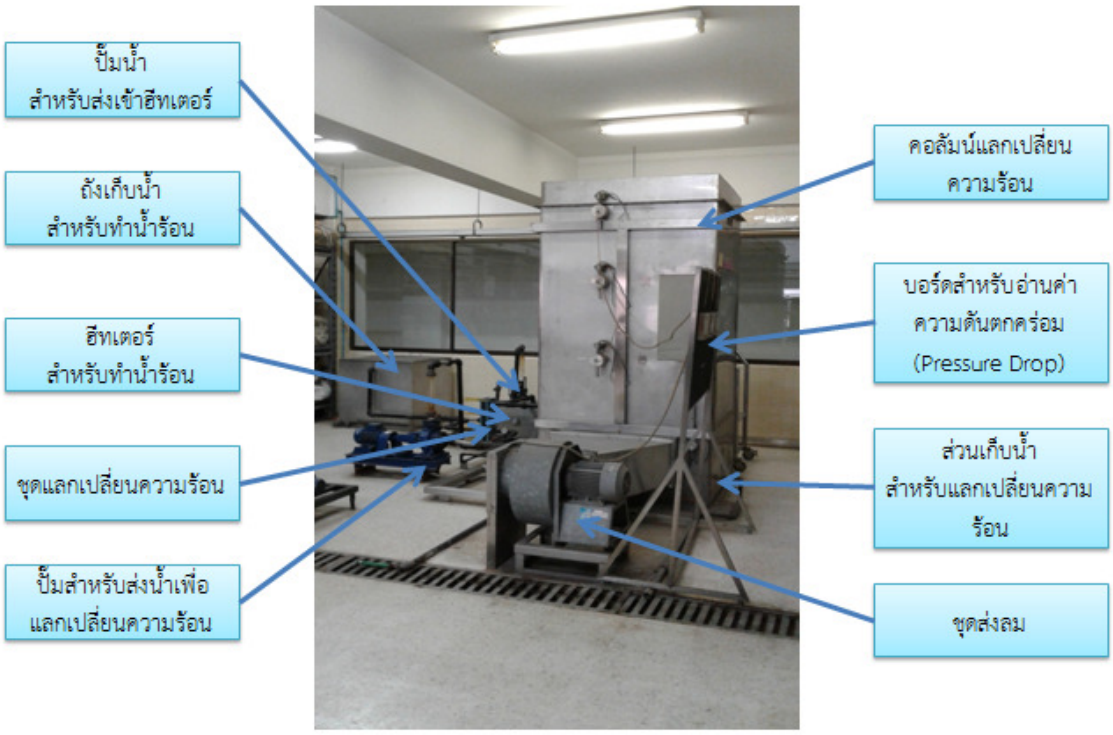
3.2.16.6 ทำการบันทึกค่าน้ำหนักวัสดุที่นำมาอบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (จำนวน 3 จุด คือ 1. บริเวณเครื่อง 2. จุดที่ลมร้อนพัดมาก่อนผ่านถาดวัสดุตัวอย่าง และ 3. จุดที่ลมร้อนผ่านถาดวัสดุตัวอย่างแล้ว) ทุกๆ 10 นาที

3.2.16.7 ทำการอบแห้งวัสดุตัวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 90 นาที และขณะทำการทดลองให้วัดค่าความเร็วของลมร้อนที่บริเวณด้านทางออกของลมท้ายเครื่องไล่ความชื้นวัสดุแบบถาดด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยวัดจำนวน 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยพร้อมบันทึกไว้

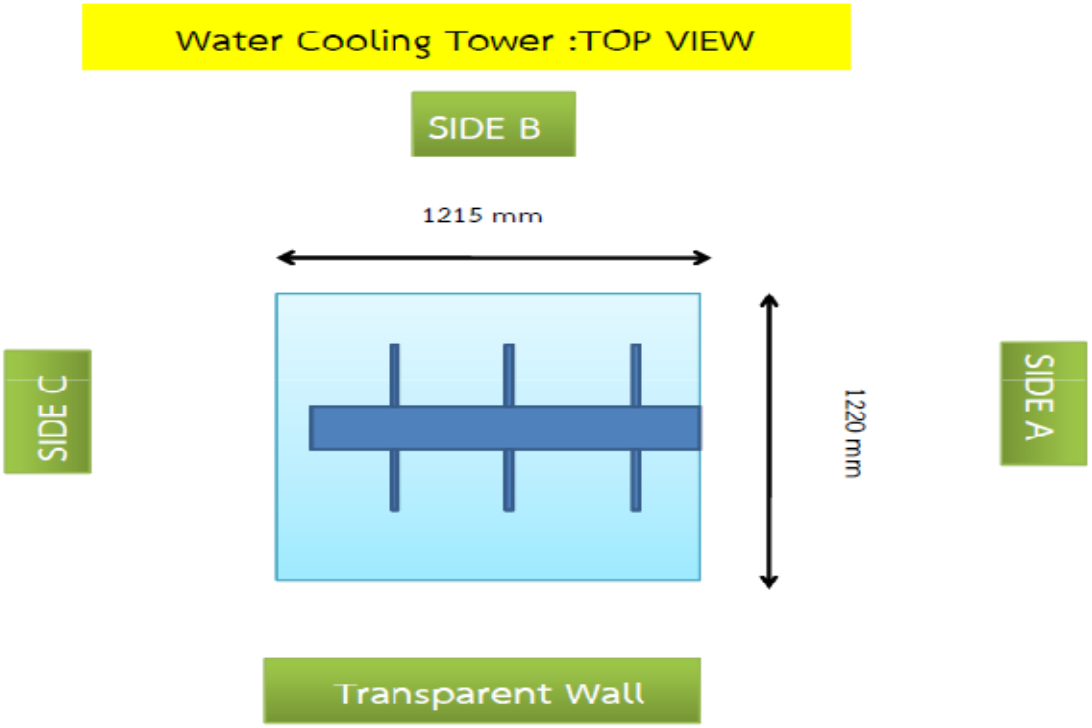
3.2.16.8 เมื่อครบเวลาอบแห้งวัสดุตัวอย่าง 90 นาที ให้ทำการลดระดับความร้อนของฮีทเตอร์และปิดสวิตช์ของฮีทเตอร์ จากนั้นปิดพัดลม

3.2.17 Water Cooling Tower มีส่วนประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ระบบสร้างน้ำร้อน ส่วนแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบระบายความร้อน สำหรับระบบสร้างความร้อนประกอบด้วย 1. ถังเก็บน้ำสำหรับทำน้ำร้อน 2. ปั๊มส่งน้ำเข้าชุดทำความร้อน และ 3. ชุดทำความร้อน สำหรับส่วนแลกเปลี่ยนความร้อน คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้สามารถเพิ่มส่วนของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate medium) ตามความต้องการของการแลกเปลี่ยนความร้อน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าตามประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ต้องการมากขึ้นของระบบ และสำหรับระบบระบายความร้อน จะประกอบด้วย 1. ปั๊มสำหรับส่งน้ำอุณหภูมิปกติเข้าสู่ส่วนแลกเปลี่ยนความร้อน 2. หอผึ่งเย็น (Cooling Tower) เป็นส่วนระบายความร้อนของน้ำที่ได้รับการแลกเปลี่ยนความร้อนมาจากระบบสร้างน้ำร้อน ภายในจะประกอบด้วยแผงรังผึ้งซ้อนกันอยู่เป็นชั้นๆ เรียงกันเป็นแถวๆ ตามขนาดของหอผึ่งเย็น ลักษณะการจัดเรียงจะเรียงกันแบบถาดบรรจุไข่ไก่หรือผลไม้ กล่าวคือมีช่องว่างระหว่างแผงรังผึ้งแต่ละอันที่ซ้อนกันตามแนวดิ่ง ส่วนด้านล่างสุดของหอผึ่งเย็นจะเป็นส่วนสำหรับเก็บน้ำสำหรับแลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับด้านข้างของหอผึ่งเย็นจะเป็นพัดลมนำอากาศเข้าไปทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับส่วนสร้างน้ำร้อนในแบบการไหลสวนทางกัน (Counter Flow) โดยอากาศจะถูก

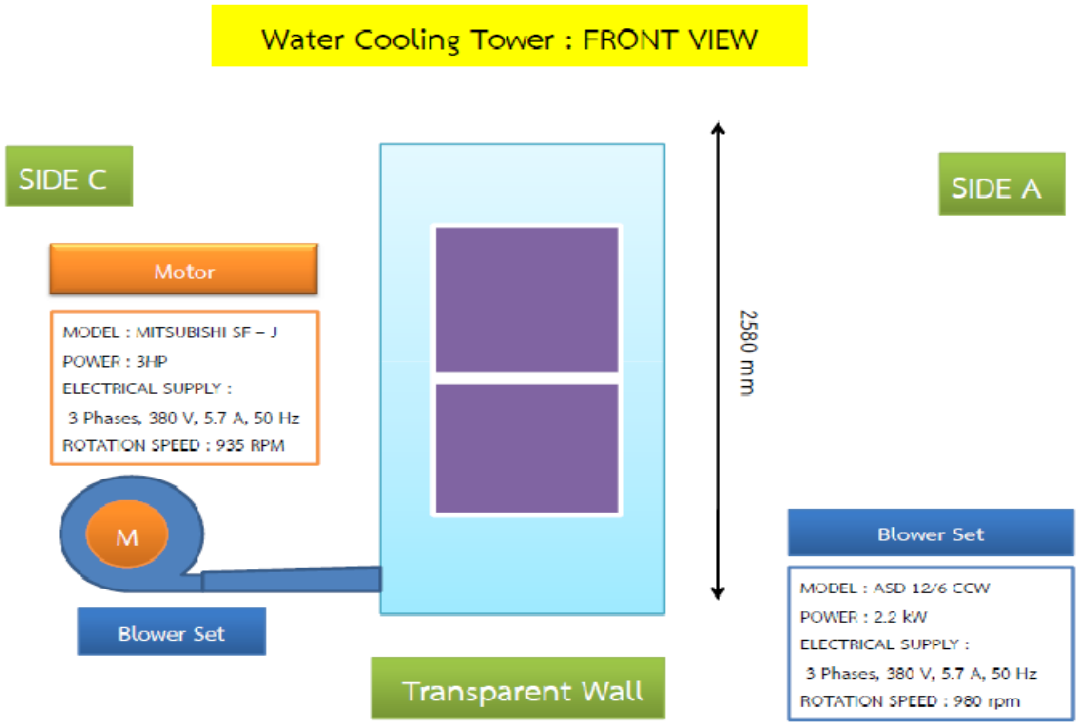
ส่งจากด้านล่างสู่ด้านบน และน้ำที่ได้รับความร้อนมาจะถูกพ่นให้กระจายด้านบนหอผึ่งเย็นและไหลลงสู่ส่วนเก็บน้ำด้านล่าง



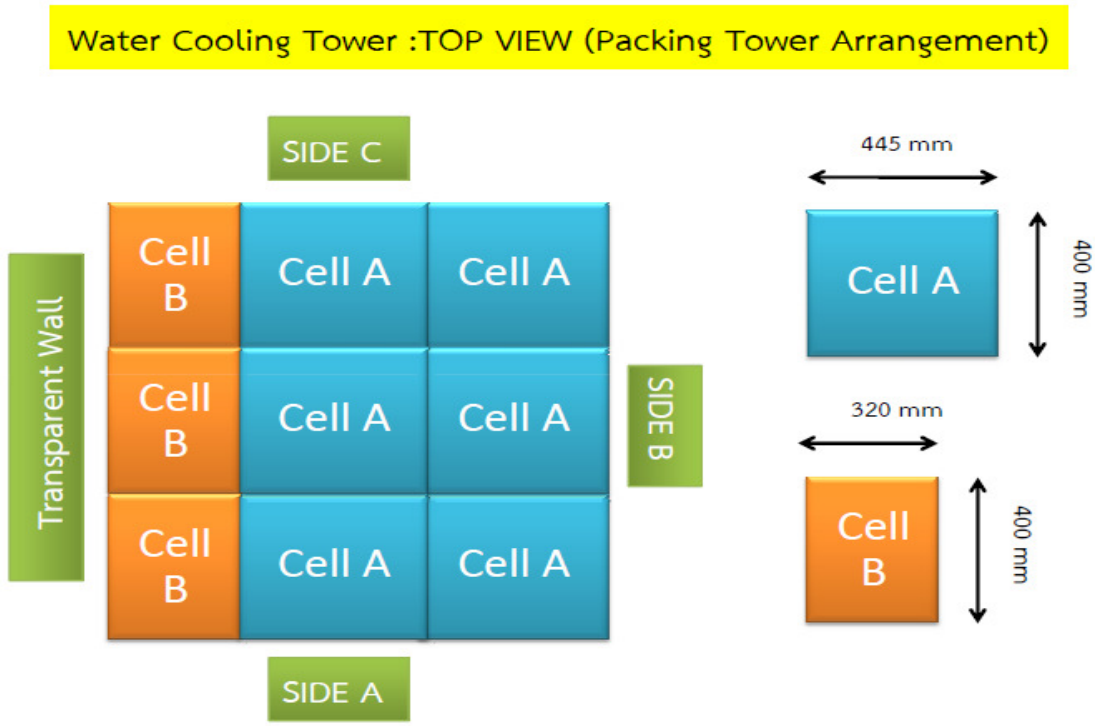
ภาพที่ 3.70 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower



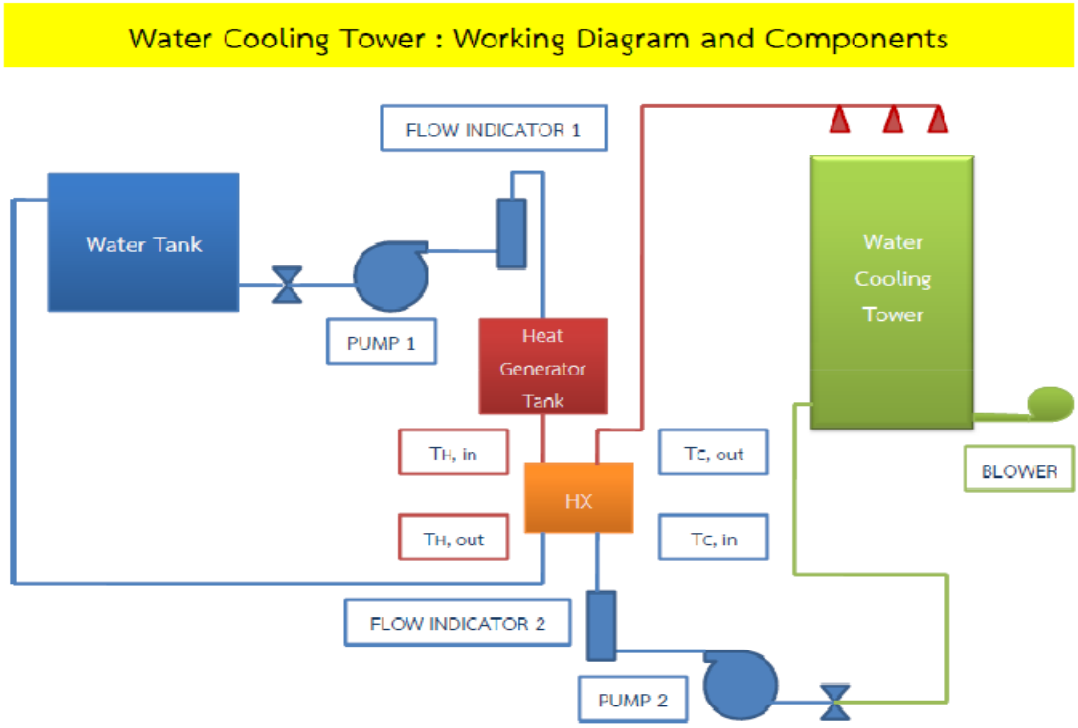
ภาพที่ 3.71 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 1)



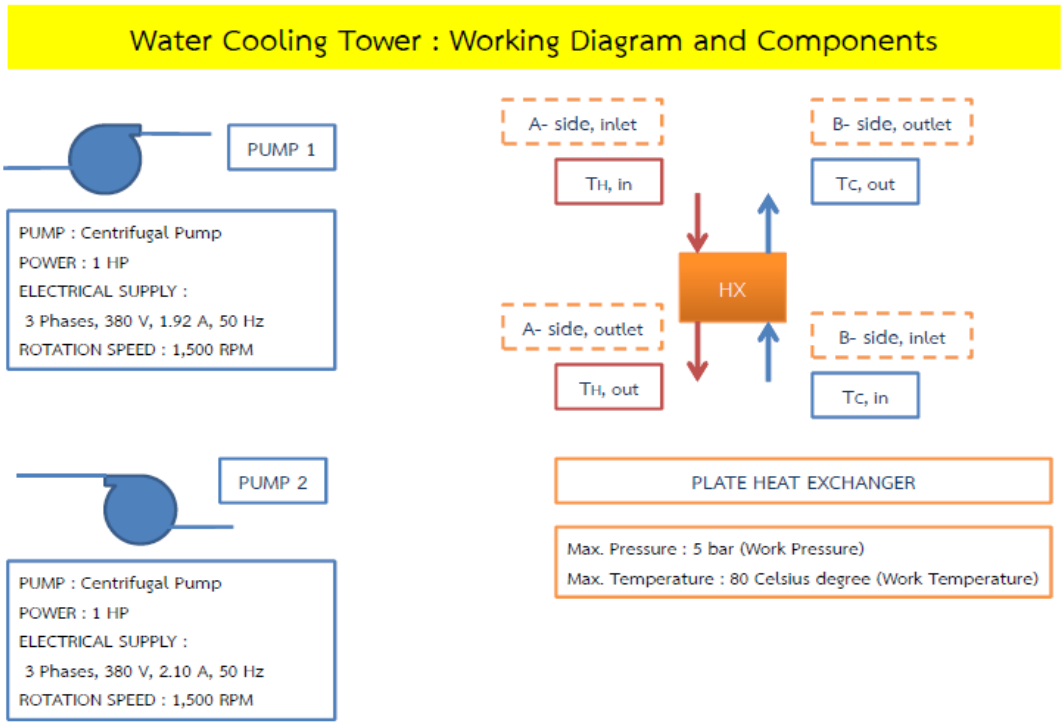
ภาพที่ 3.72 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 2)



ภาพที่ 3.73 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Dimension 3)



ภาพที่ 3.74 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.75 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (Specification of Pumps and Heat Exchanger)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

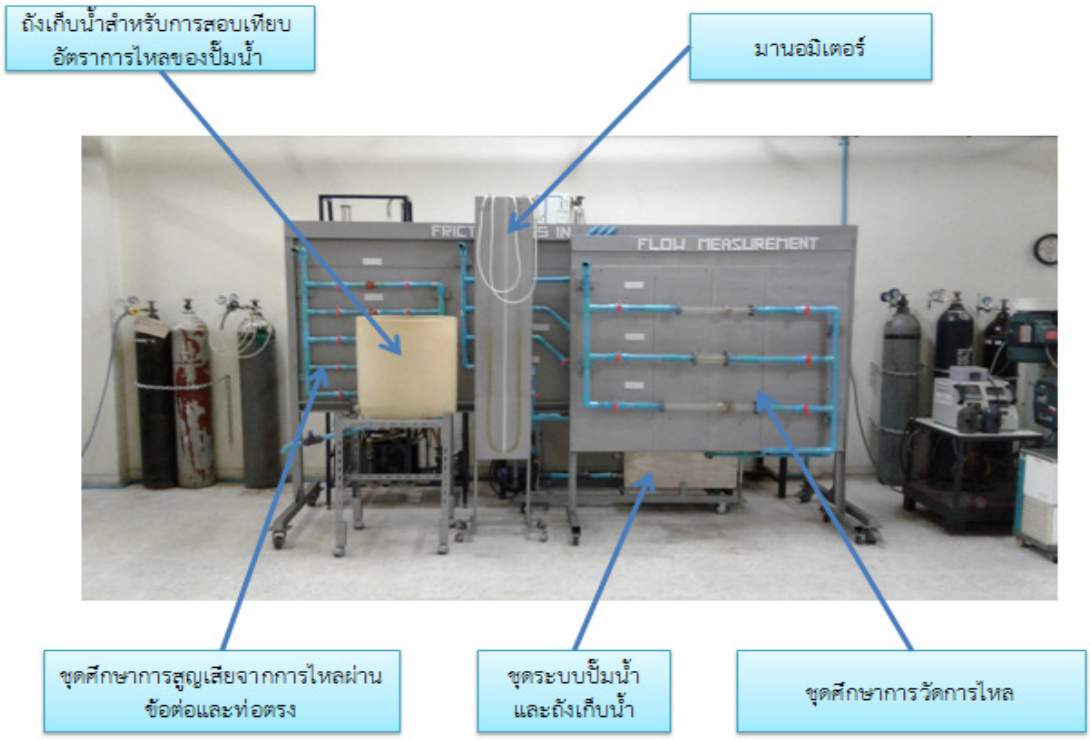
3.2.17.1 ปรับอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าหอผึ่งเย็น (Water Cooling Tower) และความสูงของช่องเปิดสำหรับอากาศเข้าด้าน Blower ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

3.2.17.2 รอให้ระบบเข้าสู่สมดุล

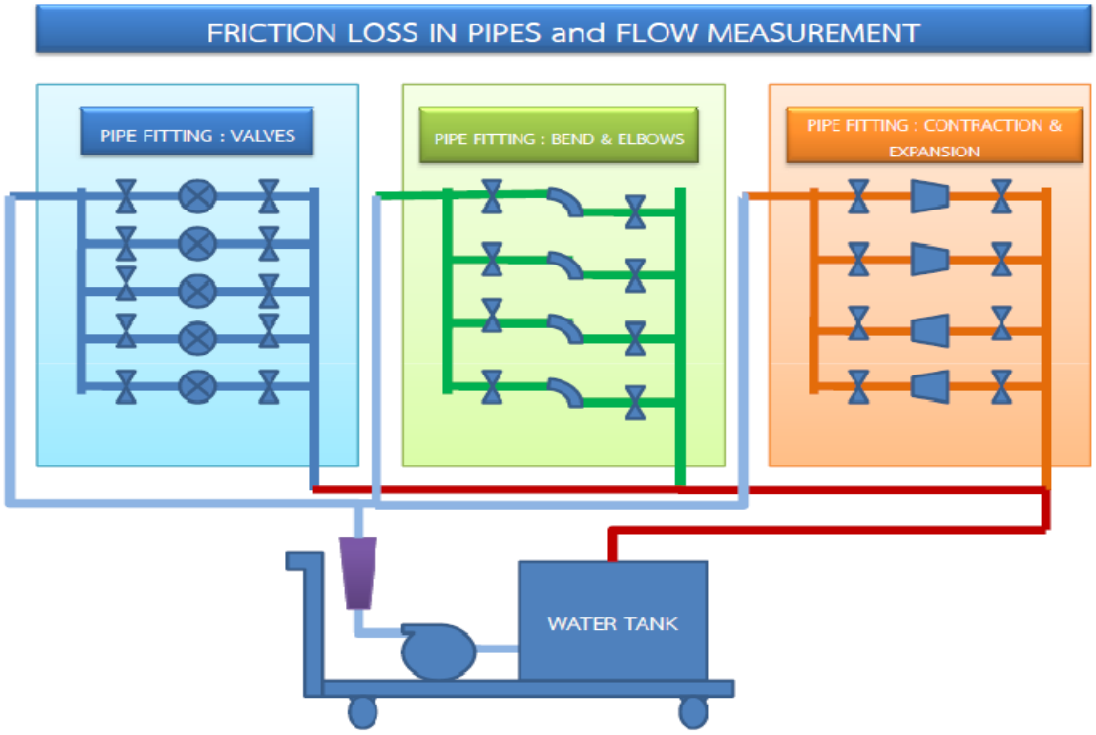
3.2.17.3 บันทึกข้อมูลตามที่ได้ออกแบบการทดลอง

3.2.17.4 คำนวณประสิทธิภาพการระบายความร้อนของหอผึ่งเย็นจากข้อมูลที่บันทึกไว้ตามที่ได้ออกแบบการทดลอง

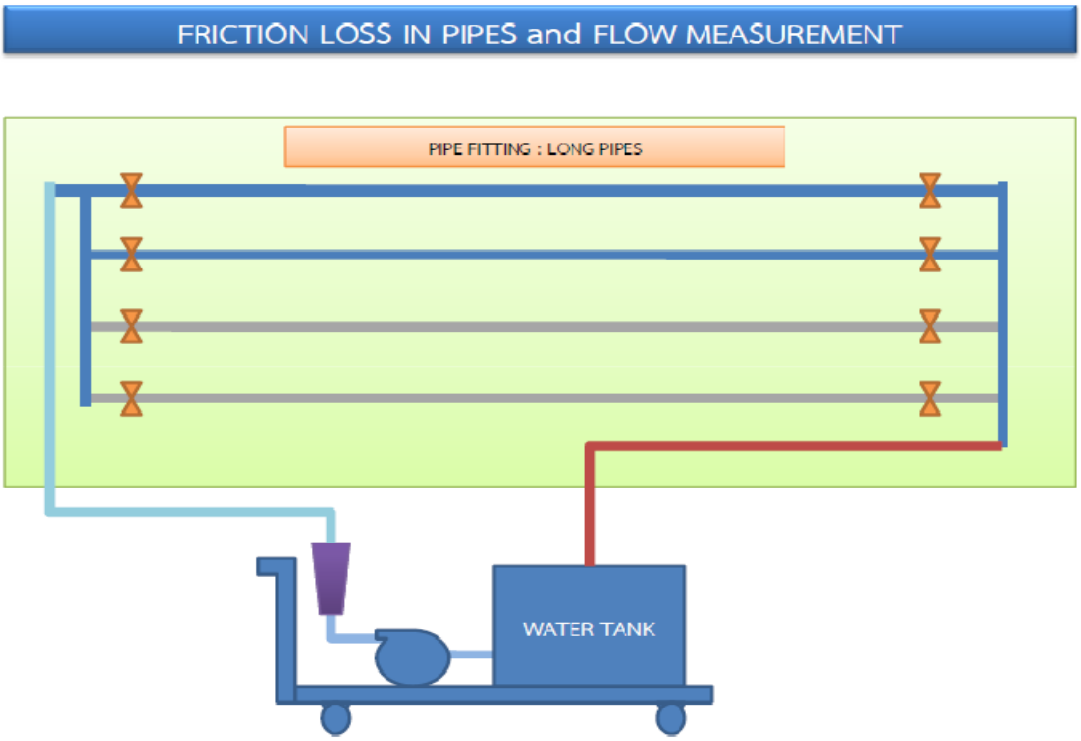
3.2.18 Friction loss in pipes and Flow Measurement มีส่วนประกอบด้วยมานอมิเตอร์สำหรับความดันลดในเทอมของค่าความสูงของระดับของเหลว (Pressure Drop, Δh) ชุดถังเก็บน้ำสำหรับการสอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มน้ำสำหรับชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ชุดระบบปั๊มน้ำและถังเก็บน้ำ ชุดศึกษาการสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านข้อต่อและวาล์วแบบต่างๆ ได้แก่ ข้อต่อแบบงอ 45 องศา ข้อต่อแบบงอ 90 องศา ข้อต่อแบบข้อโค้ง 45 องศา ข้อต่อแบบข้อโค้ง 90 องศา โกลบวาล์ว เกทวาล์ว บอลวาล์ว เช็ควาล์ว วาล์วแบบสามทาง ข้อต่อตรงแบบเพิ่มทันที ข้อต่อตรงแบบค่อยๆเพิ่ม ข้อต่อตรงแบบลดทันที และข้อต่อตรงแบบค่อยๆลด ชุดศึกษาการสูญเสียเนื่องการไหลผ่านท่อตรง ได้แก่ ท่อพีวีซี ขนาด ½ นิ้ว และ ¾ นิ้ว ท่อน้ำประปา ขนาด ขนาด ½ นิ้ว และ ¾ นิ้ว และชุดศึกษาการวัดการไหล ได้แก่ อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ (Orifice Meter) อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบเวนทูรี (Venturi Meter) และอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบปิทอต -สแตติก (Pitot – Static Meter)



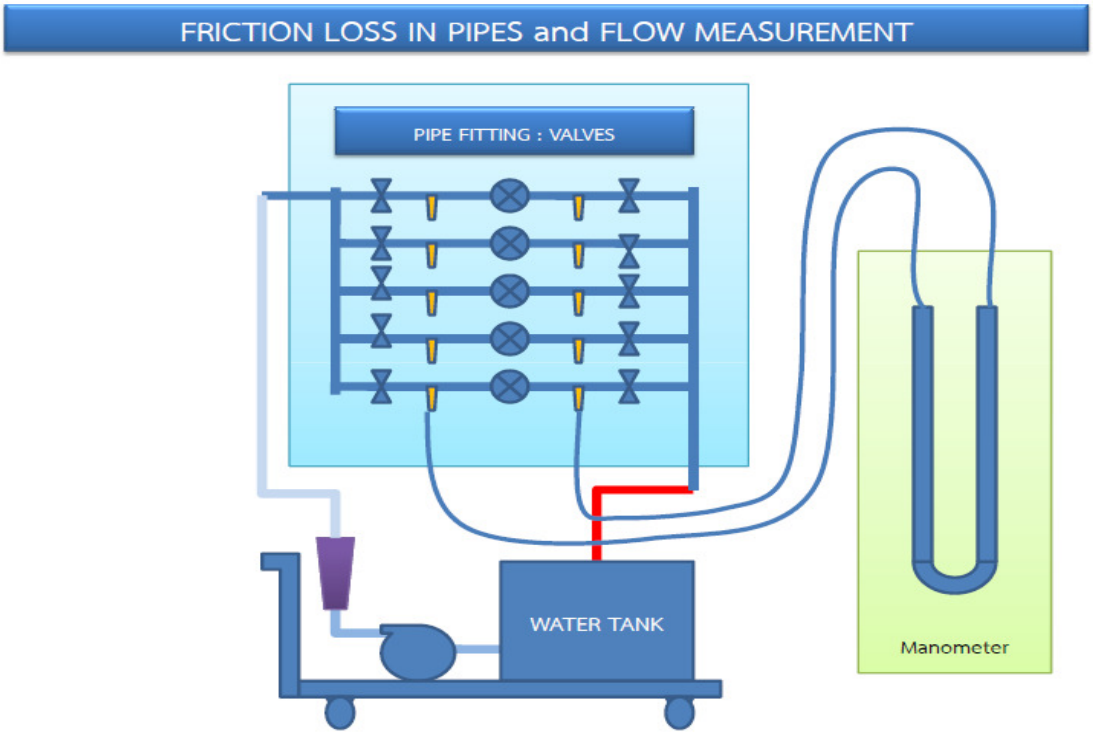
ภาพที่ 3.76 ส่วนประกอบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement



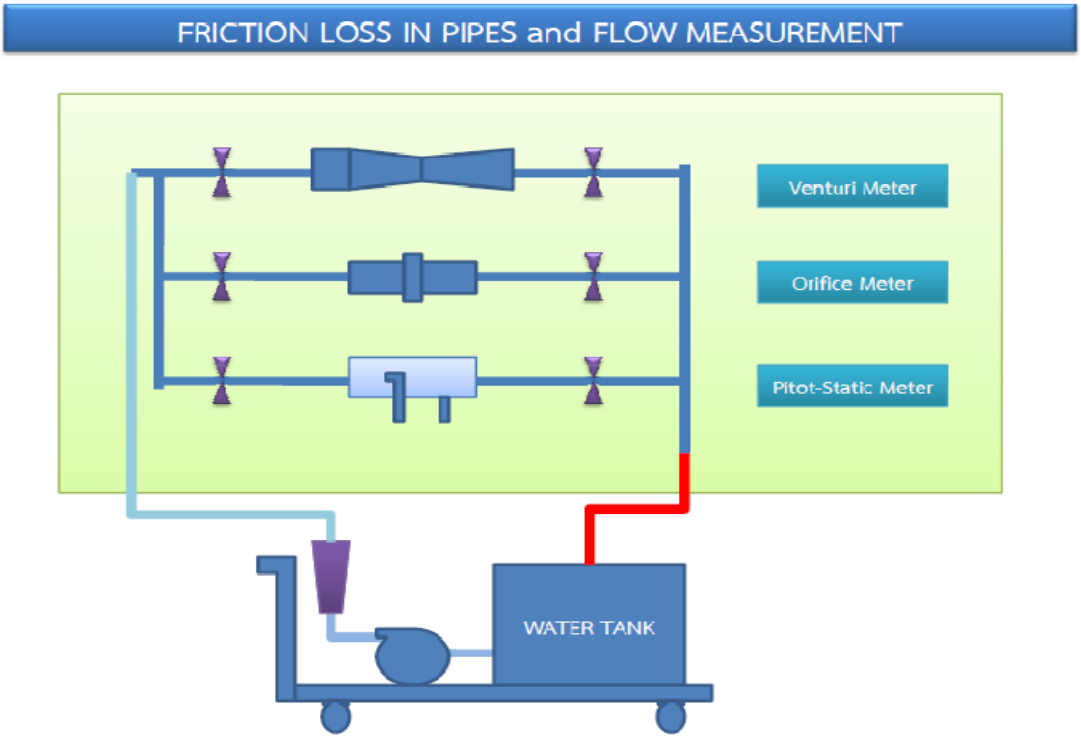
ภาพที่ 3.77 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (แบบองค์รวม)



ภาพที่ 3.78 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Long Pipe)



ภาพที่ 3.79 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Fittings and Valves)



ภาพที่ 3.80 แผนผังอุปกรณ์ของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement (เฉพาะ Flow Measurement Meter)

สำหรับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction loss in pipes and Flow Measurement เพื่อใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

3.2.18.1 ก่อนดำเนินการทดลองให้ประกอบสายยางระหว่างชุดถังน้ำและชุดทดลองการวัดการสูญเสียในท่อและการวัดอัตราการไหล โดยสามารถสอบถามอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลในการประกอบได้เพื่อความถูกต้อง

3.2.18.2 ปรับระดับน้ำในมานอมิเตอร์ให้เป็นระดับเดียวกันทุกครั้งก่อนทำการวัด

3.2.18.3 ตรวจสอบจุดสวมสายยางให้แน่นก่อนทำการทดลองทุกครั้ง

3.2.18.4 เปิดเบรกเกอร์ให้ปั๊มน้ำทำงาน

3.2.18.5 เปิดวาล์วพายพาสเพื่อปรับอัตราการไหลตามแผนการทดลอง โดยดูอัตราการไหลจากโรตามิเตอร์

3.2.18.6 ต่อสายมานอมิเตอร์คร่อมอุปกรณ์ที่ต้องการวัดเฮดการสูญเสีย

3.2.18.7 เปิดวาล์วที่ปลายของจุดวัดที่คร่อมอุปกรณ์ที่ต้องการวัดเฮดการสูญเสีย

3.2.18.8 บันทึกค่าของ ΔH ของอุปกรณ์และท่อต่างๆ

3.2.18.9 ปรับเปลี่ยนอัตราการไหลตามแผนการทดลองจนครบทุกอุปกรณ์ที่ได้รับมอบหมายจากอาจารย์ประจำปฏิบัติการทดลอง

3.3 ขั้นตอนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

ในหัวข้อนี้ผู้เขียนขอนำเสนอขั้นตอนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี ซึ่งได้จากการศึกษาและสร้างความเข้าใจของระบบการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสำหรับการเรียนเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการทางวิศวกรรมเคมีมาแล้วจากหัวข้อ 3.2 ผู้เขียนสามารถสรุปขั้นตอนการซ่อมหลักการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีได้ดังนี้

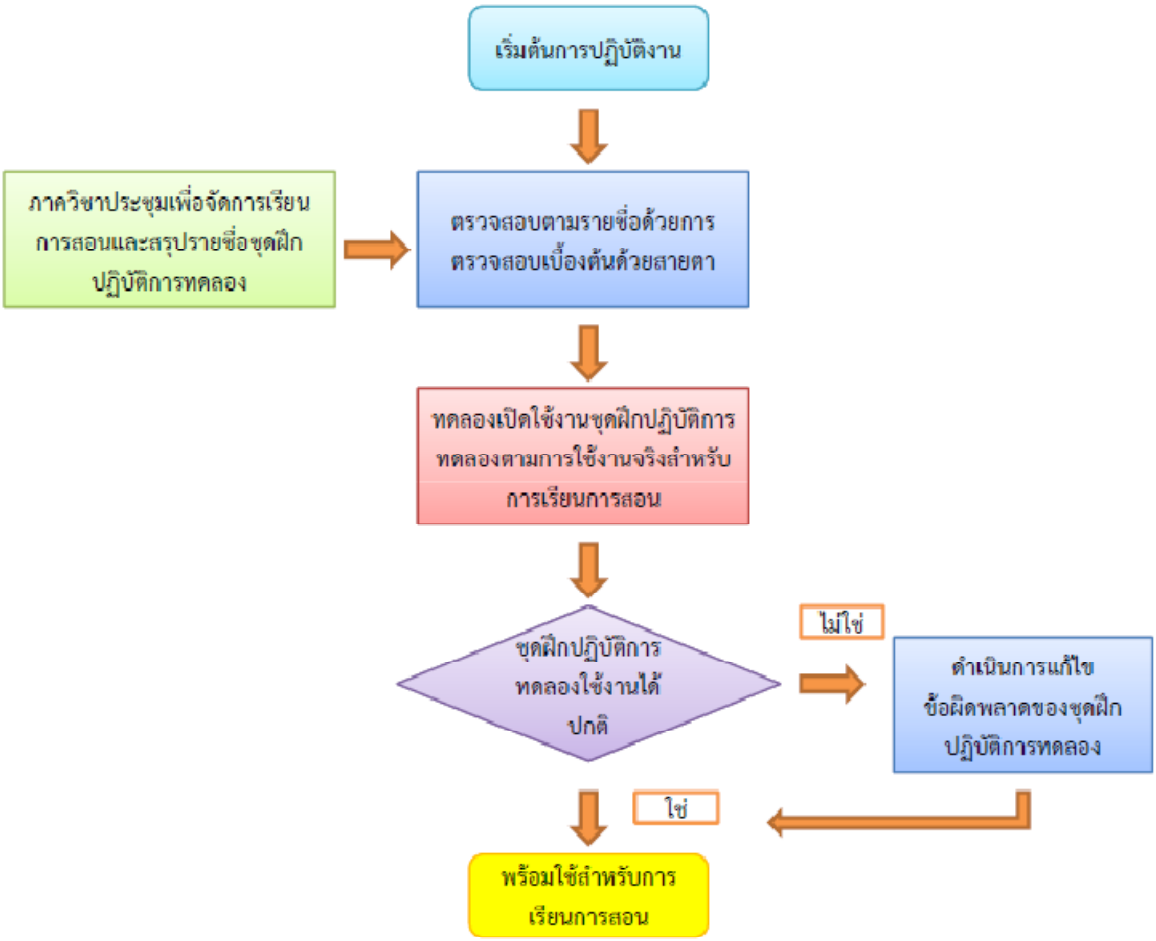
3.3.1 สอบถามหรือฟังการสรุปการวางแผนการเรียนการสอนแบบภาพรวมของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในแต่ละภาคการศึกษา โดยเน้นเฉพาะส่วนของรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี

3.3.2 นำรายการของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ใช้ในแต่ภาคการศึกษาไปตรวจสอบสภาพความพร้อมเบื้องต้น คือ ความสะอาดและความเสียหายเบื้องต้น (ใช้การตรวจด้วยสายตา) โดยยังไม่ต้องเปิดใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

3.3.3 เปิดใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทำงานตามขั้นตอนของการวางแผนการทดลอง (สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ต้องใช้ของเหลวทดสอบ ให้ใช้น้ำมาทดสอบเพื่อความปลอดภัย)

3.3.4 บันทึกความผิดพลาดระหว่างการทดสอบการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

3.3.5 ดำเนินการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดกับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ



ภาพที่ 3.81 แผนผังขั้นตอนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

บทที่ 4
เทคนิคในการปฏิบัติงาน

4.1 การศึกษาและประเมินการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

จากที่ผู้เขียนได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เกี่ยวกับภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นเบื้องต้นแล้วนั้น สำหรับในบทที่ 4 ผู้เขียนจะขอนำเสนอในส่วนของเทคนิคในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

สิ่งที่สำคัญที่ต้องทราบเป็นข้อมูลเบื้องต้นประการแรก คือ การประเมินการใช้งานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี ซึ่งก็หมายถึงอายุของการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีนั่นเอง สำหรับอายุของการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง เราสามารถศึกษาได้จากเลขทะเบียนครุภัณฑ์ทางการศึกษาว่าได้รับการจัดหาตั้งแต่เมื่อใดก็จะทำให้ทราบว่าอายุการใช้งาน ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน แต่สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ได้จากการจัดทำโครงงานวิศวกรรมเคมีของนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรเคมี เราจะไม่สามารถทราบช่วงเลาของการสร้างที่แท้จริงได้เนื่องจากไม่มีการจดบันทึกเอาไว้เป็นลายลักษณ์อักษรที่ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ในส่วนนี้ผู้เขียนจึงได้อนุมานว่ามีอายุการใช้งานผ่านมาประมาณ 25 ปี (จากการนับว่านักศึกษารุ่นแรกจบการศึกษา) ทั้งนี้ที่ผู้เขียนใช้หลักเกณฑ์การประเมินดังกล่าวเพราะจากข้อมูลที่ได้สอบถามอาจารย์และเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานมาตั้งแต่ก่อตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์บอกว่านักศึกษารุ่นแรกๆ มีน้อยและอุปกรณ์ต่างๆ ยังมีไม่ครบถ้วน เมื่อนักศึกษาเรียนถึงการศึกษาสุดท้ายต้องจัดทำโครงงานวิศวกรรม คณาจารย์จึงมีแนวคิดให้นักศึกษาสร้างชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเพื่อใช้ทดสอบศึกษาและนำมาใช้ในการเรียนการสอนรุ่นต่อๆ มา ดังนั้นเพื่อความเข้าใจและง่ายต่อการวางแผนการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี ผู้เขียนจึงขอสรุปอายุการใช้งานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมีจนถึงปัจจุบัน โดยจะแยกประเภท คือ 1. ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นครุภัณฑ์ที่ได้จัดซื้อจากงบประมาณแผ่นดิน (มีหมายเลขครุภัณฑ์กำกับ) 2. ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นโครงงานวิศวกรรมเคมี และ 3. ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่อาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีบริจาคและภาควิชาวิศวกรรมเคมีจัดสร้างเอง ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 4.1 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่อาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีบริจาคและภาควิชาวิศวกรรมเคมีจัดสร้างเอง

ลำดับ	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	ที่มาของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	อายุการใช้งาน
1	PID Control	อาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีบริจาค	6 ปี
2	Sedimentation	ภาควิชาวิศวกรรมเคมีจัดสร้างเอง	27 ปี
3	Fluid Mixing	ภาควิชาวิศวกรรมเคมีจัดสร้างเอง	3 ปี

ตารางที่ 4.2 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นโครงงานวิศวกรรมเคมี

ลำดับ	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	ที่มาของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	อายุการใช้งาน
1	Shell and Tube Heat Transfer	โครงงานวิศวกรรมเคมีปีการศึกษา 2538	25 ปี
2	Solid – Liquid Fluidization	โครงงานวิศวกรรมเคมีปีการศึกษา 2538	25 ปี
3	Friction loss in pipes and flow measurement	โครงงานวิศวกรรมเคมีปีการศึกษา 2538	25 ปี

ตารางที่ 4.3 ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่เป็นครุภัณฑ์ที่ได้จัดซื้อจากงบประมาณแผ่นดิน

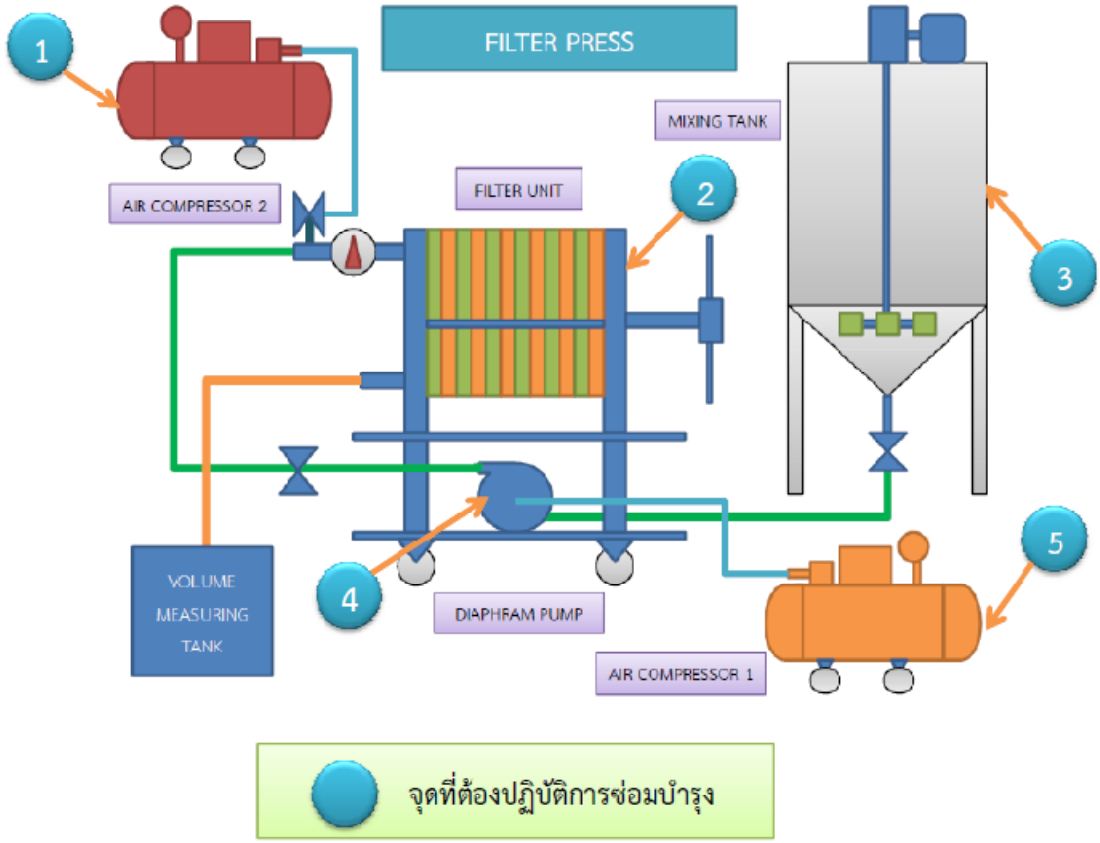
ลำดับ	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี	หมายเลขครุภัณฑ์	อายุการใช้งาน
1	Filter Press	EG - 36 - CH 055	27 ปี
2	Fluidized Bed Heat Transfer	EG - L- 43 - CH 016	20 ปี
3	Multi – pump Test Set	EG - 40 – CH 068	23 ปี
4	Pneumatic Conveyor and Bag Filter	EG – 40 – CH 073	23 ปี
5	Batch Distillation	EG – 40 –CH 075	23 ปี
6	Continuous Stirred Tank Reactor	EG – 38 – CH 016	25 ปี
7	Liquid – Liquid Extraction	EG – 36 – CH 051	27 ปี
8	Spray Dryer	EG – 36 – CH 066	27 ปี
9	Solid – Liquid Extraction	EG – 34 – CH 056	29 ปี
10	Gas Absorption	EG – 36 – CH 052	27 ปี
11	Tray Dryer	EG – 36 – CH 059	27 ปี
12	Water Cooling Tower	EG – 38 – CH 023	27 ปี

4.2 เทคนิคการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

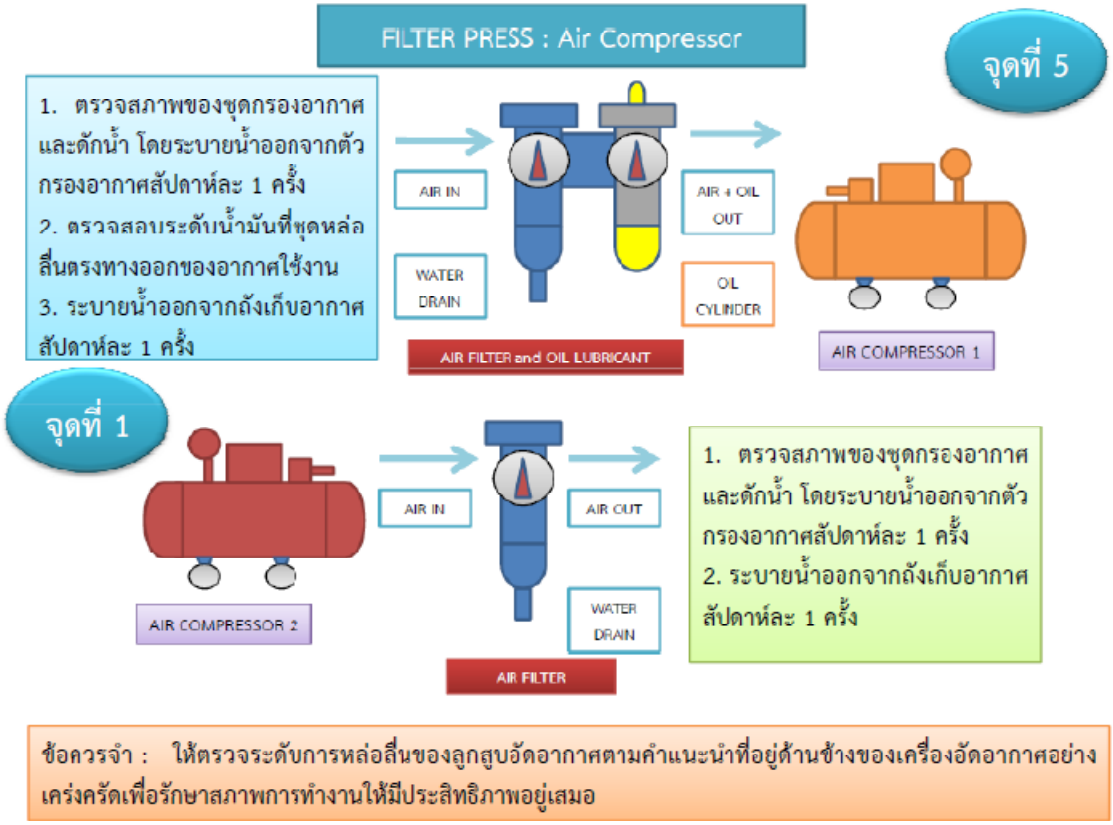
จากการประเมินการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทำให้ทราบว่าอายุการใช้งานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 20 – 29 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานมาก จะเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญของการยืดอายุการใช้งานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง คือ การซ่อมบำรุงและปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผู้เขียนได้ให้ความสำคัญมาโดยตลอดเพราะมูลค่าชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ละชุดมีค่าสูง เนื่องจากส่วนใหญ่จัดหามาจากบริษัทผู้ผลิตจากต่างประเทศผ่านทางตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ ผู้เขียนจึงมีแนวคิดที่ดำเนินการศึกษาการใช้งานของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ละชุดให้เข้าใจอย่างถ่องแท้เพื่อที่จะได้ดำเนินการซ่อมบำรุงและปรับปรุงได้ด้วยตนเองเพื่อลดการพึ่งพาตัวแทนจำหน่ายมาดำเนินการ ทั้งนี้ผู้เขียนได้เคยติดต่อสอบถามบางบริษัทที่เคยจัดหาชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

พบว่าได้ยกเลิกการขายไปบ้างก็มี หรือมีก็ต้องนำเข้าอะไหล่มาจากต่างประเทศทำให้มีราคาแพงและไม่ตรงรุ่น เพราะมีการผลิตแบบใหม่ๆ มาทดแทนของเดิม ปัญหาเหล่านี้เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนการสอนอย่างยิ่ง ดังนั้นการที่จะต้องใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานจึงต้องระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดการเสียหาย แต่ถ้าหากเกิดขึ้นก็จะทำให้การปฏิบัติการทดลองเกิดข้อจำกัด การเรียนการสอนก็จะไม่ได้ตามที่วางแผนไว้ ฉะนั้นผู้เขียนจึงได้ทำการรวบรวมและสังเคราะห์แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแต่ละชุดเพื่อให้สามารถสนับสนุนการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะแสดงในรูปแบบของแผนภาพเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

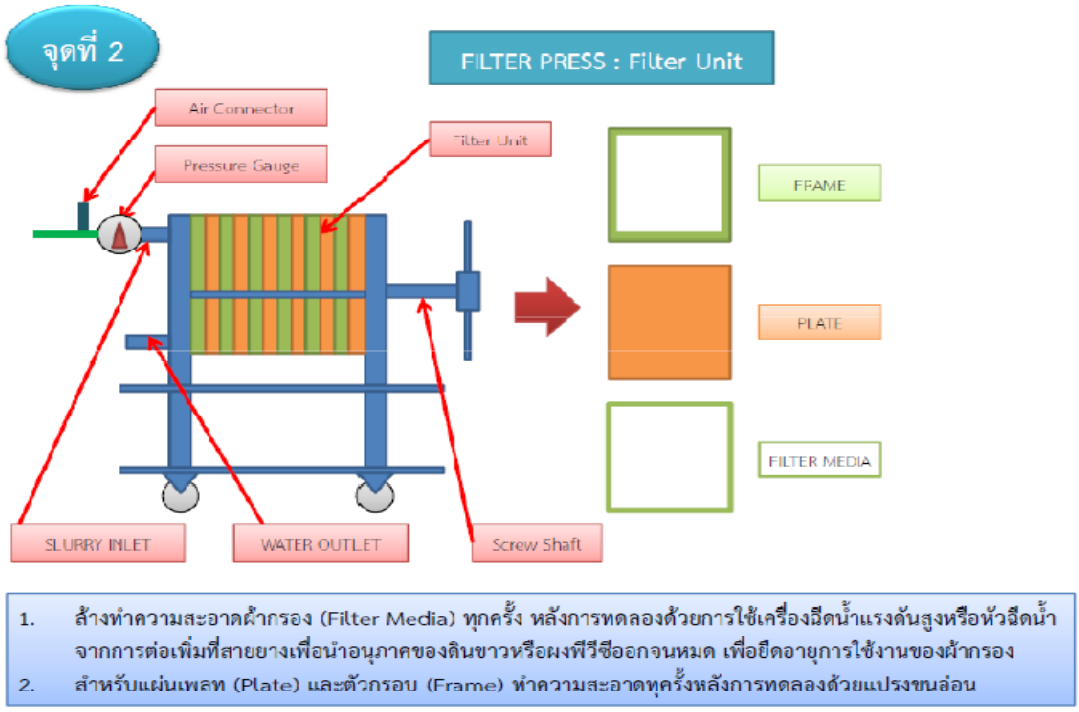
4.2.1 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Filter Press



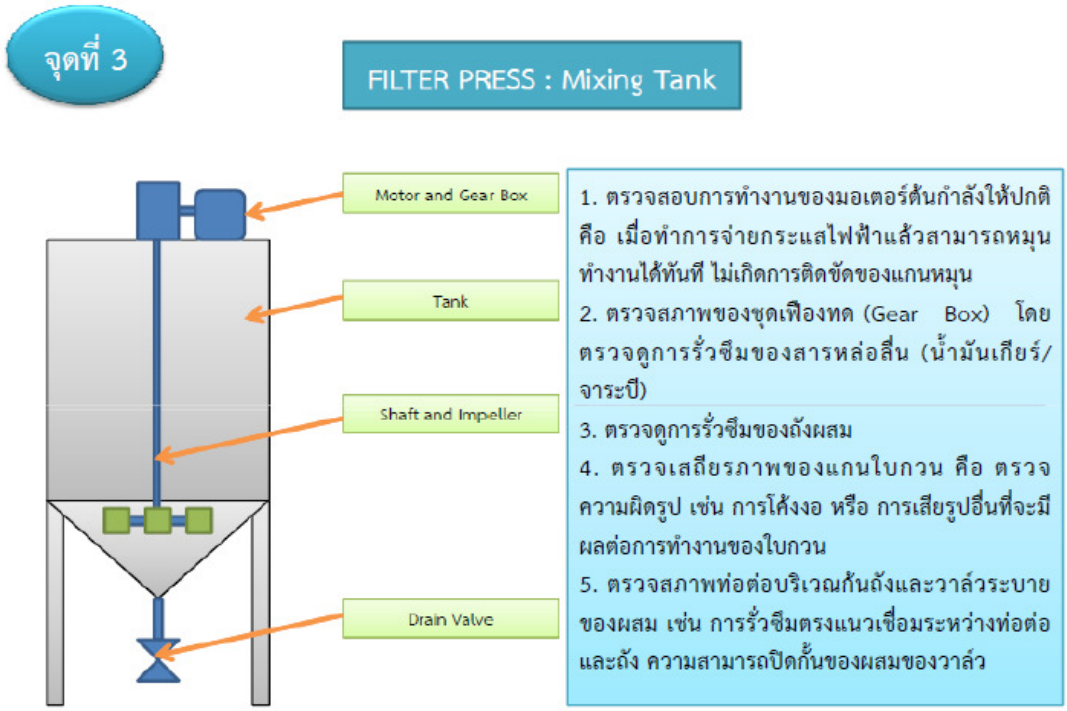
ภาพที่ 4.1 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Filter Press**



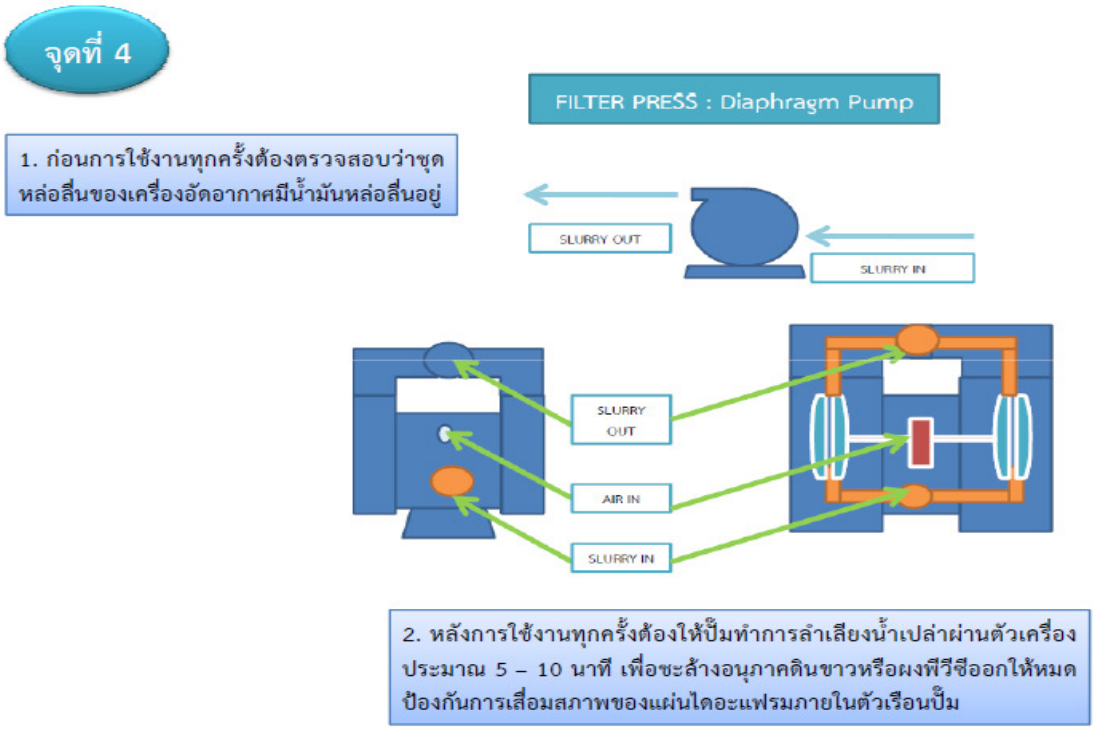
ภาพที่ 4.2 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศของชุดปฏิบัติการทดลอง **Filter Press**



ภาพที่ 4.3 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงหน่วยกรองของชุดปฏิบัติการทดลอง **Filter Press**

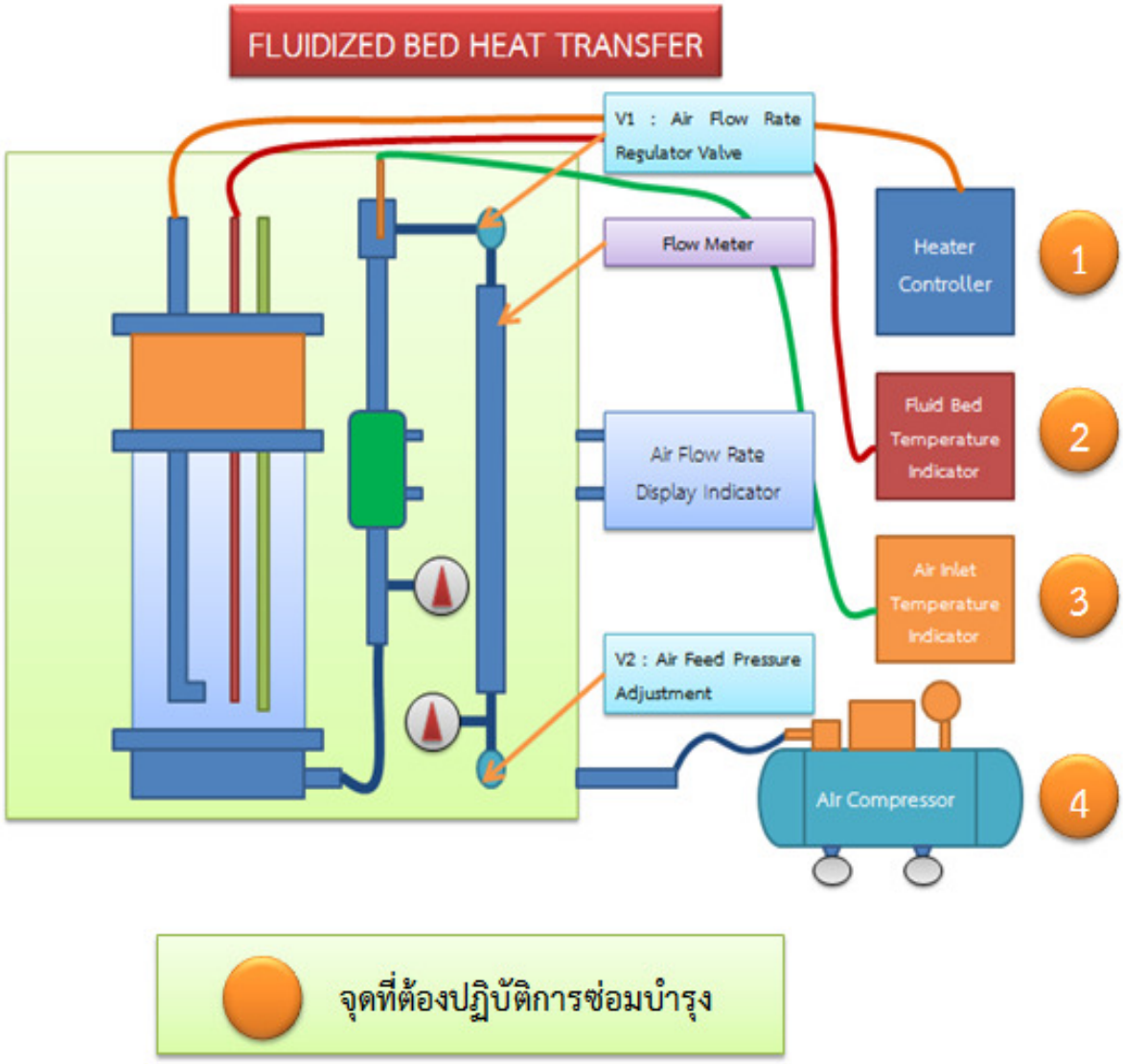


ภาพที่ 4.4 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงถังผสมของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press

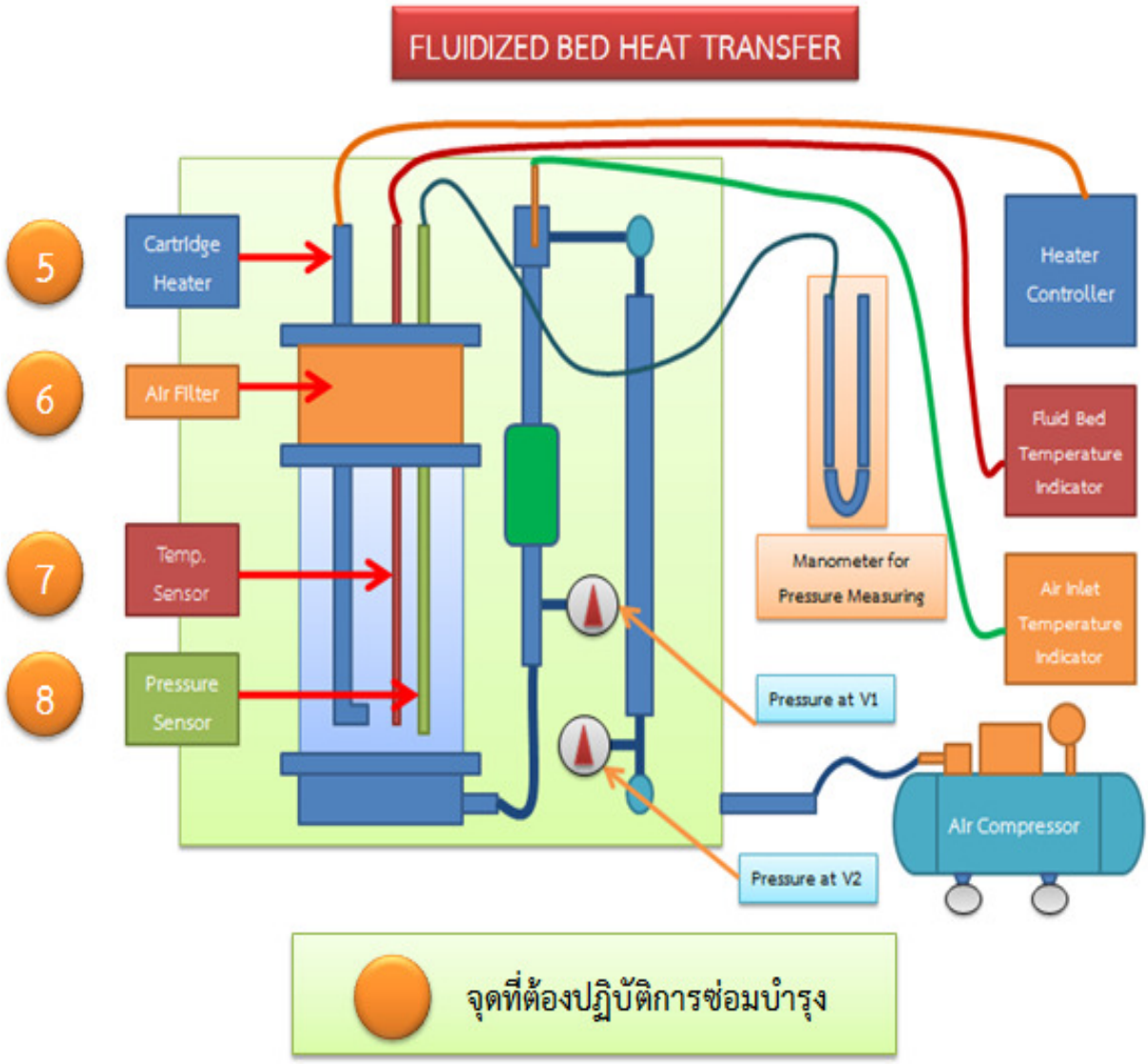


ภาพที่ 4.5 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงปั๊มไดอะแฟรมของชุดปฏิบัติการทดลอง Filter Press

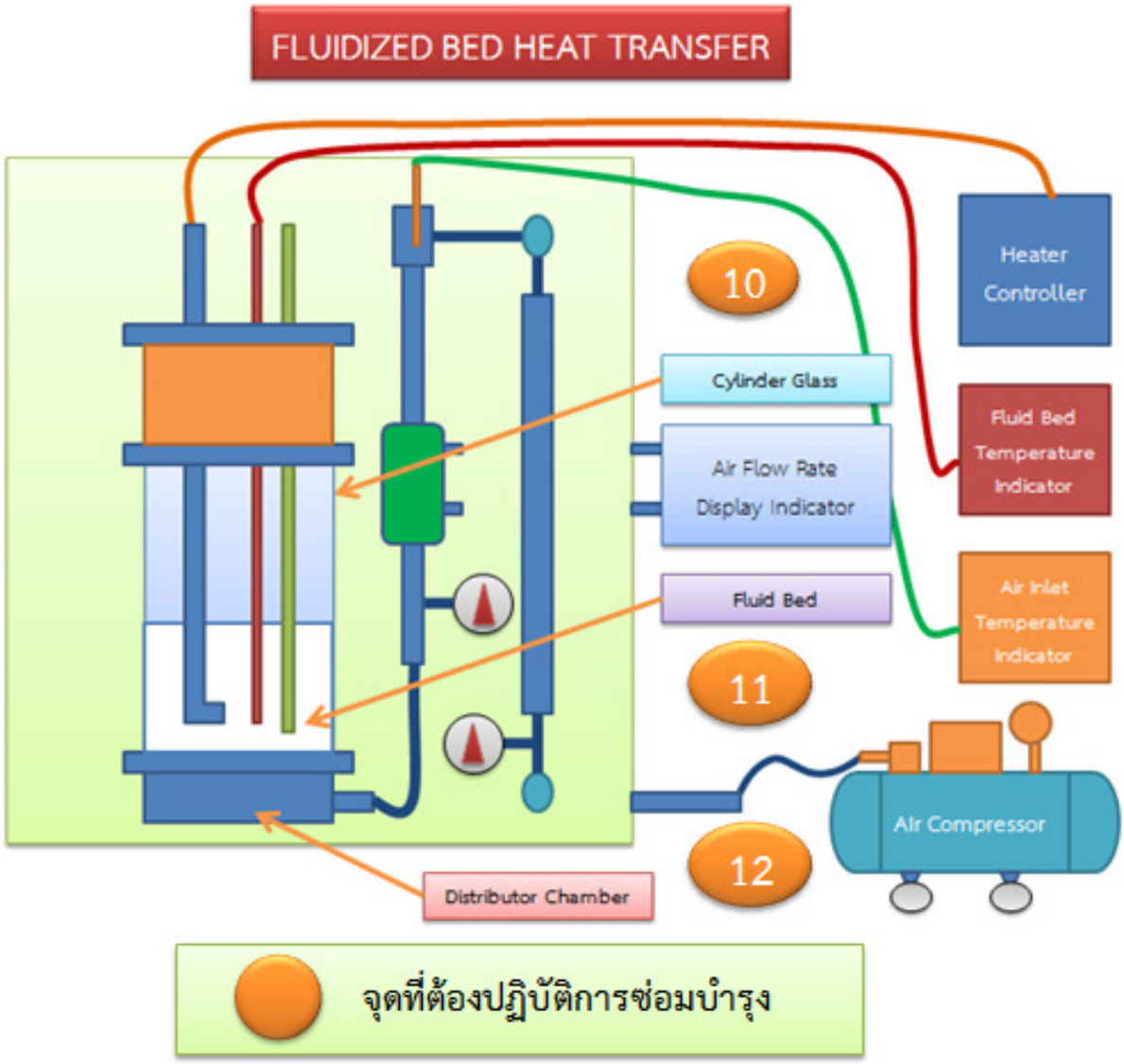
4.2.2 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluidized Bed Heat Transfer



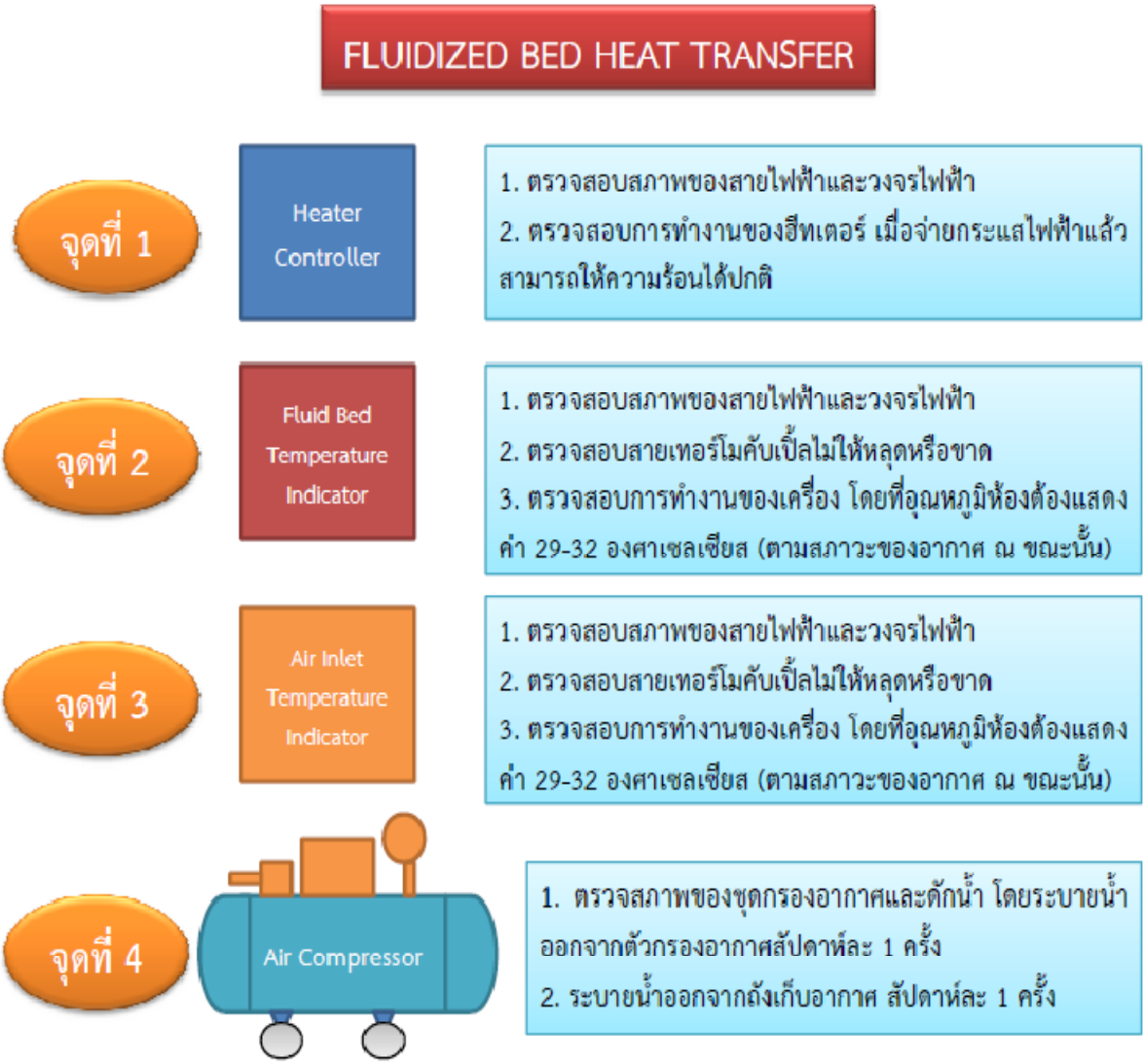
ภาพที่ 4.6 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 1)**



