บทที่ 6
สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากฟาร์มสุกรที่มีอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่ 27.6-75 W/m^3 และมีช่วงเวลาเดินเครื่อง 10-24 ชั่วโมงต่อวัน สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 การประเมินค่าทางด้านเทคนิค

พบว่าค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ (Hu) อัตราการปล่อยสารมลพิษ (EF) อัตราความร้อนต่อพลังงาน (HR) และประสิทธิภาพรวมตามกฎข้อที่ 1 ทุกฟาร์มมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่าสัดส่วนก๊าซ CO_2 ในก๊าซชีวภาพตลอดจนสภาพบ่อหมักก๊าซและสิ่งแวดล้อมไม่ต่างกัน โดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพอยู่ระหว่าง 20.778 – 22.149 MJ/m^3 อัตราการปล่อยสารมลพิษ CO_2 อยู่ระหว่าง 0.074 – 0.079 kg/MJ อัตราความร้อนต่อพลังงานอยู่ระหว่าง 20.997 – 22.321 MJ/kWh และประสิทธิภาพรวมตามกฎข้อที่ 1 อยู่ระหว่าง 16.13 – 17.15%

6.1.2 ต้นทุนราคาไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

ต้นทุนราคาไฟฟ้าเมื่อใช้วิธีคำนวณแบบ Exergy Costing พบว่ามีส่วนสัมพันธ์กับอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพและชั่วโมงเดินเครื่องต่อวันในลักษณะยิ่งอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพมากต้นทุนยิ่งลดต่ำลง และจะมีต้นทุนต่ำสุดเมื่อเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน

6.1.2.1 กรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

พบว่าไม่มีฟาร์มใดที่มีต้นทุนต่ำกว่าราคาไฟฟ้าที่ซื้อใช้ภายในฟาร์มโดยทั้ง 4 ฟาร์มค่าต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 10.04 บาท/kWh และต่ำสุดเท่ากับ 3.62 บาท/kWh สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการได้ดังนี้

$$Z = (16.56-1.59Y+5.91\times10^{-2}Y^2-8.07\times10^{-4}Y^3) + (0.91-0.10Y+4.83\times10^{-3}Y^2-8.39\times10^{-5}Y^3)X$$
$$-(2.63\times10^{-2}-3.10\times10^{-3}Y+1.62\times10^{-4}Y^2+2.92\times10^{-6}Y^3)X^2$$
$$-(1.0\times10^{-4}-3.71\times10^{-5}Y+2.67\times10^{-6}Y^2-5.65\times10^{-8}Y^3)X^3$$

6.1.2.2 กรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 อย่างเดียว

พบว่าต้นทุนราคาไฟฟ้ามีค่าเพิ่มสูงจากค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของก๊าซ CO_2 ซึ่งถือว่าเป็นรายจ่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างหนึ่งของฟาร์มที่ต้องรับผิดชอบ โดยทั้ง 4 ฟาร์มค่าต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 10.10 บาท/kWh และต่ำสุดเท่ากับ 3.69 บาท/kWh สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$Z = (8.83-3.78\times10^{-2}Y-4.02\times10^{-2}Y^2+1.21\times10^{-3}Y^3) + (1.39-0.19Y+1.09\times10^{-2}Y^2-2.06\times10^{-4}Y^3)X$$
$$- (3.36\times10^{-2}-4.55\times10^{-3}Y+2.55\times10^{-4}Y^2+4.82\times10^{-6}Y^3)X^2$$
$$- (1.0\times10^{-4}-3.71\times10^{-5}Y+2.67\times10^{-6}Y^2-5.65\times10^{-8}Y^3)X^3$$

6.1.2.3 กรณีรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 รวมกัน

พบว่าต้นทุนราคาไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลงเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าเป็นลบ อาจถือได้ว่าการช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CH_4 เป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้นอย่างหนึ่งของฟาร์ม โดยทั้ง 4 ฟาร์มค่าต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 9.73 บาท/kWh และต่ำสุดเท่ากับ 3.32 บาท/kWh ไม่มีฟาร์มใดมีต้นทุนต่ำกว่าราคาไฟฟ้าที่ซื้อใช้ภายในฟาร์ม และสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการได้ดังนี้

$$Z = (23.19-3.09Y+0.16Y^2-2.75\times10^{-3}Y^3) + (0.45+3.53\times10^{-3}Y-1.61\times10^{-3}Y^2+4.59\times10^{-5}Y^3)X$$
$$- (1.41\times10^{-2}-4.91\times10^{-4}Y-5.36\times10^{-6}Y^2+4.46\times10^{-7}Y^3)X^2$$
$$- (2.3\times10^{-4}+3.27\times10^{-5}Y-1.96\times10^{-6}Y^2+3.86\times10^{-8}Y^3)X^3$$

