บทที่ 2
วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างแปลงทดลอง และทำการทดลอง ณ พื้นที่สวนปาล์มน้ำมันของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ระหว่างเดือนเมษายน 2553 – มีนาคม 2554 เพื่อให้ครอบคลุมทั้งฤดูฝนและร้อนในภาคใต้ โดยดำเนินการนำน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น ที่ผ่านการบำบัดมาแล้วมาทำการบำบัดต่อบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์ค่า Soil Texture, P, K, Ca, Mg, Na, Zn และ Cation Exchange Capacity ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และส่งตัวอย่างน้ำทิ้ง และตัวอย่างน้ำท่าเพื่อวิเคราะห์ค่า K, Ca, Mg, Na, และ Zn ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาประสิทธิภาพและเกณฑ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น ที่ผ่านการบำบัดมาแล้วโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน และทำการศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อลักษณะของดินในพื้นที่ที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นและน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งผลกระทบที่มีต่อปริมาณผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

(1) ตรวจสอบลักษณะสมบัติน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมอากาศของ บริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ. กระบี่ ดังภาพประกอบที่ 2.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลของลักษณะน้ำทิ้งที่จะทำการทดลอง รวมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติน้ำทิ้งจากระบบบำบัดบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นของโรงงานน้ำยางข้นโรงงานอื่นในภาคใต้อีก 6 โรงงาน โดยวิธีวิเคราะห์มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ภาพประกอบที่ 2.1 บ่อเติมอากาศของโรงงาน บ.วงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ.กระบี่

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
pH	-	Electrometric Method
Temperature	°C	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
TDS	mg/L	Gravimetric Method
TS	mg/L	Gravimetric Method
SS	mg/L	Gravimetric Method
BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)	mg/L	Azide Modification Method
COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Closed Reflux Method
TKN	mg/L	Kjeldahl Method
NH_3-N	mg/L	Kjeldahl Method
NO_2-N	mg/L	Spectrophotometer Method
NO_3-N	mg/L	Spectrophotometer Method
Org-N	mg/L	Kjeldahl Method
TP	mg/L	Stannous Chloride Method
Zn	mg/L	In house Method
SO_4^{2-}	mg/L	Gravimetric Method
Na	meq/L	ICP-OES
Ca	meq/L	ICP-OES
Mg	meq/L	ICP-OES
SAR	-	*

ที่มา: APHA, AWWA. and WEF, 2005 * $SAR = Na/((Ca + Mg)/2)^{1/2}$

(2) ศึกษารูปแบบวิธีการของระบบบำบัดน้ำเสียบนดิน (land treatment systems) และวิธีการปลูกและการดูแลรักษาปาล์มน้ำมัน ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการในการเจริญเติบโต รวมถึงลักษณะของดินที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

(3) สำรวจและกำหนดแปลงทดลองที่ศึกษาจำนวน 10 แปลง แบ่งเป็นแปลงควบคุม 2 แปลง รดด้วยน้ำบ่อ 1 แปลง และไม่รดน้ำ 1 แปลง อีกจำนวน 8 แปลงที่เหลือรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมอากาศ ของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ.กระบี่ ปาล์มน้ำมันในแปลงทดลองมีอายุประมาณ 20 ปี แต่ละแปลงทดลองมีปาล์มน้ำมันจำนวนประมาณ 30 ต้น แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัยแสดงในภาพประกอบที่ 2.7 ทำการสร้างคันดินกั้นระหว่างแปลงทดลองแต่ละแปลงมีขนาด กว้าง 0.5 ม. สูง 0.15 ม. โดยแต่ละแปลงมีความชันประมาณ 4% วางท่อเพื่อใช้ในการรดน้ำทิ้งด้านบนของแนวลาดเท และสร้างรางรับน้ำที่ผ่านการบำบัดบนดินไว้ด้านล่างแนวลาดเทของแปลงทดลอง และขุดหลุมตรงกลางร่องรองรับน้ำ เพื่อใช้เป็นจุดเก็บรวบรวมน้ำ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2-2.4

ภาพประกอบที่ 2.2 แปลงทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพประกอบที่ 2.3 แนวท่อที่ใช้ในการรดน้ำทิ้ง

ภาพประกอบที่ 2.4 รางรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดิน

(4) แปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 8 แปลง ทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียบนดินแบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) ที่ 4 ภาระบรรทุก และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด โดยภาระบรรทุกที่ต่างกันระบุรายละเอียดดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง รายละเอียด(ทำการรดน้ำโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) ซึ่งมีข้อมูลเปรียบเทียบจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตที่ใช้รดต้นปาล์มอยู่ก่อน (โดยใช้อัตราการรดน้ำเสีย 200 ลิตร/ต้น/วัน)

