

## ศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ

## Potential of Electricity Generation from Refuse Derived Fuel

นางสาวรัตติกกร เจริญพจน์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา

อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

\*ติดต่อ: c\_rattikorn@hotmail.com, 081-3436335

### บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากขยะชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ ขยะชุมชนถูกคัดแยกด้วยระบบคัดแยกขยะเพื่อหาองค์ประกอบขยะ ปริมาณเชื้อเพลิงขยะ, ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และต้นทุนการผลิต เชื้อเพลิงขยะ สามารถขายเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับโรงไฟฟ้าที่ราคาประมาณ 750 - 900 บาท/ตัน ขึ้นอยู่กับค่าความร้อน ระบบคัดแยกขยะประกอบด้วยสายพานคัดแยกด้วยแรงงานคน เครื่องแยกขยะทรงกระบอก (Trommel Screen) และเครื่องคัดแยกขยะด้วยการปั่นและแรงลม (Spinner) ขยะ จำนวน 5 ตัวอย่าง (ปริมาณ 6,670 กก 6,200 กก 6,430 กก 6,320 กก และ 6,580 กก) ได้ถูกคัดแยก ขยะที่คัดแยกได้ประกอบด้วย ขยะอินทรีย์ 50.92 % เชื้อเพลิงขยะ 32.24 % ขยะรีไซเคิล 3.11 % ค่าความร้อนต่ำเฉลี่ยของเชื้อเพลิงขยะ เท่ากับ 4,010.6 kcal/kg ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ เท่ากับ 993.19 บาท/ตัน ราคาของเชื้อเพลิงขยะ ที่ค่าความร้อน 4,010.6 kcal/kg เท่ากับ 901.59 บาท/ตัน ดังนั้นจึงไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะผลิตเชื้อเพลิงขยะ เมื่ออัตราการผลิตถูกเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเท่า โดยการเพิ่มความเร็วของสายพานโดยไม่ต้องคำนึงถึงการคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยมือ ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ จะลดลงเหลือ 496.59 บาท/ตัน อย่างไรก็ตามถ้าต้องมีการขนส่งเชื้อเพลิง จะต้องเพิ่มราคาค่าขนส่งเป็นต้นทุนการผลิต ดังนั้นโรงไฟฟ้าควรตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานคัดแยกขยะมิฉะนั้นจะไม่มี ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ที่จะผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ จากขยะชุมชน เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

**คำหลัก:** เชื้อเพลิง RDF การคัดแยกขยะ การผลิตกระแสไฟฟ้า

### Abstract

Thailand aims to promote utilization of municipal solid waste (MSW) for electricity generation. In this research, MSW was separated using a waste separation system to determine waste compositions, quantity of Refuse Derived Fuel (RDF), heating value and production cost of RDF. RDF can be sold to power plant at approximately 750 - 900 Bahts/ton depending on heating value. The separation system comprised of belt conveyors for hand sorting, trommel screen and spinner. Five samples of MSW (6,670 kg, 6,200 kg, 6,430 kg, 6,320 kg and 6,580 kg) were separated. Separated wastes comprised of 50.92 % organics, 32.24 % RDF, 3.11 % recycle materials. Average Lower Heating Value (LHV) of RDF was 4,011 kcal/kg. Production cost of RDF was 993.19 Bahts/ton. Price of RDF having LHV

of 4,010.6 kcal/kg was 901.59 Bahts/ton. Therefore it is not economical to produce RDF. When the capacity of the separation system was double by increasing belt speed and ignoring hand sorting of recycle materials, the production cost would be 496.59 Bahts/ton. However, if the RDF must be transported, transportation cost must be added to the production cost. Therefore, power plant should be situated closed to the waste sorting plant otherwise it is not economically feasible to produce RDF from MSW for electricity generation.

