



# วารสารวิชาการ พลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - เมษายน 2561

## J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

ISSN 2630-0273



J-REC BY TRECA





# วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

## JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทนในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และงานวิชาการใหม่ๆ ด้านพลังงานทดแทนระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในทั้งภาครัฐและเอกชน
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทำผลงานทางด้านพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ
4. เป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางด้านพลังงานทดแทนสู่การใช้งานจริงเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของประเทศ

### เจ้าของและลิขสิทธิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ที่ตั้งสมาคมฯ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
39 ม.1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร. 0-2549-3497 [www.reca.or.th](http://www.reca.or.th)

### วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

พิมพ์ออกเผยแพร่ 3 ฉบับต่อปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม - เมษายน พฤษภาคม - สิงหาคม และ กันยายน - ธันวาคม  
ติดต่อขอรับเป็นสมาชิกได้โดยตรงที่ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

### พิมพ์ที่ บริษัท ทริปเพิ้ล กรุ๊ป จำกัด

95 ถ.แจ้งวัฒนะ ซ.6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 โทรศัพท์ 0-2521-8420 โทรสาร 0-2521-8424

## วัตถุประสงค์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

1. ส่งเสริมความร่วมมือ ทางด้านวิชาการระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน ในด้านพลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนต่างๆในประเทศไทย
2. จัดหาทุน เพื่อสนับสนุนการศึกษา วิจัย ฝึกอบรม การดำเนินโครงการด้านพลังงานทดแทนให้กับภาครัฐและภาคประชาชน
3. ไม่ดำเนินการ ส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมใดๆ ที่มุ่งไปสู่การดำเนินงานทางการเมือง
4. ไม่ดำเนินการ ให้มีการกระทำการอันผิดต่อขนบธรรมเนียมและจารีตประเพณีที่ดีของสังคมไทย

### หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมาก อันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคงทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

### จุดมุ่งหมายสำคัญ

คือ การทำงานกันทั้งส่วนภาครัฐและประชาชนในการใช้พลังงานทดแทน อนุรักษ์พลังงานและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนในประเทศไทย ตลอดจนการศึกษาวิจัย ดำเนินการหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่างๆ มาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อความเหมาะสมและให้เกิดความยั่งยืนของชุมชนและประชาชนในประเทศไทย





# วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

## JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

คณะกรรมการจัดทำวารสาร  
วิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

### คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์  
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

### คณะผู้ก่อตั้งวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยชนรินทร์  
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์  
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช  
รองศาสตราจารย์ ดร.อิสริย์ หาราชเจริญโรจน์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี  
นาย มนต์รี ชาลีเครือ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง  
พลโท กฤตภาส คงคาพิสุทธ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล  
พลอากาศโทเอกราชชาติชัย  
นายวิชัย เพ็ชรทองคำ  
นายวิสูตร ยังพลพันธ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เรืองวาริ  
อาจารย์สมควร แหวดี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ  
ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรศักดิ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แหวศักดิ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร  
ดร.อำพล อาภาธนากร  
ดร.ภาสวรรณ วัชรดำรงศักดิ์  
ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ  
หม่อมหลวงลือศักดิ์ จักรพันธ์  
นายพิเนตร พรธอธำรงค์  
นายสุภิตเดช แก้วศรีสด  
และสมาชิกสามัญสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
ที่ปรึกษาสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
เลขาธิการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
กรรมการสมาคมฯ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์  
กรรมการและประชาสัมพันธ์สมาคมฯ  
อุปนายกภาคใต้  
อุปนายกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
อุปนายกภาคกลาง  
อุปนายกภาคเหนือตอนบน  
อุปนายกภาคเหนือตอนล่าง  
อุปนายกภาคตะวันออก  
ปฏิคมสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย  
นายทะเบียนสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

### กองบรรณาธิการ

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

รองบรรณาธิการ

อุปนายกสมาคมพลังงานทดแทนแห่งประเทศไทย

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

### เลขานุการ

นายจิตติวัฒน์ ยวงเกตุ

### ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวปิยธิดา โปยขุนทด

นางสาวจรรยารัตน์ สีนาค

นางสาวธนาภาวี เนตรกรรม

### รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิช เรืองรุ่งชัยกุล

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยชนินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวิทย์ ลวณะสกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยฤทธิ์ ประสาทแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เรืองวารี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานุ ประทุมพนรัตน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราชญ์ อัครนรากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยฤทธิ์ ประสาทแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พลโท กฤตภาส คงคาพิสุทธ์

ผู้เชี่ยวชาญพลังงานทดแทน กระทรวงกลาโหม

ดร.ภาสวรรณ วิชิตดำรงศักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ดร.อำพล อาภาธนากร

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ

ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววงศ์ดี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังข์รักษ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน

วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงวุฒิ ชูเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มาริณา มะหะนิ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรเชษฐ์ เพชรห้วยลึก

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัฒน์ชัย เทพนวล

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ดร. นันทพันธ์ นภัทรานันท์  
ดร. พลภุชงค์ คล้ายวิวัฒกร  
ดร. รามพร นิคม  
ดร. โชคชัย เหมือนมาศ  
รองศาสตราจารย์ ดร. สมรักษ์ เกิดสุวรรณ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติ นิลผึ้ง  
ดร. ธวัชชัย วงศ์ช่าง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จารุวัฒน์ เจริญจิต  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บัญญัติ นียมवास  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติ ศุภลักษณ์ปัญญา  
ดร. อาริษา โสภากาจารย์  
ดร. สายใจ แก้วอ่อน  
รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย เทพา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัฒนะ รักความสุข  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิระ สายสร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ ไชยชนะ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูรัตน์ ธารารักษ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรวัฒน์ คุ้มภู  
รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล นามผล  
ดร. สมมาศ แก้วล้วน  
รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา ภูริระวณิชย์กุล  
ดร. เกียรติศักดิ์ เส็งช่วย  
ดร. วาริช วีระพันธ์  
รองศาสตราจารย์ ดร. วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ดันดีวานุรักษ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา ศรีประภาคาร  
รองศาสตราจารย์ ดร. วรณัฐ แจ่มสว่าง  
ดร. วรจิตต์ เศรษฐพรพงศ์  
ดร. สุรัชย์ ธีรรัฐจันทร์ศรี  
  
ดร. ชยานนท์ สวัสดิ์นันทนาท  
  
ดร. ททัตทิพย์ สิ้นธยา  
  
ดร. ภูมิญา ตันตราพันธ์  
  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรพันธ์ ดั่งทองสุข  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ  
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ  
วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ  
วิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
คณะอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
คณะพลังงานวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ชุมพร  
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้  
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้  
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร  
พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

.....

## บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน โดยความร่วมมือของเครือข่ายสมาชิกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA) ซึ่งฉบับแรกนี้ เป็นฉบับปฐมฤกษ์ในเทศกาลปีใหม่ของไทย วารสารฉบับนี้เป็นเนื้อหาของบทความทางวิชาการที่มุ่งสร้างผลงานที่เด่นทางด้านวิจัย และมุ่งสู่การใช้งานจริง ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทางวิชาการที่สามารถถ่ายทอดให้แก่สังคม ทางด้านพลังงานทดแทนในสาขาต่างๆ เพื่อให้วารสารนี้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนวิชาการ และแนวความคิดในแวดวงวิชาการทั้งวิจัยและปฏิบัติงาน อันเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลงานทางวิชาการสู่ชุมชนและสังคม โดยดำรงไว้ซึ่งความเป็นตัวตนทางวิชาการของผู้เขียนและวัตถุประสงค์ของสมาคมฯ ที่ทรงคุณค่า บทความในวารสารฉบับนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 10 บทความ ซึ่งในแต่ละบทความมีความเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันของรูปแบบพลังงานทดแทนต่างๆ ครอบคลุมกระบวนการในการวิจัยและการศึกษาสู่ภาคการใช้งาน ผู้อ่านจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากการอ่านวารสารฉบับนี้ ในแนวทางที่จะจุดประกายความคิด หรือการต่อยอดความคิดทางด้านพลังงานทดแทนสาขาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การอ่านอย่างวิพากษ์และตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนในทางวิชาการอย่างสร้างสรรค์ อันจะช่วยให้ความรู้และความคิดเดิมถูกแพร่ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งให้วารสารฉบับนี้เป็นแหล่งความรู้ในทุกระดับภาคส่วนของทุกคนในสังคมไทย โดยไม่ยึดติดตนเองและอยู่กับความรู้ความคิดเพียงบางมุมบางด้านเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เขียนและผู้อ่านมีความเป็นตัวตนทางวิชาการที่พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างไม่หยุดนิ่ง และท้ายที่สุดแล้วความรู้ความคิดที่ถูกต่อขยายออกไปนั้น ก็จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศนทางความคิดของสังคมและชุมชนอย่างกว้างขวาง อันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการของสังคมเพื่อความยั่งยืนของประเทศไทย

กองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะทำงานทุกท่าน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ และทุกภาคส่วนที่ได้สละเวลาอันมีค่าอ่านบทความ เพื่อความถูกต้องทางวิชาการ และเป็นวารสารที่ดีต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้หากผู้อ่านมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความสามารถขอความกรุณาโปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารและส่งบทความทางออนไลน์ที่ [www.reca.or.th](http://www.reca.or.th) เพื่อการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อไป

กองบรรณาธิการ

สารบัญ	หน้า
<p><b>การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยน้ำทิ้งป่อกำก๊าชชีวภาพมูลไก่เพื่อผลิตก๊าชชีวภาพ</b> Cultivation of Microalgae Using Wastewater from Chicken-Manure Biogas Digester for Biogas Production ธรณิข เมืองมูล ขยากร ภูมาศ และจิรพร เพกเกาะ</p>	9
<p><b>การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานกังหันลมและโซล่าเซลล์ขนาด 17 กิโลวัตต์ร่วมกับระบบแบตเตอรี่เข้าสู่ระบบสายส่งของชุมชน</b> Studying of Hybrid System of Wind and Solar PV 17 kW with Battery Backup to the Community Grid Connected System วิรัชย์ โรยรินทร์ วงศกร วิเศษสังจา และวิชัย เพชรทองคำ</p>	16
<p><b>การประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพก๊าชชีวภาพในระบบส่งจ่ายในชุมชนเพื่อความยั่งยืน</b> <b>กรณีศึกษา : ชุมชนบ้านเสาหิน หมู่ 9 ตำบลป่าแฝก อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย</b> Application of research results to improve the quality of biogas In community transmission systems for sustainability Case study: Saohin community moo9 Pafaek, Kong krailat District, Sukhothai Province. พิสิษฐ มณีโชติ และปรีชา ศรีประภาคาร</p>	24
<p><b>การประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับน้ำประปาในบ้านพักอาศัย</b> An Application of Low Voltage Photovoltaic System for Household Water Supply ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล ธีฎกร คำปัญญา และ วาไลตา พวงจำปา</p>	28
<p><b>การพัฒนาระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์</b> Solar-Powered Automatic Watering System from Soil Moisture ภาณุพงศ์ ถนอมเกียรติ ภูริยา ตันตรานนท์ หทัยทิพย์ สิ้นธญา และวารจิตต์ เศรษฐพรศักดิ์</p>	34
<p><b>การประเมินศักยภาพพลังงานลมในบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย</b> Wind Resource Assessment along the Andaman Coast, Southern of Thailand สิทธวรรณ นิยมธรรม เจริญพร เลิศสถิตธนกร และจอมภพ แววกศักดิ์</p>	40
<p><b>การพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิดโดยใช้กังหันลม</b> The Development of Electric Energy-Saving System for the Evap in the Chicken Farm by using Wind Turby เสกสรร ชะนะ สมมารถ ขำเกลี้ยง อาคม สุตราม และฤทัย ประทุมทอง</p>	46
<p><b>การกระจายของอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด</b> Wind Speed Distribution in Open Type Wind Tunnel เสาวลักษณ์ ทองดี กนกวรรณ ตีบกวาง ขาทีนิ บูรณ์เจริญ ชูรัตน์ ธารารักษ์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี Rameshprabu Ramraj และธนศ ไชยชนะ</p>	51
<p><b>การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุมชน</b> Solar On Grid Application as a Power Supply for Community สุเมตต์ เจริญราช และวณัสพรรัตน์ สวัสดิ์</p>	57
<p><b>อิทธิพลของการปรับแต่งองศาการฉีดน้ำมันใช้ไบโอดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์การเกษตร</b> The Effect of Injection Timing on Biodiesel-Ethanol Fuel Blends Fueling in Agricultural Engine ยุทธศักดิ์ แพ้เรือง เสนีย์ พันโยธา และกัมปนาท เทียนน้อย</p>	61







## การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยน้ำทิ้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ Cultivation of Microalgae Using Wastewater from Chicken-Manure Biogas Digester for Biogas Production

ธรรณิษ เมืองมูล<sup>1</sup> ชยากร ภูมาศ<sup>2</sup> และ จีรพร เพกเกาะ<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

\*ผู้ติดต่อ: jeeraporn.p@cmu.ac.th, 0-5394-1949 ต่อ 115, โทรสาร 0-5389-2259

### บทคัดย่อ

แหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำกัด ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญและได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวล เป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพชีวมวลประเภทหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ชีวมวลจากสาหร่าย สาหร่ายหลายชนิดสามารถเจริญในน้ำทิ้งได้ โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่มีแหล่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำสาหร่ายมาเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ เพื่อลดปริมาณน้ำทิ้งและนำชีวมวลไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการวิจัยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. AARL G049 และกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก 2 กลุ่ม โดยใช้น้ำทิ้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ (Unsterilized) และนึ่งฆ่าเชื้อ (Sterilized) พบว่า กลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กที่รับหัวเชื้อมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (N\_Consortium) และน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (W\_Consortium) ซึ่งประกอบด้วย *Chlamydomonas* sp. (3.5% และ 0%), *Chlorella* sp. (57.7% และ 83.8%) และ *Leptolyngbya* sp. (38.8% และ 14.6%) มีผลผลิตชีวมวลสูงสุด คือ  $33.10 \pm 7.02 \text{ mg.L}^{-1}\text{d}^{-1}$  และ  $31.29 \pm 4.13 \text{ mg.L}^{-1}\text{d}^{-1}$  ตามลำดับ สามารถลดปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ( $97.4 \pm 0.4\%$  และ  $43.5 \pm 1.3\%$ ) และปริมาณฟอสฟอรัส ( $53.0 \pm 6.2\%$  และ  $49.6 \pm 6.9\%$ ) และชุดหมักที่ใช้ชีวมวลจาก W\_Consortium ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด  $1.47 \pm 0.08 \text{ mL.g}^{-1}\text{d}^{-1}$  ดังนั้นชีวมวลจากสาหร่ายจึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักก๊าซชีวภาพได้

**คำหลัก:** ชีวมวล สาหร่ายสีเขียว ไบโอมีเทน พลังงานทางเลือก

### Abstract

Presently, the main energy source on the planet are fossil fuels which are limited and therefore unsustainable. As a result, renewable energy has gained more interest and becomes more interesting. The energy from biomass, especially from algal biomass, is considered a potential replacement source. Interestingly, algae can grow in wastewater, especially if it is rich in nitrogen and phosphorus. This research aimed to cultivate algae by using wastewater from a chicken farm in order to reduce wastewater volume. The algal biomass produced could be used as a raw material for biogas production. The experiment compared *Chlorella* sp. AARL G049 and two samples of algal consortium in unsterilized and sterilized wastewater. The results show natural-derived algal consortium (N\_Consortium) and wastewater-derived algal consortium, using wastewater from Chicken-Manure Biogas Digester (W\_Consortium) comprising of *Chlamydomonas* sp. (3.5% and 0%), *Chlorella* sp. (57.7% and 83.8%), and *Leptolyngbya* sp. (38.8% and 14.6%), offered the highest biomass production at  $33.10 \pm 7.02$  and  $31.29 \pm 4.13 \text{ mg.L}^{-1}\text{d}^{-1}$  respectively. In addition, the cultivation of microalgae could reduce  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ( $97.4 \pm 0.4\%$  and  $43.5 \pm 1.3\%$ ) and  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  ( $53.0 \pm 6.2\%$  and  $49.6 \pm 6.9\%$ ) content in wastewater. Furthermore, the W\_Consortium biomass gave the highest biogas productivity at  $1.47 \pm 0.08 \text{ mL.g}^{-1}\text{d}^{-1}$ . This study has determined that microalgae biomass can be used as a raw material for biogas production.

**Keywords:** Biomass, Green algae, Biomethane, Alternative energy

## 1. บทนำ

จากประชากรโลกเพิ่มมากขึ้นทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพื่อชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน พลังงานในปัจจุบันที่ใช้อยู่ในรูปของพลังงานจากน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ จากข้อมูลทางสถิติของ International Energy Agency (IEA) พบว่า ในปี 2015 มีปริมาณการใช้น้ำมันเป็นแหล่งพลังงานสูงถึง 36.1% และเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอื่นๆ คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากชีวมวล มีแค่ 2.1% ซึ่งน้ำมันเป็นพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่มีวันหมด จากการคำนวณอัตราความต้องการพลังงานและสัดส่วนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น [1] จึงมีการเสนอแผนพลังงานเพื่อเป็นเป้าหมายในปี 2050 โดยการลดปริมาณการใช้น้ำมันจาก 36.1% เหลือ 21.4% และเพิ่มพลังงานอื่นๆ ที่ 11.8% ซึ่งพลังงานชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่น่าสนใจ [2] โดยเฉพาะชีวมวลจากสาหร่ายขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีศักยภาพสูง เพียงแค่มีแสงและสารอาหารที่เพียงพอก็สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลชนิดอื่น [3] ชีวมวลจากสาหร่ายมีประโยชน์หลายด้าน เช่น เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas) ไบโอเอทานอล (bioethanol) ไบโอดีเซล (biodiesel) และการนำไปเผาเพื่อให้พลังงานความร้อน นอกจากนี้สาหร่ายสามารถเพาะเลี้ยงในน้ำเสียได้ ช่วยลดต้นทุนการผลิตชีวมวลและปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย โดยสามารถลดสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ ยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) และลดปริมาณโลหะหนักในน้ำได้ [4] ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการลดต้นทุนในการผลิตชีวมวล โดยการเก็บตัวอย่าง

สาหร่ายที่เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication จากทะเลสาบ Taihu ประเทศจีน คือ สาหร่าย *Microcystis* spp. มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ [5] งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสาหร่ายขนาดเล็กที่สามารถเจริญเติบโตในน้ำทิ้งบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตชีวมวลสาหร่ายและต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง นอกจากนี้ชีวมวลสาหร่ายที่ได้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

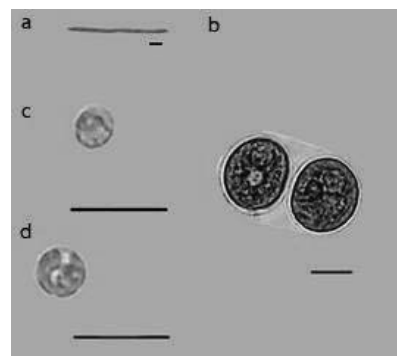
## 2. วิธีการวิจัย

2.1. ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี บางประการของน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ ได้แก่ สี, กลิ่น, ค่า pH, ความขุ่น (Turbidity), การนำกระแสไฟฟ้า

(Conductivity), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD), ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (Chemical Oxygen Demand, COD), ไนเตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3^-$ -N), ฟอสฟอรัส ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ( $\text{NH}_4^+$ -N) [6]

### 2.2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตชีวมวล

2.2.1 เตรียมหัวเชื้อสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. AARL G049 จากห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก 2 กลุ่มซึ่งได้รับหัวเชื้อมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทิ้งของบ่อหมักก๊าซชีวภาพของฟาร์มหัวน้ำริน ตำบลหนองหนาม จังหวัดลำพูน (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 สาหร่ายขนาดเล็กภายใต้กล้องจุลทรรศน์  
a) *Leptolyngbya* sp.      b) *Chlamydomonas* sp.  
c) *Chlorella* sp. AARL G049      d) *Chlorella* sp.

2.2.2 นำสาหร่ายข้อ 2.2.1 มาเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ที่ไม่ผ่านการนิ่งฆ่าเชื้อ (Unsterilized, US) และนิ่งฆ่าเชื้อที่ 121 °C นาน 15 นาที (Sterilized, S) โดยชุดควบคุมใช้อาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายชนิดนั้นๆ คือ Jaworski's Medium (JM) ขนาด 200 ml ภายใต้สภาวะความเข้มแสง 40  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  เวลา 24 ชั่วโมง โดยทุกชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ และวัดปริมาณ  $\text{PO}_4^{3-}$ -P และ  $\text{NH}_4^+$ -N ในวันแรกและวันสุดท้ายของการทดลอง [6]

2.2.3 ติดตามการเจริญของสาหร่ายโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 nm ( $\text{OD}_{665}$ ) นับจำนวนเซลล์ของกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก น้ำหนักเซลล์แห้ง (Dry weight) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll *a*) [7] เก็บ



เกี่ยวข้องกับระยะ early stationary phase และคำนวณหาอัตราการผลิตชีวมวลต่อหน่วยเวลา ( $P_{overall}$ ) หรือ biomass productivity [8] โดยใช้สมการ (1) ดังนี้

$$(\text{Biomass productivity}) P_{overall} (\text{mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}) = \frac{\Delta \square}{\Delta \square} \quad (1)$$

เมื่อ  $\Delta \square$  = น้ำหนักแห้งของสาหร่าย

$\Delta \square$  = ช่วงระยะเวลาของการเพาะเลี้ยง (วัน)

2.2.4 ทุกชุดการทดลองหลังจากการเพาะเลี้ยงนำไปหมักเพื่อหาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยวิธีการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) [9] โดยหวัเชื้อในการหมักนำมาจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ ณ ฟาร์มห้วยน้ำริน จังหวัดลำพูน

2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ One-way ANOVA โปรแกรม SPSS for Windows version 17.0

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

#### 3.1 ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี บางประการของน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่

คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ของฟาร์มห้วยน้ำริน ตำบลหนองหนาม จังหวัดลำพูน ดังตารางที่ 1 โดยตัวอย่างน้ำที่เก็บมามีลักษณะสีน้ำตาลขุ่นและมีปริมาณ

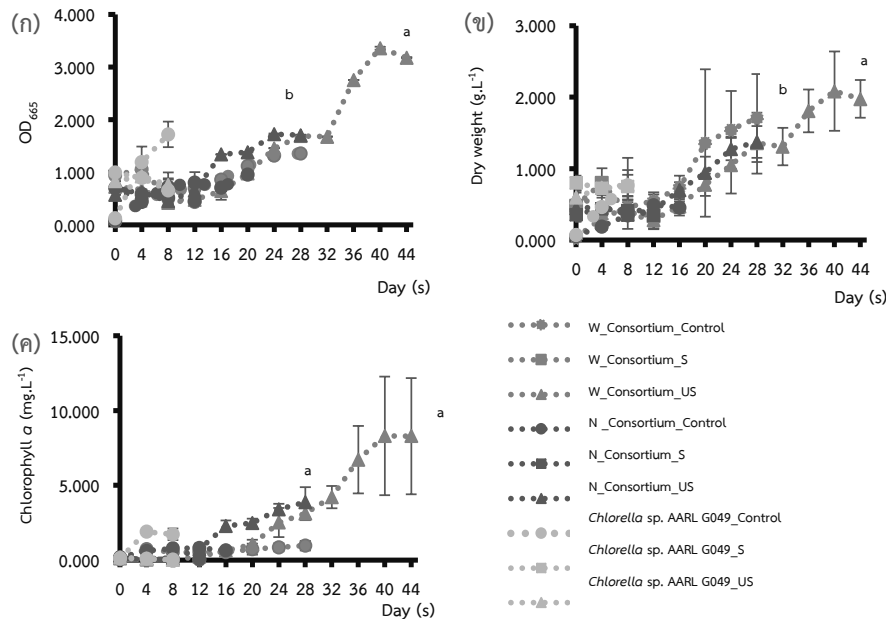
สารอาหารประเภท  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  สูง เช่นเดียวกับงานวิจัยที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจากน้ำทิ้งมูลสุกร [10]

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี บางประการของน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ ของฟาร์มห้วยน้ำริน จังหวัดลำพูน

คุณสมบัติของน้ำทิ้ง	ค่าที่วัดได้
สี	น้ำตาลขุ่น
กลิ่น	ไฮโดรเจนซัลไฟด์
pH	7.11±0.07
Conductivity ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ )	6213.3±513.16
COD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	2400.0±177.78
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	539.3±11.02
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	232.0±47.03
$\text{NO}_3^-\text{-N}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	103.3±20.82
Turbidity (FAU)	730.3±90.63
BOD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	671.1±10.18

#### 3.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตชีวมวลในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กที่น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ พบว่า กลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก 2 กลุ่ม จากแหล่งน้ำธรรมชาติ (N\_Consortium\_US) และน้ำทิ้งของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (W\_Consortium\_US) สามารถเจริญได้ดี



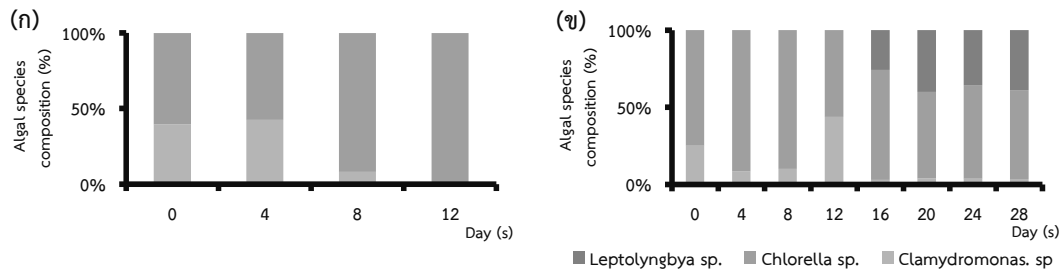
รูปที่ 2 การเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ  
ก = วัดค่า OD<sub>665</sub> ข = น้ำหนักเซลล์แห้ง ค = ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

โดยมีค่า OD<sub>665</sub> สูงที่สุด คือ  $1.726 \pm 0.01^b$  และ  $3.358 \pm 0.027^a$  ซึ่งสอดคล้องกับการวัดน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยมีค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ  $1.375 \pm 0.222^b$  g.L<sup>-1</sup> และ  $2.083 \pm 0.554^a$  g.L<sup>-1</sup> และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ  $3.867 \pm 1.006^b$  mg.L<sup>-1</sup> และ  $8.305 \pm 3.963^a$  mg.L<sup>-1</sup> ตามลำดับ ส่วนสาหร่ายขนาดเล็กสายพันธุ์ *Chlorella* sp. AARL G049 ไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะดังกล่าว (รูปที่ 2) เนื่องจากน้ำทิ้งที่ใช้การเพาะเลี้ยงมีปริมาณ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N สูงถึง 539.3 mg.L<sup>-1</sup> ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ สอดคล้องกับงานของ He และคณะ [11] ที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ในน้ำทิ้งชุมชน พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญได้ในน้ำทิ้งที่มี NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N เท่ากับ 207 mg.L<sup>-1</sup> และงานของ de-Godos และคณะ [12] ซึ่งเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella sorokiniana* ด้วยน้ำทิ้งมูลสุกรความเจือจาง 25% พบว่า *C. sorokiniana* เจริญได้ในน้ำทิ้งที่มี NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ปริมาณสูงสุดเท่ากับ 350 mg.L<sup>-1</sup>

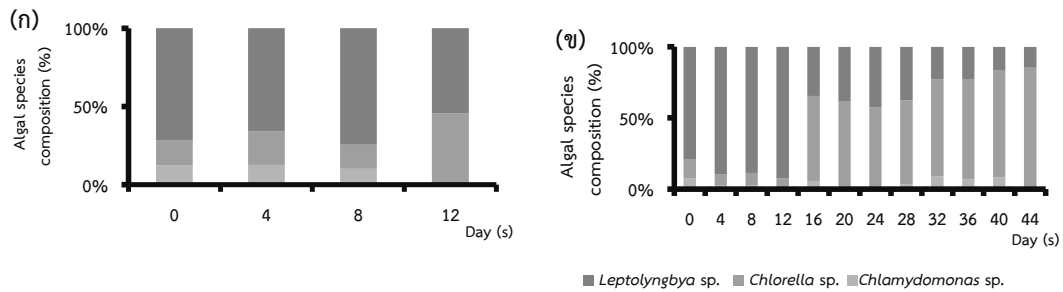
### 3.3 การเจริญของกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็ก