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน

แปลงที่รดทุกวัน	Hydraulic Loading (cm/wk)	ขนาดพื้นที่ (m^2)	อัตราการรดน้ำ (m^3/d)	BOD_5 Loading ($g/m^2.d$)	COD Loading ($g/m^2.d$)	TKN Loading ($g/m^2.d$)	N Loading (kg/rai.d)	P Loading (kg/rai.d)	K Loading (kg/rai.d)
D1	3	2,027	8.7	10.2	22.8	4.6	7.4	2.6	0.18
D2	2	1,871	5.4	6.9	15.3	3.1	5.0	1.8	0.12
D3	1	2,094	3.0	3.4	7.6	1.6	2.5	0.9	0.06
D4	0.5	2,068	1.5	1.7	3.9	0.8	1.3	0.5	0.03
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร)	2.5-10	-	-	5-50	-	0.34-0.47	0.54-0.75	0.03-0.04	0.81-1.09

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง

แปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง	Hydraulic Loading (cm/wk)	ขนาดพื้นที่ (m^2)	อัตราการรดน้ำ (m^3/wk)	BOD_5 Loading (g/m^2.wk)	COD Loading (g/m^2.wk)	TKN Loading (g/m^2.wk)	N Loading (kg/rai.wk)	P Loading (kg/rai.wk)	K Loading (kg/rai.wk)
W1	3	1,871	56.1	71.5	159.4	32.4	51.9	18.5	1.23
W2	2	2,420	48.4	47.7	106.3	21.6	34.6	12.3	0.82
W3	1	2,464	24.6	23.8	53.1	10.8	17.3	6.2	0.41
W4	0.5	2,130	10.7	12.0	26.7	5.4	8.7	3.1	0.20
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร)	2.5-10	-	-	35-350	-	2.38-3.29	3.78-5.28	0.21-0.28	5.67-7.63

เนื่องจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตมีปริมาณน้ำเสียในแต่ละเดือนไม่แน่นอนและมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ต้องออกแบบอัตราการรดน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียที่มีอยู่ ส่วนค่า BOD_5 Loading ที่มีบางแปลงไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่น้อยกว่านั้นไม่มีผลกระทบต่อระบบ แต่ถ้าค่า BOD_5 Loading สูงกว่าเกณฑ์การออกแบบจะส่งผลกระทบต่อระบบ และค่า N Loading และค่า P Loading ที่ไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่ใช้ใกล้เคียงกับค่าของทางบริษัทที่ใช้รดน้ำสวนปาล์มทุกวันจึงสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิต ได้นำน้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมัน แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิตใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน

จำนวนไร่	Hydraulic Loading (cm/wk)	อัตราการรดน้ำ (m^3/d)	BOD_5 Loading (g/m^2.d)	COD Loading (g/m^2.d)	TKN Loading (g/m^2.d)	N Loading (kg/rai.d)	P Loading (kg/rai.d)	K Loading (kg/rai.d)
2	1.92	8.8	6.6	14.6	3.0	4.8	2.7	0.1

(5) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดินก่อนทำการทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดิน 1 ครั้ง หลังการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดิน 1 ครั้ง โดยมีวิธีการเก็บต้องถางหญ้าหรือกวาดเศษพืชและใบไม้ที่ คลุมดินอยู่ออกทิ้งเสียก่อนแล้วใช้จอบ ขุดหลุมเป็นรูปตัว V ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จากผิวดิน หลังจากนั้นจึงแซะเอาดินข้างด้านหนึ่ง หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้ลึกถึงก้นหลุมแล้วงัดขึ้น ดินที่ต้องการก็จะติดตามมากับจอบ เอาดินนี้ใส่ถัง ทำอย่างนี้จนครบทุกหลุมขุดประมาณ 5 หลุม ในที่ต่างๆ กันให้กระจายทั่วแปลงหลังจากขุดดินครบทุกหลุมตามที่ต้องการแล้วทำดินเหล่านี้ให้เป็นก้อนเล็กๆ คลุกเคล้าให้ทั่วสม่ำเสมอแล้วแบ่งดินออกประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก ทำการอบดินให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 จากนั้นนำดินส่วนที่ร่อนได้มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน โดยพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะของดินมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