**Keywords:** Refuse Derived Fuel (RDF), waste separation, electricity generation.

## 1. บทนำ

ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนจากขยะมูลฝอย โดยได้กำหนดไว้ในแผนพัฒนาพลังงานของประเทศ [1] โดยส่งเสริมการคัดแยกขยะเชื้อเพลิง ที่เรียกว่า Refuse Derived Fuel (RDF) เพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากระบบการจัดการขยะของประเทศไทย ยังไม่มีระบบการคัดแยกขยะต้นทาง หรือที่เรียกว่า Source Separation ขยะที่เกิดขึ้นในเมืองเล็กมีปริมาณ 30 - 50 ตันต่อวัน เมืองขนาดกลาง มีปริมาณ และ 200 - 300 ตันต่อวัน และในเมืองใหญ่ เช่นกรุงเทพมหานคร มีปริมาณขยะเกิดขึ้นวันละ 10,500 ตัน [2] ดังนั้นการคัดแยกขยะด้วยแรงงานคนอย่างเดียวไม่สามารถทำได้ ทำให้ต้องใช้ระบบเครื่องจักรกลคัดแยกที่มีราคาสูง การคัดแยกขยะเชื้อเพลิง RDF จากขยะมูลฝอย จึงมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง RDF ที่คัดแยกจากขยะมูลฝอย จึงขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิต ในปัจจุบันเชื้อเพลิง RDF ที่คัดแยกได้จะถูกส่งไปขายให้กับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ซึ่งกำหนดราคาซื้อขายตามค่าความร้อนของเชื้อเพลิง การนำเชื้อเพลิงไปผลิตกระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องได้รับสัญญาซื้อขายไฟฟ้าที่เรียกว่า Power Purchase Agreement (PPA) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับต้นทุนของเชื้อเพลิง ราคาของระบบเตาเผาผลิตไฟฟ้า และราคาซื้อขายไฟฟ้าในรูปแบบของ Feed in tariff ซึ่งจะมีราคาตามประกาศของภาครัฐ

Trang T.T. Dong and Byeong-Kyu Lee (2009) ทำการสำรวจขยะในเมืองอุตสาหกรรมของประเทศเกาหลีพบว่า สามารถผลิตขยะ RDF ได้ประมาณ 25.6-43.5 % ซึ่งถ้าสามารถนำขยะเชื้อเพลิงมาใช้เป็นพลังงานในภาคอุตสาหกรรมจะสามารถให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 17.6 – 35.2 % [3]

JeongIn Gug et.al (2015) ทำทดลองอัดเชื้อเพลิง RDF เป็นแท่ง โดยการผสมกระดาษ กับพลาสติกชนิดต่าง ๆ ผลการทดสอบพบว่า การผสมพลาสติกประเภท PP และ HDPE จะได้เชื้อเพลิงแท่งที่มีคุณภาพดีกว่าการผสมด้วยพลาสติก PET [4]

Mar Edo et.al (2016) ได้ทดลองทำเชื้อเพลิงแท่งจากการผสมพลาสติกกับขยะอินทรีย์ พบว่ามีการเผาไหม้ที่ดี และเมื่อผสมเศษไม้บด จะทำให้ได้เชื้อเพลิงแท่งที่มีคุณภาพดีขึ้นสำหรับการเผาไหม้ [5]

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองระบบเครื่องจักรกลคัดแยกขยะชุมชน ของกรุงเทพมหานคร เพื่อผลิต RDF-2 ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภทอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์รับซื้อ การทดลองใช้ตัวอย่างขยะที่ขนส่งไปฝังกลบ ณ แหล่งฝังกลบมูลฝอยพนมสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบขยะ ปริมาณเชื้อเพลิงขยะ RDF ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และต้นทุนการผลิต เชื้อเพลิง RDF

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 ระบบคัดแยกขยะ

ระบบเครื่องจักรกลคัดแยกขยะ แสดงในรูปที่ 1  
ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

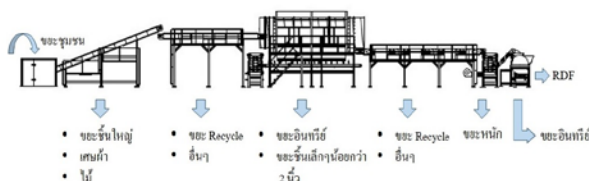
- (1) Hopper รองรับขยะ
- (2) ระบบสายพานคัดแยกขยะรีไซเคิล ชุดที่ 1
- (3) ระบบ Trommel screen
- (4) ระบบสายพานคัดแยกขยะรีไซเคิล ชุดที่ 2
- (5) ระบบ Spinner

ระบบเครื่องจักรกลขยะ ถูกติดตั้งในโรงเรือน ขนาด 20x60 เมตร และใช้เครื่องจักรกลประกอบการทำงาน ในการขนส่งป้อนขยะ คือรถแบคโฮร์ รถดั๊กล้อย่าง มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนระบบคัดแยกขยะ มีกำลังรวม 127 HP (94.7 kW) และใช้แรงงานคน จำนวน 16 คน ในการเดินระบบ

## 2.2 การทดสอบการคัดแยกขยะ

ขยะชุมชนที่ขนส่งจากกรุงเทพมหานครถูกใช้ในการคัดแยก โดยใช้ตัวอย่างขยะจำนวน 5 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างถูกชั่งน้ำหนักก่อนการทดลอง มีปริมาณขยะ 6,670 กก 6,200 กก 6,430 กก 6,320 กก และ 6,580 กก. ขยะแต่ละตัวอย่าง ถูกส่งเข้าระบบคัดแยกขยะ และบันทึกองค์ประกอบขยะ แบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