ช่วงของวันแรกในการเพาะเลี้ยง N Consortium ทั้งในน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีสัดส่วนปริมาณสาหร่ายขนาดเล็กแต่ละชนิด ดังนี้ *Chlamydomonas* sp. (39.6% และ 25.0%) และ *Chlorella*

sp. (60.4% และ 75.0%) ดังแสดงในรูปที่ 3 แต่ในช่วงวันสุดท้ายของการเพาะเลี้ยงน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ พบว่าจำนวนชนิดสาหร่ายเพิ่มขึ้น โดยพบ *Leptolyngbya* sp. (38.8%) (รูปที่ 3ข) ส่วนการเพาะเลี้ยง W Consortium ทั้งในน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบสาหร่ายขนาดเล็กสายพันธุ์เดียวกันกับกลุ่มประชากรสาหร่ายจากแหล่งธรรมชาติ คือ *Chlamydomonas* sp. (12.5% และ 7.6%), *Chlorella* sp. (15.6% และ 13.5%) และพบ *Leptolyngbya* sp. (71.8% และ 78.8%) (รูปที่ 4) ส่วนในช่วงวันสุดท้ายพบว่าจำนวนสาหร่าย *Chlorella* sp. เพิ่มขึ้นถึง 83.8% (รูปที่ 4ข) และการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 กลุ่มประชากรพบสาหร่ายทั้งในน้ำทิ้งที่



รูปที่ 3 สัดส่วนปริมาณชนิดของสาหร่ายในกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กที่เปิดรับหัวเชื้อจากแหล่งธรรมชาติจากการเพาะเลี้ยงน้ำที่ ก = น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ข = น้ำที่มิผ่านการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4 สัดส่วนปริมาณชนิดของสาหร่ายในกลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กจากน้ำทิ้งของบ่อหมักก๊าซชีวภาพจากการเพาะเลี้ยงน้ำที่: ก = น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ข = น้ำที่มิผ่านการฆ่าเชื้อ

ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อพบ *Chlorella* sp. มีสัดส่วนปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเพาะเลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* และ *Scenedesmus quadricauda* ในน้ำทิ้งมูลสุกร พบว่า ช่วงท้ายของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วและเจริญแทนที่สาหร่ายทั้ง 2 ชนิด [13]

### 3.4 การผลิตชีวมวลของสาหร่าย การลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้ง และผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลสาหร่าย

ประชากรสาหร่ายขนาดเล็กที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ N Consortium และ W Consortium มีผลผลิตชีวมวล เท่ากับ  $33.10 \pm 7.02 \text{ mg.L}^{-1}\text{d}^{-1}$  และ  $31.29 \pm 4.13 \text{ mg.L}^{-1}\text{d}^{-1}$  ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และสามารถ

ลดปริมาณ  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  และปริมาณ  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  ในน้ำทิ้งได้ระหว่างการเพาะเลี้ยงได้ โดยลดปริมาณ  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ช่วง 43.5–97.4% ซึ่งมีค่าสูงกว่างานวิจัยที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *C. sorokiniana* และ *Euglena viridis* ในน้ำทิ้งมูลสุกร (31–37%) [12] เมื่อนำชีวมวลสาหร่ายมาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพพบว่า W Consortium เป็นวัตถุดิบที่ให้ก๊าซชีวภาพสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยได้ก๊าซชีวภาพเท่ากับ  $1.47 \pm 0.08 \text{ mL.g}^{-1}\text{d}^{-1}$  ซึ่งมีผลผลิตน้อยกว่างานวิจัยที่ใช้สาหร่าย *C. vulgaris* เพียงชนิดเดียวโดยให้ผลผลิตเท่ากับ  $5.83 \text{ mL.g}^{-1}\text{d}^{-1}$  [14] แต่ยังมีการผลิตก๊าซชีวภาพมากกว่าสาหร่าย *Dunaliella tertiolecta* ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.49 \text{ mL.g}^{-1}\text{d}^{-1}$  [15] ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งยังมีประโยชน์ในเชิงสิ่งแวดล้อมในการใช้สาหร่ายเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งและใช้ชีวมวลของสาหร่ายในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 ผลผลิตชีวมวลของสาหร่าย การลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้ง และผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลสาหร่าย

สาหร่ายขนาดเล็ก	ลักษณะการเพาะเลี้ยง	ผลผลิตชีวมวลของสาหร่าย (mg.L <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	% การลดลงของอาหาร		ผลผลิตก๊าซชีวภาพ (ml.g <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	
กลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กจากน้ำทิ้งของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (W_Consortium)	Control (JM)	36.43±2.23 <sup>b</sup>	60.7±8.1	99.7±0.2	0.21±0.04 <sup>e</sup>
	S	-26.39±4.28 <sup>c</sup>	-	-	-
	US	31.29±4.13 <sup>b</sup>	43.5±1.3	49.6±6.9	1.47±0.08 <sup>a</sup>
กลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กจากแหล่งธรรมชาติ (N_Consortium)	Control (JM)	31.67±3.97 <sup>b</sup>	55.3±8.1	92.5±4.0	0.45±0.02 <sup>c</sup>
	S	-16.11±4.28 <sup>c</sup>	-	-	-
	US	33.10±7.02 <sup>b</sup>	97.4±0.4	53.0±6.2	0.22±0.01 <sup>d</sup>
<i>Chlorella</i> sp. AARL G049	Control (JM)	93.33±10.63 <sup>a</sup>	25.8±3.4	98.9±0.6	0.49±0.03 <sup>b</sup>
	S	-17.92±7.32 <sup>c</sup>	-	-	-
	US	-5.00±3.31 <sup>d</sup>	-	-	-

หมายเหตุ - = สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้

a b c d = ทดสอบทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (p<0.05) ตามคอลัมน์

#### 4. สรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กด้วยน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลไก่ที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ พบว่ากลุ่มประชากรสาหร่ายขนาดเล็กที่รับหัวเชื้อมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (N\_Consortium) และจากน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (W\_Consortium) มีผลผลิตชีวมวลสูงสุดไม่แตกต่างกัน โดยทำการเพาะเลี้ยง 28 และ 44 วัน ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งได้ และชีวมวลที่ได้จาก W\_Consortium สามารถผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 1.47±0.08 ml.g<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> โดยการศึกษาครั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ชีวมวลสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งเพื่อลดปริมาณน้ำทิ้ง และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) สำหรับทุนวิจัยภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2559 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และฟาร์มห้วยน้ำริน ตำบลหนองหนาม จังหวัดลำพูน ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำตัวอย่าง

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] International Energy Agency, IEA. (2016). Key World Energy Statistics. URL: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>, access on 28/08/2017.
- [2] Tverberg, G. (2012). World Energy Consumption since 1820 in Charts. URL: <https://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>, access on 12/08/2012
- [3] Dębowski, M. (2013). *Algae biomass application as a substrate in the methane fermentation process, dissertations and monographs*. Olsztyn: Publishing House UWM.
- [4] Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A. and Ibraheem I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Vol. 19, pp. 257-275.
- [5] Zhong, W., Zhang, Z., Luo, Y., Qiao, W., Xiao, M. and Zhang, M. (2012). Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source. *Bioresource Technology*. Vol. 114, pp. 281-286.



- [6] Greenberg, A.E., Clesceri, I.S. and Eaton, A.D. (2005). *Standard Method for Examination of Water and Waste Water. 20<sup>th</sup> edition*, Washington DC: American Public Health Association (APHA).
- [7] Dayananda, C., Sarada, R., Bhattacharya, S. and Ravishankar, G.A. (2005). Effect of media and culture condition on growth and hydrocarbon production by *Botryococcus braunii*. *Process Biochemistry*. Vol. 40, pp. 3125–3131.
- [8] Basu, S., Roy, A.S., Mohanty, K. and Ghoshal, A.K. (2013). Enhanced CO<sub>2</sub> sequestration by a novel microalga: *Scenedesmus obliquus* SA1 isolated from bio- diversity hotspot region of Assam, India. *Bioresource Technology*. Vol.143, pp. 369–377.
- [9] Prajapati, S.K., Kaushik, P., Malik, A. and Vijay, V.K. (2013). Phycoremediation and biogas potential of native algal isolates from soil and wastewater. *Bioresource Technology*. Vol. 135, pp. 232–238.
- [10] Molinuevo-Salces, B, Mahdy, A, Ballesteros, M, and González-Fernández, C. (2016). From piggery wastewater nutrients to biogas: Microalgae biomass revalorization through anaerobic digestion. *Renewable Energy*. Vol. 96, pp. 1103-1110.
- [11] He, P.J., Mao, B, Shen, C.M., Shao, L.M., Lee, D.J. and Chang, J.S. (2013). Cultivation of *Chlorella vulgaris* on wastewater containing high levels of ammonia for biodiesel production. *Bioresource Technology*. Vol. 129, pp. 177–181.
- [12] de-Godos, I., V. A. Vargas, S. Blanco, M. C. GarciaGonzalez, R. Soto, P. A. Garcia- Encina, E. Becares and R. Muioz. (2010). A comparative evaluation of microalgae for the degradation of piggery wastewater under photosynthetic oxygenation. *Bioresource Technology*. Vol. 101, pp. 5150–5158.
- [13] Gantar, M., Obreht, Z. and Dalmac, B. (1991). Nutrient Removal and Algal Succession during the Growth of *Spirulina platensis* and *Scenedesmus quadricauda* on Swine Wastewater. *Bioresource Technology*. Vol. 36, pp. 167-171.
- [14] Lakaniemi, A., Hulatt, C.J., Thomas, D.N., Tuovinen, O.H. and Puhakka, J.A. (2011). Biogenic hydrogen and methane production from *Chlorella vulgaris* and *Dunaliella tertiolecta* biomass. *Biotechnology for Biofuels*. Vol. 4(34) pp 1-12.
- [15] Kwietniewska E., Tys J., Krzemińska I. and Koziel W. (2012) *Microalgae – cultivation and application of biomass as a source of energy: a review*, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN in Lublin, Lublin.





การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานกังหันลมและโซลาร์เซลล์ขนาด 17 กิโลวัตต์ร่วมกับระบบแบตเตอรี่  
เข้าสู่ระบบสายส่งของชุมชน

Studying of Hybrid System of Wind and Solar PV 17 kW with Battery Backup to  
the Community Grid Connected System

วิรัชย์ โยชนรินทร์<sup>1</sup> วงศกร วิเศษสัจจา<sup>1</sup> และวิชัย เพชรทองคำ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

wirachairoynarin@yahoo.com, 02-5493497, 02-5493497

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้เป็นผลการออกแบบและศึกษาระบบการทำงานร่วมกันของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดที่ทำงานร่วมกันกับระบบแบตเตอรี่ประกอบไปด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้า 10 กิโลวัตต์และระบบโซลาร์เซลล์สองชุดคือ 6 กิโลวัตต์เชื่อมต่อกับสายส่งและระบบโซลาร์เซลล์ขนาดกำลังการผลิต 1 กิโลวัตต์เพื่อผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้นทำให้ระบบสามารถป้อนพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องและมีค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 20 เปอร์เซ็นต์ มีจุดคุ้มค่าต่อการลงทุนอยู่ที่ประมาณ 8 ปี เมื่อคิดค่าไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 6 บาทเป็นระยะเวลาการทำงานในระบบ 15 ปี

**คำหลัก:** ระบบการผลิตไฟฟ้าร่วม กังหันลม โซลาร์เซลล์

**Abstract**

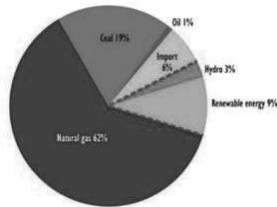
This paper is to study and investigate the hybrid system of renewable energy power systems that work together with a battery system. The hybrid system includes a 10 kW wind turbine and 6 kW solar system, which there will be connected on-grid. Also, additional 1 kW solar battery systems to increase the voltage. The battery storage will improve their grid connected stability by 20%. Finally, the turnover period is around 8 years with the electricity cost is 6 Baht per unit, and the hybrid system lifetime is 15 years.

**Keywords:** Hybrid system, Wind turbine, solar system

**1. บทนำ**

ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการขยายตัวขึ้นเพื่อนำไฟฟ้าเพื่อไปพัฒนาประเทศ ร้อยละ 70 เปอร์เซ็นต์ของไฟฟ้าในประเทศไทยผลิตจากก๊าซธรรมชาติและประมาณเพียงแค่ 1 เปอร์เซ็นต์ในปัจจุบันที่ผลิตจากพลังงานทดแทนที่ได้มาจากพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานรูปแบบอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 ใ้เลขาของพลังงานทดแทนมีมากมาย

ให้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับแหล่งพลังงานในประเทศเช่นการมีความเร็วลมที่ต่ำในบางจุดของประเทศที่ทำให้กังหันลมที่นำเข้ามาใช้กับความเร็วลมในประเทศได้อย่างไม่คุ้มค่า การกีดกร่อนของแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่ใกล้แหล่งความเข้มข้นของเกลือทะเล การมีฝนตกชุกและความชื้นมากเกินไปทำให้ระบบสูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน



รูปที่ 1 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานรูปแบบต่างๆ<sup>[1]</sup>

การผลิตไฟฟ้าที่ไม่ต่อเนื่องของระบบพลังงานทดแทนที่อาจต้องมีการใช้ระบบเทคโนโลยีการสะสมพลังงานเข้ามาช่วยในการออกแบบระบบสิ่งต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ต้องมีการวิจัยศึกษาระบบการทำงานให้เหมาะสมเพื่อให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นที่น่าเชื่อถือและสามารถพึ่งพาเทคโนโลยีได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อการใช้งาน แนวความคิดต่างๆเหล่านี้นำมาซึ่งการทำให้มีแนวคิดที่จะตั้งโรงไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง แก้ปัญหาต่างๆข้างต้นได้ โดยการผสมผสานการทำงานกันของเทคโนโลยีที่เหมาะสมของพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์<sup>[2]</sup> ให้ทำงานผสมผสานกันตอบสนองระบบโครงข่ายพลังงานในระดับชุมชนและภูมิภาคอาเซียนได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยมีการทำงานผสมผสานกัน งานวิจัยนี้มีดังนี้

1. กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำ ขนาด 10 กิโลวัตต์
2. โซลาร์เซลล์ ขนาด 7 กิโลวัตต์

การผลิตไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดนี้จะเป็นการศึกษางานของต้นแบบโรงไฟฟ้าชุมชนสีเขียวแบบผสมผสานการทำงานกันและทำงานตอบสนองปัญหาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนสามารถตั้งในชุมชนและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมตอบสนองการผลิตไฟฟ้าของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

พลังงานลม

กังหันลมในประเทศไทย

ประเทศไทยนั้นมีการใช้พลังงานลมในหลายรูปแบบด้วยกันตั้งแต่เทคโนโลยีอย่างง่าย ๆ เช่น กังหันไม้ไผ่อัดลม

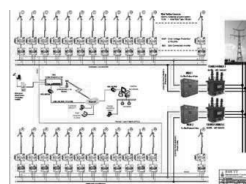
ไปจนถึงเทคโนโลยีที่ซับซ้อน ซึ่งในประเทศไทยสามารถแยกลักษณะการใช้ประโยชน์ได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ และกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า สำหรับกังหันลมเพื่อการสูบน้ำในไทยมีการใช้เพื่อการเกษตรในนาข้าวและนาเกลือมาเป็นเวลานาน วัสดุที่ใช้เป็นใบกังหันที่ทำจากผ้า สังกะสี หรือเหล็กบ้าง โดยกังหันลมเพื่อการสูบน้ำนี้ ไม่มีความเร็วลมมากก็สามารถทำงานได้ดี จึงมีหลายพื้นที่ในประเทศที่ใช้กังหันลมเพราะพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นทุ่งกว้างมีสิ่งกีดขวางน้อย เหมาะกับการติดตั้งกังหันลม และมีโครงการสำรวจการใช้กังหันลมในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2524 ได้มีการประเมินการใช้งานกังหันลม แบบใบพัดที่ใช้ในนาข้าวทำด้วยเสื่อลำแพนหรือผ้าใบในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กังหันลมวิดน้ำเข้าสู่เกลือ

โครงการท่าเรือสีเขียวแหลมฉบัง (Green Port)

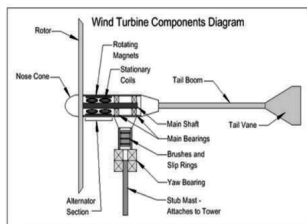
ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ทำการติดตั้งกังหันลมความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์ จำนวน 84 ชุด ที่ท่าเรือแหลมฉบังเชื่อมต่อกับระบบสายส่งและติดตั้งใช้งานมาตั้งแต่ปี 2553 นั้นสามารถทำงานได้จริงและผลิตในประเทศเป็นตัวอย่างการใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ฟาร์มกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์ท่าเรือแหลมฉบัง จ.ชลบุรี

ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้ในการทำวิจัยนี้ เป็นกังหันลมที่สามารถทำงานได้ที่ความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลเมตร เนื่องจากมีชิ้นส่วนที่เบาและไม่ซับซ้อนในระบบควบคุมงานทางกลมากเกินไป โดยทั่วไปชิ้นส่วนที่สำคัญในกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กนั้นมีชิ้นส่วนที่สำคัญดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 องค์ประกอบที่สำคัญของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

โดยมีชื่อทางเทคนิคในการออกแบบทางวิศวกรรม ดังนี้

1. Rotor (โรเตอร์) โรเตอร์หมายถึงชุดใบกังหันลม (Wind turbine Blade) ซึ่งอาจประกอบด้วยใบกังหันตั้งแต่ 1 ใบจนถึงหลายใบใดๆ กังหันลมโดยทั่วไปจะมีเพียง 1 ชุดโรเตอร์เท่านั้นแต่จะมีอยู่ที่ใบนั้นเป็นอีกกรณีหนึ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกันเรียกว่า ใบกังหัน (blade) ถือว่าเป็นหัวใจของกังหันลมผลิตไฟฟ้าหรือกังหันลมเพื่อการอื่นใด เนื่องจากการดึงพลังงานได้มากหรือน้อย การผิดพลาดของการทำงาน หรือการเสียหายอื่นใดนั้นมาจากการออกแบบและการผลิตการทดสอบใบกังหันลมเป็นหลัก

2. Nose Cone (โน้ต-โคน) หรือเรียกเป็นไทยว่า หัวคอกังหันลม มีหน้าที่ทั้งสร้างความสวยงามและเพิ่มการไหลของอากาศตามหลักวิศวกรรม ลดแรงต้านของอากาศที่ไหลเข้าสู่ชุดโรเตอร์ เพิ่มความเร็วของของไหลอากาศ อีกทั้งยังสามารถลดเสียงในการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

3. Rotating Magnet (โรเตตติ้ง แม็กเน็ต) ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่ ซึ่งในปัจจุบันจะเป็นแม่เหล็กความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง (High Flux permanent magnet) ซึ่งจะ เป็นชุดแม่เหล็กถาวรที่เป็นองค์ประกอบหลักของการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กความเร็วรอบในการทำงานต่ำ ชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่นี้ จะต่อกับแกนเพลาลูกของกังหันลม

ผลิตไฟฟ้าที่เชื่อมต่อส่งกำลังมาจากชุดใบกังหันลมที่แปลงจากการเคลื่อนที่ของลมมาเป็นงานกลให้เพลาลูกขบชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่ให้ตัดกับชุดขดลวดไฟฟ้าอยู่กับที่ได้

4. Stationery Coil (สเตชันนารี คอยล์) สเตชันนารี คอยล์ ชุดขดลวดไฟฟ้าอยู่กับที่นั้นมีหน้าที่จับยึดอยู่ในเสื้อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้เพลาส่งกำลังหมุนและนำชุดแม่เหล็กถาวรที่ตัวชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่ทำการหมุนตัด ทำให้เกิดการตัดกันระหว่างขดลวดนี้และสนามแม่เหล็กจนเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าออกมาในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมนี้เอง

5. Main Shaft (เมน ชาร์ฟ) ชุดเพลาส่งกำลังหลัก มีหน้าที่รับแรงบิดมาจากชุดใบกังหันลมเมื่อกังหันมีลมเข้ามาปะทะและสร้างแรงขึ้น ซึ่งจะยึดติดอยู่กับชุดแม่เหล็กเคลื่อนที่ ดังนั้น ขนาดและวัสดุของเพลาส่งกำลังย่อมมีความสำคัญมากต่อการรับต่อแรงบิด แรงตึงและแรงเฉือนขณะกังหันลมกำลังทำการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีการรับแรงบิดนี้ตั้งแต่กังหันลมเริ่มทำการผลิตไฟฟ้าจนถึงการผลิตไฟฟ้าสูงสุดตามขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ที่ความเร็วลมใด ๆ ว่าควรมีแรงบิดและผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้

6. Main Bearing (เมน แบริ่ง) ลูกปืนหลักส่งกำลัง เป็นชุดรองรับน้ำหนักของเพลาส่งกำลังหลักและทำให้ลดการสูญเสียจากแรงเสียดทานในการทำงานของชุดกังหันลมในชิ้นส่วนที่หมุนขณะทำงาน ซึ่งกังหันลมขนาดเล็กส่วนใหญ่ จะทำงานที่รอบต่ำจึงไม่ค่อยมีผลต่อแรงเสียดทานและความร้อนที่เกิดขึ้นมากนัก

7. Tail Boom (เทล บูม) หรือที่เรียกว่า หางกังหันลม มีความสำคัญมากในการรับแรงจากหางกังหันลม (Tail vane) เพื่อการหมุนหาทิศลมที่เปลี่ยนไปซึ่งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจะไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าควบคุมหมุนหาหัวกังหันลมเมื่อลมเปลี่ยนทิศทางแต่จะใช้แรงจากการผลึกของความเร็วมที่ส่งผ่าน

8. Bush and Slip Ring (บุชและ สลิปริง) เป็นชิ้นส่วนของกังหันลมในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้านบนหัวกังหันลมมาสู่ภาคพื้นดินและการใช้งานหรือการควบคุม ดังนั้นชุดนี้จะเป็นในเรื่องการนำไฟฟ้าเพื่อมิให้สายไฟฟ้าพันกันขณะที่กังหันลมนี้ต้องหมุนได้ครบ 360 องศา



เนื่องจากลมสามารถเปลี่ยนทิศทางอยู่ตลอดเวลา ชุด สลิ่งปรังนี้ จะต้องมีให้เกิดความขึ้นและลัดดวงจรทางไฟฟ้าได้ หากเป็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแรงดันไฟฟ้าสูง 220 หรือ 380 โวลต์ ยิ่งต้องให้ความระมัดระวังและออกแบบมาให้ทนทานต่อการใช้งานและการทำงานเป็นอย่างดี

9. Yaw Bearing (ยอร์ว แบร์ริง) ชุดลูกปืนหมุนสาย หาลม เป็นชิ้นส่วนรับน้ำหนักหลักของกังหันลมผลิตไฟฟ้า แบร์ริงหรือลูกปืนชุดนี้จะเป็นชิ้นส่วนหลักที่ทำให้หัวกังหันลม หมุนหาทิศทางลมที่เปลี่ยนไปขณะใดๆได้ ทำให้ชุดนี้ จะประกอบอยู่ในโครงสร้างหลักของหัวกังหันลม (Nacelle)

10. Wind Turbine Tower (ชุดเสากังหันลม) เสากังหันลม ผลิตไฟฟ้ามีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับกรออกแบบและการใช้งาน ทำจากเหล็ก หรือคอนกรีตก็ขึ้นอยู่กับกรออกแบบ เสากังหันลม ต้องมีความแข็งแรงอย่างสูงและต้องออกแบบตามหลัก วิศวกรรมที่ต้องสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับชุดกังหันลมผลิตไฟฟ้า

#### พลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่ทั่วโลก ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก สังเกตได้จากนโยบายสนับสนุน การผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ และเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของแต่ละ ประเทศ ทำให้มีการขยายตัวของติดตั้งและใช้งานระบบ ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง ปริมาณการติดตั้งและใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์สะสมทั่วโลกก็เพิ่มขึ้นจากไม่ถึง 1 GW ในปี 2000 ไปเป็นเกือบ 40 GW ในปี 2010 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สะสมถึง 40 เท่าตัวในระยะเวลาเพียง 10 ปี สำหรับรายละเอียดการ เพิ่มขึ้นของปริมาณการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์สะสมทั่วโลกในแต่ละปีตั้งแต่ปี 2000-2010 แสดงอยู่ในรูปที่ 3.2 จากแนวโน้มการขยายตัวดังกล่าว ทาง European Photovoltaic Industry Association (EPIA) ได้ทำการคาดการณ์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตโดยระบบผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้แนวโน้มสนับสนุนจากภาครัฐ

อย่างเต็มที่จะมีปริมาณ 688 GW ในปี 2020 และ 1,845 GW ในปี 2030 ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการไฟฟ้าของ ประเทศในสหภาพยุโรปได้ 12% ในปี 2020 และ 9% ของ ความต้องการไฟฟ้าทั่วโลกในปี 2030 จากการขยายตัวของ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลให้เกิดการ ขยายตัวของอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ ประกอบเป็นอย่างมากเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยการขยายตัวของกำลังการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจาก ไม่กี่ร้อย MW ในปี 2000 ไปถึงระดับเกือบ 24 GW ในปี 2010 สำหรับกำลังการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์<sup>[8]</sup>

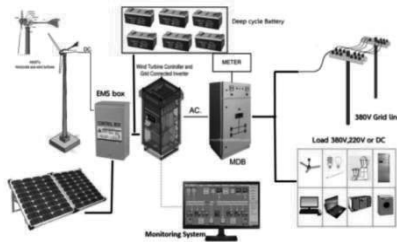
#### Battery (แบตเตอรี่)

หมายถึงแหล่งที่สะสมพลังงานในรูปเคมีแล้วจ่ายเป็น พลังงานไฟฟ้าออกไปใช้งานเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ตัวเก็บ พลังงาน ไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้โดยหลักการคือการ เปลี่ยนพลังงานเคมี(น้ำกรด+แผ่นโลหะ ในแบตเตอรี่) เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเปลี่ยนได้แล้วก็เก็บไว้ข้างในรอการดึง ไปใช้ แบตเตอรี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป จำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ Battery ที่เห็นกันทั่วไปที่ใช้กับรถยนต์ หรือ Battery น้ำ และ Battery แท็ง นอกจากนี้ยังมี Battery อีก 1 ชนิด คือ แบตเตอรี่ชนิด Battery Deep Cycle ซึ่งเป็น แบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับโซลาร์เซลล์ และกังหันลมผลิตไฟฟ้ามากที่สุด เพราะมีประสิทธิภาพในการ เก็บประจุไฟฟ้าและความสามารถในการจ่ายประจุไฟฟ้า ได้มากกว่าแบตเตอรี่รถยนต์หลายเท่า เมื่อเทียบประสิทธิภาพ และราคาในการใช้งานระบบโซลาร์เซลล์จริงๆ การใช้แบตเตอรี่ ชนิด Battery Deep Cycle จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า อายุการใช้งานที่นานกว่าและมีราคาที่ถูกกว่าการใช้ Battery รถยนต์มาก Battery Deep Cycle เป็นแบตเตอรี่ที่นิยมใช้เป็นหลักในงาน กังหันลมไฟฟ้าหรือโซลาร์เซลล์ เพราะมีความสามารถในการ ปล่องประจุไฟฟ้าได้ดีที่สุด ดีกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ สามารถ เก็บและจ่ายไฟรวมถึงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าแบตเตอรี่ แบบอื่นๆ เนื่องจากมันถูกออกแบบมาให้ใช้กับรถยนต์ไฟฟ้า หรือ UPS หรือระบบโซลาร์แผ่นตะกั่วทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบ จะหนักกว่ามากๆ มันจะสามารถทนต่อการจ่ายโหลดต่างๆได้ดีกว่า

เหมาะสำหรับงาน ที่ใช้คือกลางวันชาร์ตไฟแล้วกลางคือจ่าย โหลดนานๆ เช่น ระบบ โซลาร์เซลล์ Battery Deep Cycle คือ แบตเตอรี่ที่ออกแบบมาเพื่อจ่ายไฟให้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยเฉพาะ สามารถชาร์ตไฟเข้าได้ง่ายๆ ด้วยกระแสไฟฟ้าต่ำๆ จากแผง โซลาร์เซลล์ขนาดเล็กได้ เก็บไฟได้มากและจ่ายไฟได้มากกว่า ควรเลือกใช้ Battery Deep Cycle สำหรับโซลาร์เซลล์ เนื่องจากระบบ โซลาร์เซลล์ ต้องการเก็บและจ่ายไฟได้ระยะ เวลานาน ทั้งกลางวันและกลางคืน แต่มีข้อจำกัดที่ราคาสูง มากกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ

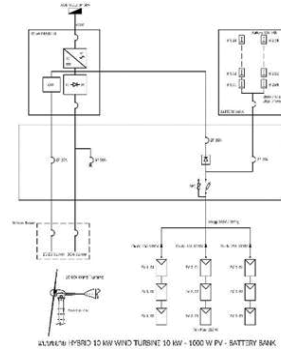
## 2. หลักการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบทำงานร่วมกันได้ทั้งกังหันลมผลิต ไฟฟ้าความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ และระบบกักเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ขนาด 1 กิโลวัตต์นั้น แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงระบบผสมผสานระหว่าง กังหันลม 10 kW และ โซลาร์เซลล์ 7 kW