เมื่อ Z = ต้นทุนราคาไฟฟ้า (บาท/kWh)

X = อัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพ (W/m^3) ; $27.6 \leq X \leq 75$

Y = ชั่วโมงเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าในแต่ละวัน (hr) ; $10 \leq Y \leq 24$

6.1.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อใช้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดก๊าซ SO_2 โดยเครื่อง Flue Gas Desulfurization เป็นฐานการคำนวณพบว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 เท่ากับ0.07 บาท/kWh เท่ากันทุกฟาร์มเนื่องจากสัดส่วนก๊าซ CO_2 ในก๊าซชีวภาพและประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้ามีค่า

ต่างกันน้อยมากส่งผลให้ค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษแต่ละฟาร์มไม่ต่างกัน สำหรับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับก๊าซ CH_4 จะมีค่าเป็นลบ เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจะช่วยลดปัญหาทั้งด้าน Global Warming และการหมดสิ้นของก๊าซธรรมชาติซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าการเพิ่มปัญหาด้าน Global Warming จากการปล่อยก๊าซ CO_2 สู่สิ่งแวดล้อม โดยจะมีค่าเป็น –0.37 บาท/kWh และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 รวมกันทุกฟาร์มจะมีค่าเท่ากับ –0.30 บาท/kWh

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราภาษีจากแบบจำลองของ Frank Muller *et. al* (ดูบทที่ 1 ประกอบ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.16 cents/kWh หรือคิดเป็นเงินไทยเท่ากับ 0.07 บาท/kWh (ใช้อัตราแลกเปลี่ยน 44 บาท/US$) พบว่ามีค่าเท่ากับงานวิจัยนี้ด้วยเช่นกัน และค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากสาร SO_2 CO_2 และ CH_4 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า VED ที่รวบรวมโดย Jonathan Koomey และ Florentin Krause (ดูบทที่ 1 ประกอบ) สามารถสรุปเป็นอัตราที่ใช้ SO_2 เป็นฐานได้ดังตาราง 6.1 ต่อไปนี้

ตาราง 6.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราค่า VED เมื่อใช้ SO_2 เป็นฐาน

Source	SO_2/CO_2	SO_2/CH_4
1. Chernick and Caverhill	80.35	2.49
2. Schilberg et al	67.57	2.63
3. MA DPU	68.18	6.82
4. งานวิจัยนี้	69.2	3.29

ค่าอัตราส่วน VED ของก๊าซ SO_2 ต่อค่า VED ของก๊าซ CO_2 และ CH_4 ที่ได้จากงานวิจัยนี้ก็ไม่ต่างจากแหล่งอื่นๆ

6.1.4 อัตราผลตอบแทนการลงทุน

6.1.4.1 กรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ค่าอัตราผลตอบแทนจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพและชั่วโมงเดินเครื่องต่อวัน กรณีฟาร์มสุกรได้รับเงินสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติจะมีค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนมากกว่า 12%

เมื่อเดินเครื่องผลิตไฟฟ้ามากกว่า 16 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น และฟาร์มที่ไม่ได้รับเงินสนับสนุนจะมีค่าอัตราผลตอบแทนมากกว่า 12% เมื่อที่เดินเครื่องผลิตไฟฟ้ามากกว่า 14 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น

6.1.4.2 กรณีคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 อย่างเดียว

ให้ผลเช่นเดียวกับกรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากรายจ่ายจากต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มอีก 0.07 บาท/kWh มีค่าน้อยไม่ทำให้ต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลงมาก

6.1.4.3 กรณีคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 รวมกัน

ให้ผลเช่นเดียวกับกรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากรายรับจากต้นทุนสิ่งแวดล้อมที่ลดลงอีก 0.30 บาท/kWh มีค่าน้อยไม่ทำให้ต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลงมาก

6.1.5 ระยะเวลาคืนทุน

6.1.5.1 กรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนทั้งหมดจะมีระยะเวลาสั้นลงหากอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพและชั่วโมงเดินเครื่องต่อวันมีค่ามากขึ้น โดยทั้ง 4 ฟาร์มจะมีระยะคืนทุนนานสุดประมาณ 14 ปีและสั้นสุดประมาณ 4.5 ปี ส่วนระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนเองชั่วโมงเดินเครื่องต่อวันจะมีผลเพียงอย่างเดียวฟาร์มที่เดินมีชั่วโมงเครื่องต่อวันมากจะมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นกว่าฟาร์มที่ชั่วโมงเดินเครื่องต่อวันน้อยกว่าโดยทั้ง 4 ฟาร์มจะมีระยะคืนนานสุดประมาณ 10.5 ปีและสั้นสุดประมาณ 3.5 ปี

