บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

การทดลองจะแบ่งออกเป็น การทดลองวงจรตัดน้ำ การทดลองการเขียนอีอีพรอม การทดลองการทำงานของหน้าจอแสดงผล

4.2 การทดลองวงจรตัดน้ำ

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1) ทดสอบการทำงานของโซลินอยด์วาล์วว่า สามารถเปิด-ปิดน้ำ ได้ด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไหร่และลักษณะของหยดน้ำที่ถูกตัดจะเป็นอย่างไร
2) ทดสอบการควบคุมโซลินอยด์วาล์วด้วย ET-Base AVR

4.2.1 การทดสอบการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

การทดสอบจะใช้ Logic trainer เป็นเครื่องกำเนิดความถี่ในการเปิด-ปิดน้ำ และมี Power supply เป็นเครื่องกำเนิดไฟ 24VDC ให้กับวงจร

4.2.1.2 ผลลัพธ์ที่ได้

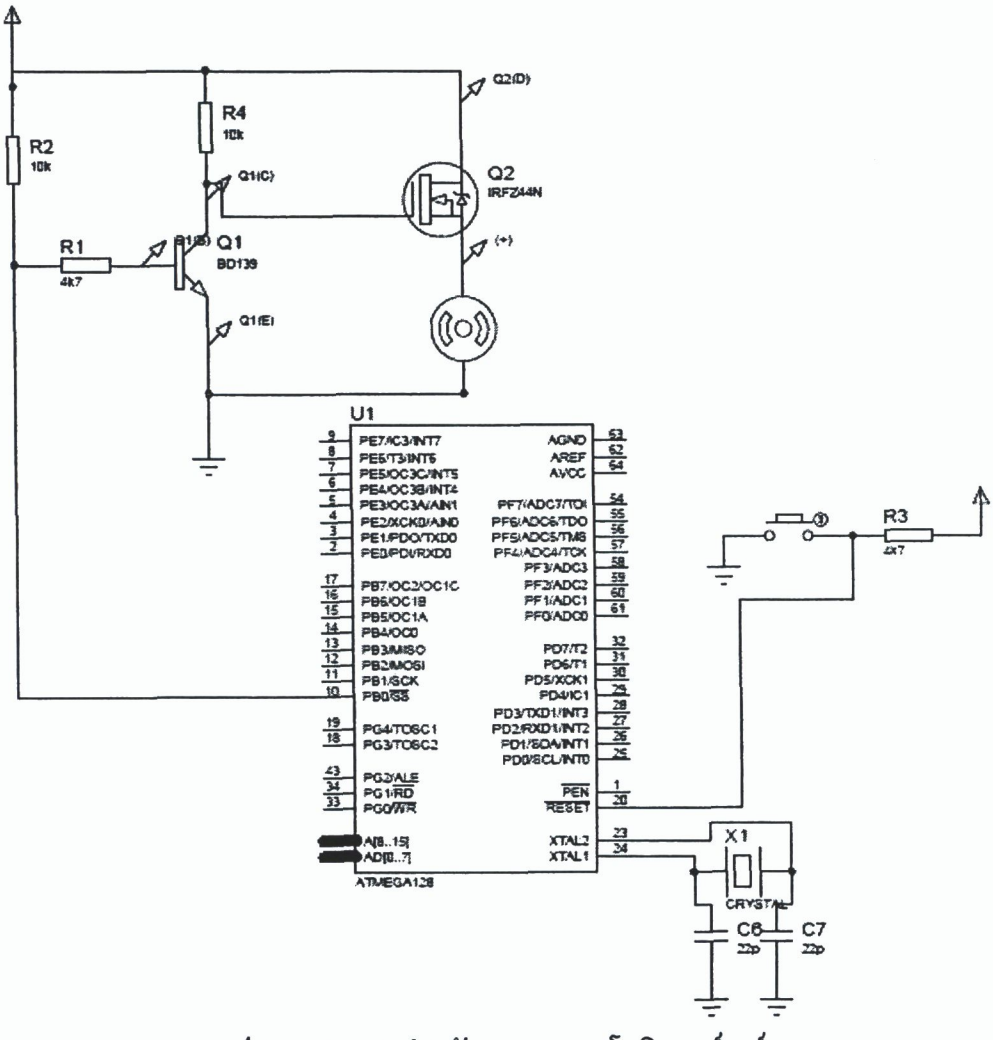
ผลลัพธ์ที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 4.1 ผลลัพธ์การทดลองการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

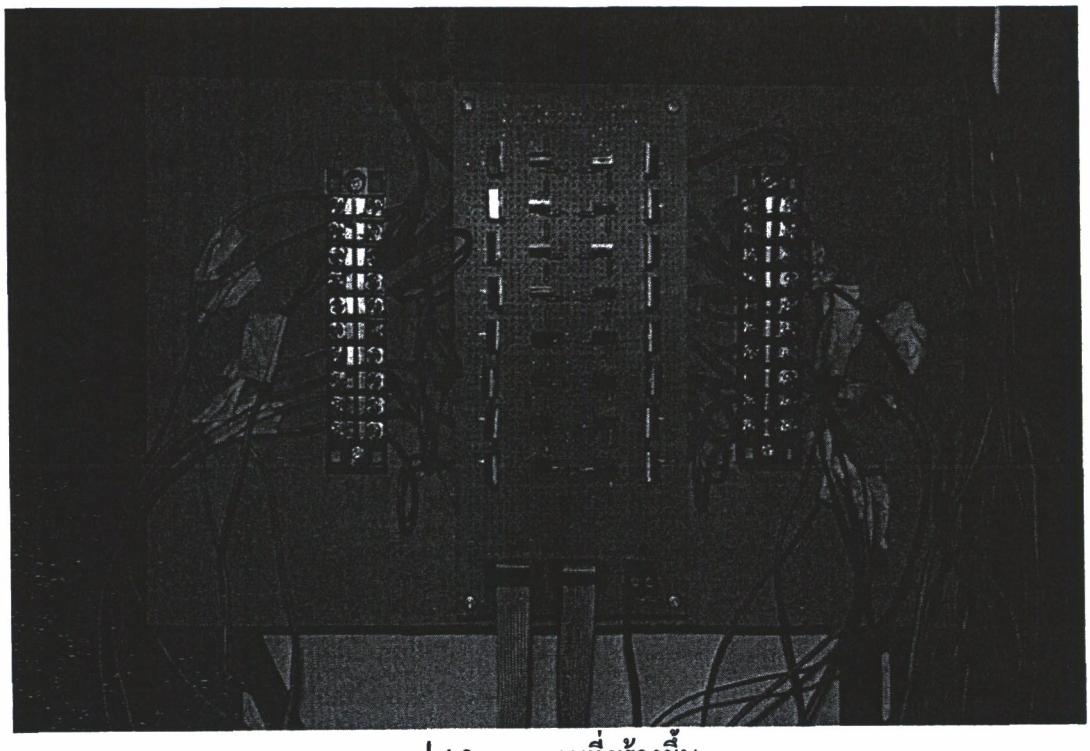
ความเร็วที่ใช้ในการเปิด-ปิดน้ำ (ครั้งต่อวินาที)	ความสามารถในการเปิด-ปิดวาล์วน้ำ	ลักษณะของน้ำที่ออกมา
10	ได้	เป็นสายน้ำ
20	ได้	เป็นหยดน้ำอย่างชัดเจน
30	ได้	เป็นหยดน้ำแต่เริ่มไม่ชัดเจน
40	ได้	เป็นหยดน้ำแต่ไม่ชัดเจน
50	ได้ แต่เมื่อเปิดเป็นเวลานานจะเกิดปัญหาการดึงแท่งโลหะกลับ	เป็นสายน้ำ

4.2.2 การทดสอบการควบคุมโซลินอยด์วาล์วด้วย ET-Base AVR

เป็นการทดสอบวงจรรวมที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว โดยโปรแกรมการทำงานให้กับ ET-Base AVR ซึ่งวงจรสามารถควบคุมการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วได้อย่างปกติ



รูป 4.1 วงจรรวมสำหรับการควบคุมโซลินอยด์วาล์ว



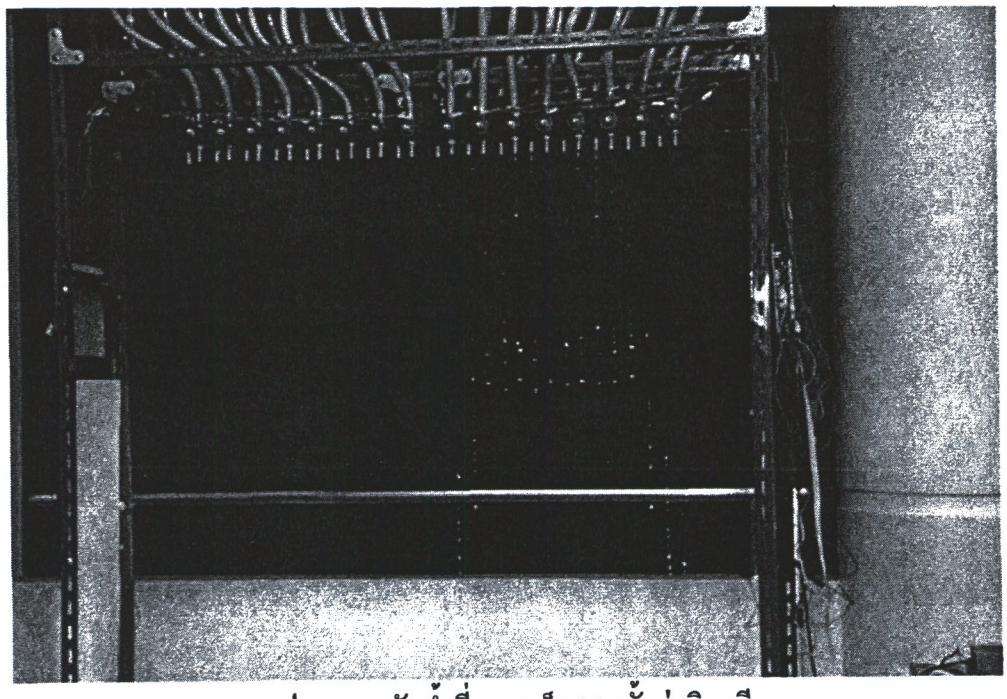
รูป 4.2 วงจรรวมที่สร้างขึ้น

4.2.3 การทดสอบเปรียบเทียบผลลัพธ์การแสดงผลด้วยความเร็วในการตัดน้ำต่างๆ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ในการปล่อยน้ำที่ความสูง 2 เมตร คือ