โดยในระบบตามรูปภาพที่แสดงด้านบน ระบบ จะแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อย คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ขนาด 10 กิโลวัตต์ทำงานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งเครื่อง เดียวกัน ส่วนอีกระบบจะเป็นระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อเข้าสู่สายส่งขนาด 6 กิโลวัตต์ โดยทั้ง สองระบบย่อยนี้จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาโดยผ่านมิเตอร์วัด พลังงานไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียวดังแสดงในระบบดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดง Single Line Diagram การทำงานพลังงานลม ขนาด 10 กิโลวัตต์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์

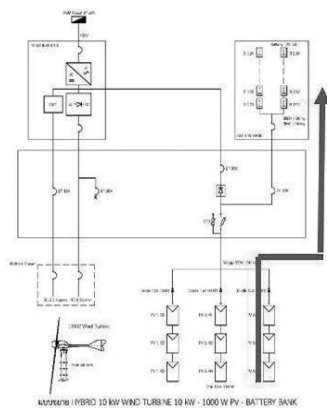
โดยส่วนประกอบรวมของระบบมีชิ้นส่วนและอุปกรณ์ ที่สำคัญดังนี้

1. กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์ แรงดันการทำงานทำงานที่เริ่มผลิตไฟฟ้ากระแสตรงที่ 250 VDC ถึง 550 VDC ซึ่งจะเป็นช่วงของการทำงานตั้งแต่เริ่ม ปลดปล่อยพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งและแรงดันสูงสุดที่ผลิต ไฟฟ้าได้ 10 กิโลวัตต์เต็ม
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดรวม 1 กิโลวัตต์ โดยแยก ออกเป็น 3 string แรงดัน  $V_{mpp}$  แต่ละ String เท่ากับ 333 Vdc และ แรงดัน  $V_{oc}$  เท่ากับ 426 Vdc
3. ชุดแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง ขนาด 10 กิโลวัตต์ แรงดันเริ่มทำงาน 250 Vdc ถึง 550 Vdc
4. แบตเตอรี่รีไซเคิลสะสมพลังงาน จำนวน 2 string สามารถเก็บสะสมพลังงานได้ string ละ 2 kWh รวม 4 kWh โดยมีแบตเตอรี่ขนาด 12 V 7 Ah จำนวน 24 ลูก ต่ออนุกรมกัน แรงดันอยู่ที่ 288 Vdc ต่อ 1 string ของระบบแผงโซลาร์เซลล์

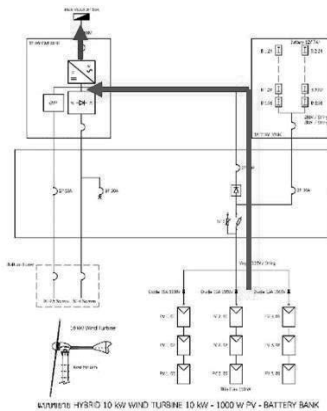
หลักการทำงานของระบบการทำงานแบบผสมผสานมีรายละเอียดคือ

1. ในสภาวะที่มีกระแสลมต่ำ มีแสงแดด และแบตเตอรี่ ยังไม่เต็มเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีแรงดันไฟฟ้าอยู่มากกว่า 333 V<sub>dc</sub> ( $V_{mpp}$ ) กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าไปประจุแบตเตอรี่ จนกว่า แบตเตอรี่จะเต็ม (แรงดันแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่เต็ม 331.2 V<sub>dc</sub>) เมื่อแบตเตอรี่เต็มแล้ว กระแสก็จะไหลไปยัง

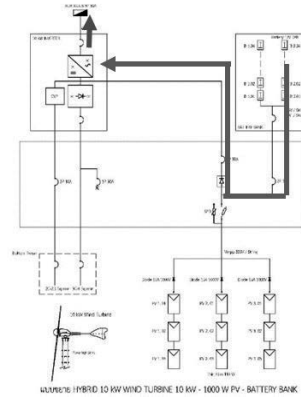
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ทำให้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำงานจ่ายไฟเข้าสู่สายส่ง และเมื่อแสงแดดน้อยลงจนแรงดันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าแรงดันของแบตเตอรี่ กระแสไฟจากแบตเตอรี่ก็จะไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแทน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 แสดงกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปประจุแบตเตอรี่

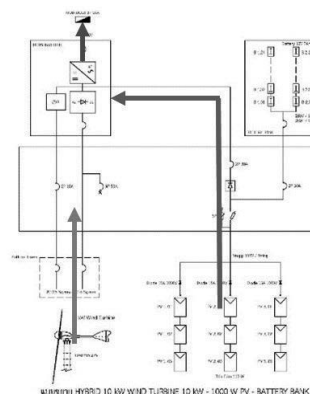


รูปที่ 8 แสดงเมื่อแบตเตอรี่เต็มกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

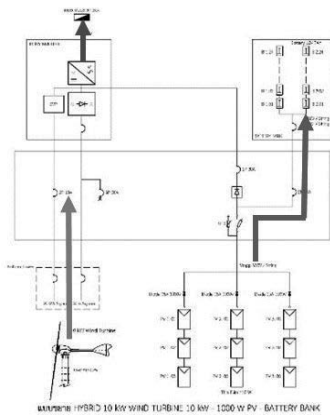


รูปที่ 9 เมื่อไม่มีแสงแดด กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

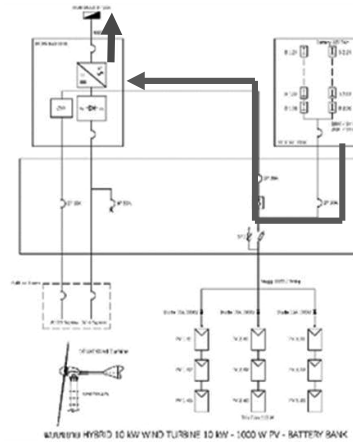
2. ในสภาวะที่มีกระแสลม มีแสงแดด แบตเตอรี่ยังไม่เต็มหากแรงดันไฟฟ้าจากกังหันลมใกล้เคียงกับแรงดัน  $V_{mpp}$  ของเซลล์แสงอาทิตย์ (333 Vdc) คือ อยู่ในช่วง 300 – 350 Vdc กระแสไฟฟ้าทั้งจากกังหันลมและเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า หากแรงดันไฟฟ้าจากกังหันลมจะสูงกว่าแรงดันจากเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ (มากกว่า 350 Vdc) จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไหลไปประจุแบตเตอรี่ ส่วนกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมจะไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อจ่ายเข้าไปยังสายส่ง ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 แรงดันไฟฟ้าจากกังหันลมอยู่ที่ 300 – 350 Vdc และมีแสงแดด

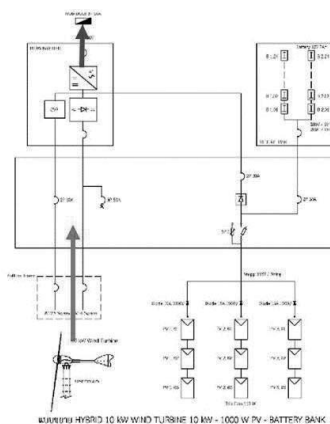


รูปที่ 11 สภาวะที่มีทั้งกระแสลม และแสงแดด แต่แรงดันจากกังหันลมสูงกว่า 350 Vdc



รูปที่ 13 สภาวะที่ไม่มีกระแสลม ไม่มีแสงแดด แต่แบตเตอรี่มีแรงดันสูงกว่า 250 Vdc

3. ในสภาวะที่มีกระแสลม ไม่มีแสงแดด กระแสไฟฟ้าจากกังหันลมก็จะไหลไปยังเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า และหากในสภาวะที่ไม่มีกระแสลม ไม่มีแสงแดด แต่ยังมีพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในแบตเตอรี่เพียงพอ (แรงดันแบตเตอรี่มีมากกว่า 250 Vdc) แสดงดังรูปที่ 12-13



รูปที่ 12 สภาวะที่มีเฉพาะกระแสลม ไม่มีแสงแดด

### 3. สรุปผลการวิจัย

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ ตามแนวพระราชดำริ 448 หมู่ 1 ต.คลองวาฬ อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ รูปแบบการทำงานเดิม เป็นระบบพลังงานทดแทนที่มาจากแหล่งเดียว ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาและการพึ่งพาตนเองได้อย่างไม่เต็มที่ เช่น โรงไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในเวลากลางคืน และโรงไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เมื่อไม่มีลมพัด การศึกษาพัฒนาที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการ จัดทำระบบจัดการพลังงาน (EMS) ของพลังงานทดแทนแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์กับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 7 กิโลวัตต์ เปรียบเทียบการทำงานของเทคโนโลยี ในรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเทียบกับแบบเดิม รูปแบบที่ได้รับการพัฒนาใหม่เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสานระหว่างพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่พึ่งพาแหล่งพลังงานจากแหล่งเดียว จึงสามารถที่จะผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องจากแหล่งต้นกำเนิดของพลังงาน 2 ทางเลือก คือจากพลังงานลมและจากพลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าแบบผสมผสานนี้สามารถใช้งานในรูปแบบพึ่งพาตนเอง (Stand Alone Model) ได้แม้ไม่มี



ไฟฟ้าจากสายส่งหลัก วิเคราะห์การใช้พลังงานที่ลดลง  
เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานในระบบ/รูปแบบเดิม โรงไฟฟ้า  
แบบผสมผสานสามารถนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 140  
หน่วย/วัน

#### 4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)  
ในการสนับสนุนงบประมาณ นอกจากนี้ขอขอบคุณศูนย์วิจัย  
และบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และทีมงาน ในการจัดหาห้องปฏิบัติการ  
และข้อมูลต่างๆ

#### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] International Energy Agency (IEA), 2016. Thailand Electricity Security Assessment 2016. [pdf] Available at: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Partner\\_Country\\_Series\\_Thailand\\_Electricity\\_Security\\_2016\\_.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Partner_Country_Series_Thailand_Electricity_Security_2016_.pdf)
- [2] Lehr, J. H. and Keeley, J. W., 2016. Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia. New Jersey, Wiley.
- [3] Clarke, S., 2003. Electricity Generation Using Small Wind Turbines At Your Home or Farm [pdf] Available at <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/03047.pdf>
- [4] Technological Advancement, 2012. Wind Energy [online] Available at: <http://www.eng.fsu.edu/~studami/wind.html>
- [5] Jain, P., 2011. Wind Energy Engineering. New York: McGrawHill. <http://weben.dede.go.th/webmax/content/areas-solar-power-potential>





การประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพก๊าซชีวภาพในระบบส่งจ่ายในชุมชนเพื่อความยั่งยืน  
กรณีศึกษา : ชุมชนบ้านเสาหิน หมู่9 ตำบลป่าแฝก อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย  
Application of research results to improve the quality of biogas  
In community transmission systems for sustainability  
Case study: Saohin community moo9 Pafaek ,Kong krailat District ,Sukhothai Province.

พิสิษฐ์ มณีโชติ<sup>1</sup> และ ปรีชา ศรีประภาคาร<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup> ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

\*ผู้ติดต่อ ผศ.ปรีชา ศรีประภาคาร : E-mail sriprapakhan@hotmail.com , เบอร์โทรศัพท์ 081-8814599,

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยเพื่อบูรณาการและแก้ไขปัญหาตลอดจนส่งเสริมและสนับสนุนให้ระบบมีเสถียรภาพและมีความสมบูรณ์มากที่สุด งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์งานวิจัยจากโครงการทำทนายไทยในมิติการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพเพื่อให้สะอาดและมีค่าความร้อนสูงขึ้นโดยใช้วิธีการระบุงการดูดซับทางด้านสารเคมี โดยใช้พื้นที่เป้าหมายชุมชนบ้านเสาหิน หมู่9 ตำบลป่าแฝก อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัยเป็นเป้าหมายของการวิจัยและพัฒนา เพื่อเพิ่มคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ใช้ในชุมชนระดับครัวเรือน โดยการพัฒนากระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์นั้น มีผลเสียต่อต่อร่างกายและมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะส่งผลให้หัวเตาหรือเครื่องยนต์เป็นสนิมและผุกร่อนได้ จึงพัฒนาตัวดูดซับในระดับครัวเรือนเพื่อกำจัดออก โดยใช้ตัวดูดซับที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ซึ่งนำไปชุบสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และโซดาไฟ ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงและยังเพิ่มอัตราของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น 17.65 เปอร์เซ็นต์

**คำหลัก:** ก๊าซชีวภาพ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เฟอร์ริกคลอไรด์ ตัวดูดซับ

#### Abstract

This research is aimed at applying research results to integrate and solve problems and to promote and support the most stable and complete system. From the Thailand Grand challenges in part of improvement biogas quality for purify and increased heating value by Chemical adsorption. The target area is saohin community m.9 pafaek Sub-district Kong Krailat district Sukhothai province to research and development biogas quality in household with improve hydrogen sulfide adsorption system. Because hydrogen sulfide have negative effect to body and corrosive metal, resulting in the burner or engine rust. The adsorption system in household developed for cleansing hydrogen sulfide. The absorber made by cement soak in ferric chloride solution and Sodium hydroxide solution. The result show that hydrogen sulfide, Carbon dioxide decrease, but Methane increase to 17.65 percentage.

**Keywords:** biogas, hydrogen sulfide, ferric chloride, absorber.



## 1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานมีอัตราการการใช้ และความต้องการที่สูงมาก การจัดการพลังงานภาครัฐก็เริ่มมีการปรับตัวตามกระแส เช่น กระทรวงพลังงานได้มีการกำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาในระยะยาว ซึ่งหนึ่งในมาตรการได้มีการบรรจุนโยบายส่งเสริมการใช้ก๊าซชีวภาพลงโดยกำหนดให้มีการส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนเอง มีการส่งเสริมสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับครัวเรือน โดยเฉพาะชุมชนที่มีศักยภาพเพื่อการนำมาใช้ในประโยชน์ครัวเรือน อีกทั้งยังส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนา ระบบส่งจ่ายเครือข่ายท่อก๊าซชีวภาพใน

สำหรับชุมชนบ้านเสาทิน หมู่ 9 ตำบลป่าแฝก อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย ก็เป็นชุมชนหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุน และส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ทดแทนพลังงานในส่วนแก๊สสูงต้ม โดยแยกออกเป็น 2 ระบบคือระบบบ่อหมักข้าวแบบถังครอบลอย (Floating drum digester) และระบบบ่อหมักข้าวแบบโดมคงที่ (Fixed drum digester) ซึ่งทั้ง 2 ระบบมีการส่งจ่ายก๊าซทางท่อ แต่ระบบยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ส่วนหนึ่งมีปริมาณมากเกินความต้องการ แต่ติดปัญหาตรงที่มีก๊าซไม่พึงประสงค์ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S)ปนเปื้อนอยู่ 1-4% (v/v) ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะทำให้หัวเตาสูงต้มเกิดเป็นสนิมอุดตันและทำให้วาล์วเป็นสนิมเกิดการสึกหรอได้ในระบบส่งจ่ายแก๊สไม่มีการทำความสะอาด (purification) เกิดความเสียหายในระบบทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องปรับปรุงอุปกรณ์ในระบบโดยไม่จำเป็น

ดังนั้น คณะทำงานวิจัยซึ่งมีงานวิจัยรองรับเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาแก๊สที่ไม่มีระบบบำบัดแก๊สอยู่ จึงได้เกิดแนวทางการนำผลงานวิจัยลงมาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาและขยายผล เพื่อให้เกิดการใช้จริงขึ้นอย่างยั่งยืนต่อไป

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การผลิตแก๊สชีวภาพ

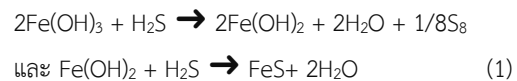
ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่

เป็น ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ประมาณ 70% และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ประมาณ 50% ส่วนที่เหลือเป็น ก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ [1] ซึ่งระบบบ่อผลิตแก๊สชีวภาพมีหลายรูปแบบ ระบบแบบถังพีวีซีนี้ เป็นรูปแบบของได้หวั่น ที่นำมาปรับปรุงให้ใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศ ทำจากวัสดุ Polyvinylchloride ,PVC รูปร่างมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีปริมาตรประมาณ 6-8 ลูกบาศก์เมตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้โดยประมาณ 1-2 ลบ.ม/วัน และมีราคาต้นทุนต่ำ [2] ซึ่งบ่อผลิตแก๊สชีวภาพแบบใช้ถังพีวีซีจะมีขนาดที่เหมาะสมกับชุมชน และครัวเรือน มากกว่ารูปแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 1 แต่ก็ยังมีอีกหลายรูปแบบ [3] ที่นำมาใช้ในชุมชนระบบบ่อหมักข้าวแบบถังครอบลอย (Floating drum digester) และระบบบ่อหมักข้าวแบบโดมคงที่ (Fixed drum digester) เป็นต้น

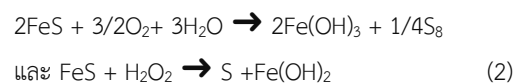
### 2.2. การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

กระบวนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักๆคือ [4] แบบแห้งและแบบเปียก กระบวนการแบบแห้ง เช่น การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) และกระบวนการแบบเปียกเช่น กระบวนการดูดซับด้วยสารละลายต่าง และกระบวนการกำจัดด้วยจุลินทรีย์

สำหรับการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกโดยใช้กระบวนการดูดซับทางเคมีนั้นจะช่วยให้การใช้ก๊าซชีวภาพในชุมชนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นสารที่มีความสามารถดูดซับได้แก่เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ดังสมการที่ 1



และทฤษฎีการเปลี่ยนเฟอร์ริกซัล FeS ให้เป็นเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (regenerate) ดังสมการที่ 2



### 3. วิธีการวิจัย

กระบวนการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกได้ทำการออกแบบและหาถังเก็บตัวดูดซับ Storage size เพื่อใช้ในการติดตั้งภายในครัวเรือน และการออกแบบระบบท่อก๊าซเข้าและออกระบบ (pipeline) โดยผลการออกแบบเลือกใช้ถังความจุขนาดความจุ 75 ลิตร และท่อก๊าซชีวภาพเข้า (inlet gas) ขนาด ¾ นิ้ว ท่อก๊าซชีวภาพเข้า (inlet gas) ขนาด ½ นิ้ว แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ถังเก็บตัวดูดซับและระบบท่อ

ส่วนที่ 2 คือการทำการผลิตเม็ดดูดซับไบโอดีเซลใช้ปูนซีเมนต์ผสมทรายและขุบดด้วยสารละลายทางเคมี ซึ่งตัวกลางที่ใช้ขึ้นรูปโดยใช้ถาดเพาะปลูกทางการเกษตรมาเป็นแม่พิมพ์และทำการขุบเคลือบด้วยสารเคมีและผึ่งให้แห้งก่อนจะนำไปบรรจุลงในถัง แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพตัวเม็ดดูดซับไฮโดรเจนซัลไฟด์

ขั้นตอนสุดท้ายคือกระบวนการอบรมวิธีการใช้การทำและส่งเสริมการใช้ให้ทั่วถึงตลอดจนวัดผลโดยกระบวนการวัดใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดคุณภาพก๊าซชีวภาพ (Biogas analyzer)

### 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาและติดตั้งระบบดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อใช้ในระดับครัวเรือนนั้นมีการเก็บข้อมูลของก๊าซชีวภาพก่อนเข้าระบบดูดซับและหลังจากจากระบบดูดซับ ดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลการทดสอบระบบดูดซับต่อปริมาณก๊าซมีเทน CH<sub>4</sub> (%)

การทดสอบ	ปริมาณ CH <sub>4</sub> ก่อนดูดซับ(%)	ปริมาณ CH <sub>4</sub> หลังดูดซับ(%)	%เพิ่มขึ้น
ครั้งที่ 1	59	70	18.64
ครั้งที่ 2	60	70	16.67
ครั้งที่ 3	58	67	15.52
ครั้งที่ 4	61	71	16.39
ครั้งที่ 5	57	69	21.05

ตารางที่ 2 ข้อมูลการทดสอบระบบดูดซับต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO<sub>2</sub> (%)

การทดสอบ	ปริมาณ CO <sub>2</sub> ก่อนดูดซับ(%)	ปริมาณ CO <sub>2</sub> หลังดูดซับ(%)	% ลดลง
ครั้งที่ 1	35	28	20.00
ครั้งที่ 2	36	29	19.44
ครั้งที่ 3	37	30	18.92
ครั้งที่ 4	34	26	23.53
ครั้งที่ 5	38	31	18.42

ตารางที่ 3 ข้อมูลการทดสอบระบบดูดซับต่อปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ppm)

การทดสอบ	ปริมาณ H <sub>2</sub> S ก่อนดูดซับ(%)	ปริมาณ H <sub>2</sub> S หลังดูดซับ(%)	% ลดลง
ครั้งที่ 1	480	10	97.91
ครั้งที่ 2	460	5	98.91
ครั้งที่ 3	450	0	100
ครั้งที่ 4	500	3	99.4
ครั้งที่ 5	430	0	100

จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสัดส่วนก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) เฉลี่ยจากตารางที่ 1 เท่ากับ 17.65 % และการลดลงของ



ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ยจากตารางที่ 2 เท่ากับ 20.10 % และการลดลงของปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เฉลี่ยจากตารางที่ 3 เท่ากับ 99.24 % โดยกระบวนการดูดซับ

จนนำไปสู่ผลงานวิจัยและสามารถนำไปขยายผลสู่ชุมชน บ้านเสาทินได้สำเร็จ และขอขอบคุณผู้ใหญ่บ้านเสาทินหมู่ที่ 9 ที่ได้ให้ความร่วมมือด้วยดีโดยตลอด และสุดท้ายขอขอบคุณ

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ

การทดสอบ	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ ก่อนติดตั้งระบบดูดซับ(ลบ.ม./วัน)	ปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ หลังติดตั้งระบบดูดซับ(ลบ.ม./วัน)	ปริมาณการใช้ ก๊าซชีวภาพลดลง (ลบ.ม./วัน)
ครัวเรือนที่ 1	1.2	0.98	0.22
ครัวเรือนที่ 2	1	0.83	0.17
ครัวเรือนที่ 3	0.9	0.76	0.14
ครัวเรือนที่ 4	1.1	0.92	0.18
ครัวเรือนที่ 5	1	0.79	0.21

หมายเหตุ : ความร้อนของก๊าซมีเทน 100% ประมาณ 35.9 MJ/m<sup>3</sup>

ทางด้านเคมีนั้นส่งผลให้คุณภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น ทำให้ใช้ระยะเวลาในการประกอบกิจกรรมทางอาหารภายในครัวเรือนลดลง ซึ่งจากตารางที่ 4 ก่อนการติดตั้งระบบดูดซับมีการใช้ก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 1 ลบ.ม./วัน หลังจากติดตั้งระบบดูดซับพบว่าปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพลดลงเฉลี่ย 0.86 ลบ.ม./วัน ซึ่งคิดเป็นผลการประหยัดการใช้เฉลี่ย 0.18 ลบ.ม./วัน เท่ากับ 67 ลบ.ม./ปี ซึ่งสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ประหยัดได้มาขยายจำนวนครัวเรือนเพิ่มขึ้นได้ ลดภาระค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาระบบท่อได้

#### 5. การสรุปผลงานวิจัย

จากการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพก๊าซชีวภาพในระบบส่งจ่ายในชุมชนเพื่อความยั่งยืนนั้น พบว่าการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบให้สมบูรณ์ ตลอดจนการขยายผลระบบชุดตัวดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในครัวเรือน ซึ่งจะสามารถเห็นได้ว่าตัวดูดซับสามารถช่วยเพิ่มก๊าซมีเทนได้สูงถึง 17.65 % และยังสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยถึง 20.10 % อัตราการลดลงของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 99.24 % ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในระบบส่งจ่ายก๊าซชีวภาพดีขึ้นลดอัตราการการสึกหลอของชิ้นส่วนโลหะและได้คุณภาพก๊าซที่สะอาดให้ค่าความร้อนสูงขึ้น และมีความเหมาะสมต่อการขยายผลต่อไป

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ในโครงการทำทนายไทย ที่ได้สนับสนุนวิจัย

นายฟ้าใหม่ ศรีสุราษฎร์ และนายปิยนัฐ หงษ์กังวาล ผู้ช่วยวิจัย ที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2551). ทฤษฎี ก๊าซชีวภาพ , ระบบออนไลน์ จาก <http://www.erd.or.th/knowledge3.php>
- [2] สำนักวิจัยและค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงพลังงาน “การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียฟาร์มปศุสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรม” ระบบออนไลน์ จาก <http://www2.dede.go.th>.
- [3] Uzodi nma, E.O.U., A.U. Ofoeful e, J.I. Eze and N.D.Onwuka, (2007). Optimum mesophilic temperature of biogas production from blends of agro-based wastes. Trends in applied sciences research, 2: 39-44.
- [4] สุขชน ตั้งทวีวัฒน์ และคณะ. (2555). การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากก๊าซชีวภาพสำหรับใช้ในชุมชน. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 2 , 201-204.



## การประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับน้ำประปาในบ้านพักอาศัย An Application of Low Voltage Photovoltaic System for Household Water Supply

ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล\* ธัญกร คำปัญญา และ วาไลดา พวงจำปา

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต  
99 หมู่ที่ 18 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121  
\*ผู้ติดต่อ: tutanit@hotmail.com, โทรศัพท์: 02 564 4482, โทรสาร: 02 564 4482

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันต่ำ (12 โวลต์) สำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัยทดแทนการใช้เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติที่ใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง (ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์) อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกกรรม (Poly crystalline silicon) ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 1 แผง แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ (125 แอมป์-ชั่วโมง) จำนวน 1 ลูก เครื่องสูบน้ำหยดโขงกระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ (155 วัตต์) จำนวน 2 เครื่อง โดยติดตั้งทดสอบเปรียบเทียบกับระบบน้ำประปาเดิมซึ่งใช้เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติ การศึกษาพบว่า ระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม มีแรงดันน้ำเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งานตรงตามที่ออกแบบ และเป็นสิ่งที่พึงพอใจแก่ผู้ใช้งาน

**คำหลัก:** เซลล์แสงอาทิตย์, น้ำประปา

### Abstract

This research was conducted in order to study the application of low voltage (12 V) solar photovoltaic water pumping system for residential house, replacing the use of automatic water pumps (220 V AC). The main devices used in this study consist of: a panel of 300-watt poly crystalline silicon solar panel, one unit of 12 V battery (125 Ah) and 2 units of 12 V DC centrifugal pump (155 W). The result of this study showed that the solar water pumping system for residential house was able to work properly and provided high water pressure that satisfied user requirement according to the designed system.