ตารางที่ 2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างดิน

ตัวแปรคุณภาพดิน	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
เนื้อดิน (Soil Texture)	-	Hydrometer Method
pH	-	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
Organic Matter	g/kg	Walkley- Black Method
TN	mg/kg	Kjeldahl Method
Available P	mg/kg	Bray II Method
Available K	mg/kg	Cold H_2SO_4 Extract Method
Zn	mg/kg	DTPA Extract Method
Exchangeable K	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Ca	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Mg	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Na	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity)	(mole/kg)	Ammonium Saturation Method
ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Base Saturation)	%	-

(6) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะน้ำท่า ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.5 ก่อนทำการทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 1 ครั้ง/เดือน หลังการทดลองอีก 1 ครั้ง วิธีวิเคราะห์ลักษณะของน้ำท่ามีรายละเอียดดังตารางที่ 2.6

(7) เก็บข้อมูลผลผลิตของแปลงทดลองแต่ละแปลง 1 ครั้ง/เดือน ด้วยการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันที่เก็บได้ของแต่ละแปลงทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.6

(8) นำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลผล วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

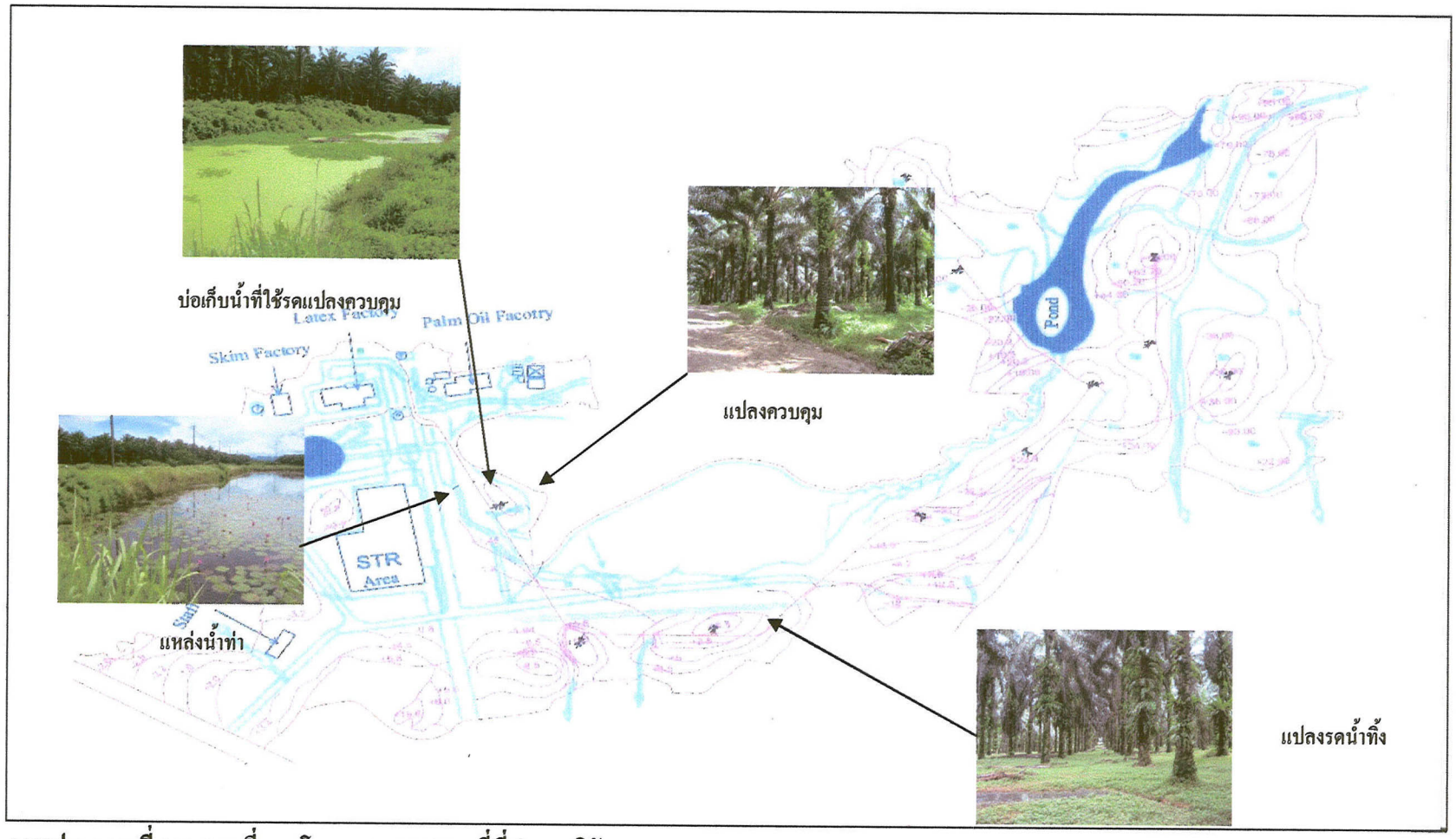
ตารางที่ 2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างน้ำท่า

