คู่มือการผลิตและใช้งานก๊าซชีวภาพ
จากน้ำเสียกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คู่มือการผลิตและใช้งานก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

จัดทำโดย

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดย
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ชื่อหนังสือ : **คู่มือถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและใช้งานก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน**

ผู้แต่ง : **รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์**
นางสาวอิศรา รักงาม

จำนวนหน้า : **38 หน้า**

ปีที่พิมพ์ : **2558**

จัดพิมพ์โดย : **สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)**
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 : **2558**
ISBN

คำนำ

คู่มือฉบับนี้เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและใช้งานก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในวิสาหกิจชุมชนผลิตยางแผ่นรมควัน ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานเรื่องก๊าซชีวภาพและเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางจำกัดรวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจทั่วไป ได้เข้าใจขั้นตอนการทำงานของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ การดูแลรักษาและบำรุงรักษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ วิธีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ข้อควรปฏิบัติในการเดินและดูแลระบบ แนวทางแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในการเดินระบบ และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์

คู่มือถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและใช้งานก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ ไปสู่กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตยางแผ่นรมควันให้ได้รับความรู้และพร้อมที่จะรับเทคโนโลยีไปใช้ประยุกต์ใช้ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

คณะผู้จัดทำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มิถุนายน 2558

สารบัญ

	หน้า
■ ก๊าซชีวภาพ (Biogas)	1
■ การก่อสร้างและการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	8
■ การนำใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ ระบบความปลอดภัยและข้อควรปฏิบัติ	25
■ การดูแลบำรุงรักษา และตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ	36
■ เอกสารอ้างอิง	39
■ ภาคผนวก	40

ก๊าซชีวภาพ (Biogas)

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) สารอินทรีย์ได้แก่ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มูลสัตว์ เศษอาหาร เป็นต้น

องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

- ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลัก มีสมบัติในการลุกติดไฟให้ความร้อน มีประมาณร้อยละ 55-75
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีประมาณร้อยละ 30-45
- ก๊าซอื่นๆ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีประมาณร้อยละ 1-2 ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ประมาณร้อยละ 0-1 และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ประมาณร้อยละ 0-1

พลังงานจากก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร =

- ไม้ฟืน 1.50 กิโลกรัม
- ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม
- ไฟฟ้า 1.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- น้ำมันดีเซล 0.60 ลิตร
- น้ำมันเตา 0.55 ลิตร
- น้ำมันเบนซิน 0.67 ลิตร

ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ต่างๆ ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์หลายชนิด โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันให้เป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน เป็นต้น กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นค่อนข้างช้า และเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของปฏิกิริยา โดยความเร็วของ

ปฏิกิริยาจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เป็นสารตั้งต้น ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิ พีเอช พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการย่อยสลายสารแต่ละชนิดแตกต่างกัน

2) กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis)

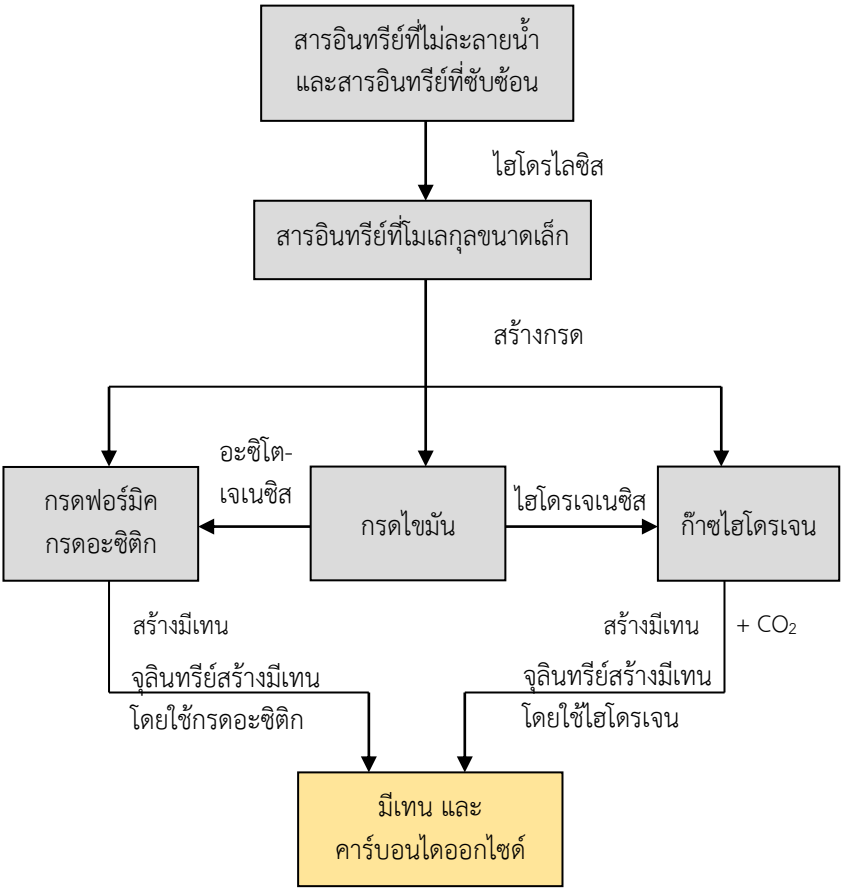
เป็นกระบวนการย่อยสลายสารโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดไขมัน ที่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิโดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid-forming bacteria) นำไปใช้ผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid; VFA) ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก เป็นต้น

3) กระบวนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis)

เป็นการย่อยสลายกรดไขมันระเหยง่ายขนาดใหญ่ที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดโดย Acetogenic Bacteria ผลิตเป็นกรดแอซิติก กรดฟอร์มิค เมทานอล และเมทิลามีน ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในการสร้างมีเทน

4) กระบวนการสร้างมีเทน (Methanogenesis)

กรดแอซิติก กรดฟอร์มิค ไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียสร้างกรด จะถูกแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methanogenic Bacteria) นำมาใช้สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งจุดติดไฟเป็นพลังงานได้



ขั้นตอนของปฏิกิริยาย่อยสลายแบบไร้อากาศ
ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

1. **อุณหภูมิ (Temperature)**
2. **ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)**
3. **กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid; VFA) และสภาพด่าง (Alkalinity)**
4. **การกวนผสม (Mixing)**
5. **ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time, HRT)**

1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตก๊าซมีเทน โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียมีอยู่ 3 ช่วง คือ

1) กลุ่มแบคทีเรียชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrophillic bacteria) ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 5-15 องศาเซลเซียส

2) กลุ่มแบคทีเรียชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophillic bacteria) ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง 35-37 องศาเซลเซียส

3) กลุ่มแบคทีเรียชอบอุณหภูมิสูง (Thermophillic bacteria) ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง 50-55 องศาเซลเซียส

สำหรับประเทศไทย จุลินทรีย์ที่เหมาะสมในระบบจะเป็นกลุ่มชอบอุณหภูมิปานกลาง เพราะมีอากาศอบอุ่นตลอดทั้งปี ในภาคเหนือที่มีอากาศเย็นในฤดูหนาว ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะทำงานได้ด้อยลง เกิดก๊าซชีวภาพน้อยลง และประสิทธิภาพการบำบัดจะต่ำลง

2. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ค่าพีเอช บอกให้ทราบว่าสภาพแวดล้อมในบ่อหมักก๊าซชีวภาพว่ามีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดไร้อากาศหรือไม่ พีเอชสามารถวัดได้ด้วยกระดาษลิสมัสหรือเครื่องวัดพีเอช

แบคทีเรียสร้างกรดเจริญเติบโตได้ดี → **พีเอช อยู่ในช่วง 3.5-6.5**

แบคทีเรียสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ดี → **พีเอช อยู่ในช่วง 6.5-7.5**

ดังนั้น ในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ควรมีค่าพีเอช ประมาณ 6.5-7.5 จึงจะเหมาะกับการทำงานของแบคทีเรียสร้างกรดและสร้างมีเทนร่วมกัน

3. กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid; VFA) และสภาพด่าง (Alkalinity)

- กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid; VFA) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดฟอร์มิก (HCOOH) กรดอะซิติก (CH_3COOH) เป็นต้น โดยกรดไขมันระเหยง่าย จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์สร้างมีเทน
- น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน มีกรดฟอร์มิก ซึ่งเป็นอาหารที่ย่อยสลายได้ง่ายของจุลินทรีย์สร้างมีเทน
- ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียควรมีค่าอยู่ในช่วง 50-500 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป CH_3COOH และค่ายอมรับได้สูงสุดประมาณ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป CH_3COOH
- สภาพด่างภายในระบบ คือ สภาพด่างไบคาร์บอเนต จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์พยุงเมื่อมีกรดเกิดขึ้นในระบบระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ ช่วงสภาพด่างที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป

$CaCO_3$ ถ้าความเป็นด่างไม่เพียงพอพีเอชของบ่อบำบัดจะลดต่ำลงและจุลินทรีย์จะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การกวนผสม (Mixing)

- การกวนผสมช่วยให้จุลินทรีย์มีโอกาสสัมผัสสารอินทรีย์ในน้ำเสียมากที่สุด ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วขึ้น
- การกวนที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมค่า pH และรักษาสภาพแวดล้อมภายในระบบได้อย่างสม่ำเสมอ
- สำหรับการทำงานของบ่อหมักก๊าซชีวภาพไม่มีการใช้เครื่องมือในการกวนผสม ทั้งนี้ได้ออกแบบวางท่อน้ำเสียเข้าบ่อหมักก๊าซชีวภาพบริเวณด้านล่างของบ่อเพื่อให้น้ำเสียที่เข้าบ่อมีการกวนผสมรวมกับจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณท้องบ่อ

5. ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time, HRT)