- (1) ขยะรีไซเคิลได้ ประกอบด้วย แก้ว อลูมิเนียม เหล็ก และพลาสติกรีไซเคิล
- (2) เชื้อเพลิง RDF
- (3) ขยะอินทรีย์ ประเภทเศษผัก ผลไม้ อาหาร
- (4) เศษผ้า
- (5) เศษไม้ และกิ่งไม้
- (6) ขยะอื่นๆ



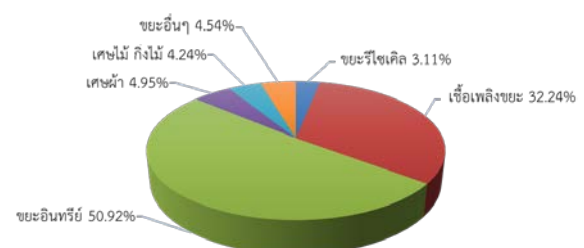
รูปที่ 1 ระบบเครื่องจักรกลคัดแยกขยะ

ตัวอย่างของเชื้อเพลิง RDF ซึ่งเป็น RDF-2 คือเป็นเชื้อเพลิงขยะประเภทที่ถูกคัดแยกเป็นพลาสติกรวม หรือพลาสติกคละชนิดที่มีขนาดชิ้นใหญ่ ตามการแบ่งชนิดของเชื้อเพลิง ASTM E856-83 ถูกวิเคราะห์หาค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ Bomb Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E711-87 (2004) การคำนวณราคาขายเชื้อเพลิงสำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โดยใช้สูตรการคำนวณ ราคาเชื้อเพลิง (บาท) = 0.15(LHV) + 300 [6] ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF เป็น บาท/ตัน คำนวณจากค่าลงทุนระบบ และค่าใช้จ่ายผันแปร ซึ่งประกอบด้วยค่าไฟฟ้า ค่าแรงงานคน ค่าบำรุงรักษา และปริมาณเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้ การคำนวณใช้การทำงาน 300 วันต่อปี ระยะเวลาโครงการ 10 ปี คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight line method กำหนดมูลค่าซากของเครื่องจักรกล 10 % และมูลค่าซากของอาคาร 50 % การคำนวณใช้ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.80 บาท

## 3. ผลการทดสอบ

ผลการคัดแยกองค์ประกอบขยะ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 2  
ตารางที่ 1 องค์ประกอบขยะที่คัดแยกได้

ประเภทของขยะ	ปริมาณ (%)				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	เฉลี่ย
ขยะรีไซเคิล	2.49	2.51	2.38	4.08	3.11
เชื้อเพลิง RDF	30.79	36.74	31.88	30.38	32.24
ขยะอินทรีย์	50.33	49.84	50.40	52.06	50.92
เศษผ้า	4.65	4.20	4.35	5.90	4.95
เศษไม้ กิ่งไม้	5.75	5.16	5.23	2.69	4.24
ขยะอื่น ๆ	5.98	1.55	5.75	4.89	4.54
รวม					100.00



รูปที่ 2 องค์ประกอบขยะที่คัดแยก

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 2 ปริมาณขยะ RDF ที่คัดแยกได้ มีปริมาณ 32.24 % และมีปริมาณขยะอินทรีย์ มากถึง 50.92 % สำหรับปริมาณขยะรีไซเคิล ซึ่งประกอบด้วย แก้ว อลูมิเนียม เหล็ก และพลาสติกรีไซเคิล มีปริมาณ น้อยเพียง 3.11 % ดังนั้นจะเห็นว่า นอกจากจะคัดแยก ขยะเชื้อเพลิง RDF ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานแล้ว ยังมี ขยะอินทรีย์ที่เป็นภาระต้องกำจัด เนื่องจากขยะอินทรีย์ จะเกิดการย่อยสลายในแหล่งฝังกลบ และก่อให้เกิดก๊าซ ขยะ (Landfill gas) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง การใช้ระบบคัดแยกขยะเพื่อผลิตเชื้อเพลิง RDF จะมีขยะ ส่วนที่เหลืออีกเกือบ 70 % ที่ต้องพิจารณานำไปกำจัดให้ ถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งถ้าใช้วิธีการฝังกลบ จะมีค่าใช้จ่าย ในการฝังกลบประมาณ 500 - 800 บาทต่อตัน ขึ้นอยู่กับ ปริมาณขยะ