4.2.3.1 การตัดน้ำด้วยความเร็ว 25 ครั้ง ต่อวินาที

โดยน้ำ 1 หยดใช้เวลาในการปล่อยน้ำ 40 มิลลิวินาที



รูป 4.3 การตัดน้ำที่ความเร็ว 25 ครั้งต่อวินาที

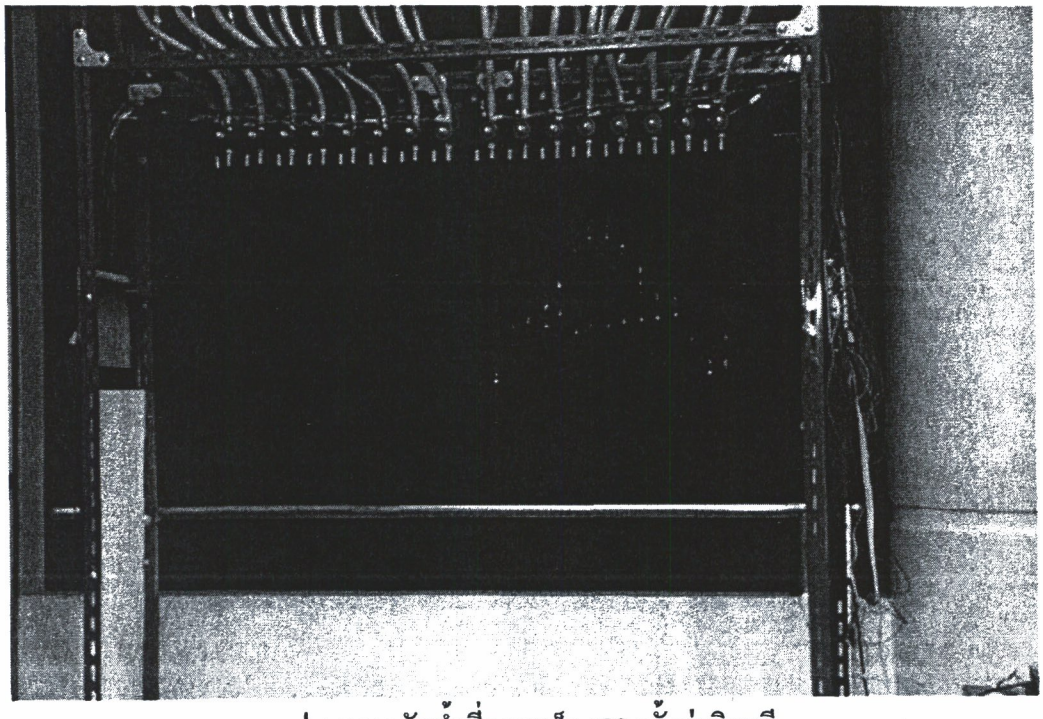
4.2.3.2 การตัดน้ำด้วยความเร็ว 40 ครั้ง ต่อวินาที

โดยน้ำ 1 หยด ใช้เวลาในการปล่อยน้ำ 25 มิลลิวินาที

รูป 4.4 การตัดน้ำที่ความเร็ว 40 ครั้งต่อวินาที

4.2.3.3 การตัดน้ำด้วยความเร็ว 100 ครั้ง ต่อวินาที

โดยน้ำ 1 หยด ใช้เวลาในการปล่อยน้ำ 10 มิลลิวินาที



รูป 4.5 การตัดน้ำที่ความเร็ว 100 ครั้งต่อวินาที

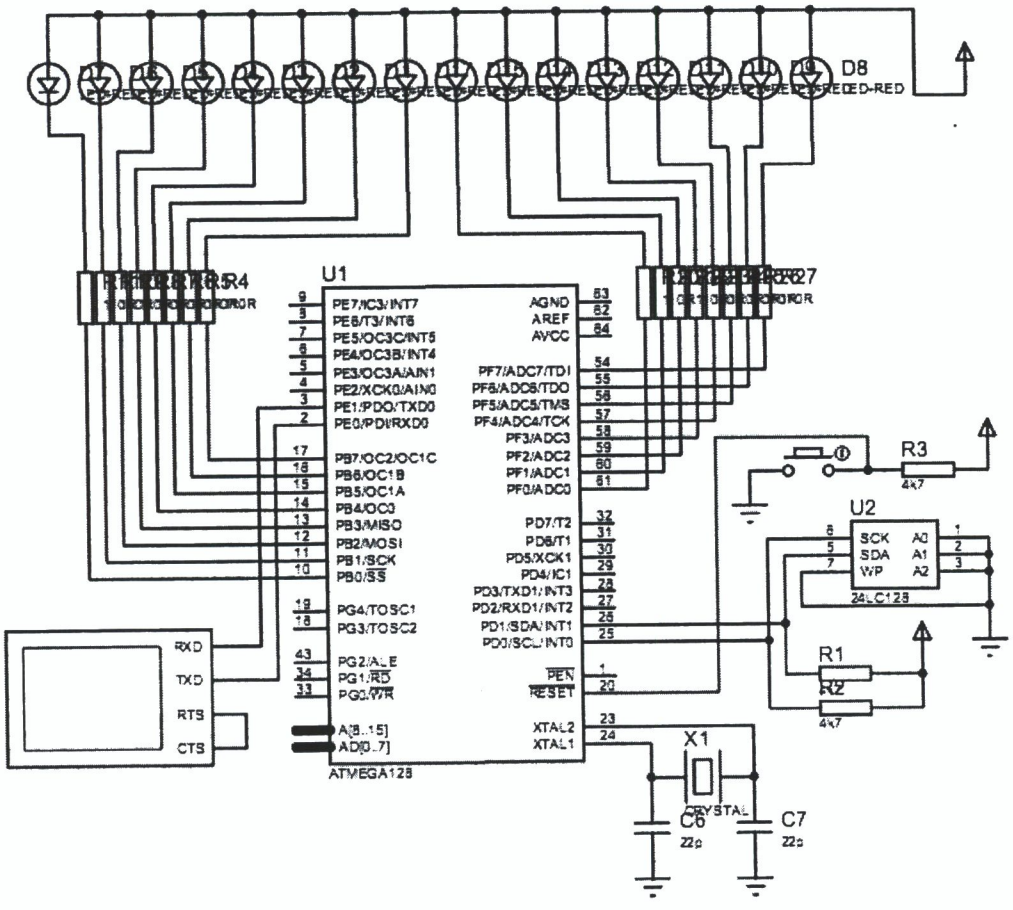
4.3 การทดลองการเขียนอีอีพรอม

ออกแบบและเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรอีอีพรอมในโปรแกรม Proteus โดยทำการกำหนดตำแหน่งในอีอีพรอม ดังนี้

1) รูปแบบที่ 1 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x0000 – 0x07CF
2) รูปแบบที่ 2 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x07D0 – 0x0F9F
3) รูปแบบที่ 3 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x0FA0 – 0x176F
4) รูปแบบที่ 4 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x1770 – 0x1F3F
5) รูปแบบที่ 5 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x1F40 – 0x270F
6) รูปแบบที่ 6 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x2710 – 0x2EDF
7) รูปแบบที่ 7 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x2EE0 – 0x36AF
8) รูปแบบที่ 8 เก็บ ณ ตำแหน่งที่ 0x36B0 – 0x3E7F

จากนั้นทำการทดลองเขียนตัวเลขเป็นค่าอักขระ 1 ซึ่งได้เป็นรหัส ASCII หมายเลข 49 ลงไปในแต่ละรูปแบบ เมื่อทำการเขียนเสร็จแล้วจึงทำการอ่านค่ารูปแบบในอีอีพรอมขึ้นมา พร้อมทั้งออก

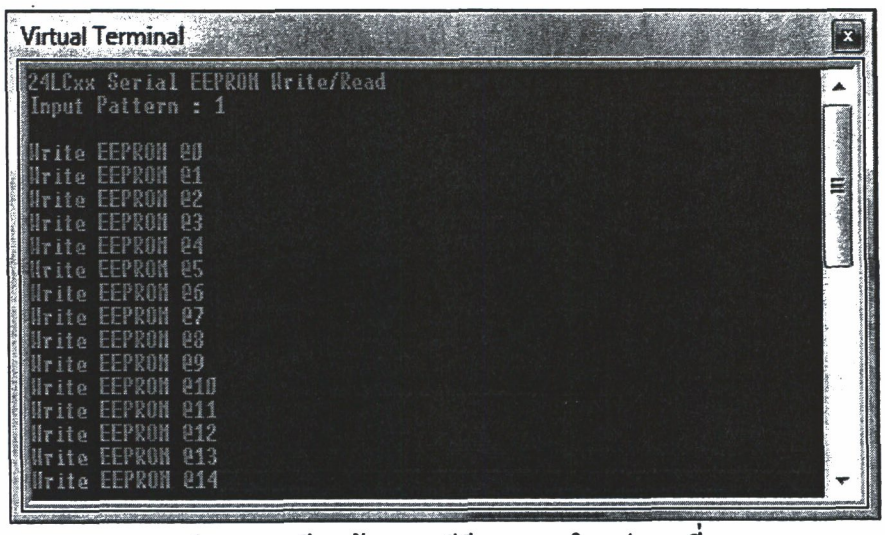
ทางพอร์ตเพื่อสั่งให้หลอดไฟติด โดยในตัวอีอีพรอม 24LC128 ใช้เวลาในการเขียนสูงสุด 5 มิลลิวินาที