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	น่วย	วิธีการวิเคราะห์
pH	-	Electrometric Method
Temperature	°C	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
TDS	mg/L	Gravimetric Method
TS	mg/L	Gravimetric Method
SS	mg/L	Gravimetric Method
BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)	mg/L	Azide modification Method
COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Closed Reflux Method
TKN	mg/L	Kjeldahl Method
NH_3-N	mg/L	Kjeldahl Method
NO_2-N	mg/L	Spectrophotometer Method
NO_3-N	mg/L	Spectrophotometer Method
Org-N	mg/L	Kjeldahl Method
TP (Total Phosphate)	mg/L	Stannous Chloride Method
Zn	mg/L	In house Method
SO_4^{2-}	mg/L	Gravimetric Method

ที่มา: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA &WEF, 21st ed., 2005

ภาพประกอบที่ 2.5 แหล่งน้ำท่า

ภาพประกอบที่ 2.6 การชั่งผลผลิตปาล์ม



ภาพประกอบที่ 2.7 แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัย

2.2 สถานที่ในการทำการวิจัย

2.2.1สถานที่ในการทดลอง

- สวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่

2.2.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.3 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.3.1 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการทดลอง ที่ใช้ในการทดลอง มาจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วด้วยการเติมอากาศ จำนวน 2 บ่อ

2.3.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังระบุไว้ในตารางที่ 2.1, 2.4 และ 2.5

2.3.3 วัสดุสำหรับสร้างแปลงทดลอง

- ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว
- ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว
- วาล์วทองเหลือง
- บอลวาล์ว PVC ขนาด 2 นิ้ว
- ข้อต่อตรงลด 4×2 นิ้ว
- ข้องอ 90° 2 นิ้ว
- ข้องอ 90° 4 นิ้ว
- สามทาง 2 นิ้ว
- สามทาง 4 นิ้ว
- กาวทาท่อ
- เทปพันเกลียว

2.4 อุปกรณ์

2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

- ขวดเก็บน้ำขาวขุ่นขนาด 1 ลิตร
- ลังโฟม

2.4.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

- จอบ
- ถัง
- ถุงพลาสติก
- ถุงมือ
- ตะแกรงร่อนดินเบอร์ 10

2.4.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำท่า

- ขวดเก็บน้ำขาวขุ่นขนาด 1 ลิตร
- ถังพร้อมเชือกผูกสำหรับตักน้ำ

2.4.4 อุปกรณ์สำหรับเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมัน

- ตะขอเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน
- เหล็กเสียบสำหรับยกทะลายปาล์มน้ำมัน
- เครื่องชั่ง

2.4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

- Spectronic Unicam รุ่น GENESYS 10 UV
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Chyo รุ่น MJ-3000
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Chyo รุ่น JK-200
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ผลิตภัณฑ์ HACH รุ่น sension 1
- เครื่องวัดความขุ่น (turbidimeter) ผลิตภัณฑ์ HACH รุ่น 2100 N Turbidimeter
- เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity instrument) ผลิตภัณฑ์ YSI รุ่น 3200
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- ตู้อบความร้อนแห้ง (hot air oven) ผลิตภัณฑ์ Memmert
- เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (magnetic stirrer) และเตาไฟฟ้า (Hot plate) ผลิตภัณฑ์ Thermolyne รุ่น cimarec® 3

- ชุดกรองบุคเนอร์ (buchner filter)
- เครื่องปั๊มดูดสุญญากาศ (vacuum pump) ผลิตภัณฑ์ GAST รุ่น 0823
- ชุดกลั่นแอมโมเนีย (ammonia distillation apparatus) ผลิตภัณฑ์ VELP SCIENTIFICA รุ่น UDK126A (เพื่อการวิเคราะห์ TKN)
- ชุดย่อยไนโตรเจน (nitrogen digestor apparatus) ผลิตภัณฑ์ VELP SCIENTIFICA รุ่น DK20
- โถดูดความชื้น (desiccator) ผลิตภัณฑ์ DURAN
- เตาย่อยสลายตัวอย่างสำหรับซีโอดีแบบปิด (COD reactor) ผลิตภัณฑ์ HACH
- กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิลิตร