บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในการศึกษาประสิทธิภาพและการจัดการของโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 1,500 kW มีขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์อยู่ 2 หัวข้อ คือ

1. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล
2. ศึกษาการจัดการของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล

การศึกษาประสิทธิภาพและการวิเคราะห์ทางด้านการจัดการของระบบโรงไฟฟ้านั้นจะใช้ข้อมูลการบันทึกของการเดินเครื่องในโรงไฟฟ้า โดยการนำการบันทึกข้อมูลมาคำนวณหาประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าและนำมาวิเคราะห์ทางด้านการจัดการโรงไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. วิธีการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า
2. วิธีการวิเคราะห์ด้านการจัดการของโรงไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าด้านพลังงานของโรงไฟฟ้า เพื่อหาประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งเป็นไปตามหลักการของกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ส่วนสมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณนั้นใช้สมการ steady flow energy equation (SFEE) ประกอบกับทฤษฎีหลักการทำงานของวัฏจักรแรงคิน ซึ่งจะพิจารณาถึงผลของอัตราความร้อน [$\sum \dot{Q}$] และกำลังงาน [$\sum \dot{W}$] ในระบบโรงผลิตไฟฟ้า

ภาพ 10 ไดอะแกรมสมดุลพลังงานของโรงไฟฟ้า

จากข้อมูลการทำงานของโรงผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีการเดินเครื่องอย่างต่อเนื่อง และจากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังนั้นประสิทธิภาพสุทธิของระบบโรงไฟฟ้าจึงเริ่มต้นจากอัตราส่วนของจำนวนความร้อนที่เข้าระบบ จะเท่ากับอัตราส่วนของจำนวนความร้อนที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนของเชื้อเพลิงต่องานที่จ่ายเข้าสู่หม้อไอน้ำ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

อัตราความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง (Ch_f) หรือ Q_{in}

$$Ch_f = \dot{m}f \times LHV$$

โดย

Ch_f คือ อัตราความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง (KJ/hr)

$\dot{m}f$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (kg/hr)

LHV คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (KJ/kg)

งานสุทธิของระบบเป็นกำลังงานที่ได้จากกังหันไอน้ำ โดยกำลังจากกังหันไอน้ำ จะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่วัดได้สุทธิที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้

งานสุทธิของระบบ($\dot{W}$)

$$\dot{W} = \frac{3{,}600 \text{ sec} \times P}{h}$$

โดย $\dot{W}$ คือ กำลังงานที่ได้จากกังหันไอน้ำ (kJ/hr)

P คือ กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (KW/hr)

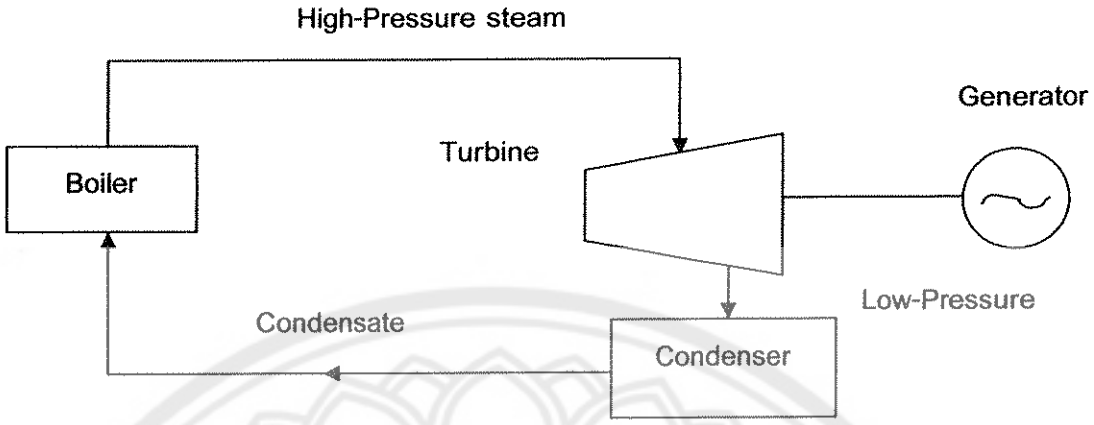
จากข้อมูลการทำงานของโรงไฟฟ้า ทำให้สามารถนำข้อมูลมาทำการคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบได้

ประสิทธิภาพสุทธิของระบบ $\eta_{th} = \frac{W_{out}}{Q_{in}}$

โดย η_{th} คือ ประสิทธิภาพสุทธิของระบบ (%)

W_{out} คือ งานสุทธิ (kJ/hr)

Q_{in} คือ ความร้อนที่เข้าระบบ (kJ/hr)



ภาพ 11 แสดงหลักการทำงานของระบบโรงไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์ด้านการจัดการของโรงไฟฟ้า

การวิเคราะห์ทางด้านพลังงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้ามาทำการศึกษาทางด้านการจัดการของโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 1,500 กิโลวัตต์ ตามรายละเอียดดังนี้

วิเคราะห์การจัดการด้านเชื้อเพลิง

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและรายได้ของโรงไฟฟ้า

วิเคราะห์การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วิเคราะห์แนวทางการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นมาทดแทน

วิเคราะห์การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้า

1. **วิเคราะห์การจัดการด้านเชื้อเพลิง**

การวิเคราะห์การจัดการด้านเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำเป็นหลัก ซึ่งเป็นเครื่องต้นกำลังในการผลิตไอน้ำไปยังกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยสามารถหาได้จากหลักการทางวิศวกรรม ดังต่อไปนี้ (วิวัฒน์ ภัททิพธนี, 2549)

พลังงานที่ไอน้ำได้รับ $= h-h_f$ kJ/kg

โดยที่ h = ค่าเอนธานปีของไอน้ำ kJ/kg

h_f = ค่าเอนธานปีของน้ำป้อน kJ/kg

จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อชั่วโมง

$$\dot{m}f = \frac{ms\ (h-hf)}{\eta b \times LHV}$$

โดยที่ $\dot{m}f$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิง kg/hr

$\dot{m}s$ = กำลังการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ kg/hr

η_b = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

LHV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้านต่ำ kJ/kg

2. **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและรายได้ของโรงไฟฟ้า**

การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (cost of electricity) จะมีต้นทุนหลักๆ คือ ค่าเชื้อเพลิง, ค่าแรงงาน, ค่าน้ำที่ใช้ในโรงไฟฟ้า, ค่าบำรุงรักษา และอื่นๆ โดยใช้หลักในการวิเคราะห์ ดังนี้

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (cost of electricity)

การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นหลัก โดยใช้สมการในการคำนวณดังนี้ (ยุวดี เรืองเดช, 2523)

1. ค่าบำรุงรักษาระบบ $C_{o\&m}$

ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง + ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร + ค่าสารเคมีที่ใช้ในการผลิต

2. ค่าเชื้อเพลิงแกลบ, C_H

ปริมาณแกลบที่ใช้ทั้งหมด × ราคาแกลบ

3. ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งระบบ COE

$$COE = \frac{C_{o\&m} + C_H}{p}$$

โดยที่ COE = ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ Bath/kW

$C_{o\&m}$ = ค่าบำรุงรักษาระบบ Bath

C_H = ค่าเชื้อเพลิง Bath

p = กำลังไฟฟ้าที่ผลิต kW

การวิเคราะห์รายรับของโรงไฟฟ้าชีวมวล

รายรับที่ได้เนื่องจากการใช้ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า จากการวิเคราะห์การจัดการด้านต้นทุนและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าแล้ว ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ความมั่นคงทางด้านการเงินของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งนี้ จากข้อมูลรายรับและรายจ่ายของโรงไฟฟ้า (ยุวดี เรืองเดช, 2543)

1. **รายรับของโรงไฟฟ้าชีวมวล**

รายรับที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ค่าไฟฟ้าที่ขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และค่าขี้เถ้า (ยุวดี เรืองเดช, 2543)

2. ค่าไฟฟ้าที่ผลิตใช้เอง (Displaced Electricity)R_{DE}

ค่าไฟฟ้าที่ผลิตใช้เอง คือค่าไฟฟ้าที่ผลิตโดยระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยส่งไปใช้ในโรงสีข้าว ห.ส.น.ธัญญกิจ นครปฐม (2521) แทนการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่ผลิตใช้เอง(R_{DE})

$R_{DE} = W_d \times Th \times C_{ele}$

โดยที่ R_{DE} = ค่าไฟฟ้าที่ผลิตใช้เอง Bath/year

W_d = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)

Th = จำนวนชั่วโมงทำงานใน 1 ปี (hr/year)

C_{ele} = ราคาไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้า (Bath/kWh)

3. ค่าไฟฟ้าที่ขายได้ (Electricity Sold)R_{ES}

ค่าไฟฟ้าที่ขายได้ คือ ค่าไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตได้จากระบบและขายให้กับไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่ขายได้ (R_{ES})

$R_{ES} = (W\text{-}Wd) \times Th \times C_{sale}$

โดยที่ R_{ES} = ค่าไฟฟ้าที่ขายได้ Bath/year

W = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ kW

C_{sale} = ราคาไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าBath/kW

4. ค่าขี้เถ้าแกลบ R_A

$R_A = Fuse \times C_{ash} \times$ (%ขี้เถ้าแกลบ)

โดยที่ R_A = ค่าขี้เถ้าแกลบ Bath/year

F_{use} = แกลบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า tons/year

C_{ash} = ราคาขี้เถ้าแกลบที่ขาย Bath/tons

3. **การวิเคราะห์การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์**

วิธีการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจกจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล ของ ห.ส.น.ธัญญกิจ นครปฐม (2521) โดยหลักวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ตาราง 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตโครงการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล

	แหล่งที่ปล่อย	ก๊าซ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline Emission)	การใช้ไฟฟ้าจาก Grid ซึ่งถูกทดแทน โดยการผลิตไฟฟ้าจากโครงการ	CO_2
	การเผาไหม้ที่ไม่สามารถควบคุมได้และการย่อยสลายของชีวมวล	CH_4
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการดำเนินโครงการ (Project emission)	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ	CO_2
	การขนส่งชีวมวล	CO_2
	การเผาไหม้ชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและ/หรือผลิตพลังงานความร้อน	CH_4

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2551

ตาราง 4 Methodology for Biomass

Methodology ID	Methodology title	No. of project
ACM 0006	Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues	

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2551

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1. ปริมาณชีวมวลที่ใช้ (tons/year)
2. % ความชื้น
3. ค่าความร้อนของชีวมวล (GJ/t of dry matter)
4. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CH_4 จากการเผาไหม้ชีวมวล (t CH_4/TJ)
5. ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh/y)
6. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CO_2 สำหรับไฟฟ้าจาก Grid (tCO_2/MWh)

สมการที่ใช้ในการคำนวณ ACM0006

ERy = ER heat, y + ER electricity, y + BE biomass, y – P ey – Ly

โดยที่ ERy = การลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (t CO_2 e/y)

ER heat, y = ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทดแทนพลังงานความร้อน (t CO_2 e/y)

ER electricity, y = ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทดแทนไฟฟ้า (t CO_2 e/y)

BE biomass, y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายหรือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (t CO_2 e/y)

PEy = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (t CO_2 e/y)

Ly = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากโครงการแต่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของโครงการ (t CO_2 e/y)

4. **การวิเคราะห์แนวทางการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นมาทดแทน**

การวิเคราะห์แนวทางการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นมาทดแทน ผู้วิจัยได้ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ และต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นหลัก โดยอัตราการผลิตไอน้ำเท่าเดิม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแกลบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จึงใช้สมการในการคำนวณดังนี้ (วิวัฒน์ ภัททิพธนี, 2549)

จำนวนเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อชั่วโมง

$$\dot{m}f = \frac{\dot{m}s\,(h-hf)}{\eta b \times LHV}$$

โดยที่ $\dot{m}f$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิง kg/hr

$\dot{m}s$ = กำลังการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ kg/hr

η_b = ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

LHV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้านต่ำ kJ/kg

ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ (COE)

$$COE = \frac{C_{o\&m} + C_H}{p}$$

โดยที่ COE = ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ Bath/kW

$C_{o\&m}$ = ค่าบำรุงรักษาระบบ Bath

C_H = ค่าเชื้อเพลิง Bath

p = กำลังไฟฟ้าที่ผลิต kW

5. **การวิเคราะห์การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้า**

การวิเคราะห์การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งนี้มีการตรวจวัดและการวิเคราะห์อยู่หลักๆ 2 ส่วนคือ

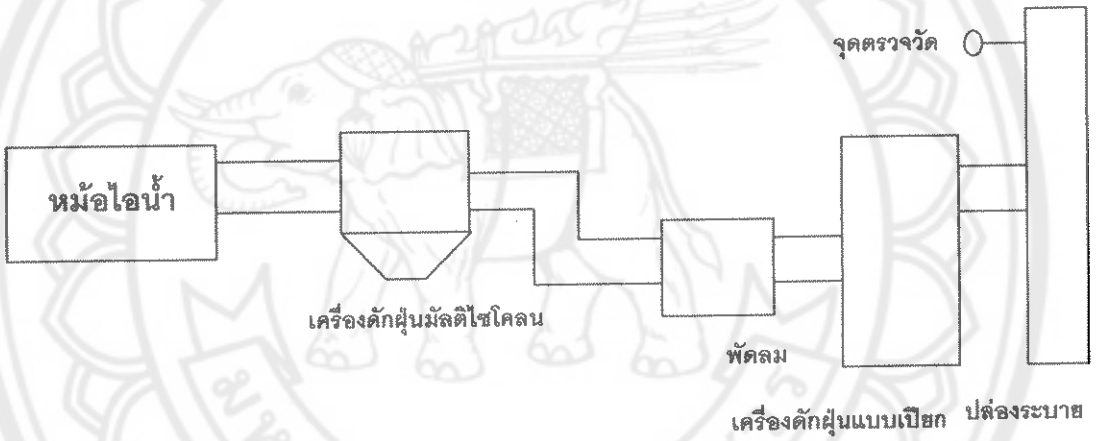
5.1 การวิเคราะห์การจัดการด้านคุณภาพอากาศจากปล่อยระบายอากาศของโรงไฟฟ้า