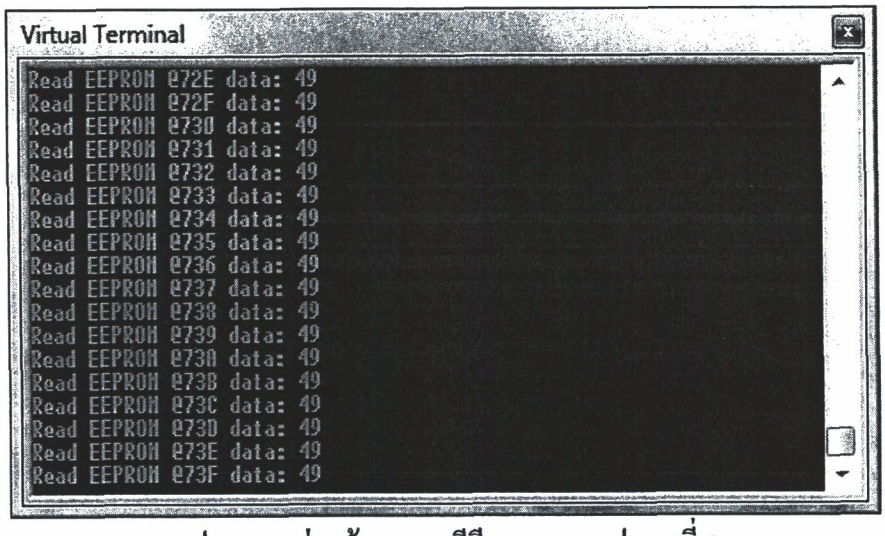
รูป 4.6 วงจรที่เชื่อมต่ออีอีพรอมเข้ากับ ATmega128

4.3.1 ผลการทดลอง

หน้าต่าง Virtual Terminal แสดงผลการเขียนข้อมูลลงในตำแหน่งที่ 0-1999 หลังจากนั้นทำการอ่านข้อมูลในตำแหน่งของรูปแบบที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 0-1999 ได้ค่าข้อมูลเป็น 49



รูป 4.7 การเขียนข้อมูลลงอีอีพรอมลงในรูปแบบที่ 1



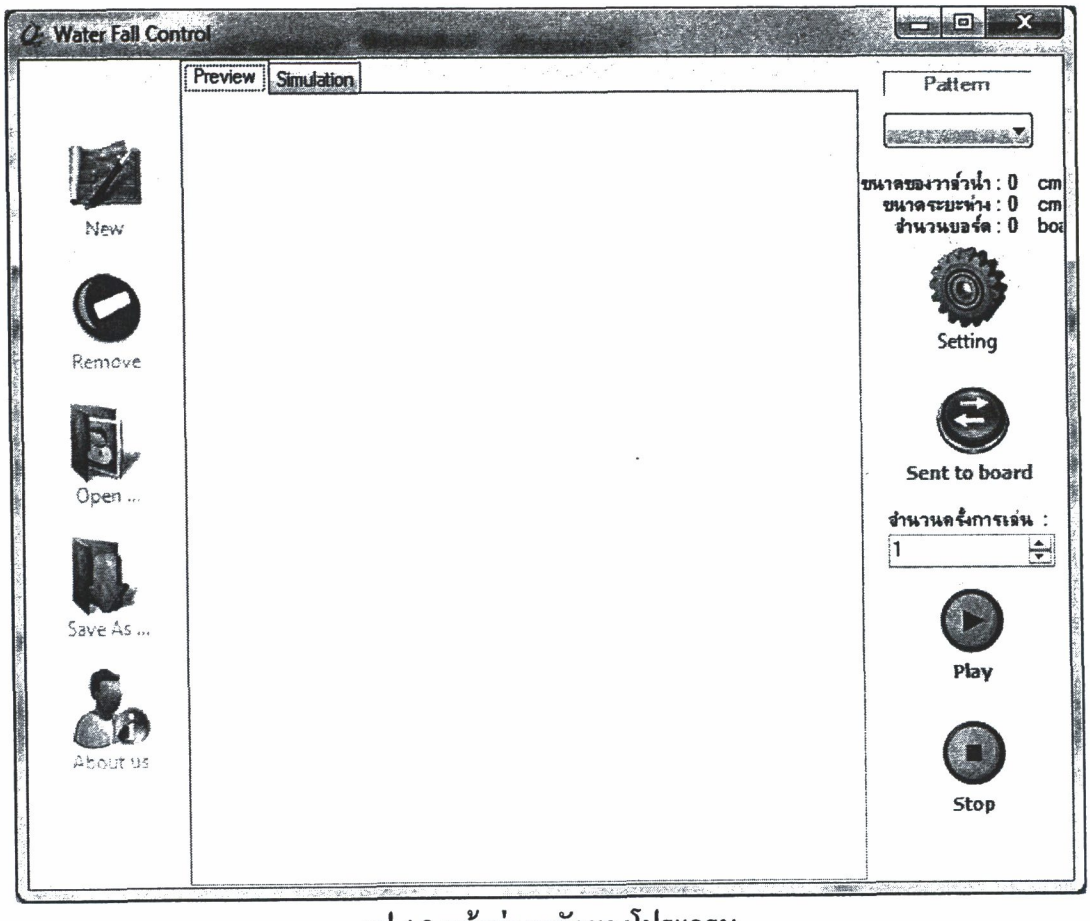
รูป 4.8 การอ่านข้อมูลจากอีอีพรอมจากรูปแบบที่ 1

4.4 การทดลองการทำงานของหน้าจอแสดงผล

ทำการออกแบบ พัฒนาหน้าโปรแกรมการออกแบบรูปแบบการแสดงผลภาพ และสายน้ำ โดยสามารถเลือกรูปภาพ แล้วนำมาแปลงเป็นรูปแบบได้ และสามารถบันทึก และเรียกใช้งานรูปแบบในคอมพิวเตอร์ได้ มีการทดลองเปรียบเทียบการทำงานเพื่อเลือกลำดับขั้นตอนการประมวลผลภาพ

4.4.1 การออกแบบ User Interface

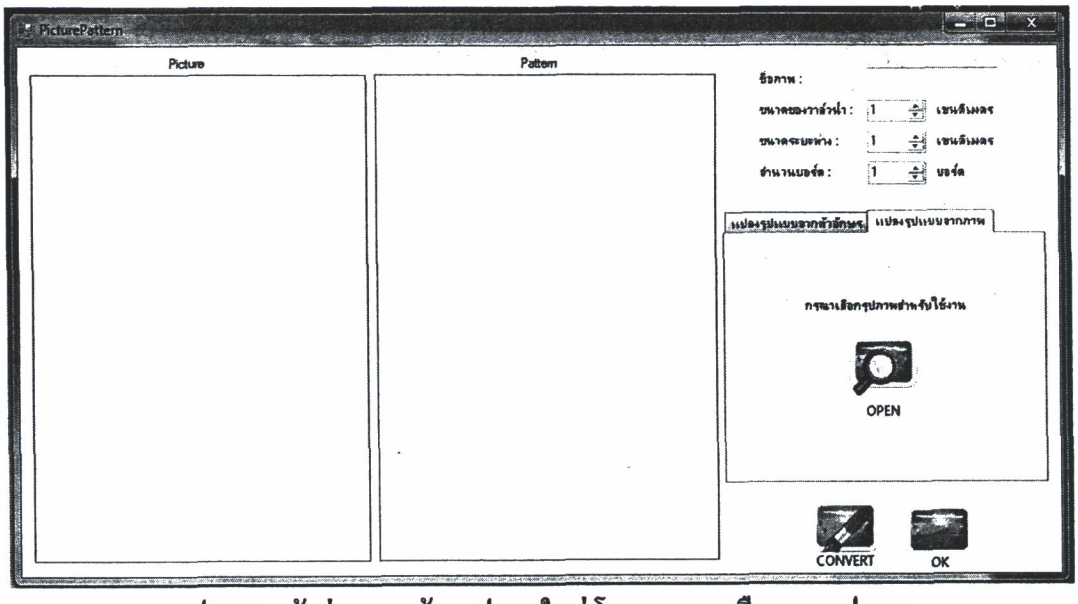
ออกแบบเพื่อง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้งาน ทุกคำสั่งสามารถสั่งการทำงานได้จากหน้าต่างนี้ ยกตัวอย่างเช่น สั่งการเล่นและหยุดเล่นน้ำตก การสร้างรูปแบบ ใหม่ๆ



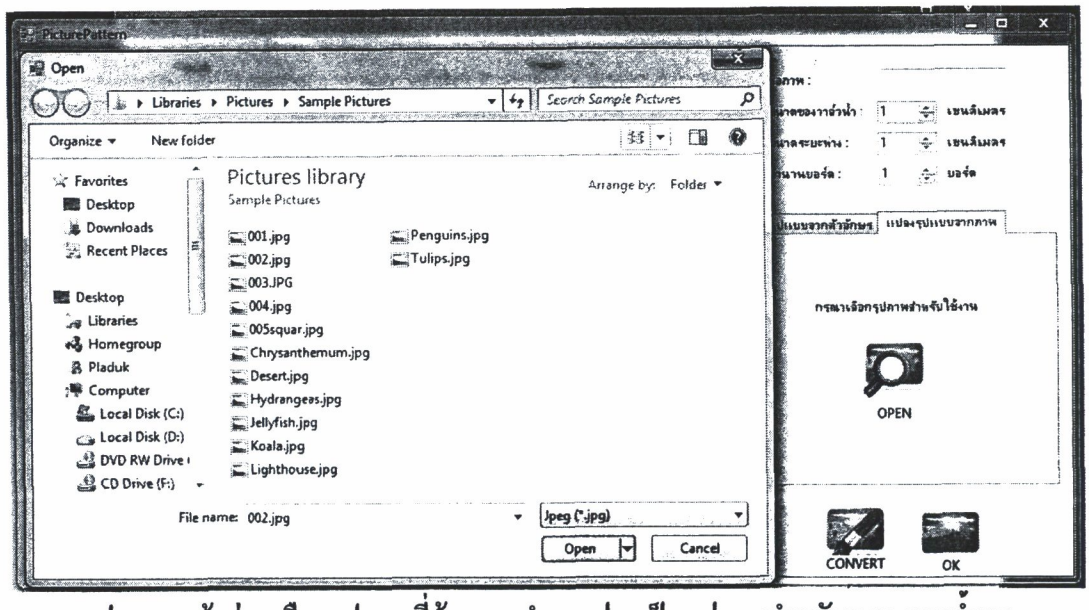
รูป 4.9 หน้าต่างหลักของโปรแกรม

4.4.2 การสร้างรูปแบบใหม่

เมื่อทำการกดปุ่ม New จะปรากฏหน้าต่างการสร้างรูปแบบด้วยรูปภาพหรือข้อความขึ้นมา ดังรูป 4.10 หากต้องการสร้างรูปแบบจากภาพให้เลือกแท็บ "แปลงรูปแบบจากภาพ" แล้วกดปุ่ม OPEN ทำการเลือกรูปภาพที่ต้องการนำมาแปลงเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก ภาพที่ถูกเลือกจะถูกแสดงในช่อง Picture