- ระยะเวลากักเก็บ หมายถึง ระยะเวลาที่น้ำเสียหรือสารอินทรีย์อยู่ในบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เป็นช่วงเวลาที่จุลินทรีย์มีโอกาสสัมผัสกับน้ำเสีย และย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
- ค่า HRT ที่เหมาะสมสำหรับบ่อบำบัดไร้อากาศหรือบ่อหมักก๊าซชีวภาพควรอยู่ในช่วง 20-50 วัน ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการย่อยสลายของน้ำเสียนั้นๆ
- ประสิทธิภาพของระบบบำบัด ขึ้นอยู่กับค่า HRT ถ้าระยะเวลากักเก็บสั้นเกินไปสิ่งสกปรกจะเหลือตกค้างในน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อสูง แต่หากระยะเวลากักเก็บนานเกินไป จะทำให้ต้องใช้บ่อขนาดใหญ่ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและพื้นที่ในการก่อสร้าง ขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดไม่ได้ดีขึ้น

การก่อสร้าง
และการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย

1. บ่อป้อนมูลสัตว์
2. บ่อหมักก๊าซชีวภาพ
3. บ่อชักกากตะกอน
4. คูเก็บกากตะกอน

ระบบเชื่อมเสริม ประกอบด้วย

1. ท่อส่งน้ำเสีย
2. ท่อส่งก๊าซชีวภาพ
3. ระบบความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ จุดดักน้ำ และถังควบคุมแรงดัน

บ่อป้อนมูลสัตว์

บ่อหมักก๊าซชีวภาพ

บ่อซักกากตะกอน

คูเก็บกากตะกอน

แนวท่อก๊าซชีวภาพ และระบบความปลอดภัย

ท่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานหลังเตารมยาง

การประเมินพื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

1. สำรวจพื้นที่ก่อสร้าง ประกอบด้วย

- ระดับน้ำใต้ดิน ควรมีค่าลึกกว่า 4 เมตร เนื่องจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมีความลึกประมาณ 3.5 เมตร
- ตำแหน่งที่ตั้งระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ควรมีระยะห่างจากด้านหลังอาคารโรงรมยาง อย่างน้อย 6 เมตร และด้านข้างอย่างน้อย 4 เมตร
- ขนาดพื้นที่สำหรับก่อสร้าง คือ กว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 12 x 24 x 3.5 เมตร ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานสำหรับกำลังการผลิตยางแผ่นรมควัน 2.5-3.0 ตันต่อวัน

2. ประเมินความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจในข้อ 1.

3. ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพและเขียนแบบก่อสร้าง

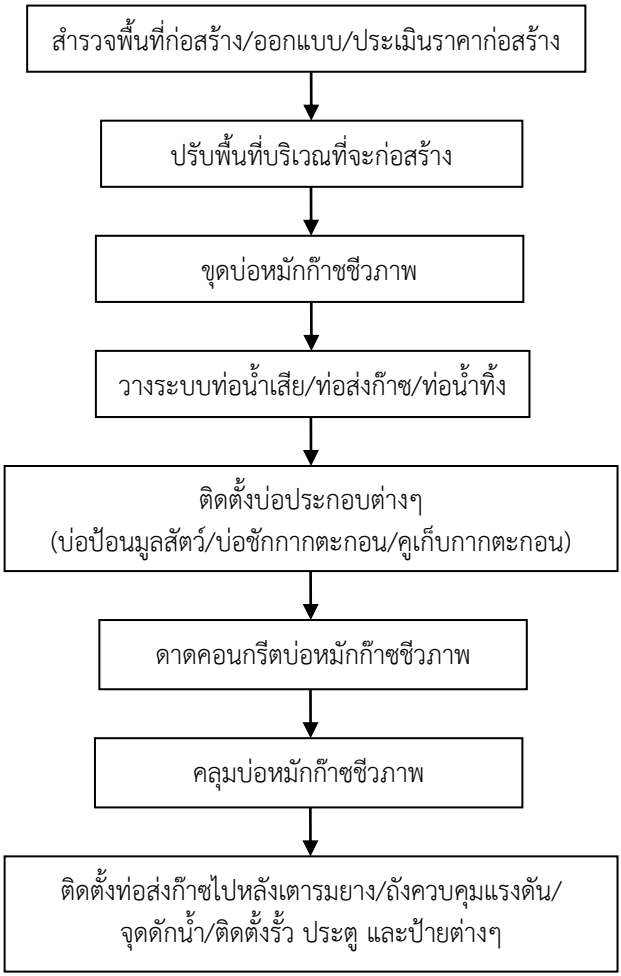
การออกแบบขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพจะออกแบบให้รองรับกำลังการผลิตสูงสุด จากนั้นวัดขนาดพื้นที่ ระบุตำแหน่งที่ตั้งขององค์ประกอบต่างๆ และการวางแนวท่อส่งก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ และเขียนแบบก่อสร้าง

4. ประเมินราคาก่อสร้าง (Bill of Quantity, BOQ) รายละเอียดในภาคผนวก

5. ดำเนินงานก่อสร้าง

เริ่มตั้งแต่การปรับสภาพพื้นที่ก่อสร้าง ขุดบ่อ ฉาบคอนกรีต วางท่อต่อเชื่อมระบบน้ำเสีย ระบบก๊าซชีวภาพ คลุมบ่อ เริ่มต้นระบบ ทดสอบ และเก็บตัวอย่างก๊าซและน้ำเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ขั้นตอนการก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ



รูปภาพขณะก่อสร้าง

ปรับพื้นที่ก่อนการก่อสร้าง

ขุดบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

วางระบบท่อน้ำเสีย/ท่อส่งก๊าซ/ท่อน้ำทิ้ง

ติดตั้งบ่อประกอบต่างๆ

ดาดคอนกรีตบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

สูบน้ำเสียเข้าบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

คลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพเสร็จ

ท่อส่งก๊าซไปหลังเตารมยาง

ระบบความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์
(ถังควบคุมแรงดันและจุดดักน้ำ)

ท่อส่งก๊าซไปหลังเตารมยาง (ต่อ)

รั้ว และประตู

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

หน้าที่และความสำคัญของหน่วยบำบัด

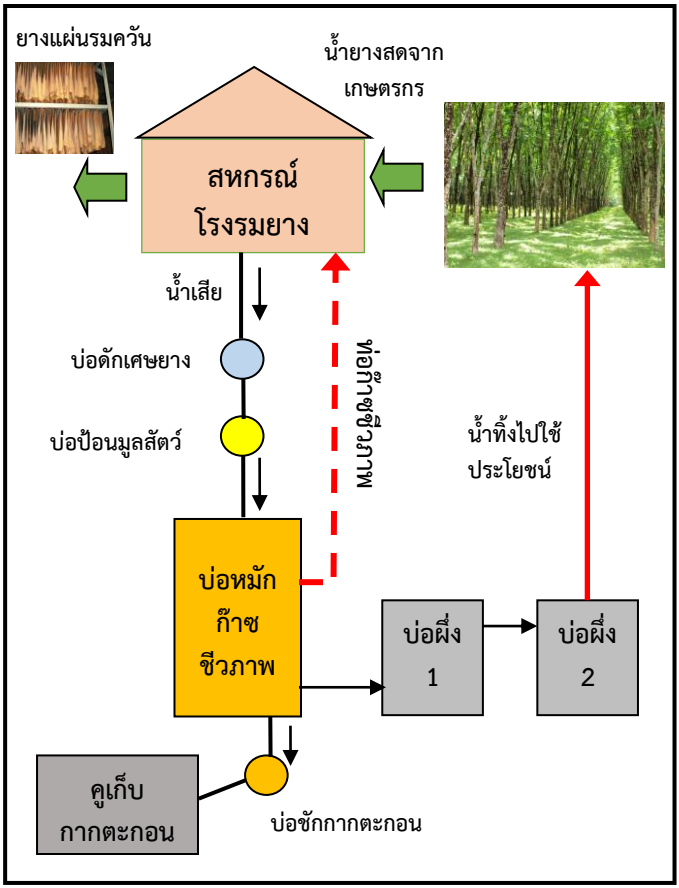
องค์ประกอบ	หน้าที่และความสำคัญ
1. บ่อดักเศษยาง	ดักขยะหรือเศษยางออกจากน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ลดการสะสมกากตะกอนที่ผิวหน้า
2. บ่อป้อนมูลสัตว์	รองรับมูลสัตว์หรือวัสดุอินทรีย์ที่หาได้ในท้องที่สำหรับหมักร่วมกับน้ำเสียเพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพ
3. บ่อหมักก๊าซชีวภาพ	บำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
4. บ่อชักกากตะกอน	ถ่ายกากตะกอนออกจากก้นบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ป้องกันการตื้นเขินของบ่อ
5. คูเก็บกากตะกอน	เก็บกากตะกอนที่ถ่ายออกมาจากบ่อชักกากตะกอน เพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุบำรุงดินได้
6. บ่อผึ่ง	บำบัดและลดปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนเพิ่มเติม โดยอาศัยการทำงานของกลุ่มสิ่งมีชีวิตในน้ำ ได้แก่ สาหร่าย จุลินทรีย์ เป็นต้น และปรับสภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมหรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นต่อไป
7. ถังควบคุมแรงดัน	ควบคุมแรงดันภายในแผ่นคลุมของบ่อหมักก๊าซชีวภาพไม่ให้สูงเกินไปจนอาจทำให้แผ่นคลุมพลาสติกฉีกขาด
8. แนวท่อก๊าซชีวภาพ	ลำเลียงก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพไปยังหลังเตารมยางเพื่อใช้งาน

เริ่มต้นเดินระบบ (Start-up)

เริ่มต้นเดินระบบ (Start-up) โดยสูบตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อบำบัดน้ำเสียเดิม และป้อนน้ำเสียเข้าในบ่อหมักก๊าซชีวภาพก่อนคลุมบ่อด้วยแผ่นพีวีซี (Polyvinyl chloride ; PVC) จะใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ จึงเริ่มมีก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นภายในบ่อหมักก๊าซชีวภาพโดยก๊าซจะดันแผ่นพีวีซีขึ้นมาให้สังเกตเห็นแผ่นพีวีซีโป่งขึ้นดังรูป

การทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

เมื่อมีการผลิตยางแผ่นดิบ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะไหลเข้าบ่อดักเศษยาง และบ่อหมักก๊าซชีวภาพ โดยในบ่อหมักก๊าซชีวภาพจะเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ได้ก๊าซชีวภาพและถูกเก็บสะสมไว้ใต้แผ่นพีวีซี จากนั้นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลเข้าบ่อผึ่ง และบ่อปรับสภาพ ดังระบบจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตยางพาราสำหรับเกษตรกรสหกรณ์ยางแผ่นรมควัน (PSU Rubber Coop Model I)



ระบบจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต
ยางพาราสำหรับเกษตรกรสหกรณ์ยางแผ่นรมควัน
(PSU Rubber Coop Model I)

การนำใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพ ระบบความปลอดภัยและข้อควรปฏิบัติ

ระบบลำเลียงก๊าซชีวภาพ

- การนำก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยการลำเลียงก๊าซชีวภาพผ่านท่อพีวีซีซึ่งควบคุมการเปิด-ปิดด้วยบอลวาล์วพีวีซี ดังรูป

แนวท่อก๊าซชีวภาพ

- การลำเลียงก๊าซชีวภาพ อาศัยแรงกดทับของแผ่นพลาสติกพีวีซีที่คลุมบ่อ เพื่อส่งก๊าซชีวภาพให้ไหลไปตามท่อพีวีซี ดังรูป

ท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพเข้าเตารมยาง

การนำก๊าซชีวภาพใช้ประโยชน์

การนำก๊าซชีวภาพใช้ประโยชน์ในสหกรณ์ฯ ได้แก่ การรมยางร่วมกับไม้ฟืน และทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)

1. การรมยางร่วมกับไม้ฟืน

ในขั้นตอนการรมยางแผ่นใช้เวลาประมาณ 1-4 วัน โดยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้รมยางร่วมกับไม้ฟืนในการรมยาง มีหลักการดังนี้

- วันที่ 1 ของการรมยางใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงหลัก
- วันที่ 2-4 (หรือจนยางสุก) ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงหลัก และเติมไม้ฟืนเล็กน้อย ทำให้ลดปริมาณไม้ฟืนลงเมื่อเทียบกับวันที่ 1 ในการรมยาง

วิธีนำก๊าซชีวภาพไปใช้รมยางร่วมกับไม้ฟืน

(1) นำท่อเหล็กเข้าเตารมยาง ดังรูป

(2) เปิดวาล์วก๊าซชีวภาพ จุดไฟที่ปลายท่อเหล็ก และปิดประตูเตารมยาง

(3) เมื่อรมยางสุกแล้ว ปิดวาล์วท่อก๊าซชีวภาพทุกครั้ง

การใช้ก๊าซชีวภาพรมยางแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังตาราง

ปริมาณยางเข้าห้องรม	เชื้อเพลิงที่ใช้	
	วันที่ 1 ของการรมยาง	วันที่ 2 จนยางสุก
เต็มห้อง	ไม้ฟืน	ไม้ฟืน (เล็กน้อย) + ก๊าซชีวภาพ
ไม่เต็มห้อง*	ไม้ฟืน	ก๊าซชีวภาพ

หมายเหตุ : *ขึ้นอยู่กับปริมาณยางที่เข้าห้องรมและการตัดสินใจของนายเตา อาจมีการเติมฟืนเพื่อให้ได้ควันไฟบ้างและป้องกันก๊าซดับ

ตารางข้างบนนี้ได้มาจากตัวอย่างรูปแบบการใช้ก๊าซชีวภาพรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยาง บ้านเก่าร้าง จำกัด ต.คลองหอยโข่ง อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา โดยเป็นสหกรณ์รุ่นสร้างปี พ.ศ.2538 มี 4 ห้องรม ในกรณี “ไม่เต็มห้อง” ยางจะเข้าห้องรมจำนวน 3 เก๊ะ (ห้องรมยาง 1 ห้อง สามารถบรรจุยางได้ 6 เก๊ะ) ทั้งนี้สำหรับสหกรณ์รุ่นสร้างปี พ.ศ.2537 ซึ่งมีห้องรม 7 ห้อง ก็จะมีรูปแบบการใช้งานคล้ายคลึงกัน แต่อาจมีการปรับบางเล็กน้อยตามสภาพหน้างาน

2. ใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้หุงต้มสำหรับผู้ปฏิบัติงานในสหกรณ์ฯ จะต่อแยกออกจากท่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้รมยาง ควบคุมการเปิด-ปิดด้วยบอลวาล์วพีวีซี ส่วนที่เป็นหัวสำหรับจุดติดไฟก็จะใช้ท่อเหล็กยาวประมาณ 1 เมตร บีบปลายให้เปลวไฟกระจาย เช่นเดียวกับที่ใช้ในเตา (ในเตาจะยาวกว่าเพื่อป้องกันท่อร้อนจากเปลวไฟในเตาเผาไม้ฟืน)

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประกอบอาหารทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)

ระบบความปลอดภัยขณะใช้ก๊าซชีวภาพ

ระบบความปลอดภัยในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ ที่ควรดูแลอย่างสม่ำเสมอ ประกอบด้วย จุดดักน้ำ และถังควบคุมแรงดัน

1. จุดดักน้ำ

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากบ่อหมักก๊าซชีวภาพจะอิ่มตัวไปด้วยไอน้ำ ซึ่งพร้อมจะควบแน่นเป็นหยดน้ำในเส้นท่อลำเลียง