**Keywords:** solar cell, water supply

### 1. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิต การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคในครัวเรือนจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับในบางพื้นที่ที่ใช้น้ำประปา อาจจะประสบปัญหาแรงดันน้ำไม่เพียงพอต่อการใช้งาน หรือปัญหาน้ำไหลอ่อนในบางจุด เนื่องจากมีการเปิดใช้น้ำพร้อม ๆ กัน หรือแม้กระทั่งน้ำประปาหยุดไหลในบางช่วงเวลา ทำให้นิยมติดตั้งเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ส่วนในบางพื้นที่ที่ไม่มีน้ำประปาจะใช้เครื่องสูบน้ำ สูบน้ำจากบ่อน้ำตื้นหรือบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ซึ่งการใช้งานเครื่องสูบน้ำในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปจะใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานเพื่อขับมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำดังกล่าว ทำให้เสียค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำ และในบางพื้นที่อาจประสบปัญหาไฟฟ้า

ดับหรือไฟตก ทำให้ระบบสูบน้ำไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสูบน้ำไปใช้ในครัวเรือนได้ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้เครื่องสูบน้ำ มีการศึกษานำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการสูบน้ำหลายงาน ทั้งแบบต่อตรงโดยไม่มีแบตเตอรี่และแบบที่ใช้แบตเตอรี่ [1] และ [2] ในปัจจุบันได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง ซึ่งการใช้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน [3] สำหรับบ้านพักอาศัยซึ่งมีไฟฟ้าใช้นั้น การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสูบน้ำใช้งานภายในครัวเรือน อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลด



การใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งหรือลดปัญหาไฟฟ้าดับหรือไฟตกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่มีการศึกษาในส่วนของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยที่มีความเหมาะสม โดยเฉพาะระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันต่ำ (12 โวลต์) ซึ่งมีจำนวนอุปกรณ์ และมีต้นทุนต่ำ จึงได้ทำการศึกษาเรื่องนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการเผยแพร่และส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบติดตั้งและทดสอบการใช้งานระบบไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย

## 3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำ (12 โวลต์) และใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดไม่เกิน 300 วัตต์ 1 แผง

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) เก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 2) ออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย 3) ทดสอบการทำงานของระบบ

### 4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำ (12 โวลต์) และระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย รวมถึงข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

### 4.2 ออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของครัวเรือนตัวอย่างโดยใช้มาตรวัดน้ำและทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและติดตั้งเป็นระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย โดยมีข้อกำหนดให้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดไม่เกิน 300 วัตต์ จำนวน 1 แผง เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการติดตั้งระบบ และมีการประยุกต์ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนที่พัฒนาโดย ธนิท เรื่องรุ่งชัยกุล และวัชรวิชัย ใจยวรรณ์ [4] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

ของระบบ ทั้งนี้ได้ทำการติดตั้งระบบดังกล่าวที่บ้านพักอาศัยของคุณพรรณนิตา ชิตานูวัตร เลขที่ 138 หมู่ที่ 1 ตำบลบ้านเลือก อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี

## 4.3 การทดสอบและวิเคราะห์การทำงานของระบบ

ทำการทดสอบการทำงานของระบบที่ติดตั้ง โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบและกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดอุปกรณ์ใช้งาน

นอกจากนี้หลังจากติดตั้งระบบใช้งานแล้ว ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบประปาในบ้านพักอาศัย

## 5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาบ้านพักอาศัย และ 2) การติดตั้ง ทดสอบการใช้งานระบบ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

### 5.1 การออกแบบระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับน้ำประปาในบ้านพักอาศัย

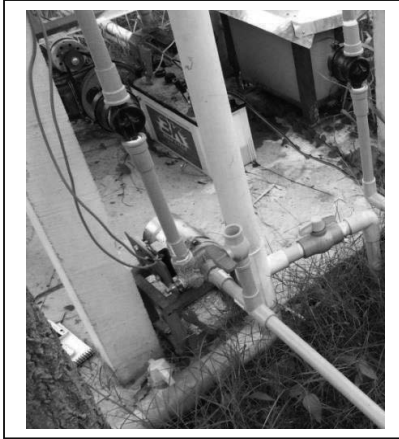
ในการออกแบบระบบฯ ได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของผู้พักอาศัย ทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนตัดสินใจเลือกใช้ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบ และได้ทำการคำนวณและตรวจสอบความเหมาะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ตามที่กำหนดไว้ รวมถึงการออกแบบผังวงจรควบคุมการทำงานของระบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1) ปริมาณความต้องการใช้น้ำ

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำอ่านจากมาตรวัดน้ำ (มิเตอร์น้ำ) ที่ได้ติดตั้งไว้ โดยทำการเก็บข้อมูลจากการใช้งานจริงเป็นเวลา 31 วัน สามารถวัดปริมาณความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยในแต่ละวันของครัวเรือนตัวอย่างได้เท่ากับ 592 ลิตร หรือประมาณเดือนละ 18,352 ลิตร

#### 2) การทำงานเครื่องสูบน้ำ 12 โวลต์

การทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ซึ่งใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งการศึกษานี้ใช้ทำการทดสอบเปรียบเทียบเครื่องสูบน้ำ 2 แบบ คือ เครื่องสูบน้ำแบบสูบชักและเครื่องสูบน้ำหยด ซึ่งทำการทดสอบหาอัตราการไหลโดยวัดปริมาณการไหลของน้ำซึ่งอ่านจากมาตรวัดน้ำ เป็นระยะเวลา 1 นาที โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 อัตราการไหลของน้ำและราคาเครื่องสูบน้ำ

ชนิด	ราคา (บาท)	อัตราการไหลของน้ำ (ลิตร/นาที)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
หอยโข่ง	3,200	29	30	29	29.33
สูบน้ำ	6,300	36	35.9	36	35.96

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เครื่องสูบน้ำทั้งสองชนิดมีปริมาณการไหลของน้ำเพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำ กล่าวคือ ผู้ใช้งานมีความต้องการใช้น้ำวันละประมาณ 592 ลิตร ซึ่งเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง มีปริมาณการไหลของน้ำโดยเฉลี่ย 29.33 ลิตรต่อนาที หรือ 1,759.8 ลิตรต่อชั่วโมง และเครื่องสูบน้ำสูบน้ำ มีปริมาณการไหลของน้ำโดยเฉลี่ย 35.96 ลิตรต่อนาที หรือ 2,157.6 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งในระยะเวลา 1 ชั่วโมง สามารถสูบน้ำได้มากกว่าความต้องการใช้น้ำตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทั้ง 2 เครื่อง อย่างไรก็ตามเครื่องสูบน้ำหอยโข่งมีราคาต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำแบบสูบน้ำแบบสูบน้ำเกือบเท่าตัว

### 3) การออกแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งกระแสตรง เนื่องจาก สามารถสูบน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการและมีราคาต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำแบบสูบน้ำ ซึ่งเครื่องสูน้ำดังกล่าวใช้กระแสไฟฟ้าขณะทำงาน ประมาณ 18 แอมแปร์ (แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์)

จากข้อมูลข้างต้น สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมของขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และขนาดของแบตเตอรี่ที่จะใช้ได้ดังนี้

### ความเหมาะสมของขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กำหนดให้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $Power_{PV}$ ) ขนาด 300 วัตต์ ชั่วโมงแสงอาทิตย์สูงสุด (PSH) เท่ากับ 4.5 ชั่วโมง ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ( $\eta_{ระบบ}$ ) เท่ากับ ร้อยละ 74 (ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ( $\eta_{PV}$ ) ร้อยละ 90 ของกำลังสูงสุด ประสิทธิภาพของสายส่ง ( $\eta_{wiring}$ ) ร้อยละ 97 ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ( $\eta_{battery}$ ) ร้อยละ 85) [3] ใช้เครื่องสูบน้ำหอยโข่ง (Pump) จำนวน 2 เครื่อง (สูบน้ำจากบ่อน้ำเข้าถังเก็บน้ำ 1 เครื่อง และ สูบน้ำจากถังเก็บน้ำไปใช้งานในบ้านพักอาศัย 1 เครื่อง) โดยเครื่องสูบน้ำทำงาน ( $Time_{pump}$ ) เครื่องละ 1 ชั่วโมงต่อวัน (สูบน้ำได้มากกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละวันเกิน 2 เท่า) กระแสไฟฟ้าขณะเครื่องสูบน้ำทำงาน ( $A_{pump}$ ) 18 แอมแปร์ และ แรงดันไฟฟ้าขณะเครื่องสูบน้ำทำงาน ( $V_{pump}$ ) 12 โวลต์ สามารถวิเคราะห์หาความเหมาะสมของขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้จากสูตร

$$Power_{PV}(W) \times PSH \times \eta_{ระบบ} \geq Time_{pump} \times A_{pump} \times V_{pump} \times Pump$$

$$300(W) \times 4.5(h) \times 0.74 \geq 1(h) \times 18(A) \times 12(V) \times 2$$

$$999 \text{ Wh} \geq 432 \text{ Wh}$$

จากการคำนวณข้างต้นจะเห็นได้ว่า พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ มีค่ามากกว่า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องสูบน้ำต้องการ ดังนั้น **แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์** จึงมีความเหมาะสม

### ขนาดของแบตเตอรี่

ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ โดยกำหนดให้อัตราการจ่ายไฟไปใช้งาน ( $Discharge_{battery}$ ) ร้อยละ 50 สามารถคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ ( $Ah_{battery}$ ) ได้ดังนี้

$$Ah_{battery} \times \eta_{battery} \times Discharge_{battery} \geq Time_{pump} \times A_{pump} \times Pump$$

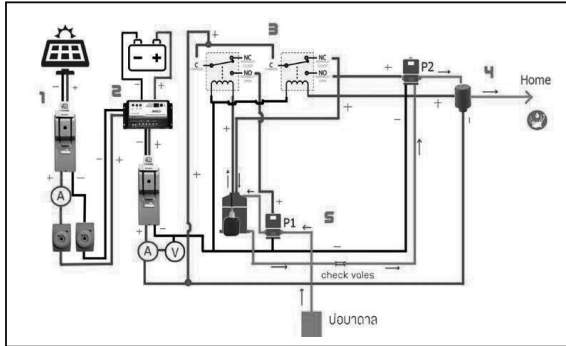
$$Ah_{battery} \times 0.85 \times 0.50 \geq 1(h) \times 18(A) \times 2$$

$$Ah_{battery} \geq 84.71 \text{ Ah}$$

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาเลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 125 แอมป์-ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าค่าที่คำนวณได้ข้างต้น

### 4) วงจรควบคุมการทำงาน

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องตามความต้องการ โดยระบบนี้ออกแบบให้เครื่องสูบน้ำทำงานครั้งละเพียง 1 เครื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้ามกเกินไป ซึ่งเมื่อมีการใช้น้ำในบ้าน เครื่องสูบน้ำที่จ่ายน้ำเข้าบ้านพักจะทำงานทันที และจะมีการสูบน้ำเข้าถังเก็บน้ำเฉพาะเมื่อระดับน้ำในถังเก็บน้ำต่ำกว่าที่กำหนด และเครื่องสูบน้ำที่จ่ายน้ำเข้าบ้านไม่ได้ทำงาน วงจรควบคุมการทำงานที่ออกแบบ แสดงดังรูปที่ 2



เซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำ

## 5.2 การติดตั้งใช้งานและทดสอบระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับน้ำประปาในบ้านพักอาศัย

หลังจากออกแบบระบบฯ แล้วเสร็จ ได้ทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัยที่บ้านพักคุณพรณินดา ชิดานูวัตร โดยถอดระบบน้ำประปาเดิมซึ่งใช้เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติที่ใช้ไฟฟ้าจากสายส่งออกและติดตั้งระบบที่ออกแบบใหม่แทน (รูปที่ 3) โดยใช้ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (รูปที่ 4) ระบบที่ออกแบบใหม่ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

- 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly Crystalline Silicon ขนาด 300 วัตต์ 1 แผง
- 2) ชุดควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน 1 ระบบ
- 3) แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 125 แอมป์-ชั่วโมง 1 ลูก
- 4) ชุดควบคุมการทำงานของระบบ 1 ระบบ
- 5) เครื่องสูบน้ำหยด 12 โวลต์ 2 เครื่อง (พร้อมระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ)

การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันต่ำสำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย ได้ทำการปรับปรุงเครื่องสูบน้ำหยด 12 โวลต์ ให้เป็นเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติโดยติดตั้งสวิทช์แรงดัน (Pressure Switch) เพิ่มเติม พร้อมทั้งติดตั้งกระบอกลมเพื่อรักษาแรงดันในระบบน้ำให้สม่ำเสมอ เมื่อมีการเปิดน้ำใช้ภายในบ้าน ระบบควบคุมจะสั่งการให้เครื่องสูบน้ำทำงานจ่ายน้ำโดยอัตโนมัติ และการทดสอบใช้งานโดยผู้พักอาศัยพบว่าระบบใช้งานได้เป็นอย่างดี แต่ปรากฏว่าในช่วงเวลา เช่น ช่วงวันหยุดที่มีญาติมิตรมาเยี่ยมและพักค้างอาศัยจะมีการใช้น้ำมากกว่าปกติ ทำให้เครื่องสูบน้ำทำงานมากกว่าที่ออกแบบไว้ ส่งผลให้แบตเตอรี่ไม่สามารถจ่ายไฟได้เพียงพอตามความต้องการ จึงได้มีการปรับปรุงระบบโดยติดตั้งแบตเตอรี่ขนาด 105 แอมป์-ชั่วโมง เพิ่มอีก 1 ลูก ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้เป็นอย่างดี หลังจากนั้น ผู้ศึกษาได้ทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบดังกล่าว ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการใช้	✓				
ระดับแรงดันน้ำในระบบ	✓				
ความสะดวกในการดูแลรักษา ระบบ	✓				
เสียงของเครื่องสูบน้ำ		✓			
ความพึงพอใจโดยรวมของระบบ	✓				





ก) เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติเดิมที่ใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง



ข) เครื่องสูบน้ำหยิ่ง 12 โวลต์

รูปที่ 3 เครื่องสูบน้ำเดิมและเครื่องสูบน้ำใหม่



รูปที่ 4 ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ 5 เป็นส่วนใหญ่ มีเพียงเรื่องเสียงของเครื่องสูบน้ำที่ได้รับความพึงพอใจระดับ 4 เนื่องจากขณะที่เครื่องสูบน้ำหยิ่งทำงานจะมีเสียงดังรบกวนมากกว่าเครื่องสูบน้ำเดิมที่เคยใช้ แต่ก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับ 5 ซึ่งผู้ใช้งานเห็นว่าระบบที่ออกแบบใช้งานสามารถให้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ มีระดับแรงดันไม่แตกต่างจากเดิม และการดูแลบำรุงรักษาระบบไม่ยุ่งยาก เพียงแค่คอยดูระดับ

น้ำกลั่นในแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สะอาด และไม่ให้มีสิ่งใดบดบังแสงเท่านั้น

#### 6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษานี้ ได้ทำการออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบการใช้งานระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันต่ำ (12 โวลต์) สำหรับระบบน้ำประปาในบ้านพักอาศัย โดยได้ดัดแปลงเครื่อง



สูบน้ำหยดของกระแสตรงธรรมดาให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อมีการเปิดน้ำใช้ภายในบ้าน ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี และสามารถสูบน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้งาน นอกจากนี้แรงดันน้ำที่ได้ก็เป็นที่น่าพึงพอใจต่อผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัย ที่ผู้ศึกษาได้ทำการติดตั้ง มีปัญหาในส่วนของแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อความต้องการต่อการใช้งานเมื่อมีการใช้งานระบบสูบน้ำเป็นเวลายาวนานกว่าที่ออกแบบไว้ ซึ่งได้ทำการปรับปรุงระบบโดยติดตั้งแบตเตอรี่เพิ่มเติมอีก 1 ลูก ทำให้ช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้เป็นอย่างดี และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมของระบบในระดับ 5 (ดีมาก)

#### 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณพรรณนิตา ชิตานวัตร เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการติดตั้งและทดสอบการทำงานของระบบและอำนวยความสะดวกต่างๆ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

#### 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ (2538). *การเปรียบเทียบระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงและแบบมีแบตเตอรี่ประกอบ*. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] วิชรากร ชนชื่นชวงศ์ (2546). *การศึกษาความเหมาะสมของการเลือกใช้ปั๊มน้ำในระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์ และธนิต เรื่องรุ่งชัยกุล (2558). การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร, *Thai Journal of Science and Technology, Thammasat University*, ปีที่ 4 ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม 2558, หน้า 217-226.
- [4] ธนิต เรื่องรุ่งชัยกุล และ วิชระวิษณุ เจริญวรรณ (2558). ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนราคาถูกลำดับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์, *การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี, 4-6 พฤศจิกายน 2558, หน้า 156-159.

## การพัฒนาระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ Solar-Powered Automatic Watering System from Soil Moisture

ภาณุพงศ์ อนุอมเกียรติ<sup>1</sup>, ณัฐยา ตันตรานนท์<sup>1</sup>, หทัยทิพย์ สีนุธยา<sup>1</sup> และ วรจิตต์ เศรษฐพรศักดิ์<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย วิทยาเขตสะลวง-ซีเหล็ก  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ต.ซีเหล็ก อ.แมริม จ.เชียงใหม่ 50180

\*ผู้ติดต่อ: worajit@cmru.ac.th, 053-885871

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้รูปแบบการปลูกผักแบบขั้นบันได ซึ่งจะแบ่งระดับความชื้นในดินตามความต้องการของพืชเป็น 3 ระดับ คือ พืชที่ต้องการความชื้นต่ำ (60%) พืชที่ต้องการความชื้นปานกลาง (75%) และพืชที่ต้องการความชื้นสูง (90%) โดยใช้วิธีการวัดความชื้นในดินเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำให้เป็นไปตามความชื้นที่ตั้งค่าไว้ เพื่อช่วยในการบริหารจัดการน้ำ และให้น้ำตามความเหมาะสมของชนิดพืช โดยระบบจะทำการวัดความชื้นในดินและจ่ายน้ำในเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดกับรากของพืชจากความร้อนบนผิวดินในเวลากลางวัน ซึ่งระบบจะมีการวัดปริมาณของน้ำที่ใช้ในแปลงเกษตรโดยเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ โดยระบบการจ่ายน้ำใช้ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25 kW ซึ่งเป็น PV Microgrid สำหรับชุมชน เพื่อใช้ในครัวเรือนและแปลงเกษตรชุมชน

ผลการทดลองการวัดความชื้นในแปลงทดลองทั้ง 3 แปลง หลังจากระบบได้จ่ายน้ำตามความชื้นของแต่ละแปลงความชื้น ซึ่งผลการวัดความชื้นในดินของแปลงทดลองความชื้น 60% , 75% และ 90% มีค่าความชื้นในดินเฉลี่ย 60.9%, 76.84% และ 92.19% ตามลำดับ โดยความคลาดเคลื่อนของความชื้นในดินคิดเป็น  $\pm 2.19\%$

**คำหลัก:** ระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ, ความชื้นในดิน, พลังงานแสงอาทิตย์

### Abstract

This concept of this research was to develop solar automatic watering system terrace farming. The moisture levels of the soil were set as 3 levels: low (60%), medium (75%) and high (90%). Each moisture level corresponded to the requirement for the type of plant. The soil moisture measurement method will be used to manage and control the water supply to provide the appropriate amount of water for each type of plant. The system will measure soil moisture and provide water two times a day at 7 am and 5 pm. The time was designated, to avoid the roots from potential damage caused by the surface heat in the daytime. The system has a function to measure the amount of water used in agricultural plots by water flow sensors and uses electricity from solar power as the system's energy source. The 25 kW PV Microgrid is used to power the community households and community farm.

The average moisture measurement results from 3 plots according to the 60 %, 75 % and 90 % moisture settings were found at 62.26%, 76.84% and 92.19%, respectively. The error of the soil moisture measurement system was at  $\pm 2.19\%$ .

**Keywords:** automatic watering system, soil moisture, solar energy



## 1. บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาหลายด้าน ทั้งด้านของแรงงาน ขาดแคลนทรัพยากรน้ำ และคุณภาพของผลผลิต นอกจากนี้การทำเกษตรกรรมในยุคปัจจุบันของประเทศไทย ปลูกปลอ่ยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากจากการใช้เครื่องจักรทางการเกษตร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเกษตรกรโดยตรง เนื่องจากต้องแบกรับต้นทุนที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรลดลง ดังนั้นการแก้ปัญหาหนึ่งคือการหารูปแบบที่สามารถทำการเกษตรเพื่อให้เกิดผลผลิตที่สูงและสร้างมูลค่าเพิ่มทางการเกษตรจากทรัพยากรที่มีจำกัดได้ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำเกษตรจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาของเกษตรกรได้ [1]

การแก้ปัญหาด้านการใช้น้ำอย่างเหมาะสมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตรเกิดขึ้นทั่วประเทศไทย โดยน้ำมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่เป็นเมล็ดจนถึงอายุการเก็บเกี่ยว ดังนั้นหากให้น้ำมากหรือน้อยจนเกินไปก็จะส่งผลกระทบต่อผลผลิต ดังนั้นการให้น้ำควรให้อย่างเหมาะสมกับชนิดของพืช โดยจะทราบความต้องการการใช้น้ำของพืชได้จากการหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient ; Kc) ซึ่งสำนักอุทกวิทยาบริหารจัดการน้ำ ส่วนการใช้น้ำชลประทาน [2] ได้ศึกษาและให้ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน-น้ำ-พืช ซึ่งได้จากการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ของท้องถิ่น ๆ นำมาคำนวณโดยใช้สูตรหรือวิธีการที่ออกแบบมาสำหรับการคำนวณโดยเฉพาะ นำไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์พืชของพืชที่ต้องการจะปลูกหรือต้องการทราบค่าปริมาณการใช้น้ำก็จะได้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้น ๆ ณ สถานที่ตามต้องการ นอกจากนี้ เทคโนโลยียังสามารถมาใช้ในการควบคุมการจ่ายน้ำ Darshna S. และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบชลประทานและการจ่ายน้ำให้แปลงเกษตรอัตโนมัติ โดยอาศัยการวัดความชื้นในดินเพื่อจ่ายน้ำให้ตรงกับความต้องการการใช้น้ำของพืช ใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินเพื่อควบคุมและเปรียบเทียบความชื้นในดินระหว่างเซ็นเซอร์และความชื้นที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรม ผลการวิจัยพบว่า ความต้องการน้ำของพืชเฉลี่ยประมาณ 600-800 มิลลิเมตร/วัน จากงานวิจัยของ Roham V. และคณะ และ Zhua Y. และคณะ [4,5] ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับแปลงเกษตรอัตโนมัติขนาดใหญ่ โดยมีระบบสถานีตรวจวัดอากาศ และระบบการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจสอบสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในแปลงเกษตรผ่านระบบเครือข่าย

ไร้สาย สามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในแปลงเกษตร และสามารถควบคุมการทำงานภายในแปลงเกษตรผ่านแอปพลิเคชันอีกด้วย Kanjilal D. และคณะ [6] ได้วิจัยเกี่ยวกับระบบจัดการสภาพแวดล้อมอัตโนมัติภายในโรงเรือนใช้ระบบเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง น้ำ อุณหภูมิ โดยมุ่งเน้นในด้านความปลอดภัย และรวมเทคโนโลยีสารสนเทศในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสม ด้วยเทคโนโลยีและกระบวนการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่หลากหลาย ในการปรับใช้เทคโนโลยีและกระบวนการวิจัยที่เหมาะสมจึงต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่และบริบทชุมชนนั้นๆด้วยเช่นกัน

จังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ป่าละเมาะมีที่ราบอยู่ตอนกลางตามสองฟากฝั่งแม่น้ำปิง และพื้นที่ภูเขา [7] มีพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ราบ และยังคงมีบางส่วนทำการเกษตรในพื้นที่ภูเขาซึ่งมีความลาดชัน ดังนั้นจึงปรับสภาพพื้นที่ลาดชันให้เป็นลักษณะขั้นบันไดสำหรับพื้นที่เพาะปลูก ใช้แรงงานคนในการจ่ายน้ำให้กับแปลงเกษตร อีกทั้งไม่มีการควบคุมปริมาณน้ำในการจ่ายให้กับแปลงเกษตร โดยที่ทรัพยากรน้ำที่ใช้สำหรับการเกษตรนั้นมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบจ่ายน้ำสำหรับแปลงเกษตรแบบอัตโนมัติ โดยบูรณาการกับระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ไมโครกริดของชุมชน ขนาด 25 kW โดยไฟฟ้าจากระบบนี้จะใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้แก่ครัวเรือนต้นแบบและแปลงเกษตรชุมชน ระบบจ่ายน้ำแบบอัตโนมัตินี้ เน้นการควบคุมความชื้นภายในดินด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยแบ่งความชื้นในดินเป็น 3 ระดับ คือแปลงความชื้น 60%, 75% และ 90% เพื่อบริหารจัดการน้ำและควบคุมความชื้นในดินของพื้นที่แปลงเกษตร ให้เหมาะสมกับชนิดของพืชเพื่อประหยัดการใช้น้ำ ระบบนี้จะเป็นต้นแบบสำหรับระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ ที่ใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

## 2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างระบบจ่ายน้ำสำหรับแปลงเกษตรแบบอัตโนมัติ โดยบูรณาการกับระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของชุมชน
- 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบการให้น้ำตามความชื้นที่กำหนด

### 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการพัฒนาระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน โดยใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบ ควบคุมการจ่ายน้ำให้กับแปลงเกษตรด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ใช้พื้นที่ทำการเกษตรขนาด 200 ตารางเมตร ในการทำวิจัย บริเวณ แปลงเกษตรชุมชนภายในชุมชนต้นแบบของวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริมในการทำวิจัย โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

#### 3.1 ศึกษาข้อมูล

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ภูเขาและป่าไม้ มีที่ราบอยู่ตอนกลางตามสองฟากฝั่งแม่น้ำปิง (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2560) โดยมีประชากรบางส่วนอาศัยในพื้นที่เชิงเขา ทำการเกษตรอาชีพหลัก โดยได้ทำการปรับพื้นที่ที่มีความลาดชันให้มีลักษณะเป็นขั้นบันไดสำหรับการเพาะปลูกพืช

#### 3.2 ออกแบบระบบ

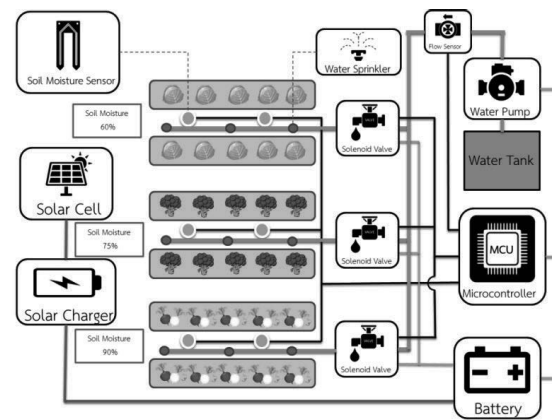
##### 3.2.1 ออกแบบพื้นที่การทดลอง

จากการศึกษารูปแบบการทำเกษตรแบบขั้นบันไดในพื้นที่ลาดชัน งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบรูปแบบการปลูกพืชโดยใช้วิธีการปลูกแบบขั้นบันได เพื่อจำลองการทำเกษตรในพื้นที่เชิงเขา ในการควบคุมความชื้นในดินของแปลงเกษตร ได้แบ่งกลุ่มของพืชตามปริมาณน้ำที่พืชต้องการเป็น 3 ระดับ คือพืชที่มีความต้องการการใช้น้ำน้อย (ความชื้น 60%) อยู่ขั้นบันไดชั้นบน พืชที่มีความต้องการการใช้น้ำปานกลาง (ความชื้น 75%) อยู่ขั้นบันไดชั้นกลาง และพืชที่มีความต้องการการใช้น้ำมาก (ความชื้น 90%) อยู่ขั้นบันไดชั้นล่างสุด เนื่องจากน้ำจะมีลักษณะการไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ดังนั้นแปลงเกษตรชั้นล่างจะมีความชื้นมากกว่าแปลงเกษตรชั้นบน

##### 3.2.2 ระบบควบคุมการวัดความชื้นและจ่ายน้ำ

ระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ ตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega 2560 ในการควบคุมการจ่ายน้ำให้กับแปลงเกษตร โดยใช้เซ็นเซอร์สำหรับการตรวจวัดความชื้นในดิน และได้ออกแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแปลงความชื้นละ 6 ตัว เพื่อความชื้นในดินของแต่ละจุดเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของความชื้น และติดตั้งเซ็นเซอร์วัดการไหลของน้ำ สำหรับวัดปริมาณน้ำที่ใช้ในแปลงเกษตร ซึ่งเซ็นเซอร์ดังกล่าวนี้จะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสั่งให้โซลินอยด์วาล์วจ่ายน้ำเข้าแปลง

เกษตร เมื่อดินในแปลงเกษตรมีความชื้นเฉลี่ยตามค่าความชื้นที่กำหนดไว้ตามปริมาณการใช้น้ำของแต่ละแปลงทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ระบบหยุดการจ่ายน้ำ และกำหนดเวลาในการวัดความชื้นในดินและการจ่ายน้ำ โดยมีผังในเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่เกิดกับรากของพืช เนื่องจากการจ่ายน้ำในตอนกลางวันที่มีผิวดินร้อนและจะทำให้รากของพืชเสียหาย และลดการเสื่อมสภาพของเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เพื่อยืดอายุการใช้งานของ

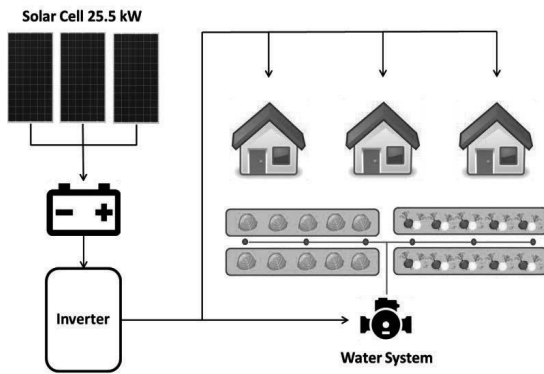


อุปกรณ์การอุปกรณ์ของระบบดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์ระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

##### 3.2.3 ระบบไมโครกริดสำหรับชุมชน

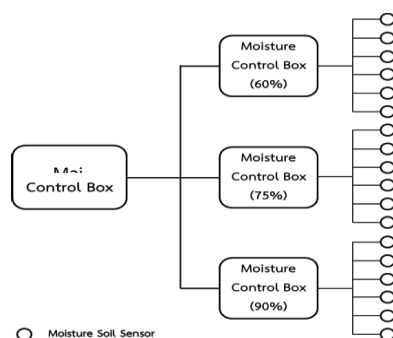
ระบบไมโครกริดผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ มีกำลังการผลิต 25 kW มีระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 100 kW เป็นระบบไมโครกริดแบบออฟกริด สำหรับเป็นแหล่งพลังงานให้กับชุมชน อาคารขนาดเล็ก 10 หลัง และแปลงเกษตร ซึ่งแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน มีวัตถุประสงค์ในการบูรณาการระบบสูบน้ำร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไฟฟ้าจากระบบไมโครกริดเป็นแหล่งพลังงานของระบบจ่ายน้ำและระบบวัดความชื้นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังระบบไมโครกริดในชุมชน

### 3.3 การติดตั้ง

ระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะประกอบด้วยตู้ควบคุมการจ่ายน้ำหลัก 1 ตู้ และตู้วัดความชื้นในดิน 3 ตู้ ตามแต่ละความชื้นในดินที่กำหนดไว้ โดยตู้ควบคุมการจ่ายน้ำหลักจะมีฟังก์ชันในการทำงานคือ สามารถแสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในแปลงเกษตรได้ สามารถเลือกฟังก์ชันการทำงานเป็น ระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติ โดยใช้ความชื้นในดินเป็นตัวแปรในการเปิดปิดระบบจ่ายน้ำ หรือฟังก์ชันการควบคุมการจ่ายน้ำโดยผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถควบคุมการจ่ายน้ำภายในแปลงเกษตรได้ผ่านสวิทช์เปิด-ปิดในตู้ควบคุมการจ่ายน้ำหลัก โดยในตู้วัดความชื้นในดินของแต่ละจุดจะมีเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินจำนวน 6 ตัว ฝังลงดินในระดับเดียวกับรากของพืช เพื่อที่จะวัดความชื้นในดินบริเวณรากของพืช โดยมีระยะห่าง 2 เมตร ระหว่างเซ็นเซอร์ เพื่อที่จะวัดค่าเฉลี่ยของความชื้นเฉลี่ยภายในแปลงเกษตรดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการออกแบบการติดตั้งตู้ควบคุมความชื้นของระบบ

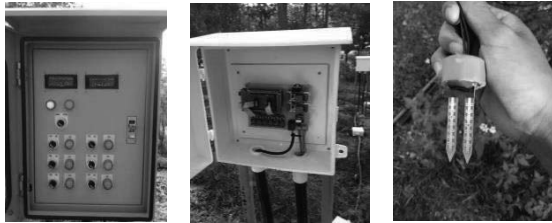
### 4. วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการจ่ายน้ำ โดยแบ่งระดับการตั้งค่าความชื้นที่ 3 ระดับ คือ 60%, 75% และ 90% มีการ calibrate ระบบเซ็นเซอร์ของระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ โดยวัดความชื้นในดินหลังจากที่ระบบจ่ายน้ำให้กับแปลงเกษตรด้วยเครื่องวัดความชื้นในดิน ETP-307 เพื่อเปรียบเทียบและปรับค่าความชื้นในดินที่วัดได้ของเซ็นเซอร์จากระบบให้มีความเที่ยงตรง

ในการทดสอบประสิทธิภาพการจ่ายน้ำของระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติ ได้ออกแบบการทดลองวัดค่าความชื้นจากทั้ง 3 ระดับ ระดับความชื้นละ 10 จุด นำค่าความชื้นที่วัดได้มาเฉลี่ยหาค่าความชื้นในแปลงเกษตร โดยงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลความชื้นในดินหลังการจ่ายน้ำของแปลงเกษตรอัตโนมัติเป็นจำนวน 10 ครั้ง เพื่อที่จะรวบรวมข้อมูลในการหาประสิทธิภาพของระบบ

### 5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบจ่ายน้ำสำหรับแปลงเกษตรแบบอัตโนมัติ โดยบูรณาการกับระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของชุมชน ระบบการจ่ายน้ำได้ติดตั้งตู้ควบคุมการจ่ายน้ำหลัก (รูปที่ 4ก) โดยเชื่อมกับ ตู้วัดความชื้นในดิน (รูปที่ 4ข) อีก 3 ตู้ โดยแต่ละตู้วัดความชื้นจะตั้งค่าความชื้นที่ 1 ค่า นอกจากนี้ เซ็นเซอร์วัดความชื้น (รูปที่ 4ค) จำนวน 6 ตัว จะเชื่อมกับตู้วัดความชื้นแต่ละตู้ เพื่อวัดความชื้นในดินฝั่งกระจายในแต่ละแปลง ดังภาพที่ 5ก ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นระบบไมโครกริดสำหรับชุมชนขนาด 25 kW มีระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 100 kW ซึ่งสามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่ชุมชนและระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติได้อย่างเสถียร โดยระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของชุมชน ระบบควบคุมการจ่ายน้ำ และระบบวัดความชื้น สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี

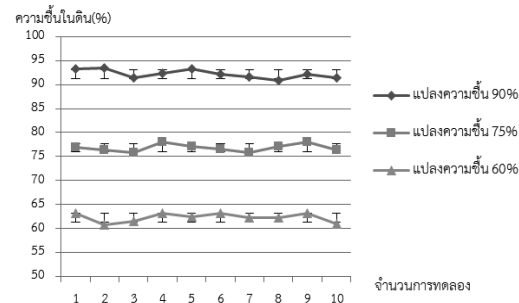


รูปที่ 4 ตู้ควบคุมการจ่ายน้ำหลัก (ก) ตู้ควบคุมความชื้นของระบบ(ข) และเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (ค)



รูปที่ 5 แปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน (ก) ด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์ชุมชน (ข)

จากการทดลองวัดความชื้นในดิน 10 จุด ของแปลงความชื้นในดินทั้ง 3 ระดับ เพื่อหาความชื้นในดินเฉลี่ยต่อการจ่ายน้ำของระบบ 1 ครั้ง และเก็บข้อมูลความชื้นในดินเฉลี่ยจากระบบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นของระบบโดยการเฉลี่ยความชื้นในดินของแต่ละระดับความชื้นหลังการจ่ายน้ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในดิน ภายในแปลงความชื้น 60% มีความชื้นเฉลี่ย 62.26% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในดิน 0.93% แปลงความชื้น 75% มีความชื้นเฉลี่ย 76.84% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในดิน 0.79% และแปลงความชื้น 90% มีความชื้นเฉลี่ย 92.19% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในดิน 0.89% โดยแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแสดงความชื้นเฉลี่ยในแปลงเกษตร

## 6. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มุ่งเน้นการพัฒนา ระบบการบริหารจัดการน้ำสำหรับพื้นที่ที่มีทรัพยากรน้ำอย่างจำกัด โดยการวัดปริมาณความชื้นในดินเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำในการให้น้ำพืชสำหรับพื้นที่ที่มีทรัพยากรน้ำอย่างจำกัด โดยแบ่งระดับความชื้นในดินเป็น 3 ระดับคือ ความชื้น 60%, 75% และ 90% ซึ่งระบบจะวัดความชื้นในดินและจ่ายน้ำให้กับแปลงเกษตรในเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. เพื่อลดการเสื่อมสภาพของเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และหลีกเลี่ยงความเสียหายที่เกิดกับรากพืชจากความร้อนบนผิวดิน โดยบูรณาการระบบสูบน้ำร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 25 kW ซึ่งเป็นระบบไมโครกริดสำหรับชุมชน

ผลการทดลองการวัดความชื้นในแปลงทดลองทั้ง 3 แปลง ซึ่งผลการวัดความชื้นในดินของแปลงทดลองความชื้น 60%, 75% และ 90% มีค่าความชื้นในดินเฉลี่ย 62.26%, 76.84% และ 92.19% โดยความคลาดเคลื่อนของความชื้นในดินคิดเป็น  $\pm 2.19\%$  ดังนั้นระบบจ่ายน้ำแปลงเกษตรอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ด้วยไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวัดความชื้นในดินและจ่ายน้ำตามความชื้นที่กำหนดในแต่ละระดับความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยี  
ชุมชนแห่งเอเชียสำหรับทุนในการวิจัยในครั้งนี้

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัดจังหวัด  
เชียงใหม่. (2560). รายงานบรรยายสรุปจังหวัดเชียงใหม่เรื่อง  
ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดเชียงใหม่, สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่,  
หน้า 2-3.
- [2] ธนัช พรหมชัยวัฒนา และคณะ. (2559, เมษายน). โคลน  
ดิจิทัล เกษตรไทย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา  
[https://issuu.com/advancedbusinessmagazine/docs/e-book\\_abm\\_\\_issue\\_325](https://issuu.com/advancedbusinessmagazine/docs/e-book_abm__issue_325), เข้าดูเมื่อวันที่ 12/05/2560.
- [3] Darshna, S., Sangavi, T., Mohan, S., Soundharya, A.,  
Desikan, S. (2015). Smart Irrigation System. *Journal of  
Electronics and Communication Engineering*, Vol. 10,  
May-June 2015, pp. 32-36.
- [4] Roham, V., Patil, A., Pawar, G., Rupnar, P. (2015).  
Smart Farm using Wireless Sensor Network.  
*International Journal of Computer Applications*, Vol.  
7, pp. 10-25.
- [5] Zhu, Y., Song, J., Dong, F. (2011). Applications of  
wireless sensor network in the agriculture  
environment monitoring. *Procedia Engineering*, Vol.  
pp. 608 – 614.
- [6] Kanjilal, D., Singh, D., Reddy, R., Mathew, J. (2014).  
Smart Farm Extending Automation to The Farm  
Level. *International Journal of Scientific &  
Technology Research*, Vol. 7, July 2017, pp. 109-113.
- [7] ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. (2554). รายงานเรื่อง คู่มือการ  
หาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง  
จากค่าสัมประสิทธิ์พืช, กรมชลประทาน, หน้า 55-58.





## การประเมินศักยภาพพลังงานลมในบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย Wind Resource Assessment along the Andaman Coast, Southern of Thailand

ลัทธวรรณ นิยมธรรม<sup>1,\*</sup>, เจริญพร เลิศสถิตธนกร<sup>1</sup> และ จอมภพ แววคักดี<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย เขตทุ่งครุ แขวงบางมด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10140

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 93210

\*ผู้ติดต่อ: E-mail : lattawan.n@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 091-6987259

### บทคัดย่อ

การประเมินศักยภาพพลังงานลมในบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย อาศัยการจัดทำแผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาคเพื่อทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมดีสำหรับติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมแบบ VSPP และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การจัดทำแผนที่ความเร็วลมอาศัยแบบจำลองบรรยากาศที่มีรูปแบบการทำงานร่วมกันระหว่างแบบจำลอง MC2 และ MSMicro ความแยกชัด 200 เมตร ที่ความสูง 120 เมตร เหนือระดับพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากฐานข้อมูล MERRA และข้อมูลธรณีฟิสิกส์จากฐานข้อมูล GenGeo เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ความเร็วลมที่ได้จากการวิเคราะห์ของแบบจำลองถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเสมือนวัดจริงจากแบบจำลอง WRF พบว่ามีค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 16.98 จากแผนที่ความเร็วลมแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันที่มีความเร็วลมมากกว่า 5 เมตรต่อวินาที อยู่ในบริเวณตำบลละอุ่นเหนือ อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง ตำบลกัทวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ตำบลทุ่งคาโงก อำเภอเมืองพังงา จังหวัดพังงา ตำบลหน้าเขา อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ และตำบลวังประจัน อำเภอคอนโดน จังหวัดสตูล ค่าคาร์ปาซิติ์แพกเตอร์ของโรงไฟฟ้าทุกพื้นที่มีค่ามากกว่า 25% โดยพื้นที่ตำบลทุ่งคาโงกมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการพิจารณาลงทุนติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหัน โดยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้มากกว่า 50 กิกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมมากกว่า 1,400 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 3 ปี

**คำหลัก:** การประเมินศักยภาพพลังงานลม แผนที่ความเร็วลม แบบจำลองบรรยากาศ

### Abstract

This paper presents the wind resource assessment along the Andaman coast of Thailand which consists of Ranong, Phangnga, Phuket, Krabi, Trang, and Satun. The assessment of wind potential based on the development of micro-scale wind map in order to select the area that might be good wind speed for install VSPP wind farm and economic analysis. A couple mesoscale atmospheric model and microscale wind flow model are used to develop wind resource map at resolution 200 m and 120 m above ground level. The inputs data are the long-term Modern-Era Reanalysis for Research and Applications (MERRA) data base, a high resolution topography, and the Land Cover Land Use (LCLU) digital data. The mean wind speed from the wind maps is validated with the measurement of the mean wind speed data from WRF. The result of validation show that the measured wind speeds are higher than the predicted mean wind speeds, with an average percent mean relative error of 16.98%. The wind resource map demonstrate that the potential sites of Andaman which have wind speed more 5 m/s are Launuea, Laun, Kamphuan, and Suksamran districts in Ranong province; Thugkhangok, Mueang, Phangnga districts in Phangnga province; Nakhao and Khaophanom districts in Krabi province; as well as Wangprachan and Khuandon districts in Satun province. The capacity factors of the wind power plants are above 25% for all sites. The maximum power output site was



Thungkhangok which produced 51.11 GWh/y. An economic assessment found that the VSPP wind farms were worthy of investment with a payback period of 3 years.

**Keywords:** Atmospheric model, wind resource assessment, wind resource map

## 1. บทนำ

ท่ามกลางสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่ามีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า สูงถึงร้อยละ 60 [1] ทำให้ไทยต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติอย่างมีนัยยะสำคัญ อีกทั้งก๊าซธรรมชาติยังเป็นแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีราคาสูงขึ้น เปลี่ยนแปลงตามตลาดโลกและผันผวนอยู่ตลอดเวลาเช่นเดียวกับน้ำมันดิบ ดังนั้นการจัดหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทนเพื่อลดสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศ ในปัจจุบันพลังงานทดแทนจากธรรมชาติเข้ามามีบทบาทมากขึ้นสำหรับใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ ชีวมวล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานทดแทนเหล่านี้ยังมีต้นทุนในการผลิตและติดตั้งสูง การนำมาใช้จึงต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประชาชนในประเทศ เนื่องจากแต่ละพื้นที่ในประเทศมีโครงสร้างพื้นฐาน สภาพแวดล้อม ความเป็นอยู่ และแหล่งทรัพยากรที่แตกต่างกันออกไป การสำรวจและเสาะหาแหล่งวัตถุดิบและทรัพยากรที่เหมาะสมกับท้องถิ่นเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะสามารถพัฒนาชุมชนให้เกิดความยั่งยืน แข็งแกร่งและสามารถพึ่งพาตนเองได้

ที่ผ่านมารัฐบาลไทยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดหาพลังงานทดแทนเพื่อนำมาผลิตพลังงานให้แก่ประเทศ เพื่อลดการปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยมีการจัดทำนโยบายจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579 (Power Development Plan: PDP 2015) ซึ่งมีเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรวมเท่ากับ 19,634.4 เมกะวัตต์ และหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญในการผลิตไฟฟ้าและจัดอยู่ในแผน คือ พลังงานลม โดยกำหนดเป้าหมายสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมเท่ากับ 3,002 เมกะวัตต์ [2] พร้อมทั้งทำการสำรวจ ติดตั้งสถานีวัดความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ กระจายทั่วประเทศ และจัดทำแผนที่ความเร็วลมเพื่อประเมินศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ดังนั้นเพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐบาล งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาระเบียงศักยภาพของพลังงานลมในบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทยเพื่อสำรวจและเสาะหาพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาดไม่เกิน 10 MW โดยการจัดทำ

แผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาค ความแยกชัด 200 เมตร ที่ระดับความสูง 120 เมตรเหนือพื้นดิน ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล โดยอาศัยแบบจำลองบรรยากาศพร้อมทั้งประเมินปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม

## 2. วิธีการวิจัย

การจัดทำแผนที่ความเร็วลมได้อาศัยแบบจำลองบรรยากาศ WEST model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างแผนที่ความเร็วลมได้ทั้งระดับปานกลางและระดับจุลภาคได้อย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วยส่วนของแบบจำลอง Mesoscale/MC2 ซึ่งใช้ในการสร้างแผนที่ความเร็วลมระดับปานกลาง [3] โดยกำหนดให้มีความแยกชัด 3 กิโลเมตร และส่วนของแบบจำลอง Microscale/MSMicro สำหรับการสร้างแผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาค ความแยกชัด 200 เมตร ข้อมูลนำเข้าโมเดลประกอบด้วยข้อมูลสภาพอากาศลมจากฐานข้อมูล MERRA และข้อมูลด้านธรณีฟิสิกส์จากฐานข้อมูล GenGeo

MERRA เป็นฐานข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาของ NASA ที่ทำการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลบรรยากาศจากดาวเทียมตั้งแต่ปี 1979 ถึงปัจจุบัน [4] โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสภาพอากาศลมทุกๆ 6 ชั่วโมงตั้งแต่ปี 2005 – 2014 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลความเร็วลมตามแนวแกนตั้งและแนวนอน ข้อมูลทิศทางลม และข้อมูลอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศ สำหรับข้อมูลด้านธรณีจากฐานข้อมูล GenGeo จะถูกใช้เพื่อเตรียมความพร้อมในการวิเคราะห์ความเร็วลมโดยแบบจำลอง MC2 และ MSMicro โดยความละเอียดของข้อมูลฐานข้อมูลนี้สามารถใช้ได้ในแบบจำลองระดับปานกลาง (MC2) แต่ไม่เพียงพอสำหรับแบบจำลองสเกลเล็ก ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเร็วลมโดยแบบจำลองระดับจุลภาค (MSMicro) จึงใช้ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศและการใช้ที่ดินที่มีความละเอียดสูงจากกรมพัฒนาที่ดิน

### 2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลจากเสาวัดลมจริงในพื้นที่ที่มีความไม่ต่อเนื่องและไม่ตรงกับช่วงเวลาที่น่าสนใจในการสร้างแผนที่ความเร็วลม ดังนั้นความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง

WEST model จะถูกนำมาเปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง WRF ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงเสมือนเสาวัตถุจริง โดยใช้หลักการทางสถิติและคำนวณค่าความผิดพลาดโดยวิธีความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ย (mean relative error) [5] ที่ความสูง 120 เมตรเหนือพื้นดิน จำนวนทั้งหมด 15 พื้นที่ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ พื้นที่แบบซับซ้อน พื้นที่แบบราบเรียบ และพื้นที่แบบกึ่งซับซ้อน ภายในจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต และสตูล

## 2.2 การประมาณค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม

การประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) โดยคัดเลือกกังหันสำหรับผลิตไฟฟ้าจำนวน 5 รุ่น ซึ่งคุณลักษณะของกังหันลมแต่ละรุ่นแสดงดังตารางที่ 1 การประเมินปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้อาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป WindSim 7.0 ซึ่งมีรูปแบบการวิเคราะห์จากพื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ที่มีการประมวลผลเชิงตัวเลขขั้นสูงในการสร้างภาพ 3 มิติ เพื่อจำลองการไหลของลมในระดับจุลภาคที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของกังหันผลิตไฟฟ้า

No.	Wind Turbine Types	Hub Height (m)	Rotor Diameter (m)	Rated Capacity (MW)	Cut-in Speed (m/s)	Rated Speed (m/s)	Cut-out Speed (m/s)
1	GE 2.5	120	120	2.5	3.0	11.0	21.0
2	G114	125	114	2.0	3.0	12.5	25.0
3	GW2.5	120	121	2.5	3.5	11.0	22.0
4	S111-M90	120	111	2.1	3.0	10.50	21.0
5	V110-2.0	125	110	2.0	3.0	10.50	20.0

## 2.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานลม

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ที่เหมาะสม ได้อาศัยการพิจารณาค่าดัชนีทางการเงินของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน โดยมีเงื่อนไขสำหรับการพิจารณาของโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม คือ เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) มีขนาดกำลังการผลิตน้อยกว่า 10 เมกะวัตต์ และอาศัยข้อมูลและสมมติฐานทางการเงินและเศรษฐกิจในปัจจุบันโดยอ้างอิง

ข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณา คือ

- อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) ต้องมีค่ามากกว่า 1
- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ต้องมีค่ามากกว่า 0
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน (FIRR) ต้องมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากธนาคาร
- ระยะเวลาคืนทุน (PBP) ต้องน้อยกว่า 20 ปี

ตารางที่ 2 สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์ดัชนีทางการเงินของโครงการ

รายการ	ค่า
1 อายุโครงการ	20 ปี
2 ราคาต้นทุนรวมการติดตั้ง	100 ล้านบาท/เมกะวัตต์
3 ค่าดำเนินการรักษา	3% ของราคากังหันลม
4 อัตราคิดลด (Discount Rate)	7%
5 อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate)*	2.5%
6 อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (Interest Rate)*	7.865%
7 อัตราส่วนหนี้ (Debt Ration)	70% ของเงินลงทุน
8 ระยะเวลาจ่ายหนี้ (Repayment Loan)	10 ปี
9 ราคาซื้อไฟฟ้า (Feed in Tariff)	6.06 บาท/หน่วย
10 อัตราส่วนความรับผิดชอบต่อสังคมของธุรกิจ (Corporate Social Responsibility, CSR)	0.01% ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้
11 ภาษี BOI (Board of Investment)	
อายุโครงการ 0 – 8 ปี	ปลอดภาษี
อายุโครงการ 9 – 13 ปี	15%
อายุโครงการ 14 – 20 ปี	30%
12 ไม่คิดคาร์บอนเครดิต	

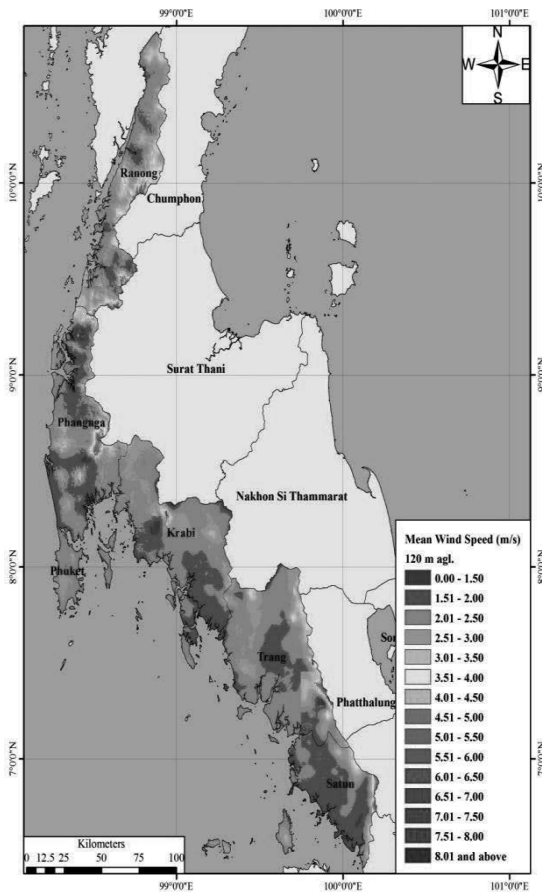
หมายเหตุ: \*ธนาคารแห่งประเทศไทย วันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2559

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

แผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาคในบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย ความแยกชัด 200 เมตร ที่ความสูง 120 เมตรเหนือพื้นดิน แสดงดังภาพที่ 1 จากแผนที่แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของฝั่งทะเลอันดามันมีความเร็วลมต่ำ แต่ในบางพื้นที่ความเร็วลมมีค่าสูงอยู่ในบริเวณของจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต และสตูล ซึ่งมีความเร็วสูงที่สุดมากกว่า 5.0 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ความเร็วลมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลจากแรงเสียดทานของลมลดลง ความต้านทานของแรงเสียดทานที่เกิดจากความขรุขระของพื้นผิวจากสิ่งปลูกสร้างหรือพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นดินทำให้การไหลของลมเปลี่ยนแปลงทั้งทิศทางและ



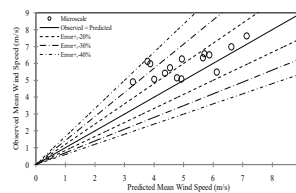
ความเร็วในเวลาอันสั้น พื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมดีที่สุดมีทั้งหมด 5 บริเวณ ได้แก่ ตำบลละอุ่นเหนือ อำเภอละอุ่น และตำบลกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ตำบลทุ่งคาโงก อำเภอเมืองพังงา จังหวัดพังงา ตำบลหน้าเขา อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ ซึ่งมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.1 เมตรต่อวินาที, 8.6 เมตรต่อวินาที, 11.3 เมตรต่อวินาที, 5.4 เมตรต่อวินาที และ 5.8 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังนั้นพื้นที่ศักยภาพทั้งบริเวณจึงถูกคัดเลือกให้เป็นพื้นที่กรณีศึกษาสำหรับการประเมินปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากฟาร์มกังหันลม พร้อมทั้งประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 1 แผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาคบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย ความแยกชัด 200 เมตร ที่ความสูง 120 เมตรเหนือพื้นดิน

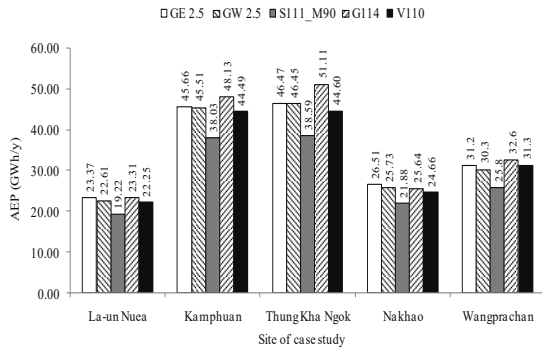
ผลการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย จำนวน 15 พื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการประมาณค่าโดยแบบจำลอง WEST มีค่าต่ำกว่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่าของแบบจำลอง WRF ค่าความผิดพลาด

สัมพัทธ์เฉลี่ยเพียงร้อยละ 16.98 ดังภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแผนที่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง WEST สามารถใช้เป็นตัวแทนของแหล่งทรัพยากรลมบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน และใช้ระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมดีได้ อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลจากเสาวัดลมในพื้นที่จริงจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์โดยแบบจำลอง การจัดเก็บข้อมูลจึงควรมีความต่อเนื่องและครอบคลุมระยะเวลาตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน

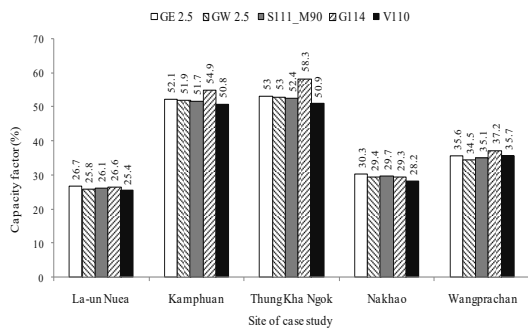


ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองบรรยากาศกับข้อมูลเสาวัดลมจาก WRF

ปริมาณไฟฟ้ารายปีที่ผลิตได้และค่าคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมจำนวน 5 รุ่น แสดงดังภาพที่ 3 พบว่า ตำบลกำพวน และตำบลทุ่งคาโงก สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นๆ โดยมีปริมาณการผลิตไฟฟ้ารายปีอยู่ในช่วง 38.03 – 48.13 กิกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และ 38.59 – 51.11 กิกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากชนิดของกังหันลมพบว่ากังหันที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดคือ กังหันลมผลิตไฟฟ้ารุ่น GE 2.5 และ G114 ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตต่อตัวละ 2.5 เมกะวัตต์ และ 2 เมกะวัตต์ ตามลำดับ โดยโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมมีค่าคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 25 ในทุกพื้นที่ศึกษา

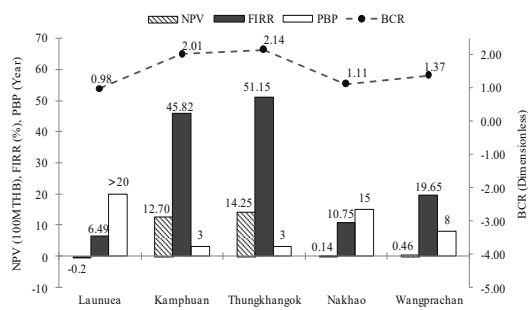


(a)



(b)

ภาพที่ 3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (a) และค่าการขาดทุนของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม (b) ขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์



ภาพที่ 4 ผลการประเมินดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

จากผลการประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยดัชนีชี้วัดทางการเงิน ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า ตำบลทุ่งค่าง และตำบลกำพวน มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลม เนื่องจากดัชนีทางการเงินผ่านเกณฑ์การพิจารณาทุกเกณฑ์ โดยมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 3 ปี แต่

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนพบว่า ตำบลทุ่งค่างมีมูลค่าผลตอบแทนมากกว่าตำบลกำพวน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนการลงทุน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมากกว่า ในขณะที่ ตำบลละอุ่นเหนือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าติดลบ และมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่าระยะเวลาโครงการ แม้ว่าค่าปรับลดราคาต้นทุนลงร้อยละ 10 แต่ก็ยังคงมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 15 ปี จึงถือได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เช่นเดียวกับตำบลหน้าเขา ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนนานถึง 15 ปี ในส่วนของตำบลวังประจันต์ ถึงแม้ว่าดัชนีทางการเงินจะผ่านเกณฑ์การพิจารณาทุกตัว และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 8 ปี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตำบลทุ่งค่าง ผลตอบแทนจากการผลิตไฟฟ้ามีมูลค่าสูงกว่ามาก และมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า ทั้งนี้หากทำการปรับลดราคาต้นทุนลงร้อยละ 5 – 10 มูลค่าผลตอบแทนของโครงการจะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 6 ปี ดังนั้นในการพิจารณาเพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับลงทุนติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมเพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐบาลและพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนจากแหล่งทรัพยากรที่มีในพื้นที่ พื้นที่บริเวณตำบลทุ่งค่างจึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด และสามารถพัฒนาเป็นทุ่งกังหันลมเพื่อเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่ผลิตไฟฟ้าให้กับประเทศได้ในอนาคต

#### 4. สรุปผลการวิจัย

การประเมินศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล อาศัยการจัดทำแผนที่ความเร็วลมระดับจุลภาคเล็กที่ความแยกขีด 200 เมตร ด้วยแบบจำลองบรรยากาศเพื่อศึกษาศักยภาพความเร็วลมและทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้ากังหันลมขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ พร้อมทั้งประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองประกอบด้วย ข้อมูลสภาพอากาศลมจากฐานข้อมูล MERRA ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ และข้อมูลสิ่งปกคลุมพื้นผิว จากศึกษาแสดงให้เห็นว่า แผนที่ความเร็วลมสามารถใช้เป็นตัวแทนของแหล่งพลังงานลมบริเวณภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน โดยมีค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 16.98 ที่ระดับความสูง 120 เมตรเหนือพื้นดิน พื้นที่ภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามันมีศักยภาพความเร็วลมดีทั้งหมด 5 พื้นที่ ได้แก่ ตำบลละอุ่นเหนือ อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง ตำบลกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ตำบลทุ่งค่าง อำเภอเมืองพังงา จังหวัดพังงา ตำบลหน้าเขา อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ และตำบลวัง



ประจันต์ อำเภอกอนโดน จังหวัดสตูล โดยประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า ร้อยละ 25 ในทุกพื้นที่ศึกษา พื้นที่บริเวณตำบลทุ่งคาโงกสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานได้มากกว่า 50 กิกะวัตต์-ชั่วโมงต่อปี และมีระยะเวลาการคืนทุนจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าภายในเวลา 3 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 1,400 ล้านบาท ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นทุ่งกันหันลมสำหรับเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ภายในประเทศได้ในอนาคต ดังนั้นการศึกษาและจัดทำแผนที่ความเร็วลมในระดับจุลภาคเพื่อประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาแหล่งชุมชนหรือท้องถิ่นเพื่อให้ประเทศสามารถเลือกใช้แหล่งพลังงานทดแทนให้เกิดประโยชน์สูงสุดเหมาะสมกับทรัพยากรที่มีในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย

Songkhla provinces, Thailand. *Renewable Energy*; 2013: 53, p. 101-110.

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณสำหรับการสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบของ กฟผ. ปี 2560 [Online], Available : <http://www.egat.co.th> [2017, June 2].
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558, แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579 (Power Development Plan: PDP 2015), Available : <http://www.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015.pdf>, [2017, August 15].
- [3] Yu, W., Benoit, R., Girard, C., Glazer, A., Lemarquis, D., Salmon, J.R., and Pinard, J.P. Wind Energy Simulation Toolkit (WEST): A wind mapping system for use by wind energy industry, *Wind Engineering*; 2006: 30, p. 15-33.
- [4] Lucchesi, R. File Specification for MERRA Products. GMAO Office Note No.1; 2012: p. 1-5.
- [5] Waewsak, J., Landry, M. and Gagnon, Y. High Resolution Wind Atlas for Nakhon Si Thammarat and



การพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิดโดยใช้กังหันลม  
The Development of Electric Energy-Saving System for the Evap in the Chicken Farm  
by using Wind Turby

เสกสรร ชะนะ<sup>1\*</sup>, สมมาตร ข้าเกลี้ยง<sup>1</sup> อาคม สุคราม<sup>2</sup>และฤทัย ประทุมทอง<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา  
160 หมู่ที่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

\*ผู้ติดต่อ: 086-8943862 E-mail address: sakesan.ch@skru.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด วิธีการดำเนินงานได้พัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิดซึ่งได้ติดตั้งไว้ในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิดจำนวน 1 ชุด โดยติดตั้งกังหันลมที่มีเจนเนอเรเตอร์เป็นแกนหลักและมีใบพัดยึดติดอยู่จำนวน 3 ใบ เมื่อมีพลังงานลมจากพัดลมระบายอากาศทำให้ใบพัดเกิดการหมุนไปขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าจะมีกระแสไหลผ่านวงจรควบคุมประจุไฟฟ้าที่มีแรงดันไม่เกิน 12 V<sub>DC</sub> จากนั้นกระแสไฟฟ้าที่ได้ก็จะชาร์จเข้ามายังแบตเตอรี่ 12 V<sub>DC</sub> ผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12 V<sub>DC</sub> เป็นแรงดันไฟฟ้า 220 V<sub>AC</sub> เพื่อจ่ายให้กับโหลดไฟฟ้าภายในฟาร์ม จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด สามารถสร้างแรงดันได้มากกว่า 12 V<sub>DC</sub> ผลิตรกระแสไฟฟ้าได้ 0.79 A แต่ยังไม่สามารถใช้กับโหลดมอเตอร์ขนาด 1 Hp ในช่วงสตาร์ท แต่สามารถใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์ที่ใช้กระแสในช่วงสตาร์ทน้อย และยังสามารถใช้พลังงานแสงสว่างภายในฟาร์มได้ 960 W/hr

**คำหลัก:** ระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้า ฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด

**Abstract**

This research aims to develop a power saving system in closed chicken farms. The operation has developed a power saving system in a closed chicken farm. Which has set up a chicken farm off the number one spot by installing a wind turbine with a generator, a backbone and a propeller attached to remember for three blades on wind energy from the fans do the paddle occurrence. Turning to drive a generator to a current flowing through the circuit capacitance with voltage up to 12 V<sub>DC</sub> from an electric to be charged into the battery 12 V<sub>DC</sub> of power from the battery 12 V<sub>DC</sub> via the inverter will act to change the voltage of 12 V<sub>DC</sub> to 220 V<sub>AC</sub> to pay to the electrical load on the farm. The results of the trial concluded that. Development of energy saving systems in closed chicken farms. Can generate more than 12 V<sub>DC</sub> voltage to produce 0.79 A. It can not be used with 1 Hp motor load during startup. It can be used with a motor load that uses less current during startup. It can also be used for lighting up the farm at 960 W / hr.

**Keywords:** Energy saving Evaporative Cooling Greenhouse

## 1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งด้านสายพันธุ์ อาหาร เทคโนโลยีด้านการจัดการ และการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ฟาร์มไก่ในปัจจุบันจะเป็นฟาร์มแบบปิดที่ใช้ระบบ Evap ซึ่งย่อมาจาก Evaporative Cooling Greenhouse หมายถึง โรงเรือนที่มีระบบให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำกว่าสภาพภายนอก โรงเรือน การใช้ระบบ Evap นั้นจะประกอบไปด้วยพัดลมดูดขนาดใหญ่ประมาณ 36 นิ้ว ถึง 48 นิ้ว และใช้มอเตอร์ 1 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน มีระบบส่องสว่างภายในโรงเรือน มีปั้มน้ำอัตโนมัติ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน การประหยัดพลังงานในฟาร์มไก่แบบปิดนั้น ต้องใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิต แต่อุปกรณ์เหล่านั้น ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูง และขาดประสิทธิภาพในการทำงานที่เหมาะสม เพราะบางชิ้นงานไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้ไม่มีการนิยมนำมาใช้กันมาก พลังงานทดแทนอื่นๆ ถือเป็นหนทางหนึ่งในการแก้ปัญหาซึ่งได้แก่ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานนิวเคลียร์ โดยเฉพาะพลังงานลมเป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในฟาร์มไก่ได้เป็นอย่างดี เพราะฟาร์มไก่แบบปิดมีแรงลมจากการระบายอากาศภายในฟาร์มออกสู่ภายนอกฟาร์ม ซึ่งพลังงานลมดังกล่าวจะเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมแบบเล็ก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนและติดตั้งง่าย อีกทั้งยังจะช่วยรักษาสภาพแวดล้อมไม่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเนื่องจากเป็นพลังงานธรรมชาติ แต่ในสภาพปัจจุบันยังขาดระบบการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นของเกษตรกรในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงได้เสนองานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มไก่แบบปิด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและเป็นต้นแบบในการประหยัดพลังงานต่อไป

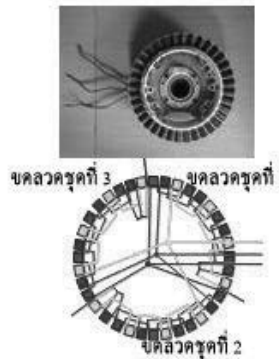
## 2. วิธีการวิจัย

กังหันลมที่นำมาใช้ในระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิดจะประกอบไปด้วยส่วนของตัวเจนเนอเรเตอร์ หน้าแปลนของเจนเนอเรเตอร์ ใบพัด โครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดผลิตพลังงานไฟฟ้า วงจรคอนโทรล

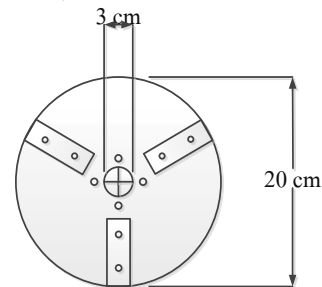
ส่วนของตัวเจนเนอเรเตอร์ จะใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้าชนิด Direct Drive มีขดลวด 36 ขด จากเดิมต่ออนุกรม

กระแสไฟฟ้าที่ได้ประมาณ 0.2-0.3 A ซึ่งกระแสที่ได้ออกมา น้อยมาก จึงแบ่งขดลวดใหม่จากเดิมต่ออนุกรม มาต่อเป็นแบบขนาน โดยการแบ่งขดลวดใหม่ขดลวดมีทั้งหมด 36 ขด แบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 12 ขดนำมาต่อขนานกันจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ได้ออกมาประมาณ 1-2 A แสดงดังรูปที่ 1 ส่วนของหน้าแปลนของเจนเนอเรเตอร์แสดงดังรูปที่ 2 ทำมาจากเหล็กแผ่นรีดมีความกว้าง 20 cm. ออกแบบแขนจับใบพัด ออกเป็น 3 ส่วน

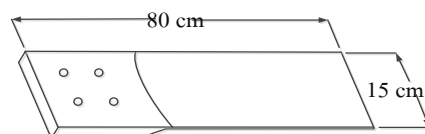
ส่วนของใบพัดจะแสดงในรูปที่ 3 ชุดใบพัดมีความยาว 80 cm กว้าง 15 cm มีใบพัดทั้งหมด 3 ใบซึ่งผลิตมาจากไม้และยึดด้วยที่จับใบพัด ดังรูปที่ 4



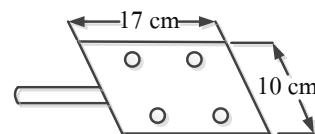
รูปที่ 1 การแบ่งขดลวดของมอเตอร์ชนิด Direct Drive



รูปที่ 2 หน้าแปลนเจนเนอเรเตอร์



รูปที่ 3 การออกแบบใบพัดด้วยไม้จำนวน 3 ใบพัด

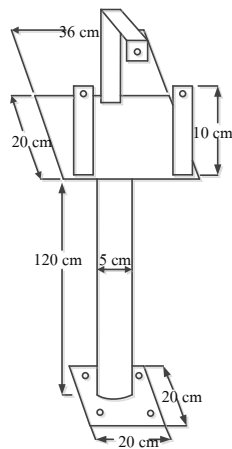




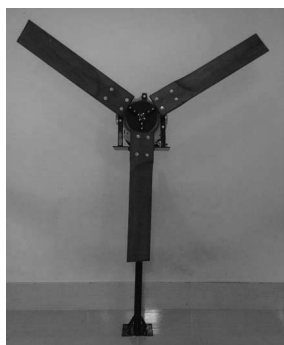
รูปที่ 4 ที่จับใบพัด

จากรูปที่ 5 โครงติดตั้งชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าเสาทำมาจากเหล็กกลมมีขนาดความสูง 120 cm. ความยาว 5 cm. ฐานวางเจนเนอเรเตอร์ทำมาจากเหล็กแผ่นขนาดความกว้าง 20 cm. ความยาว 36 cm. และฐานสำหรับยึดในการติดตั้งมีขนาดความกว้าง 20 cm. ความยาว 20 cm. และการประกอบชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมแสดงดังรูปที่ 6

การออกแบบวงจรคอนโทรล จะทำการประกอบวงจรรีเลย์ และวงจรควบคุมแรงดัน และหน้าจอแสดงผลทั้งแรงดันและกระแสแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 โครงติดตั้ง



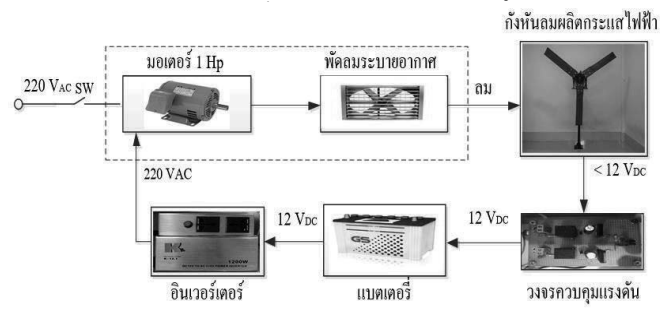
รูปที่ 6 ชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลม



รูปที่ 7 ชุดวงจรคอนโทรล

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินงานสามารถแสดงผลการพัฒนาาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด

#### 3.1 ผลการทดลองกักเก็บลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะ

ไม่ต่อกับแบตเตอรี่

ตารางที่ 1 ผลการทดลองกักเก็บลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะไม่ต่อกับแบตเตอรี่

ระยะห่างจากท้ายฟาร์ม (เมตร)	ความเร็วลม (เมตร/นาท)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาท)	แรงดัน (V)
1	2.17	200.2	38.33

จากตารางที่ 1 ระยะห่างในการติดตั้งกักเก็บลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 1 เมตร มีความเร็วลมที่ 2.17 เมตร/วินาที แรงดันที่ได้จากกักเก็บลม 38.33 V และมีความเร็วรอบของใบพัด 200.2 รอบ/นาท

#### 3.2 ผลการทดสอบกักเก็บลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะต่อกับแบตเตอรี่



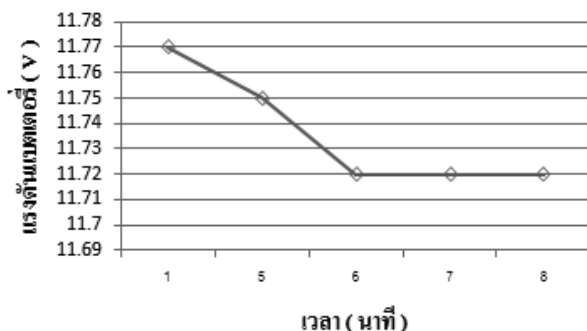
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะต่อ  
กับแบตเตอรี่

ระยะห่างจาก ท้ายฟาร์ม (เมตร)	ความเร็วลม (เมตร/นาที่)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที่)	แรง ดัน (V)	กระแส (A)
1	2.17	80	12.2	0.79

จากตารางที่ 2 ระยะห่างในการติดตั้งกักกันลมผลิต  
กระแสไฟฟ้าที่ 1 เมตร มีความเร็วลมที่ 2.17 เมตร/วินาที  
แรงดันของกักกันลมเมื่อต่อกับแบตเตอรี่ 12.2 V มีความเร็ว  
รอบของใบพัด 80 รอบ/นาที่ และกระแสในการชาร์ตลง  
แบตเตอรี่ 0.79 A

### 3.3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกักกันลมผลิต กระแสไฟฟ้าขณะต่อโหลด

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการทดสอบประสิทธิภาพของ  
กักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะต่อโหลดกับส่วนไฟฟ้า ยี่ห้อ  
Bosch รุ่น gbn 2-26 dfr กระแส 3.9 A แทนการใช้มอเตอร์ที่  
ใช้งานจริง ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

จากรูปที่ 10 จะเห็นว่าส่วนไฟฟ้าเมื่อใช้งานใน  
ช่วงเวลา 1 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 11.77 V  
ช่วงเวลา 5 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 11.75 V  
ช่วงเวลา 6-8 นาที แรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 11.72 V  
แสดงว่าอัตราการชาร์ตของกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าช่วง  
ระยะเวลาดำเนินไป 6 นาที อัตราการชาร์ตลงแบตเตอรี่สมดุล  
กับอัตราการใช้โหลด

### 3.4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกักกันลมผลิต กระแสไฟฟ้าชาร์ตลงแบตเตอรี่ขนาด 50 A 12 V

ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการชาร์ตประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่

แรงดันของ แบตเตอรี่ (V)	แรงดันของแบตเตอรี่ (V)				
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที
11.40	11.50	11.75	11.92	12.09	12.22

จากตารางที่ 3 แบตเตอรี่มีแรงดัน 11.40 V เมื่อ  
ผ่านไป 5 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ 11.50 V เมื่อผ่านไป  
10 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ 11.75 V เมื่อผ่านไป 15  
นาที แรงดันของแบตเตอรี่ 11.92 V เมื่อผ่านไป 20 นาที  
แรงดันของแบตเตอรี่ 12.09 V เมื่อผ่านไป 25 นาที แรงดัน  
ของแบตเตอรี่ 12.22 V

### 3.5. การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน

การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานเมื่อใช้โหลด  
ส่วนไฟฟ้า กระแส 3.9 A กำลังไฟฟ้า 858 W เมื่อใช้ไปเป็น  
เวลา 8 นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป  $(858/1,000 \times 0.08) = 0.68$   
หน่วย ประมาณ เดือนละ  $(0.68 \times 30) = 20.4$  หน่วย

## 4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบประหยัด  
พลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด โดยมีขั้นตอนการ  
ดำเนินงานดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูล 2) ออกแบบ 3) วัสดุ  
จัดซื้ออุปกรณ์ 4) ออกแบบวงจรควบคุม 5) ทดสอบ 6)  
ปรับปรุง แก้ไข หลังจากนั้นทำการทดลองวัดค่าประสิทธิภาพ  
ของกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์วัดความเร็วลม ดู  
ค่าที่วัดได้จากการวัดโวลต์มิเตอร์ และกระแสการชาร์ตลง  
แบตเตอรี่ จากการวัดค่าความเร็วลมและค่าแรงดันที่วัดได้ สรุป  
ได้ว่า

1. กักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะไม่ต่อกับแบตเตอรี่  
เมื่อติดตั้งกักกันลมระยะห่างจากท้ายฟาร์ม 1 เมตร จะมี  
ความเร็วลมที่ออกมาจากพัดลมท้ายฟาร์ม 2.17 เมตร/วินาที  
แรงดันที่ได้จากกักกันลม 38.33 V และมีความเร็วรอบของ  
ใบพัด 200.2 รอบ/นาที่
2. กักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะต่อกับแบตเตอรี่  
เมื่อติดตั้งกักกันลมระยะห่างจากท้ายฟาร์ม 1 เมตร มี  
ความเร็วลมที่ 2.17 เมตร/วินาที แรงดันของกักกันลมเมื่อต่อ  
กับแบตเตอรี่ 12.2 V มีความเร็วรอบของใบพัด 80 รอบ/นาที่  
และกระแสในการชาร์ตลงแบตเตอรี่ 0.79 A
3. ประสิทธิภาพของกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขณะ  
ต่อโหลดกับส่วนไฟฟ้า ยี่ห้อ Bosch รุ่น gbn 2-26 dfr  
กระแส 3.9 A เมื่อใช้โหลดต่อเนื่อง แบตเตอรี่มีแรงดัน



12.2 V เมื่อใช้โหลดส่วนไฟฟ้า ที่เวลา 1 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ 11.77 V เมื่อใช้ไป 5 นาที แรงดันของแบตเตอรี่ 11.75 V ช่วงเวลา 6-8 นาที แรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 11.72 V แสดงว่าอัตราการชาร์ตของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าช่วงระยะเวลาผ่านไป 6 นาที อัตราการชาร์ตลงแบตเตอรี่สมดุลกับอัตราการใช้โหลด

4. ผลการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานเมื่อใช้โหลดส่วนไฟฟ้า ยี่ห้อ Bosch รุ่น gbn 2-26 dfr กระแส 3.9 A กำลังไฟฟ้า 858 W เมื่อใช้ไปเป็นเวลา 8 นาที กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป 0.68 หน่วย หรือประมาณเดือนละ 20.4 หน่วย ถ้าใช้พลังงานไฟฟ้าที่เวลามากขึ้นก็จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

จากการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานข้างต้นนั้น เป็นการใช้งานที่ 8 นาที/วัน ในหนึ่งเดือนลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าประมาณ 20.4 หน่วย/เดือน ถ้าใช้พลังงานไฟฟ้าที่เวลามากขึ้นก็จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในฟาร์มเลี้ยงไก่แบบปิด สามารถสร้างแรงดันได้มากกว่า 12 V<sub>DC</sub> ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 0.79 A แต่ยังไม่สามารถใช้กับโหลดมอเตอร์ขนาด 1 Hp ในช่วงสตาร์ท แต่สามารถใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์ที่ใช้กระแสในช่วงสตาร์ทน้อย และยังสามารถใช้พลังงานแสงสว่างภายในฟาร์มได้ 960 W/hr

## 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ผ่ามอเตอร์เครื่องซักผ้าทำเจน..กังหันลม.//สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2559, /จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=MHSZnPB2JKE>
- [2] สารานุกรมเสรี.//(2558).//เครื่องกำเนิด.//สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2559, /จาก : <http://www.protectionrelay.blogspot.com>
- [3] Pom\_Relay.//(2553).//การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลม.//สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2559, /จาก : <http://protectionrelay.blogspot.com>
- [4] กรมอุตุนิยมวิทยา.//(2557).//สภาพอากาศ.//สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2559, /จาก : <http://www.tmd.go.th>
- [5] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรธรรมชาติและน้ำ.//(2537).//แผนที่วิเคราะห์เส้นทางและความเร็วลม.//สืบค้น เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2559, / จาก : <http://www.thaiweather.net>

[6] ธวัชชัยแสนตันใจ.//(2552).//ส่วนประกอบของกังหันลมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า.//สืบค้นเมื่อวันที่ 7 เมษายน 2559, / จาก : <http://www.oknation.net>

[7] ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า (ชนิดแกนหมุนแนวนอน) (ออนไลน์) สืบค้น เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2559, / จาก:<http://www.prapai.co.th/knowledgeview.php?nid=29>

[8] วงจรควบคุมกระแสไฟฟ้ากังหันลม (ออนไลน์) .// สืบค้นเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2559, /จาก : [http://www.kaolom.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id](http://www.kaolom.com/index.php?option=com_content&view=article&id)

[9] วิธีสร้างวงจร Control กังหันลม.// สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2559, /จาก : [http://www.kaolom.com/index.php?option=com\\_content&view=category&id](http://www.kaolom.com/index.php?option=com_content&view=category&id)



## การกระจายของอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด Wind Speed Distribution in Open Type Wind Tunnel

เสาวลักษณ์ ทองดี กนกวรรณ ตีบกวาง ขาทีนิ บูรณ์เจริญ ชูรัตน์ ธารารักษ์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี  
Rameshprabu Ramraj และธเนศ ไชยชนะ\*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 ม.4 ต.หนองหาร อ.สันทราย เชียงใหม่ 50290

\*ผู้ติดต่อ: Tanatecha@hotmail.com, 081-5306768

### บทคัดย่อ

อุโมงค์ลมเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สำหรับศึกษาลักษณะการไหลของอากาศผ่านวัตถุรูปทรงต่างๆ และใช้ในการทดสอบคุณลักษณะการทำงานของกังหันลม สำหรับงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาการกระจายอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด อัตราเร็วลมต่ำ และหาพื้นที่ทำงานที่เหมาะสมสำหรับการทดลองทางอากาศพลศาสตร์ อุโมงค์ลมเป็นแบบทรงกระบอกมีขนาดหน้าตัด 1.2 m X 1.2 m ยาว 9 m ติดตั้งพัดลมดูดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 m ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 hp ที่ส่วนท้ายของอุโมงค์ลม ทำการทดสอบโดยการวัดอัตราเร็วลมที่ระยะ 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 และ 7.5 m จากส่วนหัวของอุโมงค์ลม และปรับค่าอัตราเร็วลม 7 ค่าอัตราเร็วลม ผลการทดสอบพบว่า ที่ระยะ 7.5 m การกระจายของอัตราเร็วลมมีความสม่ำเสมอมากที่สุด อัตราเร็วลมสูงสุดที่อุโมงค์ลมสามารถทำได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 m/s พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบทางอากาศพลศาสตร์มีขนาด  $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$  อยู่บริเวณส่วนกลางหน้าตัดของอุโมงค์ลม กังหันลมต้นแบบที่จะนำมาทำการทดสอบควรมีขนาดพื้นที่หน้าตัดปะทะลมไม่เกิน  $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$

**คำหลัก:** อุโมงค์ลม การกระจายอัตราเร็วลม การทดสอบทางพลศาสตร์

### Abstract

A wind tunnel was a tool used to study the effects of air moving past solid objects and to study characteristic of wind turbine. This research was focused on studying wind speed distribution, the test section has the cross-sectional area and the highest velocity within the wind tunnel. The wind turbine used in the experiment was high, width and length were 1.2 m, 1.2 m and 9 m, respectively. The fan of blower tunnel diameter was 1.2 m and powered by an electric motor with 1.5 hp. The wind speed was measure at 0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 m of distance from inlet of wind tunnel and vary the wind speed of test 5 Values. It was found that the optimal distance of wind speed distribution as 7.5 m. Maximum achievable flow speed as 7.6 m/s and maximum wind speed in the wind tunnel centre decreasing while approaching the wall. The test section area size for the wind turbine install about  $0.5 \times 0.5 \text{ (m}^2\text{)}$ .

**Keywords:** Wind tunnel, Wind Speed Distribution, Aerodynamic testing

## 1. บทนำ

พลังงานลมเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับพลังงานทดแทน ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลเพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีกังหันลม แต่เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมต่ำ อัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 m/s [1] จึงไม่เหมาะสำหรับการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมให้เหมาะสำหรับการใช้งานภายในประเทศให้มากขึ้น จากหลายๆ งานวิจัยได้ทำการศึกษาศักยภาพของกังหันลมหรือการทดสอบอาคาร ยานพาหนะ เป็นต้น โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างอุโมงค์ลมกับภาคสนาม [2-4] พบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก งานวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมใช้อุโมงค์ลมสำหรับการทดสอบสมรรถนะของกังหันลมขนาดเล็ก ซึ่งสามารถทดสอบได้ง่าย มีความผิดพลาดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดสอบภาคสนามเนื่องจากสามารถควบคุมอัตราเร็วลมได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ

อุโมงค์ลมที่นำมาทดสอบโดยหลักๆ นั้น จะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ อุโมงค์แบบปิด และอุโมงค์ลมแบบเปิด [5] ข้อดีของอุโมงค์ลมแบบปิด นั่นคือ มีโอกาสสกปรกน้อยและลักษณะการไหลของอากาศภายในมีความสม่ำเสมอมากกว่าเมื่อเทียบกับอุโมงค์ลมแบบเปิด แต่ยากในการออกแบบเพื่อให้อากาศไหลกลับได้อย่างสม่ำเสมอ และต้นทุนสูงเนื่องจากจำเป็นต้องสร้างให้มีขนาดใหญ่ สำหรับอุโมงค์ลมแบบเปิดนั้นมีอยู่ 2 ชนิด คือ อุโมงค์ลมแบบเป่า และอุโมงค์ลมแบบดูด ซึ่งจะต่างกันที่ตำแหน่งของพัดลมแต่อุโมงค์แบบเปิดจะมีอัตราเร็วลมที่สม่ำเสมอมากกว่าอุโมงค์ลมแบบเป่า

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิดอัตราเร็วลมต่ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งกังหันลมและพื้นที่ทำงานของอุโมงค์ลม และอัตราเร็วลมสูงสุดที่สามารถทำได้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปใช้ในการออกแบบขนาดของกังหันลมให้เหมาะสมต่อไป

## 2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

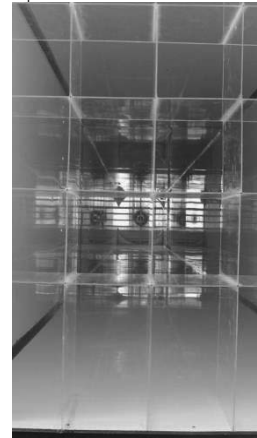
### 2.1 อุโมงค์ลม

งานวิจัยนี้ได้ใช้อุโมงค์ลมแบบเปิดชนิดดูดอากาศสำหรับการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) มีพื้นที่หน้าตัด  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  ยาว 9 m โดยจะแบ่งอุโมงค์ลมเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนอากาศไหลเข้า ได้ทำการติดตั้งรังผึ้งที่ทำจากแผ่นอะคริลิกใสหนา 0.3 cm บริเวณด้านหน้าของอุโมงค์ลม ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) เพื่อให้อากาศไหลกระจายได้ทั่วภายในอุโมงค์ลม สำหรับส่วนปฏิบัติการเป็นส่วนที่ทำการติดตั้งกังหันลมเพื่อทดสอบ

ประสิทธิภาพ และสุดท้ายเป็นส่วนอากาศไหลออก หรือส่วนที่ทำให้เกิดลม จะใช้พัดลมเชื่อมต่อกับมอเตอร์ขนาด 1.5 hp และปรับความถี่ได้สูงสุด 50 Hz



ภาพที่ 1 อุโมงค์ลมแบบเปิดอัตราเร็วลมต่ำ [6]



ภาพที่ 2 รังผึ้งของอุโมงค์ลมแบบเปิดอัตราเร็วลมต่ำ [6]

### 2.2 วิธีการวิจัย

สำหรับการทดสอบการกระจายอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์นั้น จะทำการวัดอัตราเร็วลมโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน ซึ่งมีความแม่นยำสูง และสามารถวัดลมที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ทดสอบการกระจายอัตราเร็วลมที่อัตราเร็วลมคงที่

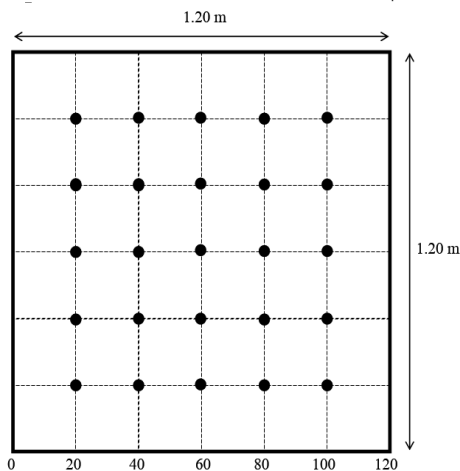
- 1) แบ่งจุดวัดเป็นระยะ  $20 \times 20 \text{ cm}$  ของพื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ลม ดังภาพที่ 2 (ก) และทำการวัดที่ระยะ 0, 1.5, 3, 4.5, 6 และ 7.5 m ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข) จากทางเข้าของอุโมงค์ลม
- 2) ให้อัตราเร็วลมคงที่ โดยปรับความถี่ของมอเตอร์พัดลม 50 Hz



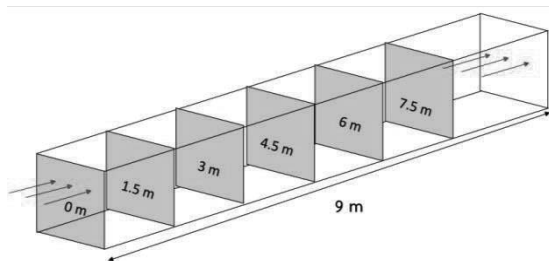
- 3) บันทึกค่าอัตราเร็วลมของแต่ละจุดวัด โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง และนำค่าอัตราเร็วลมที่ได้มาเฉลี่ย
- 4) นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบการกระจายอัตราเร็วลมในแต่ละระยะของอุโมงค์ลม

กรณีที่ 2 ทดสอบการกระจายอัตราเร็วลมที่อัตราเร็วลมต่างๆ

- 1) เลือกระยะที่มีการกระจายอัตราเร็วลมที่ดีที่สุดจากกรณีที่ 1 มาทำการทดสอบปรับอัตราเร็วลม โดยปรับความถี่ของมอเตอร์พัดลมจำนวน 7 ค่า คือ 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 Hz
- 2) วิเคราะห์การกระจายอัตราเร็วลมในแต่ละความถี่ เพื่อศึกษาพื้นที่ทำงานของอุโมงค์ลม สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบกังหันลมขนาดเล็กที่จะนำมาทดสอบกับอุโมงค์ลม



(ก)



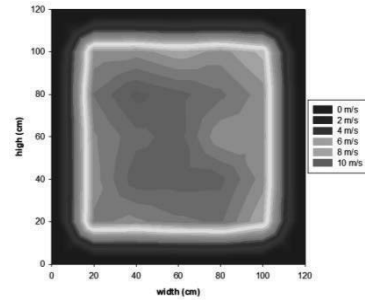
(ข)

ภาพที่ 2 (ก) จุดที่ทำกรวัดอัตราเร็วลม (ข) ระยะที่วัดอัตราเร็วลมจากทางเข้าของอุโมงค์ลม

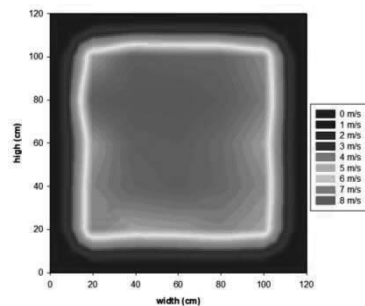
### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

#### 3.1 การกระจายอัตราเร็วลมที่ระยะต่างๆ ภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด

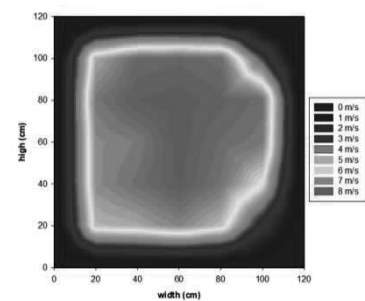
การกระจายอัตราเร็วลมมีความสม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อระยะจากทางเข้าของอุโมงค์ลมเพิ่มขึ้น โดยอัตราเร็วลมสูงสุดจะอยู่บริเวณส่วนกลางของพื้นที่หน้าตัด และมีค่าลดลงเมื่อเข้าใกล้ผนังของอุโมงค์ลมทั้ง 4 ด้าน ดังภาพที่ 3 (ก)-(ค) ซึ่งจากผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ที่ระยะ 7.5 m มีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบทางอากาศพลศาสตร์ของกังหันลมขนาดเล็ก



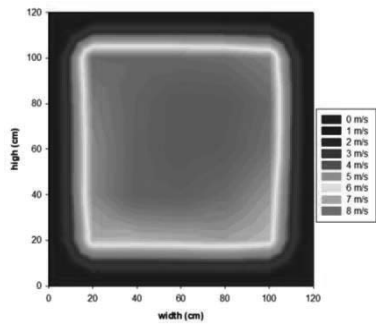
(ก) ระยะ 0 m



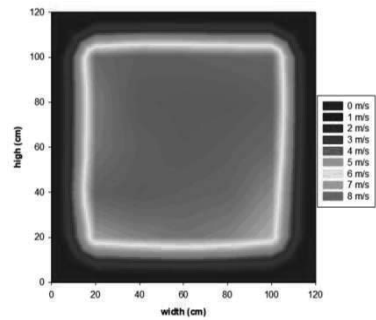
(ข) ระยะ 1.5 m



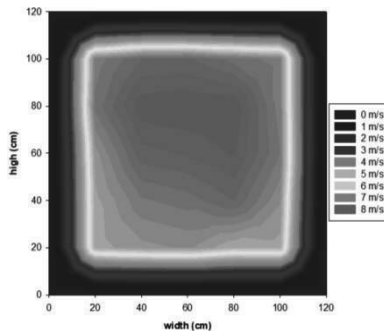
(ค) ระยะ 3 m



(ง) ระยะ 4.5 m



(จ) ระยะ 6 m



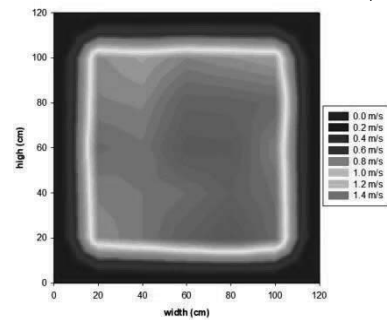
(ฉ) ระยะ 7.5 m

ภาพที่ 3 การกระจายของอัตราเร็วลมที่ระยะต่างๆ ภายใน  
อุโมงค์ลมแบบเปิด

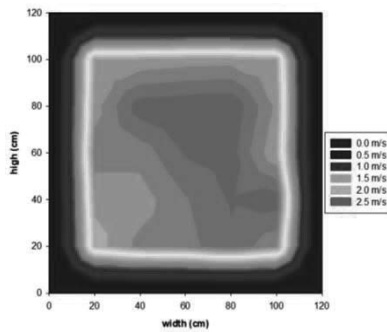
### 3.2 การกระจายอัตราเร็วลมที่ความถี่ต่างๆ ภายใน อุโมงค์ลมแบบเปิดที่ระยะ 7.5 m

การกระจายอัตราเร็วลมที่ระยะ 7.5 m และปรับ  
อัตราเร็วลมจำนวน 7 อัตราเร็วลม ผลการทดสอบพบว่า การ  
เพิ่มอัตราเร็วลมทำให้การกระจายอัตราเร็วลมมีความสม่ำเสมอ  
มากขึ้น ซึ่งพื้นที่ทำงานส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณกึ่งกลางของ  
พื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ลมในทุกๆ อัตราเร็วลม และที่อัตราเร็วลม  
ต่ำจะมีพื้นที่ทำงานขยับไปเพียงเล็กน้อย ดังภาพที่ 4 (ก)-(ข)  
โดยพื้นที่ทำงานสำหรับทดสอบทางพลศาสตร์มีขนาดประมาณ  
0.5 x 0.5 m ดังนั้น การออกแบบกั้นลมที่จะนำมาทดสอบ  
จะต้องมีขนาดพื้นที่ปะทะลมน้อยกว่า 0.25 m<sup>2</sup>

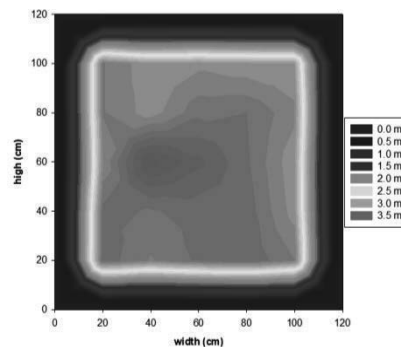
จากพื้นที่ทำงานดังกล่าว ได้ทำการวัดอัตราเร็วลม 9  
จุด จากส่วนกลางของพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลม เพื่อทดสอบ  
อัตราเร็วลมสูงสุดที่อุโมงค์ลมสามารถทำได้ โดยเขียนกราฟ  
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับความถี่ของมอเตอร์พัดลม  
ดังภาพที่ 5 พบว่า ที่ตำแหน่งทดสอบอุโมงค์ลมสามารถผลิต  
อัตราเร็วลมสูงสุดได้ประมาณ 7.6 m/s และเนื่องจากตัวแปร  
ทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น ทำให้ง่ายในการปรับ  
ความถี่มอเตอร์เพื่อเพิ่มหรือลดอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลม



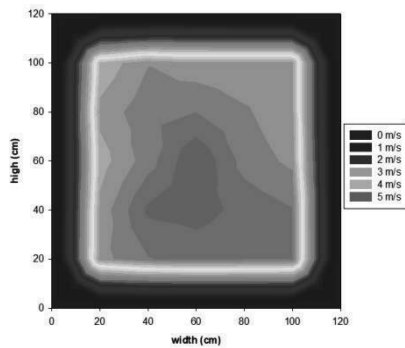
(ก) ความถี่ 20 Hz



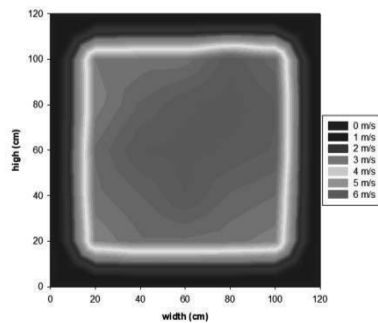
(ข) ความถี่ 25 Hz



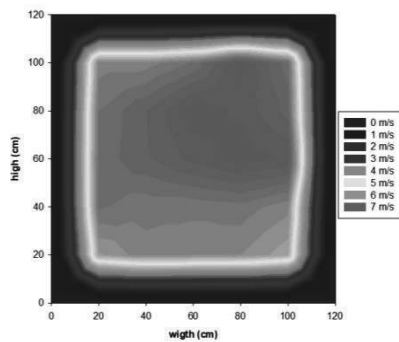
(ค) ความถี่ 30 Hz



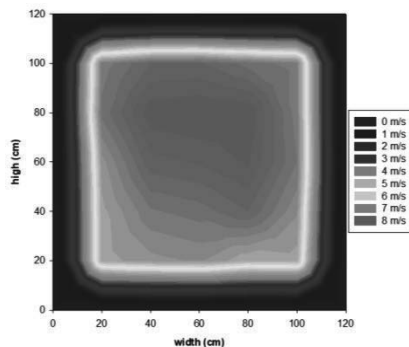
(ง) ความถี่ 35 Hz



(จ) ความถี่ 40 Hz



(ฉ) ความถี่ 45 Hz

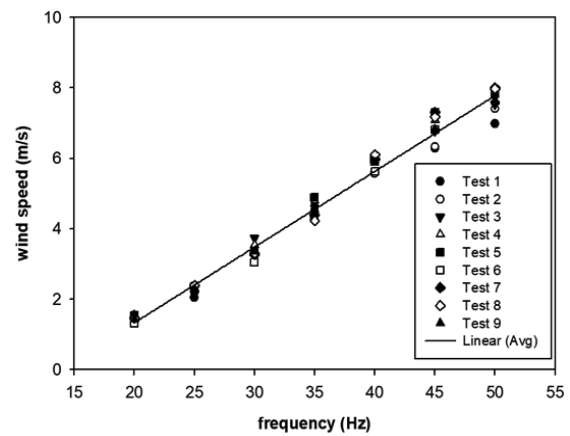


(ช) ความถี่ 50 Hz

ภาพที่ 4 การกระจายอัตราเร็วลมที่ระยะ 7.5 m ภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการกระจายตัวของอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด สำหรับกรณี que เพิ่มระยะจากทางเข้า พบว่าที่ระยะ 7.5 m มีการกระจายอัตราเร็วลมอย่างสม่ำเสมอ และมีพื้นที่ทำงานขนาด 0.5 x 0.5 m บริเวณส่วนกลางพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลม จึงเหมาะสำหรับติดตั้งกังหันลมเพื่อทดสอบทางอากาศพลศาสตร์ โดยอุโมงค์ลมสามารถผลิตอัตราเร็วลมได้สูงสุด 7.6 m/s



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับความถี่ของมอเตอร์ที่ระยะ 7.5 m

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

ทุนอุดหนุนการศึกษา โครงการผลิตและพัฒนา ศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศ อาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัย พลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2559

โครงการอิทธิพลของจำนวนใบพัดและแผนอากาศ ของกังหันลมแกนตั้งขนาดเล็กต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลัง และ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. การดำเนินโครงการ พลังงานลม. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2560, จาก [http://www3.egat.co.th/re/egat\\_wind/egat\\_wind.htm](http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm).
- [2] Q.A. Li, T. Maeda, Y. Kamada, J. Murata, T. Kawabata, T. Kogaki, et al., (2016). Study on power performance for straight-bladed vertical





- axis wind turbine by field and wind tunnel test. *Renewable Energy*, 90, pp. 291-300.
- [3] K. OLASEK and M. KARCZEWSKI. (2012). MULTI-PHASE MODERNISATION OF THE SUBSONIC WIND TUNNEL ORIENTED TOWARDS INTEGRATION OF CFD & EXPERIMENT. *XX Polish Fluid Mechanics Conference*.
- [4] M. Suzuki and Y. Hibino. (2016). Field Tests and Wind Tunnel Tests on Aerodynamic Characteristics of Train/Vehicles under Crosswinds. *GR of RTRI*, Vol. 57, pp. 55-60.
- [5] R.D. Dsouza, S. Salim, A. Shankar, M. Safwan and S. D'sa. (2016). Wind Tunnels: State of Art Survey and Future Scope for Testing Micro Air Vehicles, *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) (2016)* Vol. 19, No 1, pp. 25-41.
- [6] อุโมงค์ลมแบบเปิดสำหรับทดสอบกังหันลมขนาดเล็ก, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ถ่ายเมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2560, ถ่ายโดย เสาวลักษณ์ ทองดี.



## การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุมชน Solar On Grid Application as a Power Supply for Community

สมเด็จ เจริญราช<sup>1</sup>, และ วันสพรรัตน์ สวัสดิ์<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> บริษัท โซลาร์ โฮม เจริญราช จำกัด ปทุมธานี 12120

<sup>2</sup> สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์  
ปทุมธานี 13180

\*vanatpormratt@vru.ac.th, 02 909 3022, 02 909 3022

### บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุมชน เป็นการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้สถาบันทางศาสนาภายในชุมชนมีความสามารถในการพึ่งพาตนเอง โดยไม่อาศัยไฟฟ้าจากรัฐ ทั้งยังช่วยให้สถาบันทางศาสนาลดภาระค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าต่อเดือนถึง 2,600 บาท และในกรณีที่เกิดภัยพิบัติ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว จะไม่เกิดผลกระทบใด ๆ อีกทั้งยังลดการใช้วัตถุดิบที่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล ในการติดตั้งพบว่าสามารถติดตั้ง เซลล์แสงอาทิตย์ได้ 50 ตารางเมตร ซึ่งผลิตพลังงานรวมได้ 8.28 กิโลวัตต์ต่อวัน โดยต้นทุนการติดตั้งอยู่ที่ 379,000 บาท มีค่าต้นทุนต่อหน่วยพลังงานอยู่ที่ 1.99 บาทต่อวัตต์ ซึ่งเมื่อระยะเวลาคืนทุนจะอยู่ที่ 2 ปี ดังนั้นในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริด เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุมชนหากมีการสนับสนุนจากภาครัฐในการลงทุนเพื่อติดตั้งในชุมชน จะเป็นพลังงานสะอาดที่สามารถทำให้สมาชิกในชุมชนสามารถดำเนินชีวิตได้โดยไม่สร้างมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

**คำหลัก:** เซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริด การลดภาระทางไฟฟ้า การพึ่งพาตนเอง

### Abstract

The aim of solar on grid application as a power supply for community is self-reliance in religious institution. The religious institution can be electricity generation by itself. The electricity charge was decrease 2,600 baths by solar on grid application. There is no effect from disasters such as earthquake, floods. Solar cells were installed 50 m<sup>2</sup> that can be energy production 8.28 kW per day. Cost of installation is 379,000 baths that calculation per unit is 1.99 baths per watt. Payback period is 2 years, thus solar on grid application for electricity generation is clean energy. Finally, the communities are living without environmental pollution.

**Keywords:** Solar On Grid, Electrical load reducing, Self-reliance

### 1. บทนำ

ปัจจุบันนี้พลังงานถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านเกษตรกรรม การคมนาคม ที่อยู่อาศัย รวมไปถึงภาครัฐและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งพลังงานที่นำมาใช้ในปัจจุบันเป็นพลังงานสิ้นเปลือง (Fossil fuel) เมื่อมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเป็นจำนวนมาก การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น สามารถก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน อากาศเป็นพิษ และฝนกรด [1]

ดังนั้นแนวทางการลดภาวะโลกร้อน คือ การนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานสิ้นเปลือง โดยพลังงานทดแทนที่น่าสนใจและเหมาะสมสำหรับประเทศไทย คือ พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นพลังงานที่ได้มาอย่างไม่มีวันหมด ปัจจุบันเริ่มมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น เครื่องคิดเลข สัญญาณจราจร เรือมอเตอร์ ระบบสูบน้ำ อาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และสำนักงาน เป็นต้น

การนำเซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดมาประยุกต์ใช้สำหรับจ่ายไฟในชุมชนเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากในชุมชนชนบทยังมีหลายพื้นที่ซึ่งไฟฟ้าเข้าไม่ถึง ทำให้เกิดความลำบากในการดำรงชีวิต เพื่อให้เกิดการพึ่งพาตนเองของชุมชนชนบท [2]

งานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาประสิทธิภาพการติดตั้งและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดสำหรับชุมชน

## 2. วิธีการวิจัย

### 2.1 การติดตั้งโซลาร์เซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

2.1.1 โซลาร์เซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ดังรูปที่ 1 ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์จะใช้แผงที่มีขนาด 245-265 วัตต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง 97% แม้จะเป็นพื้นที่ที่มีความเข้มแสงน้อย ทั้งยังทนต่อสภาวะที่มีหมอกเกลือและแอมโมเนียสูง [3]



รูปที่ 1 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

2.1.2 อุปกรณ์เปลี่ยนกระแสไฟฟ้า (Inverter) ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ จะมีการใช้อุปกรณ์เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า inverter เข้ามาร่วมในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้ inverter รุ่น Prowess PS ดังรูปที่ 2 ซึ่งสามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมระบบการทำงานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีระบบการป้องกันการลัดวงจรของกระแสอีกด้วย



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์เปลี่ยนกระแสไฟฟ้า (Inverter)

### 2.2. การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้ได้ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ [4] โดยใช้ตัวชี้วัดทางการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.2.1 ต้นทุน (Cost) คือ รายจ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการซึ่งอาจจ่ายเป็นเงินสดสินทรัพย์อื่น หนี้สินหรือการให้บริการหรือการก่อหนี้ ทั้งนี้รวมถึงผลขาดทุนที่วัดค่าเป็นตัวเงินได้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ

2.2.2 การวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PP, PB) หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสด รับสุทธิจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดซึ่งจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการ การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินสดจ่ายเงินลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการ/เงินสดรับสุทธิต่อรายปี (1)

2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หมายถึง เป็นผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาในโครงการนั้นแล้ว โดยมุ่งหวังว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือมีกำไรต่อส่วนรวมหรือไม่ นั่นคือ ถ้าค่า NPV ที่ได้มีค่ามากกว่าศูนย์หรือเป็นบวก แสดงว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า แต่หากค่า NPV ที่ได้มีค่าลบหรือต่ำกว่าศูนย์ แสดงว่า การลงทุนตามโครงการนั้นจะไม่คุ้มค่า สามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

เมื่อ n = อายุของโครงการ (ปี)

B<sub>t</sub> = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้รายปี

C<sub>t</sub> = เงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ

i = อัตราคิดลด (discount rate)

ซึ่งมีเงื่อนไขในการคำนวณดังนี้

ถ้า NPV ที่ได้มีค่ามากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่า โครงการนี้เป็นโครงการที่น่าลงทุน

ถ้า NPV ที่ได้มีค่าน้อยกว่า 0 หรือมีค่าเป็นลบ แสดงว่า โครงการเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน

2.4 ต้นทุนต่อหน่วยพลังงาน (Cost of Electricity, COE) ต้นทุนต่อหน่วยพลังงานสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_E = \frac{LCC}{E_e} \quad (3)$$

เมื่อ CE = ต้นทุนการผลิตพลังงานตลอดอายุการใช้งาน



LCC = ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน  
Ee = ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งาน

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

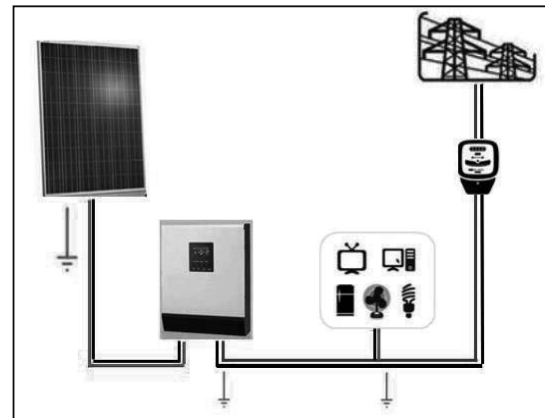
#### 4.1 การติดตั้งโซลาเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

โซลาเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) เป็นแผงที่มีประสิทธิภาพ (รูปที่ 3) และยังมีราคาถูกกว่า แผงโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์อีกด้วย [6] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำแผงโซลาเซลล์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ซึ่งจากการติดตั้งโซลาเซลล์จำนวน 24 แผง ขนาดแผงละ 345 วัตต์ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 8.28 กิโลวัตต์ ทำให้สามารถทดแทนค่าไฟฟ้าได้ถึง 2,600 บาทต่อเดือน ในส่วนของค่าต้นทุนต่อหน่วยการผลิตพลังงานอยู่ที่ 1.99 บาทต่อวัตต์



รูปที่ 3 การติดตั้งโซลาเซลล์แบบอนกริดในชุมชน

ที่มา: บริษัท โซลาร์ โฮม เจริญราช จำกัด  
ในการติดตั้งระบบโซลาเซลล์อนกริดสำหรับชุมชน มีการติดตั้งโดยต่อเข้ากับระบบสายส่งจากการไฟฟ้า ซึ่งมีแผงโซลาร์เซลล์ในการกำเนิดไฟฟ้า จ่ายไฟเข้าอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อต่อเข้ากับไฟฟ้าภายในบ้านต่อไป ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ไดอะแกรมระบบโซลาเซลล์แบบอนกริด

#### 4.2 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ต้นทุนสำหรับการลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนกริดเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุมชนแสดงดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	รายละเอียด	ราคา
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 24 แผง	192,000
2	Inverter	27,000
3	อุปกรณ์อื่นๆ และโครงสร้าง	30,000
4	ค่าดำเนินการ ค่าติดตั้ง	130,000
5	รวม	379,000

จากตารางต้นทุนทั้งหมดที่ใช้ คือ 379,000 บาท ดังนั้นสามารถนำไปคิดค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก ซึ่งเป็นโครงการที่น่าลงทุน อีกทั้งระยะเวลาคืนทุนยังสั้น คือ 2 ปี

### 5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. หลังคาศาลาการเปรียญของสถาบันทางศาสนาภายในชุมชน สามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งหมด 24 แผง หรือ ตารางเมตร โดยเซลล์แสงอาทิตย์นี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้  $7.63 \times 10^3$  กิโลวัตต์ต่อปี และสามารถลดค่าไฟได้ 30,520 บาทต่อปี



2. จากการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในส่วน  
ของต้นทุนแผงและการติดตั้งโดยรวมอยู่ที่ 379,000 บาท และ  
เป็นโครงการที่น่าลงทุน เนื่องจากค่ามูลค่าบริการปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น  
บวก และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 2 ปี

เมื่อชุมชนสามารถนำพลังงานสะอาด นั่นคือ พลังงาน  
แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม  
 อีกทั้งยังเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่ได้มาฟรี ทำให้ชุมชน  
สามารถพึ่งพาตนเองในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ท้ายที่สุดจะ  
ทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืนต่อไป

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555).  
สถานการณ์ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยตั้งแต่อดีตถึง  
ปี พ.ศ. 2554. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ  
อนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [2] วิจิต มาลาเวช. (2556). ชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย  
ระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน. วารสารมหาวิทยาลัย  
ทักษิณ. 16 (3), หน้า 29-38.
- [3] บริษัท โซลาร์ โฮม เจริญราช จำกัด. แผงโซลาร์เซลล์ชนิด  
โพลีคริสตัลไลน์, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา  
<http://www.solarhome-charoenrat.com>, สืบค้นเมื่อ 21  
สิงหาคม 2560.
- [4] ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. (2542). คู่มือการวิเคราะห์ความเป็นไปได้  
โครงการ: กรณีศึกษาการลงทุนเอกชนและโครงการ  
อสังหาริมทรัพย์. ปทุมธานี: พี พรินติ้ง กรุ๊ป
- [5] ศักดิ์ชัย กรุงศรีเมือง. (2558). เทคโนโลยีด้านอนุรักษ์  
พลังงาน. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- [6] พรสวรรค์ พิริยะศรีธา. (2559). การใช้เซลล์แสงอาทิตย์บน  
หลังคาอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
เพื่อการประหยัดพลังงาน. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรม  
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15 (1), หน้า 183-200.



## อิทธิพลของการปรับแต่งองศาการฉีดน้ำมันใช้ไบโอดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์การเกษตร The Effect of Injection Timing on Biodiesel-Ethanol Fuel Blends Fueling in Agricultural Engine

ยุทธศักดิ์ แพร่เรือง<sup>1,2</sup>, เสณีย์ พันโยธา<sup>1</sup> และ กัมปนาท เทียนน้อย<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการเผาไหม้และพลังงานทางเลือก สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

\* E-mail: kampanart.t@cit.kmutnb.ac.th, โทรศัพท์: 022 555 2000 ext. 6244

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันความต้องการการใช้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักมีอัตราการใช้งานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ด้วยแหล่งผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่จำกัดซึ่งสวนทางกับการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมและคมนาคมจึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษที่สูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก และปริมาณเขม่า ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศดังนั้นนักวิจัยจึงมีความพยายามที่จะนำเชื้อเพลิงทางเลือกที่ผลิตได้จากชีวมวล หรือเชื้อเพลิงชีวภาพมาทดแทนน้ำมันจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อยานยนต์ เชื้อเพลิงเอทานอลจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะนำเอทานอลในอัตราส่วน 10% (BE10) และ 20% (BE20) โดยปริมาตร มาผสมกับน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลบริสุทธิ์ (B100) โดยทำการปรับแต่งองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลในอัตราส่วนต่างกันเป็นเชื้อเพลิงซึ่งพบว่า 17.5 เป็นองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง BE10 และ BE20 ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงและมีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษที่ต่ำ

**คำหลัก:** เครื่องยนต์ดีเซล; องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง; เชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมเอทานอล; มลพิษจากไอเสีย

### Abstract

Nowadays, the demand of petroleum as the main fuel has continuously increased. However, the limitation of petroleum-producing sources, which conversed with the growth of industrial sector and communications lead to increasing the pollution discharge amount, especially the amount of oxide of nitrogen, carbon dioxide or the green-house gas and soot concentration. Which is the main problem from the diesel fuel combustion, affecting the air pollution. Hence, the researcher have been challenged find the alternative fuel produced from the biomass or biofuel substitute to the fossil fuel for the vehicles. Ethanol fuel is one of alternative fuel fueling and operate in diesel engine. Therefore, this research use ethanol in the ratios 10 and 20 % by volume and blended with pure palm oil biodiesel (B100) namely BE10 and BE20, respectively. The optimization of injection timing to improve the engine efficiency in order to support engine fueling with various biodiesel-ethanol fuel blends. The result shown that 17.5 are the optimized injection timing for engine fueled with BE10 and BE20, respectively lead to the high thermal efficiency with low engine out emission

**Keywords:** Diesel engine; Fuel injection timing; Biodiesel – ethanol fuel blends; Exhaust Gas Emission

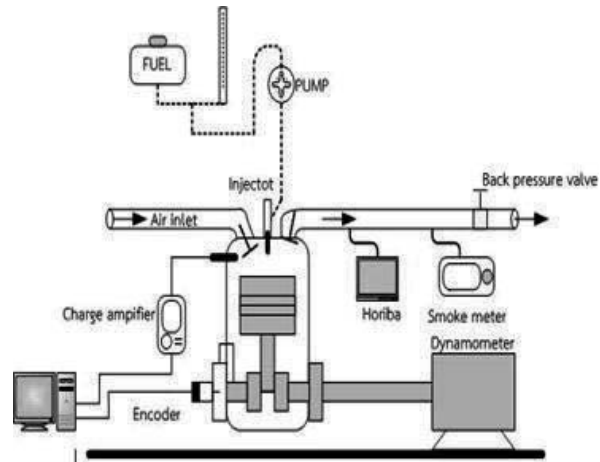
## 1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้ปิโตรเลียมมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นพลังงานหลัก ในขณะที่ปริมาณน้ำมันดิบสำรองมีอยู่จำกัดจึงทำให้มีอัตราลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นผลเนื่องจากการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมและคมนาคมมีอัตราการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังส่งผลต่อปริมาณการปลดปล่อยมลพิษที่เป็นอันตรายสูงขึ้นไปด้วย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกกลายเป็นปัญหาที่สำคัญ[1] อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเกือบทั้งหมดซึ่งทำให้ราคาของเชื้อเพลิงได้มีความผันผวนตามตลาดโลกส่งผลกระทบต่อด้านอุตสาหกรรม การขนส่ง แม้แต่ภาคครัวเรือนเองก็ตาม[2] ประเทศไทยควรจะพยายามหาพลังงานที่ผลิตได้ในประเทศเพื่อทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียม ซึ่งภาครัฐมีมาตรการและนโยบายที่สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทดแทน ที่สามารถผลิตได้จากภายในประเทศเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ เชื้อเพลิงชีวมวล เชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอล และไบโอดีเซล) มาใช้งาน [3] ดังนั้นเอทานอลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้เอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินเรียกว่าแก๊สโซฮอล์ ดังนั้นการนำเอทานอลผสมไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค้นคว้าความเหมาะสมที่จะใช้เอทานอลผสมไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อหาองค์การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลผสมไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบยี่ห้อ Yanmar รุ่น L100V เป็นเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 4 จังหวะโดยมีระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงและใช้อากาศในการระบายความร้อนรายละเอียดเครื่องยนต์ดังแสดงในตารางที่ 1 เครื่องยนต์ทำการติดตั้งอยู่บนแท่นทดสอบต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์แบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Eddy Current Engine Dynamometer) เพื่อทำหน้าที่ในการจำลองภาระงานของเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ถูกติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบ Thermocouple ชนิด K เพื่อบันทึกอุณหภูมิของไอเสีย อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องยนต์ และอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดังแสดงในรูปที่ 1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการศึกษาได้แก่

น้ำมันไบโอดีเซลบริสุทธิ์(B100) และไบโอดีเซลผสมเอทานอล โดยอัตราส่วนโดยปริมาตร 90:10(BE10) และ 80:20(BE20) ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 การติดตั้งเครื่องยนต์และอุปกรณ์บนแท่นทดสอบ

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของน้ำมันที่ใช้ทดสอบ

Fuel Analysis	Method	B100	Ethanol
Cetane Number	ASTM D613	54.7	<5
Density at 15°C (Kg m <sup>-3</sup> )	ASTM D4052	883.7	792
Viscosity at 15°C (cSt)	ASTM D445	4.478	1.13
Boiling Point(°C)	ASTM D86	219-358	78
LCV (MJ kg <sup>-1</sup> )		39.9	26.5
Sulphur (mg kg <sup>-1</sup> )	ASTM D2622	5	34.79
AROMATIC (% wt)		0	0
C(% wt)		77.2	52.17
H(% wt)		81.2	13.04
O(% wt)		10.8	0

การปรับเปลี่ยนองค์การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจากมาตรฐานของเครื่องยนต์อยู่ที่ 15.5 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank Angle Degree-CAD) ก่อนศูนย์ตายบน ให้มีการฉีดที่เร็วขึ้น 1 องศาและ 2 องศาเป็น 16.5 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง และ 17.5 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง ตามลำดับและปรับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ช้าลง 1 องศาและ 2 องศาจะส่งผลให้องค์การฉีดเป็น 14.5 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง และ 13.5 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง ตามลำดับ ซึ่งการปรับเปลี่ยนองศาการฉีดสามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนความหนาของแผ่นชิม (Shim) ตามมาตรฐานของผู้ผลิต โดยแผ่นชิมที่ติดตั้งอยู่ระหว่างปั๊มกลไกน้ำมันเชื้อเพลิงและเสื้อสูบโดยทุกๆความหนาของแผ่นชิมที่เปลี่ยนไป 0.1 มิลลิเมตรจะส่งผลให้องศาการฉีดน้ำมัน



เชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไป 1 องศาด้วยการเพิ่มความหนาของแผ่น  
ซึมไป 0.2 มิลลิเมตร จะส่งผลให้องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะ  
ล่าช้าไป 2 องศาเพลาข้อเหวี่ยงอยู่ที่ 13.5 องศาเพลาข้อเหวี่ยง  
เป็นต้น

ชุดวิเคราะห์ความดันในห้องเผาไหม้ (In-cylinder  
Pressure Transducer) ยี่ห้อ Kistler รุ่น 6056A โดยต่อพ่วง  
กับชุดขยายสัญญาณ (Charge Amplifier) ยี่ห้อ Kistler รุ่น  
5081 เพื่อขยายสัญญาณ และทำการติดตั้งตัววัดองศาเพลา  
(Shaft Encoder) ยี่ห้อ Baumer เพื่อวัดตำแหน่งของเพลาข้อ  
เหวี่ยงโดยเก็บข้อมูลของความดันในห้องเผาไหม้ในแต่ละองศา  
เพลาข้อเหวี่ยงเพื่อประมวลผลหาค่าอัตราการปลดปล่อยความ  
ร้อนด้วยโปรแกรมประมวลผลที่พัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม  
Labview การวัดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้  
ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ยี่ห้อ Horiba รุ่น MEXA 584L  
ใช้วัดปริมาณใช้วัดปริมาณไฮโดรคาร์บอนโดยมีหลักการทำงาน  
ด้วยวิธี Non - Dispersive Infra-Red (NDIR) ปริมาณ  
ไนโตรเจนออกไซด์ด้วยวิธีการวัดด้วยวิธี Chemiluminescence  
และออกซิเจนวัดด้วยวิธี electrochemical ซึ่งค่าที่วัดได้นั้นจะ  
เชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ของระบบคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกผลโดย  
การวัดค่าเพื่อเป็นข้อมูลส่วนการวัดปริมาณเขม่า (Smoke) นั้น  
ใช้เครื่องมือวัดควันดำ (Smoke meter) โดยค่าที่วัดได้จะเป็น  
ค่าระดับตามความเข้มของแสงผ่านได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 ตาม  
ปริมาณเขม่าจากน้อยไปหามากตามลำดับ

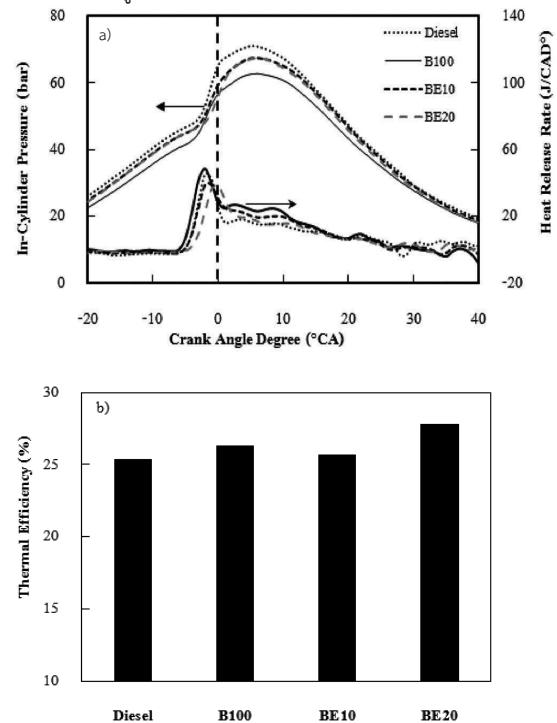
งานวิจัยนี้ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์  
คงที่ที่ 1,200 รอบต่อนาที 1,500 รอบต่อนาที และ 1,800 รอบ  
ต่อนาที และทำการทดสอบที่ภาระงานของเครื่องยนต์ร้อยละ  
25, 50 และ 75 ของภาระงานสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ความเร็ว  
รอบเครื่องยนต์ในแต่ละความเร็วรอบ ทำการปรับแต่งองศาการ  
ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบที่ 17.5 องศาเพลาข้อเหวี่ยง  
16.5 องศาเพลาข้อเหวี่ยง 15.5 องศาเพลาข้อเหวี่ยง 14.5 องศา  
เพลาข้อเหวี่ยง และ 13.5 องศาเพลาข้อเหวี่ยงตามลำดับโดย  
น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการทดสอบจะทำการผสมระหว่าง  
น้ำมันไบโอดีเซลกับเอทานอลในอัตราส่วนโดยปริมาตร  
ดังนี้ 100:0 (B100) , 90:10 (BE10) และ 80:20 (BE20)

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

#### 3.1 อิทธิพลของเชื้อเพลิงที่ส่งผลต่อการเผาไหม้ของ เครื่องยนต์

การทดสอบที่ภาระงานเครื่องยนต์เท่ากับ 50  
เปอร์เซ็นต์ของภาระงานสูงสุด ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์

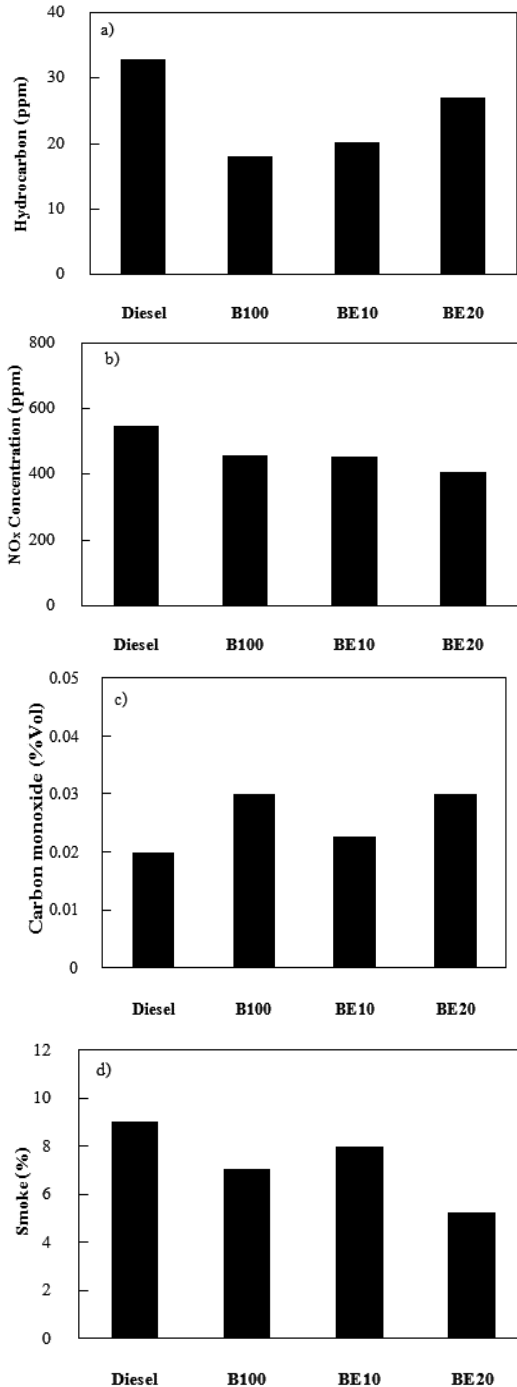
เท่ากับ 1500 รอบต่อนาที โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง B100 BE10  
และ BE20 ตามลำดับที่ทำการทดสอบหาความดันที่เกิดขึ้นจาก  
การเผาไหม้ในกระบอกสูบและอัตราการปล่อยความร้อนของ  
การเผาไหม้พบว่าเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอล จะช่วย  
ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ล่าช้า (Retarded Combustion)  
ประกอบกับค่าความร้อนจำเพาะของเอทานอลและไบโอดีเซลที่  
ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลจึงส่งผลให้ปริมาณความร้อน  
ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ลดลง และความดันสูงสุดของการเผา  
ไหม้ก็ลดลงตามไปด้วย โดยพบว่า ความดันสูงสุดในกระบอกสูบ  
จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดังนี้ Diesel>BE10>BE20>B100  
และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์  
นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง ตามรูปที่ 2 ซึ่งเป็นผลอัน  
เนื่องมาจากลักษณะกลไกการเผาไหม้ และคุณลักษณะของการ  
ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งการทดลองว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้  
ของน้ำมันเชื้อเพลิงตามลำดับต่อไปนี้ BE20>B100>Diesel>  
BE10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการนำเอาเอทานอลมาผสมกับ  
น้ำมันไบโอดีเซลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ  
เครื่องยนต์ให้สูงขึ้น



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงอิทธิพลของเชื้อเพลิงต่อประสิทธิภาพ  
ของเครื่องยนต์ a) ค่าความดันในกระบอกสูบและอัตราการ



ปัดลดความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง b) ประสิทธิภาพ  
เชิงความร้อนของเชื้อเพลิง

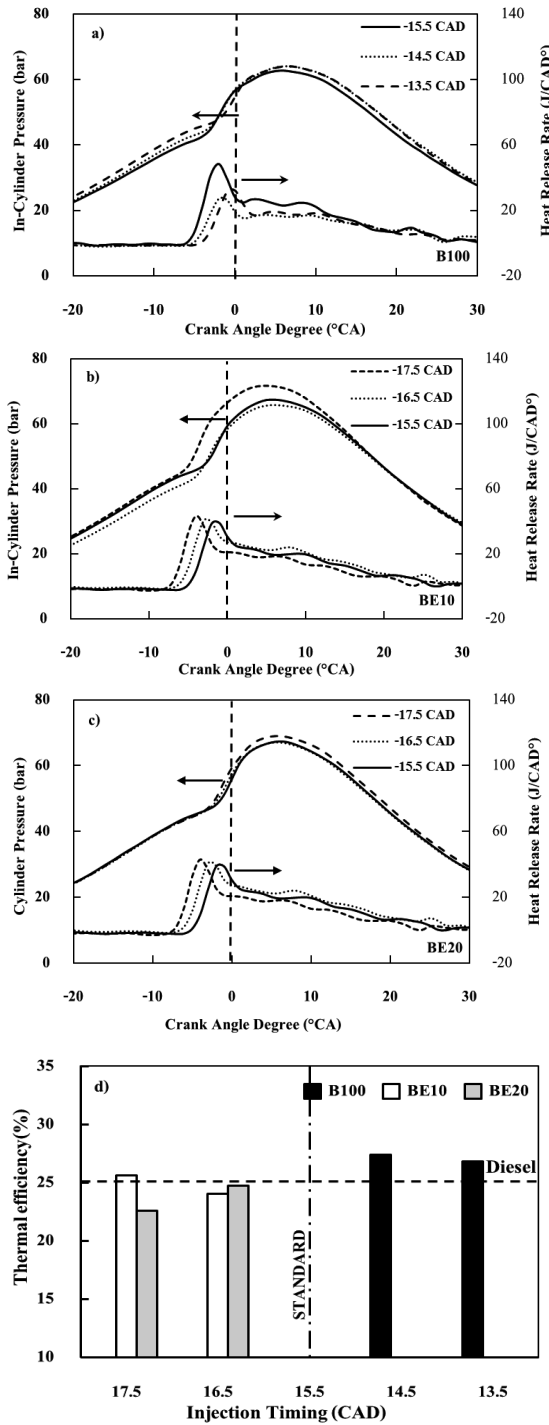


รูปที่ 3 แผนภาพแสดงอิทธิพลของเชื้อเพลิงต่อปริมาณมลพิษ  
จากการเผาไหม้ a) ไฮโดรคาร์บอน b) ออกไซด์ของไนโตรเจน  
และ c) คาร์บอนมอนอกไซด์ และ d) เขม่า

น้ำมันเชื้อเพลิงผสมระหว่างกับไบโอดีเซลกับเอทานอล พบว่าเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ดังรูปที่ 3a และจะส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และ เขม่า กล่าวคือเมื่อเอทานอลเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้การเผาไหม้อยู่ในสภาวะส่วนผสมหนา ประกอบกับปริมาณของออกซิเจนที่สูงขึ้น จึงช่วยส่งเสริมการออกซิไดซ์ของเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่ดีขึ้นโดยที่ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปของ Thermal NO<sub>x</sub> ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3b จึงทำให้อัตราการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนลดต่ำลงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่มีปริมาณสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ BE20 พบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิง B100 และ BE10 ดังแสดงในรูปที่ 3d

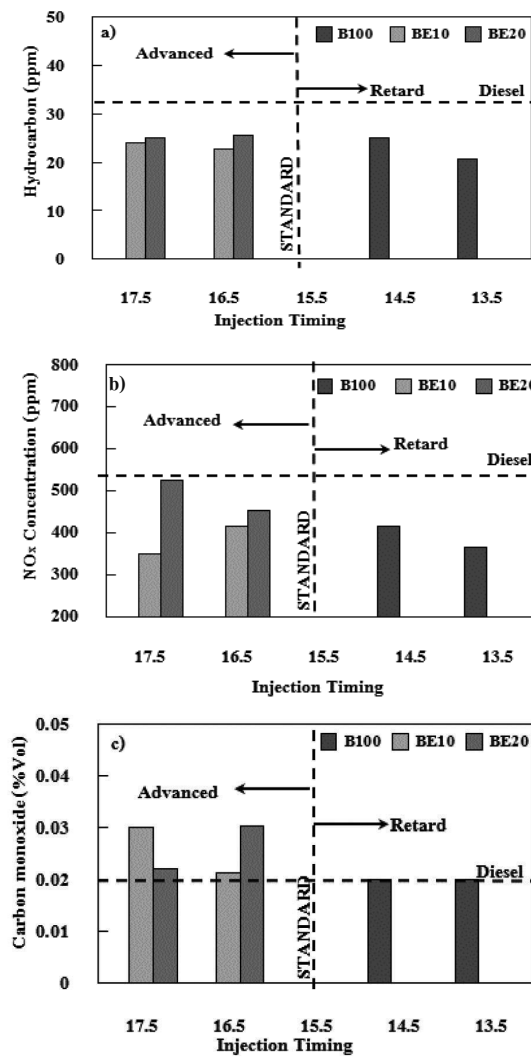
### 3.2 อิทธิพลของการปรับแต่งองค์การฉีดยาน้ำมันเชื้อเพลิง

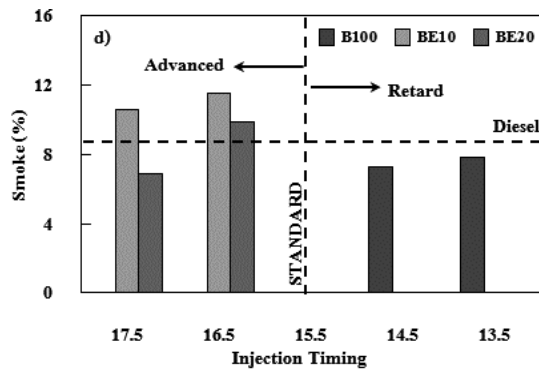
เมื่อพิจารณาถึงองค์การฉีดยาน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันเชื้อเพลิง B100 พบว่าการฉีดเชื้อเพลิงให้ Retard 1 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่ 14.5 องศาอนุยัตายบน ช่วยเพิ่มความดันในกระบอกสูบและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงที่สุดในการใช้ น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงดังรูปที่ 3 และเมื่อพิจารณาถึงองค์การฉีดยาน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันเชื้อเพลิง BE10 พบว่าการฉีดเชื้อเพลิงให้ Advanced 2 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่ 17.5 องศาอนุยัตายบน ช่วยส่งเสริมการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบทำให้ความดันในกระบอกสูบสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพการปลดปล่อยความร้อนสูงขึ้น ดังรูปที่ 4 และเมื่อพิจารณาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง BE20 ดังรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าการฉีดเชื้อเพลิงให้ Advanced 2 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงที่ 17.5 องศาอนุยัตายบน ส่งผลให้อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงในช่วง Premixed เกิดเร็วขึ้นและขยายช่วงการเผาไหม้ในช่วง Diffusion ให้ยาวนานขึ้น



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงอิทธิพลของการปรับแต่งองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่อประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ a)B100 b)BE10 c)BE20 และ d)ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 4 พบว่าการปรับเปลี่ยนองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง มีผลต่อประสิทธิภาพจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่างชนิดกัน ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าคุณสมบัติที่แตกต่างกันส่งผลให้ลักษณะกลไกการเผาไหม้ของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งการปรับเปลี่ยนองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Injection Timing) ให้เหมาะสมทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น





รูปที่ 5 แผนภาพแสดงอิทธิพลของเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณมลพิษจากการเผาไหม้ a)ไฮโดรคาร์บอน b)ออกไซด์ของไนโตรเจน และ c)คาร์บอนมอนอกไซด์ และ d)เขม่า

องศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงส่งผลไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไฮโดรคาร์บอนที่เด่นชัดดังรูปที่ 5a แต่จะส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และ เขม่า กล่าวคือเมื่อเอทานอลเพิ่มขึ้นอัตราการฉีดน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้การเผาไหม้อยู่ในสภาวะส่วนผสมหนา ประกอบกับปริมาณของออกซิเจนที่สูงขึ้น จึงช่วยส่งเสริมการออกซิไดซ์ของเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่ดีขึ้นโดยที่ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปของ Thermal NO<sub>x</sub> ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิดังรูปที่ 3b จึงทำให้อัตราการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนลดต่ำลงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่มีปริมาณมากขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ BE20 พบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิง B100 และ BE10 ดังแสดงในรูปที่ 5d

#### 4. สรุปผลการทดลอง

การนำเชื้อเพลิงเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรผสมกับน้ำมันไบโอดีเซล (BE10) สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ โดยพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และช่วยลดปริมาณมลพิษจากการเผาไหม้ โดยเฉพาะปริมาณของไฮโดรคาร์บอนและเขม่า น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลสามารถช่วยส่งเสริมการเผาไหม้และประสิทธิภาพเชิงความร้อนประกอบของเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อการเกษตร รวมถึงปริมาณมลพิษได้แก่ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน เขม่าและฝุ่นละอองอยู่ในปริมาณที่ต่ำ แต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่เหมาะสม อาทิ ช่วงเวลาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เป็น

ต้น เพื่อให้เหมาะกับเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งการปรับของเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงหลัก พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลเป็นเชื้อเพลิงนั้นต้องการองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ล่วงหน้า (Advanced) โดยพบว่าองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงล่วงหน้า 2 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงหรือที่ 17.5 องศา ก่อนศูนย์ตายบน มีความเหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงเอทานอลผสมไบโอดีเซล BE10 นำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล จะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเครื่องยนต์และช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตรได้เหมาะสม

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา ประจำปี 2558 จาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Gvidonas L., Slavinskis S., and Mažeik, M., (2014) "The effect of ethanol-diesel-biodiesel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection diesel engine" Energy Conversion and Management, Vol. 79, 698-720
- [2] ธนวัฒน์ ศรีรักษา และ จินดา เจริญพรพาณิชย์, (2551). "จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, AEC-030
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2556). "Thailand Energy Statistics 2013" กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ISSN 2286-6345
- [4] Shahir, S.A., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Imran, A., Rizwanul Fattah, I.M., and Sanjid A. (2014). "Feasibility of diesel-biodiesel-ethanol/bioethanol blend as existing CI engine fuel: An assessment of properties, material compatibility, safety and combustion" Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.32, pp.379-395
- [5] Murcak, A., Haşimoğlu, C., Çevik I., Karabektaş, M., and Ergen, G., (2013). "Effects of ethanol-diesel blends



to performance of a DI diesel engine for different injection timings” International Journal of Fuel 109, 582–587

[6] Hansen, A.C., Zhang Q, Lyne P.W.L. (2005). “Ethanol–diesel fuel blends-A review.” *Bioresource Technology*; 96, pp.277–285.

[7] Padala, S., Woo, C., Kook, S., Hawkes, E.R., (2013). “Ethanol utilisation in a diesel engine using dual-fuelling technology”, *Fuel*, Vol.109, pp.597–607

[8] เกียรติก้อง สุวรรณกิจ และคณะ (2551). “Feasibility Study of Anhydrous Ethanol Blended with Gasoline for Small Aircraft Engine”การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, AEC-100

[9] ณัฐพล ผ่องราศี และกัมปนาท เทียนน้อย, (2557). “อิทธิพลของการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอเอทานอลที่ส่งผลต่อการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไฮโดรคาร์บอนเอสซีอาร์ในการลดปริมาณไนโตรเจนออกไซด์” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 28, AEC109, 169–175

[10] กัมปนาท เทียนน้อย และ ธวัชชัย วงศ์ช่าง (2554). “การศึกษาอิทธิพลของเชื้อเพลิงผสมเอทานอลที่ส่งผลต่อสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, AEC 45,

[11] Heywood, J. (2554) *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill Education, 1988



สมาชิกเลขที่  
.....

### ใบสมัครสมาชิกวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

วันที่สมัคร .....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว ..... สกุล .....

อาชีพ ..... ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ ..... ถนน .....

แขวง/ตำบล ..... เขต/อำเภอ ..... จังหวัด .....

รหัสไปรษณีย์ ..... โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

E-mail .....

#### มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน ..... ปี

ต่ออายุสมาชิก ..... ปี

#### อัตราค่าสมาชิก

1 ปี 3 ฉบับ 500 บาท (สำหรับสมาชิกสมาคมฯ)  
700 บาท (สำหรับนักศึกษา และบุคคลทั่วไป)

1 ปี 3 ฉบับ 500 บาท (สำหรับบุคคลทั่วไป)  
700 บาท (สำหรับนักศึกษา และบุคคลทั่วไป)

พร้อมกันนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน ..... บาท

จำนวนเงินตัวอักษร .....

ชำระเงินโดยวิธี โอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) สาขา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ประเภทบัญชี ออมทรัพย์ ชื่อบัญชี สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน เลขที่บัญชี 453-1-38153-5

- หมายเหตุ 1. กรุณาส่งสำเนาใบเข้าบัญชี (pay-in-slip) หรือส่งโทรสารมายังสำนักงาน  
สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย พร้อมเขียน – นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)  
2. นักศึกษาที่สมัครทางไปรษณีย์ กรุณาส่งสำเนาบัตรประจำตัวนักศึกษาแนบมาด้วย

ลงชื่อ ..... ผู้สมัคร

(.....)

---

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

Thailand Renewable Energy for Community Association (TRECA)

39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

โทรศัพท์/โทรสาร 02-549-3497 , E-mail : treca.2012@gmail.com

**แบบฟอร์มการส่งบทความทางวิชาการ  
เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน**

ข้าพเจ้า  นาย  นาง  นางสาว  อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ชื่อ-สกุล.....

(ภาษาอังกฤษ).....

ตำแหน่งทางวิชาการ (โปรดระบุ)  ศาสตราจารย์  รองศาสตราจารย์  ผู้ช่วยศาสตราจารย์

อื่นๆ(โปรดระบุ).....

ที่อยู่ (ที่ติดต่อได้).....

โทรศัพท์ที่ทำงาน..... โทรศัพท์มือถือ.....

โทรสาร..... อีเมล.....

มีความประสงค์ขอส่งบทความเรื่อง :

ชื่อบทความ (ภาษาไทย).....

ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ).....

การตรวจสอบ

ทำการลงทะเบียน และ ส่งวารสารต้นฉบับใน

<http://www.reca.or.th/> เรียบร้อยแล้ว

วันที่ ส่งวารสารต้นฉบับ เข้าสู่ระบบออนไลน์.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า บทความนี้เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามที่ระบุไว้ในบทความ  
จริงและบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และข้าพเจ้าจะไม่นำส่งบทความนี้ไปพิจารณา  
ตีพิมพ์ในวารสารอื่นภายใน 60 วัน นับจากวันที่ข้าพเจ้าส่งบทความ

ลงนาม.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ....



**J-REC BY**  
**THAILAND RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY ASSOCIATION ( TRECA )**