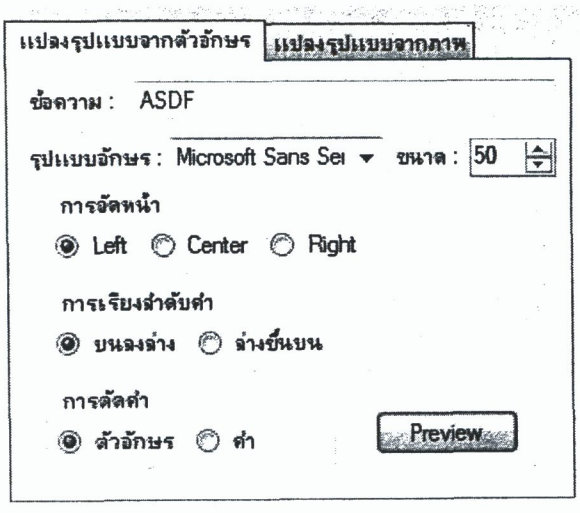


รูป 4.10 หน้าต่างการสร้างรูปแบบใหม่ โดยสามารถเลือกจากรูปภาพ

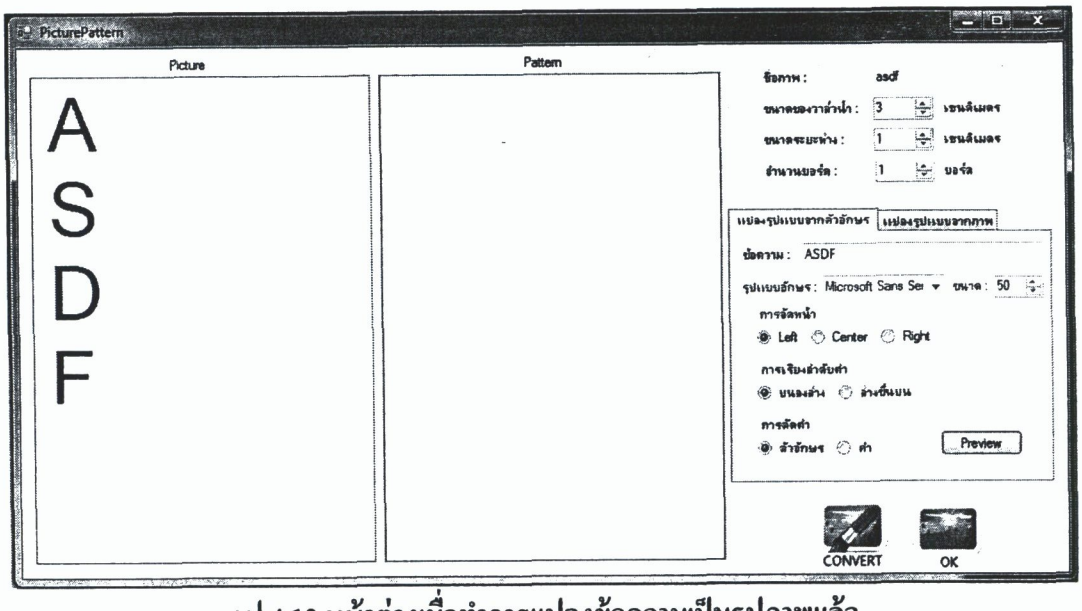


รูป 4.11 หน้าต่าง เลือกรูปภาพที่ต้องการนำมาแปลงเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก

หากต้องการแปลงรูปแบบจากข้อความให้เลือกแท็บ “แปลงรูปแบบจากตัวอักษร” ดังรูป 4.12 โดยพิมพ์ข้อความที่ต้องการแปลงเป็นรูปแบบ เลือกรูปแบบของตัวอักษรที่ต้องการ เลือกขนาดของตัวอักษร สามารถเลือกการจัดหน้า ว่าจะจัดหน้าเป็นชิดซ้าย กลางหน้า หรือชิดขวา การเรียงลำดับของคำ ว่าเรียงจากคำแรกอยู่บน หรือคำสุดท้ายอยู่บน และการตัดคำ ว่าตัดจากแยกทุกตัวอักษร หรือตัดแยกคำ แล้วกด Preview จะแสดงตัวอย่างในช่อง Picture ดังรูป 4.13

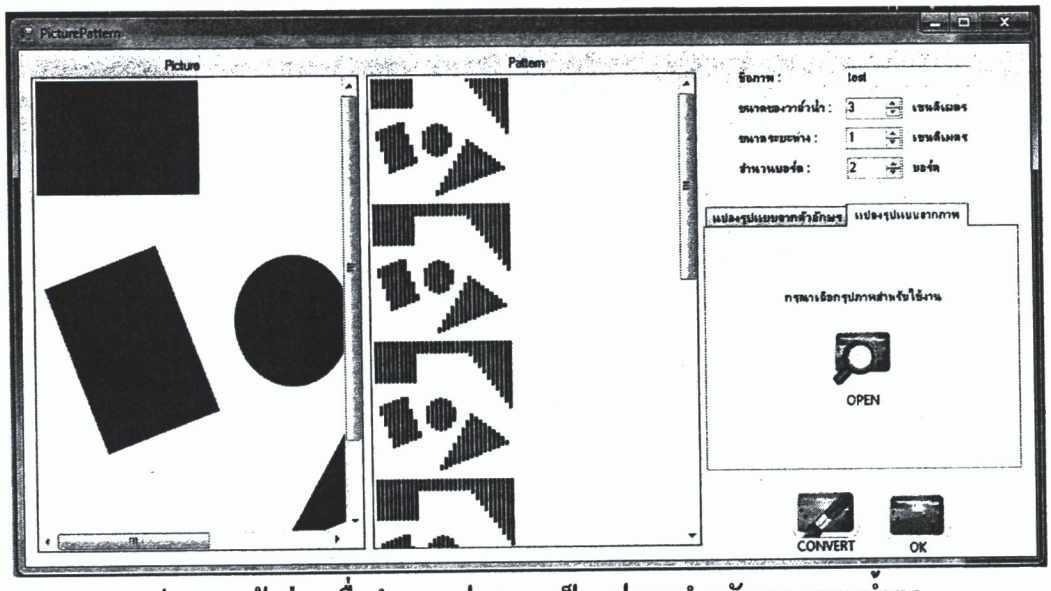


รูป 4.12 แท็บการแปลงรูปแบบจากตัวอักษร



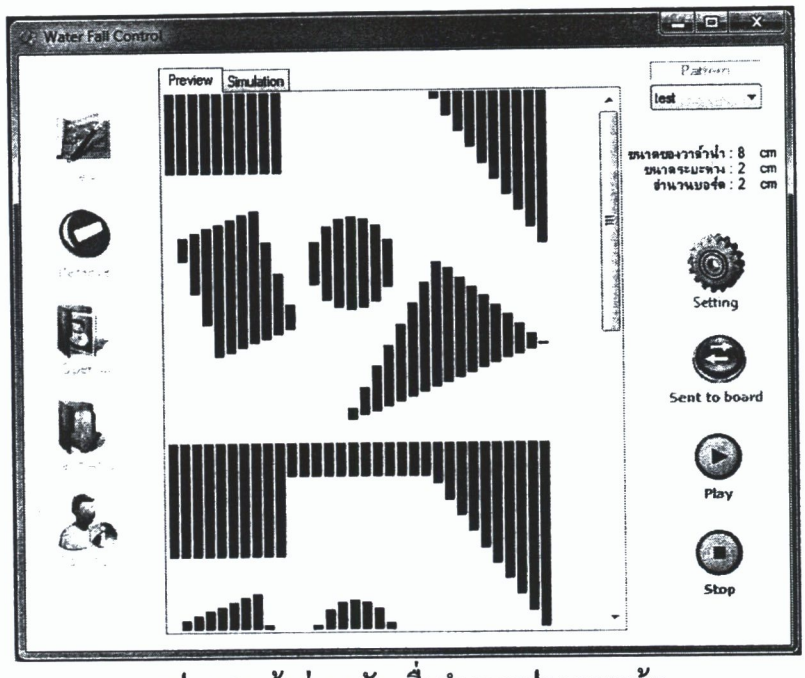
รูป 4.13 หน้าต่างเมื่อทำการแปลงข้อความเป็นรูปภาพแล้ว

หลังจากเลือกรูปขึ้นมาแล้ว ทำการ CONVERT รูปภาพ เพื่อทำการแปลงภาพนั้นเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก ดังรูป 4.14 (ก่อนทำการแปลงรูปภาพ ต้องกรอกข้อมูลชื่อภาพ ขนาดของวาล์วน้ำที่ใช้ ระยะห่างระหว่างวาล์วน้ำ และจำนวนบอร์ดที่ใช้งานก่อน)



รูป 4.14 หน้าต่าง เมื่อทำการแปลงภาพเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก

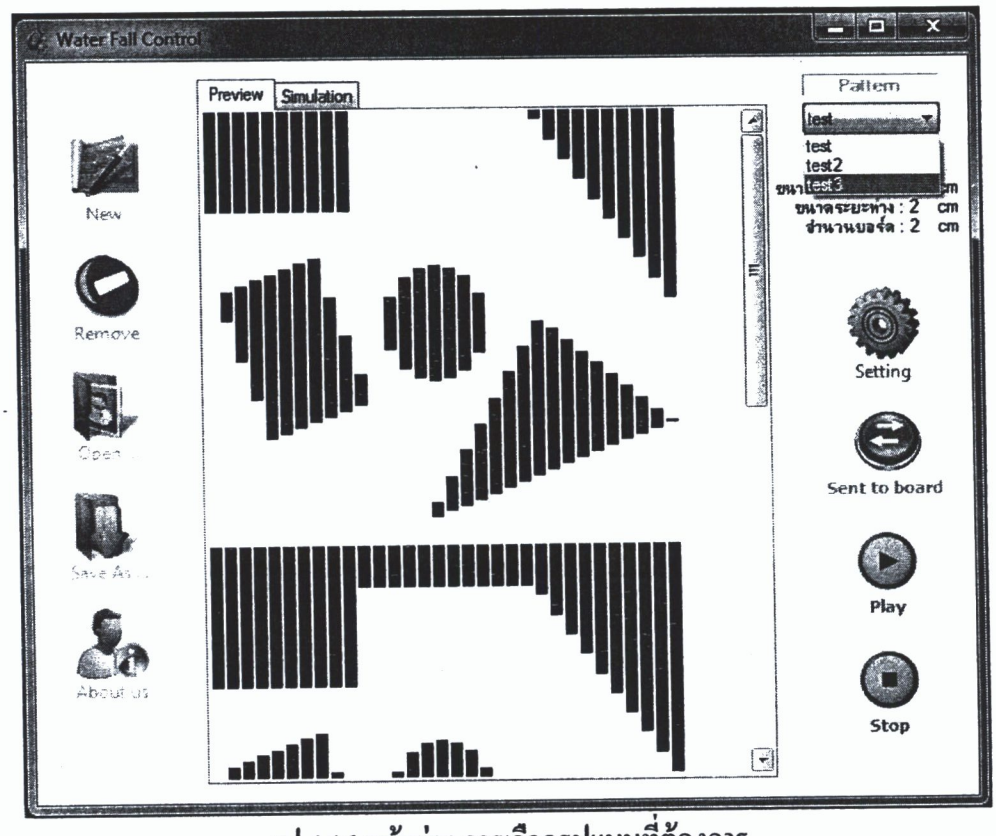
จากรูป 4.15 การแปลงรูปให้อยู่ในรูปแบบที่จะแสดงบนน้ำตกนั้นประสบผลสำเร็จ ภาพออกมาอยู่ในรูปแบบที่ต้องการซึ่งมีทั้งขนาดของสายน้ำ และระยะห่างระหว่างสายน้ำ รูปแบบจะมีขนาดความกว้างเท่ากับ ((ขนาดวาล์วน้ำ+ระยะห่างระหว่างวาล์วน้ำ)*จำนวนบอร์ด)-1 พิกเซล และมีความสูงเท่ากับ 1,000 พิกเซล นอกจากนี้แล้วโปรแกรมยังสามารถสร้างรูปแบบได้สูงสุดถึง 20 รูปแบบด้วย



รูป 4.15 หน้าต่างหลัก เมื่อทำการแปลงภาพแล้ว

4.4.3 การเลือกรูปแบบที่สร้างเพื่อแสดงบนโปรแกรม

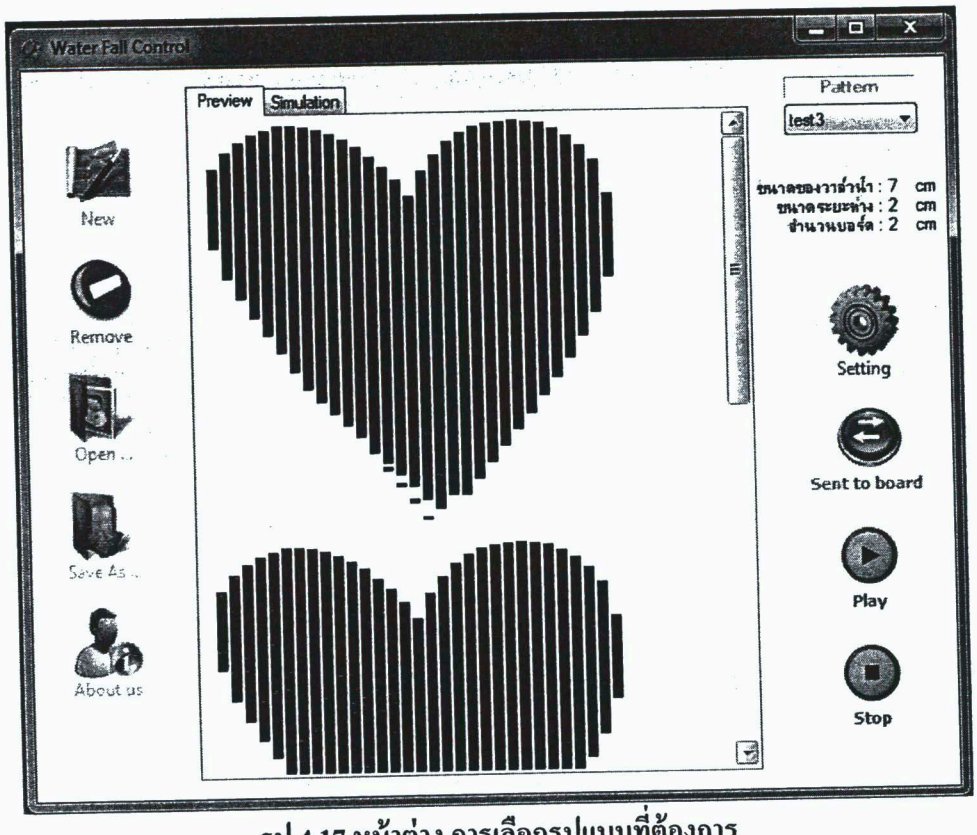
ทำการเลือกรูปแบบที่ต้องการจาก Combo box มุมบนขวามือของโปรแกรม ดังรูป 4.16 โปรแกรมจะแสดงผลรูปแบบที่เลือก ในการสร้างรูปแบบสามารถสร้างได้สูงสุด 20 รูปแบบ ซึ่งผลการสร้างการเลือกรูปแบบนี้ประสบผลสำเร็จสามารถเลือกรูปแบบและนำมาแสดงผลบนโปรแกรมได้ดังต้องการ



รูป 4.16 หน้าต่าง การเลือกรูปแบบที่ต้องการ

4.4.4 การจำลองน้ำตก

ทำการเลือกแถบ Simulation ซึ่งอยู่ด้านบนของโปรแกรม ดังรูป 4.17 โดยรูปแบบที่ถูกเลือก จะถูกจำลองการเคลื่อนไหวเหมือนน้ำตกที่จะแสดง ซึ่งโปรแกรมมีความต้องการให้มองเห็นการจำลองน้ำตกได้ดังเล่นน้ำตกจริง ดังนั้นจึงสร้างการจำลองน้ำตกขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพลักษณะรูปแบบนี้ที่จะปรากฏบนน้ำตกได้ ซึ่งการสร้างการจำลองน้ำตกนี้สามารถใช้งานได้จริง โดยเห็นเป็นภาพเคลื่อนไหวของน้ำตกเลื่อนลงด้านล่าง



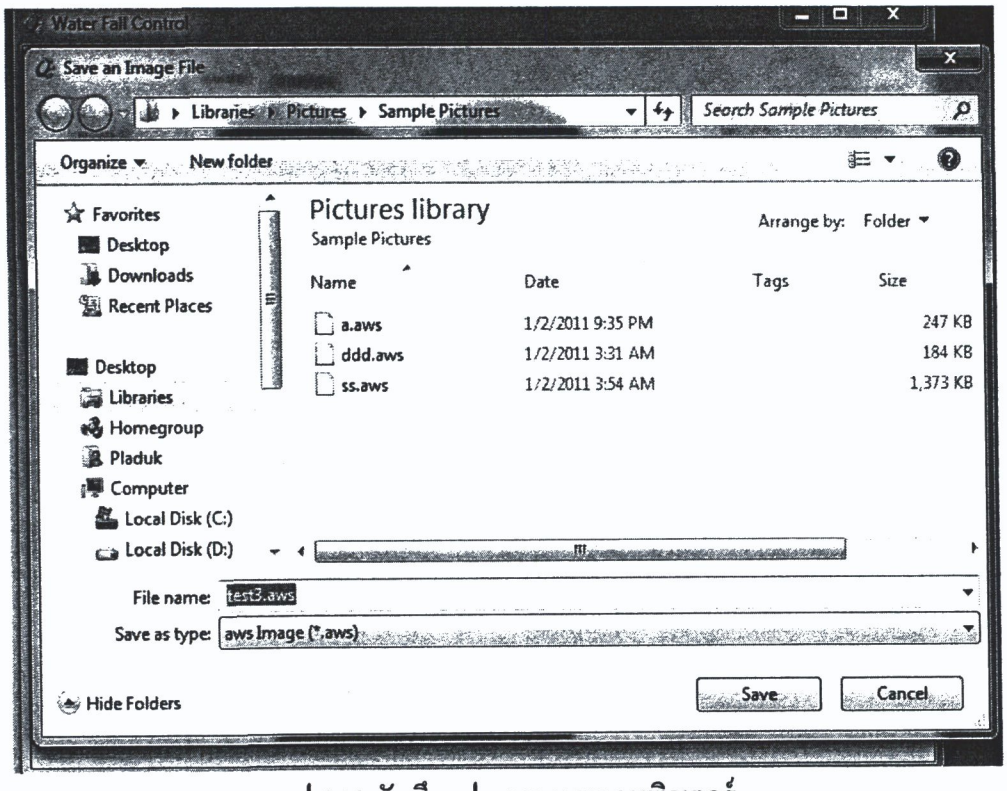
รูป 4.17 หน้าต่าง การเลือกรูปแบบที่ต้องการ

4.4.5 การลบรูปแบบออกจากโปรแกรม

การกดปุ่ม Remove เพื่อทำการลบรูปแบบที่แสดงอยู่ออกจากโปรแกรม การสร้างการลบรูปแบบที่ไม่ต้องการออกจากโปรแกรมประสบผลสำเร็จ สามารถลบรูปแบบที่ไม่ต้องการออกจากโปรแกรมได้

4.4.6 การบันทึกรูปแบบในเครื่องคอมพิวเตอร์

ในการบันทึกรูปแบบที่ใช้งานอยู่บนโปรแกรมลงในคอมพิวเตอร์ ดังรูป 4.18 ให้กดปุ่ม Save รูปแบบจะถูกบันทึกลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นนามสกุล .aws ซึ่งเป็นนามสกุลของโปรแกรมโดยเฉพาะ การบันทึกรูปแบบลงบนหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากสามารถบันทึกไฟล์ที่เป็นไฟล์เฉพาะของโปรแกรมได้ ซึ่งเป็นไฟล์ที่สามารถเก็บค่าขนาดของวาล์วน้ำ ระยะห่างระหว่างวาล์วน้ำ และจำนวนบอร์ดได้ และเก็บไฟล์ในนามสกุล .aws เพื่อสะดวกในการนำรูปแบบกลับมาใช้ใหม่ในโปรแกรมโดยเฉพาะ