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงขยะ RDF ที่คัด แยกได้

ตัวอย่างขยะ	ปริมาณเชื้อเพลิง (kg)	Lower Heating Value (kcal/kg)
1	2,054	4,125
2	2,278	5,789
3	2,050	4,225
4	1,920	2,863
5	2,068	3,051
เฉลี่ย		4,010.60

ตารางที่ 2 แสดงค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง RDF ที่คัด แยกได้ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง RDF แต่ละตัวอย่าง มี ค่าแตกต่างกัน เนื่องจากได้จากตัวอย่างขยะพลาสติกกรรม คละชนิด ที่สุ่มเก็บในแต่ละครั้งที่ทำการเดินระบบคัดแยก ผลการทดสอบได้ค่าซึ่งมีค่าความร้อนต่ำเฉลี่ย 4,010.6 kcal/kg เมื่อคำนวณราคาขายเชื้อเพลิง โดยใช้ราคา รับซื้อปัจจุบันตามค่าความร้อน จะมีราคา 901.59 บาท/ตัน เมื่อคำนวณ ต้นทุนการผลิตพบว่ามีต้นทุนการผลิต 993.19 บาท/ตัน ที่อัตราการทำงาน 50 ตัน/วัน แสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF โดยใช้ระบบคัด แยก

ต้นทุนค่าใช้จ่าย	บาท/ปี
1. ค่าเสื่อมราคา	1,653,000
2. ค่าไฟฟ้า 94.74 kW	864,047
3. ค่าแรงงาน 16 คน	1,560,000
4. ค่าน้ำมันรดถังขยะ	252,000
5. ค่าบำรุงรักษา	474,000
รวมต้นทุนการผลิต	4,803,047

ตารางที่ 3 แสดงต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อปี ของการเดินระบบ คัดแยก 300 วันต่อปี มีค่าใช้จ่ายรวม 4,803,047 บาท/ปี ระบบคัดแยกสามารถผลิตเชื้อเพลิง RDF ได้ 4,836 ตัน/ ปี ที่อัตราการป้อนขยะ 50 ตัน/วัน ทำให้ต้นทุนการผลิต เชื้อเพลิง RDF เท่ากับ 993.19 บาท/ตัน ซึ่งมีต้นทุนการ ผลิตสูงกว่าราคา รับซื้อเชื้อเพลิง ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าขนส่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทาง เนื่องจากการทดลองระบบคัดแยก ครั้งนี้ ได้ทำการคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วย ทำให้ใช้ความเร็ว ของระบบสายพานต่ำ เพื่อให้คนคัดแยกขยะทำงานได้ทัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณขยะรีไซเคิลที่ได้ ซึ่งมี ปริมาณเฉลี่ยเพียง 3.11 % จึงไม่คุ้มค่ากับการเดินระบบ ด้วยความเร็วต่ำ ที่อัตราการป้อน 50 ตัน/วัน เมื่อปรับ ความเร็วของการทำงานเพิ่มขึ้น 1 เท่าตัว คือเร่งความเร็ว ของสายพานลำเลียงขยะให้เร็วขึ้นอีกเท่าตัว คือส่งขยะ เข้าระบบ 100 ตัน/วัน โดยไม่ต้องคำนึงถึงการคัดแยก ขยะรีไซเคิลว่าจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลเท่ากับการป้อน ขยะเข้าระบบ 50 ตัน/วัน ระบบมีความสามารถในการ ทำงานได้ ถึง 100 ตัน/วัน และจะสามารถผลิตเชื้อเพลิง RDF ได้เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเท่าตัว ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของ เชื้อเพลิง RDF ลดลงเหลือ 496.59 บาท/ตัน ซึ่งเมื่อรวม กับค่าขนส่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทาง จะให้ต้นทุนการผลิต ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อขายให้อุตสาหกรรม หรือ ขนส่งไปยังโรงไฟฟ้า เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการทดสอบระบบคัดแยกขยะเชื้อเพลิง RDF นี้ เป็นการเดินระบบคัดแยกขยะ ที่ออกแบบเฉพาะเพื่อแยก