จุดดักน้ำจะทำหน้าที่ **ดักน้ำออกจากเส้นท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพ ป้องกันไม่น้ำขังท่วมท่อ ขัดขวางการไหลของก๊าซชีวภาพ** ดังรูป

จุดดักน้ำและถังควบคุมแรงดัน

2. ถังควบคุมแรงดัน

ถังควบคุมแรงดัน ทำหน้าที่ ควบคุมแรงดันภายในแผ่นคลุมของบ่อหมักก๊าซชีวภาพไม่ให้สูงเกินไปจนอาจทำให้แผ่นคลุมพลาสติกฉีกขาด เป็น

อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยขณะที่ไม่มีการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน โดยถังควบคุมแรงดันทำจากท่อพีวีซีหรือสเตนเลส และติดตั้งถังควบคุมแรงดันกับท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพในตำแหน่งก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

วิธีการใช้ถังควบคุมแรงดัน คือ เติมน้ำให้เต็มถังควบคุมแรงดันตลอดเวลา น้ำที่เติมเกินจะล้นออกเอง ทั้งนี้ ก๊าซชีวภาพจะไหลเข้าถังควบคุมแรงดันแล้วดันผ่านน้ำในถังที่ความสูงประมาณ 1-2 เซนติเมตรของน้ำ เพื่อรักษาแรงดันในแผ่นคลุม ดังรูป

ข้อควรปฏิบัติในการใช้ก๊าซชีวภาพ

1. ห้ามจุดไฟหรือเผาหญ้ารอบๆ ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ แต่ให้ใช้วิธีการฉีดหญ้า

2. ห้ามสูบบุหรี่รอบๆ พื้นที่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และหลังเตารมยาง

3. สังเกตระดับความสูงของแผ่นพีวีซีคลุมบ่อหมักก๊าซชีวภาพขณะนำก๊าซชีวภาพไปใช้ ถ้ามีปริมาณก๊าซชีวภาพ น้อยกว่าร้อยละ 50 ควรงดใช้งานชั่วคราวจนกว่าจะมีปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น เพื่อรักษารูป และป้องกันน้ำฝนขัง ดังรูป

ชะลอหรือหยุดใช้
ก๊าซชั่วคราว

4. ตรวจเช็คระดับน้ำในถังควบคุมแรงดันให้อยู่ในระดับปกติ หากแผ่นพีวีซีตึงมากให้ปล่อยก๊าซชีวภาพออกจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้วาล์วฉุกเฉิน ดังรูป

วาล์วฉุกเฉิน

5. เมื่อมีน้ำขังบนแผ่นพีวีซี ควรสูบน้ำออกทันที เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับแผ่นพีวีซี ดังรูป

6. เมื่อพบการฉีกขาดของแผ่นพีวีซี ให้หยุดใช้งานก๊าซชีวภาพและปิดวาล์วส่งก๊าซทันที จากนั้นแจ้งช่างที่มีประสบการณ์มาซ่อมแซม

การนำน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในเชิงเกษตรกรรม

- ผลประเมินที่อัตราน้ำทิ้งจากระบบที่ร้อยละ 80 ของน้ำเสียเข้าระบบ (เท่ากับ 0.8 x 15 = 12 ลบ.ม.ต่อวัน) ทำให้ทดแทน ไนโตรเจน (TN) ฟอสฟอรัส (TP) และโพแทสเซียม (TK) ได้เฉลี่ย 1,932, 3,074 และ 9,454 g/d ตามลำดับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรดน้ำพืชได้ (สุเมธ ไชยประพัทธ์ และคณะ, 2558)

- **รดต้นยางพารา** ผลการศึกษาของ สายัณห์ สดุดี และคณะ (2548) พบว่าแปลงยางพาราที่ได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดของสหกรณ์ฯ (ประมาณสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง) จะให้ปริมาณน้ำยางสดสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้รับน้ำทิ้ง และมีแนวโน้มของปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC) สูงกว่าด้วย ทั้งนี้การให้น้ำต้องคำนึงถึงปัจจัยความชื้นในดิน ปริมาณที่ให้ ความถี่ และคุณภาพของน้ำที่ใช้รด

การใช้ประโยชน์จากกากตะกอน

กากตะกอนจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วในกรณีที่มีการเติมวัสดุอินทรีย์อย่างอื่นลงไปผสม เช่น มูลสัตว์ หรือกรณีที่บำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียวตะกอนจะเป็นเซลจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วตกที่ท้องบ่อ จะมีลักษณะค่อนข้างเสถียรสามารถที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุบำรุงดินได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามในกรณีที่ไม่มีการเติมวัสดุอินทรีย์ใดๆ หรือเป็นการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตยางเพียงอย่างเดียว ปริมาณตะกอนจะน้อยมาก และไม่ควรถ่ายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งจากระบบมาก จนทำให้จุลินทรีย์ในบ่อต่ำเกินไปไม่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การดูแลบำรุงรักษา และตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