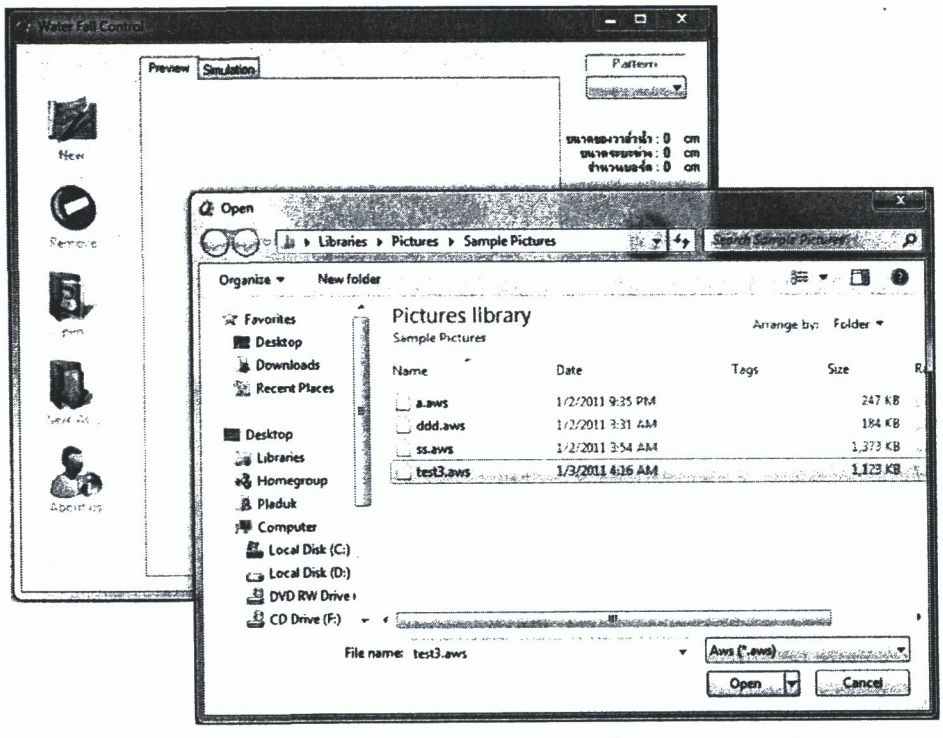


รูป 4.18 บันทึกรูปแบบลงบนคอมพิวเตอร์

4.4.7 การเปิดรูปแบบเพื่อใช้งานบนโปรแกรม

ทำการกดปุ่ม Open จะแสดงหน้าต่างการเปิดไฟล์ขึ้นมา ให้ทำการเลือกไฟล์ ซึ่งจะแสดงเฉพาะไฟล์นามสกุล . aws ซึ่งเป็นนามสกุลไฟล์สำหรับโปรแกรมเท่านั้น เมื่อทำการเลือกไฟล์แล้วทำการกดปุ่ม Open

การเปิดไฟล์ขึ้นมาใช้บนโปรแกรมนั้นประสบผลสำเร็จ ด้วยการเปิดไฟล์ด้วยนามสกุล .aws ซึ่งเป็นไฟล์สำหรับโปรแกรมโดยเฉพาะ ทำให้สามารถทราบข้อมูลของรูปแบบนั้น ซึ่งได้แก่ ขนาดของวาล์วน้ำ ระยะห่างระหว่างวาล์วน้ำ และจำนวนบอร์ด ซึ่งหากไม่ใช่รูปแบบของไฟล์ที่บันทึกจากโปรแกรม จะทำการแจ้งเตือนและไม่สามารถเปิดได้

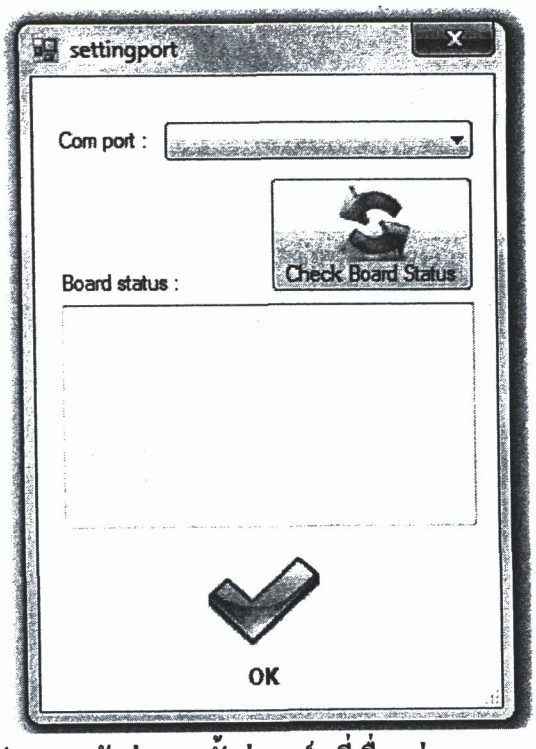


รูป 4.19 หน้าต่างการเปิดไฟล์จากคอมพิวเตอร์

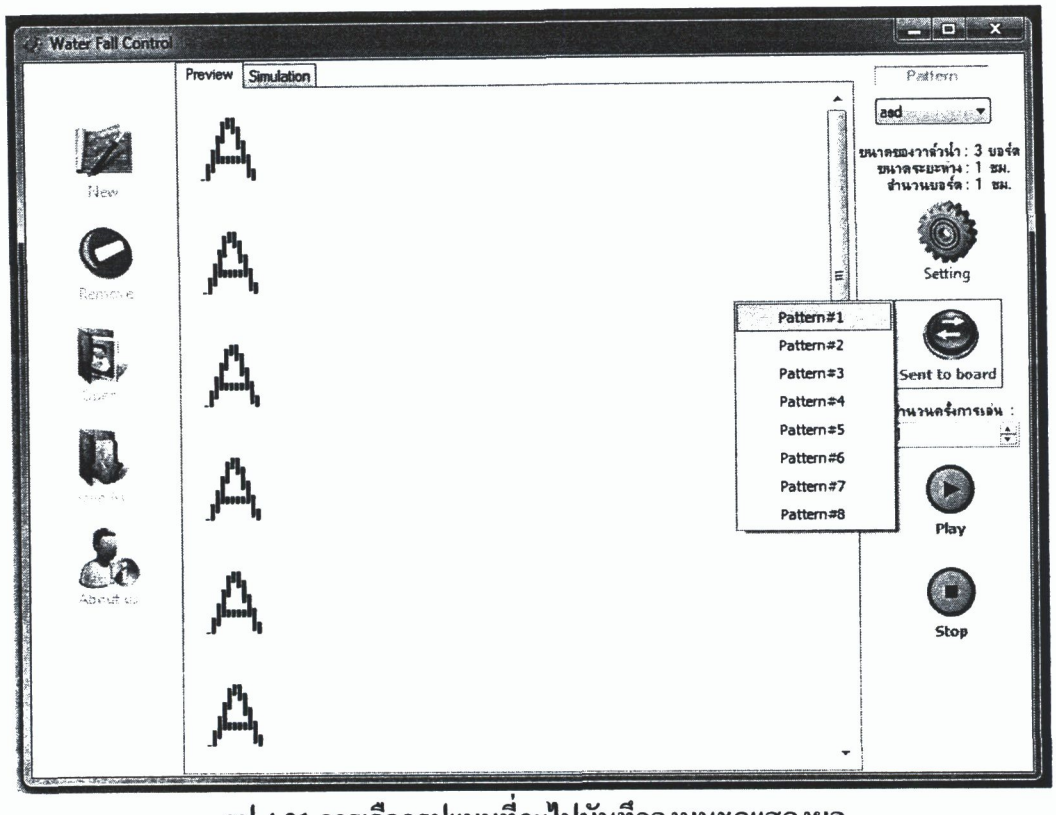
4.4.8 การติดต่อกับชุดแสดงผล

เมื่อทำการสร้างรูปแบบแสดงผลขึ้นมาแล้ว และต้องการนำรูปแบบนั้นไปบันทึกลงบนชุดแสดงผลเพื่อแสดงบนน้ำตก จะต้องทำการตั้งค่าพอร์ตก่อนเพื่อให้ทราบพอร์ตที่จะติดต่อกับบอร์ด ดังรูป 4.20 และส่งรูปแบบไปยังชุดแสดงผลด้วยการเลือกปุ่ม Send to board และเลือก Pattern ที่ต้องการนำไปบันทึก ดังรูป 4.21หากทำการส่งเสร็จสิ้นแล้วจะแสดงหน้าต่างเตือนการส่งสำเร็จ ดังรูป 4.22

และหากต้องการสั่งให้น้ำตกเล่น ให้เลือกที่ปุ่ม Play หรือต้องการหยุดน้ำตก ให้เลือกปุ่ม Stop โปรแกรมจะทำการสั่งการไปสู่น้ำตก