ขยะรวม ซึ่งเป็นระบบที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ และใช้กับตัวอย่างขยะจริงที่เก็บขนมาจากชุมชน ปัจจุบันในประเทศไทย ยังไม่มีรายงานผลการทดสอบระบบคัดแยกขยะอื่น ๆ ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองนี้ได้ เพราะเพิ่งเริ่มมีการใช้งานระบบคัดแยกขยะในทางธุรกิจ และไม่มีรายงานผลวิจัย และการเดินระบบทางธุรกิจ มักจะไม่เปิดเผยข้อมูล และไม่มีการคัดแยกขยะเป็นประเภทต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นการคัดแยกขยะเพื่อเพลิงออก และนำส่วนที่เหลือนำไปฝังกลบรวม หรือจัดการอื่นๆ ซึ่งยังไม่มีรายงานเรื่องการประสบความสำเร็จในการจัดการขยะแบบนี้ สำหรับในต่างประเทศที่มีการคัดแยกขยะ ขยะจะถูกคัดแยกประเภทตั้งแต่ต้นทาง ลักษณะของขยะที่ส่งเข้าระบบคัดแยกจะแตกต่างกับขยะไทยมาก โดยเฉพาะมีปริมาณขยะอินทรีย์น้อยกว่าขยะของประเทศไทย ระบบการคัดแยกจึงลักษณะของระบบแตกต่างกัน งานทดลองนี้จึงเป็นการทดสอบระบบเพื่อทราบความเป็นไปได้ในการแยกขยะรวม ที่ไม่มีการคัดแยกประเภทของขยะจากต้นทาง และเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการในการพิจารณาตัดสินใจลงทุนผลิตเชื้อเพลิง RDF เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

#### 4. สรุปผลการทดลอง

การคัดแยกขยะชุมชน ที่ใช้ตัวอย่างขยะ จำนวน 5 ตัวอย่าง ปริมาณตัวอย่างขยะ 6.20 - 6.67 ตัน โดยใช้เครื่องคัดแยกขยะที่มีความสามารถในการคัดแยก 50 - 100 ตัน/วัน พบว่าสามารถคัดแยกขยะเชื้อเพลิง RDF ได้ 32.24 % และเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนเฉลี่ย 4,010.6 kcal/kg ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF เท่ากับ 993.19 บาท/ตัน ในขยะที่ราคาขายเชื้อเพลิงเท่ากับ 901.59 บาท/ตัน เมื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานของสายพานและระบบคัดแยก เพื่อให้ระบบทำงานที่ 100 ตัน/วัน จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง 50 % เหลือ 496.59 บาท/ตัน อย่างไรก็ตามเมื่อต้องรวมค่าขนส่ง ไปยังสถานที่รับซื้อ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทาง จะทำให้การลงทุนไม่คุ้มค่าทาง

เศรษฐศาสตร์ต่อการผลิตเชื้อเพลิง RDF สำหรับขายเป็นเชื้อเพลิง การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิง RDF จึงควรเป็นการผลิตเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ระบบเตาเผา และโรงไฟฟ้าต้องตั้งอยู่ใกล้เคียงกับโรงงานคัดแยก เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง จึงจะทำให้คุ้มค่าต่อการลงทุน ระบบคัดแยกขยะเชื้อเพลิงเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการคัดแยกขยะด้วยระบบนี้ จะยังมีขยะส่วนอื่นๆ เช่นขยะอินทรีย์ซึ่งมีปริมาณประมาณ 50 % รวมทั้งขยะส่วนที่เหลืออีกประมาณ 20 % ที่จำเป็นต้องหาวิธีกำจัดที่เหมาะสมต่อไป

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ บจก.ไฟโรจน์สมพงษ์พาณิชย์ ที่อนุญาตให้ทำงานวิจัยนี้ รวมถึงการให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์ คัดแยก และคนงานในการคัดแยก

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน (2005), แผนพัฒนาพลังงานประเทศไทย 2558-2579, URL: [http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015\\_Final\\_version.pdf](http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf)
- [2] ขยะล้นเมืองกรุง 3.8 ล้านตัน “จุจจักร-บางกะปิ-บางขุนเทียน” มากสุด. (2561 พฤษภาคม). ประชาชาติธุรกิจ. <https://www.prachachat.net/property/news-151687>
- [3] Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee (2009). Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city of Korea. Waste Management 29 (2009) 1725–1731, ELSEVIER.
- [4] JeongIn Gug, David Cacciola, and Margaret J. Sobkowicz(2015). Processing and properties of a



solid energy fuel from municipal solid waste (MSW) and recycled plastics. Waste Management 35 (2015) 282-292, ELSEVIER

[5] Mar Edo a,b, Vitaliy Budarin c, Ignacio Aracil d, Per-Erik Persson e, and Stina Jansson (2016).The combined effect of plastics and food waste accelerates the thermal decomposition of refuse-derived fuels and fuel blends. Fuel 180 (2016) 424-432, ELSEVIER

[6] ที่มาของ สูตร คำนวณ ราคา RDF มาจากราคาตลาด ณ ปัจจุบัน ซึ่งกำหนดโดยโรงปูน TPI