การดูแล และบำรุงรักษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

หน่วยบำบัด	การดูแลรักษา
บ่อดักขยะ	■ ตักเศษยาง เศษหญ้า ใบไม้ ที่ลอยรวมตัวกันบริเวณผิวหน้าของบ่อออกไปเพื่อป้องกันการอุดตันในท่อส่งน้ำเสีย
บ่อหมักก๊าซชีวภาพ	■ ตรวจสอบและดูแลรักษาพลาสติกคลุมบ่อให้อยู่ในสภาพที่ดี ■ ถ้ามีน้ำขังบนแผ่นคลุม ควรสูบออกทันที ■ กำจัดวัชพืชบริเวณรอบๆ บ่ออย่างสม่ำเสมอ โดยวิธีการฉีดหญ้า ■ ปลูกพืชคลุมดินรอบๆ บ่อหมักก๊าซชีวภาพ ป้องกันการพังทลายของดิน ■ ตรวจตารั้วกั้นรอบบ่อหมักก๊าซชีวภาพให้อยู่ในสภาพดี เพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เข้าไปทำให้บ่อเกิดความชำรุดเสียหาย
ท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพ	■ ตรวจสอบการรั่วซึมของท่อ โดยใช้น้ำสบู่หรือน้ำยาล้างจานทาบริเวณท่อลำเลียงก๊าซชีวภาพ
บ่อชักกากตะกอน	■ ดึงกากตะกอนออกจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพเดือนละ 1 ครั้งๆ ละประมาณ 1 นาที
บ่อบำบัดขั้นหลังจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	■ ตรวจสอบระดับน้ำในบ่อรองรับน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ และท่อน้ำล้นว่าสามารถระบายน้ำได้หรือไม่ ■ กำจัดวัชพืช โดยวิธีการฉีดหญ้าบริเวณหลังคันดินอย่างสม่ำเสมอ พร้อมตรวจดูว่ามีการพังทลายของดินหรือไม่

การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบฯ

ผู้ดูแลระบบฯ สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ในพารามิเตอร์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และซีโอดี (COD) สำหรับตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีจุดเก็บตัวอย่างดังนี้

จุดที่ 1 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

จุดที่ 2 น้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

จุดที่ 3 น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดขั้นหลังหรือบ่อสุดท้ายของระบบบำบัด

การพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ควรอยู่ในช่วง 6.5-7.5 นั่นแสดงว่า มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สร้างกรดและจุลินทรีย์สร้างมีเทน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือบ่อสุดท้าย ควรอยู่ในช่วง 5.5-9.0 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

2. ค่าซีโอดี (COD) บอกค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เมื่อค่า TCOD ของน้ำทิ้งลดลงเมื่อผ่านการบำบัด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

ค่า COD เทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวอย่าง การตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพของสหกรณ์ผลิตยางแผ่นรมควัน

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี* (%)
น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	5.16	6,400.00	-
น้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	7.48	1,378.00	79.00
น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดขั้นหลัง	8.06	543.00	92.00

หมายเหตุ : สูตรการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

$$\text{ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี} = \frac{(\text{ซีโอดีน้ำเสียเข้า} - \text{ซีโอดีน้ำเสียออก})}{\text{ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ}} \times 100\%$$

เอกสารอ้างอิง

สายัณห์ สดุดี สุเมธ ไชยประพัทธ์ และชิดชไม โอวาทพรพร. 2548. โครงการการประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำเสียจากโรงอบ/รมยางเพื่อการเกษตรกรรม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุเมธ ไชยประพัทธ์ อิศรา รักงาม และธันวดี สุขสาโรจน์. 2558. โครงการการประเมินศักยภาพการเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยการหมักร่วมและอัตราการทดแทนเชื้อเพลิงไม้ฟืนของสหกรณ์ผลิตยางแผ่นรมควัน (ระยะที่ 2). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภาคผนวก

ตารางประเมินราคาก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและแรงงาน
				ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน	
1	งานปรับพื้นที่	1	งาน	-	-	75,000.00	75,000.00	75,000.00
2	งานขุดบ่อหมักก๊าซชีวภาพ	720	ลบ.ม.	-	-	200.00	144,000.00	144,000.00
3	งานส่องกล้องตรวจสอบระดับ	1	งาน	-	-	25,000.00	25,000.00	25,000.00
4	งานสูบน้ำเสีย	1	งาน	-	-	25,000.00	25,000.00	25,000.00
5	ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 1.0 x 0.5 ม.	25	วง	300.00	7,500.00	150.00	3,750.00	11,250.00
6	เหล็กไวเมท 4.0 มม.@0.2x0.2 ม.	8	ม้วน	2,100.00	16,800.00	100.00	800.00	17,600.00
7	ลวดผูก	6	กก.	60.00	360.00	50.00	300.00	660.00
8	คอนกรีต 240 ksc	50	ลบ.ม.	2,200.00	110,000.00	-	-	110,000.00