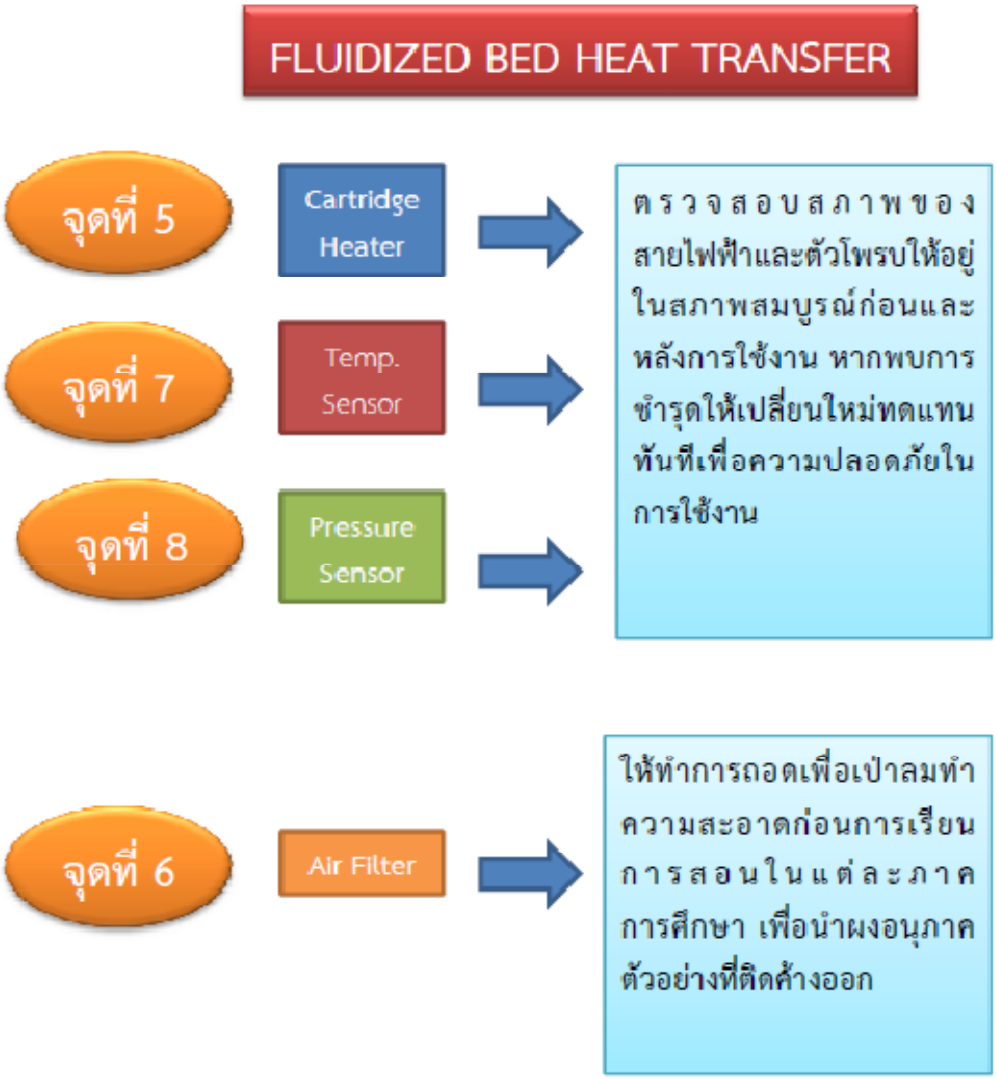
ภาพที่ 4.7 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 2)**



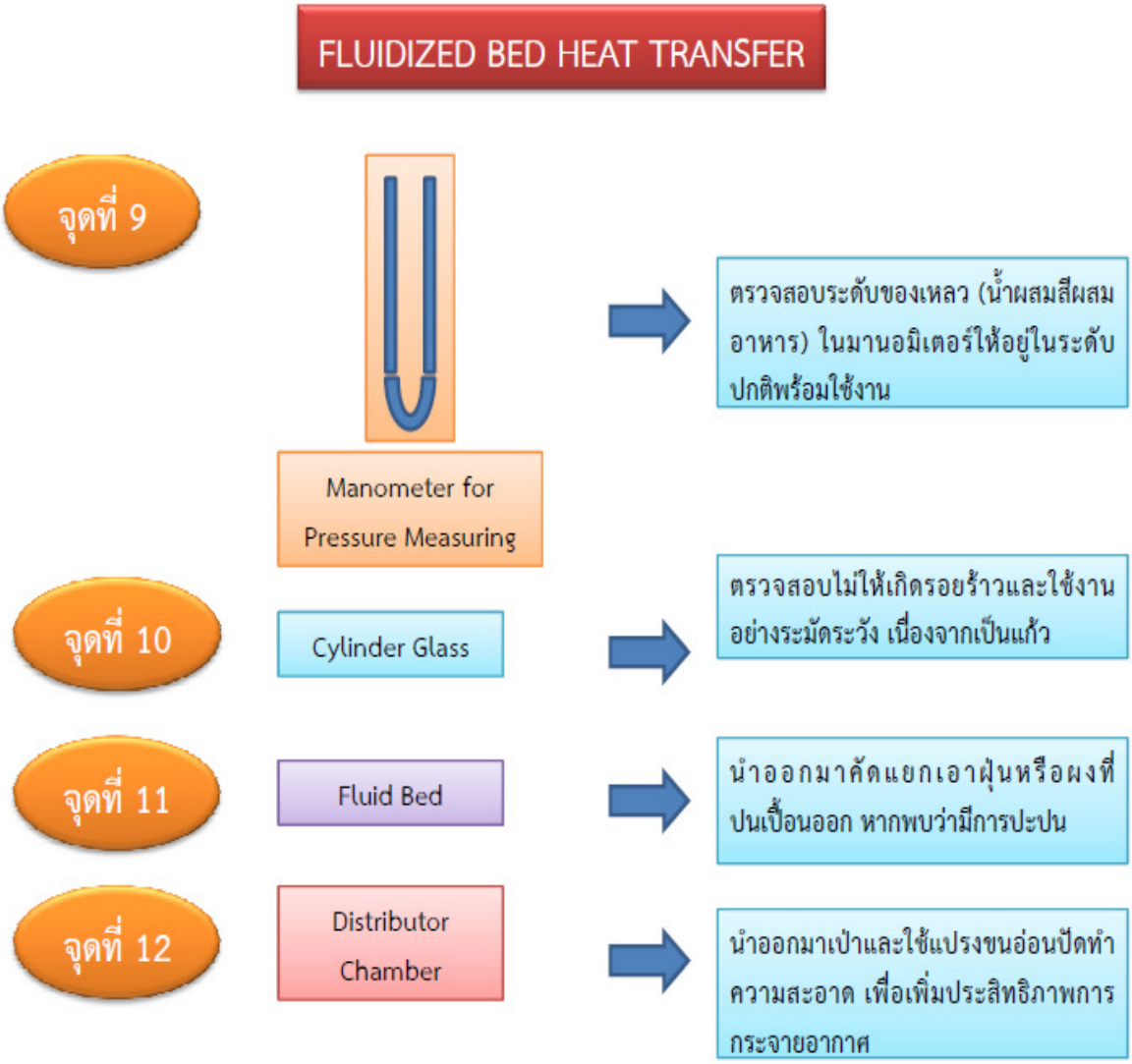
ภาพที่ 4.8 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 3)**



ภาพที่ 4.9 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 1)**

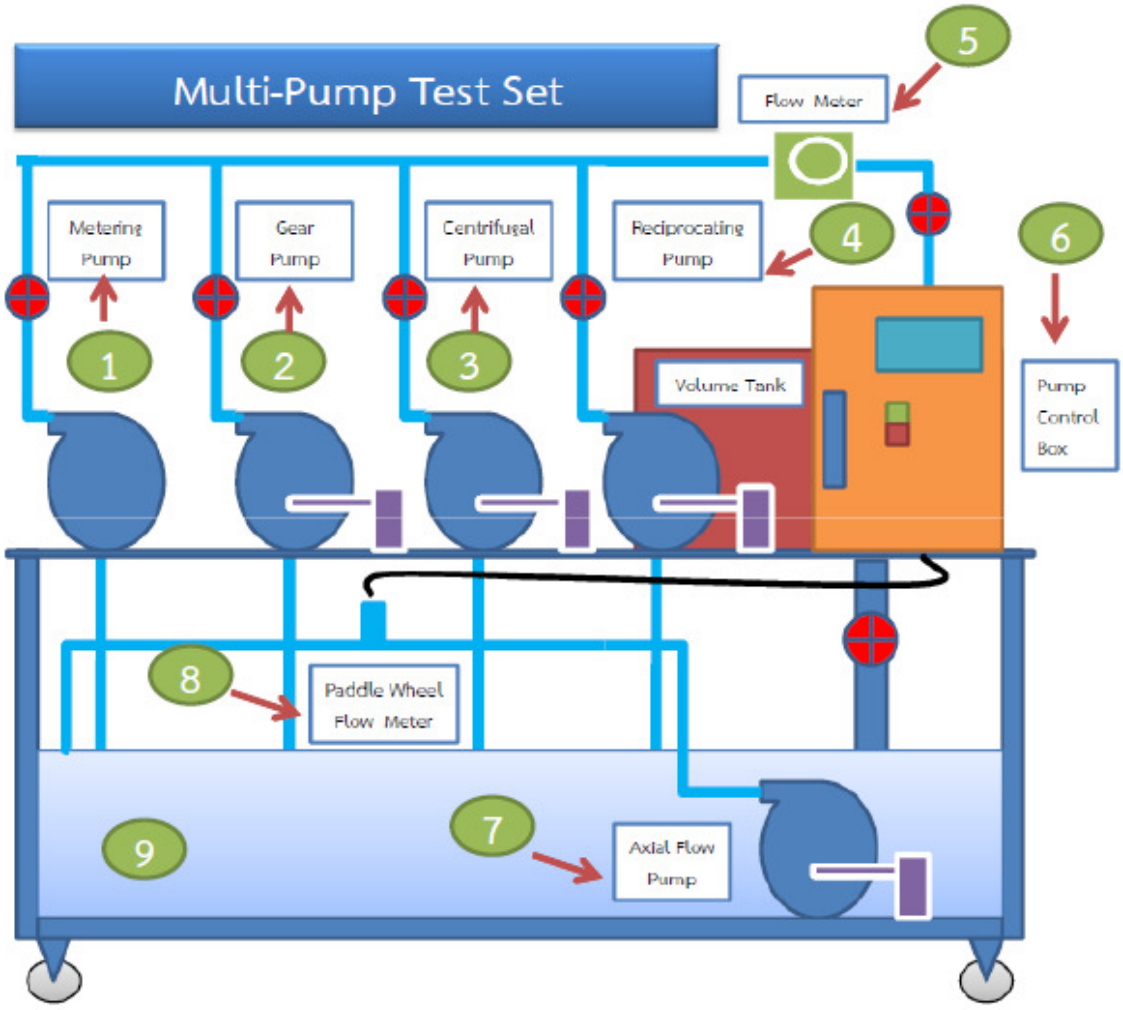


ภาพที่ 4.10 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 2)**

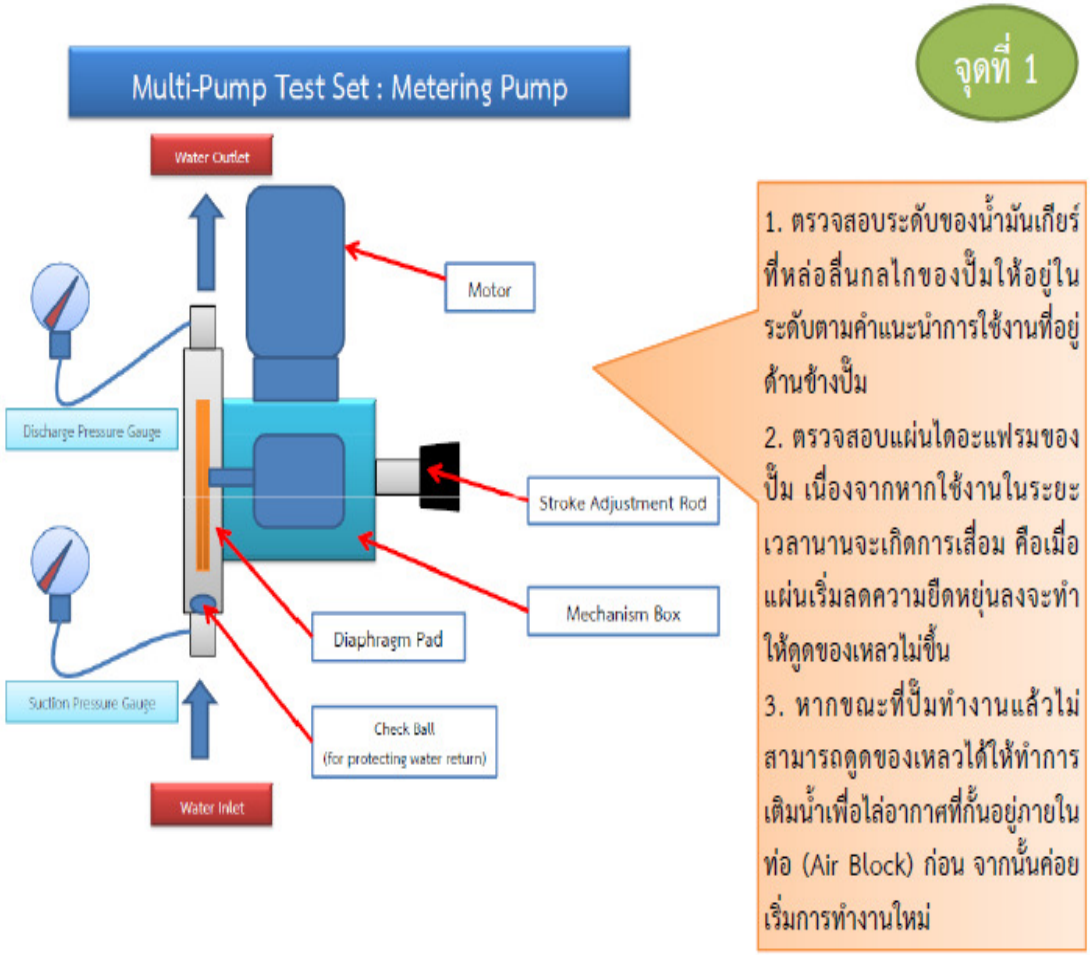


ภาพที่ 4.11 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluidized Bed Heat Transfer (ชุดที่ 3)**

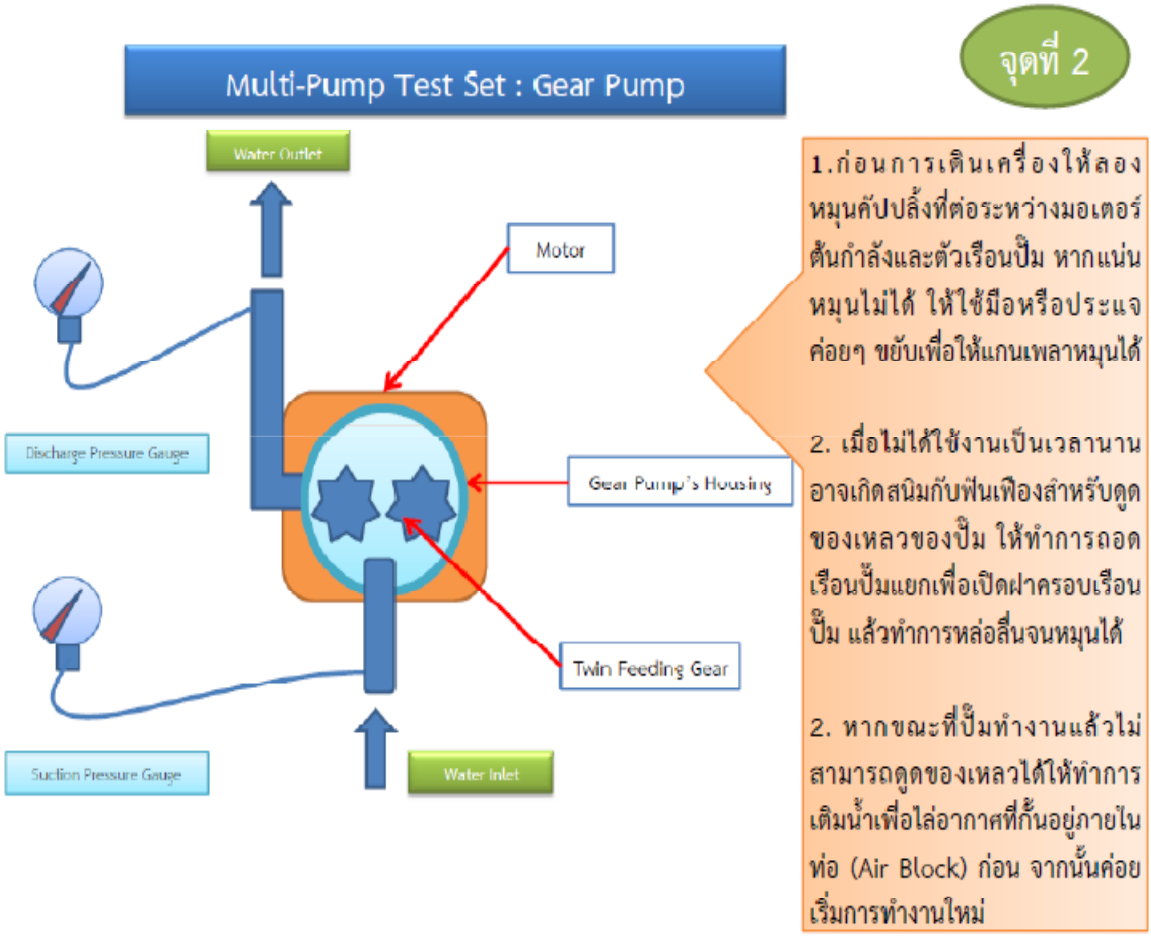
4.2.3 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set



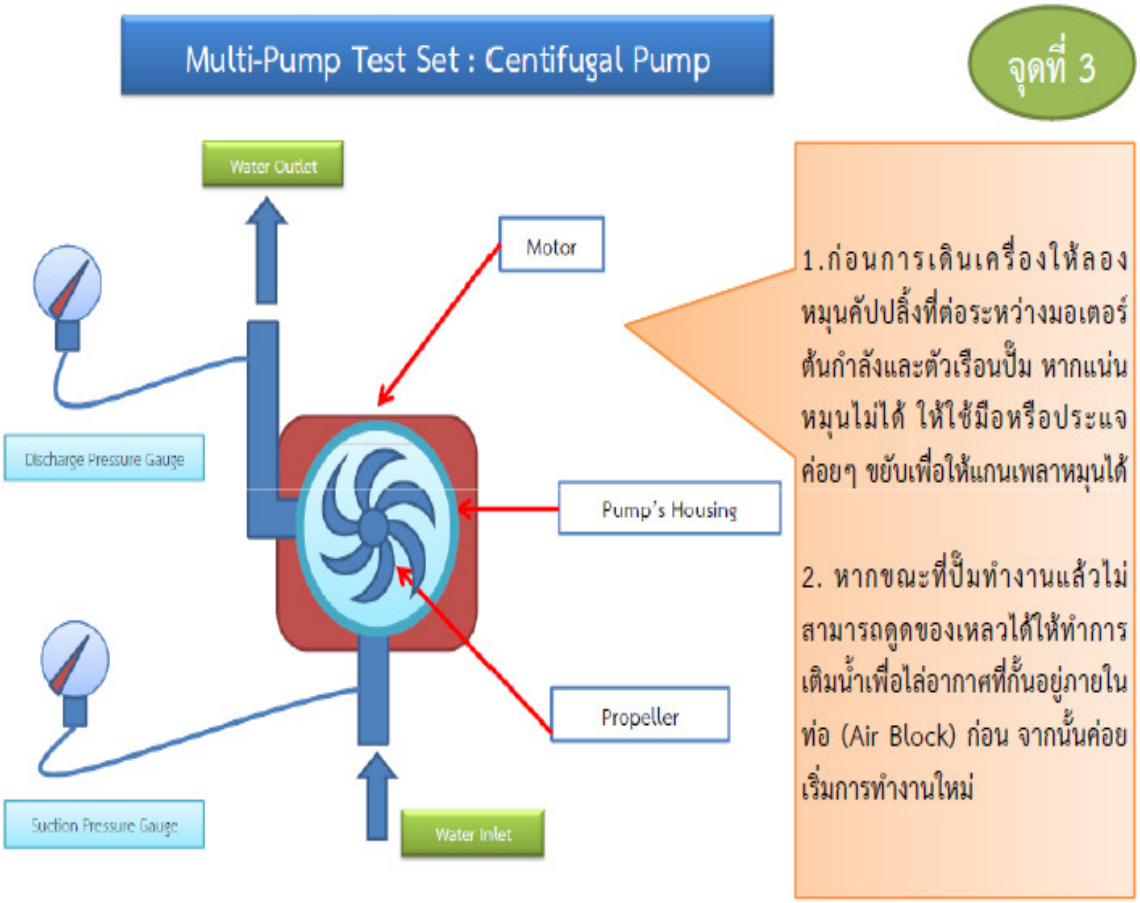
ภาพที่ 4.12 แผนภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**



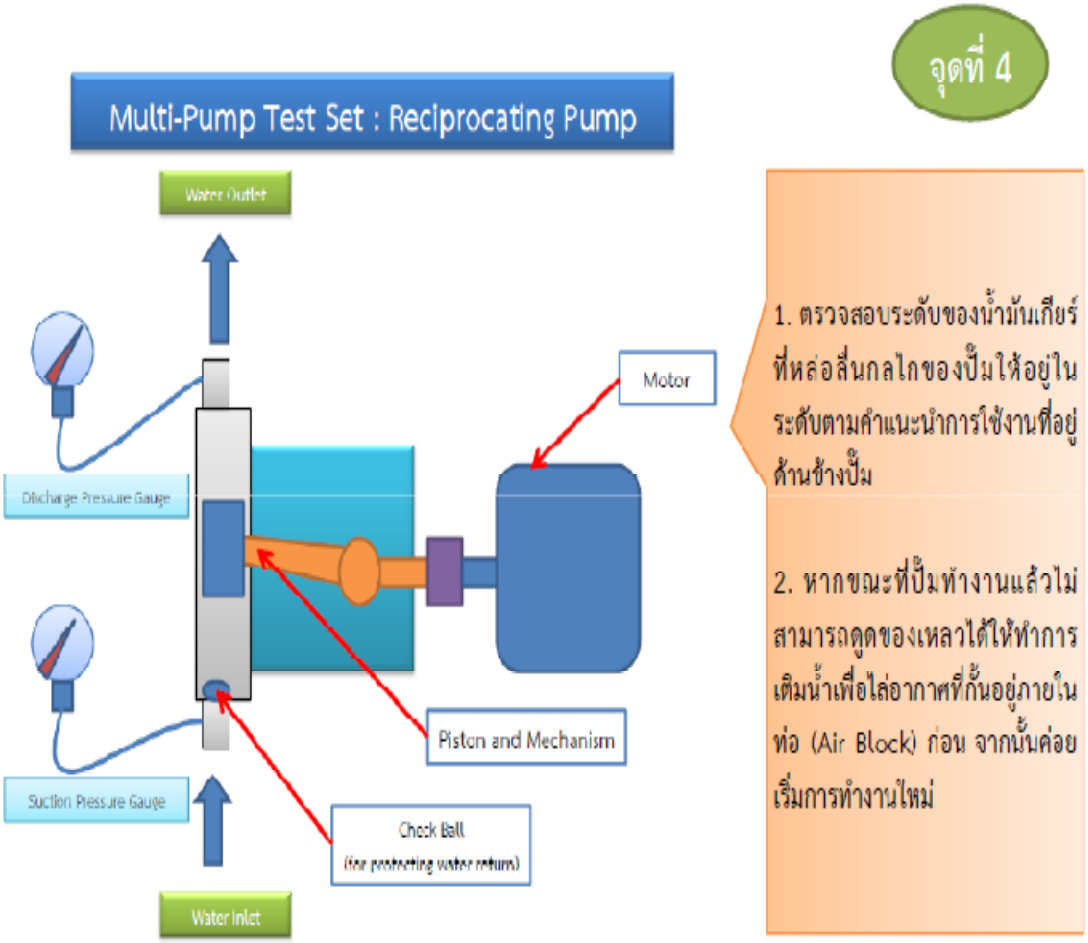
ภาพที่ 4.13 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Metering Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**



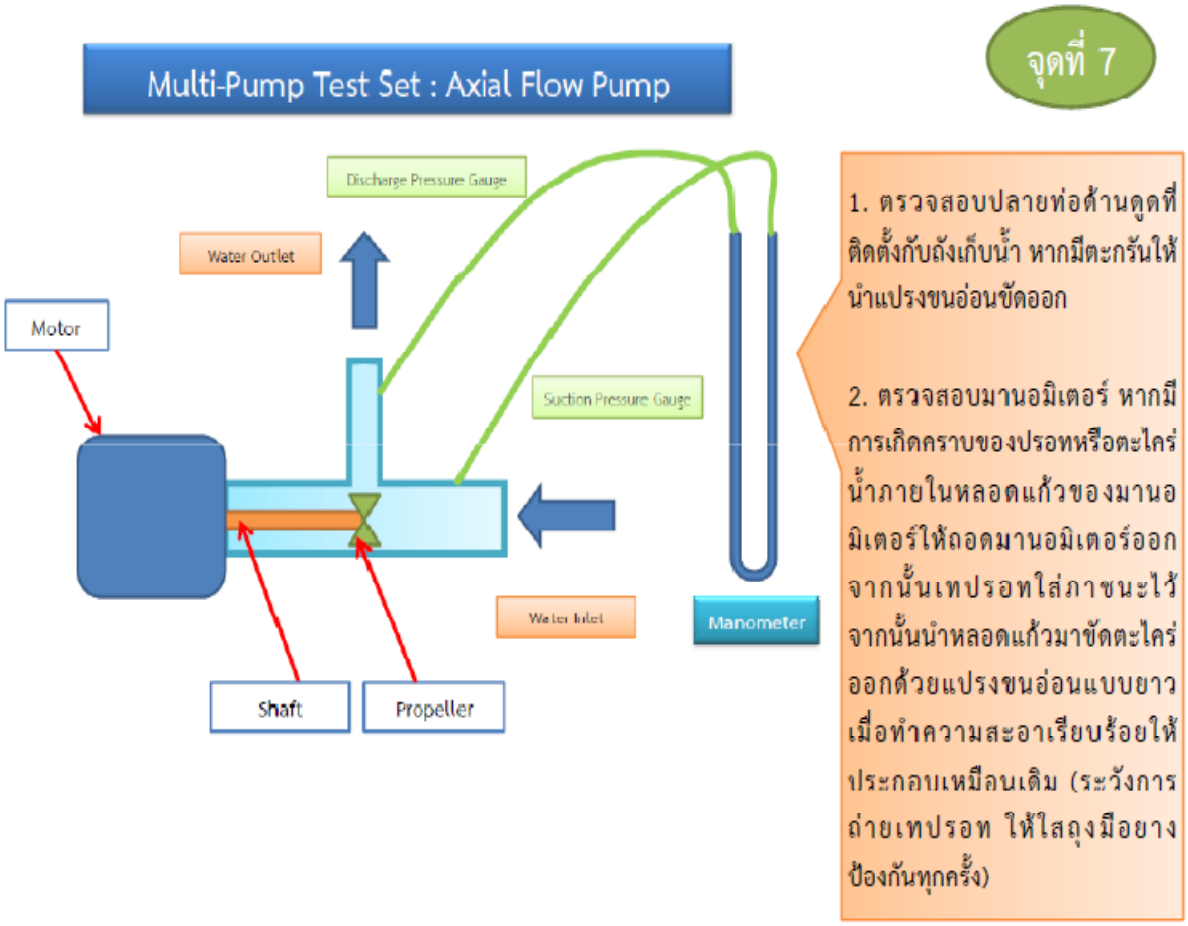
ภาพที่ 4.14 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Gear Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**



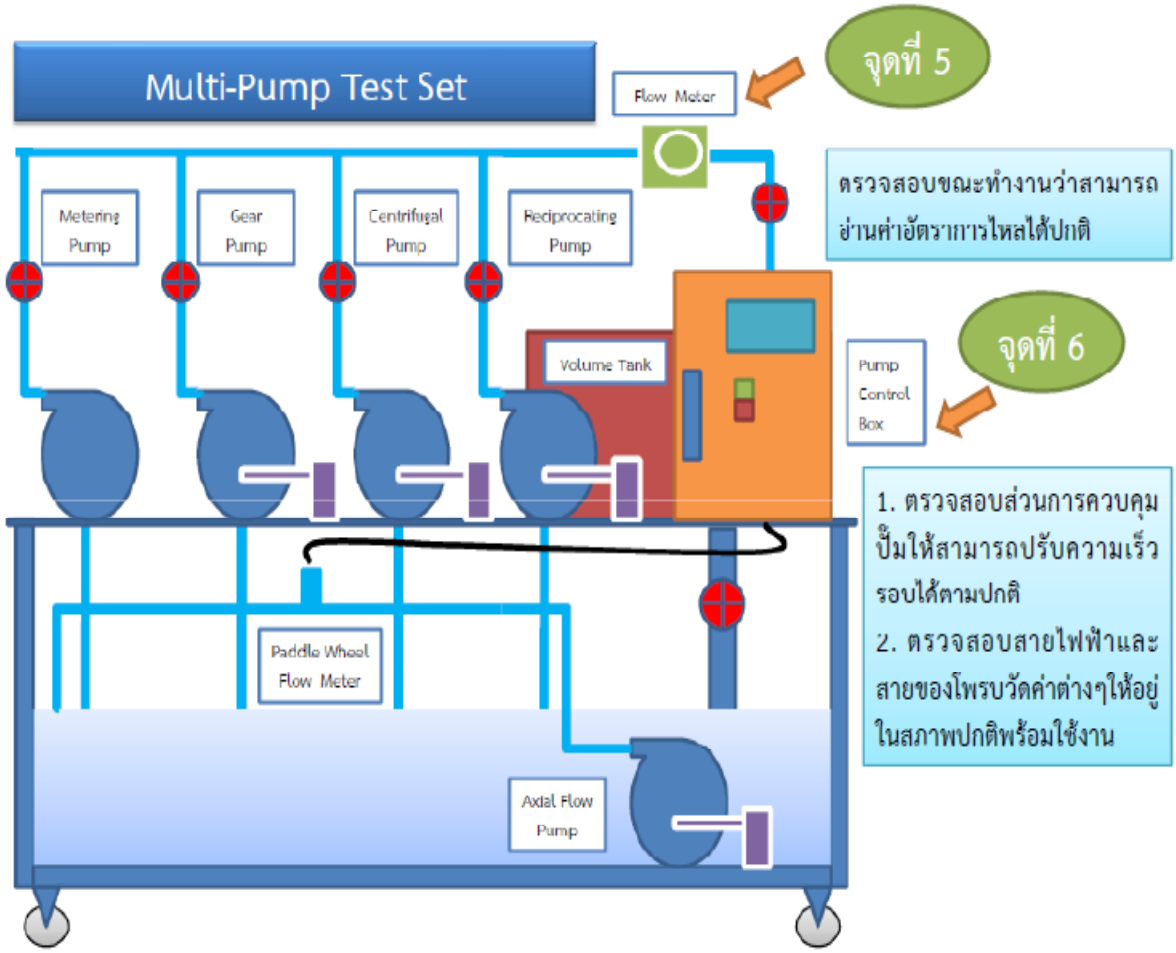
ภาพที่ 4.15 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Centrifugal Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**



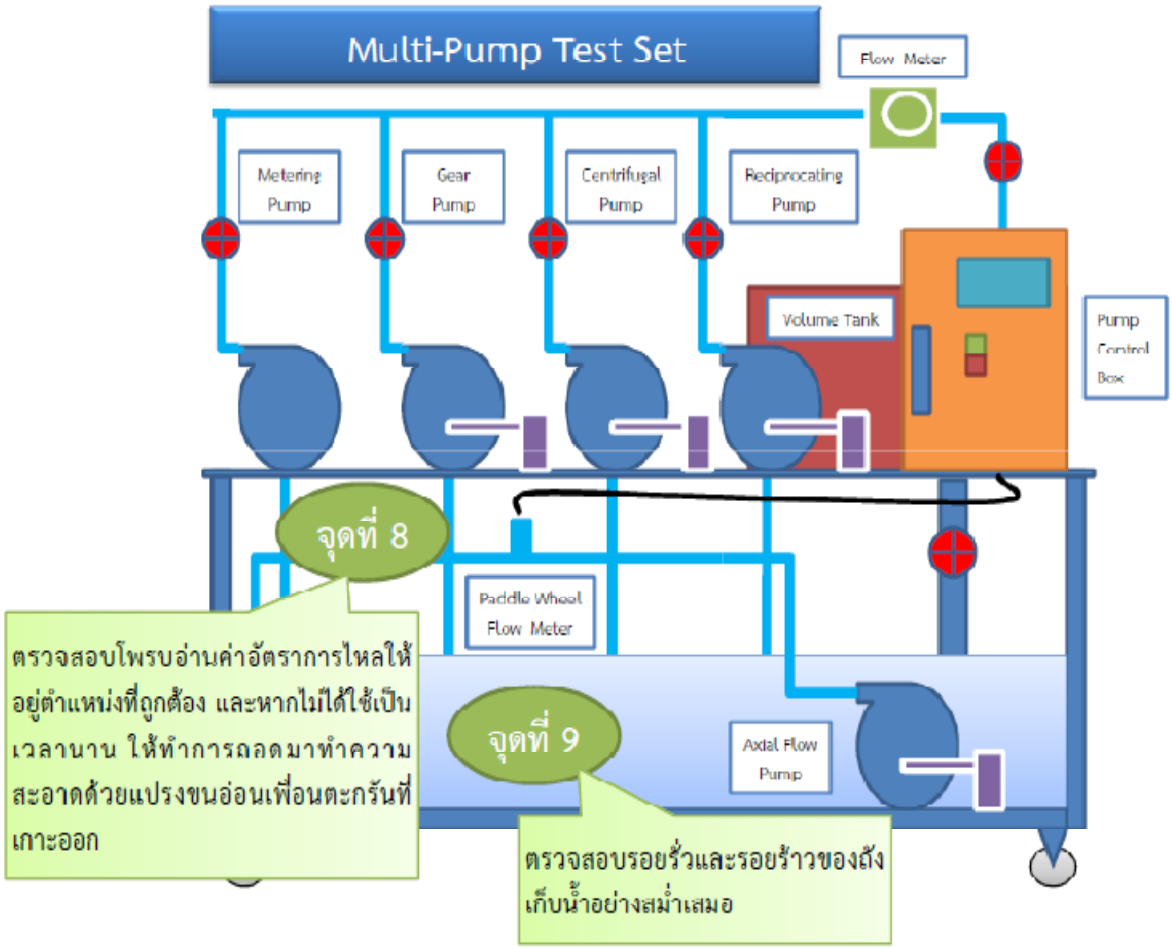
ภาพที่ 4.16 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Reciprocating Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง Multi-pumps Test Set



ภาพที่ 4.17 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Axial Flow Pump ของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**

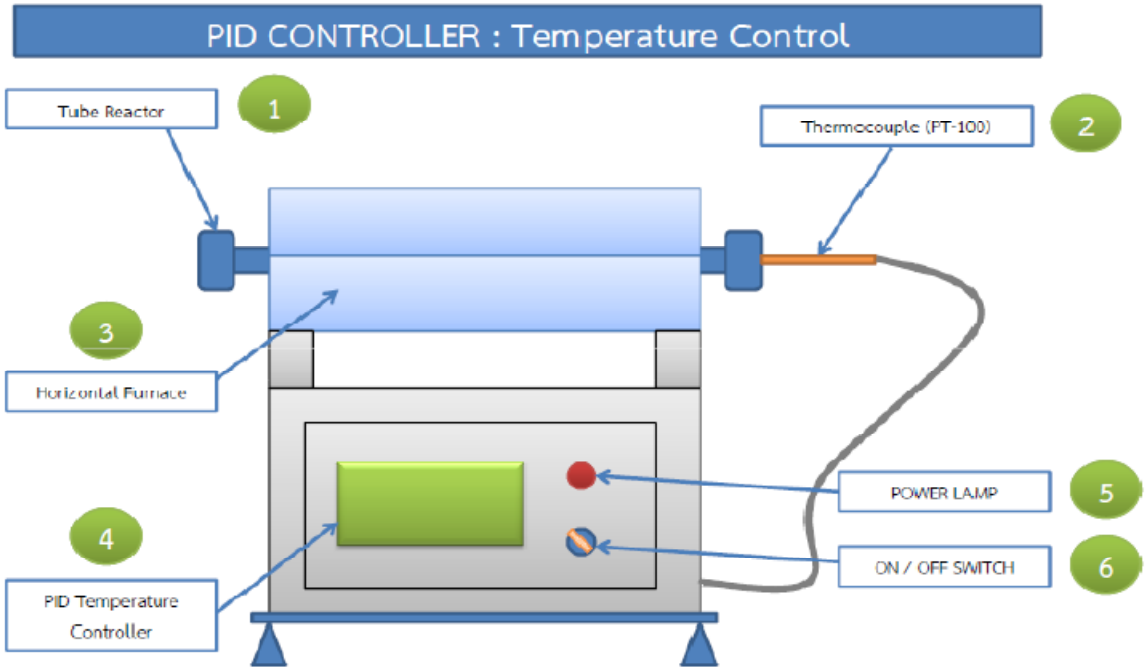


ภาพที่ 4.18 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Flow Meter และ Pump Control Box ของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**

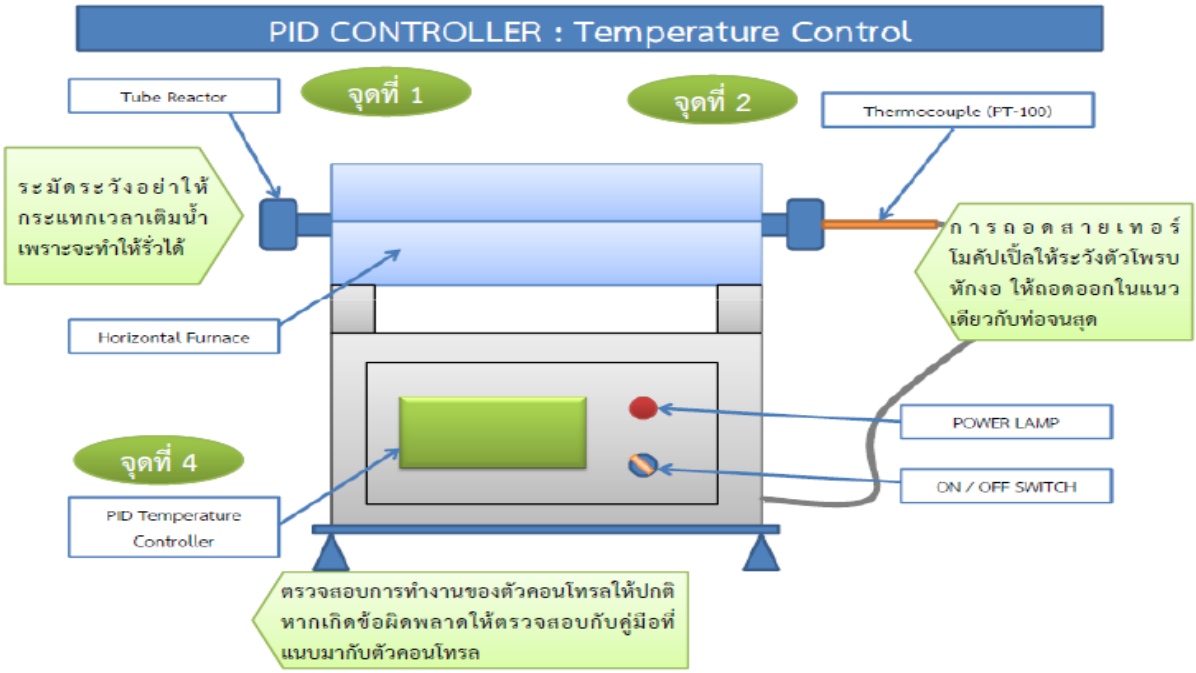


ภาพที่ 4.19 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุง Paddle Wheel Flow Meter และถังเก็บน้ำของชุดปฏิบัติการทดลอง **Multi-pumps Test Set**