6.1.5.2 กรณีคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 อย่างเดียว

ระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนทั้งหมดทั้ง 4 ฟาร์มมีระยะนานสุดประมาณ 14 ปีและสั้นสุดประมาณ 4.5 ปี ส่วนระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนเองจะมีระยะนานสุดประมาณ 11 ปีและสั้นสุดประมาณ 4 ปีไม่ต่างจากกรณีไม่รวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6.1.5.3 กรณีคิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากก๊าซ CO_2 และ CH_4 รวมกัน

ระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนทั้งหมดทั้ง 4 ฟาร์มมีระยะนานสุดประมาณ 13 ปีและสั้นสุดประมาณ 4 ปี ส่วนระยะคืนทุนต่อเงินลงทุนเองจะมีระยะนานสุดประมาณ 10 ปีและสั้นสุดประมาณ 3.5 ปีซึ่งสั้นกว่า 2 กรณีข้างต้นครึ่งปี

6.1.6 การเปรียบเทียบต้นทุนราคาไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซชีวภาพและไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบพลังความร้อนร่วม

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดกำลังผลิต 422 kW มีประสิทธิภาพรวม 54% ต้นทุนราคาไฟฟ้าเท่ากับ 1.35 บาท/kWh หรือ 0.375 บาท/MJ โดยให้

อัตราผลตอบแทน 12.95% และมีระยะเวลาคืนทุน 7.0 ปี จะเห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพน้อยกว่าประมาณ 3.2 เท่าและมีต้นทุนราคาไฟฟ้าจากวิธี Exergy Costing ที่สูงกว่า 2.7 เท่า มีเพียงอัตราผลตอบแทนและระยะเวลาคืนทุนที่คิดต่อเงินส่วนที่ลงทุนเองเท่านั้นที่ให้ค่าที่ดีกว่าเนื่องจากได้รับเงินสนับสนุนในการก่อสร้างจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบานพลังงานแห่งชาติ

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ใช้เครื่องยนต์สำหรับก๊าซชีวภาพโดยตรงซึ่งอาจมีประสิทธิภาพดีกว่าซึ่งอาจส่งผลให้มีต้นทุนราคาไฟฟ้าต่ำกว่าเดิม

6.2.2 ควรเพิ่มจำนวนฟาร์มสุกรสำหรับเก็บข้อมูลโดยขยายช่วงอัตราส่วนขนาดระบบผลิตไฟฟ้าต่อขนาดระบบผลิตก๊าซชีวภาพและชั่วโมงเดินเครื่องต่อวันให้มีค่ากว้างมากกว่าเดิม

6.2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่มากเมื่อเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าอื่นๆ ถึงแม้จะได้รับเงินสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติก็ตามอาจจะไม่จูงใจให้เจ้าของฟาร์มสุกรตัดสินใจติดตั้งระบบนี้ได้ ดังนั้นควรนำผลดีในด้านสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนเป็นรายได้เพิ่มให้กับเจ้าของฟาร์มสุกร เพื่อให้เกิดความจูงใจมากกว่านี้ยกตัวอย่างเช่น ให้เงินสนับสนุนฟาร์มสุกรในอัตรา 0.30 บาท/kWh เป็นต้น

6.2.4 ต้นทุนของระบบผลิตก๊าซชีวภาพในงานวิจัยนี้ไดรวมระบบบำบัดน้ำเสียเข้าด้วยเนื่องจากข้อมูลด้านต้นทุนยังไม่มีการแยกระหว่างระบบผลิตก๊าวชีวภาพและระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นหากแยกต้นทุนในส่วนนี้ออกมาจะทำให้ต้นทุนราคาไฟฟ้ามีค่าลดลงอีก 5-30% อีกทั้งผลดีของระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่ยังไม่ได้พิจารณาในงานวิจัยนี้ดังเช่น ลดปัญหาเรื่องกลิ่น ลดปัญหาน้ำเสียและลดปัญหาด้านสุขอนามัย ฯลฯ ควรนำมาพิจารณาด้วย

6.2.5 ระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจะให้อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้นกว่าเดิม หากนำก๊าซชีวภาพไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซหุงต้มหรือปรับปรุงระบบให้เป็น Cogeneration แทนระบบเดิม เช่น นำเอาความร้อนทิ้งจากไอเสียไปใช้กับเครื่องกกลูกหมูหรือนำความร้อนทิ้งจากระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ไปผลิตน้ำร้อนใช้ภายในฟาร์ม เป็นต้น