9	ค่าแรงดาดคอนกรีตบ่อ	50	ตร.ม.	-	-	300.00	15,000.00	15,000.00
10	ค่าไม้แบบ	2	งาน	2,000.00	4,000.00	500.00	1,000.00	5,000.00
11	ท่อ PVC 6"	15	เส้น	1,200.00	18,000.00	150.00	2,250.00	20,250.00
12	สามทาง PVC 6"	6	ชิ้น	370.00	2,220.00	100.00	600.00	2,820.00
13	ข้องอ 90 องศา PVC 6"	2	ชิ้น	250.00	500.00	100.00	200.00	700.00
14	อิฐแดง	40	ก้อน	3.00	120.00	8.00	320.00	440.00
15	เชือก	4	กก.	140.00	560.00	50.00	200.00	760.00
16	ถังพลาสติก 200 ลิตร	4	ใบ	550.00	2,200.00	130.00	520.00	2,720.00
17	สามทาง PVC 3"	2	อัน	160.00	320.00	70.00	140.00	460.00
18	บอลวาล์ว PVC 3"	3	อัน	330.00	990.00	70.00	210.00	1,200.00
19	บอลวาล์ว PVC 1"	7	อัน	45.00	315.00	70.00	490.00	805.00

20	ท่ออ่อนเกลียวพลาสติก 1"	11	เมตร	80.00	840.00	70.00	735.00	1,575.00
21	ชุดท่อเหล็กก๊าซชีวภาพ	1	งาน	5,000.00	5,000.00	-	-	5,000.00
22	กิ๊บรัด 1"	20	ตัว	7.00	140.00	29.00	580.00	720.00
23	อิฐคาน	80	ก้อน	15.00	1,200.00	25.00	2,000.00	3,200.00
24	สามทาง PVC 3"	2	อัน	160.00	320.00	50.00	100.00	420.00
25	สามทาง PVC ลด 3"-2"	1	อัน	150.00	150.00	50.00	50.00	200.00
26	สามทาง PVC ลด 2"-1"	1	อัน	35.00	35.00	50.00	50.00	85.00
27	ท่อ PVC 3"	15	เส้น	350.00	5,250.00	70.00	1,050.00	6,300.00
28	ท่อ PVC 1"	19	เส้น	65.00	1,235.00	60.00	1,140.00	2,375.00
29	ท่อ PVC 2"	2	เมตร	45.00	90.00	60.00	120.00	210.00
30	ข้องอ PVC 90 องศา 1"	2	อัน	12.00	24.00	50.00	100.00	124.00

31	ต่อตรงเกลียวใน 2"x1"	4	อัน	12.00	48.00	50.00	200.00	248.00
32	หางปลาไหล 1"	4	อัน	20.00	80.00	30.00	120.00	200.00
33	เทปพันเกลียว	4	ม้วน	30.00	120.00	30.00	120.00	240.00
34	ชุดถังควบคุมแรงดัน	1	ชุด	6,000.00	6,000.00	30.00	30.00	6,030.00
35	แผ่น PVC หนา 1.5 มม. สำหรับคลุมโดมบ่อหมัก	650	ตร.ม.	330.00	214,500.00	-	-	214,500.00
36	แผ่น PVC หนา 1.0 มม. สำหรับปูขอบบ่อหมัก	400	ตร.ม.	295.00	118,000.00	-	-	118,000.00
37	ค่าแรงติดตั้งและเชื่อมพลาสติก	1	งาน	-	-	30,000.00	30,000.00	30,000.00
38	ค่าขนส่งแผ่น PVC	1	งาน	-	-	15,000.00	15,000.00	15,000.00
39	Support ท่อก๊าซภายในบ่อ	1	งาน	-	-	10,000.00	10,000.00	10,000.00
40	Support ท่อก๊าซภายนอกบ่อ (ทุกระยะ 2 ม.)	1	งาน	-	-	10,000.00	10,000.00	10,000.00

41	เสาคอนกรีต ต้นมุม ขนาด 6"x6" สูง 2 ม.	4	ต้น	550.00	2,200.00	150.00	600.00	2,800.00
42	เสาคอนกรีต สูง 2 ม.	36	ต้น	140.00	5,040.00	100.00	3,600.00	8,640.00
43	ลวดหนาม	20	ม้วน	300.00	6,000.00	120.00	2,400.00	8,400.00
44	ลวดขาว	10	กก.	80.00	800.00	80.00	800.00	1,600.00
45	ทรายหยาบ	15	คิว	1,400.00	21,000.00	400.00	6,000.00	27,000.00
46	หิน	3	คิว	800.00	2,400.00	400.00	1,200.00	3,600.00
47	ปูน	25	กระสอบ	170.00	4,250.00	250.00	6,250.00	10,500.00
48	กาวทาท่อ PVC	3	กระป๋อง	230.00	690.00	50.00	150.00	840.00
49	งานประตู	1	ชุด	6,000.00	6,000.00	1,000.00	1,000.00	7,000.00
50	งานป้าย	1	งาน	12,000.00	12,000.00	1,000.00	1,000.00	13,000.00
51	งานวิเคราะห์น้ำเสีย	3	งาน	-	-	15,000.00	45,000.00	45,000.00

รวมราคา	**1,011,472**
ค่าดำเนินการ 10%	**101,147**
รวมราคา	**1,112,619**
ภาษี 7%	**77,883**
รวมราคาทั้งสิ้น	**1,190,503**

หมายเหตุ : ราคาก่อสร้างอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพพื้นที่หน้างาน