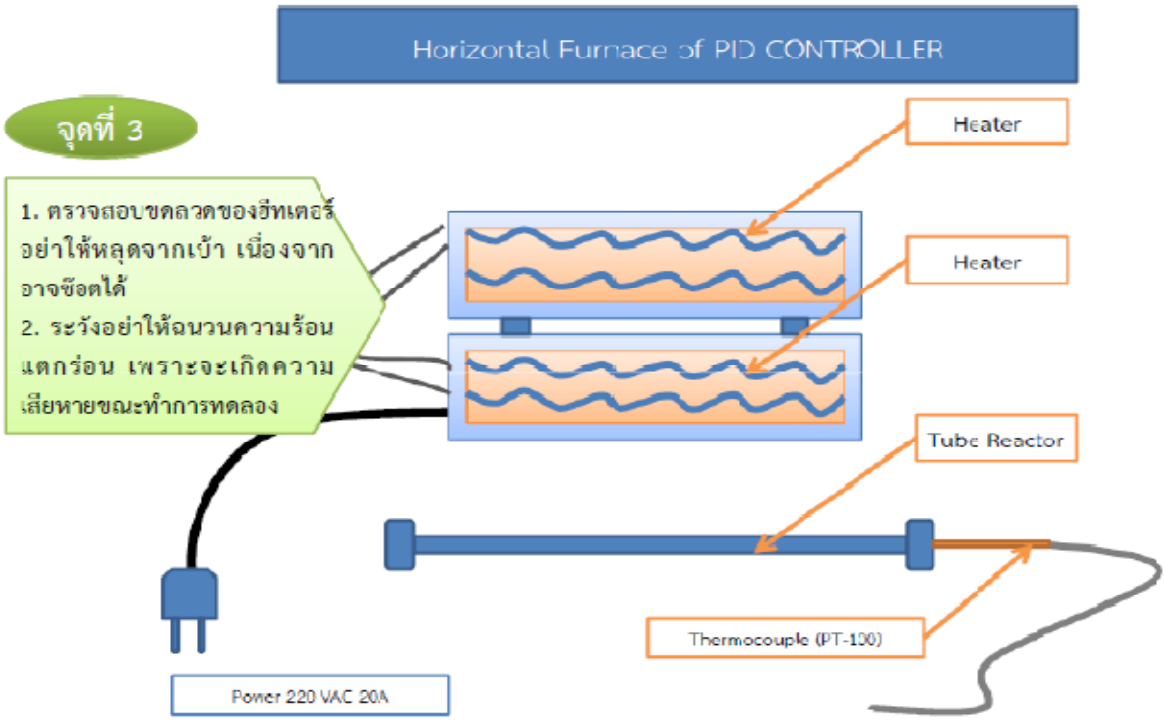
4.2.4 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง PID Control



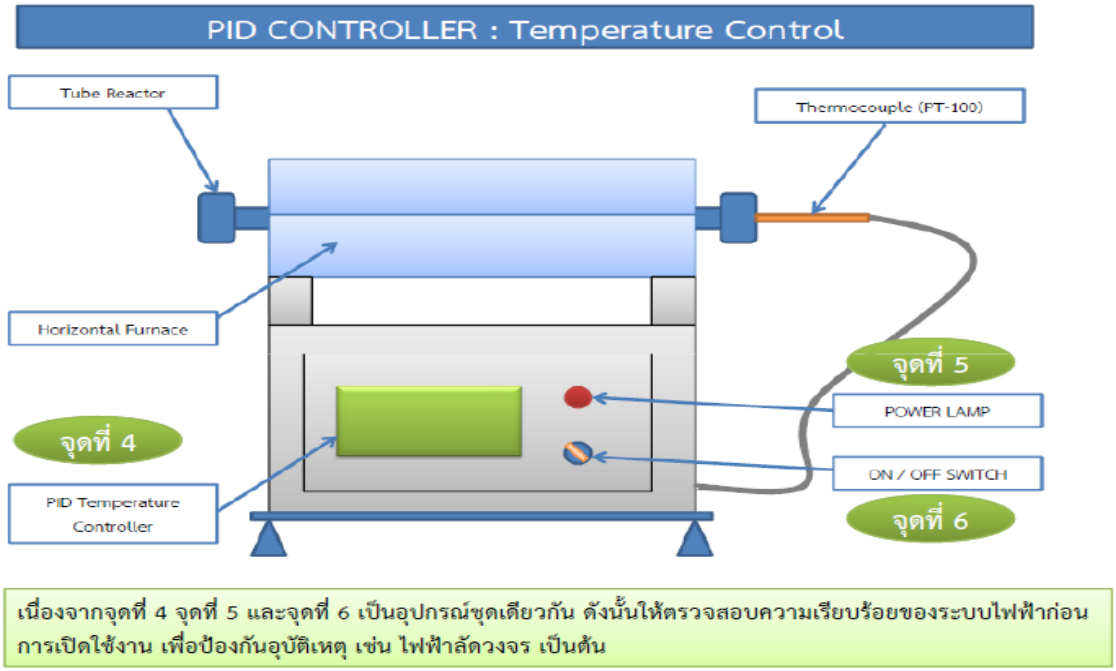
ภาพที่ 4.20 แผนภาพแสดงแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control



ภาพที่ 4.21 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (**ชุดที่ 1**)



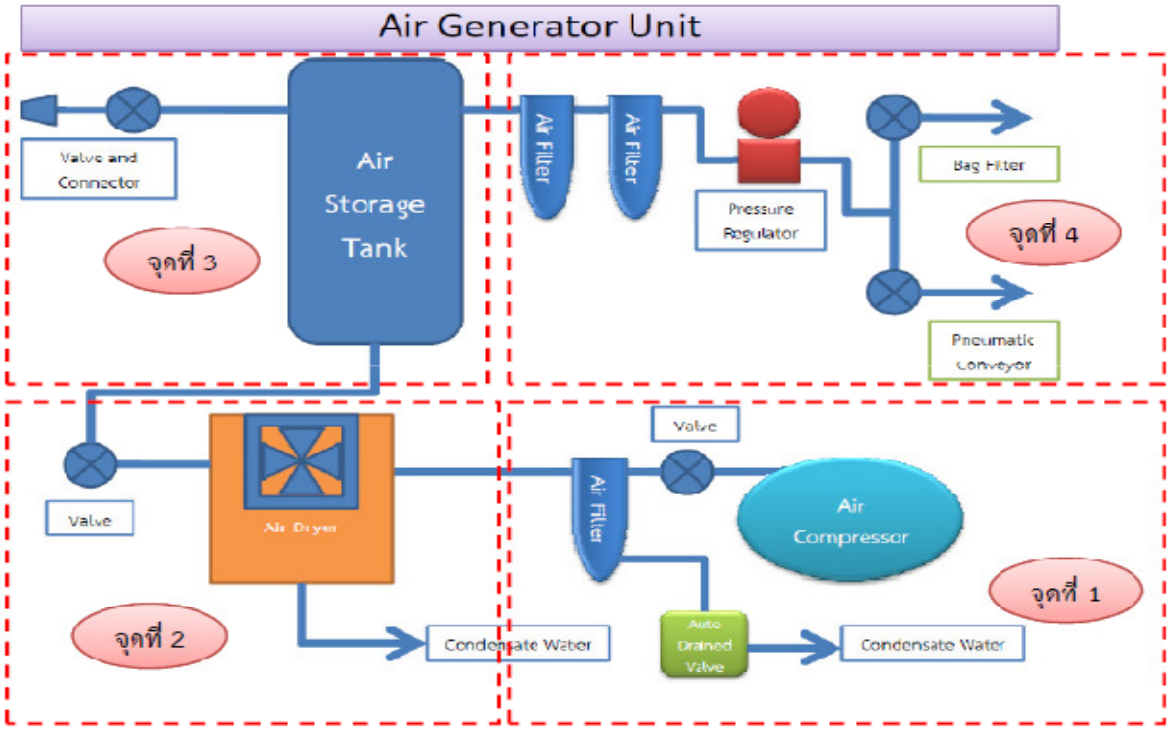
ภาพที่ 4.22 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (**ชุดที่ 2**)



ภาพที่ 4.23 แผนภาพแสดงแนวทางซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง PID Control (**ชุดที่ 3**)

4.2.5 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter

เนื่องจากระบบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Pneumatic Conveyor and Bag Filter เป็นชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่มีขยาดใหญ่ที่สุดของชุดฝึกทั้งหมด ดังนั้นผู้เขียนจะขอแบ่งส่วนหลักมาอธิบายภาพรวมของการซ่อมบำรุงและปรับปรุง คือ 1. Air Generator Unit 2. Pneumatic Conveyor System 3. Bag Filter และ 4. Cyclone



ภาพที่ 4.24 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Air Generator Unit)**

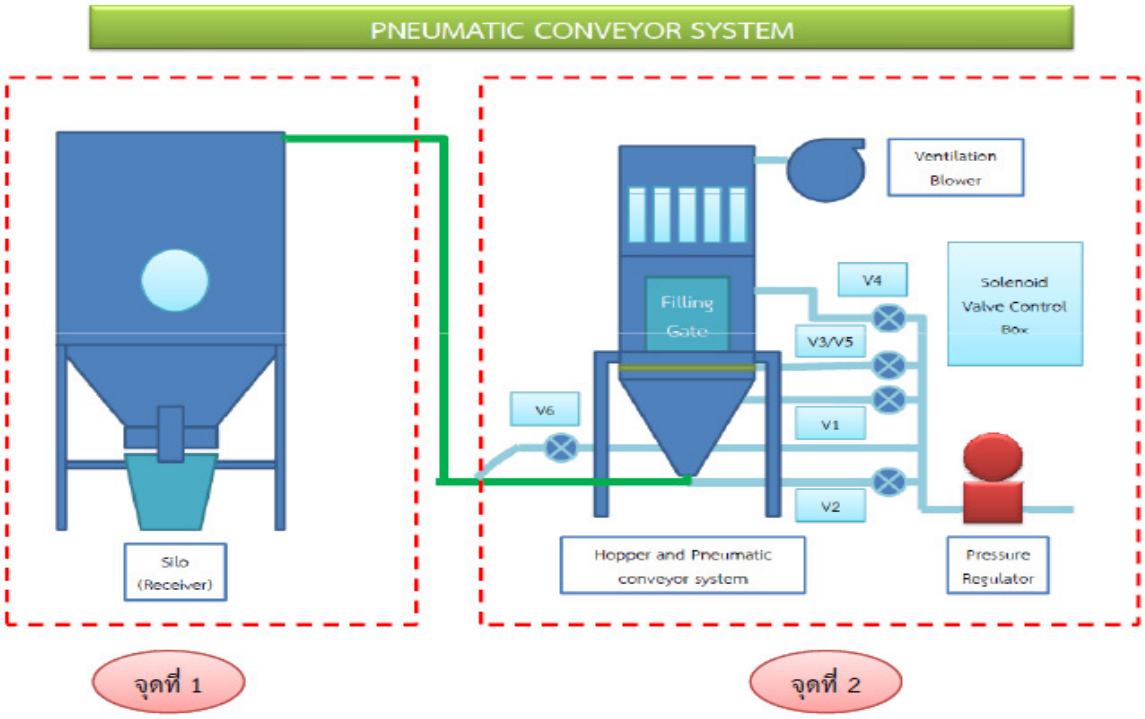
จากภาพที่ 4.24 คือ ส่วนของระบบผลิตอากาศ (Air Generator Unit) ส่วนนี้เป็นส่วนสร้างอากาศเพื่อกักเก็บไว้สำหรับการขนถ่ายวัสดุด้วยลม (Pneumatic Conveyor) และการกรองแยกอนุภาคด้วยถุงกรอง (Bag Filter) สำหรับการซ่อมบำรุงส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ผู้ทำการซ่อมบำรุงต้องสังเกตระดับของน้ำมันหล่อลื่นลูกสูบของชุดอัดอากาศของเครื่องอัดอากาศให้อยู่ที่ระดับตามที่กำหนดไว้ตามคำแนะนำข้างเครื่อง นอกจากนี้จะมีชุดกรองอากาศที่ด้านทางออกของอากาศที่ออกจากเครื่องอัดอากาศทำหน้าที่ดักความชื้นที่รวมมากับอากาศ และที่ด้านล่างของชุดกรองอากาศจะมีวาล์วระบายน้ำอัตโนมัติ ในส่วนวาล์วระบายน้ำอัตโนมัติจะต้องดูแลระบบไฟฟ้าของวาล์วให้ปกติโดยการทดสอบก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2. ชุดทำอากาศแห้ง (Air Dryer) เป็นส่วนที่ทำให้อากาศแห้งด้วยการทำความเย็นให้กับอากาศเพื่อให้ความชื้นกลั่นตัวออก สำหรับส่วนนี้ต้องหมั่นตรวจการทำงานโดยเดินระบบเปล่าเพื่อตรวจสอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่อยู่ภายในชุดทำอากาศแห้ง หากไม่สามรถทำความเย็นเพื่อดึงเอาความชื้นของอากาศออกได้แสดงว่าสารทำความเย็นอาจหมด ถ้าเป็นกรณีดังกล่าวต้องเติมสารทำความเย็นเพิ่มตามคู่มือประจำเครื่องกำหนด

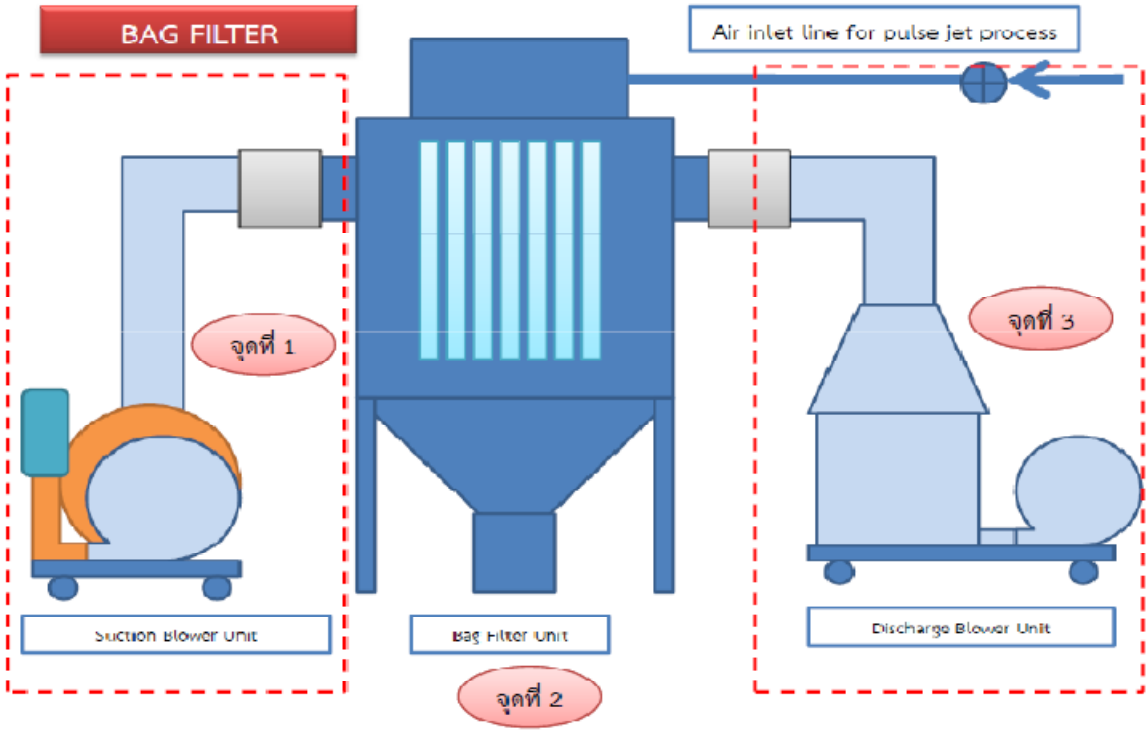
3. ถังเก็บอากาศ (Air Storage Tank) เป็นส่วนกักเก็บอากาศที่ได้จากการอัดอากาศ การซ่อมบำรุงจะต้องตรวจสอบสภาพภายนอกว่ามีการเกิดสนิมหรือรอยซึมของอากาศและเมื่อพบต้องทำการซ่อมทันทีเพื่อป้องการกันเสียหายหากรับแรงดันอากาศมากๆ อาจเกิดระเบิดได้ นอกจากนี้สิ่งที่จะต้องทำหากทำการซ่อมบำรุง เช่น การเชื่อมรอยรั่วจะต้องระบายอากาศในถังที่มีอยู่ให้หมดก่อน เนื่องจากหากเชื่อมขณะที่มีอากาศอยู่เต็มถังอาจเกิดการระเบิดได้เพราะอากาศขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

4. ระบบกรองอากาศและควบคุมระดับแรงดันใช้งาน (Air Filter and Pressure Regulator) เป็นส่วนปลายทางของอากาศที่จะส่งต่อไปใช้ สำหรับการซ่อมบำรุงส่วนนี้จะต้องดูแลตัวระบบกรองด้วยการระบายน้ำออกด้วยการเปิดวาล์วด้านล่างของกระบอกตัวกรองเพื่อนำน้ำออก และส่วนของอุปกรณ์รักษาระดับความดันเพื่อนำใช้งานต้องตรวจสอบสภาพภายนอกและขณะทำงานว่าสามารถรักษาระดับความดันให้คงที่ได้ หากขณะทำงานไม่สามารถรักษาระดับความดันได้ให้ทำการตรวจสอบซีลแบบโอริง ซึ่งอาจจะเสื่อมสภาพตามเวลา ผู้ซ่อมบำรุงจะต้องเปลี่ยนอะไหล่ทดแทนทันทีเพื่อประสิทธิภาพการใช้งาน



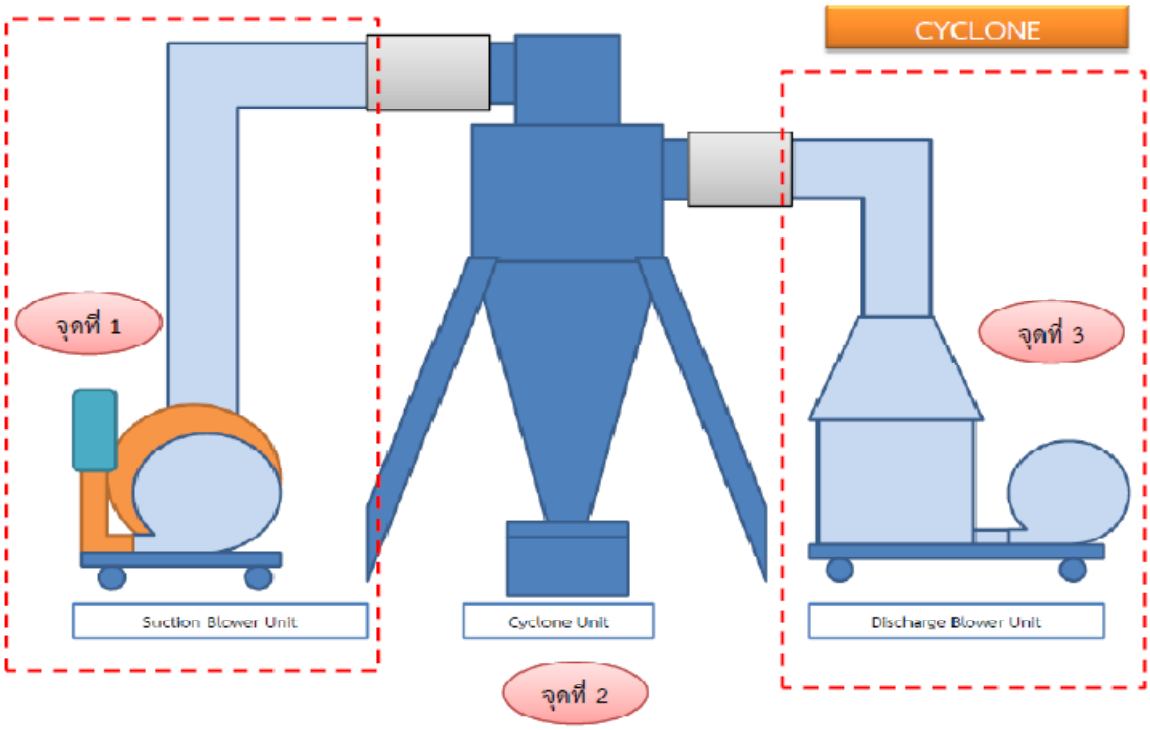
ภาพที่ 4.25 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Pneumatic Conveyor System)**

จากภาพที่ 4.25 คือระบบการขนถ่ายวัสดุด้วยลม (Pneumatic Conveyor System) ซึ่งในระบบนี้จะประกอบด้วยวาล์วควบคุมการส่งอากาศเพื่อนำวัสดุส่งไปตามระบบท่อจนถึงส่วนปลายทาง สำหรับการซ่อมบำรุงจะต้องตรวจสอบระบบไฟฟ้าควบคุมวาล์วปิดเปิดของระบบขนถ่ายวัสดุแต่ละจุด โดยที่วาล์วเหล่านี้เป็นวาล์วไฟฟ้าที่เรียกว่า โซลีนอยด์วล์ว (Solenoid Valve) ดังนั้นผู้ซ่อมบำรุงต้องตรวจสอบสายไฟฟ้าที่เดินจากตู้ควบคุมไฟฟ้ามาที่โซลินอยด์วาล์แต่ละจุด รวมทั้งระบบไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพปกติพร้อมใช้งาน



ภาพที่ 4.26 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Bag Filter)**

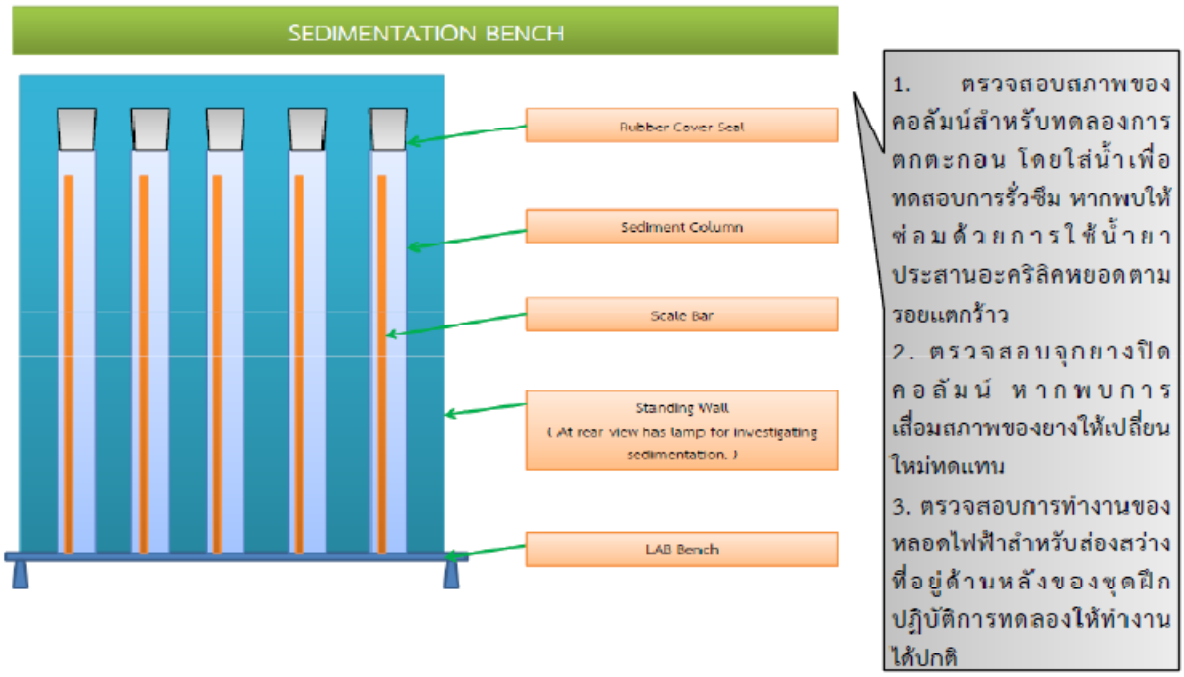
จากภาพที่ 4.26 คือ ระบบกรองอนุภาคด้วยถุงกรอง (Bag Filter) สำหรับการซ่อมบำรุงของส่วนนี้จะต้องตรวจสอบการทำงานของระบบโบลวเวอร์จ่ายผงอนุภาค (Discharge Blower) และระบบโบลวเวอร์ด้านดูด (Suction Blower) โดยทั้งสองระบบนี้มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับโบลวเวอร์ให้ทำงานได้ ผู้ที่ทำการซ่อมบำรุงต้องตรวจสอบสายไฟฟ้าและสภาพของมอเตอร์ให้พร้อมใช้งานด้วยการทดลองเดินระบบ หากพบการทำงานที่ผิดปกติ เช่น โบลวเวอร์ไม่ทำงาน เกิดควันและกลิ่นไหม้จากมอเตอร์ ให้ทำการปิดสวิตช์พร้อมถอดปลั๊กออก จากนั้นให้ทำการตรวจสอบและแก้ไขให้เรียบร้อย



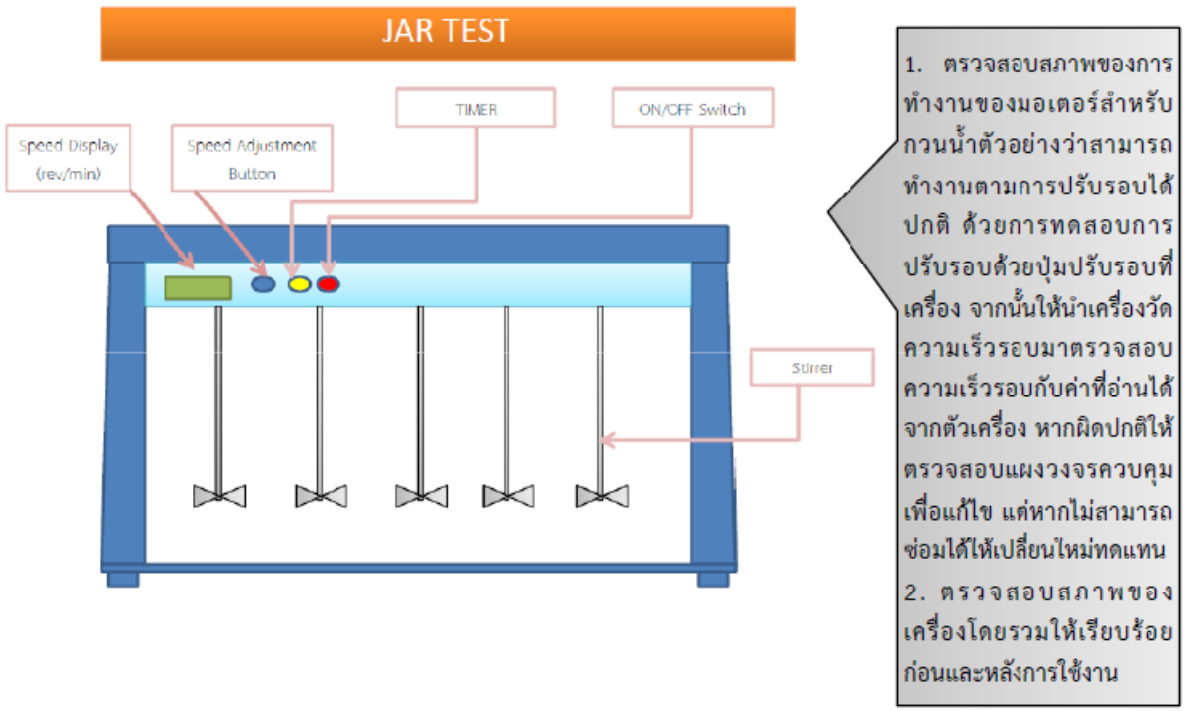
ภาพที่ 4.27 แผนภาพแสดงตำแหน่งสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Pneumatic Conveyor and Bag Filter (เฉพาะ Cyclone)**

จากภาพที่ 4.27 คือ ระบบแยกอนุภาคด้วยไซโคลน (Cyclone) สำหรับการซ่อมบำรุงของส่วนนี้จะต้องตรวจสอบการทำงานของระบบโบลวเวอร์จ่ายผงอนุภาค (Discharge Blower) และระบบโบลวเวอร์ด้านดูด (Suction Blower) โดยทั้งสองระบบนี้มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับโบลวเวอร์ให้ทำงานได้ ผู้ที่ทำการซ่อมบำรุงต้องตรวจสอบสายไฟฟ้าและสภาพของมอเตอร์ให้พร้อมใช้งานด้วยการทดลองเดินระบบ หากพบการทำงานที่ผิดปกติ เช่น โบลวเวอร์ไม่ทำงาน เกิดควันและกลิ่นไหม้จากมอเตอร์ ให้ทำการปิดสวิตช์พร้อมถอดปลั๊กออก จากนั้นให้ทำการตรวจสอบและแก้ไขให้เรียบร้อย ซึ่งการซ่อมบำรุงนี้จะเหมือนกับระบบกรองอนุภาคด้วยถุงกรอง (Bag Filter) เพราะใช้ชุดโบลว์เวอร์ชุดเดียวกัน

4.2.6 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Sedimentation

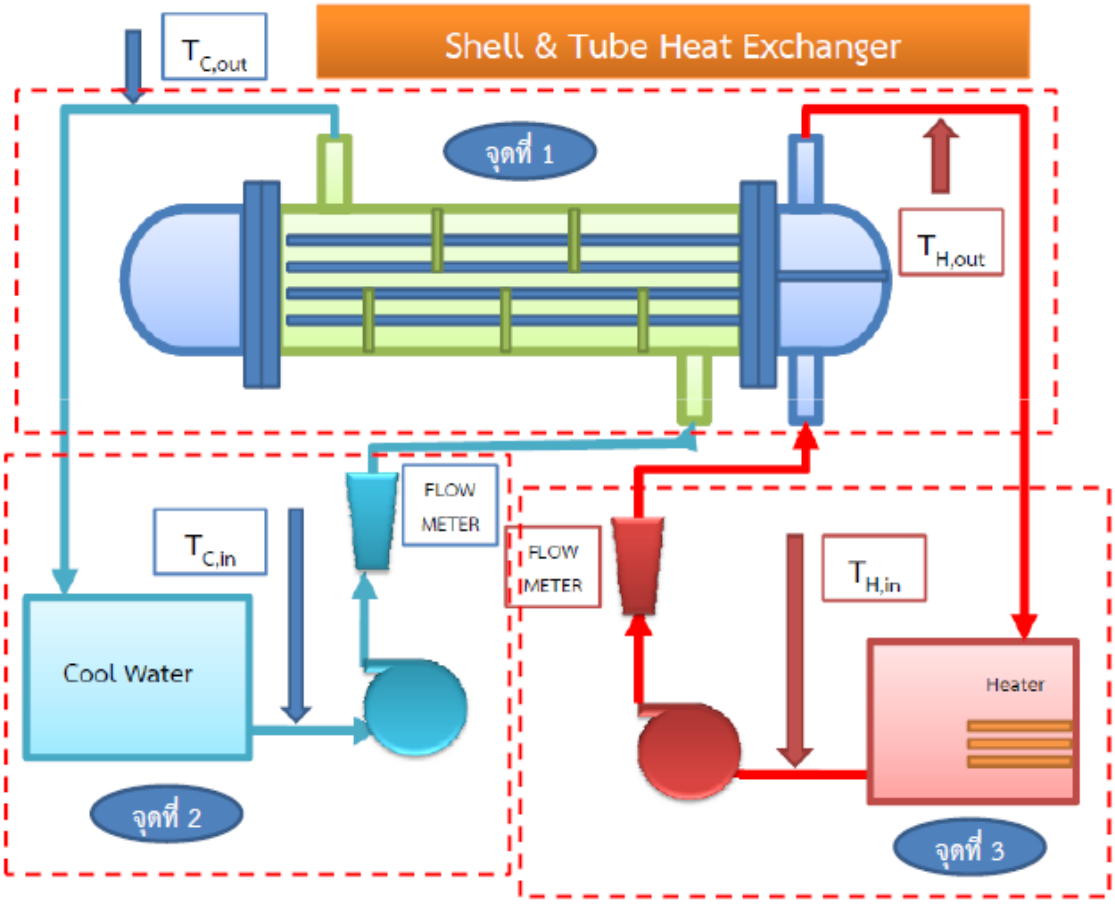


ภาพที่ 4.28 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Sedimentation (เฉพาะ Sedimentation Bench)**

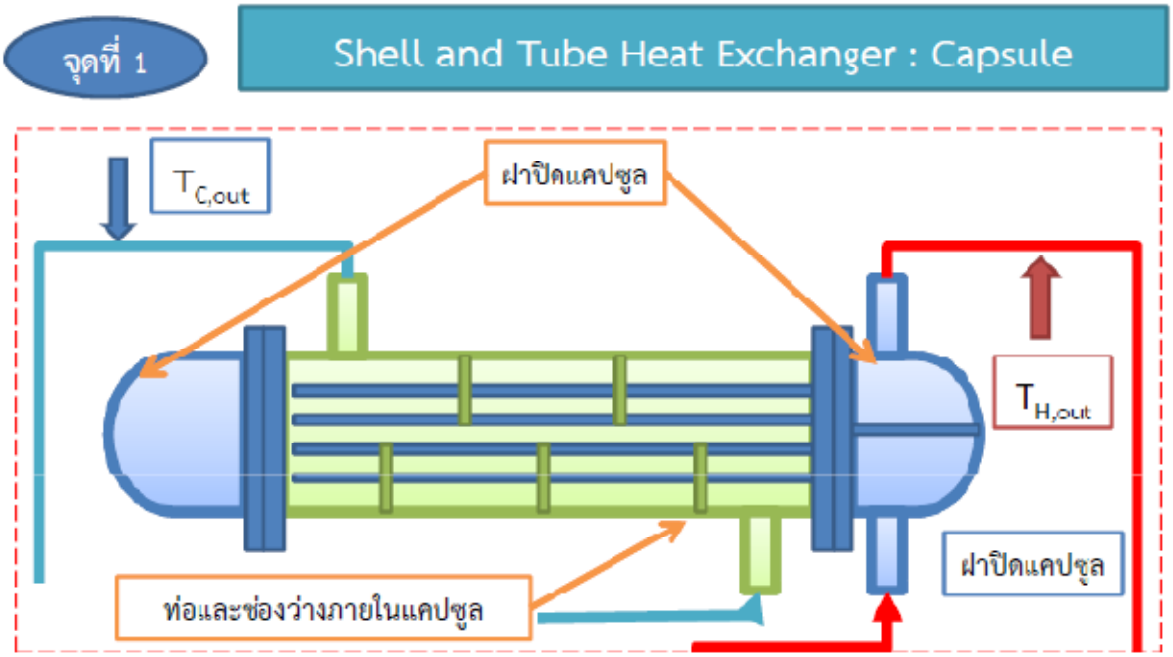


ภาพที่ 4.29 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Sedimentation (เฉพาะ Jar Test)**

4.2.7 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger

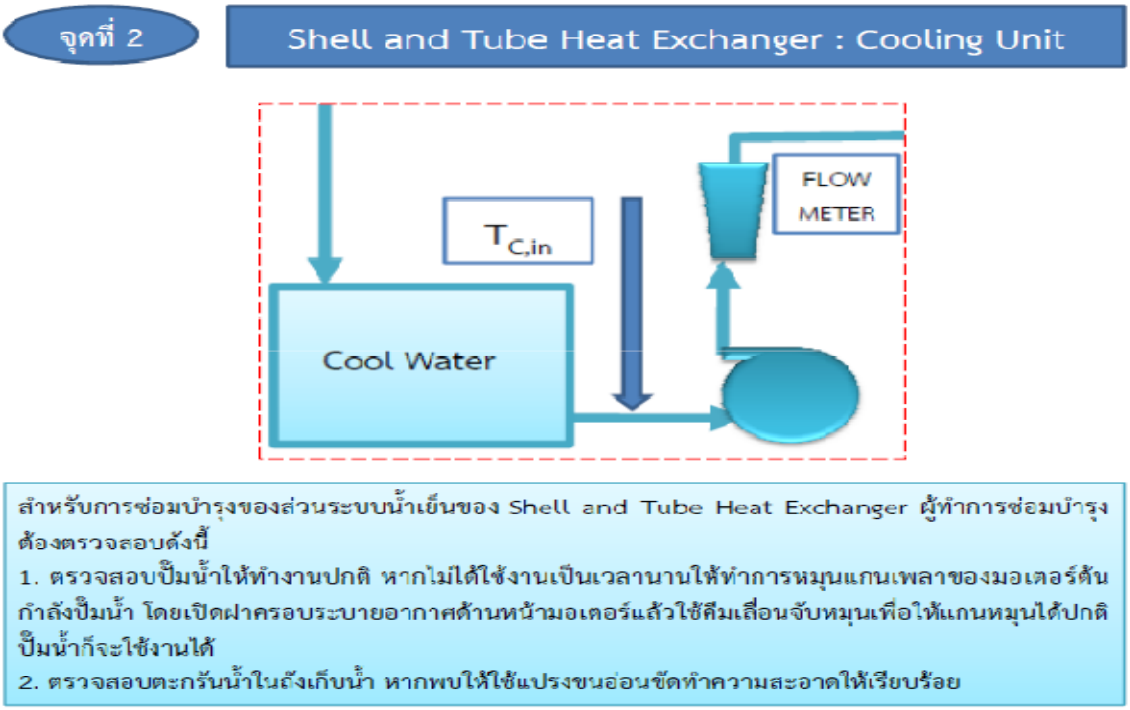


ภาพที่ 4.30 แผนภาพแสดงตำแหน่งของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger

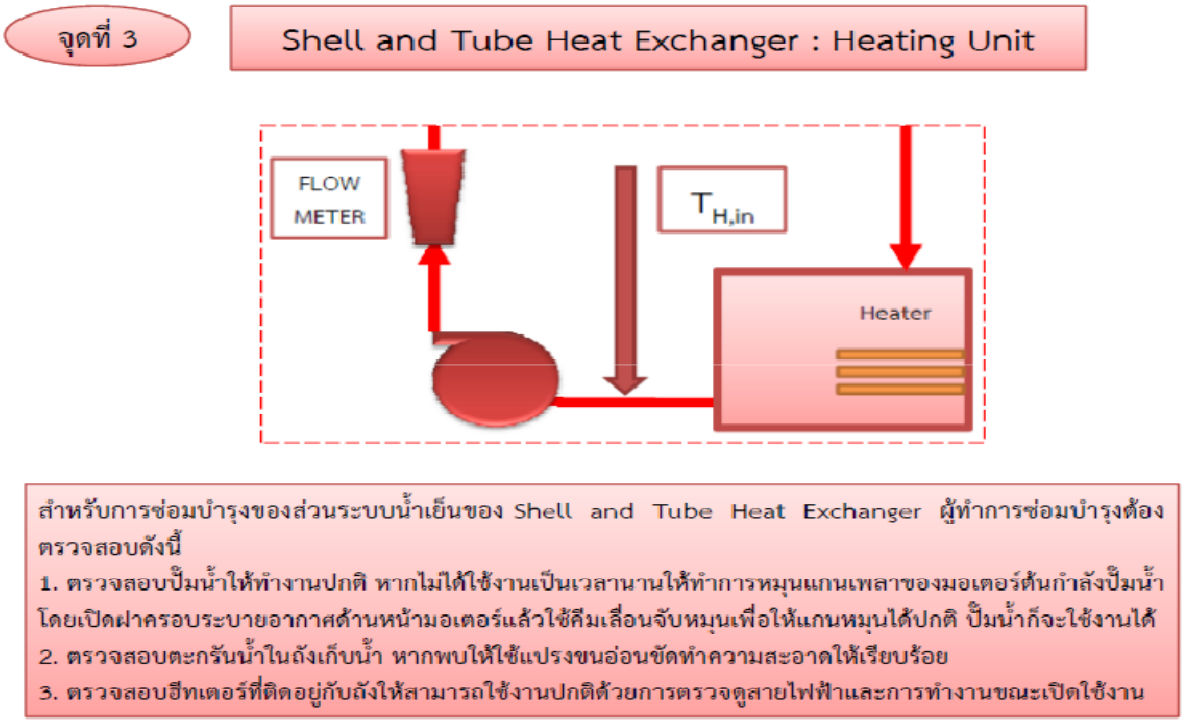


สำหรับการซ่อมบำรุงของกระบอกแคปซูลของ Shell and Tube Heat Exchanger ผู้ทำการซ่อมบำรุงต้องเปิดฝาส่วนหัวและส่วนท้ายของกระบอก จากนั้นใช้แปรงขนอ่อนด้ามยาวสอดเข้าไปขัดล้างตะกรันและตะไคร่น้ำภายในท่อแต่ละท่อ ส่วนของภายในแคปซูลที่น้ำไหลเข้าและออกจะใช้การเติมสารชะล้างตะกรันและตะไคร่น้ำแช่ทิ้งไว้สัก 15-30 นาที จากนั้นปล่อยน้ำยาออกและปล่อยน้ำไหลผ่านเพื่อชะล้างภายในแคปซูลให้สะอาด

ภาพที่ 4.31 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Capsule)**

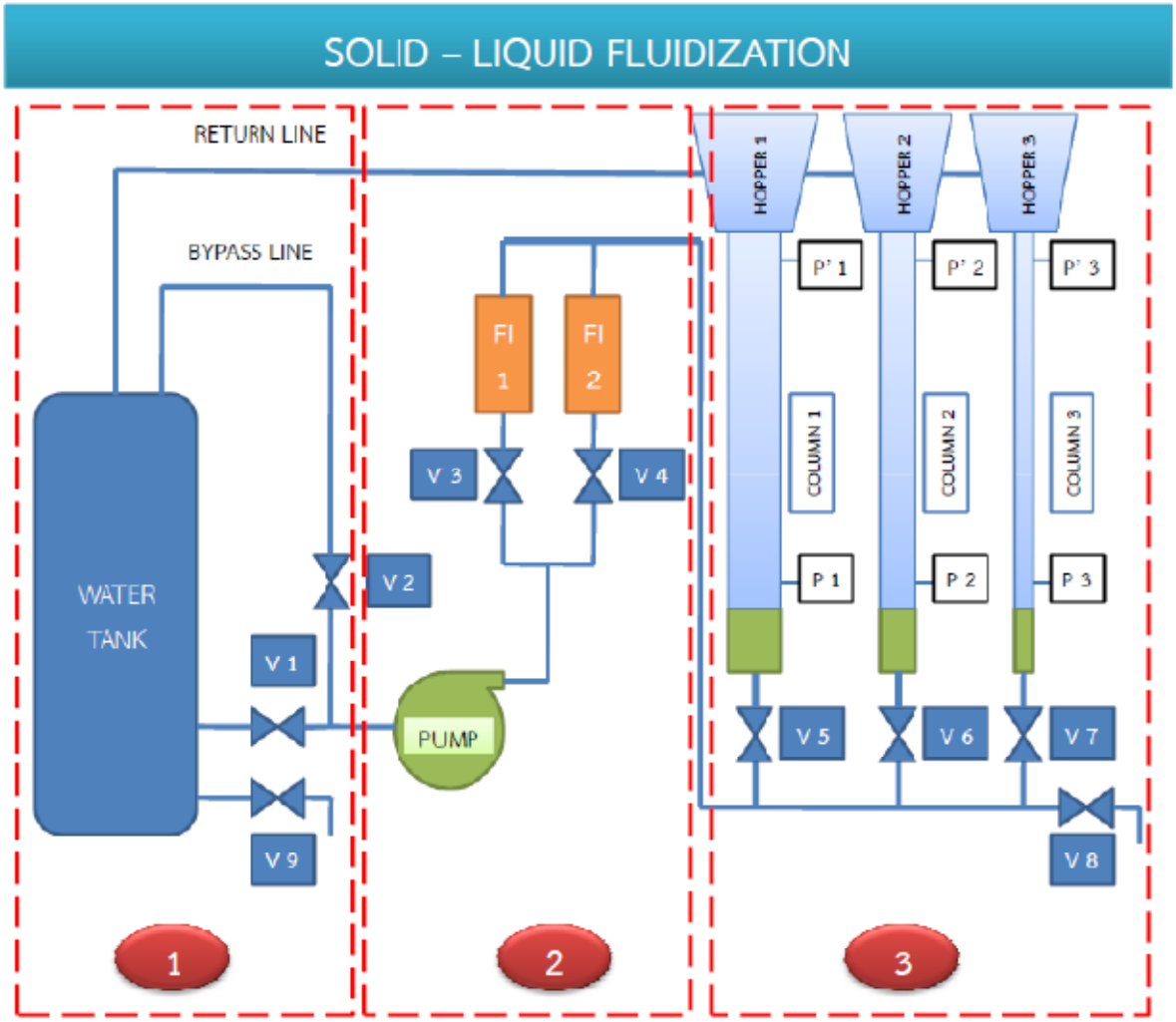


ภาพที่ 4.32 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Cooling Unit)

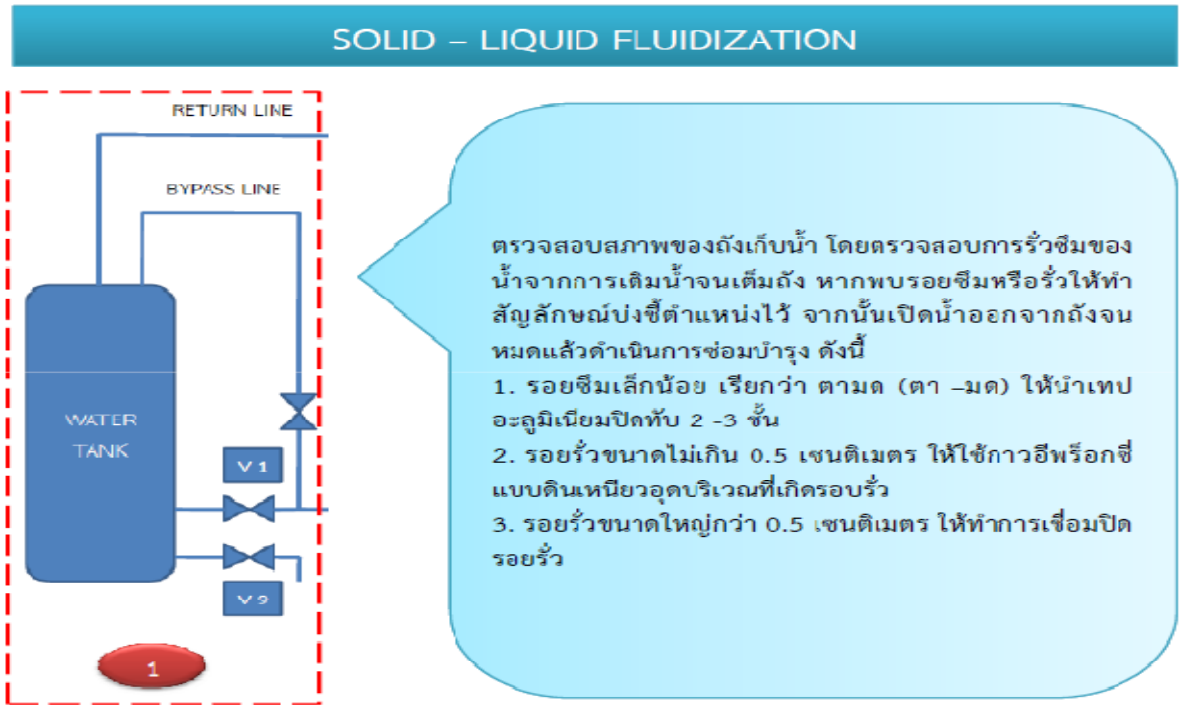


ภาพที่ 4.33 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Shell and Tube Heat Exchanger (เฉพาะ Heating Unit)

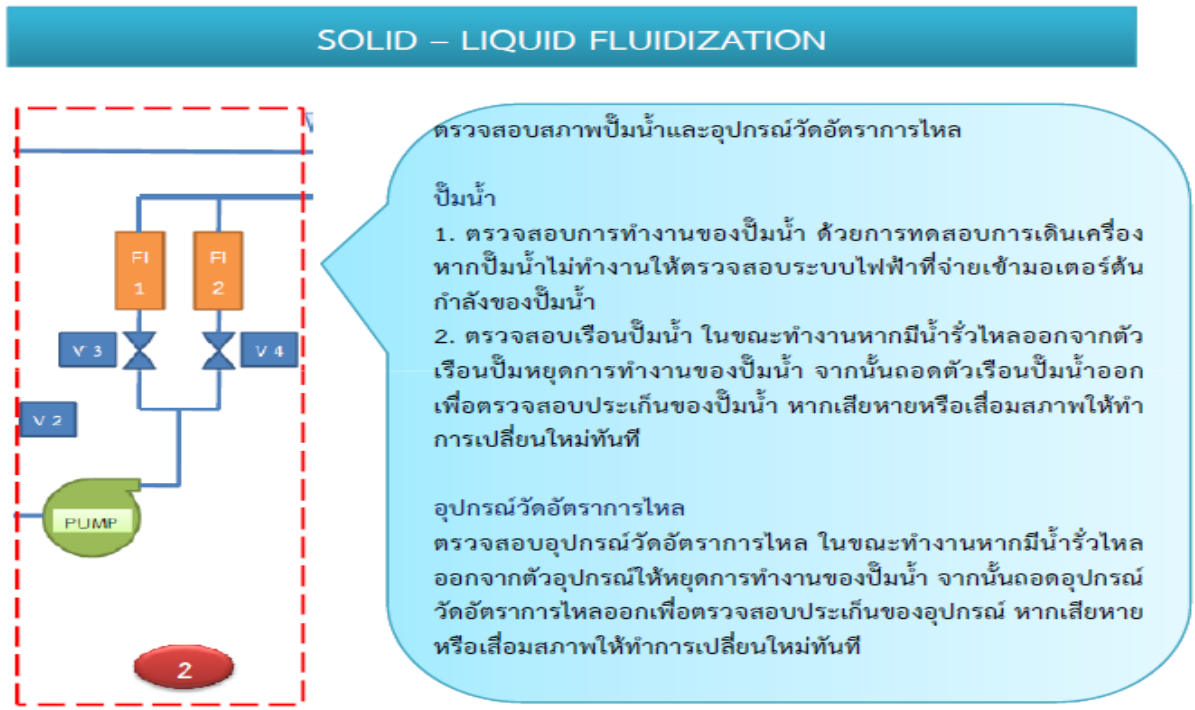
4.2.8 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization



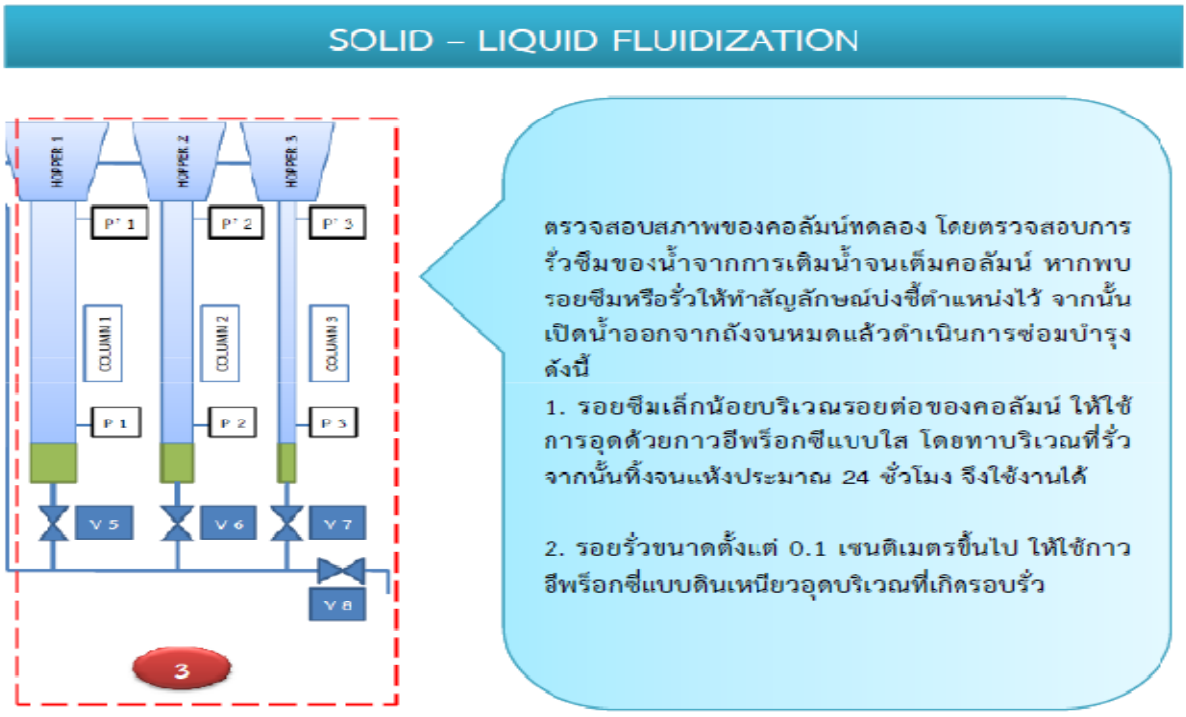
ภาพที่ 4.34 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Solid – Liquid Fluidization**



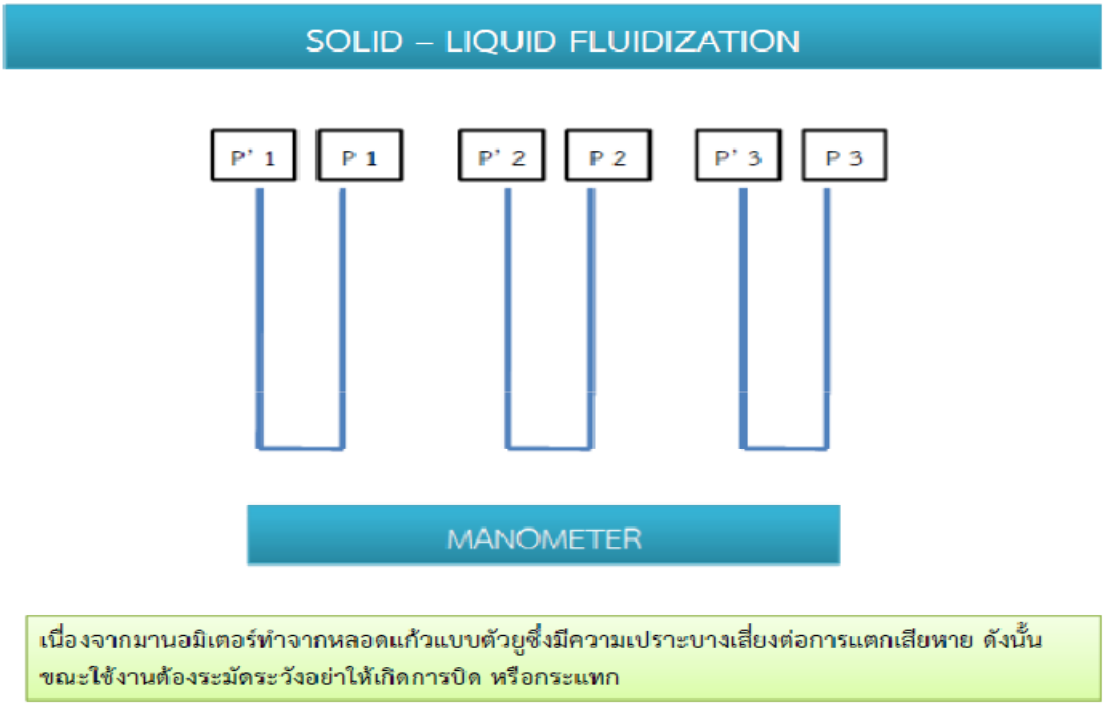
ภาพที่ 4.35 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization **(เฉพาะถังเก็บน้ำ)**



ภาพที่ 4.36 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization **(ปั๊มน้ำและอุปกรณ์วัดอัตราการไหล)**

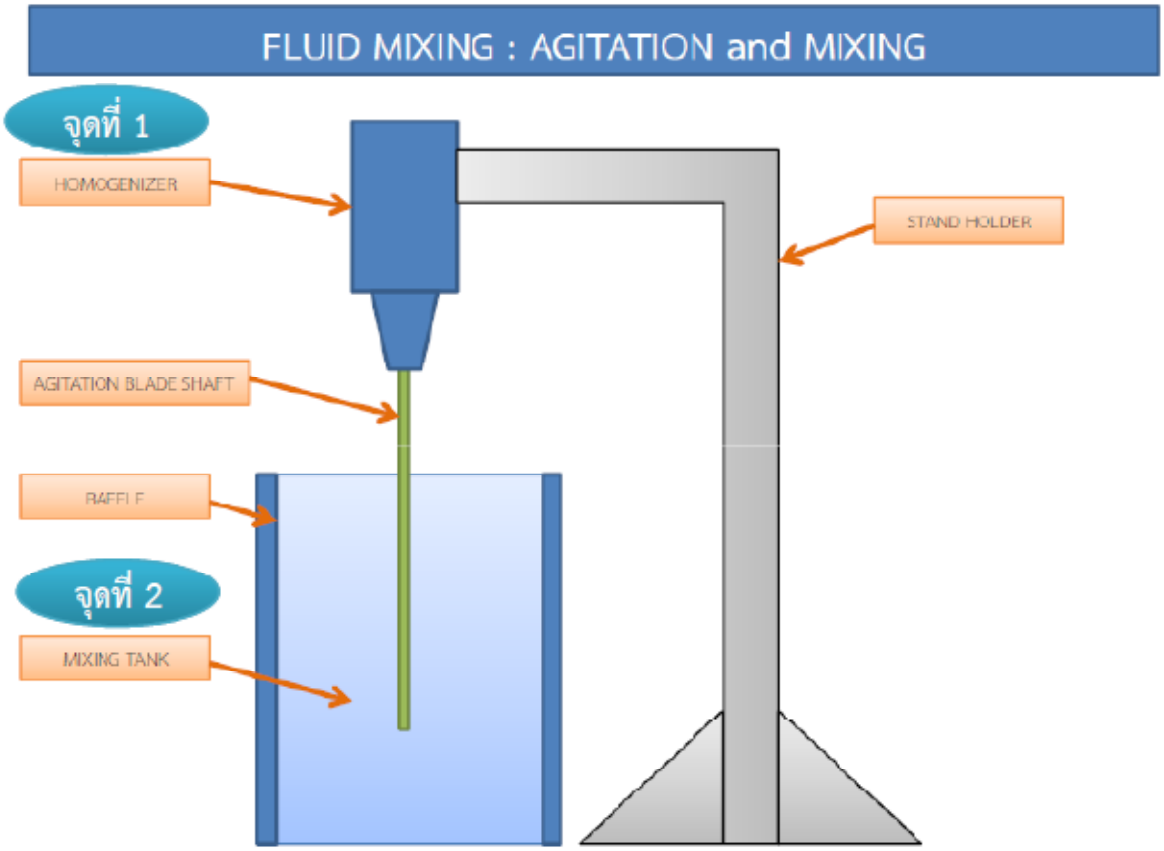


ภาพที่ 4.37 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization **(คอลัมน์ทดลอง)**



ภาพที่ 4.38 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Fluidization **(มานอมิเตอร์)**

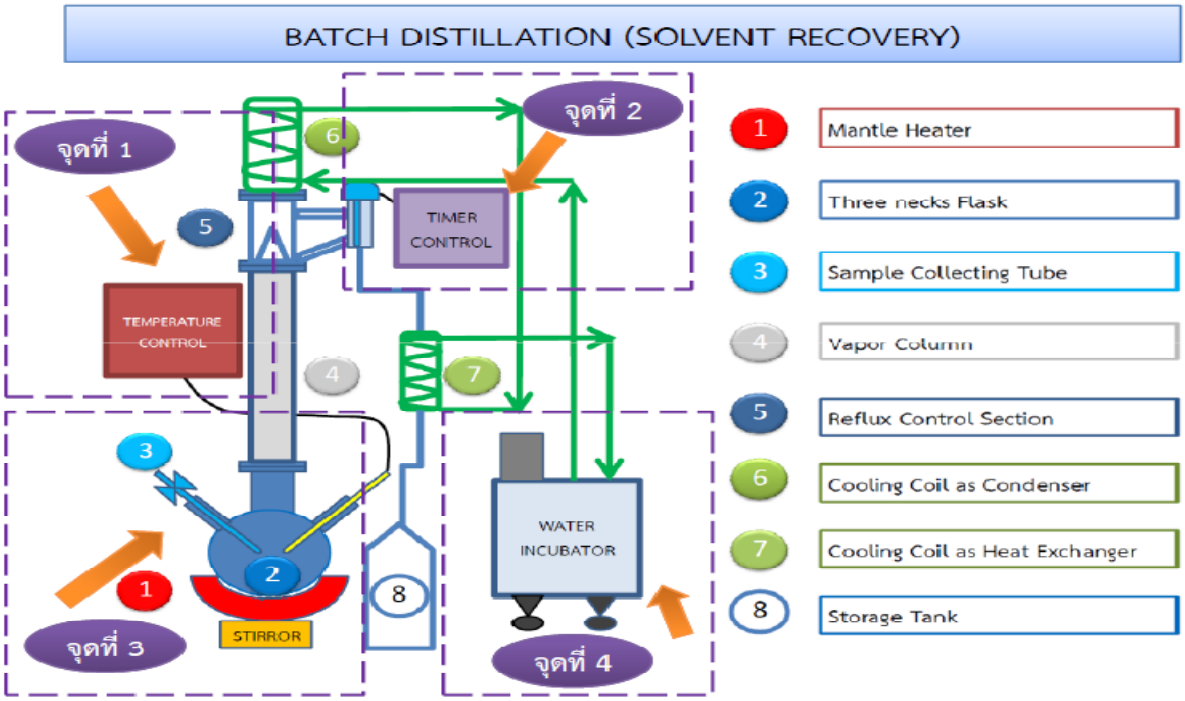
4.2.9 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing



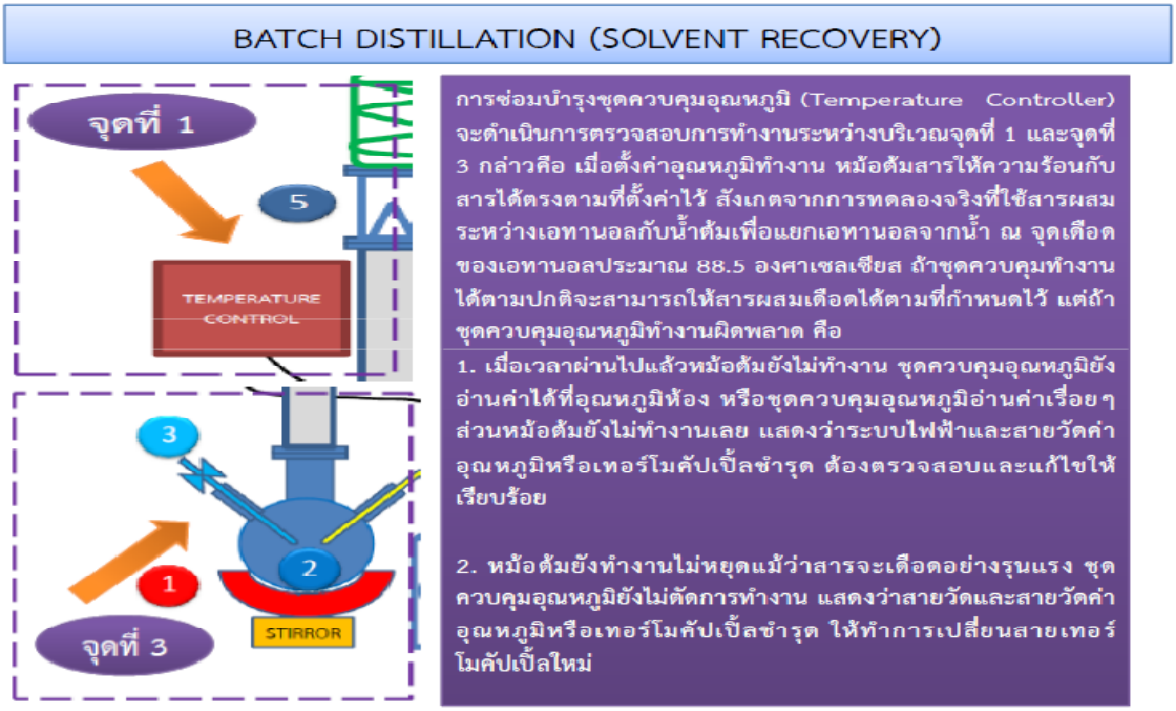
ภาพที่ 4.39 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Fluid Mixing**

เนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Fluid Mixing เป็นชุดฝึกปฏิบัติการที่มีขนาดเล็กที่สุดของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี เนื่องจากเป็นการนำเครื่องมือวิเคราะห์และปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบเป็นชุดทดลองอย่างง่าย ดังนั้นการซ่อมบำรุงจะเป็นการส่งให้ผู้จำหน่ายรับผิดชอบเพราะมีความเฉพาะตัวของชิ้นส่วนสูง การใช้งานจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษซึ่งในชุดฝึกปฏิบัติการทดลองนี้ คือ เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer) โดยเครื่องนี้สามารถปรับความเร็วรอบได้และมีแผงวงจรติดกับตัวเครื่อง ผู้ใช้งานต้องดูแลเรื่องความชื้นให้ดีเพื่อป้องกันการลัดวงจรของระบบไฟฟ้าขณะใช้งาน ส่วนถังผสม (Mixing Tank) ผู้ใช้งานจะต้องระมัดระวังเรื่องการแตกเสียหายขณะปฏิบัติการทดลองและทำความสะอาดหลังปฏิบัติการทดลอง

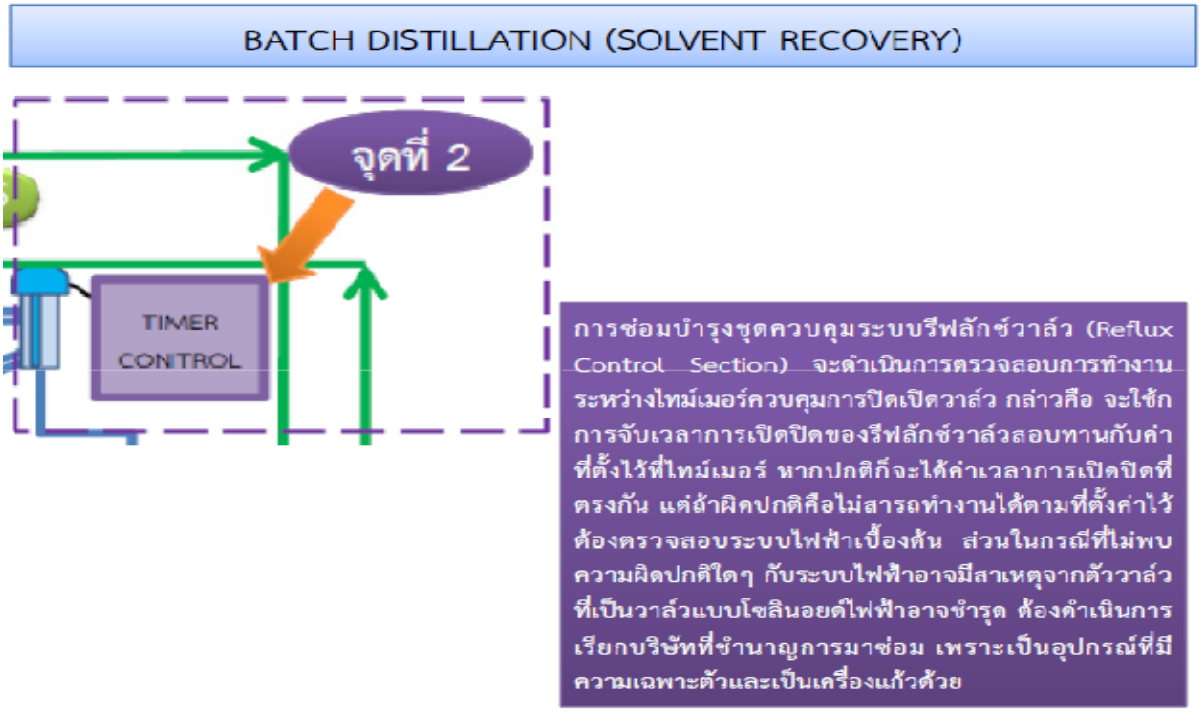
4.2.10 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation



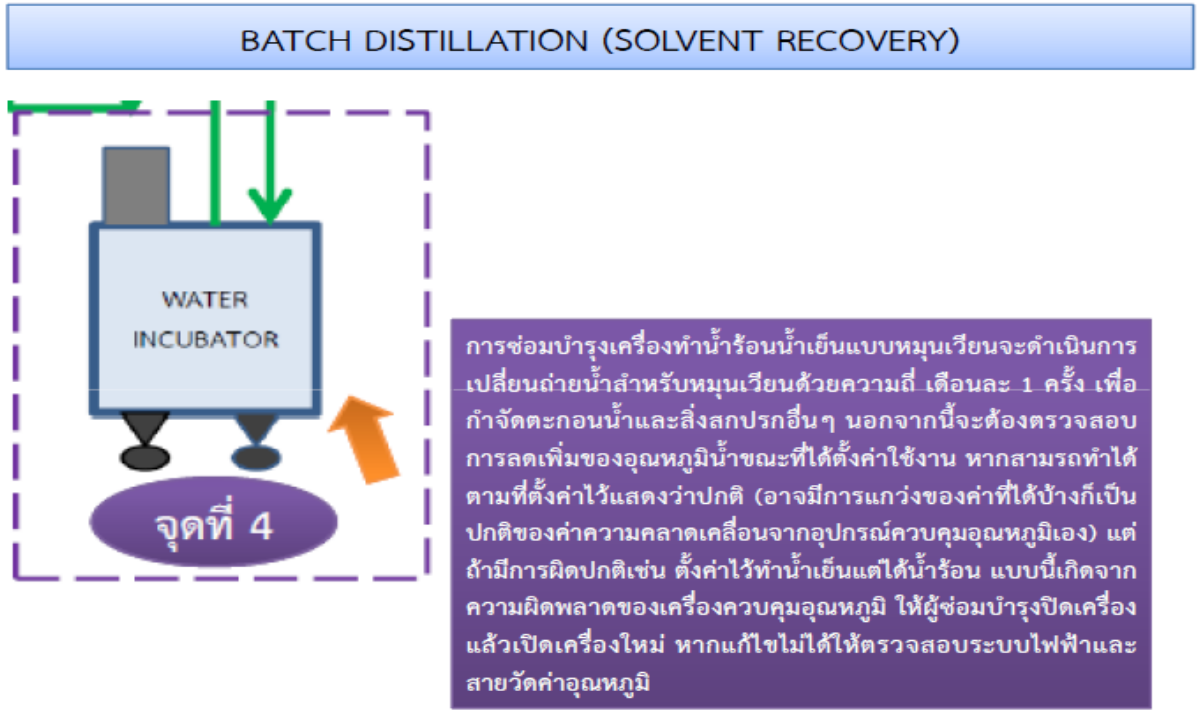
ภาพที่ 4.40 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation



ภาพที่ 4.41 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะชุดควบคุมอุณหภูมิและหม้อต้มสาร)

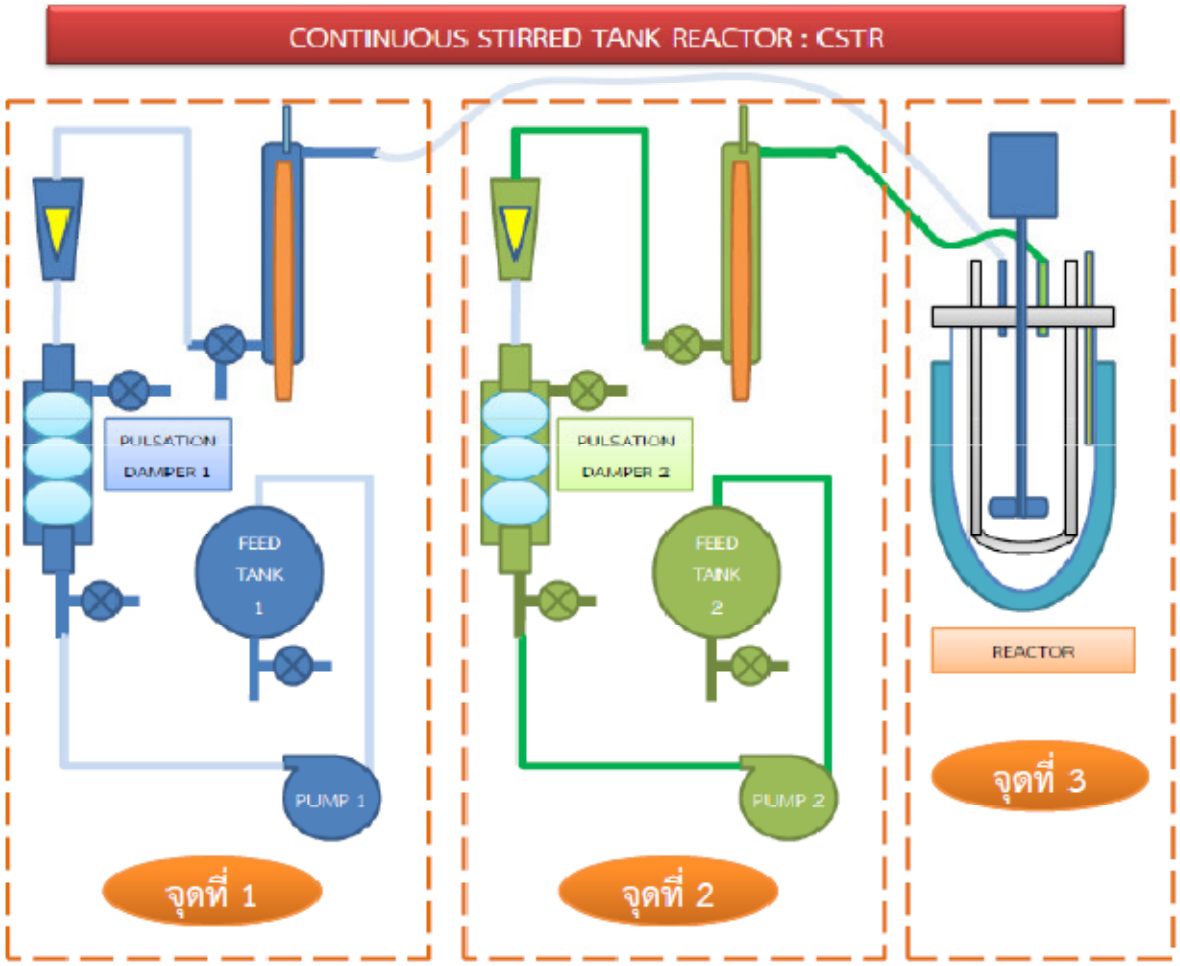


ภาพที่ 4.42 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะชุดควบคุมระบบรีฟลักซ์วาล์ว)

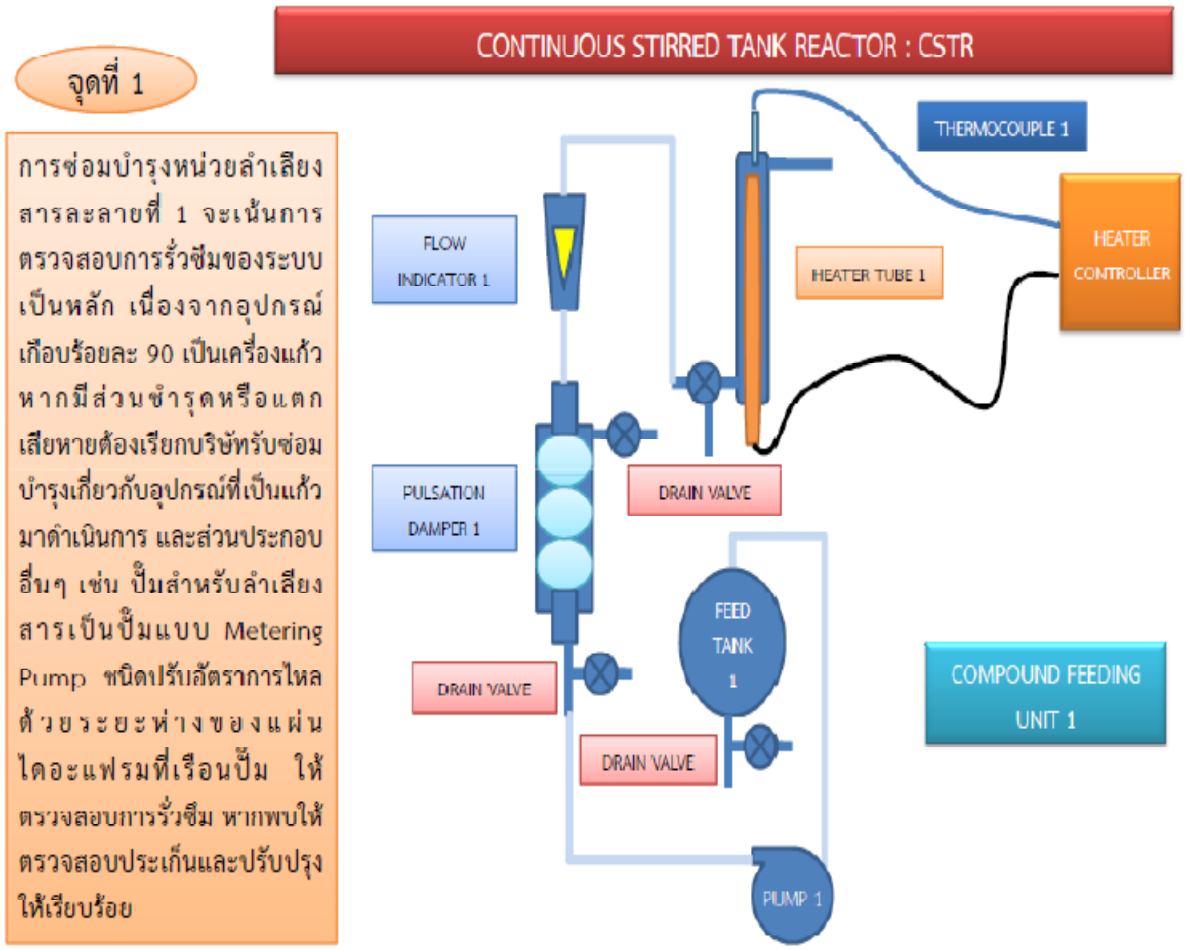


ภาพที่ 4.43 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Batch Distillation (เฉพาะเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียน)

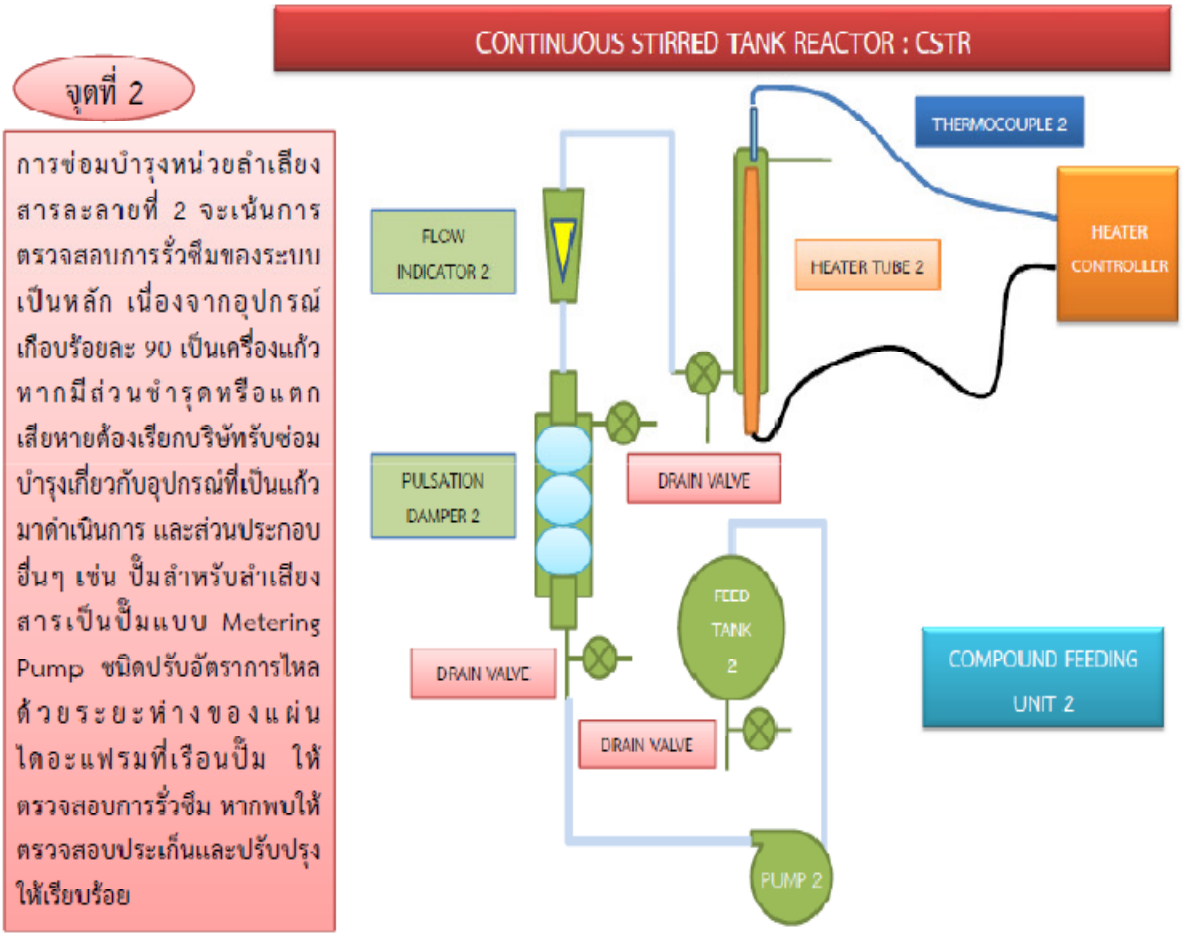
4.2.11 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Continuous Stirred Tank Reactor



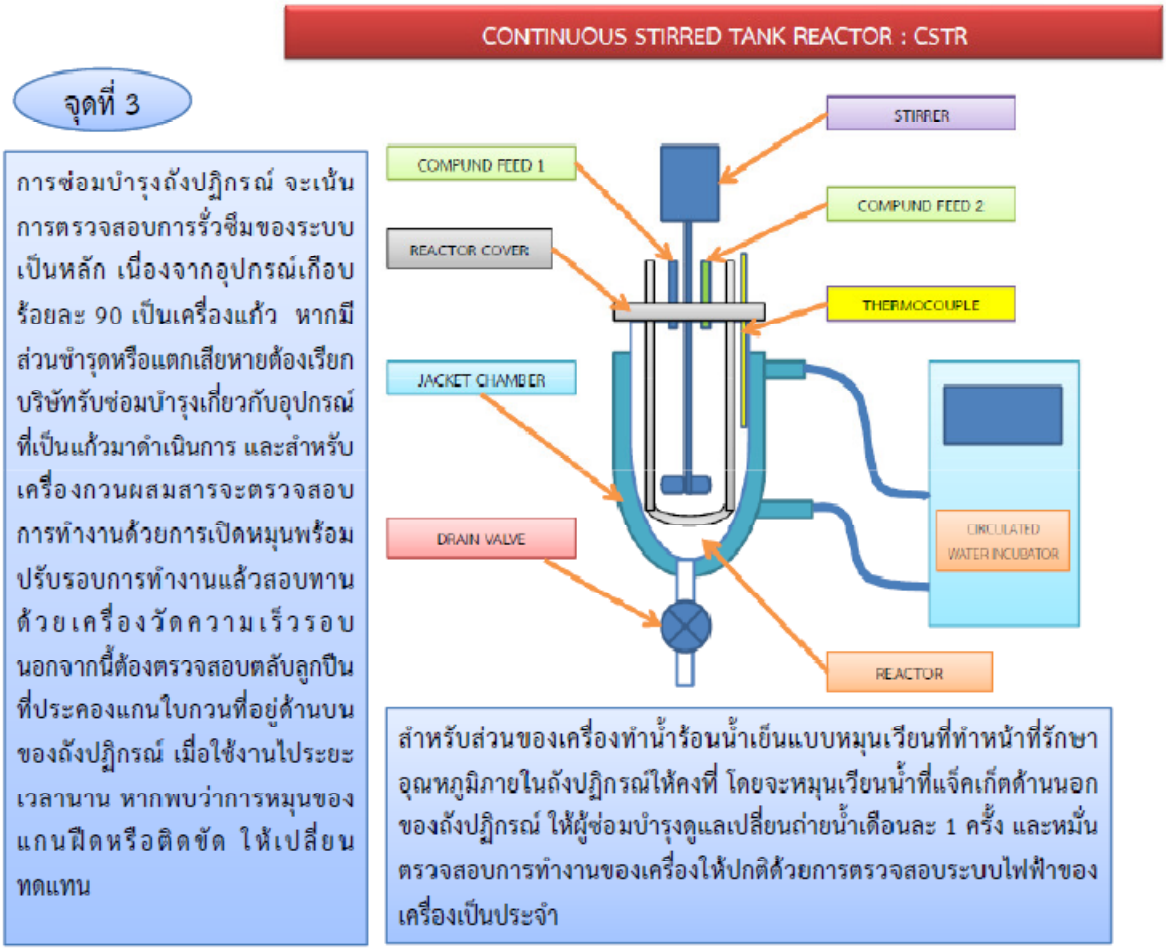
ภาพที่ 4.44 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Continuous Stirred Tank Reactor**



ภาพที่ 4.45 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Continuous Stirred Tank Reactor** (เฉพาะ Compound Feeding Unit 1)

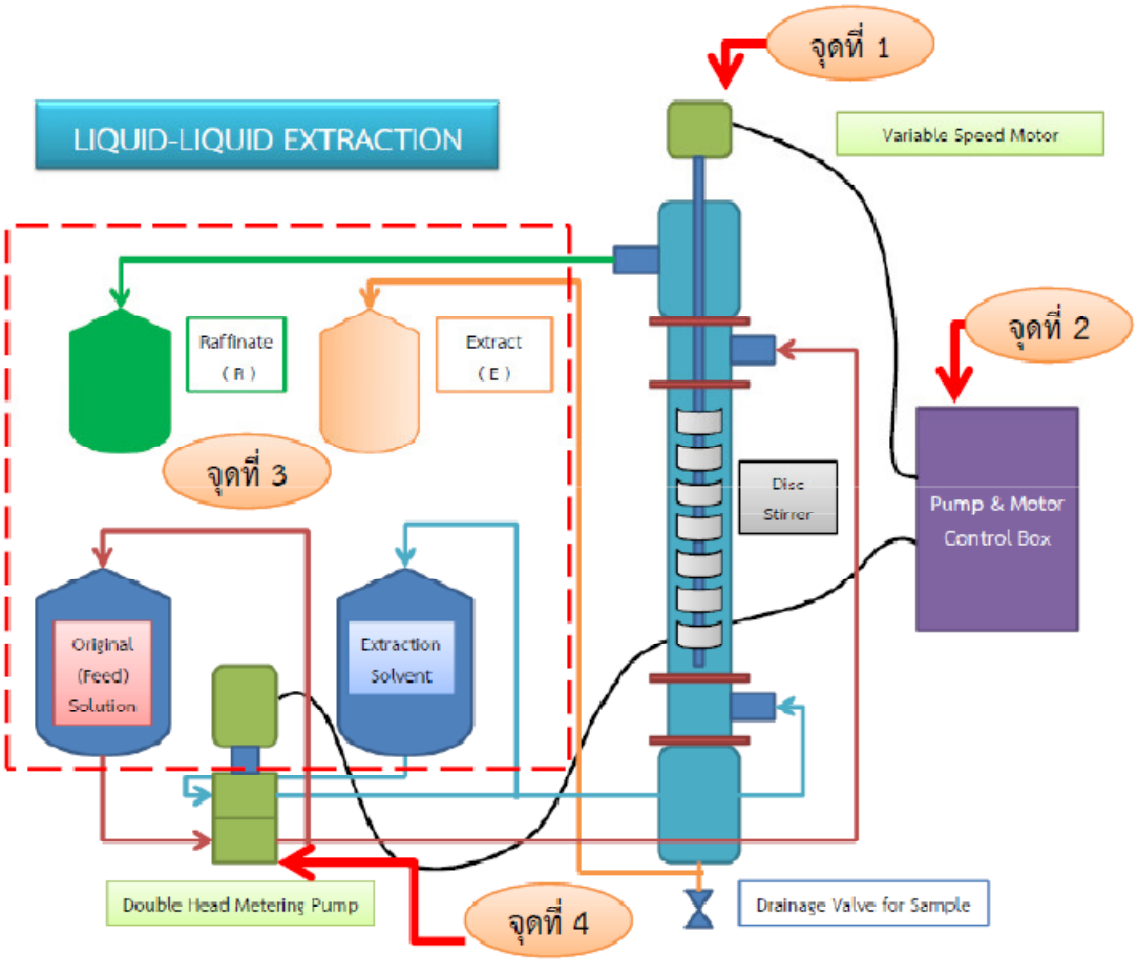


ภาพที่ 4.46 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Continuous Stirred Tank Reactor** (เฉพาะ Compound Feeding Unit 2)



ภาพที่ 4.47 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Continuous Stirred Tank Reactor** (เฉพาะ Reactor และ Circulated Water Incubator)

4.2.12 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid – Liquid Extraction

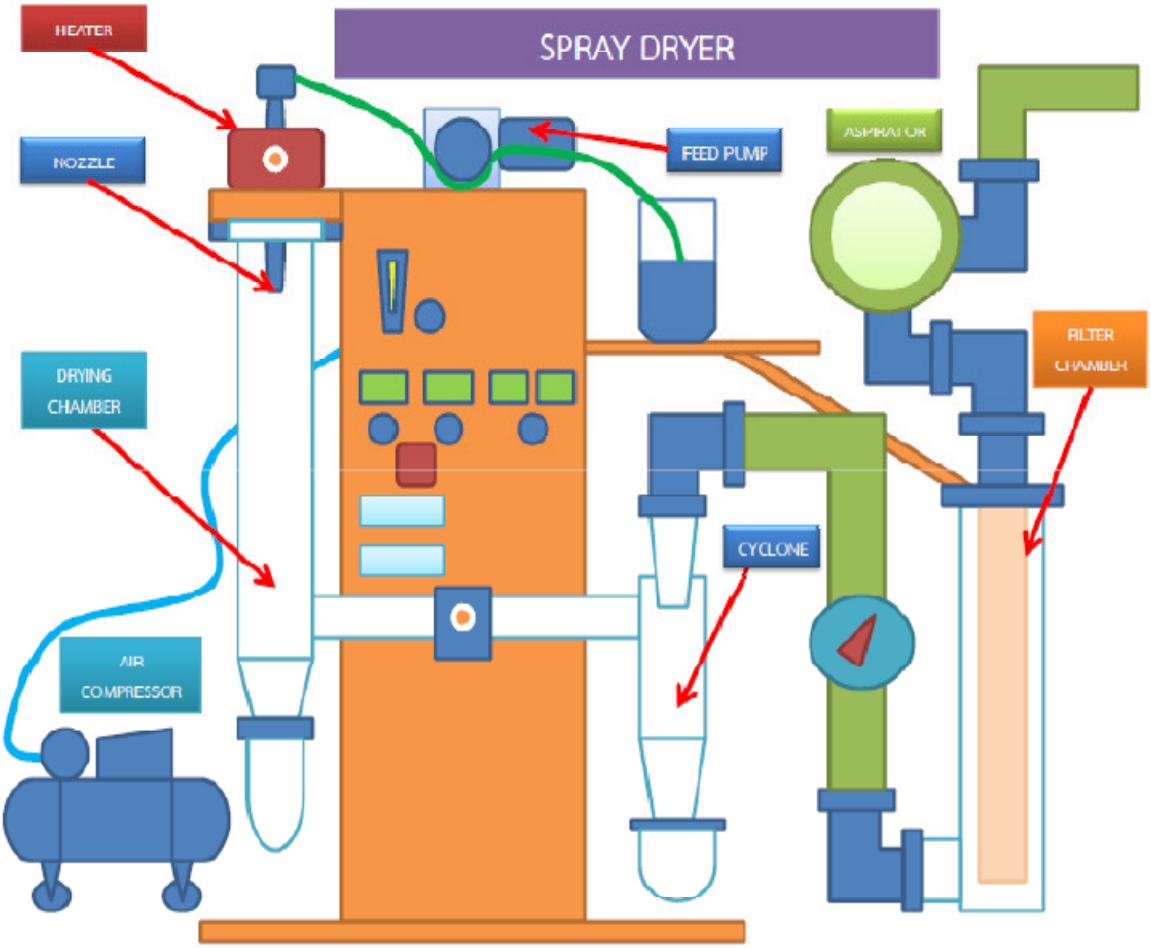


ภาพที่ 4.48 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Liquid – Liquid Extraction

เนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid – Liquid Extraction มีขนาดของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่มีขนาดใหญ่ การใช้งานสำหรับการเรียนการสอนจึงมีข้อจำกัดด้านการใช้สารเคมีสำหรับการทดลองปริมาณมากประมาณ 60 -100 ลิตร ต่อรอบการทดลอง ดังนั้นเมื่อจำนวนนักศึกษาเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีนักศึกษาประมาณ 20 – 30 คน ต่อรุ่น แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 50 – 70 คน ต่อรุ่น จะเห็นว่าเมื่อนักศึกษาเพิ่มขึ้นจำนวนกลุ่มเรียนจะเพิ่มขึ้นตามซึ่งก็หมายถึงปริมาณสารทั้งที่นำมาใช้และการเกิดของเสียสารเคมีก็มากตามด้วย ดังนั้นการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองนี้จึงยกเลิกการใช้งานไปแล้วใช้เป็นชุดทดลองคล้ายกับการทดลองไทรเทรตทดแทน ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดที่ประกอบเป็นชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเป็นเครื่องแก้วของห้องปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้ดูแลจึงเป็นความรับผิดชอบของอาจารย์ผู้สอน นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Liquid – Liquid Extraction ชุดเดิม ทางผู้เขียน

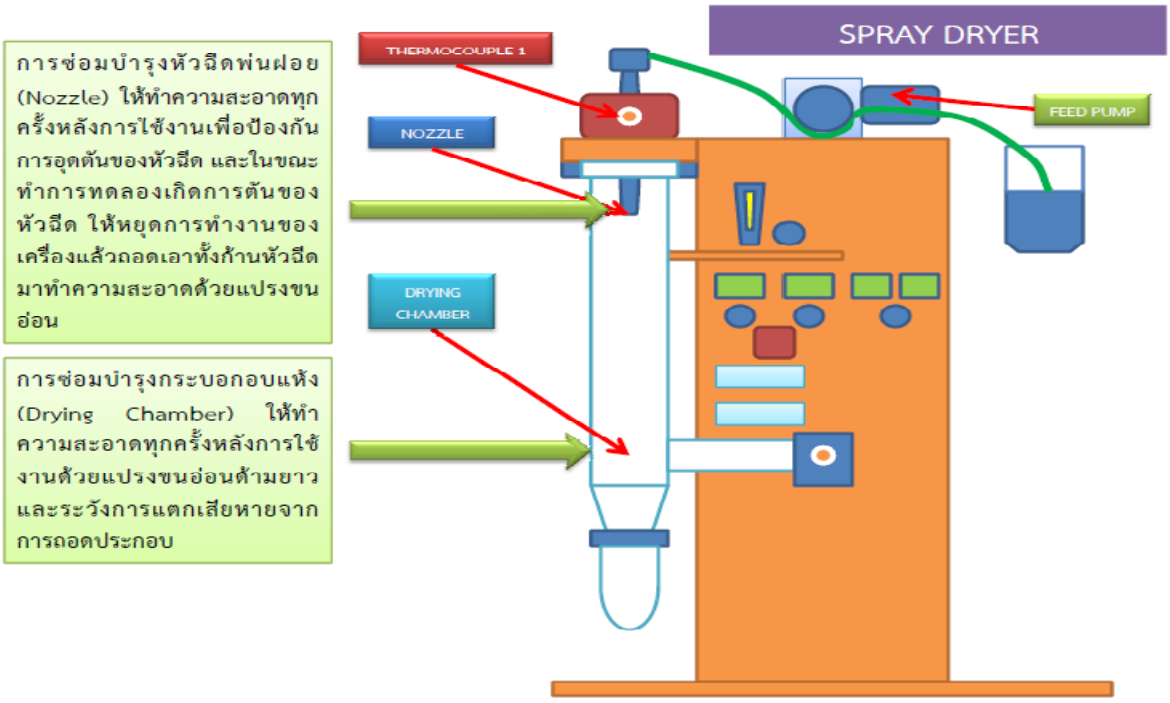
ได้เคยทำการทดสอบการเดินระบบแต่ไม่ได้ใช้สารเคมีพบว่าชุดควบคุมมอเตอร์สำหรับกวนสารละลาย (บริเวณจุดที่ 1 และจุดที่ 2) ใช้งานไม่ได้แล้วแต่ระบบปั๊มสาร (บริเวณจุดที่ 4) ยังใช้งานได้ ส่วนชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (บริเวณจุดที่ 3) บางจุดได้แตกหักเสียหายไปบ้างแล้ว จึงสรุปสภาพชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเดิมนี้ได้ว่าไม่พร้อมและไม่เหมาะกับใช้งานแล้ว ในอนาคตข้างหน้าหากผู้เขียนยังคงปฏิบัติหน้าที่ดูแลในจุดนี้อยู่คงต้องหาแนวทางสร้างชุดฝึกปฏิบัติการทดลองนี้ทดแทนต่อไป

4.2.13 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer

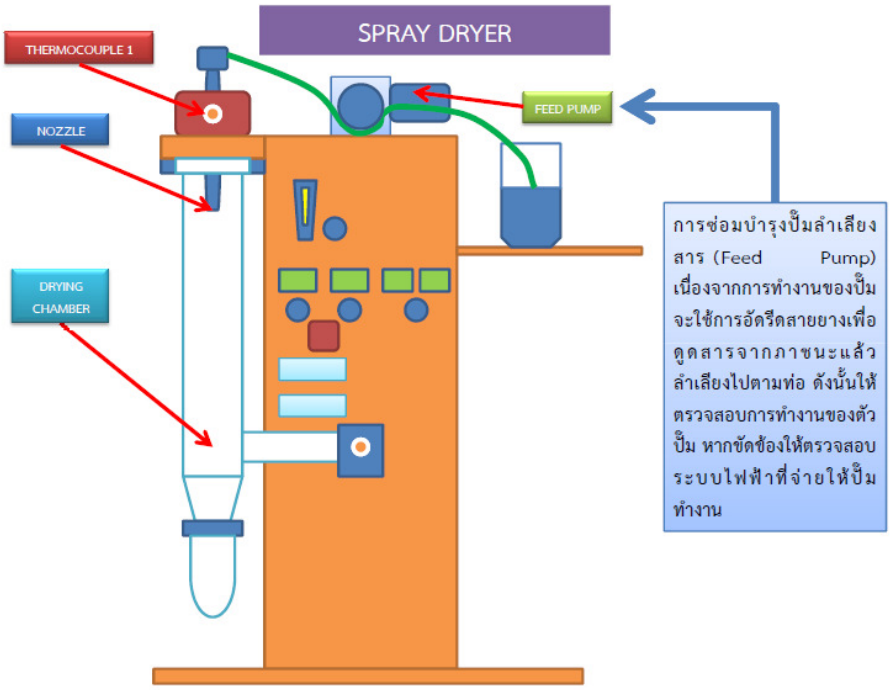


ภาพที่ 4.49 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer

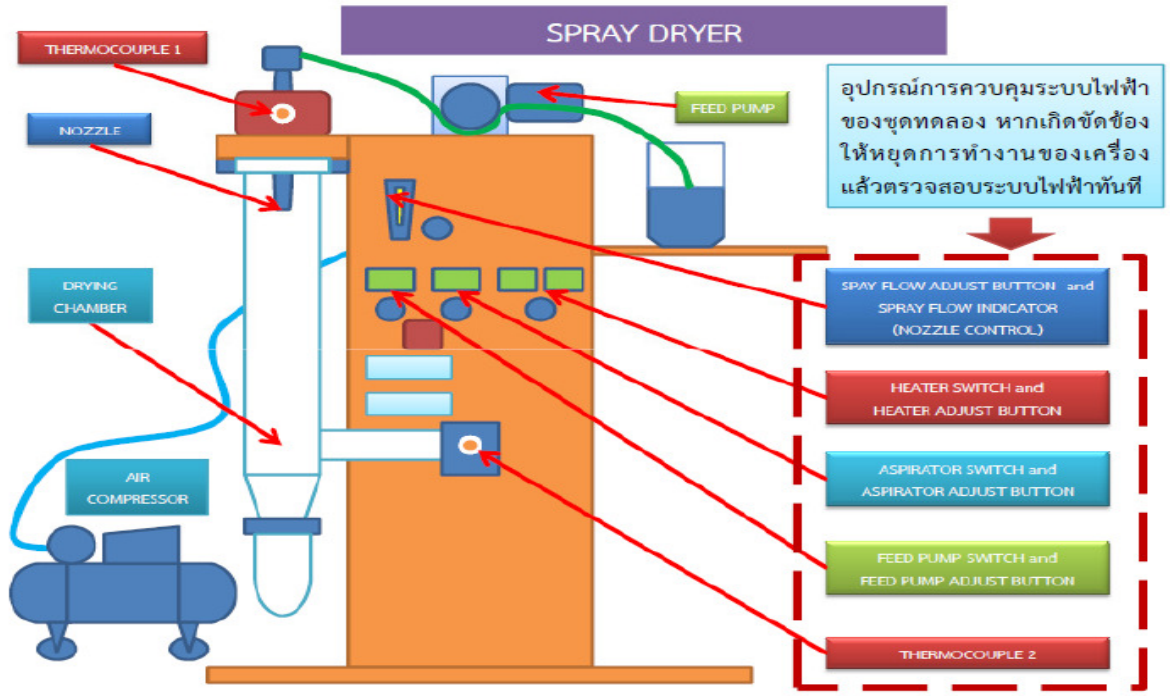
3



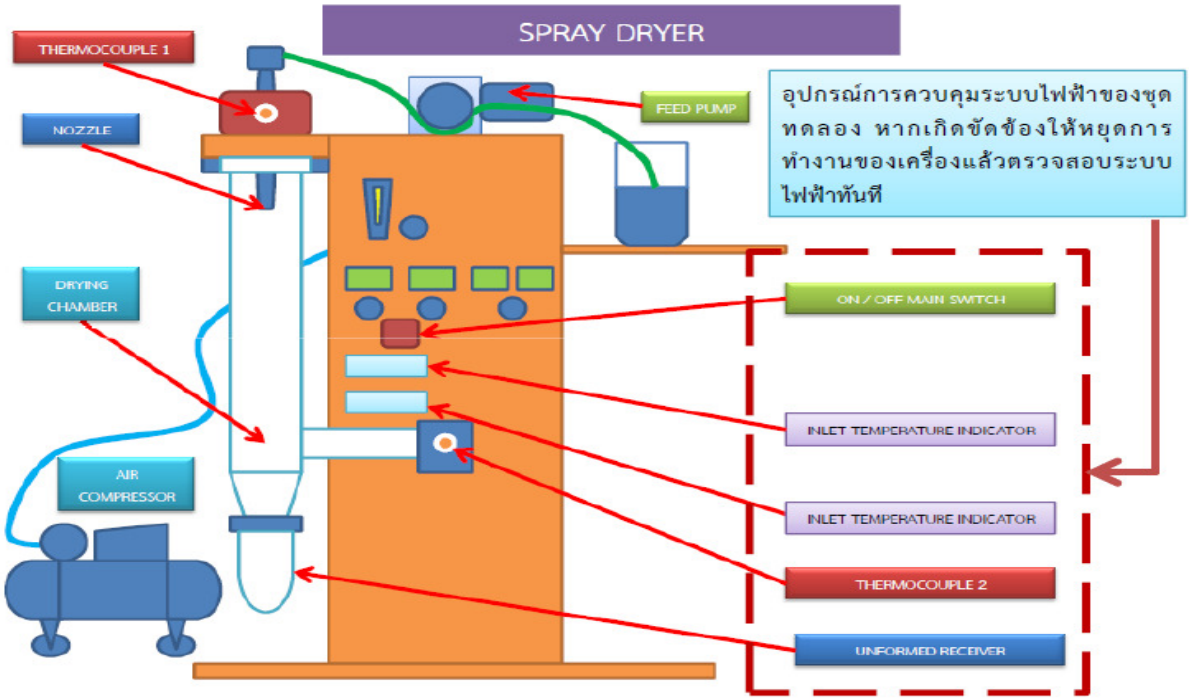
ภาพที่ 4.50 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะ Nozzle และ Drying Chamber)



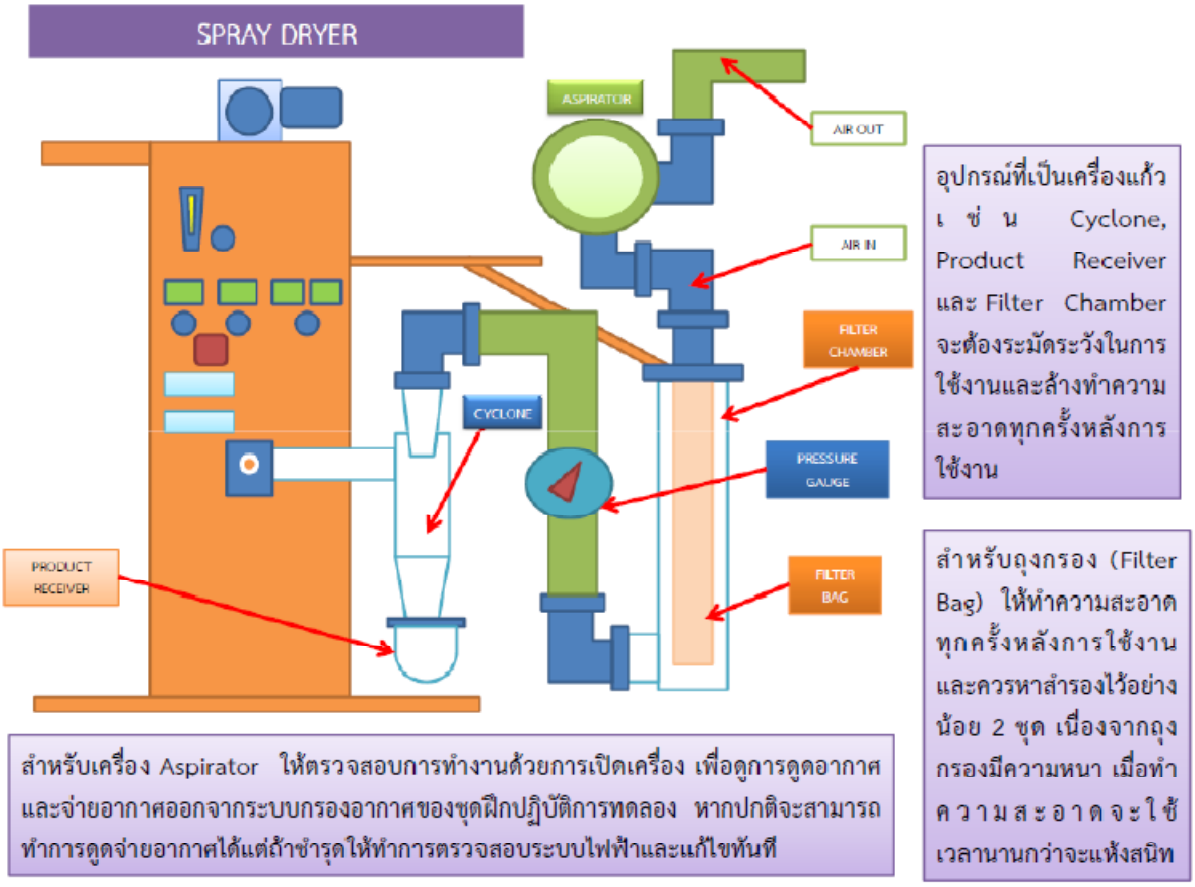
ภาพที่ 4.51 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer (เฉพาะ Feed Pump)



ภาพที่ 4.52 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer **(เฉพาะระบบไฟฟ้า ส่วนที่ 1)**



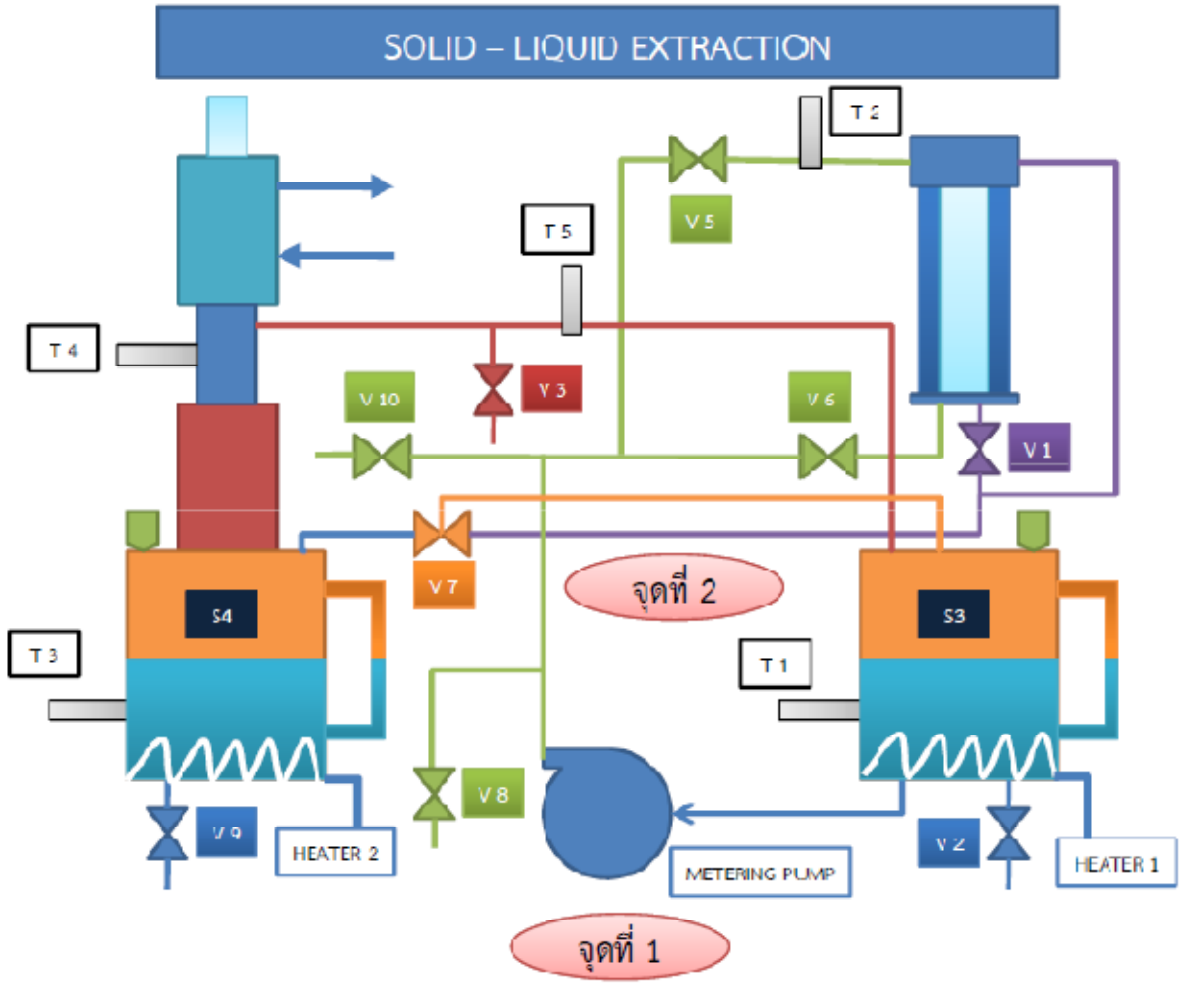
ภาพที่ 4.53 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer **(เฉพาะระบบไฟฟ้า ส่วนที่ 2)**



ภาพที่ 4.54 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer **(เฉพาะระบบเก็บผลิตภัณฑ์และกรองอากาศ)**

ภาพที่ 4.55 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Spray Dryer **(เฉพาะเครื่องอัดอากาศ)**

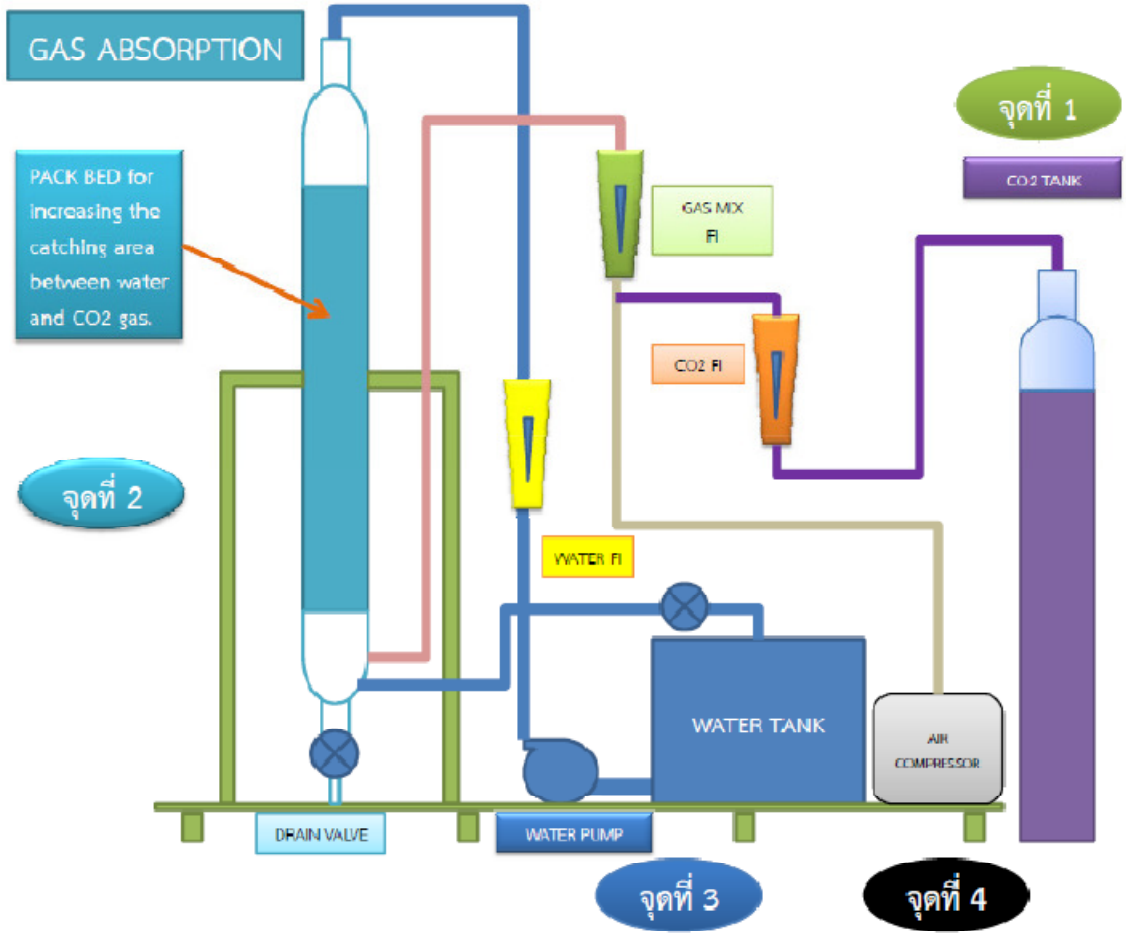
4.2.14 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Extraction



ภาพที่ 4.56 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Extraction

จากแผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Solid – Liquid Extraction ด้านบนจะเห็นได้ว่าผู้เขียนแสดงจุดที่ต้องซ่อมบำรุงเพียง 2 จุด คือ 1. ปั๊มลำเลียงสารแบบ Metering Pump และ 2. ท่อลำเลียงสารพร้อมวาล์วแต่ละจุดส่งผ่านสาร นอกจากนี้เป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างและไม่ได้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าซับซ้อน ดังนั้นการซ่อมบำรุงนี้จะเป็นการตรวจสอบการทำงานของปั๊มลำเลียงสารให้ทำงานได้ปกติ ถ้าเรือนปั๊มมีรูปแบบต้องเติมน้ำมันหล่อลื่นกลไกของการดูดลำเลียงสาร ให้หมั่นดูระดับของน้ำมันที่ช่องแสดงระดับอย่างสม่ำเสมอ ส่วนระบบวาล์วและท่อลำเลียงหากมีการอุดตันให้ทำการถอดในแต่ละจุดมาเป่าเอาสิ่งอุดตันออก แต่หากวาล์วชำรุดให้ดำเนินการจัดหาอะไหล่มาเปลี่ยนทดแทน

4.2.15 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption



ภาพที่ 4.57 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption

จากแผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Gas Absorption ผู้เขียนแสดงจุดที่ต้องซ่อมบำรุงจำนวน 4 จุด คือ

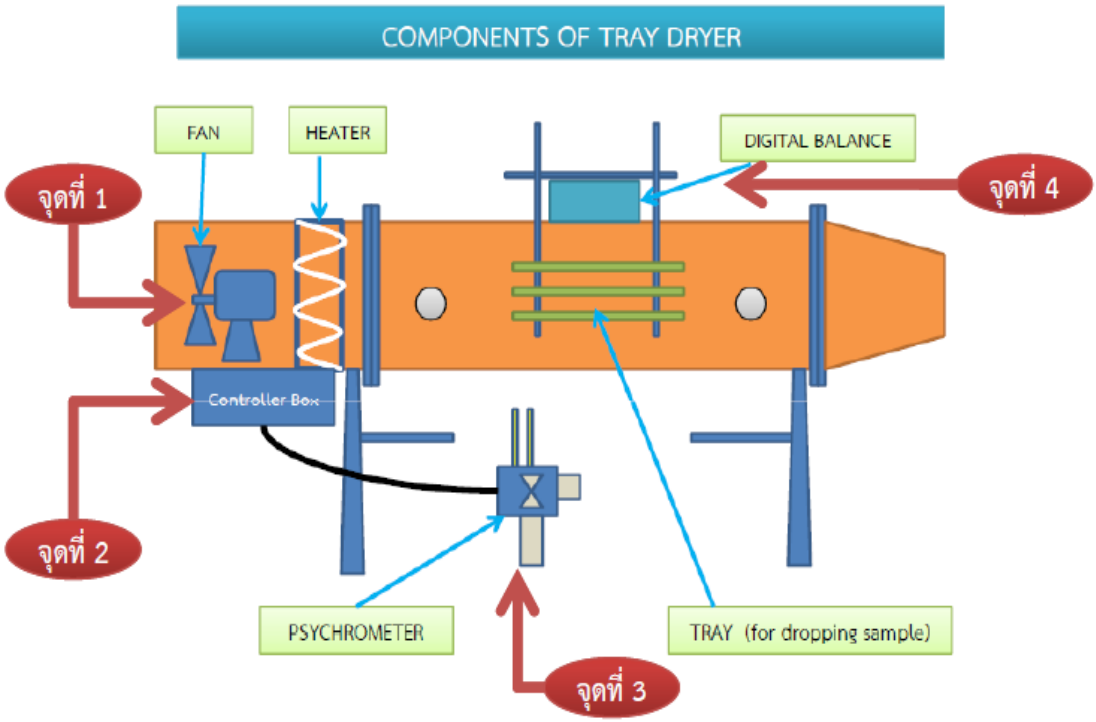
จุดที่ 1 ถังแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับการซ่อมบำรุงรักษาจะใช้การตรวจสอบเกจวัดความดันที่ถังว่ามีการรั่วซึมขณะเปิดแก๊สมาใช้งานหรือไม่ โดยการใช้น้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานผสมน้ำแบบเจือจางมาหยอดขณะเปิดแก๊สใช้งาน หากพบจุดรั่วซึมให้ปิดวาล์วที่ถังแก๊สแล้วดำเนินการแก้ไข คือ ถ้าเกิดตรงระหว่างถังแก๊สกับเกจ ให้ถอดเกจแล้วพันเทปพันเกลียวใหม่ให้หนาขึ้น แต่ถ้าเกิดที่ตัวเรือนของเกจให้หาเกจใหม่มาทดแทน ห้ามถอดแก้ไขเองเพราะจพทำให้เกจชำรุดและเกิดอันตรายภายหลังหากนำไปใช้งานต่อ

จุดที่ 2 คอลัมน์สำหรับการทดลองการดูดซึม ให้ทำการล้างทำความสะอาดด้วยการแช่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 mol/l ระยะเวลา 12 -24 ชั่วโมง เพื่อขจัดคราบที่เกิดจากการทดลองให้น้ำดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

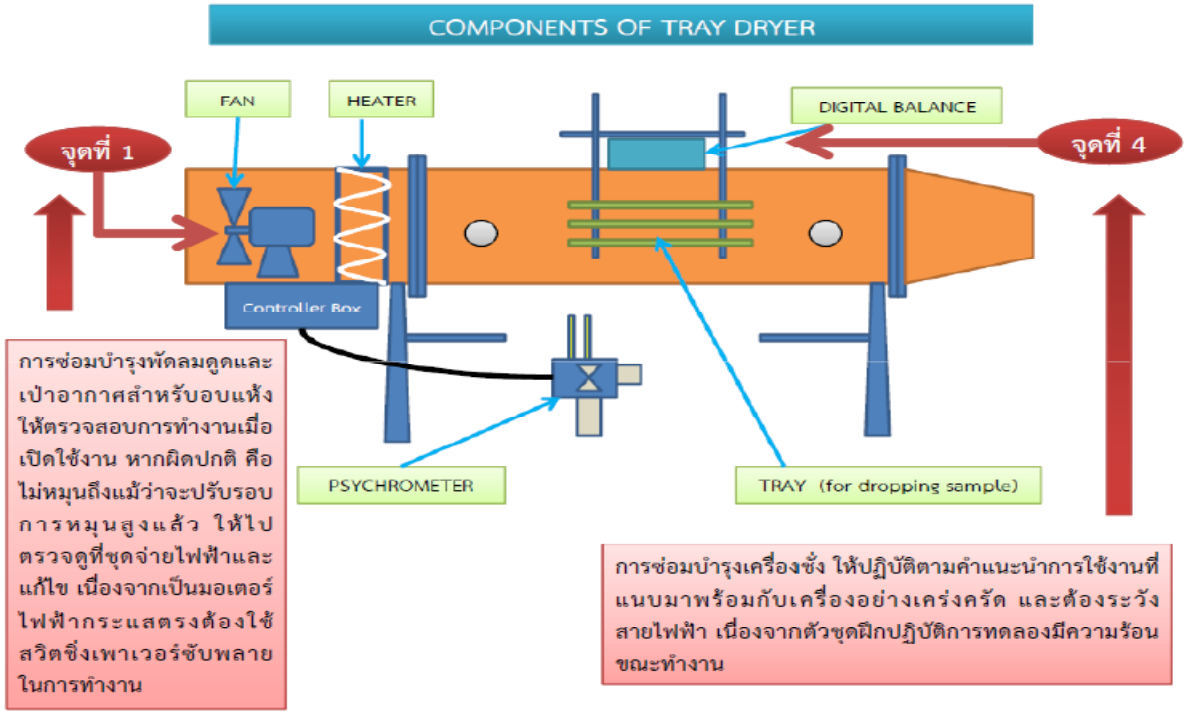
จุดที่ 3 ถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำแบบ Centrifugal Pump ให้ตรวจสอบรอยรั่วซึมที่ถังน้ำ หากพบให้อุดให้เรียบร้อย เนื่องจากถังเป็นถังทำจากพีวีซีจะสามารถซ่อมได้เป็น 2 ลักษณะ คือ รอยรั่วซึมขนาดเล็กให้ใช้อีพร็อกซี่แบบดินเหนียวอุดรอยรั่ว ส่วนรอยรั่วขนาดใหญ่เป็นลักษณะแตกแนวยาวต้องใช้การเชื่อมด้วยความร้อนด้วยเครื่องเชื่อมพลาสติก

จุดที่ 4 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ให้ตรวจสอบการอัดอากาศด้วยการเปิดให้เครื่องทำงานแล้วเปิดวาล์วให้อากาศไหลเข้าสู่คอลัมน์ทดลอง สังเกตที่โรตามิเตอร์หากเปิดอากาศที่อัตราการไหลใดๆ แล้วตัวลูกลอยบอกอัตราการไหลค่อยลดตัวต่ำลงไม่คงที่แสดงว่าเครื่องอัดอากาศทำงานผิดปกติ ให้ผู้ซ่อมบำรุงตรวจสอบการอุดตันที่กรองอากาศของเครื่อง แต่ถ้าปกติให้ตรวจสอบที่ก้านปรับระดับการอัดอากาศเนื่องมีโอริงอยู่อาจจะเสื่อมสภาพให้ทำการเปลี่ยนทันที

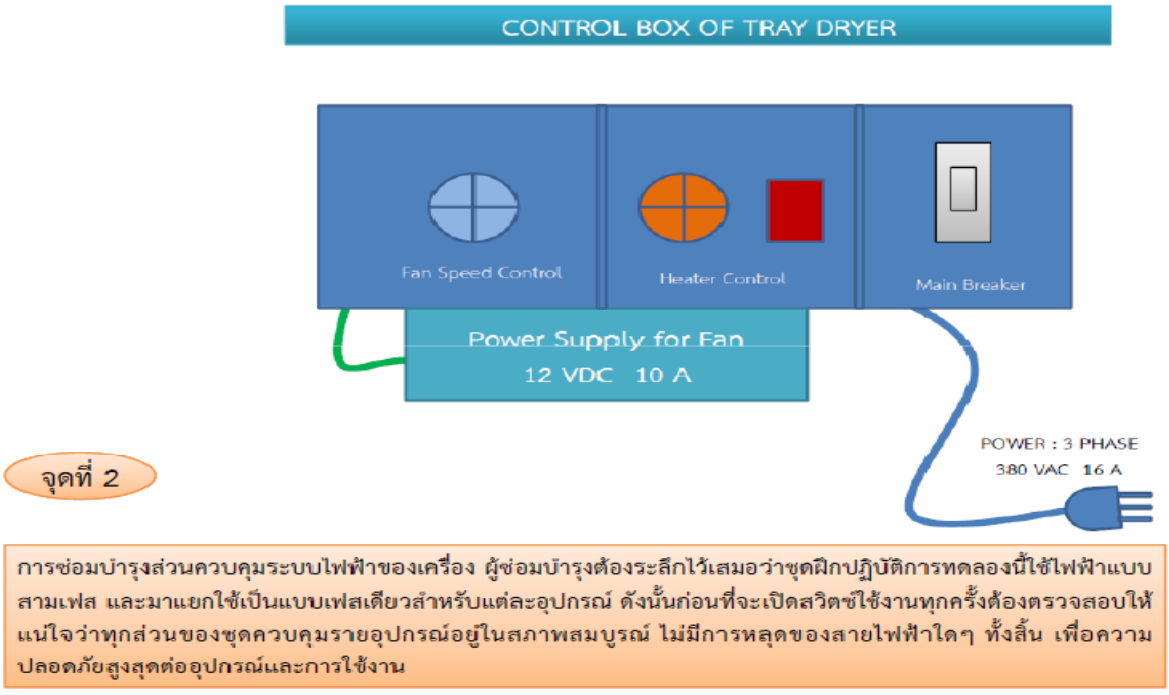
4.2.16 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer



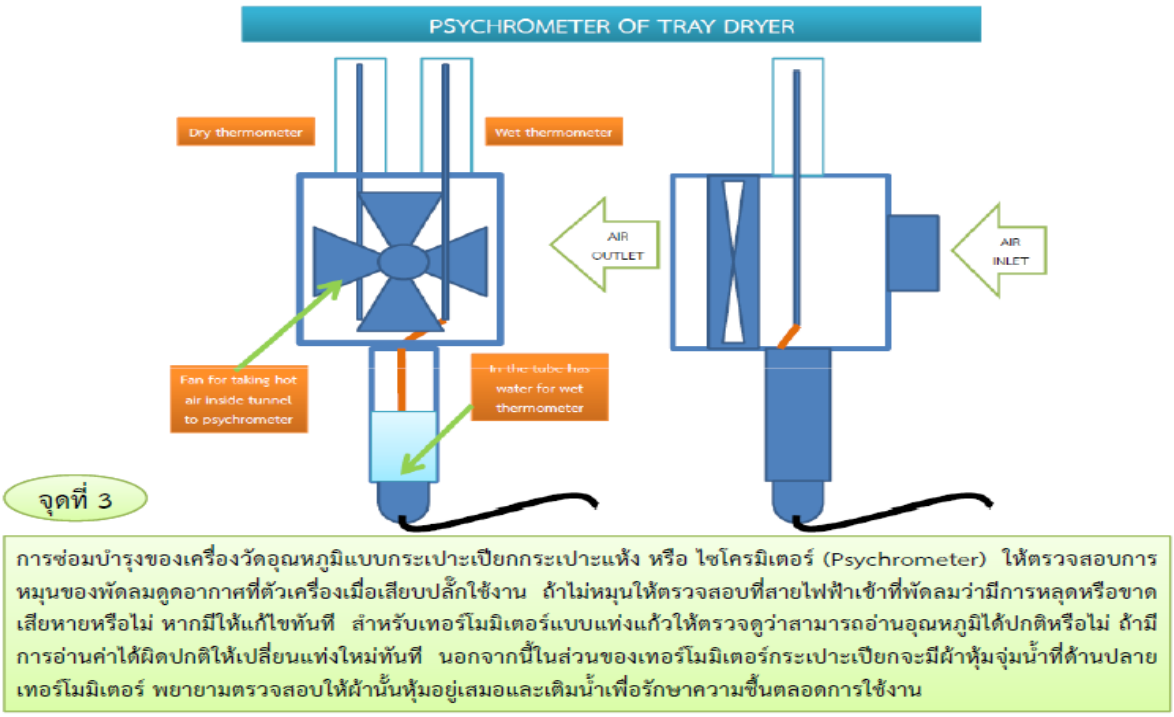
ภาพที่ 4.58 แผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer



ภาพที่ 4.59 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะพัดลมดูดและเป่าอากาศสำหรับอบแห้ง และเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล)

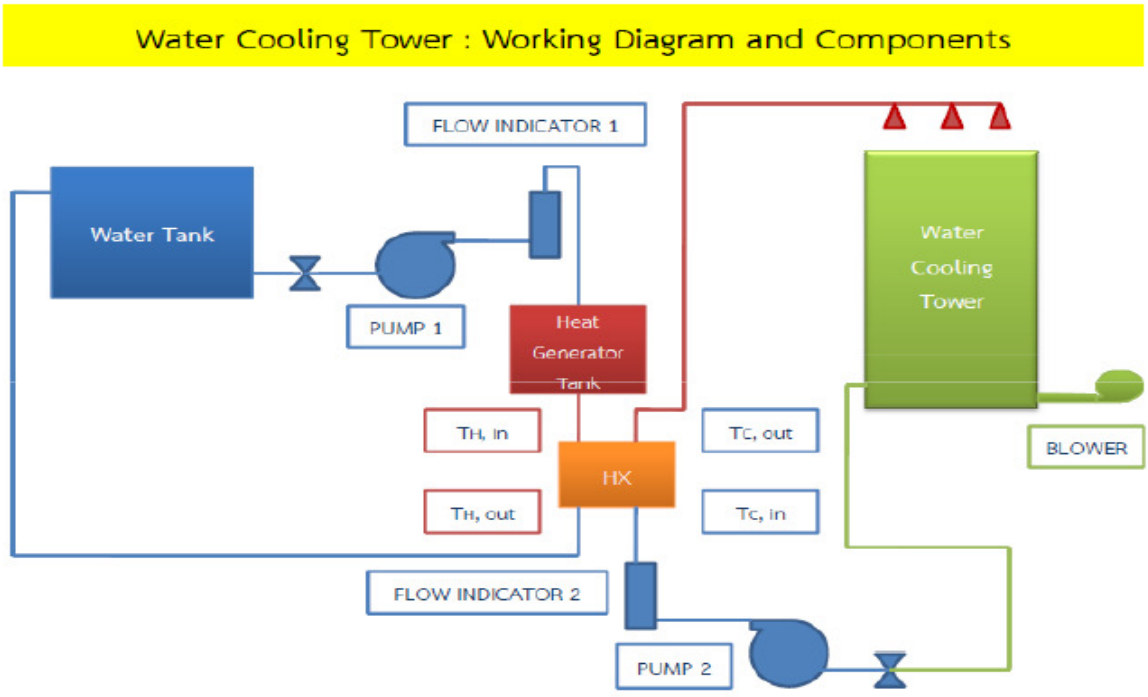


ภาพที่ 4.60 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะส่วนควบคุมระบบไฟฟ้าของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง)

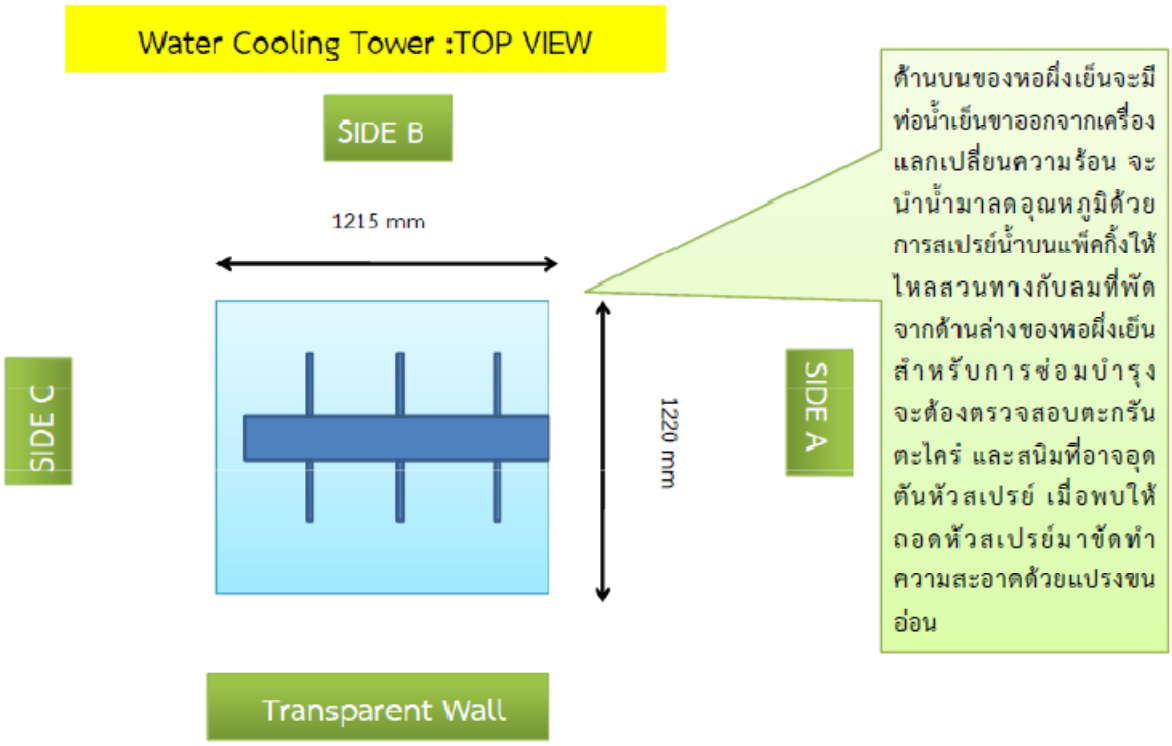


ภาพที่ 4.61 แผนภาพแสดงแนวทางสำหรับการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer (เฉพาะเครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง หรือ ไซโครมิเตอร์)

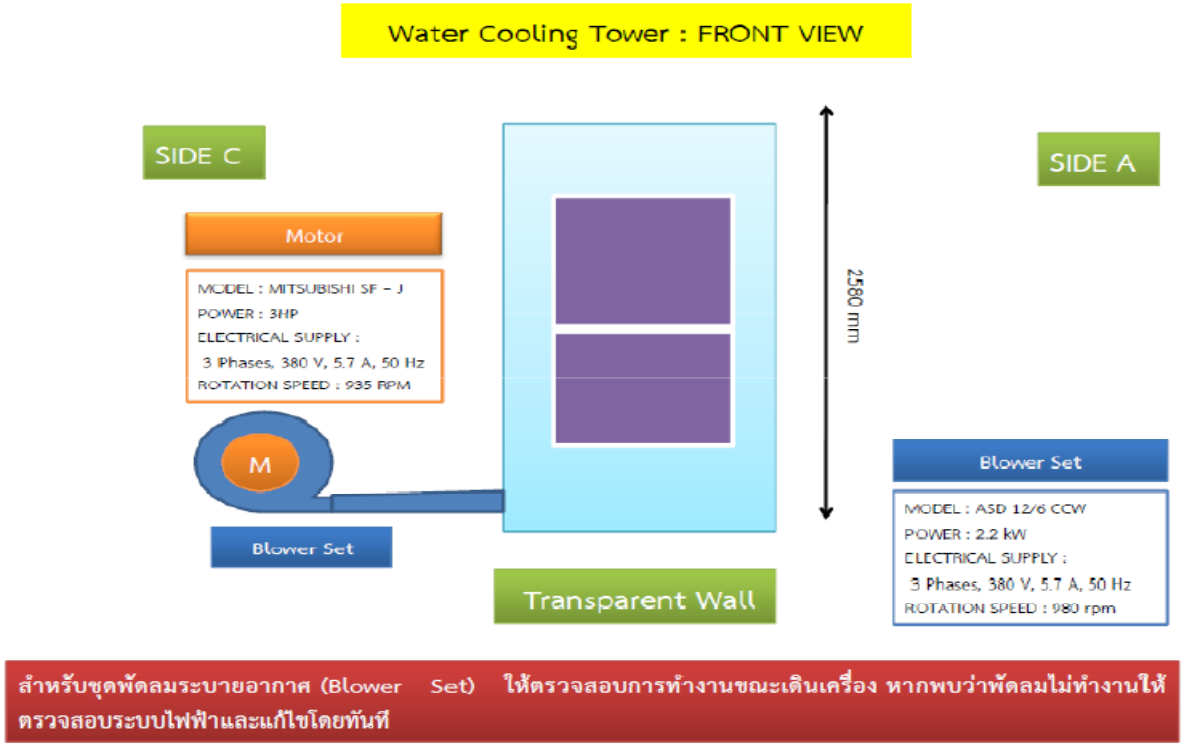
4.2.17 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower



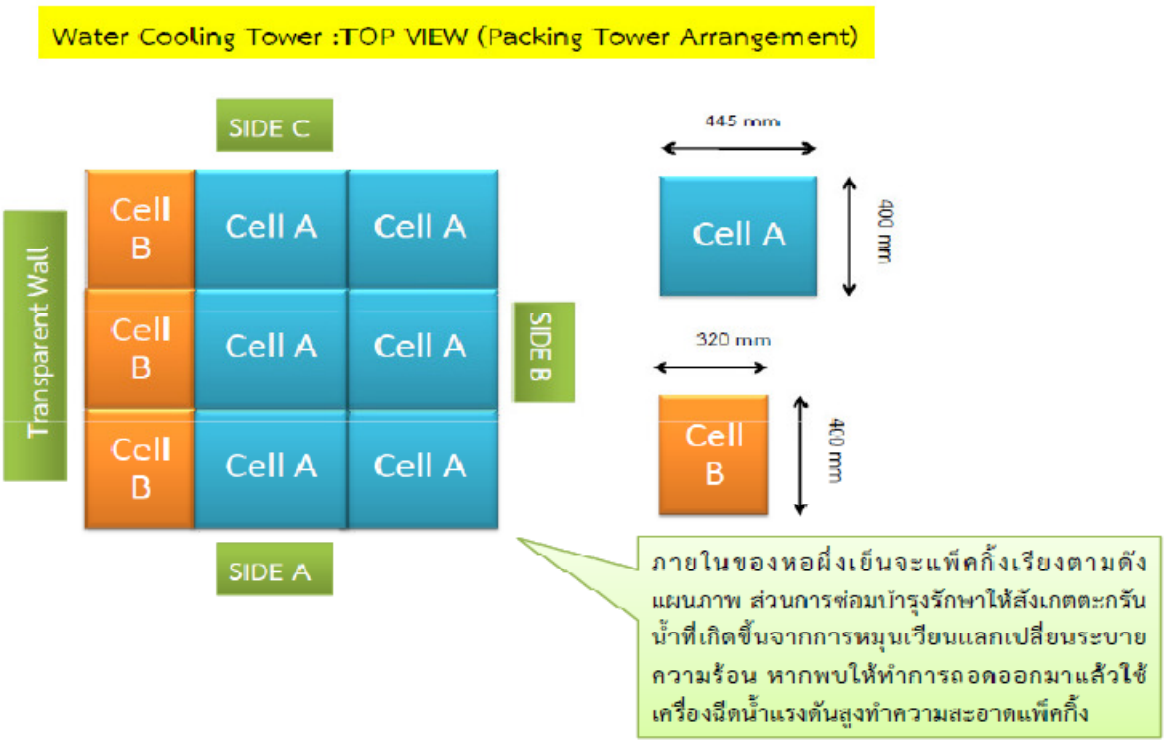
ภาพที่ 4.62 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์แต่ละส่วนของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower



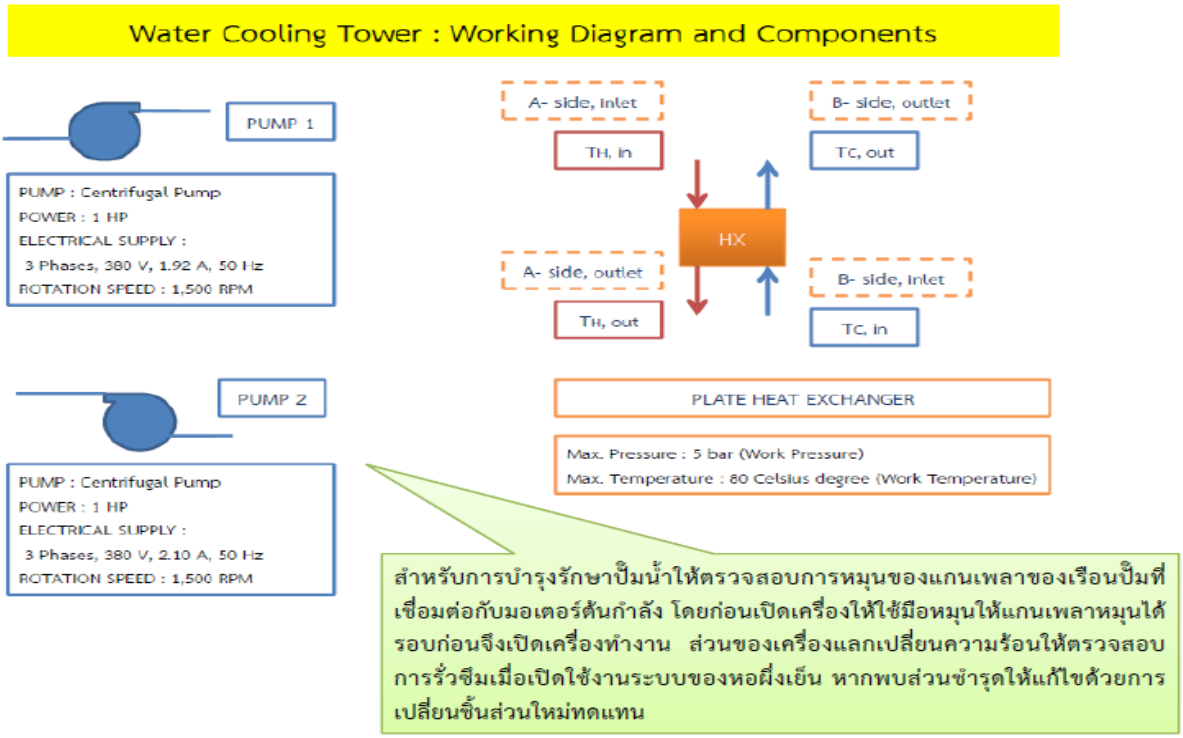
ภาพที่ 4.63 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower **(เฉพาะส่วนของหัวสเปรย์น้ำที่ด้านบนหอผึ่งเย็น)**



ภาพที่ 4.64 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower **(เฉพาะชุดพัดลมระบายอากาศของหอผึ่งเย็น)**

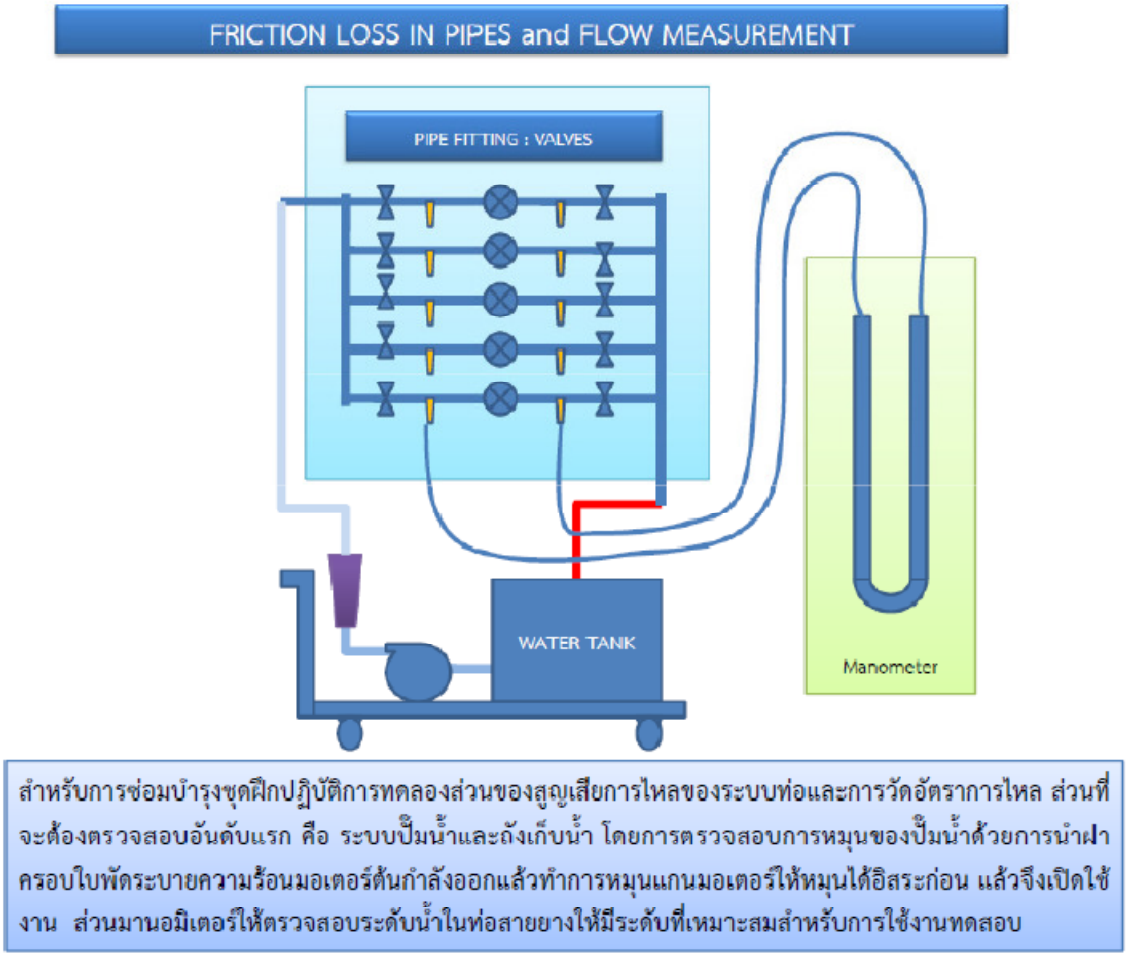


ภาพที่ 4.65 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (เฉพาะส่วนแพ็คกิ้งของหอผึ่งเย็น)

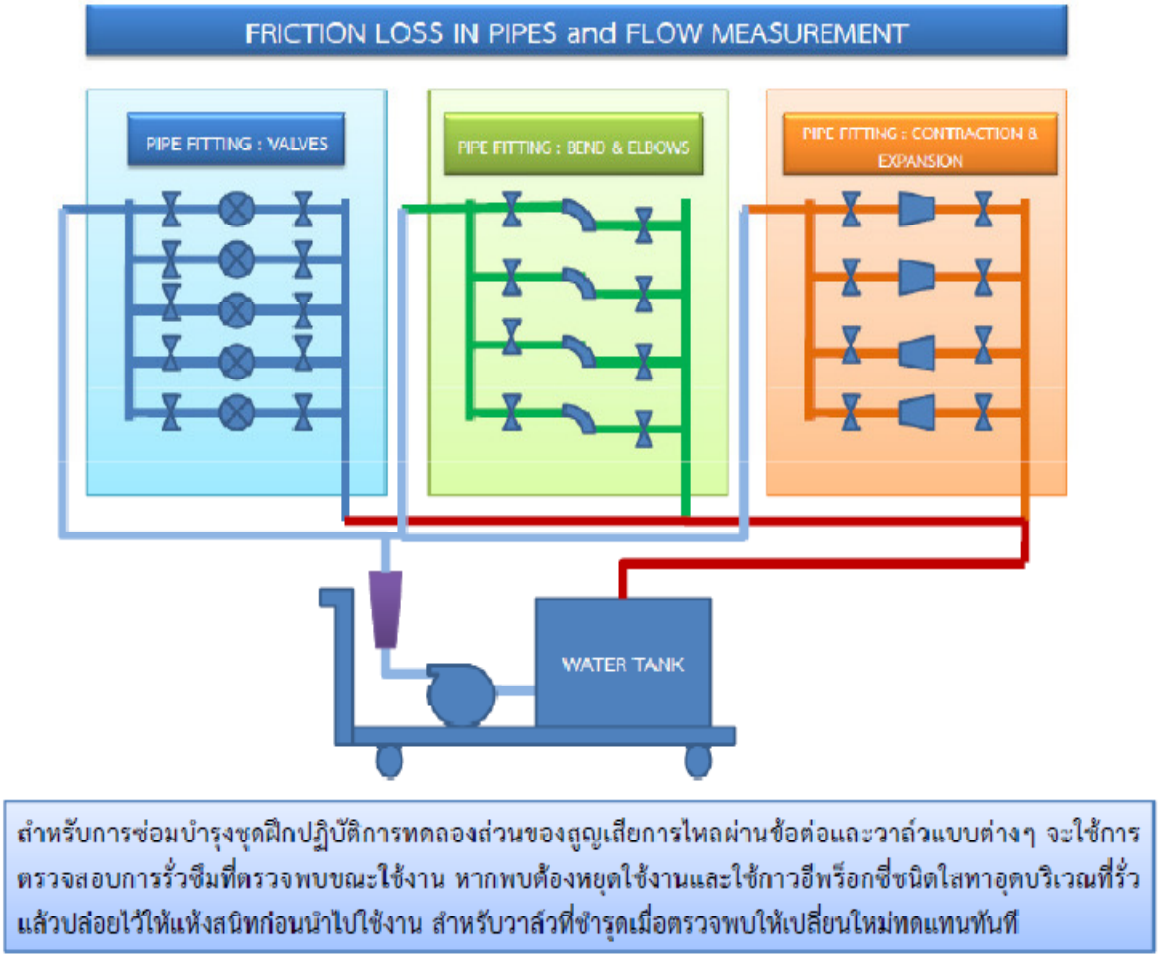


ภาพที่ 4.66 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง Water Cooling Tower (เฉพาะชุดปั๊มน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเพลทของหอผึ่งเย็น)

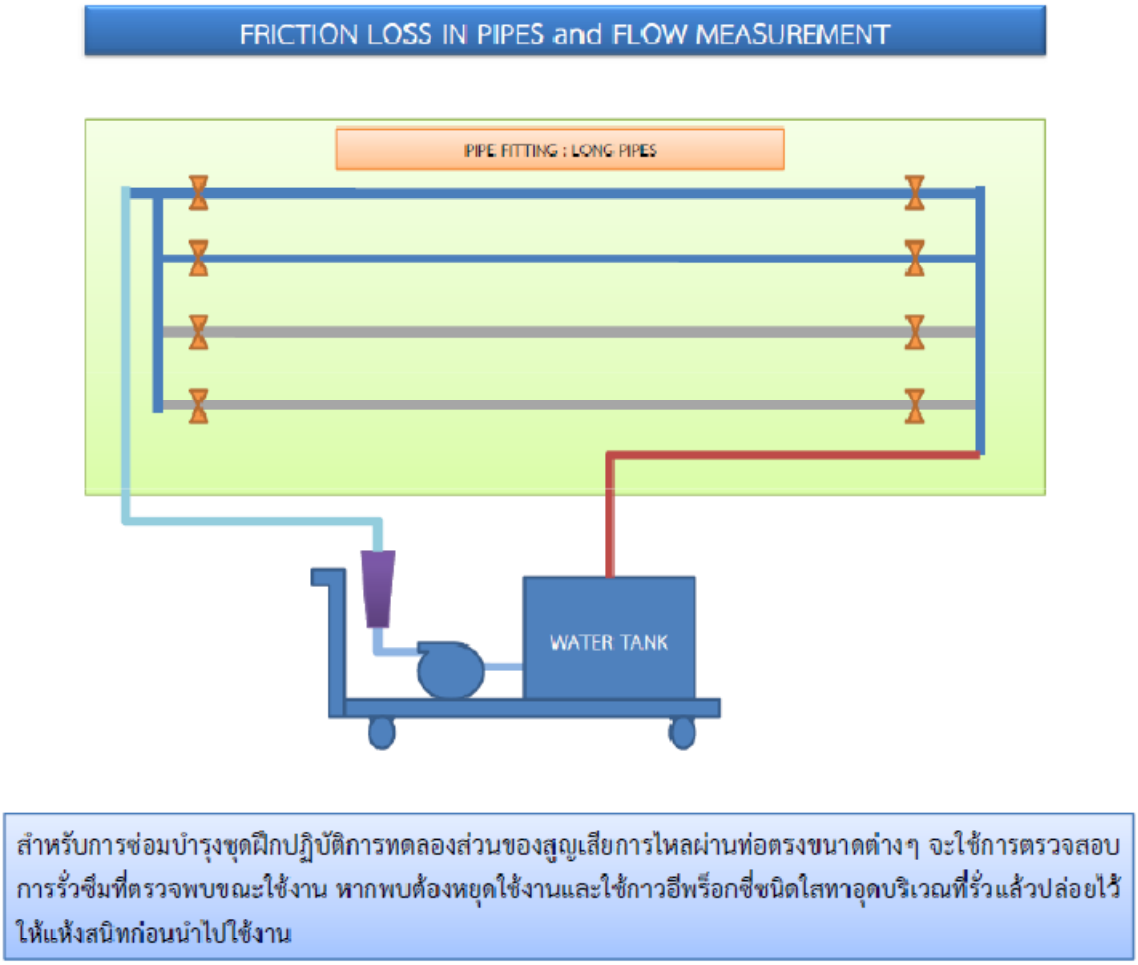
4.2.18 แนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Friction Loss in pipes and Flow Measurement



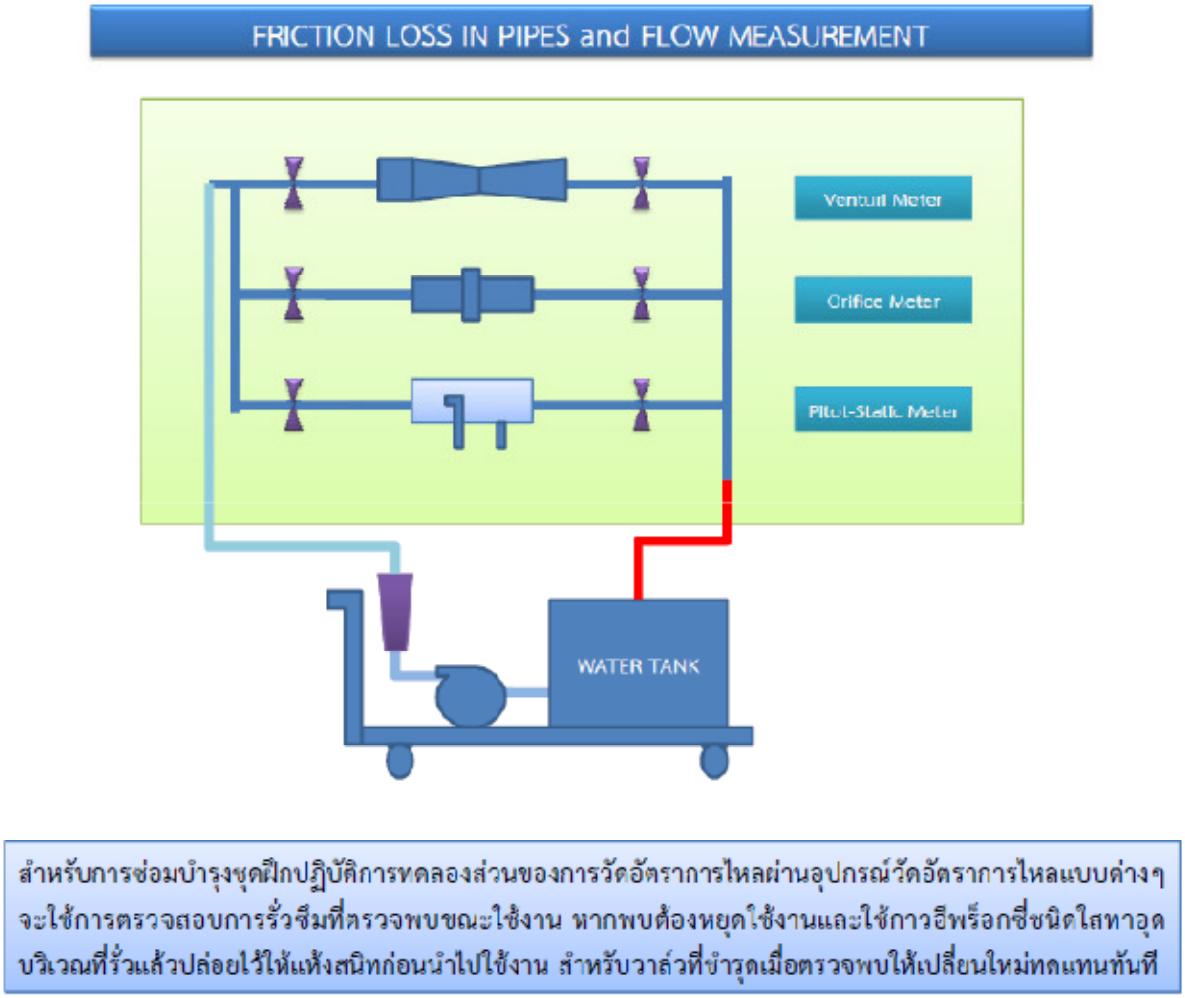
ภาพที่ 4.67 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Friction Loss in pipes and Flow Measurement** (เฉพาะระบบปั๊มน้ำพร้อมถังเก็บ และมานอมิเตอร์)



ภาพที่ 4.68 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Friction Loss in pipes and Flow Measurement** (เฉพาะอุปกรณ์ข้อต่อและวาล์วแบบต่างๆ)



ภาพที่ 4.69 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Friction Loss in pipes and Flow Measurement** (เฉพาะท่อตรงขนาดต่างๆ)



ภาพที่ 4.70 แผนภาพแสดงแนวทางการซ่อมบำรุงของชุดปฏิบัติการทดลอง **Friction Loss in pipes and Flow Measurement** (เฉพาะอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบต่างๆ)

จากแนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ผู้เขียนขอสรุปเพื่อให้ผู้ที่อ่านคู่มือเล่มนี้ได้เข้าใจและจับประเด็นหรือหลักการปฏิบัติได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ประเภทเครื่องแก้ว หากต้องทำความสะอาดทั้งก่อนและหลังใช้งานต้องมีรถเข็นหรือโต๊ะที่แข็งแรงมั่นคงสำหรับการเคลื่อนย้ายและวาง ส่วนการทำความสะอาดให้ใช้แปรงขนอ่อนกับน้ำยาล้างจานเท่านั้นเพื่อความปลอดภัยต่ออุปกรณ์ นอกจากนี้ถ้าต้องล้างทำความสะอาดด้วยกรดเพื่อขจัดคราบให้ใช้กรดที่มีความเข้มข้นอย่างมากไม่เกิน 0.1 mol/l เท่านั้น

2. อุปกรณ์ประเภทปั๊มน้ำ ให้ตรวจสอบการหมุนของมอเตอร์ต้นกำลังด้วยการหมุนให้แกนเพลาที่ต่อกับเรือนปั๊มหมุนได้อย่างอิสระก่อนจึงจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ขับปั๊มทำงาน ส่วนปั๊มที่มีส่วนต้องหล่อลื่นส่วนกลไกในการดูดของเหลวให้ดำเนิการตรวจสอบและเติมตามคำแนะนำจากคู่มือหรือแผ่นป้ายที่ติดข้างเรือนปั๊มอย่างเคร่งครัด

3. อุปกรณ์ประเภทฮีทเตอร์ ให้ตรวจสอบการทำงานด้วยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าโดยตรงหรือผ่านชุดควบคุมก็ได้เพื่อทดสอบการทำงาน หากใช้งานไม่ได้ควรส่งให้บริษัทที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางดำเนินการซ่อมบำรุงต่อไป

4. อุปกรณ์ประเภทเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียน ให้ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ ระบบปั๊มน้ำวน และระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักของเครื่อง หากพบชำรุดให้แก้ไขทันที ส่วนน้ำที่ใช้กับเครื่องต้องเปลี่ยนเดือนละ 1 ครั้ง ทุกๆ เดือนเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกและเกิดตะกอนภายในตัวเครื่อง

5. อุปกรณ์ประเภทตู้ควบคุมหรือกล่องควบคุมทางไฟฟ้า ให้ตรวจสอบความแน่นของสายไฟฟ้ารอยต่อสายไฟฟ้าตลอดจนสวิตช์ทำงานต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน หากพบการเสื่อมสภาพให้ดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนใหม่ทดแทนทันที

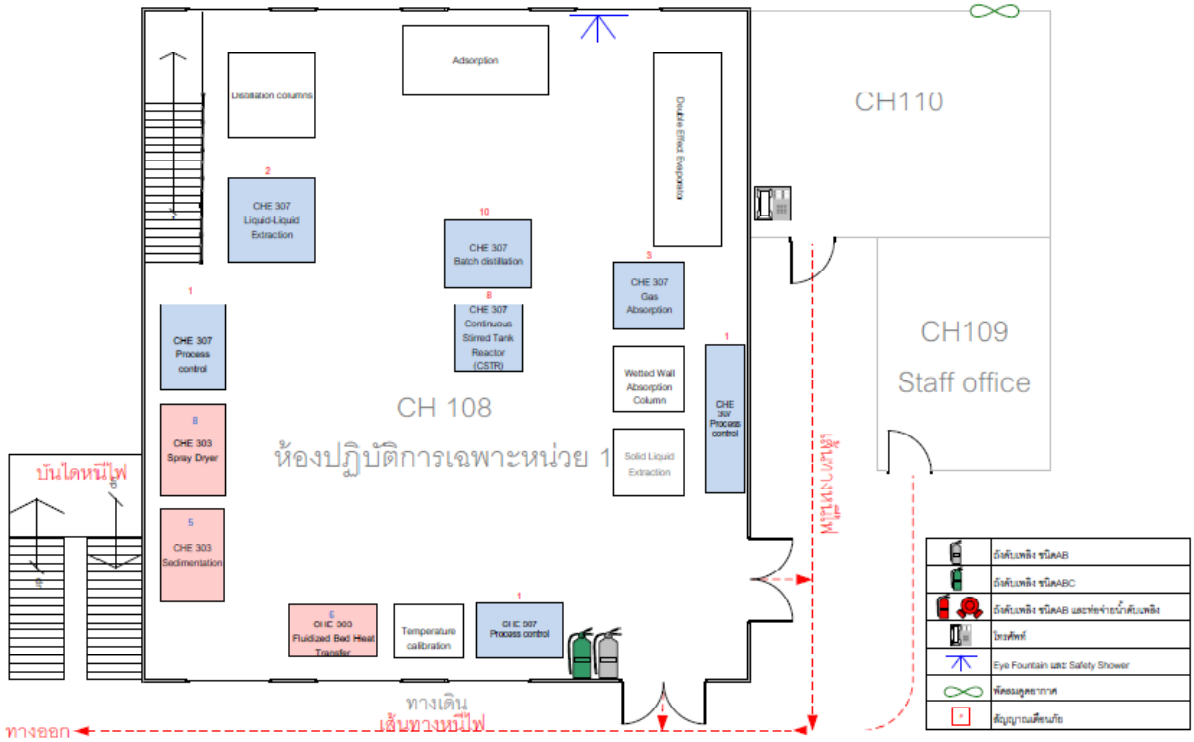
6. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ให้ระมัดระวังการใช้งานและทำตามคำแนะนำการใช้งานและการเก็บรักษาอย่างเคร่งครัดเพื่อความปลอดภัยกับชุดฝึกปฏิบัติการทดลองและผู้ทำการซ่อมบำรุง

บทที่ 5
ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการพัฒนางาน

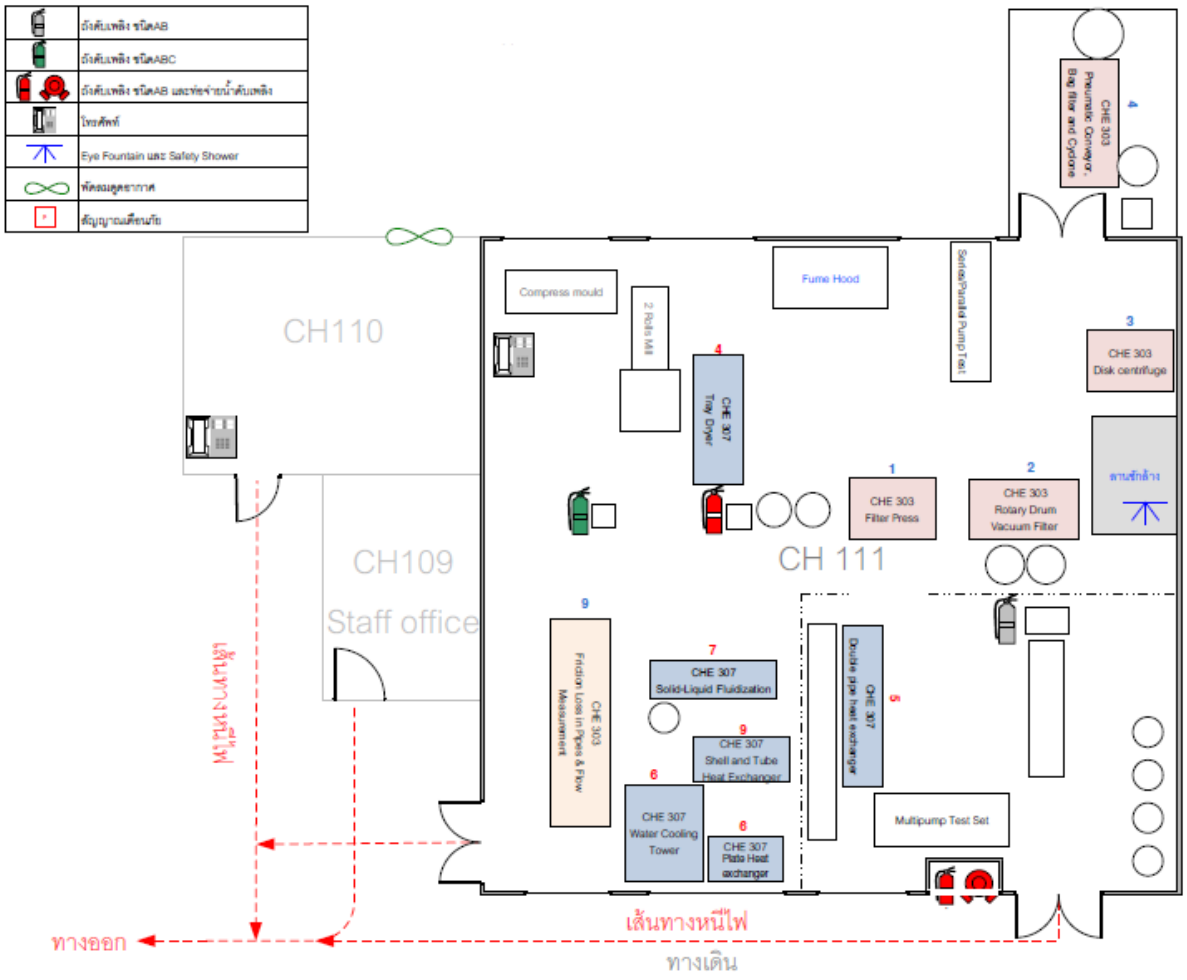
5.1 ปัญหาและอุปสรรคของการปฏิบัติงาน

สำหรับปัญหาและอุปสรรคของการปฏิบัติงานสำหรับการซ่อมบำรุงและปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี ผู้เขียนขอกล่าวสรุปไว้ 3 ประเด็นที่สำคัญดังนี้

5.1.1 ข้อจำกัดด้านพื้นที่ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่มีพื้นที่สำหรับห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมเคมีเพียง 2 ห้อง คือ ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 (CH 108) มีพื้นที่ใช้สอยจำนวน 216.00 ตารางเมตร และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (CH 111) มีพื้นที่ใช้สอยจำนวน 305.04 ตารางเมตร ซึ่งทั้งสองห้องปฏิบัติการนี้ได้ใช้เป็นห้องเรียนรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีและพื้นที่วางเครื่องมือซ่อมบำรุงต่างๆ ทำให้พื้นที่คับแคบลงไม่สามารถดำเนินการขยับขยายได้ นอกจากนี้ในช่วง 3 - 4 ปีที่ผ่านมา (ระหว่างปี 2559 – 2563) ได้การปรับพื้นที่บางส่วนเป็นห้องวิจัยของคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมีอีกด้วย



ภาพที่ 5.1 แผนภาพแสดงการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 (CH 108) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี



ภาพที่ 5.2 แผนภาพแสดงการใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (CH 111) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

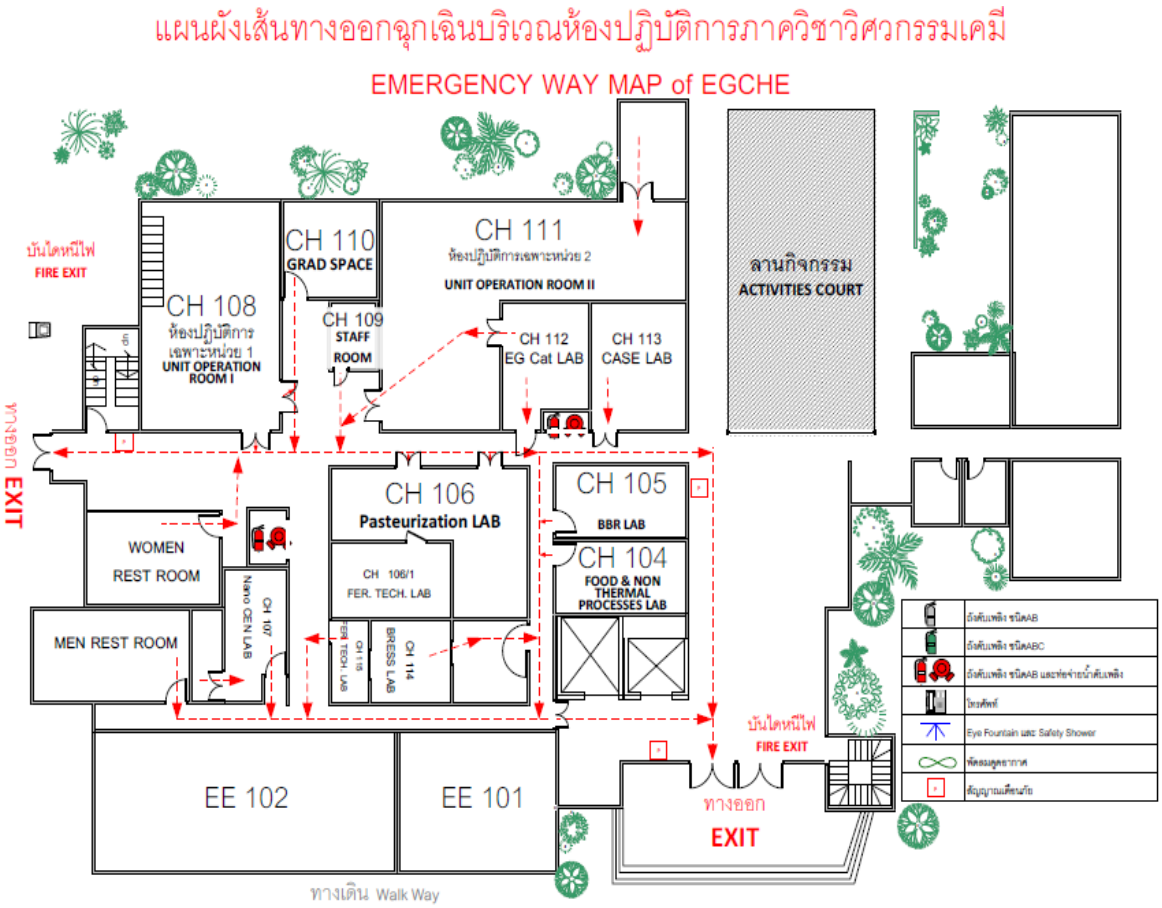
นอกจากการจัดวางชุดฝึกปฏิบัติการทดลองของห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 แล้ว ผู้เขียนจะขอแสดงรายการอุปกรณ์และเครื่องมืออื่นนอกจากชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเพื่อเอาไว้เป็นข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการพื้นที่ต่อไปในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (ตอนที่ 1)

ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 (CH 108)	ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (CH 111)
1. ชุดวัดการแพร่กระจายของของเหลว (Fixed and Fluidized Bed : EG-36-CH-059.4/2) 2. Temperature Measurement Apparatus (EG-L-45-CH-011) 3. Fluidization Heat Transfer Unit (EG-L-43-CH-016)	1. ตู้อบ (EG-35-CH-090) 2. เตาเผา 1200 องศาเซลเซียส AT (EG-37-CH-044) 3. เตาเผา 1200 องศาเซลเซียส MT (EG-36-CH-061) 4. เตาเผาเซรามิกส์ (EG-40-CH-080

ตารางที่ 5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 และห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (ตอนที่ 2)

ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 1 (CH 108)	ห้องปฏิบัติการเฉพาะหน่วย 2 (CH 111)
1. ชุดทดลอง Sedimentation 2. อุปกรณ์สำหรับกวนสารตัวอย่าง (Jar Test : EG-36-CH-066.3) 3. ชุดจัดเตรียมวัสดุของแข็ง (Solid Handing Studies : EG-36-CH-059.1) 4. เครื่องอบแห้งแบบสเปรย์ (Spray Dryer : EG-36-CH-066) 5. Chemical Process Training Plant (EG-L-43-CH-002) 6. ชุดปฏิบัติการแยกของเหลว-ของเหลว (EG-36-CH-051) 7. ชุดทดลองการกลั่นแบบต่อเนื่อง (EG-35-CH-088 : แทงจำหน่ายแล้ว ปี 2556) 8. Temperature Process Training System (EG-L-43-CH-003) 9. เครื่องมือทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบต่ออนุกรมและแบบขนาน (EG-40-CH-069) 10. ชุดทดลอง Double Pipe Heat Exchanger 11. เครื่องสกัดแบบใช้แรงเหวี่ยง (EG-36-CH-057) 12. Pressure Measuring Apparatus (EG-L-43-CH-001) 13. ชุดทดลองการดูดซับ (EG-36-CH-052.1) 17. เครื่องต้มระเหยแบบท่อคู่ (EG-36-CH-050) 18. เครื่องกลั่นแยกตัวทำละลาย (EG-40-CH-075) 19. ชุดถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง (EG-38-CH-016) 20. ชุดฝึกเลียนแบบกระบวนการ (EG-35-CH-086) 21. ชุดฝึกการวัดและระบบควบคุมงาน (EG-35-CH-085 : แทงจำหน่ายทั้งรหัส ปี 2556) 22. ชุดฝึกระบบควบคุมส่วนกลางโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ (EG-36-CH-054) 23. ชุดจำลองการดูดซึม (EG-36-CH-052.2)	1. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบคอลัมภ์ (EG-38-CH-023) 2. ชุดทดลองการสูญเสียเนื่องจากการไหลในท่อ 3. ชุดทดลอง Shell & Tube Heat Exchanger 4. ชุดทดลอง Solid-Liquid Fluidization 5. เครื่องกรองแบบแบทช์ (EG-36-CH-055) 6. ชุดไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยใช้ความร้อนในถาด (Tray Dryer : EG-36-CH-059.2) 7. เครื่องนึ่งอบฆ่าเชื้อ (EG-37-CH-033) 8. เครื่องนึ่งอบฆ่าเชื้อ (1058034-409000015544) 9. เครื่องบดตัวอย่าง (EG-46-CH-008) 10. เครื่องมือทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบหลายชนิด (EG-40-CH-068) 11. อุปกรณ์สำหรับบดสารตัวอย่าง (EG-36-CH-066.2) 12. เครื่องต๊าปเกลียวไฟฟ้าท่อประปา (EG-38-CH-140) 13. เครื่องผสมเม็ดพลาสติก (EG-40-CH-076) 14. เครื่องมือทดสอบอัดขึ้นรูปพลาสติก (EG-40-CH-077) 15. เครื่องสำหรับดูสี (EG-40-CH-077.1) 16. เครื่องหลอมและผสมยางหรือพลาสติกแบบลูกกลิ้งคู่ (EG-39-CH-010) 17. เครื่องเชื่อมโลหะ (EG-38-CH-139) 18. เครื่องเชื่อมโลหะ (EG-D-37-CH-002) 19. เลื่อยวงเดือน (EG-39-CH-085)



ภาพที่ 5.3 แผนภาพแสดงทางออกฉุกเฉินบริเวณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

ส่วนภาพที่ 5.3 เป็นแผนภาพที่แสดงทางออกฉุกเฉินบริเวณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ชั้น 1 อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยแผนภาพนี้ยังได้แสดงพื้นที่ใช้สอยที่เป็นห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีในปัจจุบันด้วย จะเห็นว่ามีขนาดค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการจัดวางอุปกรณ์และชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง

5.1.2 ลักษณะทางกายภาพและอายุของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองมีผลต่อการซ่อมบำรุงและการปรับปรุง สำหรับประเด็นนี้ผู้เขียนได้บอกไว้เบื้องต้นเกี่ยวกับอายุของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองแล้วว่าอยู่ในช่วง 20 – 25 ปี ซึ่งอะไหล่ที่จะสนับสนุนการซ่อมบำรุงหายากและบางอย่างเลิกการผลิตไปแล้ว ดังนั้นการซ่อมบำรุงจึงมีปัญหาด้านการจัดหาและนำมาดัดแปลง ซึ่งบางเครื่องก็สามารถทำได้ เช่น ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง Tray Dryer ที่ได้ทำการจัดหามอเตอร์พัดลมดูดและระบายอากาศสำหรับการอบแห้ง โดยการซ่อมบำรุงนี้เดิมใช้พัดลมที่ใช้ระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์ตู้เย็นมาใช้ แต่ความเร็วรอบต่ำเพราะกำลังของมอเตอร์ต่ำ ผู้เขียนจึงได้นำคุณลักษณะจำเพาะของมอเตอร์พัดลมเดิมที่มากับเครื่องมาคำนวณด้านกลศาสตร์ของไหลประกอบกัน แล้วนำผลที่ได้จากการคำนวณไปจัดหามอเตอร์พัดลมที่เป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง สามารถปรับรอบได้ด้วยวงจรปรับรอบมอเตอร์ด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (อุปกรณ์แปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง) ผลลัพธ์คือชุดฝึกปฏิบัติการทดลองสามารถทำงานได้เหมือนของเดิม ซึ่ง

จะเห็นได้ว่าต้องใช้เวลาในการจัดหามาก นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน เพราะชุดฝึกปฏิบัติการทดลองส่วนหนึ่งมีขนาดใหญ่และไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เช่น Filter Press, Water Cooling Tower, Liquid – liquid Extraction, Batch Distillation, Gas Absorption และ Pneumatic Conveyor and Bag Filter ซึ่งชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเหล่านี้ต้องวางอยู่กับที่ ทำให้สูญเสียพื้นที่โดยปริยาย และบางชุดฝึกปฏิบัติการทดลองถึงจะมีขนาดกลางแต่ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น Continuous Stirred Tank Reactor และ Spray Dryer เนื่องจากมีส่วนประกอบเป็นเครื่องแก้ว ทำให้เสี่ยงต่อการแตกเสียหายได้

5.1.3 ทัศนคติของการซ่อมบำรุงของผู้ดูแลห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี สำหรับประเด็นนี้ผู้เขียนจัดไว้สุดท้ายเพราะความคิดและทัศนคติของบุคคลมีความอ่อนตัวเปลี่ยนแปลงได้ไม่เท่ากัน ผู้เขียนอยากให้ผู้อ่านเข้าใจประเด็นนี้ว่าตัวผู้เขียนเองเข้ามาปฏิบัติงานที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน ประมาณ 9 ปี สิ่งที่ผู้เขียนเห็นชัดเจน คือ การซ่อมบำรุงและการปรับปรุงเป็นแบบซ่อมเมื่อเสีย เครื่องยังใช้ได้ ไม่จำเป็นต้องทำอะไร ใช้ไปก่อนยังดีอยู่ แต่ความจริงคือสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงของทุกสิ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา ยิ่งเวลาผ่านไปชิ้นส่วนของชุดฝึกปฏิบัติการทดลองก็จะเสื่อมสภาพลง ล้าสมัยลง เมื่อเทียบกับคนยุคใหม่ที่สะดวกขึ้น ฉับไวขึ้น ความคิดเฉียบคมแบบก้าวกระโดด แล้วหันมามองอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะสนับสนุนสิ่งที่เป็นยุคใหม่กลับเสื่อมลงไม่พัฒนาเท่ากับว่าทำให้ล้าหลังไป ทั้งหมดที่ผู้เขียนกล่าวมาสำหรับประเด็นนี้จะบอกแค่เพียงว่าการทำงานที่ต้องทำอยู่กับบุคคลที่มีทัศนคติแบบดังกล่าวก็จะทำให้การปรับปรุงและพัฒนาเป็นไปได้ช้านั่นเอง

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางาน

ในหัวข้อสุดท้ายของคู่มือเล่มนี้ ผู้เขียนอยากจะแสดงทัศนคติและแนวทางการปรับปรุงและพัฒนางานที่ผู้เขียนปฏิบัติอยู่นี้โดยอ้างอิงในหัวข้อ 5.1 มาประกอบกันดังนี้

5.2.1 พื้นที่ของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีของภาควิชาวิศวกรรมเคมีนั้นมีจำกัดขยายเพิ่มไม่ได้ แต่สามารถจัดการพื้นที่แบ่งส่วนการซ่อมบำรุง และส่วนการเรียนการสอนที่สามารถอ่อนตัวได้คือ ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ประมาณร้อยละ 50 จากทั้งหมด เมื่อเคลื่อนย้ายได้ก็จะวางรวมกันหรือแยกกันก็ได้ นอกจากนี้ต้องใช้การจัดการแบบ 5ส สำหรับจัดการวัสดุสำหรับซ่อมบำรุงและเศษวัสดุจากการซ่อมบำรุงให้เรียบร้อย ถ้าสามารถทำได้ก็จะได้พื้นที่เพิ่มจากพื้นที่จำกัด

5.2.2 พยายามวางแผนและการจัดการเชิงรุกสำหรับส่วนที่ทำได้ทันที เช่น การปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองให้ทันสมัย ซ่อมบำรุงได้ง่าย อะไหล่ที่จะสนับสนุนการซ่อมหาได้ในประเทศ เป็นต้น จากแนวทางแบบนี้ก็จะทำให้ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่มีอยู่สามารถใช้กับการเรียนการสอนได้อย่างทันกับยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างแน่นอน

5.2.3 จากการที่ผู้เขียนได้นำประสบการณ์ทำงานเกี่ยวกับซ่อมบำรุงชุดฝึกปฏิบัติการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 9 ปี มาเขียนเป็นคู่มือนี้ ผู้เขียนหวังว่าจะช่วยให้ผู้ที่อ่านได้รับทราบแนวทางการซ่อมบำรุงและปรับปรุงได้อย่างเข้าใจแล้วนำมาปรับใช้กับสภาพปัจจุบันที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5.3 แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการทดลองทางวิศวกรรมเคมี

ลำดับ	ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	แนวทางการปรับปรุงและพัฒนา
1	PID Control	เพิ่มเติมอุปกรณ์ประกอบเพื่อความหลากหลายด้านการทดลองมากขึ้น
2	Sedimentation	เปลี่ยนกระบอกทดสอบการตกตะกอนใหม่
3	Fluid Mixing	ออกแบบและจัดสร้างใหม่ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอน
4	Shell and Tube Heat Transfer	ออกแบบและจัดสร้างใหม่ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอน
5	Solid – Liquid Fluidization	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว
6	Friction loss in pipes and flow measurement	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว
7	Filter Press	เปลี่ยนผ้ากรองชุดใหม่ และปรับปรุงระบบการจ่ายอากาศสำหรับปั๊มไดอะแฟรมที่ทำหน้าที่ลำเลียงของผสมเข้าระบบการกรองตะกอน
8	Fluidized Bed Heat Transfer	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว
9	Multi – pump Test Set	ซ่อมบำรุงให้ทุกระบบที่เสื่อมสภาพใช้งานได้เหมือนเดิม
10	Pneumatic Conveyor and Bag Filter	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว
11	Batch Distillation	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว
12	Continuous Stirred Tank Reactor	ซ่อมชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่ชำรุด และปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำร้อนน้ำเย็นแบบหมุนเวียนใหม่ทดแทนของเดิมที่เสื่อมสภาพการใช้งาน
13	Liquid – Liquid Extraction	ออกแบบและจัดสร้างใหม่ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอน
14	Spray Dryer	ซ่อมชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่ชำรุด และศึกษาความเป็นไปได้ที่จะสร้างฐานล้อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้
15	Solid – Liquid Extraction	เพิ่มเติมฐานล้อให้สารมารถเคลื่อนย้ายได้
16	Gas Absorption	ปรับปรุงมานอมิเตอร์
17	Tray Dryer	กำลังดำเนินการปรับปรุงระบบของชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง
18	Water Cooling Tower	ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว

บรรณานุกรม

ธีระศักดิ์ พรหมเสน. (2556). “การบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อภิชาต นาควิมล. (2560). “การพัฒนาระบบการจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อลดการสูญเสีย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนางานอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2561). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา EGCH 303 ปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561**. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2561). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา EGCH 307 ปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561**. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล

วโรภาส แก้วประดับ. (2561). **คู่มือปฏิบัติงานดูแล ซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าของศูนย์วิทยพัฒนามสธ.เพชรบุรี** เพชรบุรี: ศูนย์วิทยพัฒนา มสธ. เพชรบุรี .

อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล. (2558). **การบำรุงรักษา**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก : แบบฟอร์มขออนุญาตซื้อวัสดุ

ภาคผนวก ข : แบบฟอร์มขออนุญาตซ่อมครุภัณฑ์

ภาคผนวก ก : แบบฟอร์มขออนุญาตซื้อวัสดุ

EGCHE 04 (TH)

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทร. i+๑๑-๖๑๐๑-๒ โทรสาร. i+๑๑-๖๑๒๙

ที่.....
วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....
เรื่อง ขออนุญาตซื้อวัสดุ

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี
สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบเสนอราคา จำนวน.....ฉบับ

มีความจำเป็นต้องสั่งซื้อวัสดุเพื่อใช้ในการ.....
.....
.....
.....
.....
จึงขออนุมัติสั่งซื้อวัสดุ จำนวน.....รายการ รวมจำนวนเงิน.....บาท (.....)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ลงนาม).....ผู้ขออนุมัติ
(.....)
ตำแหน่ง.....

ความคิดเห็นหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

เห็นควร ☐ อนุมัติ

☐ ไม่อนุมัติ เนื่องจาก.....
.....

(ลงนาม).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา คูอมรพัฒนะ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี
...../...../.....

ภาคผนวก ฃ : แบบฟอร์มขออนุญาตซ่อมครุภัณฑ์

EGCHE 05 (TH)

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทร. ๐๒-๖๗๐๗-๒ โทรสาร. ๐๒-๖๗๒๙

ที่.....
วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....
เรื่อง ขออนุญาตซ่อมครุภัณฑ์

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี
สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบเสนอราคา จำนวน.....ฉบับ

มีความจำเป็นต้องซ่อมแซมครุภัณฑ์ตามรายการต่อไปนี้

หมายเลขครุภัณฑ์	รายการครุภัณฑ์	ลักษณะการชำรุด	ประเมินราคาซ่อม(บาท)

จึงขออนุมัติงบสำหรับดำเนินการซ่อมเป็นจำนวน.....บาท (.....)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ลงนาม).....ผู้ขออนุมัติ
(.....)
ตำแหน่ง.....

ความคิดเห็นหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

เห็นควร ☐ อนุมัติ

☐ ไม่อนุมัติ เนื่องจาก.....
.....

(ลงนาม).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา คูอมรพัฒนะ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี
...../...../.....