การจัดการคุณภาพอากาศจากปล่อยระบายจะตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่อยระบายของหม้อไอน้ำเป็นหลัก เพราะเป็นเครื่องต้นกำลังที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้วิธีการเก็บและวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์ ตามมาตรฐานการวิเคราะห์มาตรฐานสากล โดยวิธีการตรวจวัดดังกล่าวได้รับการยอมรับจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงรายการตรวจวัดและวิธีวิเคราะห์อากาศระบาย

แหล่งตรวจวัด	รายการตรวจวัด	วิธีเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์
คุณภาพอากาศ	ฝุ่นละออง (TSP)	Isokinetic sampling, Gravimetric Method
จากปล่องระบาย	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	Chemical Absorption, Barium-thorin titrimetric
	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	Chemical Absorption, Colometric Method
	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	Orsats Analysis Method

ที่มา: บริษัทพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรจำกัด, 2554



ภาพ 12 แสดงตำแหน่งที่ตรวจวัดอากาศจากปล่อยระบาย

5.2 การวิเคราะห์การจัดการด้านคุณภาพน้ำระบายของโรงไฟฟ้าชีวมวล

การจัดการคุณภาพน้ำระบายของโรงไฟฟ้าชีวมวล จะตรวจวัดค่าที่สำคัญในการควบคุม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) BOD และ COD

5.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง และการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดตรวจวัดแบบตัวอย่างแยก (Grab Sample) ดังรายระเอียดแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงดัชนีคุณภาพน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ภาชนะที่บรรจุและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

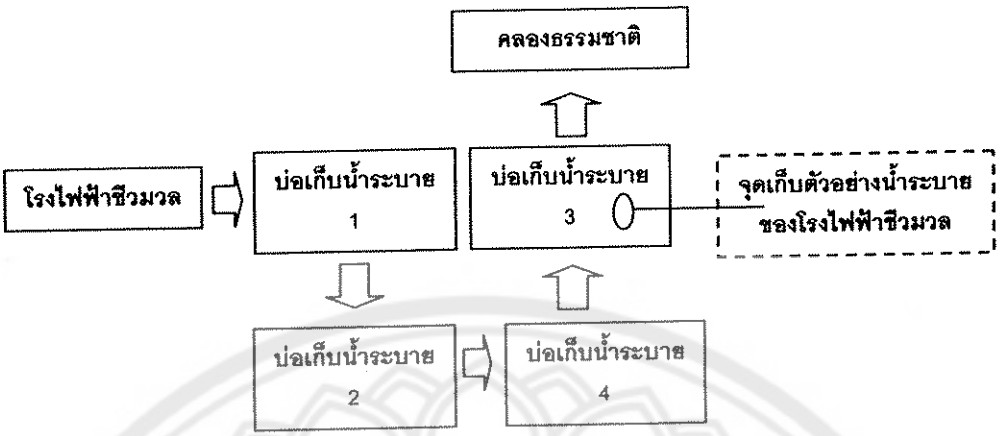
ดัชนีคุณภาพ	ภาชนะที่บรรจุ	วิธีรักษาสภาพตัวอย่าง
pH	วิเคราะห์ทันที	-
BOD	ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร	แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C ในที่มืด
COD	ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร	เติมกรด HCl ให้ pH<2 และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C

5.2.2 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างเมื่อส่งถึงห้องปฏิบัติการ จะเก็บเข้าสู่ห้องเย็น ก่อนผ่านเข้าสู่กระบวนการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามที่กำหนดในวิธีมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสียสากล (Standard Method for Examination of Water and Wastewater ของ APHA และ AWWA) ดังรายละเอียดในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย

จุดตรวจสอบ	ดัชนีตรวจวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
	pH	pH Meter
	BOD	Azide Modification Method
	COD	Open Reflux Method



ภาพ 13 แสดงตำแหน่งจุดตรวจวัดคุณภาพน้ำ