



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่าย (Development of Simple Hydropower Generator System)

โดย

อีลีหัยะ สนิโซ

Eleeyah Saniso

ฮูเซ็ง ชายดানা

Huseng Chaidana



ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่าย

(Development of Simple Hydropower Generator System)

โดย

อีลีหัยะ สนิโซ

Eleeyah Saniso

ฮูเซ็ง ชายดานา

Huseng Chaidana

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2555  
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่าย  
ชื่อผู้วิจัย นายอัสหิยะ สนิโซ  
นายฐะเริง ชัยดานา  
ปีงบประมาณ 2555

## บทคัดย่อ

พลังงานน้ำเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่มากด้วยประสิทธิภาพและถือเป็นวาระแห่งชาติ ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการใช้ประโยชน์พลังงานหมุนเวียนที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ อาทิเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากก๊าซชีวภาพ และพลังงานจากขยะ ระบบผลิต ไฟฟ้าพลังงานน้ำที่มีระดับหัวน้ำต่ำ ไม่จำเป็นต้องกักเก็บน้ำ อาศัยเพียงแหล่งน้ำหรือลำธารที่ไหลผ่าน ตลอดทั้งปี สามารถปิดการทำงานของระบบได้เมื่อไม่มีน้ำจากลำธารไหลผ่านหรือมีฝนตกในปริมาณน้อย ด้วยเหตุนี้การพัฒนาเทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความเป็นไปได้ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบอิสระขนาดเล็กเพื่อ เป็นแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น ณ มูลนิธิสุข-แก้วแก้วแดง พบว่า สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาดเล็กแบบคอยาว ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 114.3 – 217.0 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.193.0 – 0.384 แอมแปร์ ที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 85.00 เซนติเมตร สมรรถนะของระบบในรูปแบบของ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าร้อยละ 51.95 – 98.62 สามารถใช้กับ หลอดไฟ เครื่องใช้ภายในบ้าน และอุปกรณ์การก่อสร้างบางชนิด อย่างไรก็ตามควรทำการปรับปรุงระบบ โดยการติดตั้งชุดเก็บประจุไฟฟ้า (แบตเตอรี่) และอินเวอร์เตอร์เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างเต็ม ประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : พลังงานทดแทน พลังงานน้ำ คริวเรือน

**Title** Development of Simple Hydropower Generator System  
**Researcher** Mr. Eleeyah Saniso  
Mr. Huseng Chaidana  
**Year** 2012

## Abstract

Hydropower is one of the most efficient renewable energy sources. It is one aspect given by the national plan for the renewable technology development with wisely energy utilization from natural. Low head hydro is almost always “run-of-river”; in other words there is no significant storage of water may have to shut down during periods of the river provides enough flow or low rainfall. These are therefore the main focus for the rest of this technology summary. The objective of this research is to study of the feasibility of standalone system of Pico-hydroelectric generator for rural education area at the Suk-keow keowdang foundation. The result in addition, The Pico-hydroelectric generator can be set up, an appropriated technology using the Kaplan hydro turbine (long neck turbine) to producing electricity in rang of 114.3 – 217.0 V at revolution of 0.193.0 – 0.384 A was applied. The resulted at the effective head of 85.00 cm, its performance of the overall systems by mean of the efficiency was found to 51.95% – 98.62% of electrical voltage. This can be used for the light, some house-ware appliances and some construction equipments. The system was based on low cost of construction, local materials, easy construction and maintenance systems. The system improvement needed to be installed with the diversion load-control charger (battery) and inverter sets for fully workloads.

**Keywords :** Alternative energy, Hydro power, Households

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่าย (Development of Simple Hydropower Generator System) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินบำรุงการศึกษา (บ.กศ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ขอขอบคุณนายอำมหัดนุร ยูนิ และนายรอมซี มาหะ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาฟิสิกส์ ที่ช่วยเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันพึงได้จากรายงานวิจัยนี้ขอมอบแด่ ครู อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่สนใจทุกท่าน

อิลีหัยะ สนิโซ

ฮูเซ็ง ชายดানা

เมษายน 2556

## สารบัญ

|                                                                    | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                    | (1)  |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                                 | (2)  |
| กิตติกรรมประกาศ                                                    | (3)  |
| สารบัญ                                                             | (4)  |
| สารบัญภาพ                                                          | (5)  |
| สารบัญตาราง                                                        | (6)  |
| บทที่ 1 บทนำ                                                       | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ                                         | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                                                   | 2    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา                                              | 3    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                      | 3    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                             | 4    |
| 2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง                                            | 4    |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                          | 10   |
| 2.3 กรอบแนวคิดการวิจัย                                             | 14   |
| 2.4 สมมติฐานการวิจัย                                               | 14   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย                                         | 15   |
| 3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์                                      | 15   |
| 3.2 การดำเนินการวิจัย                                              | 15   |
| 3.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล                                     | 17   |
| บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย                                     | 19   |
| 4.1 ผลการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจิวอย่างง่าย | 19   |
| 4.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์                                         | 22   |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ                                          | 25   |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง                                                 | 25   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                                                     | 25   |
| บรรณานุกรม                                                         | 26   |
| ภาคผนวก                                                            | 29   |

## สารบัญภาพ

|                                                                                                                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 1.1 ส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขึ้นต้นเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2554                                                                       | 1    |
| ภาพที่ 2.1 หลักการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ                                                                                                           | 4    |
| ภาพที่ 2.2 ลักษณะของคลื่นรูปไซน์                                                                                                                   | 7    |
| ภาพที่ 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบ(ก) Bulb turbine (ข) Straflo turbine และ (ค) ECOBulb turbine                                     | 8    |
| ภาพที่ 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบ (ก) The pit turbine (ข) Inclined axis axial flow turbine และ (ค) Horizontal axis S type turbine | 9    |
| ภาพที่ 2.5 กังหันน้ำแบบคอยาวขนาด 200 W สำหรับครัวเรือน                                                                                             | 10   |
| ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบของโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก                                                                                             | 11   |
| ภาพที่ 2.7 การติดตั้งและขยายผลระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก                                                                                       | 11   |
| ภาพที่ 2.8 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์                                                                     | 12   |
| ภาพที่ 2.9 การติดตั้งและทดสอบระบบ ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง                                                                                        | 13   |
| ภาพที่ 3.1 การวัดความกว้าง ความยาว และความลึกของสายน้ำ                                                                                             | 16   |
| ภาพที่ 3.2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย                                                                                                | 16   |
| ภาพที่ 3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย                                                                                                | 17   |
| ภาพที่ 4.1 แบบใบพัดกังหันน้ำที่ทำจากโฟม                                                                                                            | 19   |
| ภาพที่ 4.2 บล็อกกังหันน้ำทำจากปูนปลาสเตอร์                                                                                                         | 20   |
| ภาพที่ 4.3 ใบพัดกังหันน้ำที่ทำจากการหล่อเรซินในบล็อกปูนปลาสเตอร์พร้อมใช้งาน                                                                        | 20   |
| ภาพที่ 4.4 ท่อส่งน้ำที่ทำจากการม้วนเหล็กแผ่น                                                                                                       | 20   |
| ภาพที่ 4.5 การติดตั้งแกนและกังหันน้ำในท่อส่งน้ำ                                                                                                    | 21   |
| ภาพที่ 4.6 การประกอบชุดมอเตอร์เข้ากับชุดกังหันน้ำ                                                                                                  | 21   |
| ภาพที่ 4.7 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย                                                                                        | 22   |
| ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า                                                                          | 23   |

เฉลี่ยของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน (ก) 10.16 cm (4 นิ้ว) และ  
(ข) 7.62 cm (3 นิ้ว)

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                                    | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 4.1 ผลการวัดความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า<br>ของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm (4 นิ้ว) | 22   |
| ตารางที่ 4.2 ผลการวัดความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า<br>ของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm (3 นิ้ว)  | 22   |

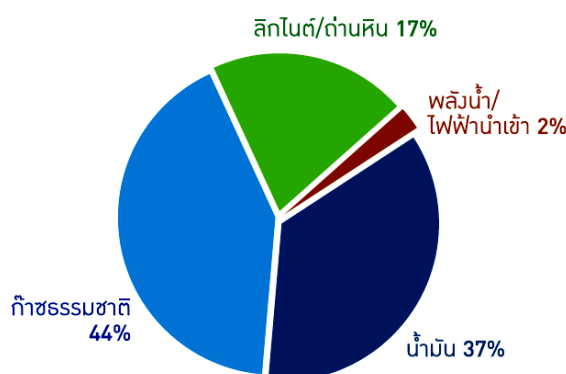
# บทที่ 1

## บทนำ

จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส มีแหล่งน้ำขนาดเล็กจากภูเขาสูงไหลผ่านเป็นแนวยาวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ สามารถใช้เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำได้ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและไม่เป็นมลภาวะให้กับโลก จึงควรพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับใช้เองในอาคารและบ้านเรือนของประชาชน อันเป็นการเพิ่มโอกาสและยกระดับคุณภาพชีวิตสำหรับผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกลได้อย่างเห็นผล

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญปัญหาภาวะสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้ถ่านหินและน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการต่าง ๆ ของมนุษย์ทั่วโลก (ดาวัลย์, 2546) แต่ละประเทศได้นำเข้าวัตถุดิบดังกล่าวในปริมาณสูงจนกลายเป็นผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน (Global warming) อันส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกอย่างรุนแรง เช่น การเกิดภาวะแห้งแล้งยาวนาน ธารน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความร้อนในมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น เกิดไฟป่ารุนแรงและบ่อยครั้ง (ไกรพัฒน์, 2551; บัณฑิต และคณะ, 2550) ในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการเพิ่มที่ร้อยละ 4.4 ต่อปี การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานนี้ควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.5 ต่อปี หากในอีก 20 ปีข้างหน้า รัฐบาลไม่จัดทำแผนการอนุรักษ์พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างระบบขนส่งและอุตสาหกรรม ความต้องการใช้พลังงานของประเทศจะเพิ่มสูงขึ้น โดยมีอัตราเฉลี่ยร้อยละ 3.9 ต่อปี หรือเพิ่มขึ้นจาก 71,000 ktoe (พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) เป็น 151,000 ktoe (สถานการณ์พลังงาน, 2554)



**ภาพที่ 1.1** ส่วนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขึ้นต้นเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2554

(ที่มา : สถานการณ์พลังงาน, 2554)

การนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ขึ้นต้นสุทธิ (ภาพที่ 1.1) ในช่วง 3 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ระดับ 1,043 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 4.7 สอดคล้องกับการขยายตัวของการลงทุนรวมที่ขยายตัวร้อยละ 9.3 โดยพลังงานที่มีการนำเข้าเพิ่มขึ้น ได้แก่การนำเข้าไฟฟ้าสุทธิที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 109.2 เนื่องจากการนำเข้าจากโรงไฟฟ้าน้ำจืด 2 ขนาด 597 MW ซึ่งเริ่มจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 และการนำเข้าถ่านหินสุทธิเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.4 ในขณะที่การส่งออกน้ำมันสำเร็จรูปสุทธิลดลงร้อยละ 36 ส่วนการนำเข้าก๊าซธรรมชาติลดลงร้อยละ 6.5 และการนำเข้าน้ำมันดิบสุทธิลดลงร้อยละ 3.2 โดยประเทศไทยมีอัตราการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศต่อความต้องการใช้ในช่วง 3 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ระดับร้อยละ 56 ซึ่งเท่ากับกับช่วงเดียวกันของปีก่อน (สถานการณ์พลังงาน, 2554) โดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้ประมาณการอัตราการเพิ่มรายได้ประชาชาติในระยะ 15 ปีต่อไป ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ ฉบับที่ 10 11 และ 12 เฉลี่ยร้อยละ 5.40 คิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ยของความ ต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 1,400,000 kW

การวิจัยเพื่อพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้เพียงพอต่อการความต้องการของประเทศเพื่อลดภาระการนำเข้าพลังงาน (ประเสริฐ, 2535) มีความจำเป็นอย่างยิ่ง อาทิเช่น พลังงานจากชีวมวล (Biomass energy) (Palanichamy *et al.*, 2002) พลังงานน้ำ (Hydro Power) Alexander and Giddens (2008), Baidya (2006), Balat (2007), Date and Akbarzadeh (2009), Kaldellis (2007), Ogayar and Vidal (2009) และ Ponta and Jacovkis (2008) พลังงานลม (Wind energy) (David *et al.*, 2008; Himri *et al.*, 2009; Jovicic, 2008; Mabel and Fernandez, 2008; Velasco *et al.*, 2004) และพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) (Akhtar *et al.*, 2008; Bwana, 2009; Calogero and Marco, 2008; Liu *et al.*, 2008; Ramakrishna, 2007) เป็นต้น

พื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส มีแหล่งน้ำขนาดเล็กจากภูเขาสูงผ่านเป็นแนวยาวครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ 3 จังหวัดดังกล่าว สามารถใช้เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำได้ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและไม่เป็นมลภาวะให้กับโลก แต่ ณ ขณะนี้ยังไม่มีหน่วยงานหรือองค์กรใด ๆ เข้ามาช่วยเหลือหรือสนับสนุนการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับใช้เองในอาคารและบ้านเรือนของประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประชาชนที่อยู่ในหุบเขาซึ่งไฟฟ้าของการไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึง จึงจำเป็นต้องพัฒนาอุปกรณ์และระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำอย่างง่ายเพื่อเป็นต้นแบบการใช้พลังงานน้ำสำหรับท้องถิ่นในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ที่ทำได้ด้วยฝีมือของชาวบ้านในท้องถิ่น ราคาถูก บำรุงรักษาง่าย อันเป็นการเพิ่มโอกาสและยกระดับคุณภาพชีวิตสำหรับผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกลได้อย่างเห็นผล

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาฟิสิกส์

1.2.2 เพื่อทดลองใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายในพื้นที่จริง ณ มุลินธิสุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพญา อ.เมือง จ.ยะลา

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนผลิตอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับใช้งานจริงในครัวเรือนของประชาชนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยนี้มุ่งมุ่งออกแบบ สร้าง ทดสอบ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับใช้งานจริงในครัวเรือนของประชาชนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานน้ำ และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากมอเตอร์อย่างง่าย

1.3.2 ออกแบบ และสร้างชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายสำหรับครัวเรือน จากมอเตอร์ราคาถูก

1.3.3 ออกแบบ และสร้างกังหันน้ำจากวัสดุอย่างง่าย

1.3.4 ติดตั้งและทดลองใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่ายสำหรับครัวเรือนในพื้นที่จริง ณ มุลินธิสุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพญา อ.เมือง จ.ยะลา

1.3.5 วิเคราะห์ผลการทดลองในประเด็นต่าง ๆ เช่น ผลของปริมาณน้ำ ความเร็วและแรงดันน้ำ ผลของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

1.3.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนและการนำไปใช้งานจริงในครัวเรือนของประชาชนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจากมอเตอร์อย่างง่ายที่สามารถใช้งานได้จริงกับบ้านเรือนที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.4.2 จดอนุสิทธิบัตร หรือสิทธิบัตร หรือลิขสิทธิ์ ของนวัตกรรม

1.4.3 ทราบอิทธิพลของแรงดันน้ำ รูปแบบของกังหันที่มีต่อปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้

1.4.4 ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ

1.4.5 นำเสนอในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ

1.4.6 มหาวิทยาลัย หน่วยงาน องค์กรส่วนท้องถิ่น และโรงเรียนในพื้นที่สามารถใช้เป็นแหล่ง  
ในการจัดการเรียนรู้ในสถานที่จริง

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

## บทที่ 2

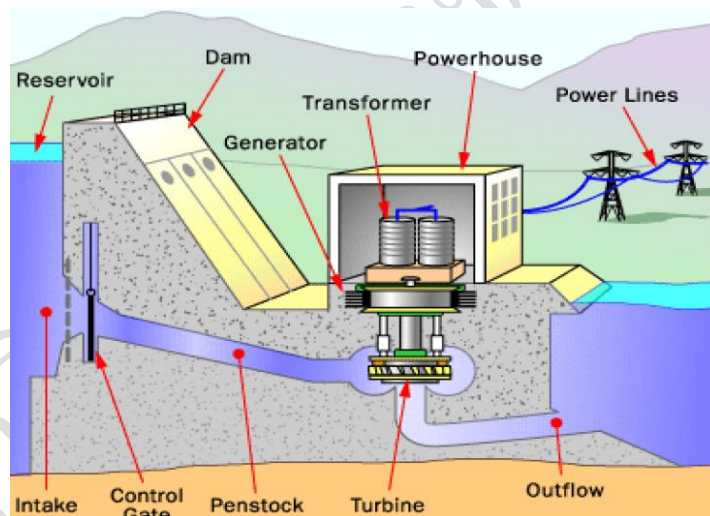
### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจัยนี้เป็นการเพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย ซึ่งมีการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานน้ำทั้งหลักการ ทฤษฎี และการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการจนถึงระดับการนำไปใช้ประโยชน์จริงกับประชาชน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ (Hydro electric power)

การเปลี่ยนพลังน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีการเคลื่อนที่ในรูปของพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ เมื่อน้ำไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ (Turbine) จากต้นกำลังพลังงานกลจะหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าออกมา (ภาพที่ 2.1) โดยมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้



ภาพที่ 2.1 หลักการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ (ที่มา : [www.energymanagertraining.com](http://www.energymanagertraining.com))

##### 1) กังหันน้ำ (Turbine)

กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของการผลิตไฟฟ้า เพราะกังหันจะเป็นตัวรับน้ำจากต้นกำลังในรูปพลังงานกลเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วได้พลังงานไฟฟ้าออกมา (นภัทร, 2550; วัฒนา, 2546; สุเทพ, 2542) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

##### 1.1) กังหันแบบแรงกระแทก (Impulse turbine)

กังหันแบบแรงกระทำ เป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงฉุดของน้ำจากท่อที่รับน้ำจากที่สูงหรือหัวน้ำ (Head) ซึ่งไหลลงมาตามท่อที่ลดขนาดลงมายังหัวฉุดแล้วกระทำกังหันให้หมุน ขณะที่น้ำพุ่งกระทบตัวกังหันจะมีความดันคงที่เท่ากับความดันของบรรยากาศปกติ น้ำที่ฉีดออกมาด้วยความแรงเมื่อชนใบพัดที่ติดอยู่ตามขอบวงล้อจะทำให้วงล้อหมุนไปในทิศทางเดียวกับน้ำที่ฉีด (สกล, 2546) พลังงานของน้ำที่ไปหมุนวงล้อขึ้นอยู่กับค่าของระดับน้ำ ตามสมการดังนี้

$$h = \frac{P_c}{W_s} + \frac{V_c^2}{2g} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $h$  คือ ระดับน้ำ (m),  $P_c$  คือ ความดันของน้ำก่อนเข้าหัวฉุด ( $\text{kg/m}^2$ ),  $W_s$  คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ ( $\text{kg/m}^3$ ),  $V_c$  คือ ความเร็วของน้ำก่อนเข้าหัวฉุด (m/s) และ  $g$  คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ( $\text{m/s}^2$ )

## 1.2) กังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction turbine)

กังหันแบบแรงสะท้อน เป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงดันของน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านหลังของกังหัน เมื่อน้ำกระทำต่อใบพัดระดับด้านหลังน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับบนของปลายท่อปล่อยน้ำออกเสมอ กังหันชนิดนี้เหมาะสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงระดับปานกลางและต่ำ กังหันแบบแรงสะท้อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1.2.1) กังหันฟรานซิส (Francis turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของปริมาณน้ำเข้าในใบพัดแบบแฉกและน้ำไหลออกขนานกับแกน กังหันฟรานซิสมีทั้งแกนนอนและแกนตั้ง

1.2.2) กังหันเดเรียซ (Deriaz turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกน โดยส่วนของใบพัดจะเคลื่อนที่ได้เมื่อมีน้ำไหลผ่านและมีลักษณะคล้าย ๆ กับกังหันฟรานซิส กังหันเดเรียซเหมาะสำหรับกรณีที่มีหัวน้ำสูง

1.2.3) กังหันคาปแลน (Kaplan turbine) เป็นกังหันที่ใช้หลักการไหลของปริมาณน้ำผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหัน ใบพัดของกังหันคาปแลนเป็นใบพัดที่สามารถปรับได้ตามมุมของซีใบพัดโดยอัตโนมัติตามแรงอัดฉุดของน้ำ ซึ่งเหมาะกับแหล่งน้ำที่มีความสูงของหัวน้ำต่ำ ๆ

กังหันน้ำทั้ง 3 ชนิด ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเพิ่มความเร็วและความแรงของน้ำได้โดยการทำท่อป้อนน้ำเป็นรูปหอยโข่ง ให้ด้านที่รับน้ำเข้ามีขนาดใหญ่และเรียวเล็กลงตามลำดับ (วัฒนา, 2546) พลังงานของน้ำที่ไปหมุนกังหันขึ้นอยู่กับระดับน้ำ ตามสมการดังนี้

$$h = \frac{P_c}{W_s} + \frac{V_c^2}{2g} + Z_c \quad (2.2)$$

เมื่อ  $h$  คือ ระดับน้ำ (m),  $P_c$  คือ ความดันของน้ำตรงปากท่อเข้ากังหัน ( $\text{kg/m}^2$ ),  $W_s$  คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ ( $\text{kg/m}^3$ ),  $Z_c$  คือ ความต่างของระดับน้ำจากน้ำใต้เขื่อนถึงตัวกังหัน (m),  $V_c$  คือ ความเร็วของน้ำก่อนเข้ากังหัน (m/s) และ  $g$  คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ( $\text{m/s}^2$ )

### 2.1.2 กฎทรงพลังงาน

โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ที่ว่าด้วยกฎทรงพลังงาน (Energy conservation) กล่าวคือ น้ำจะสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$E_p = mgH \quad (2.3)$$

ถ้าเปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง (Power) หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้ กำลังของน้ำขนาด  $1 \text{ m}^3$  มวล  $1,000 \text{ kg}$  ตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = 1000QgH \quad (2.4)$$

และ จาก  $E_p = E_k \quad (2.5)$

จะได้ว่า  $mgH = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.6)$

นั่นคือ ความเร็วของน้ำสามารถหาค่าได้จาก  $v = \sqrt{2gH} \quad (2.7)$

เมื่อพิจารณาอัตราการไหล (Flow Rate) ของลำน้ำที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัด  $A$  ด้วยความเร็ว  $v$  แล้วจะสามารถคำนวณอัตราการไหลของน้ำเชิงปริมาตร (Volume flow rate) ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = Av \quad (2.8)$$

ดังนั้น เมื่อแทนค่าสมการ (2.7) ลงในสมการ (2.8) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการไหล พื้นที่หน้าตัดและระดับความสูงของน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

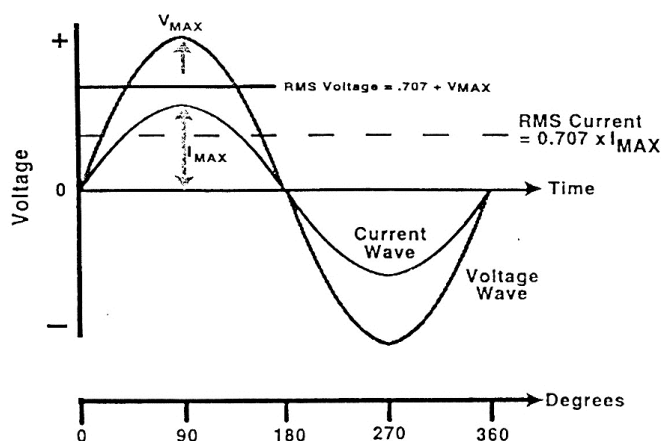
$$Q = A\sqrt{2gH} \quad (2.9)$$

เมื่อ  $E_K$  และ  $E_P$  คือ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำ (J),  $m$  คือ มวลของน้ำ (kg),  $g$  คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก  $9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $H$  คือ ความสูงในแนวดิ่งของน้ำเหนือระดับอ้างอิง (m),  $P$  คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (W),  $Q$  คือ ปริมาตรการไหลของน้ำ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $A$  คือ พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน ( $\text{m}^2$ ) และ  $v$  คือ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน ( $\text{m/s}$ )

### 2.1.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กเรียกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่า อาเมเจอร์ (Amejer) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรงฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับฟิลด์และอาเมเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ และในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสร้างได้เฉพาะแบบที่อาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น (นภทร, 2550; สกล, 2536; อิศระ, 2542; Hugh and Roger, 2004)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ตัดขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กทำให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมา โดยระบบไฟฟ้ากระแสตรงระดับของแรงดันจะมีค่าคงที่และกระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างต่อเนื่องในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งตามปกติแล้วจะมีทิศทางจากขั้วบวกผ่านโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ขั้วลบ ส่วนในระบบไฟฟ้ากระแสสลับระดับของแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าบวกไปเป็นค่าลบทุก ๆ 2-3 ms ดังนั้น ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน (ภาพที่ 2.2) ซึ่งจะพบว่า กระแสไฟฟ้าจะมีลักษณะคล้ายกับแรงดันครึ่งรอบบวกและครึ่งรอบลบ หมายถึง กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางหนึ่งสำหรับครึ่งรอบและอีกทิศทางหนึ่งสำหรับอีกครึ่งรอบ ถ้าแม่เหล็กยังคงหมุนต่อไปก็จะยังคงสร้างแรงดันและกระแสไฟฟ้าต่อไปเรื่อย ๆ รูปร่างของคลื่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ (Sine wave) (ณรงค์ และคณะ, 2545; Hugh and Roger, 2004)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของคลื่นรูปไซน์ (ที่มา : ณรงค์ และคณะ, 2545)

#### 2.1.4 กระแสไฟฟ้า (Electric current)

กระแสไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current, D.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือ ไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ) กล่าวคือ กระแสจะไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าผ่านตัวนำเข้าไปทำงานยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วไหลกลับสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าโดยไม่มีการไหลกลับขั้วจากลบไปบวก และไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current, A.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนขั้วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนสลับไปมาจากบวกไปลบและจากลบไปบวกอยู่ตลอดเวลา ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป (ยิ่งศักดิ์, 2549; Hugh and Roger, 2004)

ขนาดของกระแสไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลาผ่านพื้นที่หน้าตัดของหลอดเครื่องเร่งอนุภาคหรือโลหะตัวนำ เช่น ในเวลา  $t$  วินาที อนุภาค  $N$  ตัว มีประจุไฟฟ้าแต่ละ  $q$  คูลอมป์ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวกลาง (Hugh and Roger, 2004) เขียนสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$\text{ประจุไฟฟ้าทั้งหมด} \quad Q = Nq \quad (2.10)$$

$$\text{ความเข้มของกระแสไฟฟ้า} \quad I = \frac{Q}{t} \quad (2.11)$$

เมื่อ  $I$  คือ กระแสไฟฟ้า (A) และ  $Q$  คือ ปริมาณประจุไฟฟ้า (C)

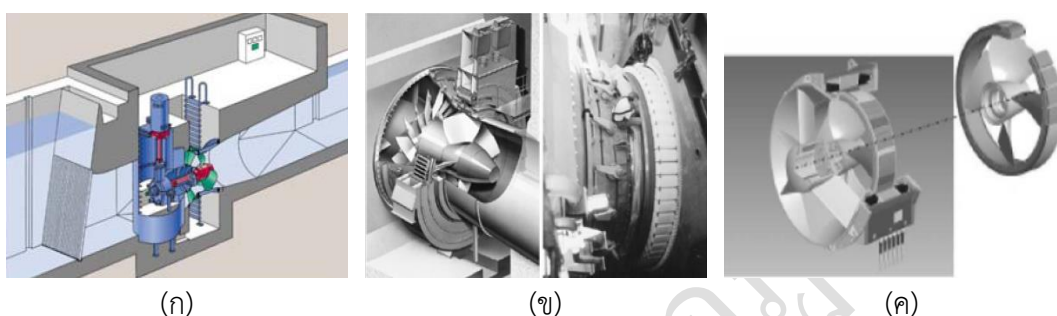
ค่ากระแสไฟฟ้า  $I$  จากสมการ (2.11) เป็นค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าในเวลา  $t$  วินาที ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่เวลา  $t$  ใด ๆ เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (2.12)$$

#### 2.1.5 การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานน้ำขนาดเล็กในต่างประเทศ

พลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small hydro power, SHP) ได้รับการพัฒนามานาน ประเทศ ทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา (ภาพที่ 2.3) และมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นเนื่องจากพลังงานเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นและกำลังจะหมดไป นอกจากนั้นพลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กยังเป็นแหล่งพลังงานที่มีต้นทุนต่ำกว่าผลิตจากอื่น ๆ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาด

ใหญ่ก็ได้รับการต่อต้านจากนักสิ่งแวดล้อมและสังคมอย่างมาก แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กในช่วงเวลา 10-20 ปีข้างหน้า จึงมุ่งเน้นเทคโนโลยีสำหรับนำมาใช้กับแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีอยู่ หรือแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีหัวน้ำต่ำ และสามารถใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยสุด กังหันที่ได้รับการพัฒนาสำหรับหัวน้ำต่ำไม่เกิน 20 m ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกังหันแนวแกนแบบ Propeller รูปแบบของกังหันได้รับการพัฒนารูปแบบการติดตั้งใช้งานให้เหมาะสมกับพื้นที่และแหล่งน้ำ เนื่องจากแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันมาก

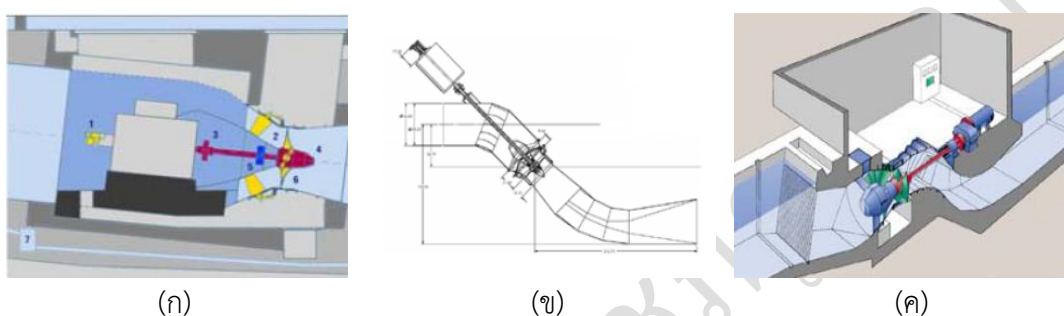


ภาพที่ 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบ (ก) Bulb turbine (ข) Straflo turbine และ (ค) ECOBulb turbine (ที่มา : ยอดชาย, 2553)

การพัฒนารูปแบบกังหันและการติดตั้งมีหลายรูปแบบ (ภาพที่ 2.4) เช่น กังหันแบบ Bulb turbine แกนเพลลาจะวางอยู่ในแนวระนาบหรือมีมุมเอียงประมาณ  $15^{\circ}$ - $45^{\circ}$  ใช้ในช่วงหัวน้ำ 2-8 m มีกำลังผลิตสูงถึง 2.5 MW อาศัยเกียร์สำหรับเพิ่มความเร็รรอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถวางในแนวแกนหรือแนวตั้งฉาก สำหรับกังหันที่มีกำลังผลิตสูงถึง 400 kW สามารถใช้สายพานกับพูลในการส่งกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ด้านบนได้ กังหันแบบ Straflo turbine เป็นกังหันแนวแกนโดยมีชุดกำเนิดไฟฟ้าอยู่ด้านนอกของช่องน้ำไหล เชื่อมต่อบริเวณรอบนอกของใบกังหัน ซึ่งรอบนอกของของกังหันจะถูกยึดติดด้วย Seal lips โดยอาศัยช่องแคบ ๆ สามารถให้น้ำไหลผ่านเข้าไปเพื่อการหล่อลื่นภายในระบบได้ ใบกังหันจะมีทั้งปรับมุมใบและไม่สามารถปรับมุมใบได้ ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอยู่รอบนอกของกังหันนี้มีใช้ทั่วไปสำหรับระบบของ Tidal power ECOBulb turbine เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท VA tech กังหันจะต่อตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงไม่จำเป็นต้องใช้ชุดเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบ Synchronous ซึ่งมี Permanent magnet และ Special rotor ออกแบบเพื่อลดจำนวนโพลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งสามารถบรรจุลงไปในห้อง Bulb ได้ ข้อดีอีกอย่างคือ ให้น้ำไหลผ่าน Bulb สามารถช่วยในการระบายความร้อนที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

The pit turbine ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของ Bulb turbine เหมาะกับหัวน้ำช่วง 3-8 m เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เกียร์เพิ่มความเร็รรอบ ถูกติดตั้งอยู่ด้านหน้าทางเข้ากังหัน Inclined axis axial flow

turbine ทางเข้าจะงอและท่อทางด้านออกด้วยมุมเอียงประมาณ  $45^\circ$  กังหันส่งกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ทั้งแบบต่อตรงและแบบมีชุดเกียร์เพิ่มรอบ ความสูงหัวน้ำกับกำลังผลิตเป็นตัวกำหนดขนาดของกังหันและการติดตั้ง ด้วยแกนเพลามีมุมเอียงการติดตั้งและการซ่อมบำรุงสำหรับกังหันขนาดใหญ่จะมีความยุ่งยากส่งผลให้กังหันแบบนี้เหมาะกับกำลังผลิตไม่มากนัก กังหัน Horizontal axis S type turbine นิยมใช้กับหัวน้ำต่ำและมีหลาย ๆ บริษัทผลิตขาย สามารถใช้กับหัวระหว่าง 5-25 m และกำลังผลิตสูงถึง 8 MW กังหันแบบนี้จะมีเพลายาวยื่นออกไปทางด้านท้ายน้ำโดยมีข้อต่อเชื่อมอยู่ด้านท้ายเพื่อให้เพลาสารารถต่อตรงหรือมีชุดเกียร์ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้



ภาพที่ 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบ (ก) The pit turbine (ข) Inclined axis axial flow turbine และ (ค) Horizontal axis S type turbine (ที่มา : ยอดชาย, 2553)

### 2.1.1 การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

ปัจจุบันไม่พบว่ามีผู้ผลิตเพื่อจำหน่ายเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กอยู่ในประเทศไทย จะเป็นประเภทใดและขนาดใด มีเพียงข้อมูลที่ได้รับดำเนินการผลิตและซ่อมบำรุงรักษาเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของ พพ. ส่วนหน่วยงานอื่น ๆ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ดำเนินการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยยังมีการนำเข้าวัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการผลิตเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในเชิงวิจัย โดยหน่วยงานของ กฟผ. และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับกรมชลประทานสำหรับ กฟผ. ได้ทำการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงหัวน้ำ ได้แก่ หัวน้ำ 1-5 m หัวน้ำ 5-10 m หัวน้ำ 10-15 m และหัวน้ำ 15-20 m ปัจจุบันได้ผลิตและติดตั้งทดสอบจำนวน 3 เครื่องและอยู่ระหว่างดำเนินการผลิตอีก 1 เครื่อง นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และกรมชลประทาน ได้มีความร่วมมือเพื่อวิจัยเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบติดตั้งกับประตูระบายน้ำ โดยได้ผลิตและติดตั้งทดสอบกับประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และประตูระบายน้ำบรมธาตุ จ.ชัยนาท

จากทฤษฎีและข้อมูลพื้นที่ที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเฉพาะการใช้งานในระดับครัวเรือนและชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำธาร จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นชุดทดลองต้นแบบแก่ชุมชน

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

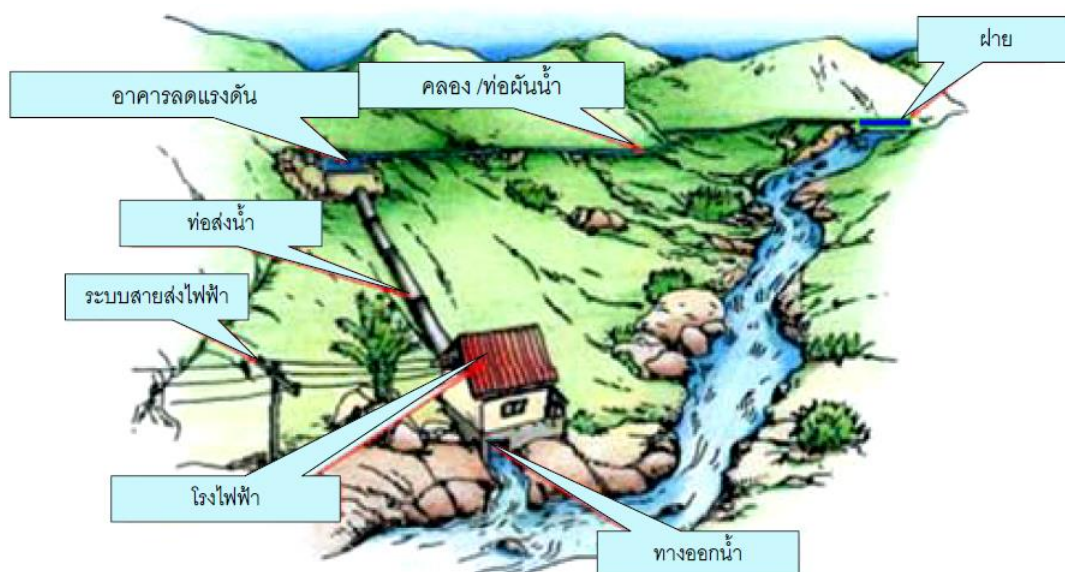
จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรปและทวีปอเมริกาใต้ ดังตัวอย่างรายงานการศึกษารวบรวมของ Alexander and Giddens (2008), Baidya (2006), Balat (2007), Date and Akbarzadeh (2008), Kaldellis (2007), Ogayar and Vidal (2009) และ Ponta and Jacovkis (2008) กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบคอยาว (Kaplan hydro turbine) สามารถใช้กับลำน้ำที่มีความสูงของหัวน้ำต่ำ กล่าวคือ สามารถเริ่มทำงานได้ที่ระดับหัวน้ำประมาณ 1 m จึงสามารถประยุกต์ใช้ได้กับลำน้ำจากลำธาร ลำห้วย และคลองส่งน้ำ แต่ต้องสร้างทางหรือรางรับน้ำ หลักการทำงานจะอาศัยน้ำหนักของน้ำเป็นตัวขับเคลื่อนที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งทำให้ได้ไฟฟ้าออกมา กังหันน้ำแบบคอยาวมีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ 200-3,000 W กังหันน้ำแบบคอยาวมีการพัฒนาและติดตั้งสำหรับครัวเรือนและชุมชนเล็กในประเทศต่าง ๆ ทั้งในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศลาว เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และจีน ทวีปยุโรป เช่น อังกฤษ โปแลนด์ และเนเธอร์แลนด์ และทวีปอเมริกา เช่น ประเทศเอกวาดอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากเมืองหลวงแต่มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา เช่น ในหุบเขา บริเวณที่ราบเชิงเขา หรือในทุ่งหญ้าที่กว้างใหญ่ไพศาลแต่เต็มไปด้วยแหล่งน้ำ (ภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.5 กังหันน้ำแบบคอยาวขนาด 200 W สำหรับครัวเรือนที่ติดตั้งในประเทศเอกวาดอร์  
(ที่มา : John et al., 2005)

ในขณะเดียวกันประเทศไทยก็ได้มีการวิจัยและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเช่นเดียวกันแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร อาทิเช่น อูสาห์ (2555) ได้วิจัยและพัฒนาเพื่อต่อยอดนวัตกรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นการออกแบบสร้างระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้กระบวนการวิธี

วิทยาการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชน ณ บ้านคีรีวง ต.กำโลน อ.ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช (ภาพที่ 2.6) พบว่า ชุดกังหันน้ำคีรีวงที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีราคาถูก สามารถผลิตได้โดยใช้เทคโนโลยีในชุมชน ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงาน 30-40 ระดับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าคงที่ และมีการขยายผลผ่านกระบวนการติดตั้งระบบต้นแบบจำนวน 2 ชุด ร่วมกับการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในพื้นที่บ้านคีรีวง



ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (ที่มา : [www.dede.go.th](http://www.dede.go.th))



ภาพที่ 2.7 การติดตั้งและขยายผลระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กโดยกลุ่มกังหันน้ำคีรีวง (ที่มา : อุสาห, 2555)

จนปัจจุบันมีการจัดตั้งกลุ่มกังหันน้ำคีรีวง และมีการติดตั้งขยายผลในพื้นที่แล้วกว่า 20 ชุด และชาติชาย (2549) ได้พัฒนาอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวแบบทุ่นลอย เพื่อศึกษา ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 15 A ความต่างศักย์ 13 V สามารถให้แสงสว่างแก่หน่วยชลประทานเขตสองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ในตอนกลางคืนได้ตามวัตถุประสงค์เพราะสร้างครั้งเดียวสามารถใช้ได้ตลอดเสียค่าบำรุงรักษาน้อย

Laodee *et al.*, (2005) ได้ศึกษาการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจำนวน 19 เครื่อง ให้หลังคาเรือนจำนวน 50 ครัวเรือน ของประชาชนในหมู่บ้านท่าแปน เมืองหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถให้พลังงานรวมทั้งสิ้น 22 กิโลวัตต์ โดยครัวเรือนส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้าในช่วง 18.00-07.00 น. ที่ภาระทางไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นหลอดไฟฟ้าขนาด 5-100 W วิทยุ และโทรทัศน์ และมีปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีความเสียหายเมื่อเครื่องทำงานขณะไม่มีภาระทางไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขปัญหาโดยติดตั้งระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าและโหลดเทียม (Dummy load) พบว่า สามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดีและเมื่อคิดค่าการลงทุน พบว่า มีค่าประมาณ 5-10 Baht/W ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องลงทุนประมาณ 150-200 Baht/W

Laodee *et al.*, (2006) ได้สาธิตการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ที่ มว. 4 (แม่راء) อ.แม่ไร่ จ.นครสวรรค์ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำแต่อาศัยเฉพาะรางส่งน้ำขนาด  $1 \times 0.8 \text{ m}^2$  มีความสูงของหัวน้ำเท่ากับ 1.2 m และอัตราการไหลของน้ำ 400 L/s โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300, 500 และ 1,000 W พบว่า ระบบที่ติดตั้งสามารถใช้งานกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ วิทยุ และโทรทัศน์ภายในอาคารสำนักงานและร้านสวัสดิการได้ตลอดคืน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300, 500 และ 1,000 W สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 120, 207 และ 440 W คิดกำลังการผลิตรวมเท่ากับ 1.8 kW ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นไฟฟ้าโดยรวมประมาณ 17.65% ส่วนประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 22.15% (ภาพที่ 2.8)



**ภาพที่ 2.8** ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์  
(ที่มา : Laodee *et al.*, 2006)

Laodee *et al.*, (2006) ได้สาธิตการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ณ หน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ที่ มว. 4 (แม่ราว) อ.แม่เฒ่า จ.นครสวรรค์ ได้แก่ ระบบแบบอิสระที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่อง ระบบแบบผสมผสานที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300 W ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 120 W และระบบแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย พบว่า ระบบแบบอิสระสามารถจ่ายไฟให้กับระบบแสงสว่างบริเวณสำนักงานหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ฯ ได้ ในขณะที่ระบบแบบผสมผสานสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อื่น ๆ เช่น คอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ ในสำนักงานหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ฯ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแบบอิสระ ส่วนระบบแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายสามารถเชื่อมต่อได้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำที่มีอุปกรณ์หลัก คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 1,000 W และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 W โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกปรับให้มีแรงดันไฟฟ้าที่สม่ำเสมอขนาด  $220 \pm 15$  V สอดคล้องกับความถี่ของสายส่ง  $50 \pm 6$  Hz

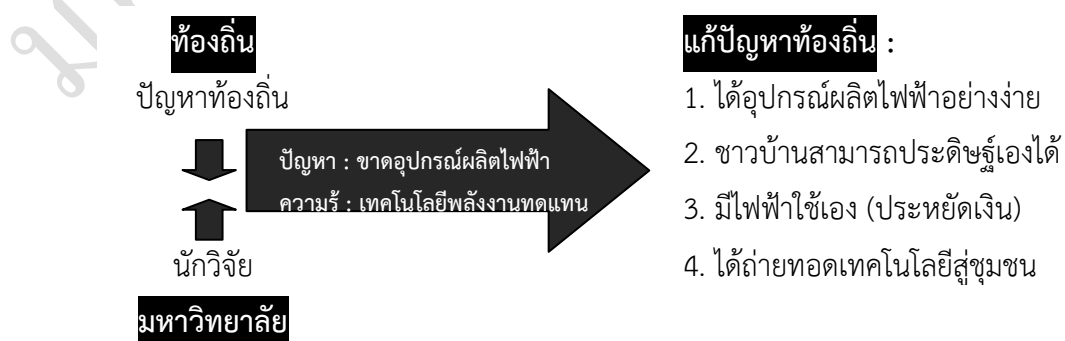
นอกจากนี้จากโครงการวิจัยพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบคอยาว กรณีศึกษาระบบแบบอิสระ ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา ของ อีลีหัยยะ และคณะ (2553) พบว่า พลังงานน้ำเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เนื่องจากไม่มีความสลับซับซ้อน ราคาการผลิตต่อหน่วย (kWh) ถูกกว่าพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดสอบระบบ พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบคอยาวที่ติดตั้งสามารถให้แรงเคลื่อนและความถี่ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ  $217.43 \pm 2.70$  V และ  $47.52 \pm 2.12$  Hz ตามลำดับ สามารถใช้งานได้กับครัวเรือนในท้องถิ่น 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมทั้งใช้เป็นแหล่งเรียนรู้เรื่องพลังงานทดแทนในท้องถิ่นได้ (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 การติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง (ที่มา : อีลีหัยะ และคณะ, 2552)

## 2.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้อยู่บนพื้นฐานของพันธกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ซึ่งนำแนวพระราชดำริและหลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เรื่องการเข้าใจ เข้าถึง และพัฒนา มาปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในชุมชน โดยมีนักวิชาการ (นักศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษา) จากมหาวิทยาลัยลงพื้นที่เพื่อทำงานร่วมกับ โดยแก้ปัญหาที่จุดเล็ก ๆ ไม่ติดตำรา ประหยัด เรียบง่าย แต่ได้ประโยชน์สูงสุด ทำให้ประชาชนในพื้นที่ให้เกิดการรู้ รัก สามัคคี จริ่งใจต่อกัน และทำงานอย่างมีความสุข ดังนี้



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ต้องมีการออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายในสถานที่จริง ณ มูลนิธิ สุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา มีอุปกรณ์สำคัญที่ต้องใช้ในโครงการ ดังนี้

#### 3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

- 3.1.1 มอเตอร์เครื่องชักผ้ายี่ห้อ Toshiba รุ่น SD 120
- 3.1.2 มัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) ยี่ห้อ UNAOHM รุ่น 9400
- 3.1.3 ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 cm (10 นิ้ว) และ 15.24 cm (6 นิ้ว)
- 3.1.4 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า (WATT-HOUR METER) DD 28/220 V/5(10) A/50 Hz
- 3.1.5 ไม้ฉากและไม้แผ่น
- 3.1.6 กระสอบทราย
- 3.1.7 ปูนซีเมนต์ตราช้าง
- 3.1.8 อุปกรณ์กรองตะกอน ได้แก่ ตาข่ายและตะแกรงพลาสติก
- 3.1.9 สายไฟฟ้า ขนาด 0.50 mm × 2.00 mm/300 V
- 3.1.10 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบประหยัดไฟ ขนาด 18 W
- 3.1.11 มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า Type DD28 รุ่น XK06-003-2 กำลัง 200 V
- 3.1.12 ปูนพลาสติกเตอร์
- 3.1.13 เรซิน
- 3.1.14 สายพาน
- 3.1.15 แผ่นโลหะ
- 3.1.16 อุปกรณ์การก่อสร้าง ได้แก่ ค้อน เลื่อย ตลับเมตร และตะปู

#### 3.2 การดำเนินการวิจัย

##### 3.2.1 การศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้องทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานน้ำ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายจาก

เอกสารทางวิชาการ ได้แก่ เอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน ตำรา หนังสือ และวารสาร ณ สำนักวิทย-บริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และข้อมูลจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet)

### 3.2.2 การสำรวจพื้นที่ทางกายภาพเบื้องต้น

การสำรวจพื้นที่ทางกายภาพเบื้องต้น ณ มูลุนิธิ สุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา ทำได้โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลทางกายภาพ (ภาพที่ 3.1) ได้แก่ ขนาดพื้นที่แหล่งน้ำ ประกอบด้วย ความกว้าง ความยาว และความลึกของสายน้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณปริมาณ ความเร็ว และ แรงดันของน้ำ เพื่อวิเคราะห์ถึงศักยภาพและความเหมาะสมในการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานน้ำขนาดเล็กที่เหมาะสมกับลักษณะแหล่งน้ำที่ผ่านบริเวณพื้นที่มูลุนิธิตามที่ได้สำรวจข้างต้น



ภาพที่ 3.1 การวัดความกว้าง ความยาว และความลึกของสายน้ำ

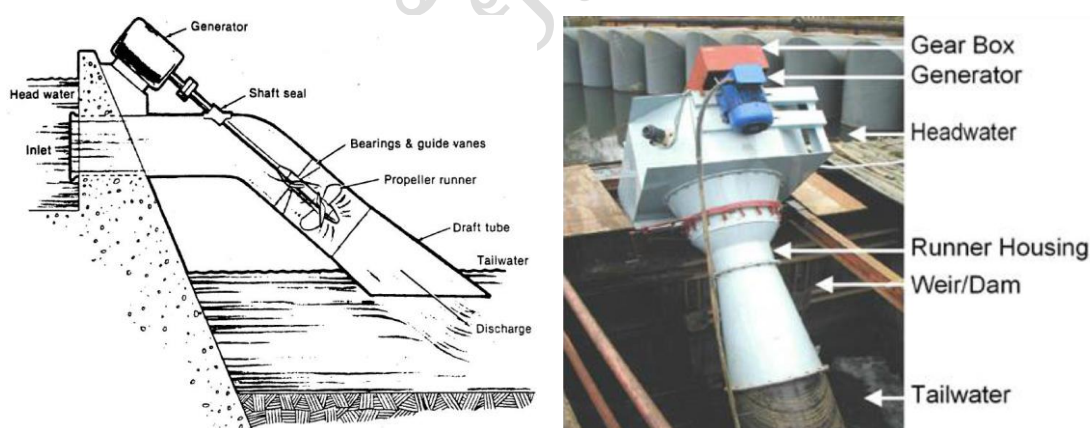
### 3.2.3 การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย ทำได้โดยการนำกระสอบพลาสติกมาบรรจุทรายแล้วไปวางเพื่อกั้นสายน้ำให้ได้ระดับความสูงประมาณ 85.0 cm (ภาพที่ 3.2) แล้ววางท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25.40 cm ความยาว 10.0 m



ภาพที่ 3.2 การกันสายน้ำให้ได้ระดับความสูงประมาณ 85.0 cm ด้วยกระสอบบรรจุทราย

จากนั้นวางทับด้วยกระสอบที่บรรจุทรายเรียบร้อยแล้วอีก 2 ชั้น นำกังหันน้ำที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาประกอบเข้ากับปลายท่อ แล้วสร้างโครงครอบชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายที่เชื่อมต่ออยู่ที่ปลายท่อดังกล่าวข้างต้น ซึ่งมีแผ่นโลหะที่ม้วนเป็นท่อยาวทำหน้าที่เป็นทางน้ำออก (ภาพที่ 3.3) โดยด้านในมีใบพัดทำหน้าที่เป็นกังหันน้ำเชื่อมต่อกับแกนไปยังมอเตอร์เครื่องชักผ้าทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย

### 3.2.4 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายที่สร้างขึ้น ทำได้โดยปล่อยน้ำให้ไหลผ่านท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 cm ที่ได้ต่อเข้ากับชุดกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามหัวข้อ 3.2.3 เมื่อน้ำผ่านไปยังชุดกังหันน้ำใบพัดของกังหันจะหมุน ส่งผลให้แกนของใบพัดหมุนตามไปด้วยซึ่งแกนนี้จะเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (มอเตอร์เครื่องชักผ้า) ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน

จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับออกมา ทำการวัดและบันทึกข้อมูลในรูปของปริมาณแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น รวมทั้งวัดความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์เครื่องชักผ้าเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น รวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงในท้องถิ่น 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

### 3.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ ความเร็วรอบ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทรงศิริ, 2549; Singh & Gupta, 2007) ดังนี้

#### 3.3.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean, $\bar{X}$ )

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือ ค่ากลางหรือเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดีที่สุด เป็นค่าที่ไม่เอนเอียง มีความคงเส้นคงวา มีความแปรปรวนต่ำที่สุด และเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือ ถ้าข้อมูลมีการกระจายมากหรือข้อมูลบางตัวมีค่ามากหรือน้อยจนผิดปกติหรือข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะไม่สามารถเป็นค่ากลางหรือเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.13)$$

#### 3.3.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ ค่าที่นิยามขึ้นจากรากที่สองของความแปรปรวน ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าจากการทดลองต่าง ๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด กล่าวคือ ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยก็จะมีค่ามาก และถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากันค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ข้อมูลการทดลองไม่มีการกระจายตัว ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (2.14)$$

เมื่อ  $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $X$  คือ ข้อมูลการทดลอง  $N$  คือ จำนวนครั้งของการทดลอง  $n$  คือ จำนวนข้อมูลที่ทดลอง และ  $i$  คือ จำนวนเต็มใด ๆ เท่ากับ 1, 2, 3,...

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

## บทที่ 4

### ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลและอภิปรายผลการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย ได้แก่ การออกแบบใบพัดกังหันน้ำ และการออกแบบท่อส่งน้ำ และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย

##### 4.1.1 ใบพัดกังหันน้ำ

ใบพัดกังหันน้ำทำได้โดยการนำแผ่นโฟมมาวาดเส้นตามแนวเป็นใบพัดแล้วตัดออกเป็นใบพัดและแกนกังหันน้ำตามที่กำหนด โดยชุดที่หนึ่งและชุดที่สองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเท่ากับ 10.16 cm (4 นิ้ว) และ 7.62 cm (3 นิ้ว) มีใบพัดจำนวน 4 ใบ ความหนาของใบพัดเท่ากับ 2.00 cm กว้างเท่ากับ 7.00 cm ทุกใบ ติดอยู่กับแกนทำมุม 30 องศาเทียบกับแนวแกนกังหันน้ำ (ภาพที่ 4.1) จากนั้นวางในกล่องไม้อัดแล้วเทปูนพลาสติกให้เต็มวางไว้ที่อุณหภูมิแวดล้อมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงแกะบล็อกเพื่อนำแบบใบพัดที่ทำจากโฟมออก (ภาพที่ 4.2) สำหรับหล่อใบพัดด้วยน้ำยาเรซิน



ภาพที่ 4.1 แบบใบพัดกังหันน้ำที่ทำจากโฟม

เมื่อนำบล็อกที่หล่อจากปูนพลาสติกมาประกอบเป็นแบบแล้วเทน้ำยาเรซินที่ผสมกับน้ำยาเร่งการก่อตัวลงไปให้เต็มบล็อกพอดีและเรซินเข้าไปยังช่องว่างที่เป็นใบพัดของบล็อก ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ

แวลด้อมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วแกะบล็อกออกจะได้ใบพัดกังหันน้ำตามทีออกแบบไว้ (ภาพที่ 4.3) จากนั้นนำมาเจียขอบและบริเวณทีไม่สม่ำเสมอออกเพื่อให้เรียบและได้ขนาดตามทีออกแบบไว้



ภาพที่ 4.2 บล็อกกังหันน้ำทำจากปูนพลาสติก



ภาพที่ 4.3 ใบพัดกังหันน้ำทีทำจากการหล่อเรซินในบล็อกปูนพลาสติกพร้อมใช้งาน

#### 4.1.2 การออกแบบท่อส่งน้ำ

การวางท่อส่งน้ำในการวิจัยนี้ ทำได้โดยวางท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.26 cm (10 นิ้ว) ลอดผ่านใต้สะพานคอนกรีตความกว้าง 5.0 m ทีระดับความสูงจากพื้นดินประมาณ 85.00 cm



ภาพที่ 4.4 ท่อส่งน้ำที่ทำการม้วนเหล็กแผ่น

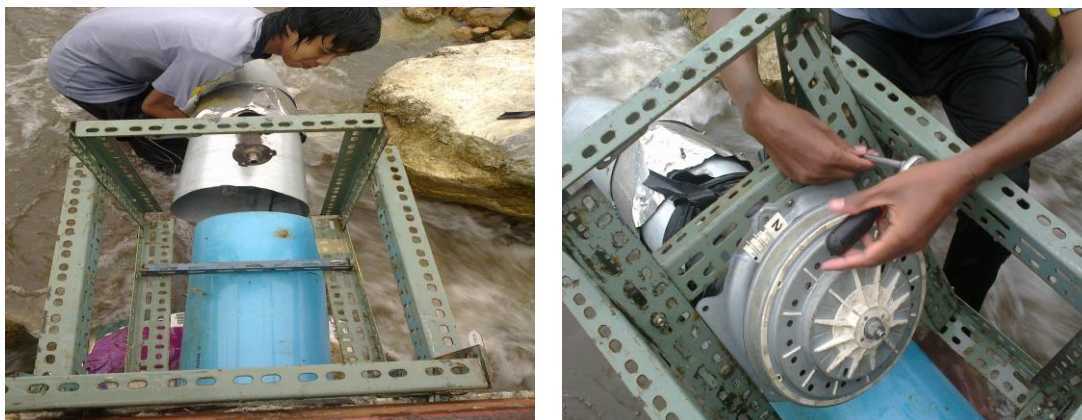
ทั้งนี้ที่ปลายท่อต่อพีวีซีเข้ากับท่อที่มีชุดกั้นน้ำอยู่ ซึ่งท่อที่ใช้เป็นทางน้ำออกนี้ทำจากแผ่นสังกะสีขนาดความหนา 0.2 mm ม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 26.50 cm โดยทำโครงด้วยเหล็กเส้นเพื่อติดตั้งชุดแกน แบริ่ง และใบพัดกั้นน้ำไว้ภายใน

#### 4.1.3 การออกแบบชุดติดตั้งมอเตอร์ แกน และใบพัด

ชุดติดตั้งมอเตอร์ทำด้วยเหล็กฉากมีลักษณะเป็นโครงสี่เหลี่ยมที่เชื่อมต่อและยึดด้วยสกรูอยู่บนท่อและติดที่ขอบของสะพานอีกครั้งหนึ่ง โดยเชื่อมเหล็กเป็นโครงวงกลมพอดีกับท่อน้ำออกที่ทำจากแผ่นสังกะสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.50 cm (ภาพที่ 4.5) บริเวณตรงกลางทำการติดตั้งแบริ่งที่มีแกนกลางเชื่อมต่อระหว่างใบพัดกั้นน้ำกับมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้ายี่ห้อโตชิบา รุ่น S-DD GENERATOR (ภาพที่ 4.6) โดยวางเชื่อมต่อเข้ากับท่อพีวีซีในแนวระดับและท่อน้ำออกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.50 cm ความยาวประมาณ 85.60 cm วางเป็นมุมเอียง 30 องศาเทียบกับแนวระดับ



ภาพที่ 4.5 การติดตั้งแกนและกั้นน้ำในท่อส่งน้ำ



ภาพที่ 4.6 การประกอบชุดมอเตอร์เข้ากับชุดกังหันน้ำ

## 4.2 ผลการทดสอบและวิเคราะห์

### 4.2.1 ผลการทดลอง

การวัดความเร็วรอบ ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของชุดกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าอย่างง่าย แบบหัวน้ำต่ำจากการประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้ายี่ห้อโตชิบา รุ่น S-DD GENERATOR ด้วยแรงดันน้ำผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.26 cm (ภาพที่ 4.7) แต่เปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนใบพัด 2 ขนาด ได้แก่ 10.16 cm (4 นิ้ว) และ 7.62 cm (3 นิ้ว) พบว่า กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm มีจำนวนรอบเฉลี่ยเท่ากับ 263.0 rpm ความต่างศักย์ไฟฟ้า 114.3 V และกระแสไฟฟ้า 0.193 A และเมื่อใช้กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm จำนวนรอบที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 422.6 rpm ความต่างศักย์ไฟฟ้า 216.9 V และกระแสไฟฟ้า 0.383 A (ตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2)



ภาพที่ 4.7 การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย

**ตารางที่ 4.1** ผลการวัดความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm (4 นิ้ว)

| กังหันน้ำเส้นผ่านศูนย์กลางแกน<br>10.16 cm (4 นิ้ว) | ความเร็วรอบ<br>(rpm) | ความต่างศักย์ไฟฟ้า<br>(V) | กระแสไฟฟ้า<br>(A) |
|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|
| ค่าเฉลี่ย                                          | 263.0                | 114.3                     | 0.193             |

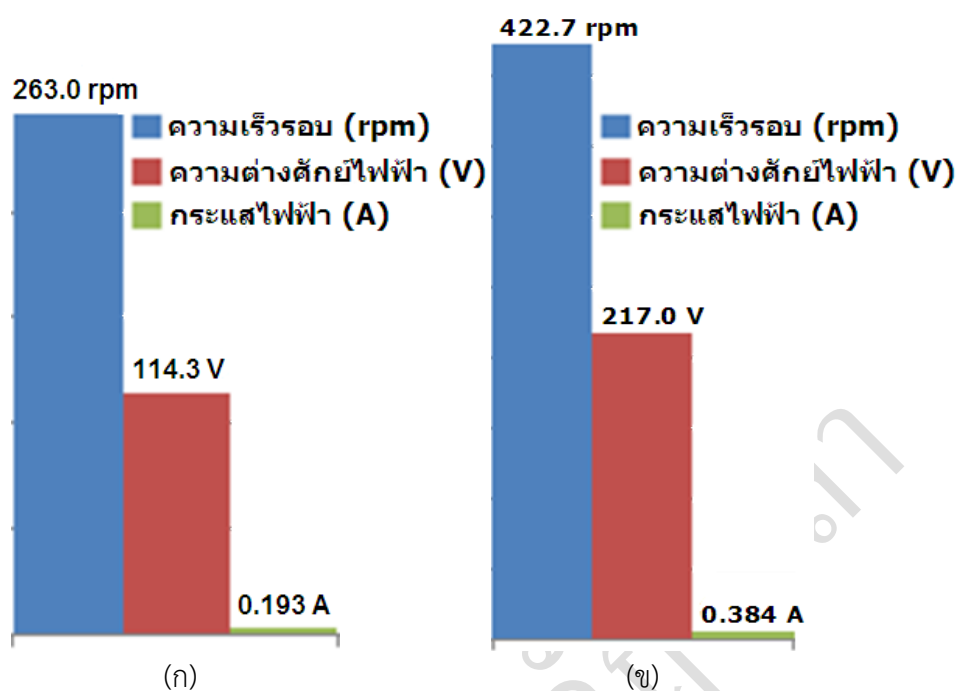
**ตารางที่ 4.2** ผลการวัดความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm (3 นิ้ว)

| กังหันน้ำเส้นผ่านศูนย์กลางแกน<br>7.62 cm (3 นิ้ว) | ความเร็วรอบ<br>(rpm) | ความต่างศักย์ไฟฟ้า<br>(V) | กระแสไฟฟ้า<br>(A) |
|---------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|
| ค่าเฉลี่ย                                         | 422.7                | 217.0                     | 0.384             |

#### 4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อปล่อยน้ำเข้าไปเต็มท่อแล้วใช้กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm จำนวนรอบที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 263.0 rpm ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 114.3 V และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.193 A (ภาพที่ 4.8 (ก)) และเมื่อใช้กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm จำนวนรอบที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 422.7 rpm ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 217.0 V และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.384 A (ภาพที่ 4.8 (ข)) ซึ่งเห็นได้ว่าใบพัดกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm มีความเร็วรอบมากที่สุด เนื่องจากมีขนาดของแกนกังหันที่เล็กกว่ากังหันกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm จึงมีพื้นที่รองรับน้ำที่มากกว่าและมีน้ำหนักที่น้อยกว่า ซึ่งทำให้น้ำที่ไปกระทบกังหันกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm ได้มากกว่ากังหันกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm

ทั้งนี้จากรายงานวิจัยของ Silvia and Hans (2012) ได้ระบุว่า การพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กหรือขนาดจิ๋วมีอย่างแพร่หลายในประเทศลาว โดยมีทั้งที่ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับขึ้นกับลักษณะการใช้งาน รวมทั้งมีการประจุในแบตเตอรี่ขนาด 12V หรือ 24 V และแปลงกระแสไฟฟ้าให้สามารถต่อเข้าระบบสายส่งได้อีกด้วย โดยคิดค่าการลงทุนประมาณ 31 -85 เหรียญต่อวัตต์



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบความเร็วรอบการหมุน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน (ก) 10.16 cm (4 นิ้ว) และ (ข) 7.62 cm (3 นิ้ว)

ทั้งนี้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายนี้ เป็นนวัตกรรมพลังงานอย่างง่ายที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ด้วยวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ใกล้ตัวมีวิธีการติดตั้งที่ไม่ยุ่งยาก เหมาะสำหรับชุมชนที่อยู่ใกล้แม่น้ำหรือลำธารที่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี หรืออยู่บริเวณเชิงเขาที่ยังไม่มีสายไฟฟ้าเข้าถึงหมู่บ้าน ซึ่งเป็นการลงทุนที่ไม่สูงเมื่อเทียบกับการติดตั้งสายไฟฟ้าของรัฐบาลที่แบ่งตามสัดส่วนการใช้งาน

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ เป็นการออกแบบ สร้าง และทดลองใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายในพื้นที่จริง ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง ต.ลำพญา อ.เมือง จ.ยะลา สำหรับใช้งานจริงในครัวเรือนของประชาชนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบหัวน้ำต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาจากการประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องชักผ้ายี่ห้อโตชิบา รุ่น S-DD GENERATOR พบว่า การใช้ใบพัดกังหันน้ำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเท่ากับ 7.62 cm (3 นิ้ว) ให้กำลังผลิตไฟฟ้ามากที่สุด กล่าวคือ ที่ความเร็วรอบสูงสุดเท่ากับ 422.7 rpm มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 217.0 V และได้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.384 A ทั้งนี้สามารถเป็นแนวทางการศึกษาและพัฒนาชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปใช้ได้จริงในท้องถิ่นซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทดแทนที่อยู่ใกล้ตัวให้เกิดประโยชน์สูงสุด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบหัวน้ำต่ำอย่างง่ายไม่จำเป็นต้องประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องชักผ้ายี่ห้อโตชิบา รุ่น S-DD GENERATOR อาจใช้มอเตอร์อื่นๆ เช่น มอเตอร์เกาจากเครื่องชักผ้า

5.2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบหัวน้ำต่ำอย่างง่ายในการวิจัยนี้ยังไม่ได้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ปรับแรงดัน หรืออุปกรณ์แปลงไฟฟ้าอื่นๆ จึงควรแปลงไฟฟ้าแล้วประจุไว้ในแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าให้มากขึ้น

5.2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบหัวน้ำต่ำอย่างง่ายสามารถดำเนินการติดตั้งได้ในพื้นที่ต่างๆ อีกมากมาย เช่น ลำธาร คลองส่งน้ำชลประทาน ทางส่งน้ำเพื่อการเกษตรตามทุ่งนา

## บรรณานุกรม

- อุสาค์ บุญบำรุง. (2555). การวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมท้องถิ่นและถ่ายทอดเทคโนโลยีกักกันผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 4(4) (มีนาคม-เมษายน) : 67-75.
- ยอดชาย เตียเป็น. (2553). เทคโนโลยีพลังงานขนาดเล็ก. วิทยาลัยพาณิชยนาวินานาชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 59 หน้า.
- \_\_\_\_\_. (2554). สถานการณ์พลังงานไทยในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2554. วารสารนโยบายพลังงาน, (92) (เมษายน-มิถุนายน) : 18-37.
- \_\_\_\_\_. (2550). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. รักษาพลังงาน. วารสารพลังงาน, 4 (35) : 13-14.
- ไกรพัฒน์ จินขจร. (2551). พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ. : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชาติชาย ยมะคุปต์. (2549). กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบแสงสว่าง. วิศวกรรมสาร มก, 58 (19) : 34-39.
- ณรงค์ ไทยประยูร และคณะ. (2545). ความรู้พื้นฐานโรงไฟฟ้าพลังน้ำ. กรุงเทพฯ, 1-46.
- ดวลย์ วิวรรณเดช. (2546). พลังงานกับการพัฒนายั่งยืน. วารสารพลังงาน, 3 : 1-9.
- นภัทร วัจนเทพินทร์. (2550). การผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าและพลังงานทดแทน. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, หน้า 23-48.
- บัณฑิต พึ่งธรรมสาร จำนง สรพิพัฒน์ สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ อำนาจ ชิตไธสง สุรินทร์ พิพัฒน์มโนมัย นวล เลาศิริพจน์ และอริคม บางวิวัฒน์. (2550). ทางเลือกพลังงานเพื่อดับโลกร้อน. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ : วี วิชชี.
- ประเสริฐ ภูั่นทพงษ์. (2535). เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า : รวมบทความเกี่ยวกับไฟฟ้า. วารสารเทคนิคชุดที่ 6, 2 (8) : 381-387.
- ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์. (2549). ฟิสิกส์และเคมี. สุวีริยาสาส์น : กรุงเทพฯ. 58-60.
- วัฒนา ถาวร. (2546). โรงต้นกำลังไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 55-83.
- สกล พร้อมวงษ์. (2546). โรงต้นกำลังไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ. 225.
- สุเทพ เหลี่ยมศิริเจริญ. (2542). การดำเนินการและบำรุงรักษาโครงการไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 1-43.
- อัสหิยะ สนิโซ เขตตะกูล หอมจำปา และสุนิตย์ ไรจณสุวรรณ. (2553). การศึกษาและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก : กรณีศึกษาระบบแบบอิสระ ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่, 2 (5) : 38-46.
- อิสระ อินอุเทศ. (2542). แม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น. 91-141.

- Akhtar, M.S., Khan, M.A., Jeon, M.S. and Yang, O.B. (2008). Controlled synthesis of various ZnO nanostructured materials by capping agents-assisted hydrothermal method for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 52 : 7869-7874.
- Alexander, K.V. and Giddens, E.P. (2008). Microhydro : Cost-effective, modular systems for low heads. *Renewable Energy*, 33 : 1379-1391.
- Baidya, G. (2006). Development of small hydro. Himalayan small hydropower summit, 12-13 October, India. 34-43.
- Balat, H. (2007). A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey : The case of small hydropower plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11 : 2152-2165.
- Bwana, N.N. (2009). Improved short-circuit photocurrent densities in dye-sensitized solar cells based on ordered arrays of titania nanotubule electrodes. *Current Applied Physics*, 9 : 104-107.
- Calogero, G. and Marco, G.D. (2008). Red Sicilian orange and purple eggplant fruits as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 92 : 1341-1346.
- Date, A. and Akbarzadeh, A. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. *Renewable Energy*, 34 (2) : 409-415.
- David, J., Smith, M. and Hart, M. (2008). Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States. *Renewable Energy*, 33 : 2393-2406.
- Himri, Y., Boudghene, A., Draoui, B. and Himri, S. (2009). Review of wind energy use in Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (4) : 910-914.
- Hugh D. Y. and Roger A. F. (2004). *University Physics with Modern Physics*. 11<sup>th</sup> Edition, Pearson Addition Wesley, San Francisco; USA, 1714 p.
- John, G., Manuel, F., Kavita, R. and Simon, T. (2005). Stimulating the picohydropower market for low-income households in Ecuador. *Energy sector management assistance program*. 1-8.
- Jovcic, D. (2008). Offshore wind farm with a series multiterminal CSI HVDC. *Electric Power Systems Research*, 78 : 747-755.

- Kaldellis, J.K. (2007). The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece : Technical and economic considerations. *Energy Policy*, 35 : 2187-2196.
- Laodee, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W.. (2006). Pico hydro power generation demonstration : Case study of the Maewong National Park Sub Station Maerewa, Nakhonsawan Province. The 2<sup>nd</sup> Conference on Energy Network of Thailand, 22-29 July, Suranaree University of Technology, Nakorn Rajsima, Thailand. Paper No. ENETT49-043 : 1-3.
- Laodee, P., Ketjoy, N., Rakwichian, W., Engelke, W.R. and Suponthan, W. (2005). Pico hydro power generation : Case study of Ban Thapan, Luang Pha Bang, LAO PDR. The 1<sup>st</sup> Conference on Energy Network of Thailand, 11-13 May, Ambassador City Jomtien, Phataya, Choburi, Thailand. Paper No. RE18 : 1-4.
- Liu, J., Wang, W., Yu, H., Wu, Z., Peng, J. And Cao, Y. (2008). Surface ligand effects in MEH-PPV/TiO<sub>2</sub> hybrid solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 92 : 1403-1409.
- Mabel, M.C. and Fernandez, E. (2008). Growth and future trends of wind energy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 : 1745-1757.
- Ogayar, B. and Vidal, P.G. (2009). Cost determination of the electro-mechanical equipment of a small hydro-power plant. *Renewable Energy*, 34 : 6-13.
- Palanichamy, C., Sundar, N. and Nadarajan, C. (2002). Municipal solid waste fueled power generation for India. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 17(4) : 556-563.
- Ponta, F.L. and Jacovkis, P.M. (2008). Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines. *Renewable Energy*, 33 : 665-673.
- Ramakrishna, S. (2007). Report on new energy related technology and policy in Singapore. The 3<sup>rd</sup> SEE Forum: Asia-Pacific Academic Network for Sustainable energy and Environment, 21-23 November, Pattaya, Thailand. 2 p.
- Silvia, V. and Hans, B. (2012). Flexible design of a pico-hydropower system for Laos communities. *Renewable Energy*, 44 : 406-413.
- Velasco, M., Probst, O. And Acevedo, S. (2004). Theory of wind-electric water pumping. *Renewable Energy*, 29 : 893.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
ภาพการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ ก-1 การสำรวจและเก็บข้อมูลสถานที่ทำการวิจัย



ภาพที่ ก-2 แบบกั้งหันน้ำที่แกะจากโฟรม



ภาพที่ ก-3 การหล่อปูนพลาสติกทำเป็นบล็อกกั้งหันน้ำ



ภาพที่ ก-4 บล็อกกั้นน้ำเมื่อแกะโฟร์มออกจากปูนพลาสติก



ภาพที่ ก-5 การประกอบบล็อกปูนพลาสติกเพื่อเทเรซิน



ภาพที่ ก-6 กวนเรซินกับน้ำยาฮาร์ดเนอร์ให้เข้ากัน



ภาพที่ ก-7 เทเรซินลงในบล็อกปูนพลาสติก



ภาพที่ ก-8 การแกะปูนพลาสติกออกจากเรซิน



ภาพที่ ก-9 กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 4 นิ้ว ที่แกะออกจากบล็อก



ภาพที่ ก-10 กังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 3 นิ้ว ที่เกาะออกจากบล็อก



ภาพที่ ก-11 มอเตอร์เครื่องชักผ้าที่ใช้ในการทดลองกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



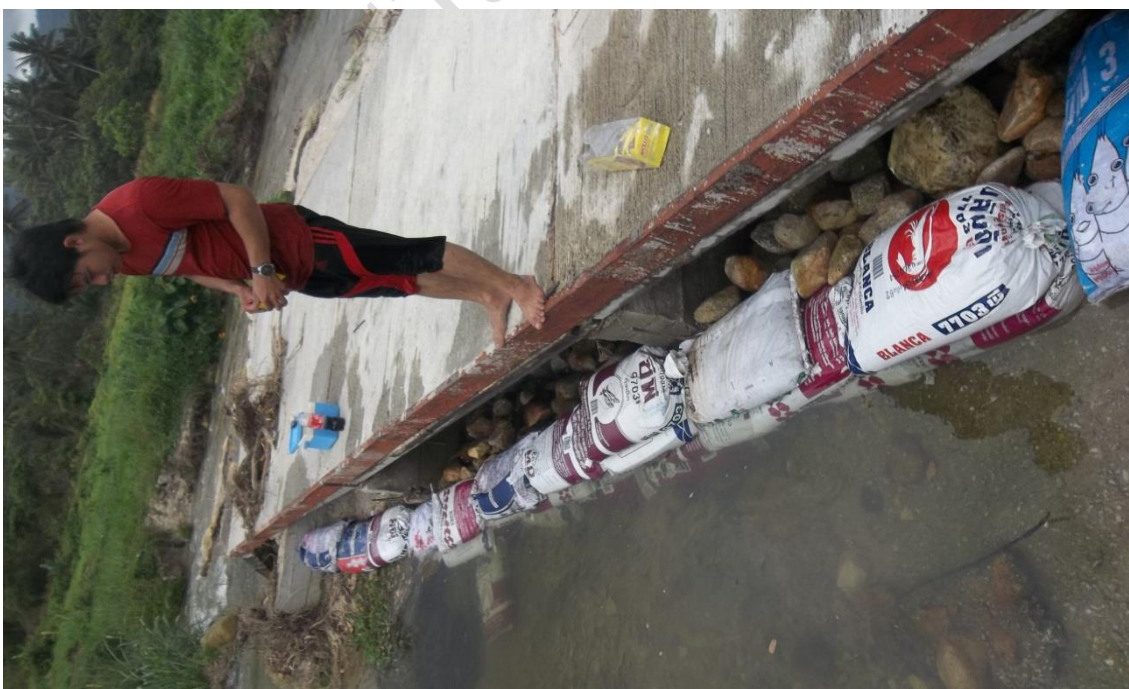
ภาพที่ ก-12 แกนทำจากเหล็กเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้ากับชุดกังหันน้ำ



ภาพที่ ก-13 ท่อทำจากเหล็กแผ่นม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 และ 8 นิ้ว



ภาพที่ ก-14 ส่วนประกอบของอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่ายที่ใช้ในการทดลอง



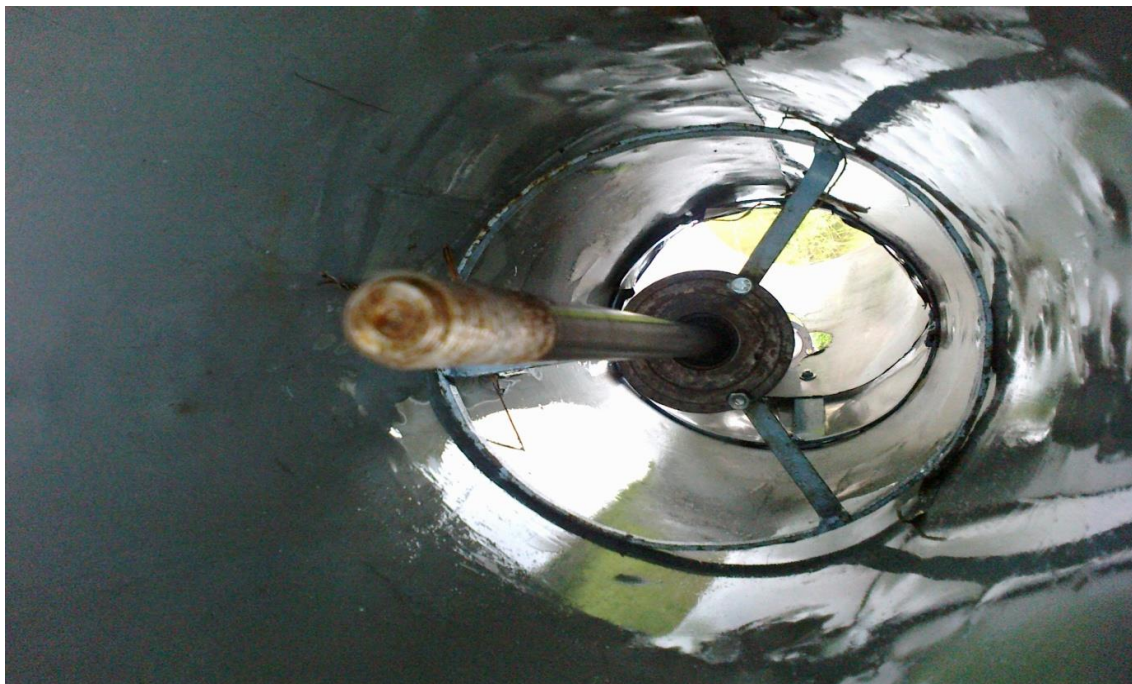
ภาพที่ ก-15 การกั้นทางน้ำอย่างง่ายด้วยกระสอบทราย



ภาพที่ ก-16 การวางท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 10 นิ้ว เพื่อส่งน้ำเข้าสู่ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่าย



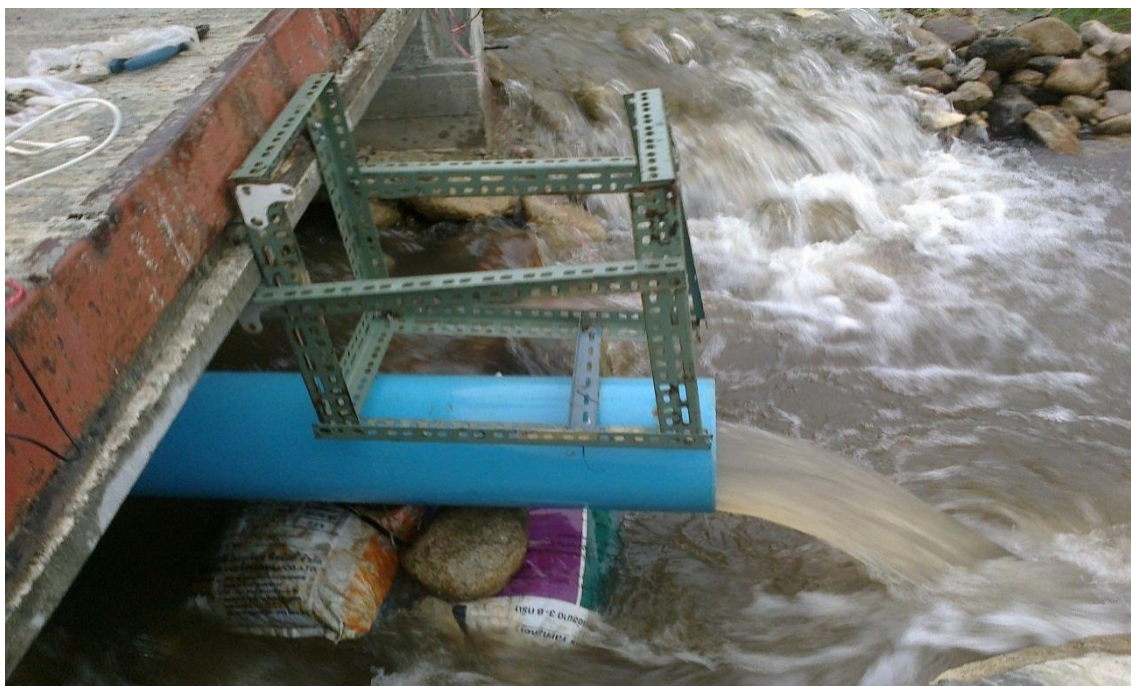
ภาพที่ ก-17 การประกอบท่อเหล็ก 10 นิ้วกับ 8 นิ้วเข้าด้วยกัน



ภาพที่ ก-19 แกนเหล็กขณะอยู่ในท่อเหล็กส่งน้ำ



ภาพที่ ก-20 กังหันน้ำขณะอยู่ในท่อเหล็ก



ภาพที่ ก-21 การติดตั้งโครงเหล็กยึดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าบนท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว



ภาพที่ ก-22 การติดตั้งท่อเหล็กในท่อพีวีซี



ภาพที่ ก-23 การติดตั้งมอเตอร์ให้เข้ากับแกนเหล็ก



ภาพที่ ก-24 การตรวจสอบชุดผลิตไฟฟ้าอย่างง่ายก่อนการทดลอง



ภาพที่ ก-25 การทดลองปล่อยน้ำให้ชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำอย่างง่ายทำงาน

### ภาคผนวก ข

#### ผลการทดลองวัดความเร็วรอบ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ ข-1 ความเร็วรอบการหมุนของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm (4 นิ้ว)

| t (min) | ความเร็วรอบ (rpm ) |            |            | ค่าเฉลี่ย (rpm ) | S.D. (rpm) |
|---------|--------------------|------------|------------|------------------|------------|
|         | ครั้งที่ 1         | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |                  |            |
| 1       | 270.3              | 265.4      | 256.4      | 264.0            | 7.1        |
| 2       | 250.3              | 260.2      | 245.7      | 252.1            | 7.4        |
| 3       | 246.5              | 262.6      | 245.2      | 251.4            | 9.7        |

|                  |       |       |       |       |     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 4                | 264.5 | 253.2 | 270.4 | 262.7 | 8.7 |
| 5                | 256.7 | 270.8 | 260.9 | 262.8 | 7.2 |
| 6                | 270.9 | 268.5 | 276.3 | 271.9 | 4.0 |
| 7                | 223.3 | 230.6 | 240.2 | 231.4 | 8.5 |
| 8                | 232.6 | 245.5 | 230.5 | 236.2 | 8.1 |
| 9                | 240.5 | 242.5 | 250.4 | 244.5 | 5.2 |
| 10               | 270.6 | 280.1 | 275.3 | 275.3 | 4.8 |
| 11               | 273.2 | 268.5 | 259.9 | 267.2 | 6.7 |
| 12               | 285.1 | 278.4 | 279.2 | 280.9 | 3.7 |
| 13               | 269.5 | 283.4 | 286.8 | 279.9 | 9.2 |
| 14               | 274.7 | 286.2 | 284.4 | 281.8 | 6.2 |
| 15               | 271.5 | 290.1 | 285.4 | 282.3 | 9.7 |
| ค่าเฉลี่ย (rpm ) |       |       |       | 263.0 | 7.1 |

หมายเหตุ : ความเร็วรอบของเครื่องวัด เท่ากับ 8.3 ต่อ 1 รอบ มอเตอร์ผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ ข-2 ความต่างศักย์ไฟฟ้าของกึ่งหน้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm (4 นิ้ว)

| t (min)             | V (V)      |            |            | V <sub>av</sub> (V) | S.D. (V)   |
|---------------------|------------|------------|------------|---------------------|------------|
|                     | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |                     |            |
| 1                   | 115.6      | 114.3      | 115.1      | 115.0               | 0.7        |
| 2                   | 113.4      | 114.2      | 112.7      | 113.4               | 0.8        |
| 3                   | 116.3      | 115.4      | 114.6      | 115.4               | 0.9        |
| 4                   | 112.3      | 111.8      | 112.7      | 112.3               | 0.5        |
| 5                   | 109.8      | 110.3      | 109.5      | 109.9               | 0.4        |
| 6                   | 113.4      | 112.4      | 113.2      | 113.0               | 0.5        |
| 7                   | 115.3      | 116.2      | 115.7      | 115.7               | 0.5        |
| 8                   | 116.3      | 115.8      | 116.4      | 116.2               | 0.3        |
| 9                   | 114.6      | 115.5      | 114.9      | 115.0               | 0.5        |
| 10                  | 113.2      | 112.9      | 114.2      | 113.4               | 0.7        |
| 11                  | 114.1      | 113.8      | 113.4      | 113.8               | 0.4        |
| 12                  | 115.3      | 114.2      | 114.8      | 114.8               | 0.6        |
| 13                  | 113.7      | 114.3      | 114.7      | 114.2               | 0.5        |
| 14                  | 116.3      | 116.8      | 115.9      | 116.3               | 0.5        |
| 15                  | 116.4      | 115.7      | 116.2      | 116.1               | 0.4        |
| V <sub>av</sub> (V) |            |            |            | <b>114.3</b>        | <b>0.5</b> |

ตารางที่ ก-3 กระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10.16 cm (4 นิ้ว)

| t (min)             | I (A)      |            |            | I <sub>av</sub> (A) | S.D. (A)     |
|---------------------|------------|------------|------------|---------------------|--------------|
|                     | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |                     |              |
| 1                   | 0.19       | 0.193      | 0.192      | 0.192               | 0.002        |
| 2                   | 0.193      | 0.194      | 0.193      | 0.193               | 0.001        |
| 3                   | 0.192      | 0.193      | 0.192      | 0.192               | 0.001        |
| 4                   | 0.194      | 0.193      | 0.192      | 0.193               | 0.001        |
| 5                   | 0.194      | 0.193      | 0.192      | 0.193               | 0.001        |
| 6                   | 0.193      | 0.193      | 0.194      | 0.193               | 0.001        |
| 7                   | 0.192      | 0.19       | 0.193      | 0.192               | 0.002        |
| 8                   | 0.194      | 0.194      | 0.194      | 0.194               | 0.000        |
| 9                   | 0.193      | 0.19       | 0.192      | 0.192               | 0.002        |
| 10                  | 0.192      | 0.192      | 0.193      | 0.192               | 0.001        |
| 11                  | 0.194      | 0.192      | 0.193      | 0.193               | 0.001        |
| 12                  | 0.193      | 0.19       | 0.191      | 0.191               | 0.002        |
| 13                  | 0.194      | 0.194      | 0.193      | 0.194               | 0.001        |
| 14                  | 0.192      | 0.192      | 0.193      | 0.192               | 0.001        |
| 15                  | 0.193      | 0.194      | 0.192      | 0.193               | 0.001        |
| I <sub>av</sub> (A) |            |            |            | <b>0.193</b>        | <b>0.001</b> |

ตารางที่ ข-4 ความเร็วรอบการหมุนของกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm (3 นิ้ว)

| t (min)         | ความเร็วรอบ ( rpm ) |            |            | ค่าเฉลี่ย (rpm) | S.D. (rpm) |
|-----------------|---------------------|------------|------------|-----------------|------------|
|                 | ครั้งที่ 1          | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |                 |            |
| 1               | 421.2               | 425.3      | 415.5      | 420.7           | 4.9        |
| 2               | 418.6               | 420.1      | 414.6      | 417.8           | 2.8        |
| 3               | 415.6               | 427.5      | 424.3      | 422.5           | 6.2        |
| 4               | 430.1               | 426.9      | 428.2      | 428.4           | 1.6        |
| 5               | 413.8               | 419.8      | 418.3      | 417.3           | 3.1        |
| 6               | 420.2               | 423.4      | 427.1      | 423.6           | 3.5        |
| 7               | 418.7               | 425.3      | 421.7      | 421.9           | 3.3        |
| 8               | 430                 | 426.7      | 429.5      | 428.7           | 1.8        |
| 9               | 423.6               | 419.5      | 427.7      | 423.6           | 4.1        |
| 10              | 414.7               | 418.4      | 416.6      | 416.6           | 1.9        |
| 11              | 421.5               | 425.5      | 427.6      | 424.9           | 3.1        |
| 12              | 419.3               | 424.7      | 429.6      | 424.5           | 5.2        |
| 13              | 415.9               | 418.7      | 420.3      | 418.3           | 2.2        |
| 14              | 425.1               | 427.8      | 420.6      | 424.5           | 3.6        |
| 15              | 423.2               | 426.9      | 429.8      | 426.6           | 3.3        |
| ค่าเฉลี่ย (rpm) |                     |            |            | 422.7           | 3.4        |

หมายเหตุ ความเร็วรอบของเครื่องวัด เท่ากับ 8.3 ต่อ 1 รอบ มอเตอร์ชุดผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ ก-5 ความต่างศักย์ไฟฟ้าของกึ่งहनน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm (3 นิ้ว)

| t (min) | V (V)      |            |            | V <sub>av</sub> (V) | S.D. (V) |
|---------|------------|------------|------------|---------------------|----------|
|         | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |                     |          |
| 1       | 215.4      | 217.3      | 215.6      | 216.1               | 1.0      |
| 2       | 219.2      | 218.5      | 219.6      | 219.1               | 0.6      |
| 3       | 216.3      | 218.4      | 217.3      | 217.3               | 1.1      |
| 4       | 218.2      | 217.8      | 217.7      | 217.9               | 0.3      |
| 5       | 214.8      | 216.4      | 216.6      | 215.9               | 1.0      |
| 6       | 213.9      | 215.4      | 215.2      | 214.8               | 0.8      |
| 7       | 214.6      | 214.9      | 215.4      | 215.0               | 0.4      |
| 8       | 216.3      | 217.7      | 216.8      | 216.9               | 0.7      |
| 9       | 216.8      | 216.5      | 217.3      | 216.9               | 0.4      |
| 10      | 215.4      | 214.6      | 215.8      | 215.3               | 0.6      |
| 11      | 213.7      | 214.2      | 214.7      | 214.2               | 0.5      |
| 12      | 217.1      | 218.3      | 218.7      | 218.0               | 0.8      |
| 13      | 217.5      | 217.9      | 218.4      | 217.9               | 0.5      |
| 14      | 219.2      | 219.9      | 220.3      | 219.8               | 0.6      |

|              |       |       |       |       |     |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 15           | 219.6 | 218.6 | 219.7 | 219.3 | 0.6 |
| $V_{av}$ (V) |       |       |       | 217.0 | 0.7 |

ตารางที่ ข-6 กระแสไฟฟ้าของกึ่งहनนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 7.62 cm (3 นิ้ว)

| t (min) | I (A)      |            |            | $I_{av}$ (A) | S.D. (A) |
|---------|------------|------------|------------|--------------|----------|
|         | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |              |          |
| 1       | 0.383      | 0.384      | 0.383      | 0.383        | 0.001    |
| 2       | 0.384      | 0.385      | 0.385      | 0.385        | 0.001    |
| 3       | 0.385      | 0.383      | 0.385      | 0.384        | 0.001    |
| 4       | 0.382      | 0.385      | 0.383      | 0.383        | 0.002    |
| 5       | 0.380      | 0.382      | 0.380      | 0.381        | 0.001    |
| 6       | 0.383      | 0.383      | 0.382      | 0.383        | 0.001    |
| 7       | 0.384      | 0.385      | 0.384      | 0.384        | 0.001    |
| 8       | 0.384      | 0.384      | 0.384      | 0.384        | 0.000    |
| 9       | 0.384      | 0.385      | 0.384      | 0.384        | 0.001    |

|              |       |       |       |              |              |
|--------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 10           | 0.383 | 0.384 | 0.384 | 0.384        | 0.001        |
| 11           | 0.385 | 0.384 | 0.385 | 0.385        | 0.001        |
| 12           | 0.383 | 0.384 | 0.385 | 0.384        | 0.001        |
| 13           | 0.384 | 0.384 | 0.384 | 0.384        | 0.000        |
| 14           | 0.383 | 0.384 | 0.383 | 0.383        | 0.001        |
| 15           | 0.384 | 0.385 | 0.384 | 0.384        | 0.001        |
| $I_{av}$ (A) |       |       |       | <b>0.384</b> | <b>0.001</b> |

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

## ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ สกุล นายอีลีหัยะ สนิโซ  
ตำแหน่ง อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย สาขาวิชาฟิสิกส์  
ห้องทำงาน 216 ชั้น 2 อาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์  
ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

### หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร  
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000  
โทรศัพท์ : 0-7322-7148, โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 086-2960787  
E-mail : saniso.e@hotmail.com, eleeyah.s@yru.ac.th

### ประวัติการศึกษา

| วุฒิ                                    | ชื่อสถาบัน               | ปีที่สำเร็จ |
|-----------------------------------------|--------------------------|-------------|
| วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)           | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2549        |
| การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) | มหาวิทยาลัยทักษิณ        | 2547        |