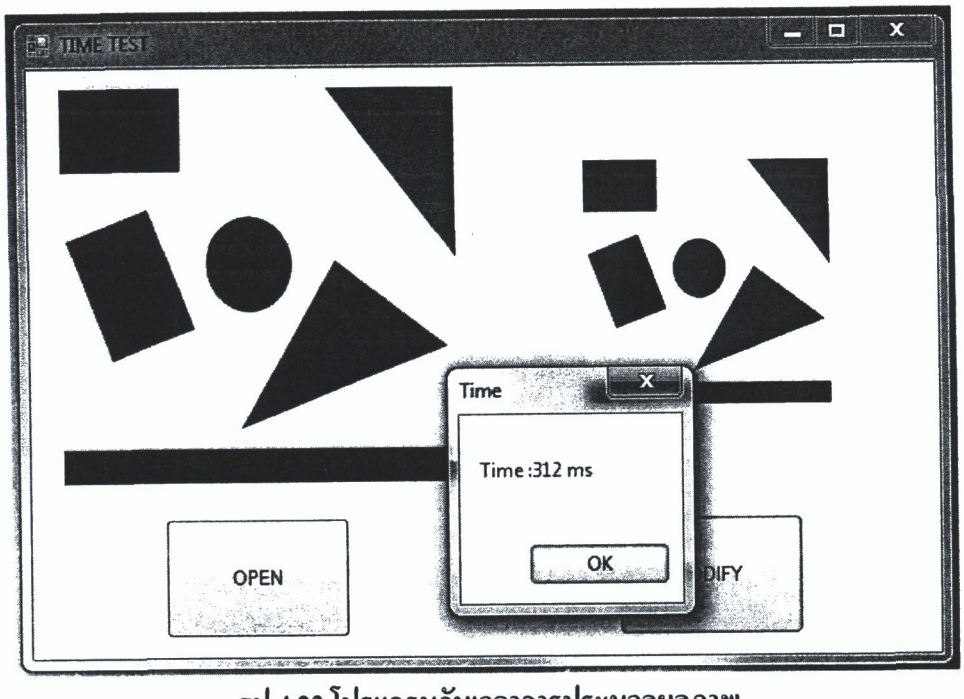
รูป 4.20 หน้าต่างการตั้งค่าพอร์ตที่เชื่อมต่อชุดแสดงผล



รูป 4.21 การเลือกรูปแบบที่จะไปบันทึกลงบนชุดแสดงผล

รูป 4.22 หน้าต่างแจ้งเตือนเมื่อการส่งเสร็จสิ้น

4.4.9 การเปรียบเทียบเวลาสำหรับขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อแปลงเป็นภาพขาวดำ ขนาด 150*113 พิกเซล



รูป 4.23 โปรแกรมจับเวลาการประมวลผลภาพ

ตาราง 4.2 การเปรียบเทียบเวลาสำหรับการประมวลผลภาพ

ขนาดรูปภาพที่นำมาทดลอง (พิกเซล * พิกเซล)	เวลาเมื่อทำการแปลงขนาดภาพก่อนการเปลี่ยนสีรูปภาพ (มิลลิวินาที)	เวลาเมื่อทำการเปลี่ยนสีรูปภาพก่อนทำการแปลงขนาดรูปภาพ (มิลลิวินาที)
1024*768	56	1152.33
300*255	39.17	165.33
150*113	39.33	56.17
100*75	40.67	31
30*23	39.67	6

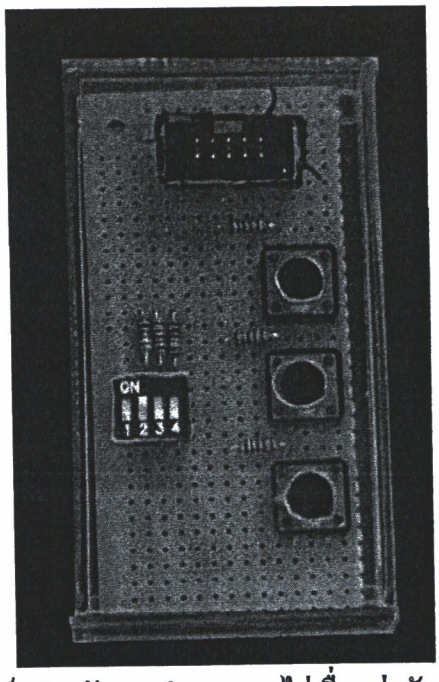
จากตารางแสดงให้เห็นว่าการแปลงภาพโดยการแปลงขนาดภาพก่อนแล้วจึงทำการเปลี่ยนสีรูปภาพจะมีความแตกต่างด้านเวลาไม่มากนัก และใช้เวลาน้อยโดยจะสังเกตได้ว่า ใช้เวลาไม่ถึง 0.1 มิลลิวินาที นอกจากนี้เมื่อประมวลผลภาพในขนาดที่ใหญ่กว่า หรือเท่ากัน จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการแปลงขนาดภาพก่อน แตกต่างกับการประมวลผลแบบเปลี่ยนสีภาพก่อน ค่อนข้างจะเห็นได้ชัด การเปลี่ยนสีของรูปภาพก่อนนั้น ยึดติดแปรผันตามขนาดของภาพ

ดังนั้นผู้จัดทำโครงการวิจัยจึงเลือกใช้การแปลงขนาดภาพก่อนที่จะทำการเปลี่ยนสีภาพ เนื่องจากภาพส่วนใหญ่ที่จะนำเข้าสู่โปรแกรมมักเป็นภาพขนาดใหญ่กว่ารูปแบบที่ต้องการจะแปลง และแม้ว่าจะเป็นภาพขนาดเล็กกว่าก็ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างรวดเร็ว ไม่นานจนเกินควร

4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของน้ำตก

4.5.1 บอร์ดสำหรับการทำงานแบบไม่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

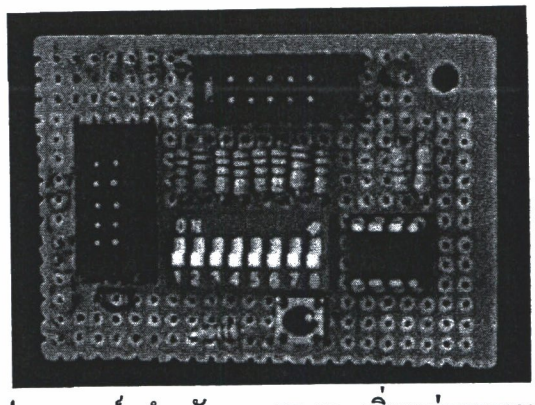
บอร์ดมีการเพิ่ม Pattern_SW , PLAY_SW , STOP_SW, PLAYALL_SW เพื่อใช้ในการควบคุมในการทำงานแบบไม่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์



รูป 4.24 บอร์ดสำหรับการทำงานแบบไม่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

4.5.2 บอร์ดสำหรับระบุ ID และเพิ่มหน่วยความจำ

มีการระบุ ID ของแต่ละบอร์ดเพื่อใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์อีกทั้งหน่วยความจำภายใน ET-Base AVR ไม่เพียงพอสำหรับการจัดเก็บรูปแบบการแสดงผลทั้งหมดจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มหน่วยความจำเข้าไป และมี TEST_SW เพิ่มเข้ามาเพื่อทำการทดสอบน้ำตก ในส่วนของ ID สามารถระบุได้ 0-255 และมีหน่วยความจำในการเก็บรูปแบบ 8 รูปแบบ



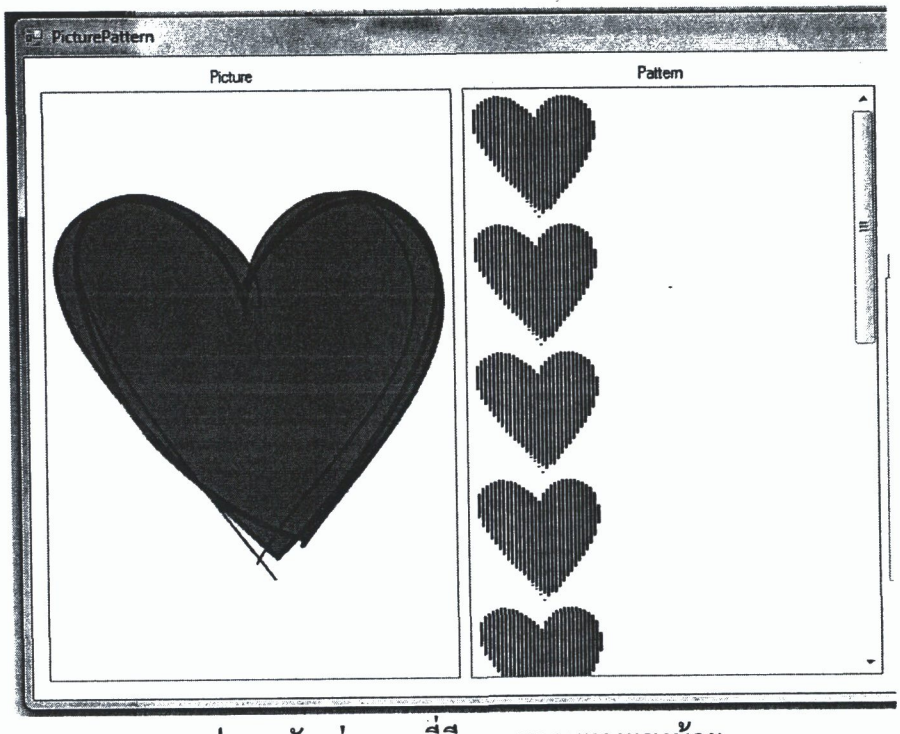
รูป 4.25 บอร์ดสำหรับระบุ ID และเพิ่มหน่วยความจำ

4.6 การแปลงรูปภาพเป็นรูปแบบสำหรับแสดงผล

ตัวอย่างการแปลงรูปแบบจากภาพซึ่งมีความเหมาะสม สำหรับนำมาแปลงเป็นรูปแบบที่แสดงบนน้ำตก

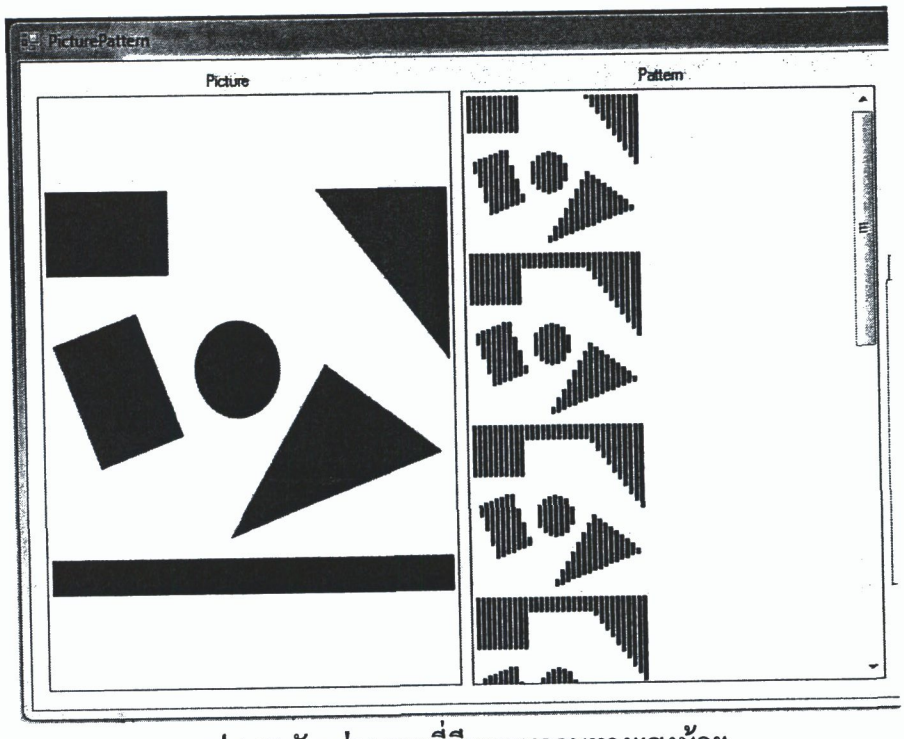
4.6.1 ตัวอย่างภาพที่เหมาะสม

รูปหัวใจดังรูป 4.26 มีเส้นการรบกวนทางแสงน้อย มีรายละเอียดในภาพน้อย เมื่อนำมาแปลงเป็นรูปแบบแล้ว จะยังสามารถรักษารูปร่างของรูปหัวใจไว้ได้อย่างชัดเจน ทำให้เหมาะสมที่จะนำมาแสดงเป็นรูปแบบ



รูป 4.26 ตัวอย่างภาพที่มีการรบกวนทางแสงน้อย

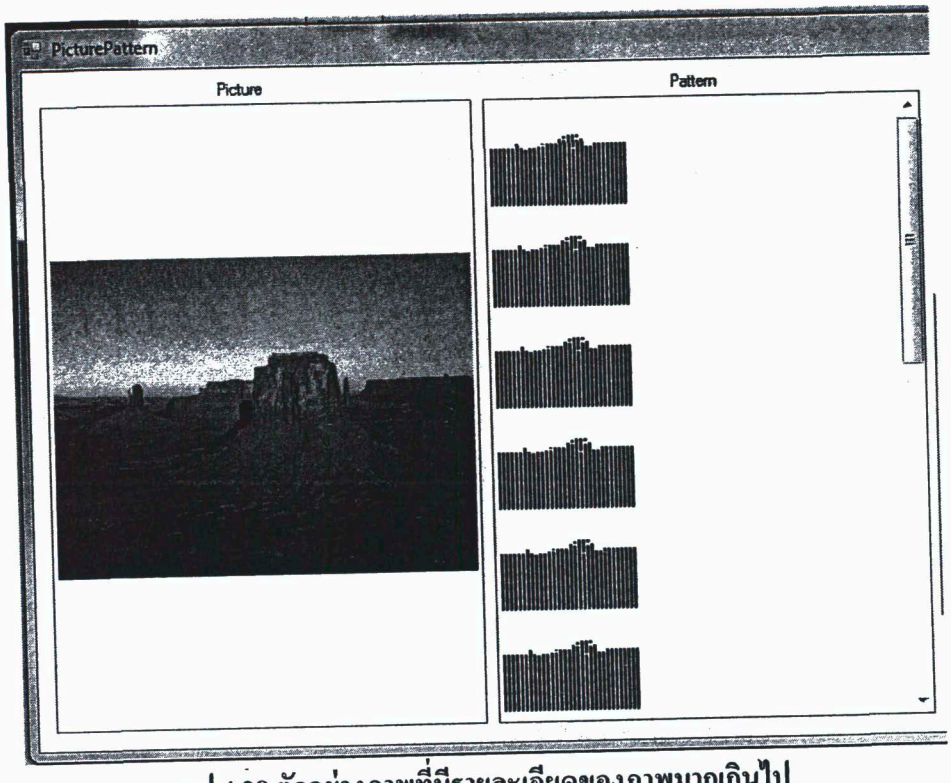
รูป 4.27 มีความเหมาะสมเช่นกันสำหรับนำมาแปลงเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก เนื่องจากมีลักษณะภาพที่คล้ายกับรูป 4.26 รูปหัวใจ คือมีลักษณะเป็นรูปทึบ การรบกวนทางแสงน้อย สีของภาพเข้ม



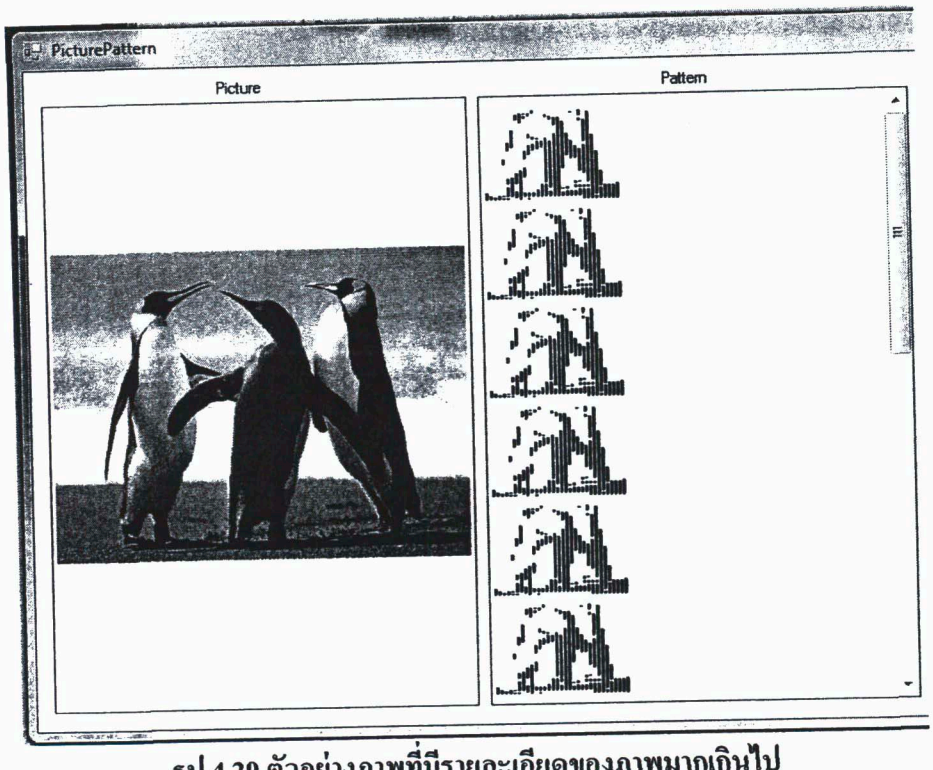
รูป 4.27 ตัวอย่างภาพที่มีการรบกวนทางแสงน้อย

4.6.2 ตัวอย่างการแปลงรูปแบบจากภาพที่ไม่เหมาะ สำหรับนำมาแปลงเป็นรูปแบบที่แสดงบนน้ำตก

ในภาพภูเขาและเพนกวิน ดังรูป 4.28 และรูป 4.29 มีรายละเอียดของภาพมาก เมื่อนำมาแปลงเป็นรูปแบบสำหรับแสดงบนน้ำตก ไม่สามารถแสดงรายละเอียดดังกล่าวได้ เนื่องจากการแสดงน้ำตกนั้นมีเพียงการปล่อยน้ำ และตัดน้ำ ดังเช่นมีเพียงสีขาว และดำ ไม่สามารถแสดงรูปแบบที่มีหลากหลายสีได้

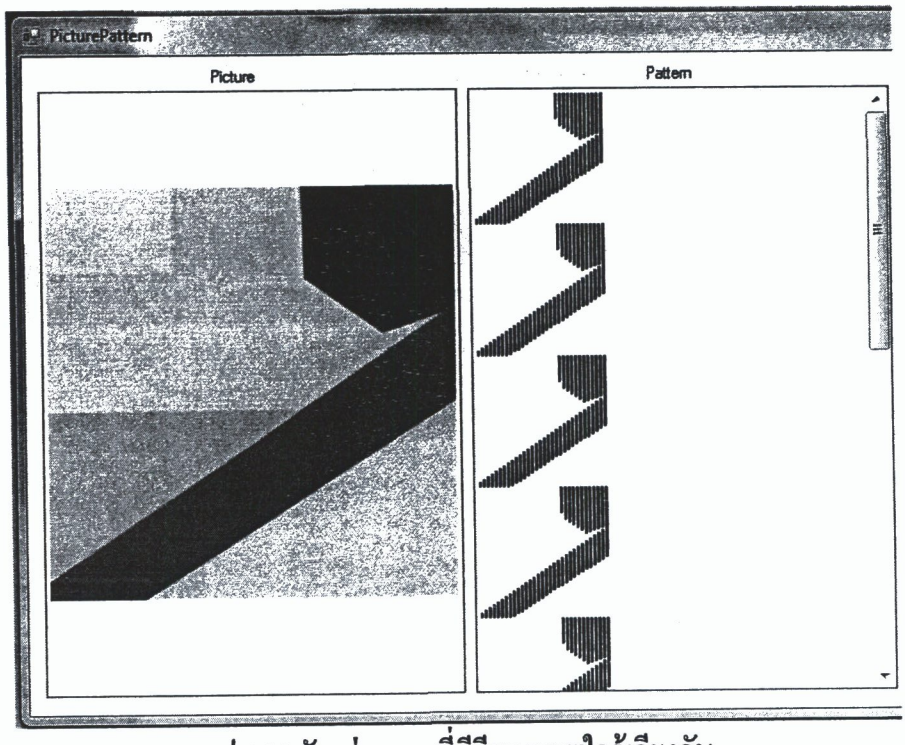


รูป 4.28 ตัวอย่างภาพที่มีรายละเอียดของภาพมากเกินไป



รูป 4.29 ตัวอย่างภาพที่มีรายละเอียดของภาพมากเกินไป

สีของภาพที่มีความใกล้เคียงกัน อย่างเช่น รูป 4.30 จะเห็นว่าเป็นสีที่มีระดับเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ทำให้รูปแบบมีสีดำเฉพาะส่วนของภาพที่มีสีเทาและสีน้ำตาลเท่านั้น



รูป 4.30 ตัวอย่างภาพที่มีสีของภาพใกล้เคียงกัน